

FREIBERGER  
FORSCHUNGSHEFTE

**A 162**

**BRIKETTIERUNG  
TECHNISCHE BRENNSTOFFVERWERTUNG**

HERBERT KRUG

**Untersuchungen über Siebleistungen und Siebungsgüte  
von Siebkettenförderern unter besonderer Berücksichtigung  
des Einflusses der Kettengeschwindigkeit**



3054 A 162

FFH  
A 162<sub>e</sub>

BERGAKADEMIE-VERLAG BERLIN

1960

Zentralinstitut  
Versuchsstrecke Freiberg  
Inventar No.

3054 A 162

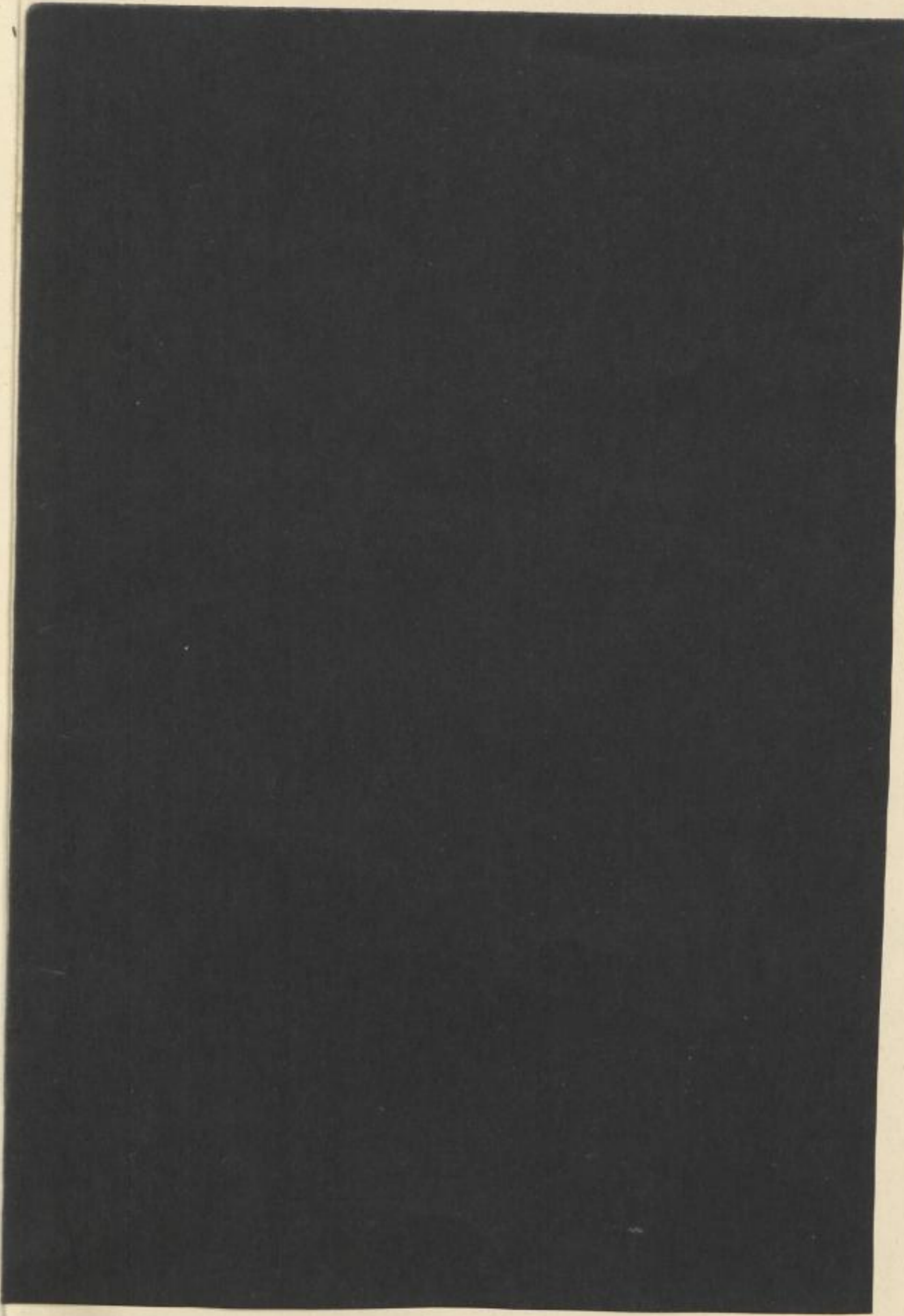


FREIBERGER FORSCHUNG  
A 162

TU BERGAKADEMIE FREIBERG



XVI 1142 . A162E



Handwritten text, possibly a title or page number, located at the top of the page. The text is faint and difficult to read.

# FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

Herausgegeben vom Rektor der Bergakademie Freiberg

A 162

## BRIKETTIERUNG TECHNISCHE BRENNSTOFFVERWERTUNG

**Untersuchungen über Siebleistungen und Siebungsgüte  
von Siebkettenförderern  
unter besonderer Berücksichtigung  
des Einflusses der Kettengeschwindigkeit**

Von

HERBERT KRUG

Zentralinstitut  
Versuchsstrecke Freiberg

Inventar No.

3057 K 162



Akademie-Verlag · Berlin

Freib. Forsch.-H.	A 162	S. 1—160	74 Bilder	19 Tabellen	Berlin, Juni 1960
-------------------	-------	----------	-----------	-------------	-------------------

Von der Bergakademie Freiberg  
— Fakultät für Bergbau und Hüttenwesen —  
am 20. 12. 1958 genehmigte Dissertation (gekürzt)

Referent: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. e. h. E. RAMMLER

Korreferent: Prof. Dipl.-Ing. E. J. IVERS



XVI M42 e

A 162

„Freiberger Forschungshefte“, Schriftenreihe für alle Gebiete der Montanwissenschaften. Herausgeber: Der Rektor der Bergakademie Freiberg, Prof. Dr.-Ing. habil. O. Oelsner. — Chefredakteur: Dipl.-Ing. R. Wendler, Freiberg, Klubhaus der Bergakademie, Aug.-Bebel-Str. 5 (Fernruf 2497). — Verlag: Akademie-Verlag GmbH, Berlin W 1, Leipziger Str. 3—4 (Fernruf 220441), Postscheckkonto 35021. — Die Freiberger Forschungshefte erscheinen in zwangloser Folge in den Reihen A, B, C und D. Ausführliches Verzeichnis aller lieferbaren Hefte von der Redaktion der Bergakademie oder dem Akademie-Verlag. — Preis dieses Heftes: 13,— DM. Bestell-Nr. 2062/A 162. Vertrieb: Für das Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik durch den Buchhandel; für das Gebiet Westdeutschlands durch den Buchhandel (Auslieferung KUNST UND WISSEN, Erich Bieber, Stuttgart S, Wilhelmstr. 4—6); für das gesamte Ausland durch eine Importbuchhandlung, den Deutschen Buch-Export und -Import, GmbH, Leipzig C 1, Postschließfach 276, oder den Verlag. — Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer“ Bad Langensalza. — Veröffentlicht unter der Lizenz-Nr. 202 • 100/612/60 des Ministeriums für Kultur, HV Verlagswesen der Deutschen Demokratischen Republik. — Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten. ES: 20 F 2.

*Herrn Professor Dr.-Ing. Dr.-Ing. e. h. E. RAMMLER, meinem verehrten Lehrer, danke ich für die Förderung während meiner Tätigkeit am Institut für Brikettierung an der Bergakademie Freiberg, die mir die Durchführung dieser Arbeit ermöglichte.*

*Herrn Professor Dipl.-Ing. E. J. IVERS danke ich für die wertvollen Hinweise bei der Abfassung der Arbeit.*

*Mein Dank gilt weiterhin allen Mitarbeitern des Instituts für Brikettierung, die an der Durchführung der Untersuchungen beteiligt waren.*

HERBERT KRUG

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



## INHALT

<b>0 Aufgabenstellung</b> . . . . .	9
<b>1 Stand der Erkenntnisse</b> . . . . .	11
<b>2 Durchführung der Untersuchungen</b> . . . . .	16
2.1 Begründung des eingeschlagenen Lösungsweges. . . . .	16
2.2 Beschreibung des Versuchsstandes . . . . .	16
2.21 Die Schaltung der Elemente des Versuchsstandes . . . . .	16
2.22 Der Zubringeförderer . . . . .	17
2.23 Der Siebkettenförderer . . . . .	17
2.24 Der Siebboden. . . . .	20
2.3 Ablauf der Versuche . . . . .	24
<b>3 Untersuchungsprogramm</b> . . . . .	29
<b>4 Rechnerische Grundlagen</b> . . . . .	33
4.1 Siebtechnische Kenngrößen und Begriffe . . . . .	33
4.2 Grundlagen zur rechnerischen Erfassung des Klassierungserfolges und der Leistung des Siebkettenförderers . . . . .	43
<b>5 Untersuchungsergebnisse</b> . . . . .	51
5.1 Allgemeine Darstellung des Absiebvorganges im Siebkettenförderer . . . . .	51
5.2 Der Absiebvorgang bei gegebenem Siebboden . . . . .	55
5.21 Die Wirkung verschiedener Einflußfaktoren . . . . .	55
5.211 Sieblänge . . . . .	55
5.212 Schütthöhe . . . . .	71
5.213 Kettengeschwindigkeit . . . . .	78
5.214 Merkmale des Siebgutes . . . . .	87
5.215 Versuchszeit . . . . .	88
5.22 Versuchsergebnisse am 0,75-mm-Spaltsieb. . . . .	89
5.23 Versuchsergebnisse am 3-mm-Spaltsieb . . . . .	92
5.24 Der Sieberfolg bei verschiedenen Schütthöhen und Kettengeschwindigkeiten, aber konstanter spez. Siebbelastung . . . . .	96
5.3 Der Absiebvorgang unter dem Einfluß verschiedener Siebbodenkennwerte . . . . .	99
5.31 Der Einfluß der offenen Siebfläche . . . . .	99
5.32 Der Einfluß der Spaltweite . . . . .	102
5.321 Ergebnisse der vergleichenden Untersuchungen. . . . .	102

5.322 Interpolierte Werte des Sieberfolges ( $m, D_s$ ) und Körnung des Siebdurchganges . . . . .	114
5.4 Beeinflussung des Absiebvorganges durch Verwendung von Sonderkettentypen .	119
5.5 Betrachtung der Absiebung im Körnungsnetz nach ROSIN-RAMMLER-BENNETT (RRB-Körnungsnetz) . . . . .	121
5.51 Vollständige Absiebung . . . . .	123
5.52 Unvollständige Absiebung mit konstantem Fraktionsausbringen . . . . .	124
5.53 Unvollständige Absiebung mit nicht konstantem Fraktionsausbringen . . .	127
5.6 Näherungsweise mathematische Erfassung des Absiebvorganges . . . . .	132
5.61 Überprüfung eines allgemeinen Ansatzes anhand der Versuchsergebnisse . .	132
<b>6 Zusammenfassung . . . . .</b>	<b>145</b>
6.1 Wissenschaftliche Erkenntnisse . . . . .	145
6.2 Technologische bzw. technische Erkenntnisse . . . . .	148
6.21 Merkmale des Trennprozesses im Siebkettenförderer . . . . .	148
6.22 Rechnerische Erfassung der Leistung des Siebkettenförderers . . . . .	149
6.23 Beeinflussung des Absiebvorganges durch verschiedene Faktoren . . . . .	150
6.24 Einsatz des Siebkettenförderers . . . . .	156
Literatur . . . . .	157

Mit der Verwendung eines erheblichen Teiles unserer Braunkohlen-Brikettproduktion als Einsatzgut für thermisch-chemische Veredelungsprozesse war es notwendig, die Qualität der Preßlinge nicht unbeträchtlich zu erhöhen. Das hervortretende Merkmal der besseren Brikettqualität für solche Verwendungszwecke ist neben dem gesenkten Wassergehalt die erhöhte Festigkeit, hauptsächlich gemessen als Druck-, Abrieb-, Sturz- und Ofenstandfestigkeit. Die Wege zur besseren Festigkeit führen bekanntlich über Vermehrung der Bindungskapazität des Brikettiergutes und Erhöhung der Bindungsintensität im Brikett. Wird die größere Bindungskapazität in erster Linie durch Aufbereitung der Brikettierkohle auf größere Feinheit erreicht, so ist zur Realisierung der höheren Bindungsintensität ein erhöhter Preßdruck erforderlich. Auf die Erfüllung dieser wesentlichen Forderungen wurde die Technologie der Feinkornbrikettfabriken abgestellt. Es ist deshalb ursächlich bedingt, daß die systematische Entwicklung der Fein- und Feinstkornbrikettierung mit der Neuverzweigung des ausgestoßenen Brikettstromes zum Zwecke der volkswirtschaftlich besten Nutzung zusammenfällt [1].

Die Einführung der Feinkornbrikettierung in die industrielle Praxis geschah einmal durch den Bau neuer, hierfür ausgerüsteter Brikettfabriken, wie auch durch zweckmäßige Umstellung älterer Fabriken. Diese neuen bzw. umgebauten Anlagen unterscheiden sich in ihren zu besonderer Reife entwickelten Stammbäumen bzw. Flußbildern deutlich von Anlagen der älteren, unveränderten Art. Es ist jedoch nicht zu erwarten und die Anschauung bestätigt es, daß im neuen Verfahrensgang auch grundsätzlich neue, bisher nicht verwendete Apparate, Geräte etc. eingesetzt werden. Wohl zeichnet sich die Entwicklung solcher Elemente ab [1], doch finden wir in den Feinkornbrikettfabriken in erster Linie Geräte, die — auf den bisherigen Erfahrungen fußend — den neuen Aufgaben entsprechend konstruktiv verändert wurden und solche, die unverändert in den neuen Verfahrensgang einzogen und nun unter veränderten Betriebsbedingungen arbeiten müssen. Es leuchtet ein, daß die Arbeitsweise dieser letztgenannten Elemente besonders kritisch zu prüfen ist, um entweder ihrer Bewährung gewiß zu sein, sie u. U. sinnvoll weiterzuentwickeln oder aber notfalls auszuschneiden.

Aus dieser Situation heraus stellt sich die vorliegende Arbeit die Aufgabe, Siebgütegrad und Leistung von Siebkettenförderern in Abhängigkeit von Sieblänge, Kettengeschwindigkeit, Belastung bzw. Schütthöhe am Anfang der Siebstraße,

Spaltweite, offener Siebfläche und Beschaffenheit des Aufgabegutes zu ermitteln. Die gefundenen Zusammenhänge sollen dabei in Form von Charakteristiken dargestellt und ihre mathematische Erfassbarkeit untersucht werden. Zusätzlich wurden zwei Sonderkettentypen erprobt und die gefundenen Ergebnisse mit denen der Normkette verglichen.

In vielen Industriezweigen ist heute die Siebklassierung eine großtechnische Aufgabe, wobei es darauf ankommt, eine körnige Materialmenge, das Aufgabegut, so in zwei Teile zu zerlegen, daß der eine, der Siebdurchgang, möglichst nur Feinkorn und der andere, der Siebübergang, möglichst nur Grobkorn, bezogen auf eine Trennkorngröße, enthält. Wenn zur Formulierung dieser Forderung auch der modernen Siebtechnik entstammende Begriffe verwendet wurden, so ist sie ihrem Inhalt nach so alt wie die Siebung selbst. Quellenmäßig sicher läßt sich die Siebklassierung bis ins Mittelalter zurückverfolgen. Im achten Buche seines Werkes „De re metallica“, welches die Methoden der mechanisch-physikalischen Aufbereitung von Erzen zum Gegenstand hat, gibt uns Georgius AGRICOLA (1494—1555) auch einen Einblick in den Stand der damaligen Siebtechnik [2].

Daß uns Agricola die Anwendung der Siebklassierung in der Erzaufbereitung schildert, liegt in der Bedeutung und der damals schon weit gediehenen verfahrensmäßigen Durchbildung dieses Wirtschaftszweiges begründet. Damit ist keineswegs ausgeschlossen, daß man zu seiner Zeit und noch früher das Sieb auch zur Klassierung von Kohlenaufwerken benutzte; denn LÜBKE [3] führt aus, daß in England bereits im Jahre 852 der Steinkohlenbergbau im Gange ist und nach dem ältesten, urkundlich nachgewiesenen Steinkohlenfund im Jahre 1113 in der Gegend von Aachen, auch auf das europäische Festland übergreift. Von einem organisierten Kohlenbergbau — im Gegensatz zum Erzbergbau — kann in dieser Zeit allerdings nicht gesprochen werden. Erst allmählich gewinnt er an Bedeutung, indem man den Kohlenbrennstoff besser nutzen lernt und versucht, seinen Verwendungsbereich zu erweitern. So erwähnt z. B. Agricola selbst im Jahre 1545 die Steinkohlenverwendung in der Eisenverarbeitung [4]. Obwohl hier kein Nachweis über die Absiebung von Kohlen genannt werden kann, so steht doch fest, daß zu dem Zeitpunkt, in welchem sich deren Klassierung als erstrebenswert oder notwendig erwiesen haben sollte, das Sieb als ein hierfür geeignetes Gerät aus der Erzaufbereitung her bekannt gewesen ist. Dies gilt noch mehr für die Verarbeitung von Braunkohlen, deren Nutzung etwas später einsetzte. So läßt sich nach PIETZSCH [5] der Bergbau auf die oberbayerischen Pechkohlen bis in das 16. Jahrhundert zurückverfolgen, während z. B. im Meuselwitz-Altenburger Revier (Ostthüringen) der Abbau von Braunkohlen in Form des Grundeigentümerbergbaues nachweislich im 17. Jahrhundert begann.

Als man Mitte des 19. Jahrhunderts zur Brikettierung der Braunkohle überging und dabei u. a. auch schon den Einfluß der Feinheit des Brikettiergutes auf deren Erfolg erkannt hatte, gehörte neben den Zerkleinerungsgeräten auch das Sieb zur

Ausrüstung der ersten Brikettfabriken. Je breiter und vielseitiger seine Anwendung in den stark aufstrebenden und sich vermehrenden Zweigen der Industrie wurde, um so mehr standen seine Arbeitsweise und die in ihm ruhenden Möglichkeiten im Zentrum kritischer Untersuchungen, aus denen schließlich nach zäher Arbeit zahlreicher Fachleute die heutige große technische Disziplin „Siebtechnik“ erwuchs.

Aus dem Buch von W. LEO [6] entnehmen wir, daß man schon bei der Herstellung von Braunkohlenziegeln durch Handformung das Grubenklein vor dem Einsümpfen durchsiebte. In einem Vortrag beschreibt JOHANNI [7] eingehend die Arbeitsweise und Klassierwirkung eines in einer Brikettfabrik installierten Rüttelsiebes.

Man hatte schon frühzeitig erkannt, daß die Verwirklichung des Trennvorganges eine ständige Relativbewegung zwischen Siebboden und Siebgut voraussetzt. Ein im Aufgabegut befindliches Körnchen des siebfähigen Anteils hat ja nur dann die Chance, in den Durchgang zu gelangen, wenn es mit dem Siebboden in Berührung kommt. Es ist deshalb notwendig, das auf dem Sieb befindliche Gut ununterbrochen aufzulockern und umzuwälzen, um für jedes Korn das Auftreffen auf den Siebboden sicherzustellen. KIRCHBERG [8] weist darauf hin, daß mit der Intensität des Auflockerns und der Häufigkeit der Siebflächenberührung sowohl die spezifische Siebdurchgangsleistung als auch der Siebgütegrad wachsen. Menge und Güte des abgeseibten Gutes sind aber die Faktoren, die nicht nur den technischen Erfolg der Absiebung, sondern auch ihre Wirtschaftlichkeit kennzeichnen. Im ständigen Streben nach größeren Sieberfolgen ging man daher immer mehr zur systematischen Untersuchung des Siebprozesses über und schuf — auf den gewonnenen Erkenntnissen aufbauend — neue Siebkonstruktionen mit verbesserten Arbeitsweisen, so daß heute neben dem hier und da noch in Gebrauch befindlichen und wahrscheinlich die Urform des Siebes verkörpernden Durchwurf modernste Siebmaschinen das Feld beherrschen.

So ist z. B. das 1883 an F. W. KLÖNNE erteilte Patent über einen Kreiselrätter [9], dem „vollkommenste Trennung bei geringstem Kraftaufwande“ nachgerühmt wird, ein früher Zeuge für die Bemühungen um zweckmäßige Siebkonstruktionen. 1903 beschreibt KLEIN [10] ein in der mitteldeutschen Braunkohle eingesetztes Rüttelsieb, das Bewegungen in allen drei Raumebenen ausführt. In einer Einschätzung der Fortschritte in der Braunkohlenaufbereitung stellt HERZOG [11] im Jahre 1915 fest, daß Stabroste (Briartroste), Rundsiebe (Klassiertrommeln) und Plansiebe überall in Anwendung sind.

Durch eine Fülle umfassender und wertvoller Arbeiten auf dem Gebiete der Siebtechnik sind die dreißiger Jahre gekennzeichnet. Dabei handelt es sich vornehmlich um Veröffentlichungen, in denen der technologische und wirtschaftliche Trennerfolg von Schwingsieben wie auch von Scheibenrosten untersucht wird; denn mit der Forderung nach größtmöglicher, bereits im Naßdienst herzustellender Feinheit der Brikettierkohle, wie sie z. B. von GEBHARDT [12] im Hinblick auf gleichmäßige Trocknung schon 1929 erhoben wird, war die Bedeutung der Siebklassierung erheblich gewachsen. Es seien hier nur die Arbeiten von WINKLER und TIETZE [13],

WINKLER [14] [15], MÜLLER [16], KAISER [17], HERMISSON [18] und GLATZEL [19] erwähnt, die sich mit den verschiedensten die Absiebung beeinflussenden Faktoren und den dabei auftretenden Sieberfolgen beschäftigten sowie teilweise auch eine kritische Einschätzung der in Anwendung befindlichen Siebeinrichtungen geben.

PROCKAT und RAMMLER [20] lieferten anhand eigener Siebversuche mit lufttrockener Steinkohle einen grundlegenden Beitrag zur Methodik der Untersuchung von Zittersieben. Sie demonstrierten durch graphische Darstellung den mit der Sieblänge abklingenden Anfall von Siebdurchgang und wiesen nach, daß mit wachsender Siebbelastung der Siebgütegrad zunächst flach und dann sehr steil abfällt. In einer Arbeit von ROSIN und RAMMLER [21] wird belegt, daß Siebleistung und Klassierungsfeinheit innerhalb eines begrenzten Bereiches von Maschenweiten nach dem Parabelgesetz miteinander verknüpft sind. Über den Einfluß der Kornzusammensetzung des siebfähigen Anteils auf das Siebergebnis berichten DRESNER, KAYSER, RAMMLER und WESEMANN [22]. Den durch Xylit heraufbeschworenen Siebschwierigkeiten ist MAYER [23] gründlich nachgegangen. Einen Beitrag zur Absiebung von getrockneter Braunkohle auf Siebrosten bzw. schnellschwingenden Sieben lieferte KÜHN [24].

In den letzten Jahren erschien eine Arbeit von LANGERBEIN [25], die sich mit der bislang noch wenig beachteten und schwierige Fragen aufwerfenden Dynamik des Siebvorganges auf einem Schwingsieb (Aufgabegut Eisenerz bzw. Grauwacke) beschäftigt.

In einer Arbeit über den Einfluß der Körnung und der Siebflächenbelastung auf den Sieberfolg stellen SCHRANZ und BERGHOLZ [26] fest, daß eine bestimmte maximale Durchgangsmenge auch bei weiterer Erhöhung der aufgegebenen Unterkornmenge (= siebfähiges Gut in der Aufgabe) nicht überschritten werden kann. Grundsätzlich halten sie fest, daß das Grobe in der Aufgabe (Nicht-Siebfähiges) einen wesentlich geringeren Einfluß auf den Siebvorgang als das siebfähige Gut ausübt.

Auf die vielfältigen, für den Verarbeitungsprozeß enorm wichtigen Aufgaben der Siebklassierung in den Aufbereitungsanlagen moderner Brikettfabriken — sei es auf der Naß- oder Trockenseite — weisen HOEFER [27] und RAMMLER [28] [29] in einigen Arbeiten hin. Dabei werden insbesondere die Funktionen der Klassierungsgeräte innerhalb von Kreislaufschaltungen, worin sie als Sperrorgane die obere Begrenzung der gewünschten Körnung sicherzustellen haben, umrissen.

Immer wieder haben im Laufe der siebtechnischen Entwicklung zahlreiche Autoren die Oberflächenfeuchtigkeit, welche ein Aneinanderhaften der Körner des Schüttgutes und außerdem das Verschmieren und Zusetzen der Sieböffnungen verursacht, als einen Hauptfeind der Siebung bezeichnet. Es sei hier auf die Arbeiten von MÜLLER [16], KEGEL und RAMMLER [30], BATEL [31], KRUG [32] sowie RAMMLER und PEETZ [33] hingewiesen, die sich mit der Art und Größe des negativen Einflusses der Oberflächenfeuchtigkeit auf das Siebergebnis sowie mit Möglichkeiten zur Überwindung dieser Schwierigkeiten beschäftigen.

Wenn man die in Gebrauch befindlichen neueren Siebmaschinen nach der Bewegungsart ihrer Siebböden untersucht, so ist festzustellen, daß die in der vertikalen Ebene schwingende Bewegung eindeutig vorherrscht. Der Entwicklungsweg zu diesem Tatbestand ist begleitet von zahlreichen Arbeiten, die sich mit der Kinetik des schwingenden Siebbodens und des mitbewegten Siebgutes beschäftigen. Als primäre Einflußfaktoren, die natürlich im Zusammenhang mit den Eigenschaften des Siebgutes und dem angestrebten Sieberfolg gesehen werden müssen, treten hierbei die Amplitude, Schwingungszahl und Neigung des Siebbodens sowie der Wurfwinkel des Siebgutes auf. Mit diesen Problemen beschäftigen sich eingehend die Arbeiten von KIESSKALT [34], KLUGE [35], GÖBEL [36] und LINKE [37].

Unter dem Gesichtspunkt der Lebensdauer, der Siebleistung und der Siebungsqualität beurteilt E. O. RIEDEL [38] den Einsatz verschiedener Siebböden. Er kommt zu dem Schluß, daß in der Praxis vielfach Kompromisse geschlossen werden müssen, wie z. B. zwischen dem Streben nach einer möglichst großen offenen Siebfläche und der Notwendigkeit eines hohen Verschleißwiderstandes der Siebbodenelemente. Um für die Verarbeitung eines gegebenen Siebgutes die Auswahl des am besten geeigneten Siebbodens zu erleichtern, schlägt E. RIEDEL [39] Kennbuchstaben vor, mit deren Hilfe sowohl die Sieböffnungsform als auch der Durchgangswiderstand beschrieben werden können.

Mit der Einführung der Trockenkohlenaufbereitung in den Braunkohlenbrikettfabriken — der sogenannten Nachaufbereitung — tritt auch der Siebkettenförderer auf den Plan. Er hat sich aus dem gewöhnlichen, seit etwa 1928 in die Brikettfabriken eingeführten Trogkettenförderer [40] entwickelt. Eine ausführliche Darstellung der konstruktiven Einzelheiten sowie der Einsatzmöglichkeiten dieses Fördergerätes hat MÜLLER [41] gegeben. Die eingehende Untersuchung des Trogkettenförderers vom Standpunkt der technischen Mechanik aus wurde von VIERLING und LAMM [42] vorgenommen. Die Vorteile des Trogkettenförderers bestehen vor allem in der Möglichkeit der starken Zusammenfassung des Kohlentransportes, beruhend auf der Tatsache, daß der Förderer mit seiner endlosen Kette gleichzeitig in zwei Richtungen fördern kann, in dem im Verhältnis zur Förderschnecke geringen Querschnitt, seiner robusten Leistungsfähigkeit und seinem geringen Wartungsanspruch. Zu diesen Vorzügen gesellt sich noch die Möglichkeit, durch Ausbildung des Zwischenbodens als Siebboden im Förderzug der Kohle ihre Klassierung zu verwirklichen, wobei die Kette im Obertrum das Aufgabegut transportiert und den Überlauf abwirft, während sie im Untertrum den Siebdurchgang abfördert. Wenn hierbei auch der Querschnitt des Fördertroges etwas größer auszulegen ist, so erübrigt sich doch die Aufstellung besonderer Siebmaschinen. Hierauf sowie auf die seinerzeit noch nicht sehr hochgestellten Feinheitsforderungen an das Brikettiergut dürfte die historische Erscheinung zurückzuführen sein, daß der Siebkettenförderer selbst die leistungsfähigen Resonanz- oder Vibratorsiebe in den Brikettfabriken nicht zur Entfaltung kommen ließ. Diese Tatsache ist um so bemerkenswerter, wenn man bedenkt, daß ein Vergleich zwischen den Absiebungsvorgängen unbestritten zugunsten des Schnellschwingsiebes ausfällt. Während hier vom schwingenden Siebboden jene Kräfte ausgehen, welche die Durcharbeitung und dabei den



Transport des Gutes sowie das Freiarbeiten der Sieböffnungen bewirken, wird im Siebkettenförderer das Gut von der Kette über den unbeweglichen und damit in diesem Sinne passiven Siebboden gezogen. Umwälzung und Auflockerung des Gutes durch die bewegte Kette sind nicht genügend stark ausgeprägte, sekundäre Erscheinungen zu deren Förderaufgabe. Die sonst begrüßte Tatsache der geringen Entmischung eines Gekörnes beim Transport im Kettenförderer gereicht hier zum Nachteil. Dem Siebkettenförderer kam zugute, daß die Einschaltung des Absiebvorganges in den Förderweg der Kohle zwangsläufig zur Ausbildung eines langgestreckten Siebbodens führte, so daß die geringe Gutumwälzung durch längere Verweilzeit auf dem Siebboden wenigstens teilweise wettgemacht wurde.

Seine Position hat der Siebkettenförderer in den Normalkornbrikettfabriken (Körnung der Brikettierkohle 0—6 mm) bis auf den heutigen Tag behauptet. Erst die in den Fein- und besonders in den Feinstkornbrikettfabriken aufzubringenden Feinheiten des Brikettiergutes lassen die Grenzen seiner Leistungsfähigkeit hervortreten.

Im Gegensatz zur weiten Verbreitung des Siebkettenförderers in Brikettfabriken ist der in der Literatur über ihn vorhandene Stoff wenig umfangreich. Um 1940 führten HAASE und FEIST Untersuchungen durch, um den Einfluß von Sieblänge, Schütthöhe, Spaltweite etc. auf das Absiebungsergebnis zu ermitteln. Durch Auswertung dieser Versuche fand RAMMLER [40] eine Näherungsgleichung für das Feinkornausbringen in Abhängigkeit von der Länge des Siebbodens. Über diese Untersuchungen liegen noch keine umfassenden Veröffentlichungen vor.

**Begründung des eingeschlagenen Lösungsweges**

Die Forderung nach der Übertragbarkeit der Untersuchungsergebnisse auf praktische Verhältnisse war von Anfang an maßgebend für die Festlegung

- a) der Größe des Versuchsgerätes,
- b) des Ortes seiner Aufstellung,
- c) der Versuchsbedingungen und
- d) der Versuchsdurchführung.

Versuche auf einem Modellgerät im Labor verboten sich deshalb von selbst.

Mit einer gewählten Kettenbreite von 500 mm und einer maximalen Aufgabeleistung von 50 t/h Trockenbraunkohle stellt der Förderer in seiner Bemessung ein Gerät dar, wie es mitunter in der Praxis schon anzutreffen ist. Die an ihm gefundenen Ergebnisse lassen sich unter weitgehender Risikoeinschränkung auf Förderer mit noch größeren Kettenbreiten übertragen.

Die Sicherstellung der benötigten Versuchskohlenmengen schrieb die Errichtung des Versuchsstandes in einer Brikettfabrik und den Anschluß an die dort vorhandenen Förderer vor. Damit mußten aber zwangsläufig auch die dem Betrieb einer Brikettfabrik eigenen Schwankungen — insbesondere die der Kornzusammensetzung des Aufgabengutes — in Kauf genommen werden. Ausschalten oder systematisch untersuchen läßt sich dieser Einflußfaktor nur, wenn mit einer künstlich zusammengesetzten Körnung eines abriebfesten Stoffes gearbeitet wird. Solche Untersuchungen müssen sich in Anbetracht des Aufwandes dann aber auf den Labor-Rahmen beschränken.

Die Bewältigung der anfallenden großen Kohlenmengen bedingte das Fahren kurzer Versuche mit einer reinen Versuchszeit von mehreren Minuten, wobei gewährleistet sein mußte, daß der Versuch einen Ausschnitt aus einem unter den gewünschten Bedingungen im Gang befindlichen Absiebvorgang darstellt.

**Beschreibung des Versuchsstandes****Die Schaltung der Elemente des Versuchsstandes**

Der in der Trocknerabteilung II der Brikettfabrik Deutzen errichtete Versuchsstand bestand im wesentlichen aus dem Siebkettenförderer und einem gewöhnlichen Trogkettenförderer als Zubringeförderer. Bild 1 zeigt im Situationsriß die Aufstellung und die Schaltung dieser Elemente.

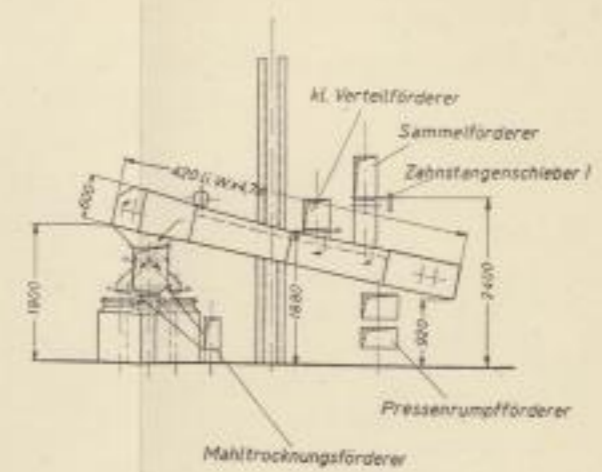
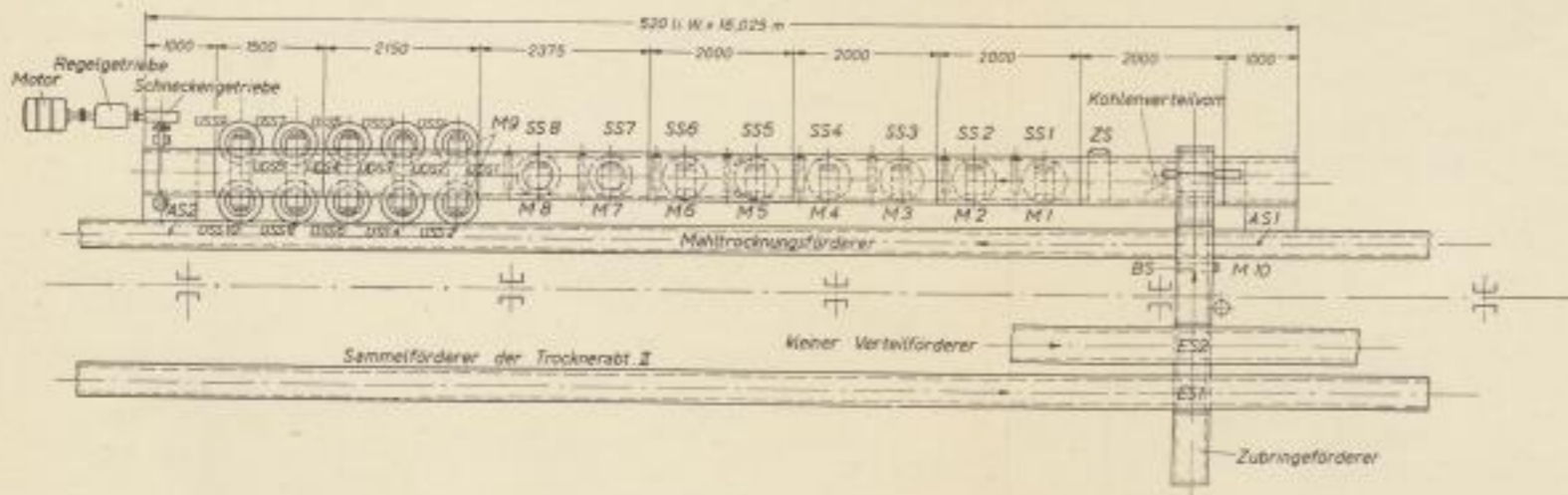
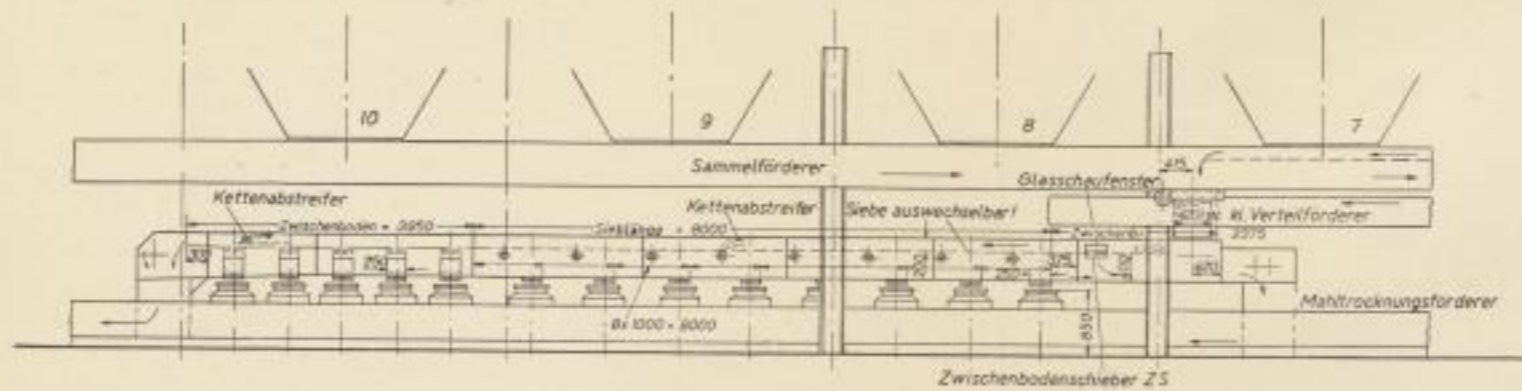


Bild 1. Aufstellung und Schaltung der Förderelemente des Versuchstandes



**SLUB**

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK  
FREIBERG



Die Versuchskohle wurde dem Sammelförderer der Trocknerabteilung II durch Öffnen des Entnahmeschiebers ES 1 entnommen und dem Zubringeförderer aufgegeben, der sie auf den Zwischenboden vor der Siebstrecke des Siebkettenförderers abwarf. Hier wurde sie von der Förderkette im Obertrum erfaßt und in Richtung des Siebbodens transportiert. Während das überlaufende Gut durch die Überlaufschurren, die bis in den an die Siebstraße anschließenden Zwischenboden reichten, ausgetragen wurde, transportierte die Kette im Untertrum den auf jedem Meter der Siebstraße angefallenen Durchgang in die zugehörige Siebschurre.

Wurde mehr Kohle gebraucht, als die 5 durch die Sammelfördereranzapfung erfaßten Röhrentrockner der Abteilung II durchsetzten, so konnte durch Öffnen des Entnahmeschiebers ES 2 aus dem kleinen Verteilförderer Zusatzkohle aus der Trocknerabteilung III in begrenztem Umfang entnommen werden. Bei Ausschöpfung aller Möglichkeiten konnte das Versuchsaggregat mit ca. 50 t/h Trockenkohle beaufschlagt werden.

Um die Gefahr des Versackens der Fördermittel einzuschränken, waren ihre Antriebsmotoren miteinander verriegelt.

## 2.22

## Der Zubringeförderer

Dieser normale Trogkettenförderer wies folgende technische Daten auf:

Achsenabstand	4,7 m
Kettenbreite (Gabelkette)	400 mm
Kettenteilung	200 mm
Kettengeschwindigkeit	0,32 m/s
Max. Förderleistung	50 t/h
Drehzahl an der Kettenradwelle	16 U/min
Leistungsbedarf an der Kettenradwelle	1,5 kW
Inst. Antriebsleistung	2,3 kW

## 2.23

## Der Siebkettenförderer

Der Siebkettenförderer war durch folgende technische Daten gekennzeichnet:

Achsenabstand	15,50 m
Gesamtlänge der Siebstrecke	8,00 m
Kettenbreite (Gabelkette)	500 mm
Kettenteilung	200 mm
Steghöhe	50 mm
Kettengeschwindigkeiten	0,10—0,50 m/s
Max. Förderleistung	50 t/h
Drehzahlen an der Kettenradwelle (durch Flüssigkeitsgetriebe stufenlos regelbar)	5—25 U/min
Max. Leistungsbedarf an der Kettenradwelle	4,5 kW
Inst. Antriebsleistung	5,5 kW

Bild 2 zeigt die Gesamtansicht des Förderers von der Aufgabeseite her. Im Bildvordergrund ist in der Trogseitenwand der geöffnete Zwischenbodenschieber ZS zu sehen, der in dieser Stellung das Aufgabegut noch vor Erreichen der Siebstraße in



Bild 2. Gesamtansicht des Siebkettenförderers  
von der Aufgabeseite

das Untertrum fallen läßt, es in geschlossenem Zustand aber der Siebstraße zuleitet. An den Trogboden sind die acht von Meter zu Meter auf die Siebstrecke verteilten Durchlaufschurren angeschraubt.

Um ein Mitführen von Siebgut auf den Kettensträngen zu vermeiden, waren Abstreicher im letzten Drittel der Siebstrecke und im Bereich des Überlaufabzuges angebracht. Im Boden des Fördertroges zwischen den Überlaufschurrenpaaren 3 und 4 befand sich ein Ausschnitt von der Breite des Bodens als Abwurfmöglichkeit für Überlaufgut, das die im Untertrum rücklaufende Kette bei einem Kohlenstau in der Abwurfschurre 2 hätte mitführen und in den Siebdurchlauf bringen können.

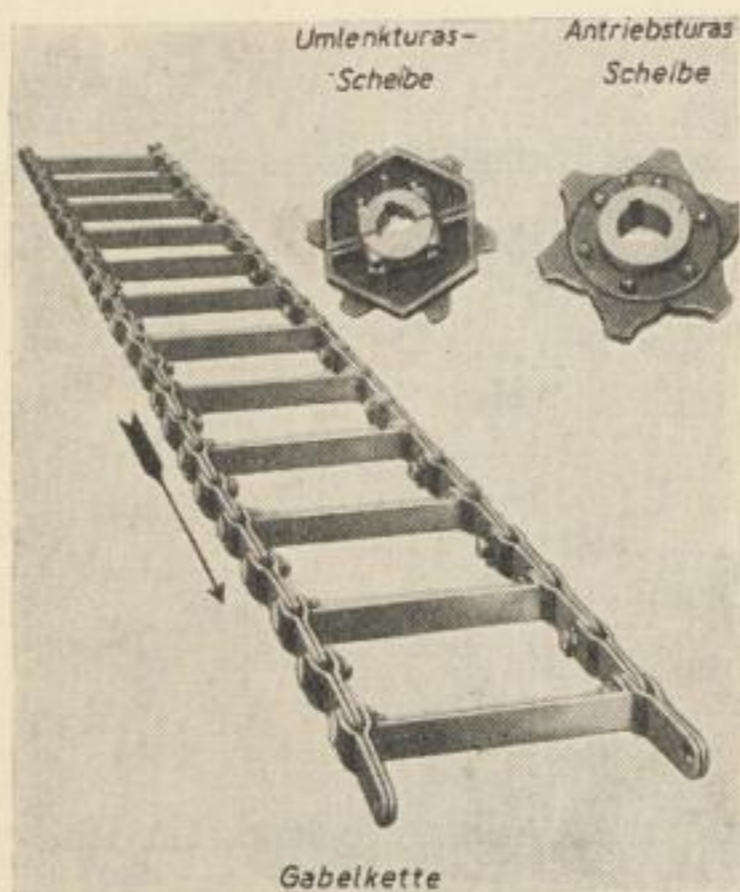


Bild 3. Normale Gabelkette

Bild 3 zeigt eine normale Gabelkettenausführung, wie sie im Versuchsförderer lief. Durch Einsetzen von Querstegen, die verschieden geformte Öffnungen aufweisen (Bild 4), wurden gegen Ende der Untersuchungen zwei Sonderkettentypen zusammengestellt und auf ihre Brauchbarkeit geprüft.

#### 2.24 Der Siebboden

Als Siebböden wurden ausschließlich Spaltsiebe (Rima-Siebe) aus der Gruppe der Weitspaltsiebe (W) und vom Profiltyp *a* benutzt (Bild 5). Diese Profilausbildung weist eine rasche Erweiterung unterhalb der Durchlaßöffnung (Trennöffnung) durch großen Unterschneidungswinkel auf und gewährleistet in-

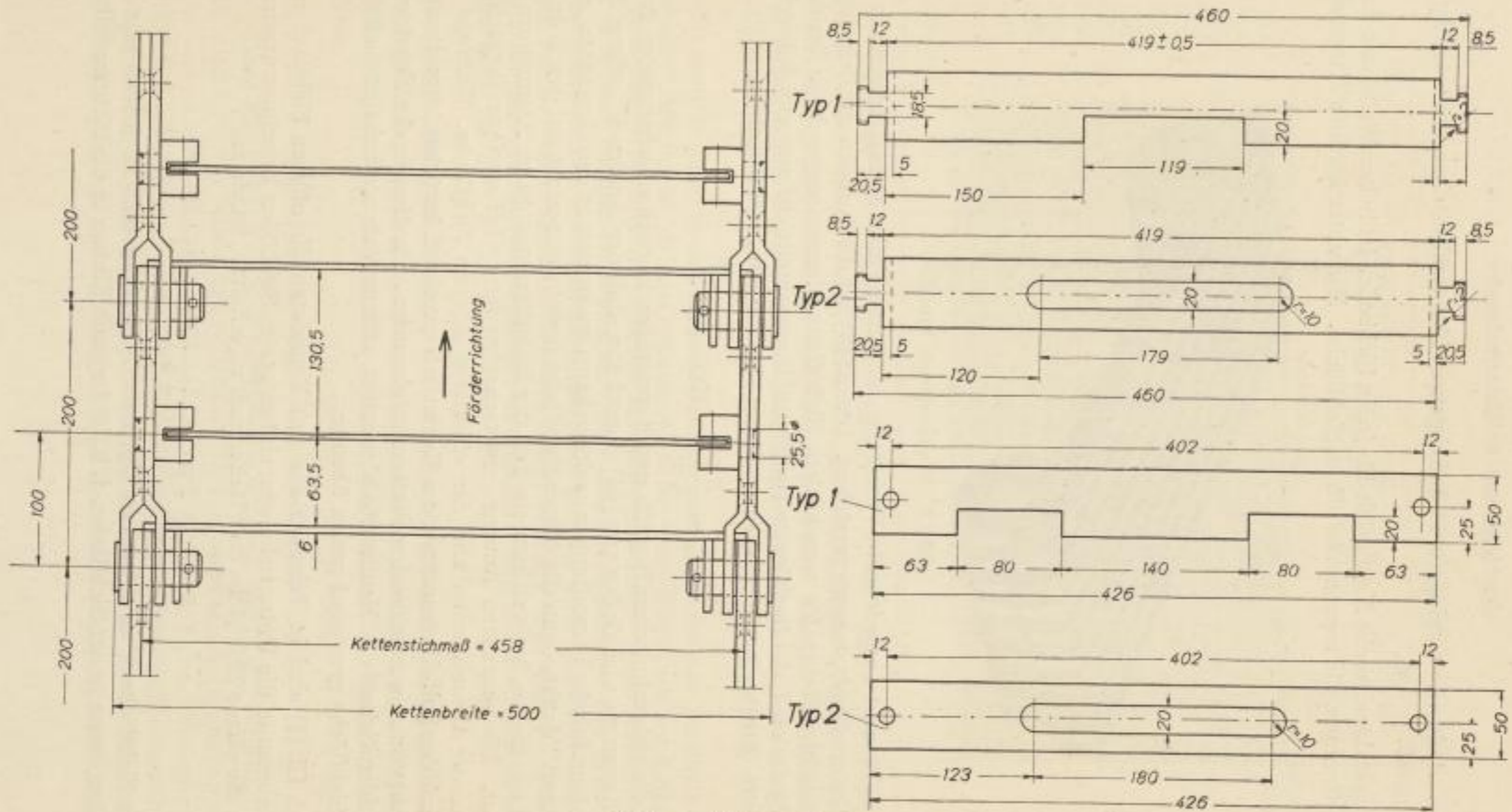


Bild 4. Gabelketten-Sondertypen

folge des dadurch verringerten Durchgangswiderstandes einen unbehinderten Korndurchlaß.

Eine charakteristische Kenngröße für jeden Siebboden ist neben Weite und Form der Sieböffnungen die sogenannte offene Siebfläche. Hierunter ist nach KIRCHBERG

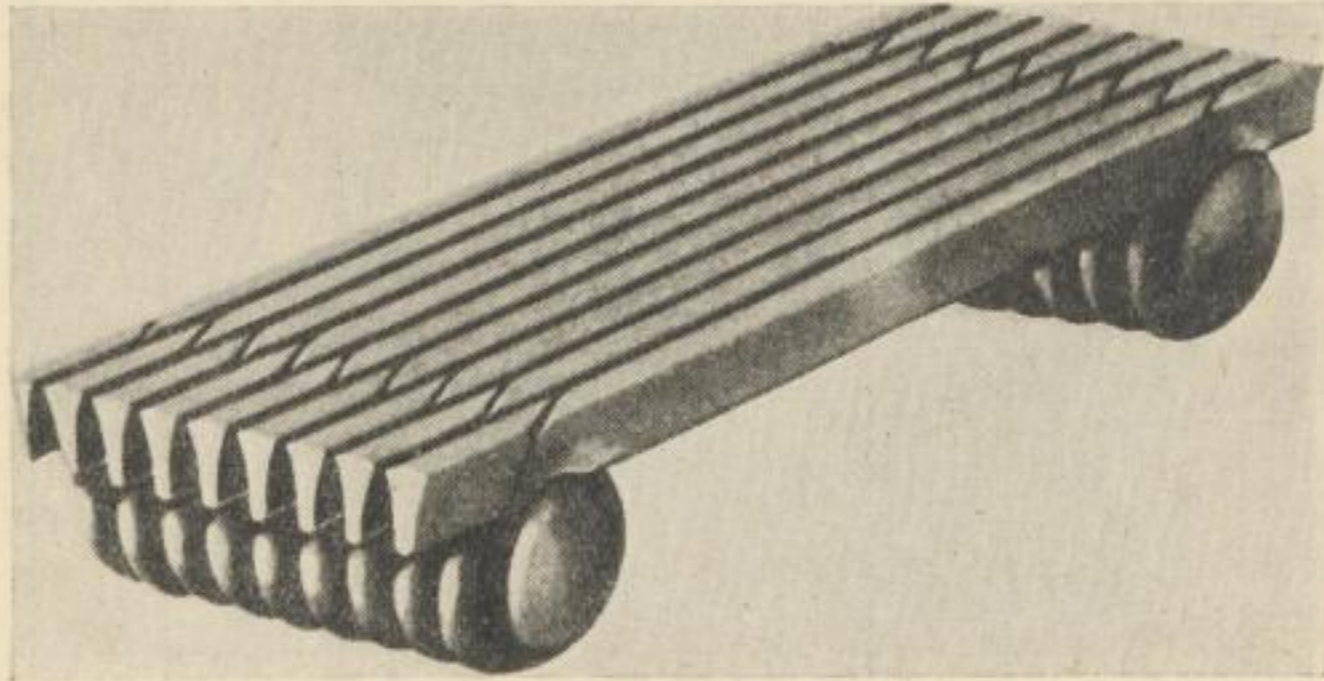


Bild 5. Weitspaltsieb Profil *a*

[8] das in Prozent ausgedrückte Verhältnis der Summe aller Sieböffnungen zur Gesamtfläche des Siebbodens zu verstehen. IVERS [43] hat die Formeln zur Berechnung der offenen Siebflächen für verschiedene Sieböffnungsformen angegeben. Bedeuten für ein Spaltsieb  $l_s$  die Spaltbreite (= Trennöffnungsbreite) in mm und  $b$  die obere Profilbreite (Stegbreite) in mm, so errechnet sich die offene Siebfläche nach

$$F_0 = \frac{l_s}{l_s + b} \cdot 100 \quad [\%]. \quad (1)$$

In einer die siebtechnischen Begriffe und Kenngrößen kritisch einschätzenden Arbeit weisen RAMMLER und GLÖCKNER [44] darauf hin, daß der Ausdruck „offene Siebfläche“ dann falsche Vorstellungen auslösen kann, wenn man an den Gegensatz „offen — verstopft“ denkt, denn die offene Siebfläche bezieht sich nicht auf den Betriebszustand des Siebes, bei welchem ein Teil der Sieböffnungen durch Klemmkorn verstopft ist. Die genannten Autoren unterscheiden ferner bei strenger Betrachtung zwischen der theoretischen und der effektiven offenen Siebfläche. Während sich erstere aus den Soll-Abmessungen des Siebbodens errechnet, berücksichtigt die zweite die nicht ganz zu vermeidenden Fertigungstoleranzen. Da diese in der Regel jedoch nach beiden Seiten der Nennwerte abweichen, stimmen theoretische und effektive offene Siebfläche genügend genau überein.

Nach Gl. (1) sind in Tabelle 1 aus den Nenndaten die offenen Siebflächen der verschiedenen in die Untersuchungen einbezogenen Siebböden berechnet worden.

Um die offene Siebfläche im Flächenmaß zu erhalten, ist sie nach

$$F_0 = \frac{F_0}{100} \cdot F = \frac{l}{l_s + b} \cdot F \quad [\text{m}^2] \quad (2)$$

mit der Siebfläche  $F$  in  $\text{m}^2$  zu multiplizieren. Das Ergebnis ist jedoch nur dann brauchbar, wenn in der Siebfläche, d. h. in der nach Einbau in die Siebmaschine zur



Tabelle 1. Kenngrößen der Siebböden

Spaltbreite $l_s$ mm	Obere Profilbreite $b$ mm	Offene Sieb- fläche $F_0$ %	Profil mit Draht- bezeichnung	Teilung $t$ mm	Durch- messer der Quer- stäbe $d_q$ mm	Zahl der Querstäbe auf der gesamten Siebstrecke
0,75	1,8	29,4	Wa 22	70	7,6	115
1	1,8	35,7	Wa 22	70	7,6	115
1,25	1,8	41,0	Wa 22	70	7,6	115
1,25	2,4	34,2	Wa 28	70	7,6	115
1,25	2,8	30,8	Wa 34	80	7,6	99
1,50	1,8	45,4	Wa 22	70	7,6	115
1,50	2,4	38,4	Wa 28	70	7,6	115
1,50	2,8	34,9	Wa 34	80	7,6	99
1,75	2,8	38,4	Wa 34	80	7,6	99
2	2,8	41,7	Wa 34	80	7,6	99
2,5	3,4	42,4	Wa 42	80	7,6	99
3,0	3,4	46,9	Wa 42	80	7,6	99

Nutzung verbleibenden Fläche, außer den Profildrahtflächen, keine weiteren, den Korndurchgang ausschließenden Sperrflächen auftreten. Der für die Absiebung nutzbar gemachte Anteil dieser einwandfreien Siebfläche wird als nutzbare (= wirksame) Siebfläche bezeichnet.

Wie sieht es unter diesen Gesichtspunkten mit der Siebstraße im Siebkettenförderer aus? Bild 6 zeigt, daß die insgesamt  $L = 8$  m lange Siebstraße aus 4 eingerandeten Einzelsieben besteht, deren Breite  $B = 410$  mm beträgt. Nach Abzug der Randbreiten an den Längsseiten ergibt sich eine nutzbare Siebbreite von  $B'_n = 390$  mm. Da die Kette auf den seitlichen Schleißchienen geführt wird, ist hierfür kein weiterer Abzug vorzunehmen. Nach  $L \cdot B'_n$  errechnet sich jetzt eine Siebfläche von  $F = 3,12$  m<sup>2</sup>. Für die Berandungen an den Siebstößen ist noch ein Abzug von  $8 \cdot 0,39 \cdot 0,022 \approx 0,07$  m<sup>2</sup> zu machen.

Um als nutzbare Sieblänge  $L_n = 8$  m beibehalten zu können und auch den vorgenannten Abzug vorzunehmen, wurde die nutzbare Siebbreite gleichmäßig durchlaufend mit  $B_n = 0,38$  m in Ansatz gebracht; die nutzbare Siebfläche errechnet sich dann zu:

$$F_n = L_n \cdot B_n = 8 \cdot 0,38 = \underline{3,04} \text{ m}^2.$$

Unter dieser Fläche kann man schlechthin die nutzbare Siebfläche verstehen, da sich auf ihr die Absiebung tatsächlich vollzieht. Wird indessen an der Bedingung nutzbare Fläche = wirksame Fläche festgehalten, so muß man sich daran erinnern, daß der Spaltsiebbo den in einem gewissen Teilungsabstand  $t$  durch Querstäbe versteift ist, die eine Behinderung der durchgehenden Körnchen verursachen. Da die Siebspalte über die Versteifungsstellen hinweglaufen und die Querstäbe runden Querschnitt haben,

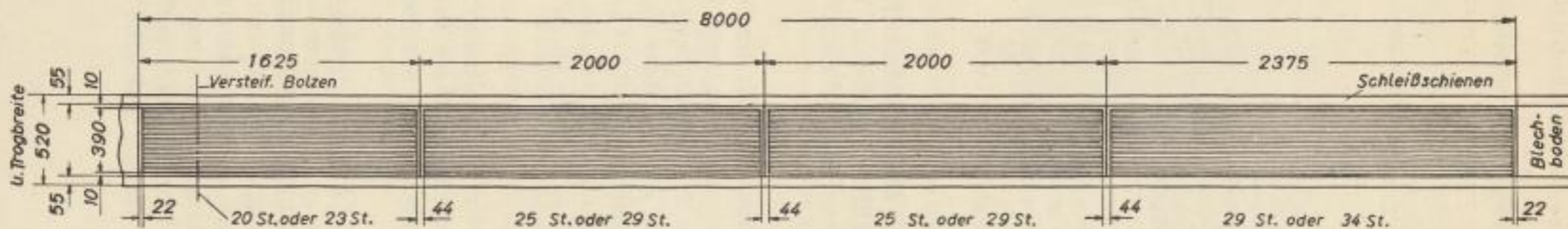


Bild 6. Skizze der Siebstraße

wird einerseits nur von einer Behinderung der durchfallenden Körner durch Ablenkung gesprochen, andererseits aber dennoch der Stablängsschnitt als Sperrfläche angesehen, nach deren Abzug die wirksame Siebfläche erhalten wird.

Die bisher als nutzbare Siebfläche bezeichnete Fläche  $F_n = 3,04 \text{ m}^2$  reduziert sich unter diesem Gesichtspunkt proportional dem Teilungsverhältnis  $\frac{t-d_s}{t} \cdot 100$  zur wirksamen Fläche  $F_w$ . Hierin sind  $t$  die Siebteilung (Abstand von Mitte zu Mitte Querstab) und  $d_s$  der Querstabdurchmesser, beide in mm.

Da die Querstäbe den Korndurchgang zwar behindern, die Siebfläche jedoch nicht als Sperrflächen, wie etwa die Stoßberandungen, unterbrechen, wurde im Rahmen dieser Untersuchungen die nutzbare Siebfläche mit  $F_n = 3,04 \text{ m}^2$  in die Rechnungen einbezogen und für sie der Prozentwert der offenen Siebfläche  $F_0$  als gültig angesehen.

Bei den Betrachtungen über die offene Siebfläche muß man sich stets vor Augen halten, daß von ihr im Betrieb tatsächlich nur der Teil wirksam ist, der sich nach Abzug der verstopften Öffnungen ergibt. Der Anteil der verstopften Fläche schwankt beträchtlich. Er hängt von der Ausbildung des Siebbodens, vor allem aber von Beschaffenheit und Zustand des Siebgutes ab. Im ungünstigsten Falle kann der Absiebvorgang unter Ignorierung der nominalen offenen Siebfläche völlig zum Erliegen kommen. Während dieser Untersuchungen, bei denen dem Siebkettenträgerer Trockenbraunkohle, also durchaus kein siebschwieriges Gut, aufgegeben wurde, traten Spaltverstopfungen durch Klemmkorn weniger in den Vordergrund. Dafür lagerten sich in den Spaltöffnungen Körner ein, die näherungsweise Kugel- bzw. Würfelgestalt hatten und deren Abmessungen in den weitaus meisten Fällen wohl knapp über der Spaltbreite lagen. Sie ließen sich mit der flachen Hand als sogenanntes „Rollgut“ leicht auf den führunggebenden Siebspalten hin und her bewegen und entzogen sich vielfach auch der unmittelbaren Berührung mit dem Kettensteg, da zwischen diesem und dem Siebboden zur Einschränkung des Verschleißes etwas Luft gegeben sein muß. Zwar wurde das Rollgut dann bewegt, wenn der Kettensteg Siebgut vor sich her schob, gleichzeitig aber aus dem Körnungsreservoir wieder ergänzt.

Die in Bild 6 dargestellte Siebstraße ließ sich nach Öffnen der Kette unter Zerlegung in ihre 4 Einzelsiebe verhältnismäßig leicht ausbauen und durch eine andere ersetzen.

Um stets einen normalen, d. h. im Ergebnis unverfälschten Absiebvorgang zu erzielen, wurden bei allen Versuchen folgende Vorbedingungen erfüllt:

1. unversehrte Siebspaltausbildung

2. kornundurchlässige Abdichtung zwischen Siebberandungen und Trogteilen.

Außer den ordnungsgemäß ausgebildeten Siebspalten gab es für das Korn also keinen anderen Weg, um in den Durchlauf zu gelangen.

Am Ende der Beschreibung der Versuchsanlage soll nicht unerwähnt bleiben, daß der gesamte Versuchsstand nach den Angaben und Wünschen des Auftraggebers vom Werk Freital des VEB Mühlenbau Dresden projektiert, gefertigt und montiert wurde.

Die gesamte Siebausrüstung stammt aus der Produktion des VEB Industriesiebe und Drahtförderbänder, Dresden. Beiden Betrieben, insbesondere dem Werk Freital, sei auch an dieser Stelle für alle Mühewaltung bestens gedankt.

## 2.3

## Ablauf der Versuche

Die Beherrschung der anfallenden Kohlenmengen bedingte die Einschränkung der Versuchsdauer für den einzelnen Versuch. Sie betrug im allgemeinen 3—6 Minuten. Es darf angenommen werden, daß hierbei die im Trockendienst einer Brikettfabrik auftretenden Schwankungen — insbesondere hinsichtlich der körnungsmäßigen Zusammensetzung der Trockenkohle — umgangen wurden und für den einzelnen Versuch weitgehend stabile Verhältnisse vorlagen. Von einer Versuchsreihe, die sich über einen oder mehrere Tage erstreckte, ließen sich die Betriebsschwankungen jedoch nicht fernhalten.

Die Ergebnisse eines jeden Versuches müssen die weitgehend gesicherte Beurteilung des Absiebvorganges unter den gewählten Bedingungen gestatten, d. h., der Versuch selbst muß von Anfang bis Ende einen Ausschnitt aus einem unter solchen Bedingungen voll im Gang befindlichen Absiebvorgang darstellen. Dies bedeutet, daß vor der eigentlichen Untersuchungsperiode — der Versuchsdauer — eine Einlaufperiode liegen muß, in welcher die gewünschten Bedingungen hergestellt werden.

Während nun die Länge der Siebstraße ständig, die Beschaffenheit des Siebbodens jeweils für eine ganze Versuchsgruppe festlagen und die Merkmale des Siebgutes von der verarbeiteten Kohle und der Fahrweise des Brikettfabrikbetriebes abhingen, mußten Kettengeschwindigkeit und Schütthöhe der Kohle am Anfang der Siebstraße für jeden Versuch neu eingeregelt werden.

Bedeutet  $t$  die Kettenteilung in m,  $n$  die minutliche Drehzahl des Antriebskettensternes (Antriebsteras) und  $\beta$  die Vieleckform dieses Kettensternes, so errechnet sich die (mittlere) Kettengeschwindigkeit  $v$  in m/s nach

$$v = \beta \frac{t \cdot n}{60} \quad [\text{m/s}]. \quad (3)$$

Nach der Drehzahl aufgelöst ergibt sich die Beziehung

$$n = \frac{v \cdot 60}{\beta \cdot t} \quad [\text{U/min}], \quad (4)$$

und nach Einsetzung der unseren Verhältnissen entsprechenden Werte  $t = 0,2$  m,  $\beta = 6$  erhält man

$$n = 50 \cdot v \quad [\text{U/min}]. \quad (4a)$$

Das stufenlos regelbare Flüssigkeitsgetriebe im Antrieb des Siebkettenförderers gestattete in allen Fällen eine genaue Einregelung der gewünschten Drehzahl und damit der Kettengeschwindigkeit. Nach Einstellung der Kettengeschwindigkeit am Sieb-

kettenförderer und Ingangsetzung des Zubringeförderers wurde der Entnahmeschieber ES 1 allmählich soweit geöffnet, daß sich an der Kohlenverteilverrichtung (Bild 7) über dem Zwischenboden vor der Siebstraße die gewünschte Schütthöhe auf etwa Siebbreite einstellte.

Sobald dies geschehen war, wurde der bis dahin offene Zwischenbodenschieber ZS geschlossen, so daß die Kohle nunmehr der Siebstraße zufließt. Mit dem Schließen dieses Schiebers wurde eine Stoppuhr ausgelöst, und der eigentliche Versuch — die Untersuchungsperiode — begann.

Mit Ablauf der Versuchszeit  $z$  wurde der Zwischenbodenschieber wieder geöffnet, so daß der Kohlenstrom zur Siebstraße schlagartig unterbrochen war. Die Kohlenmenge jedoch, die sich noch auf dem Siebboden befand, wurde restlos abgesiebt und

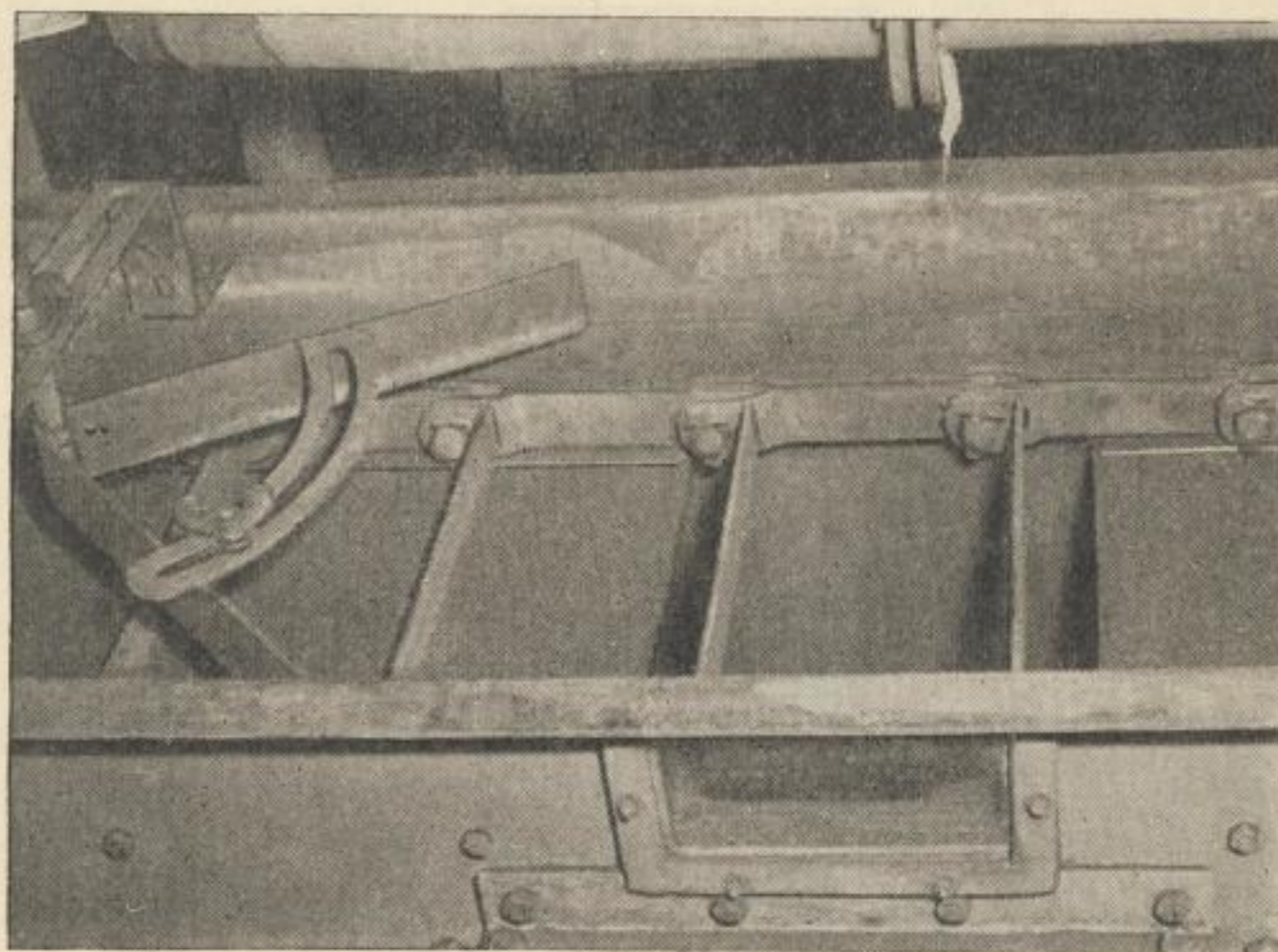


Bild 7. Kohlenverteilverrichtung

floß den Auffanggefäßen zu. Diese Weitersiebung außerhalb der Versuchsdauer klang im gleichen Maße ab, wie sich mit Beginn des Versuches der Absiebungsprozeß entsprechend der Kettengeschwindigkeit über die ganze Siebstraße hinweg ausbreitete. Aufbau- und Abbauperiode der Absiebung ergänzten sich demzufolge vollständig, und indem die aus der Weitersiebung anfallenden Kohlenmengen den Durchlauf- bzw. Überlaufanteilen noch zuwanderten, lieferte die Auswertung des Versuches das Bild eines in jedem Augenblick der Untersuchungsdauer voll unter den eingestellten Verhältnissen arbeitenden Siebkettenförderers.

Auf genaue Bestimmung der Versuchsdauer wurde besonderer Wert gelegt, um bei Umrechnung der durchgesetzten Mengen auf Stundenleistungen keine groben Abweichungen auftreten zu lassen.

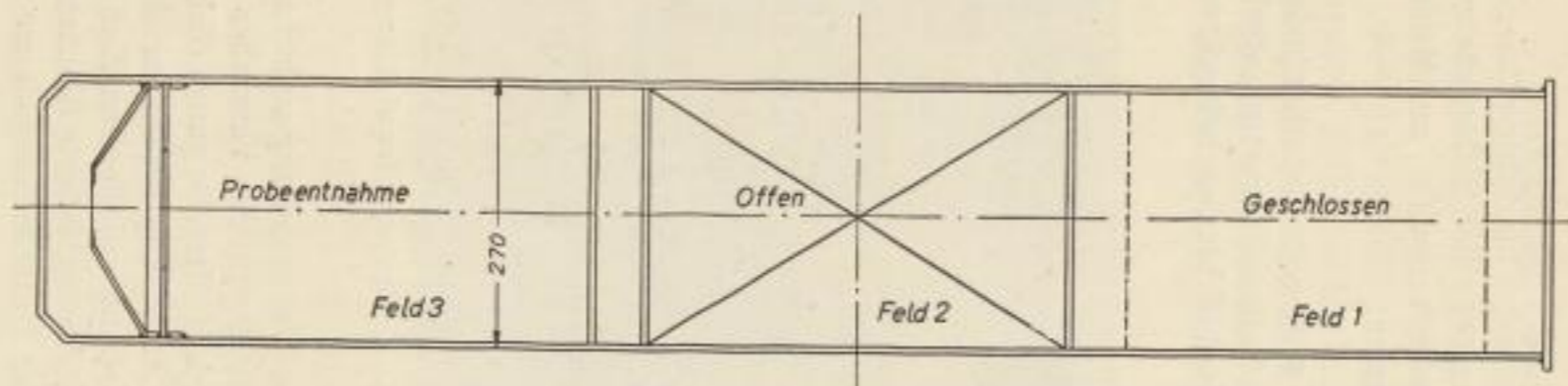


Bild 8. Draufsicht vom Schieber

Während eines Versuches von 5 Minuten Dauer wurden an folgenden Meßstellen 3—4 Proben gezogen:

Meßstellen M 1 bis M 8: Siebschurren 1 bis 8 für Siebdurchgang je m Siebstraße;  
 Meßstelle M 9: Überlaufschurren 1 und 2 für Siebüberlauf;  
 Meßstelle M 10: Bodenschieber BS (am Zubringeförderer) für Aufgabegut.

Wie Bild 8 zeigt, waren die Siebschurrenschieber dreiteilig ausgebildet. Feld 1 verschloß die Schurre, Feld 2 gab den Durchlauf frei und Feld 3 — einen flachen Kasten von der Größe des Schurrenquerschnittes bildend — diente zum Auffangen der Probemengen.

Nach der Probenahme wurde die im Flachkasten aufgefangene Kohle sofort in ein mit der Nummer der Meßstelle gekennzeichnetes Gefäß (Hobbock) abgestrichen, wobei sich der Schieber bereits wieder in Durchlaufstellung befand.

Die Proben vom Überlaufgut wurden durch kurzes Öffnen des Überlauf-Doppelschiebers gezogen. Hierbei floß der gesamte, die Siebstraße verlassende Gutstrom kurzzeitig in das erste Faßpaar unter dem Überlaufteil, das ausnahmslos für die Aufnahme der Proben vorgesehen blieb.

Die Proben vom Aufgabegut wurden dem Zubringeförderer durch Öffnen des Bodenschiebers BS entnommen und in einem am Trogboden aufgehängten Kasten aufgefangen. Die vom Bodenschieber freigegebene Öffnung war groß genug, um den Kohlenstrom in seinem ganzen Querschnitt nach unten ausfallen zu lassen.

Die gezogenen Probemengen mußten auf handliche Teilmengen eingeeengt werden, um an ihnen die Merkmale der Trockenkohle, wie Kornzusammensetzung, Wassergehalt etc. zu bestimmen. Hierzu wurde der mechanische Probenteiler mit rotierender Verteilertrommel (Institut für Brikettierung) benutzt, über dessen Aufbau und Teilungsgenauigkeit RAMMLER und KRUG [45] in einer besonderen Arbeit berichteten.

Temperatur, Wassergehalt und Schüttgewicht der Kohle wurden an der Probe des Aufgabegutes bestimmt. Zur Ermittlung des Schüttgewichtes benutzte man eine im Institut für Brikettierung gebaute, einfache Apparatur (Bild 9), welche eine ungefähr konstante Kohlenmenge aus stets gleicher Höhe in den Meßwürfel fallen läßt.

Der Wassergehalt wurde nach der Trockenschrankmethode ermittelt und die Tem-

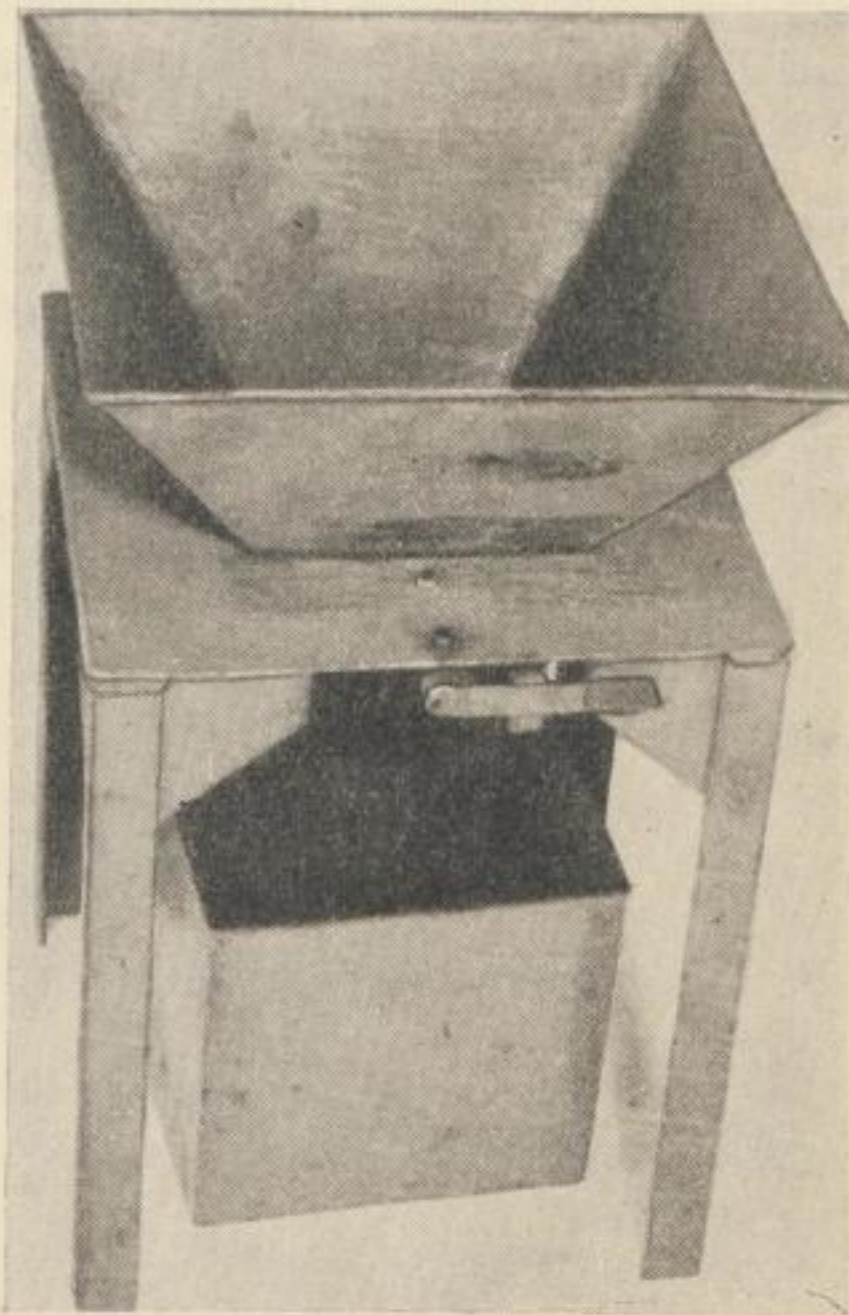


Bild 9. Gerät zur Schüttgewichtbestimmung

peratur mit einem einfachen Stockthermometer unmittelbar nach Beendigung der Probenahmen gemessen.

In den Proben vom Aufgabegut und vom Überlauf wurden schließlich die Anteile an siebfähigem Gut bestimmt. Dies geschah im Laboratorium des Institutes für Brikettierung in Freiberg, wo ein gewöhnliches Schwingsieb mit dem jeweils im Siebkettenförderer eingesetzt gewesenen Spaltsiebboden belegt wurde. Die Verschiedenartigkeit der Absiebvorgänge fiel dabei nicht ins Gewicht, da es lediglich darauf ankam, eine praktisch vollständig Aussiebung des siebfähigen Anteils zu erzielen. Zu diesem Zwecke wurde der Überlauf des Schwingsiebes der Absiebung so lange unterworfen, bis kein merklicher Durchgang mehr zu verzeichnen war.

Sämtliche Proben, die vom Aufgabegut, vom Siebüberlauf, wie auch die von den Durchgängen der einzelnen Siebstraßenstrecken, wurden der maschinell durchgeführten Prüfsiebanalyse (Doppelbestimmung mit der Fraissinet-Vibrations-Siebmaschine) unter Verwendung eines gemischten Siebsatzes (nach DIN 1170 und 1171) unterworfen.

Die während eines Versuches als Siebdurchgang oder Siebüberlauf anfallenden Kohlenmengen wurden restlos in Fässern aufgefangen und ausgewogen, wobei die Gewichte der entnommenen Probemengen zugeschlagen wurden. Hierauf, wie auf der Ermittlung der siebfähigen Anteile nach der vorhin beschriebenen Methode und auf dem einwandfreien Zustand des Siebbodens, beruht die Auswertung der Versuche, auf die in einem späteren Abschnitt näher eingegangen wird.

Für die ständige vorbildliche Unterstützung, die mir von seiten des Braunkohlenwerkes Deutzen bei der Durchführung der Versuche zuteil wurde, sei an dieser Stelle bestens gedankt.



Der Einfluß von Sieblänge, Schütthöhe und Kettengeschwindigkeit auf den Absiebvorgang wurde an insgesamt 12 verschiedenen Spaltsiebflächen geprüft. Von den Sieben mit 1,25 mm bzw. 1,50 mm Spaltweite lagen je 3 Ausführungen vor, die sich in ihren offenen Siebflächen voneinander unterschieden. Alle Versuche an einem Siebboden bestimmter Spaltweite wurden zu einer Versuchsgruppe — mit römischer Ziffer bezeichnet — zusammengefaßt. Innerhalb der Versuchsgruppen tragen die einzelnen Versuche durchlaufende Nummern. Mit jeder Schütthöhe wurden acht Versuche — entsprechend acht verschiedenen Kettengeschwindigkeiten — gefahren. Ausnahmen hiervon bilden nur die Schütthöhen von 140 mm, für welche der Versuch mit höchster Kettengeschwindigkeit (0,50 m/s) nicht gefahren werden konnte, da hierfür nicht genügend Kohle zur Verfügung stand. Während zur Untersuchung der Siebböden mit den Spaltweiten 0,75 mm und 3 mm 6 Schütthöhen gewählt wurden, hat sich der Untersuchende für alle anderen Siebböden mit je einer (konstanten) Schütthöhe von  $\sim 100$  mm begnügt.

Nachstehende Tabelle 2 gibt die entsprechende Übersicht.

Zur Ermittlung eines u. U. auftretenden Einflusses der Versuchszeit auf das Absiebungsergebnis dienten folgende Versuchsreihen (Tabelle 3).

Eine weitere Versuchsreihe war der Frage der Reproduzierbarkeit der Versuchsergebnisse gewidmet. Die Zerlegung eines polydispersen Körnerkollektivs in mehrere, möglichst scharf gegeneinander abgegrenzte Teile durch einen technologischen Prozeß, wie ihn die Siebklassierung darstellt, wird von den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit beherrscht. Von der Beschaffenheit des Gekörnes, den technologischen Bedingungen und den Güteanforderungen an die Trennung wird es abhängen, mit welcher Deutlichkeit sich diese Gesetzmäßigkeiten durchsetzen und Zusammenhänge offenbaren. Es hieße die Tatsachen verkennen, wenn man bei Versuchswiederholungen an die Übereinstimmung der Ergebnisse Genauigkeitsforderungen knüpfen würde, wie sie von einer Reihe anderer physikalischer Prozesse durchaus zu erwarten sind.

Diese, der Natur der Sache entsprechende Toleranzauffassung muß für den Siebkettenträger deshalb betont werden, weil sich seine Arbeitsweise von der anderer Siebmaschinen wesentlich unterscheidet.

Tabelle 4 gibt Auskunft über die zu diesen Gesichtspunkten gefahrene Versuchsgruppe.

Tabelle 2. Versuchsprogramm zur Untersuchung verschiedener Siebböden

Ver- suchs- gruppe	Siebboden		Schütt- höhe (Richt- wert) $h_{oR}$ mm	Versuch Nr.							
	Spalt- weite $l_s$ mm	offene Sieb- fläche $F_0$ %		Kettengeschwindigkeit in m/s							
				0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50
I	0,75	29,4	25	2	7	8	14	10	11	12	13
			50	4	15	16	9	17	18	19	20
			75	6	21	22	23	24	25	26	27
			100	5	28	29	30	31	32	33	44
			120	1	34	35	36	37	38	39	45
			140	3	40	41	42	43	46	47	—
II	3,0	46,9	25	1	2	3	4	5	6	7	8
			50	9	10	11	12	13	14	15	16
			75	17	18	19	20	21	22	23	24
			100	25	26	27	28	29	30	31	32
			120	33	34	35	36	37	38	39	40
IIIa	1,25	41,0	100	1	2	3	4	5	6	7	8
			100	1	2	3	4	5	6	7	8
			100	1	2	3	4	5	6	7	8
			100	1	2	3	4	5	6	7	8
			100	1	2	3	4	5	6	7	8
IVa	1,50	45,4	100	1	2	3	4	5	6	7	8
			100	1	2	3	4	5	6	7	8
			100	1	2	3	4	5	6	7	8
IVb	1,50	38,4	100	1	2	3	4	5	6	7	8
			100	1	2	3	4	5	6	7	8
			100	1	2	3	4	5	6	7	8
IVc	1,50	34,9	100	1	2	3	4	5	6	7	8
			100	1	2	3	4	5	6	7	8
			100	1	2	3	4	5	6	7	8
V	1,0	35,7	100	1	2	3	4	5	6	7	8
VI	1,75	38,4	100	1	2	3	4	5	6	7	8
VII	2,0	41,7	100	1	2	3	4	5	6	7	8
VIII	2,5	42,4	100	1	2	3	4	5	6	7	8

Tabelle 3. Versuchsprogramm zur Ermittlung des Einflusses der Versuchszeit

Ver- suchs- gruppe	Siebboden		Schütt- höhe (Richt- wert) $h_{oR}$ mm	Ketten- ge- schwin- digkeit $v$ m/s	Versuch Nr.					
	Spalt- weite $l_s$ mm	offene Sieb- fläche $F_0$ %			Versuchszeit $z$ in min					
					2	3	4	5	6	8
Za	0,75	29,4	100	0,20	1	2	3	4	5	6
Zb	2,0	41,7	100	0,20	1	2	3	4	5	6

Tabelle 4. Versuchsprogramm zur Prüfung der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse

Versuchsgruppe	Siebboden		Schütt- höhe (Richt- wert) $h_{0R}$ mm	Ketten- ge- schwin- digkeit $v$ m/s	Ver- suchs- zeit $z$ min	Versuch Nr.					
	Spalt- weite $l_s$ mm	offene Sieb- fläche $F_0$ %				1	2	3	4	5	6
R	1,0	35,7	100	0,15	3	1	2	3	4	5	6
	1,0	35,7	100	0,30	3	7	8	9	10	11	12

Die letzte Versuchsreihe schließlich war der Frage nach der Beeinflussung des Absiebungserfolges durch die Ausbildungsform der Kettenquerstege gewidmet. Die mit den Sonder-Kettentypen  $S_1$  und  $S_2$  erzielten Versuchsergebnisse wurden hierzu mit den unter Verwendung der normalen Kette erzielten Werten verglichen. Tabelle 5 gibt den Überblick über diese Versuchsreihe.

Tabelle 5. Versuchsprogramm mit aufgelegten Sonder-Kettentypen

Versuchsgruppe	Siebboden		Schütt- höhe (Richt- wert) $h_{0R}$ mm	Versuch Nr.			
	Spalt- weite $l_s$ mm	offene Sieb- fläche $F_0$ %		Kettengeschwindigkeit in m/s			
				0,25	0,30	0,35	0,40
$S_1$ —I	0,75	29,4	100	1			
			120	2			
			140	3	4	5	6
$S_1$ —II	1,0	35,7	100	1			2
$S_1$ —III	1,25	41,0	100	1			2
			100	1			
$S_1$ —IV	1,50	45,4	120	2			
			140	3	4	5	6
			100	1			
$S_2$ —I	0,75	29,4	100	1			
			120	2			
			140	3	4	5	6
$S_2$ —II	1,0	35,7	100	1			2
$S_2$ —III	1,25	41,0	100	1			2
			100	1			
$S_2$ —IV	1,50	45,4	120	2			
			140	3	4	5	6
			100	1			

Um vollständige Vergleichsmöglichkeiten mit der Normkette zu haben, mußten die mit dem Spaltsieb 1,50 mm im Rahmen der Untersuchungen verschiedener Siebböden gefahrenen Versuche um einige weitere ergänzt werden. Diese Versuche führen die Bezeichnungen

IVa/9  $(h_{oR} = 120 \text{ mm}; v = 0,25 \text{ m/s})$

IVa/10—11—12—13  $(h_{oR} = 140 \text{ mm}; v = 0,25—0,30—0,35—0,40 \text{ m/s})$ .

Insgesamt wurden 230 Versuche durchgeführt und rd. 5500 Siebanalysen angefertigt.

## 4.1 Siebtechnische Kenngrößen und Begriffe

Die Bestrebungen nach einheitlicher Bezeichnung siebtechnischer Kenngrößen und Begriffe nach ihrer logischen, unmißverständlichen Definition lassen sich einige Jahrzehnte zurückverfolgen. Allein aus dieser Tatsache kann man schon schließen, daß hier erhebliche Schwierigkeiten objektiver Natur vorliegen müssen. Dem ist in der Tat so. Es ist nicht Aufgabe dieser Arbeit, kritisch auf solche Probleme einzugehen. Dazu sei auf die Arbeiten von LUYCKEN und KRAEBER [46], von KIRCHBERG [47], von ROSIN und RAMMLER [21], von DRESNER, KAYSER, RAMMLER und WESE-MANN [22], von PROCKAT und RAMMLER [20], von RAMMLER und GLÖCKNER [44] hingewiesen.

Zur Kennzeichnung der in die Untersuchungen einbezogenen Siebböden wurden in einem früheren Abschnitt bereits einige Kenngrößen genannt und auf die gegebenen Verhältnisse angewandt. Der Vollständigkeit wegen sollen sie in der hier folgenden allgemeinen Übersicht noch einmal Erwähnung finden.

Sind  $L$  [m] die Länge,  $B$  [m] die Breite des Siebbodens, so errechnet sich die gesamte Siebbodenfläche nach

$$F = B \cdot L \quad [\text{m}^2]. \quad (5)$$

Diese Fläche beinhaltet auch die nicht genutzten Teile. Die nutzbare Siebfläche, d. h. die für die Absiebung wirksame Siebfläche, ergibt sich aus

$$F_n = B_n \cdot L_n \quad [\text{m}^2]. \quad (6)$$

Sofern die konstruktive Ausbildung des mit Siebgut beaufschlagten Siebbodenteiles in Form von Versteifungen oder Stützungen Bauelemente hervorbringt, welche zweifelsfrei Sperrflächen darstellen — für die Absiebung also unwirksam sind —, dürfen diese mit ihren Flächen nicht in die nutzbare Siebfläche eingehen. Liegt der Charakter einer Sperrfläche nicht eindeutig vor, wie im Falle der Querstäbe des Spalt-siebbodens, so wird verschieden verfahren.

Das Verhältnis der nutzbaren zur gesamten Siebfläche wird als

$$\alpha = \frac{F_n}{F} \quad (7)$$

ausgedrückt.

Bezeichnet man mit  $f_0$  [mm<sup>2</sup>] die lichte Fläche einer einzelnen Sieböffnung, so liefert die Summe dieser Flächen in Prozenten der gesamten Siebfläche den Kennwert der offenen Siebfläche nach

$$F_0 = \frac{\sum f_0 \cdot 10^{-6}}{F} \cdot 100 \quad [\%]. \quad (8)$$

Wählt man als Bezugsbasis die nutzbare Siebfläche  $F_n$ , so ergibt sich der Wert

$$F_{0n} = \frac{\sum f_0 \cdot 10^{-6}}{F_n} \cdot 100 = \frac{\sum f_0 \cdot 10^{-6}}{\alpha \cdot F} \cdot 100 \quad [\%]. \quad (9)$$

Die Forderung nach Berücksichtigung der nutzbaren Siebfläche  $F_n$  bei dieser Verhältnisbildung wird in letzter Zeit von RITTNER [48] gestellt.

Versteht man unter gesamter Siebfläche nur die nach Vorschrift (Norm, Teilung) mit Sieböffnungen versehene Fläche — schließt also irgendwelche Berandungen aus —, so liefern die Gleichungen (8) und (9) theoretisch übereinstimmende Werte, unabhängig davon, welche Randzonen des Siebes durch Auflagerung oder Einspannung der Nutzung verloren gehen. Auch die praktische Übereinstimmung wäre ziemlich genau — sie würde nur vom unterschiedlichen Verlauf der Nennbegrenzung und Einspannbegrenzung durch das Öffnungssystem abhängen —, wenn nicht die mit Siebgut beschickte Fläche zur Herstellung oder Erhöhung ihrer Tragfähigkeit durch Unterzüge etc. gestützt werden müßte. Diese Momente sind von Fall zu Fall zu prüfen.

Die allgemeine Berechnung der prozentualen offenen Fläche eines Spaltsiebodens geschieht nach Gl. (1), die der absoluten offenen Fläche nach Gl. (2).

Die Öffnungsweite eines Siebes, worunter die kennzeichnende Abmessung des Durchgangsquerschnittes zu verstehen ist, soll durch folgende Bezeichnungen ausgedrückt werden:

- $l$  [mm] lichte Weite der Sieböffnungen bei Quadratmaschengewebe ( $\#$ ),
- $l_r$  bzw.  $l_q$  [mm] lichter Durchmesser bzw. lichte Weite der Sieböffnungen bei gelochten Blechen (Rundlochweite  $\bigcirc$ ; Quadratlochweite  $\square$ ),
- $l_s$  [mm] lichte Breite (auch Weite genannt) bei rechteckigen Sieböffnungen (Schmalseite,  $|$ ),
- $l_B$  [mm] zusammenfassende Bezeichnung für Maschen-, Loch-, Spaltweite des Betriebssiebes,
- $l_{rA}$  [mm] Lochweite eines Rundlochsiebes nach DIN 1170, die das gleiche Siebergebnis wie die benutzte Form und Größe der Sieböffnungen liefert,
- $l_A$  [mm] Maschenweite eines Maschensiebes nach DIN 1171, die das gleiche Siebergebnis wie die benutzte Form und Größe der Sieböffnungen liefert,
- $\alpha_A$  Äquivalenzfaktor, Verhältnis der Öffnungsweite des Betriebssiebes zur äquivalenten Rundlochweite bzw. Quadratmaschenweite

$$\alpha_A = \frac{l_B}{l_{rA}} \quad \text{bzw.} \quad \alpha_A = \frac{l_B}{l_A}.$$

Das dem Betriebssieb zugeführte Gut, das Aufgabegut oder Siebgut  $A$  [t], wird vom Siebboden in zwei Teile, den Siebdurchgang  $D$  [t] und den Siebübergang  $R$  [t] zerlegt. Die Abkürzung  $R$  kommt von „Rückstand“ und ist eine treffende Bezeichnung für den bei einer Prüfsiebung auf dem betreffenden Sieb verbleibenden Rückstand.

Es besteht zwischen den 3 Größen der einfache Zusammenhang

$$A = D + R \quad [t]. \quad (10)$$

Unter Siebbelastung — oft als Siebleistung und neuerdings auch als Siebdurchsatzleistung bezeichnet — ist die dem Sieb stündlich zugeführte (zu verarbeitende) Gewichtsmenge an Aufgabegut  $A_h$  [t/h] zu verstehen. Demzufolge bezeichnet man das Gewicht des stündlichen Siebdurchganges als Siebdurchgangsleistung  $D_h$  [t/h] und spricht von der stündlichen Überlauf- oder Übergangsmenge  $R_h$  [t/h]. Bezieht man die auf Stundenbasis aufbauenden Werte außerdem noch auf 1 m<sup>2</sup> nutzbare Siebfläche, so ergibt sich die spezifische Siebbelastung — bzw. spez. Siebdurchsatzleistung oder einfach spez. Siebleistung — mit der Kurzbezeichnung  $A_s$  [t/m<sup>2</sup>h] und die spezifische Siebdurchgangsleistung  $D_s$  [t/m<sup>2</sup>h]. Ebenso kann man in einem Falle, wo nicht der Durchgang, sondern der Übergang des Siebes im Vordergrund steht, von der spez. Siebübergangsleistung  $R_s$  [t/m<sup>2</sup>h] sprechen. Ersetzt man — worauf neuere Anregungen hinweisen — die Einheit der nutzbaren durch dieselbe der absoluten offenen Siebfläche, so erhalten wir die Kennziffern  $A_{s_0}$  [t/m<sup>2</sup>h] und  $D_{s_0}$  [t/m<sup>2</sup>h].

Das Aufgabegut besteht einmal aus dem Gewichtsanteil an Feinem oder Siebfähigem  $F_A$  [%] (bzw.  $F_a$  [t/h],  $F_{a_s}$  [t/m<sup>2</sup>h]), worunter die Gesamtheit aller Körner zu verstehen ist, die in den Durchgang wandern sollte und zum anderen aus dem Gewichtsanteil an Grobem  $G_A$  [%] (bzw.  $G_a$  [t/h],  $G_{a_s}$  [t/m<sup>2</sup>h]), worunter die Gesamtheit aller Körner zu verstehen ist, die in den Überlauf gelangen sollten. Beide Anteile ergänzen sich zu 100%, woraus die Beziehung

$$G_A + F_A = 100\% \quad (11)$$

folgt. Ein Anteil ist durch Siebanalyse zu ermitteln.

Damit sind der Siebdurchgang durch Gehalt an Feinem  $F_D$  [%] (bzw.  $F_d$  [t/h];  $F_{d_s}$  [t/m<sup>2</sup>h]) und der Siebüberlauf durch Gehalt an Grobem  $G_R$  [%] (bzw.  $G_r$  [t/h];  $G_{r_s}$  [t/m<sup>2</sup>h]) charakterisiert. Die praktische Siebung zeigt nun, daß in einem oder auch in beiden Siebprodukten Anteile auftreten, die nicht hineingehören und deshalb mit dem Sammelbegriff Fehlkorn bezeichnet werden. Handelt es sich um Fehlkorn (Grobes) im Durchlauf, so spricht man von Überkorn  $\ddot{U}$  [%] (bzw.  $\ddot{u}$  [t/h];  $\ddot{u}_s$  [t/m<sup>2</sup>h]), handelt es sich um Fehlkorn (Feines) im Übergang, so spricht man von Unterkorn  $U$  [%] (bzw.  $u$  [t/h];  $u_s$  [t/m<sup>2</sup>h].) Innerhalb des Siebdurchganges bzw. Siebüberganges ergänzen sich die Gewichtsanteile wiederum zu 100%:

$$F_D + \ddot{U} = 100\% \quad (12)$$

und

$$G_R + U = 100\%. \quad (13)$$

Jeweils ein Anteil ist durch Siebanalyse zu ermitteln.

Die soeben besprochenen Kenngrößen  $F_A$ ,  $G_A$ ,  $F_D$ ,  $\ddot{U}$ ,  $G_R$ ,  $U$  (alle in %) werden entweder auf die äquivalente Rundloch- oder Quadratmaschenweite, die definitionsgemäß das gleiche Ergebnis wie die Öffnungsweite des Betriebssiebes liefert, oder auf die gewollte Kornscheide  $k$  bezogen.

Unter der Kornscheide  $k$  [mm] soll eine gewollte, durch die Öffnungsweite eines Prüfsiebes (nach DIN 1170 oder DIN 1171)\* bezeichnete Trenngrenze verstanden werden. Es handelt sich hierbei um die Festlegung einer oft als „Siebschnitt“ bezeichneten Grenze, die als Berandungskorngröße einer Körnung nicht oder nur innerhalb eines bestimmten Fehlkornanteiles überschritten werden darf.

Ein Absiebvorgang wird nicht unwesentlich vom Gehalt des Aufgabegutes an sogen. „Grenzkorn“ beeinflusst. Unter Grenzkorn werden Körner verstanden, deren Abmessungen dicht unter- oder oberhalb der Sieböffnungen liegen. Grenzkorn beeinflusst den Absiebvorgang stets nachteilig. Als „siebschwieriges Gut“ wäre vom Grenzkorn — streng gesehen — nur der Teil zu bezeichnen, der seinen Abmessungen nach die Sieböffnungen gerade noch passieren kann. Die anderen Körner, die ein wenig größer als die Sieböffnungen sind und trotz der Tendenz zum Durchfallen keine reelle Chance hierzu haben, könnte man vielleicht als „blockierendes Gut“ bezeichnen. Sofern notwendig, könnte der Körnungsbereich des Grenzkornes als ein die lichte Sieböffnungsweite  $l$  eingrenzendes Band, wie etwa z. B. 0,9 bis 1,1  $l$ , festgelegt werden. Die quantitative Bestimmung des Anteiles an Grenzkorn stößt auf erhebliche Schwierigkeiten [47].

Es sei nun noch kurz auf einige Kenngrößen bzw. Begriffe eingegangen, die einen Einblick in die Siebarbeit vermitteln. Unter Gewichtsausbringen an Siebdurchgang ist der Gewichtsanteil des Durchganges vom Aufgabegut zu verstehen. Er läßt sich errechnen nach:

$$v_D = \frac{D}{A} \cdot 100 \quad [\%]. \quad (14)$$

An Stelle der Werte  $D$  und  $A$  können auch  $D_h$  und  $A_h$ ,  $D_s$  und  $A_s$ ,  $D_{s_0}$  und  $A_{s_0}$  in die Gleichung eingesetzt werden.

Eine Möglichkeit zur Berechnung von  $v_D$ , ohne daß Mengenbestimmungen notwendig werden, bietet sich durch Aufstellung der Feinkornbilanz:

$$\frac{F_A}{100} \cdot A = \frac{F_D}{100} \cdot D + \frac{U}{100} \cdot R \quad [\text{t}]. \quad (15)$$

Setzt man an Stelle der Mengen  $A$ ,  $D$ ,  $R$  [t] die auf eine Stunde bezogenen Mengen  $A_h$ ,  $D_h$ ,  $R_h$  [t/h] ein, so folgt

$$\frac{F_A}{100} \cdot A_h = \frac{F_D}{100} \cdot D_h + \frac{U}{100} \cdot R_h \quad [\text{t/h}], \quad (15a)$$

und es kann auch geschrieben werden

$$F_a = F_a + u \quad [\text{t/h}]. \quad (15b)$$

Wird Gl. (15) mit 100 multipliziert und für  $R = A - D$  gesetzt, so ergibt sich

$$A \cdot F_A = D \cdot F_D + (A - D) U$$

\* Zur Zeit der Durchführung der Untersuchungen wurden in den Brikettfabriken allgemein gemischte Siebsätze benutzt, die entsprechend dieser Normen aus Quadratmaschen- bzw. Rundlochsieben bestanden.



und weiter

$$A (F_A - U) = D (F_D - U).$$

Damit wird

$$v_D = \frac{D}{A} \cdot 100 = \frac{F_A - U}{F_D - U} \cdot 100 \quad [\%]. \quad (14a)$$

In dieser Form läßt sich  $v_D$  allein aus den Siebanalysen des Aufgabegutes, Siebdurchganges und Siebüberlaufes bestimmen, wobei jedoch garantiert sein muß, daß durch den Absiebvorgang keine wesentliche Zerkleinerung des Gutes eintritt. Besteht der Siebdurchgang nur aus Feinem, so wird  $F_D = 100\%$  und

$$v_D = \frac{F_A - U}{100 - U} \cdot 100 \quad [\%]. \quad (14b)$$

Jetzt hängt  $v_D$  nur noch vom Feinkorngehalt im Aufgabegut und vom Unterkorngehalt im Siebübergang ab.

Das Verhältnis

$$v_R = \frac{R}{A} \cdot 100 \quad [\%] \quad (16)$$

wird als Gewichtsausbringen an Siebübergang bezeichnet und stellt, wobei für  $R = A - D$  gesetzt werden soll, nach

$$v_R = \frac{A - D}{A} \cdot 100 = \left(1 - \frac{D}{A}\right) 100 = 100 - v_D \quad [\%] \quad (16a)$$

die Ergänzung des Gewichtsausbringens an Durchgang gegen 100% dar.

Das Gewichtsausbringen ist eine den Absiebvorgang nur oberflächlich charakterisierende Kenngröße.

Treffsicherer wird er schon durch den Begriff des Feinkornausbringens im Durchgang ( $m$ ) beschrieben.

Darunter versteht man das Verhältnis der Menge des in den Siebdurchgang gelangten Feinkorns zur Menge des mit dem Aufgabegut auf das Sieb gebrachten Feinkorns. Es errechnet sich nach der Beziehung

$$m = \frac{D \cdot F_D / 100}{A \cdot F_A / 100} \cdot 100 = \frac{D \cdot F_D}{A \cdot F_A} \cdot 100 \quad [\%] \quad (17)$$

oder nach

$$m = \frac{F_d}{F_a} \cdot 100 \quad [\%]. \quad (17a)$$

Da hierin das Verhältnis  $\frac{D}{A} \cdot 100$  nichts anderes als das Gewichtsausbringen an Durchgang ist, kann geschrieben werden

$$m = v_D \cdot \frac{F_D}{F_A} = \frac{F_D}{F_A} \cdot \frac{F_A - U}{F_D - U} \cdot 100 \quad [\%]. \quad (17b)$$

Das Feinkornausbringen an Durchgang gibt also an, wieviel Prozent der Menge, die durch das Sieb hindurchgehen soll, tatsächlich hindurchgegangen ist.

Nach Gl. (17b) läßt sich auch  $m$  aus Siebanalysenwerten ohne Vornahme einer Wägung bestimmen. Werden für das Aufgabegut und die Siebprodukte vollständige Siebanalysen aufgenommen, so kann man  $m$  in Abhängigkeit von der Korngröße  $d$  (Prüfsieböffnungsweite) auftragen und den  $m$ -Wert, der in diesem Falle mit  $m_d$  bezeichnet werden soll, für die gewählte Bezugskorngröße entnehmen. Während das Gewichtsausbringen  $v_D$  seinem Wesen entsprechend unabhängig von der zugrundegelegten Prüfsieböffnungsweite ist, ändert sich das Feinkornausbringen  $m_d$  mit dieser Öffnungsweite [44]. (Hierauf wird in den Abschnitten 5.211 und 5.5 noch näher eingegangen.)

Eine weitere, den Einblick in den Absiebvorgang vertiefende Kenngröße ist der Überkornverbleib (besser Überkornanfall) im Durchgang. Er drückt das Verhältnis der Menge des Grobkorns im Siebdurchgang zur Menge des Grobkorns im Aufgabegut aus und errechnet sich demzufolge nach

$$w = \frac{D \cdot \ddot{U}/100}{A \cdot G_A/100} \cdot 100 = \frac{D \cdot \ddot{U}}{A \cdot G_A} \cdot 100 \quad [\%] \quad (18)$$

oder

$$w = \frac{\ddot{u}}{G_a} \cdot 100 \quad [\%]. \quad (18a)$$

Mit  $\ddot{U} = 100 - F_D$  und  $G_A = 100 - F_A$  wird

$$w = \frac{D}{A} \cdot \frac{100 - F_D}{100 - F_A} \cdot 100 \quad [\%], \quad (18b)$$

und wenn man einsetzt

$$\frac{D}{A} \cdot 100 = v_D = \frac{F_A - U}{F_D - U} \cdot 100,$$

folgt schließlich

$$w = \frac{F_A - U}{F_D - U} \cdot \frac{100 - F_D}{100 - F_A} \cdot 100 \quad [\%]. \quad (18c)$$

Der Überkornanfall im Siebdurchgang gibt also an, wieviel Prozent der Menge, die auf dem Sieb zurückbleiben sollte, fälschlich durch das Sieb hindurchgegangen ist.

Analog zu den beiden zuletzt erörterten Begriffen, dem Feinkornausbringen im Siebdurchgang ( $m$ ) und dem Überkornanfall im Siebdurchgang ( $w$ ), bildet man auch im Bedarfsfalle den Begriff des Grobkornausbringens im Siebübergang ( $m_R$ ) und den des Unterkornverbleibs im Siebübergang ( $w_R$ ).

Das Grobkornausbringen im Siebübergang gibt an, wieviel Prozent des im Aufgabegut vorhandenen Grobkorns im Siebübergang verblieben sind; es errechnet sich nach

$$m_R = \frac{R \cdot G_R/100}{A \cdot G_A/100} \cdot 100 = \frac{R \cdot G_R}{A \cdot G_A} \cdot 100 \quad [\%] \quad (19)$$

oder nach

$$m_R = \frac{G_r}{G_a} \cdot 100 \quad [\%]. \quad (19a)$$

Der Unterkornverbleib im Siebübergang sagt aus, wieviel Prozent des im Aufgabegut vorhandenen Feinkorns im Siebübergang gefunden wurden. Für ihn gelten die Beziehungen

$$w_R = \frac{R \cdot U/100}{A \cdot F_A/100} \cdot 100 = \frac{R \cdot U}{A \cdot F_A} \cdot 100 \quad [\%] \quad (20)$$

oder

$$w_R = \frac{u}{F_a} \cdot 100 \quad [\%]. \quad (20a)$$

Sowohl das Grobkornausbringen im Siebübergang und der Überkornanfall im Siebdurchgang als auch das Feinkornausbringen im Siebdurchgang und der Unterkornverbleib im Siebübergang ergänzen sich jeweils zu 100%. Es ergeben sich demnach

$$m_R + w = 100\% \quad (21)$$

und

$$m + w_R = 100\%. \quad (22)$$

Ein Absiebvorgang, bei dem — wie es in der Regel der Fall ist — der Siebdurchgang im Vordergrund steht, wird durch die Begriffe Feinkornausbringen im Durchgang ( $m$ ) und Überkornanfall im Durchgang ( $w$ ) klar gekennzeichnet. Die Werte  $m_R$  und  $w_R$  werden deshalb nur selten berechnet.

Als Siebgütegrad (auch Trennungsgrad genannt) ist die Differenz zwischen dem Feinkornausbringen im Durchgang ( $m$ ) und dem Überkornanfall im Durchgang ( $w$ ) definiert:

$$\eta = m - w \quad [\%]. \quad (23)$$

Da bei einem Absiebvorgang der Wert  $m$  möglichst groß, der Wert  $w$  dagegen möglichst klein sein soll, erweist sich die für eine Gütegradbildung etwas ungewöhnliche Form der Differenz als zweckmäßig und begründet. Dennoch haften ihm bezüglich seiner Definition — wie noch näher ausgeführt wird — für Siebprozesse unter bestimmten Bedingungen Mängel an, die seine Brauchbarkeit einschränken. Setzt man  $m$  und  $w$  nach Gl. (17) bzw. Gl. (18) ein, so folgt:

$$\eta = \frac{D}{A} \left( \frac{F_D}{F_A} - \frac{\dot{U}}{G_A} \right) \cdot 100 \quad [\%]. \quad (23a)$$

Da nun

$$\frac{D}{A} \cdot 100 = v_D = \frac{F_A - U}{F_D - U} \cdot 100,$$

$$\dot{U} = 100 - F_D \quad \text{und} \quad G_A = 100 - F_A$$

sind, so erhält man nach Einsetzen und Umformung den Siebgütegrad schließlich in der Form

$$\eta = \frac{100 (F_D - F_A) (F_A - U)}{F_A (100 - F_A) (F_D - U)} \cdot 100 \quad [\%]. \quad (23b)$$

Hiernach läßt sich auch  $\eta$  aus den Ergebnissen der an Durchschnittsproben von Aufgabegut, Siebdurchgang und Siebübergang ausgeführten Siebanalysen berechnen.

Die hier angegebenen Formeln zur Berechnung des Gewichtsausbringens an Siebdurchgang ( $v_D$ ), des Feinkornausbringens im Siebdurchgang ( $m$ ), des Überkornanfalls im Siebdurchgang ( $w$ ) und des Siebgütegrades ( $\eta$ ) besitzen nun — je nachdem, ob sie auf den absoluten Fein- bzw. Grobkornmengen ( $F_a, F_d, u, G_a, \ddot{u}, G_r$ ) basieren oder aus der Feinkornbilanz hergeleitet sind, d. h. unter ausschließlicher Verwendung der prozentualen Kornanteile gebildet werden, — verschiedene Tragfähigkeit. Ein erfolgreicher Absiebvorgang ist dadurch gekennzeichnet, daß der prozentuale Feinkornanteil des Durchganges ( $F_D$ ) größer, der prozentuale Feinkornanteil des Überganges ( $U$ ) dagegen kleiner als der prozentuale Feinkornanteil des Aufgabegutes ( $F_A$ ) ausfällt. Bei vollständiger Trennung ( $\eta = 100\%$ ) treten mit  $F_D = 100\%$  und  $U = 0\%$  die Bestwerte dieser Anteile ein. Geht der Trennerfolg zurück, so entfernen sich  $F_D$  und  $U$  einzeln oder auch gemeinsam von ihren Bestwerten, d. h., die beiden Größen nähern sich. Unterstellt man einen entsprechend ungewöhnlich verlaufenden Trennprozeß, so müssen in einem bestimmten Augenblick beide Größen mit dem Wert  $F_A$  übereinstimmen. Werden schließlich gar solche Prozesse angenommen, in denen  $F_D$  kleiner und  $U$  größer als  $F_A$  wird, so lassen sich folgende 3 Varianten unterscheiden:

1.  $F_D > F_A > U$
2.  $F_D = F_A = U$
3.  $F_D < F_A < U$

Natürlich können bei allen Änderungen der Verhältnisse zueinander  $F_D$ ,  $F_A$  und  $U$  nur solche Werte annehmen, daß sie zusammen mit den Mengen  $D_h$ ,  $A_h$  und  $R_h$  [siehe Gl. (15a)] die in Gl. (15b) ausgedrückte Bedingung erfüllen.

Wie nun die von den einzelnen Gleichungen gelieferten Werte für  $v_D$ ,  $m$ ,  $w$  und  $\eta$  unter dem Einfluß der drei Varianten bezüglich der Vorzeichen reagieren, geht aus folgender Übersicht hervor:

Gleichung Nr.	(Variante 1)				(Variante 2)				(Variante 3)			
	$v_D$	$m$	$w$	$\eta$	$v_D$	$m$	$w$	$\eta$	$v_D$	$m$	$w$	$\eta$
14	+				+				+			
14a*	+				0/0				+			
17, 17a		+				+				+		
17b*		+				0/0				+		
18, 18a 18b, 18c*			+				+				+	
23a				+				0				—
23b*				+				0/0				—

Die mit \* gekennzeichneten Gleichungen sind aus der Feinkornbilanz hervorgegangen.

Für die Variante 1 liefern alle Beziehungen positive Werte.

Unter den Bedingungen der Variante 2 versagen alle aus der Feinkornbilanz abgeleiteten Gleichungen. Der nach Gl. (23a) errechnete Wert  $\eta = 0$  bedeutet keinesfalls, daß die Absiebung selbst nicht stattgefunden hätte. Er ergibt sich vielmehr zwangsläufig, da für  $F_D = F_A$  auch  $\dot{U} = G_A$  sein muß [siehe Gl. (11), (12)], wodurch in Gl. (23a) der Klammerausdruck den Wert Null annimmt bzw. [siehe hierzu Gl. (23)]  $m = w$  wird.

Für Variante 3 errechnen sich für  $v_D$ ,  $m$  und  $w$  stets positive Werte, nach den aus der Feinkornbilanz hergeleiteten Formeln deshalb, weil sowohl Zähler als auch Nenner des Differenzenbruches

$$\frac{F_A - U}{F_D - U}$$

negative Werte annehmen. Der Siebgütegrad  $\eta$  wird nach beiden Gleichungen negativ. Diese Erscheinung ist zwar folgerichtig, nachdem er für Variante 1 positiv und für Variante 2 Null war, zeigt aber andererseits, daß  $\eta$  für zwei mit durchaus verschiedenen Erfolgen abgelaufene Siebprozesse den gleichen Absolutwert annehmen kann. Da sich der Wert des Siebgütegrades nicht nur zwischen 0 — 1 bzw. 0 — 100% bewegt, sondern kleiner als Null werden kann, muß die Beachtung des Vorzeichens gefordert werden.

Für  $F_D = 100\%$ , also Reinheit des Siebdurchganges, kann sich praktisch nur die Variante 1 einstellen. (Variante 2 bringt zwar rechnerisch keine Widersprüche, doch liegt mit  $F_A = 100\%$  ein Aufgabegut vor, das der Siebung nicht bedarf.) Damit bewegt sich der Wert des Siebgütegrades nur im positiven Bereich, denn sein unterer Grenzwert ist Null. Er verhält sich jetzt wie das Feinkornausbringen im Durchgang, mit dem er identisch geworden ist, wie noch gezeigt wird.

Aufgabe eines Siebvorganges ist es, eine körnige Materialmenge bei einer bestimmten, durch Weite und Form der Sieböffnungen festgelegten Korngröße so in zwei Anteile zu trennen, daß — wie RAMMLER und GLÖCKNER [44] ausführen —

- a) möglichst alles im Aufgabegut vorhandene Feinkorn durch den Siebboden hindurch in den Siebdurchgang gebracht wird, also kein Feinkorn als Unterkorn im Siebübergang verbleibt (möglichst  $U = 0\%$  und damit  $G_R = 100\%$ );
- b) möglichst alles Grobkorn des Aufgabegutes im Siebübergang verbleibt, also kein Grobkorn als Überkorn in den Siebdurchgang wandert (möglichst  $F_D = 100\%$  und damit  $\dot{U} = 0\%$ ).

Damit werden an den Trennvorgang gleichzeitig und stets miteinander verbunden quantitative und qualitative Forderungen gestellt; quantitative Forderungen insofern, als ein möglichst großer Teil der Körnungskomponenten des Aufgabegutes in den Siebprodukten richtig ausgebracht werden soll, und qualitative Forderungen dadurch, daß sich die Siebprodukte durch Reinheit, durch Korngerechtigkeit, auszeichnen sollen.

Betrachtet man unter diesen Gesichtspunkten das Feinkornausbringen im Durchgang ( $m$ ), so liefert es im wesentlichen eine Aussage über die Quantität des Trennvorganges für die Feinkornkomponente, die sich maximal im Siebdurchgang einfinden soll.

Der Siebgütegrad, der sich auf die Differenz zwischen Feinkornausbringen und Überkornanfall — beides im Siebdurchgang — gründet, besitzt den Vorzug, gleichzeitig Quantität und Qualität des Siebvorganges zum Ausdruck zu bringen. Das gilt sowohl für die Feinkorn- als auch für die Grobkornkomponente bzw. den Siebdurchgang und Siebübergang; denn RAMMLER und GLÖCKNER [44] weisen nach, daß der Ansatz zur Ableitung des Siebgütegrades über das Grobkornausbringen im Siebübergang ( $m_R$ ) und den Unterkornverbleib im Siebübergang ( $w_R$ ), also

$$\eta_R = m_R - w_R \quad (24)$$

ebenfalls auf die Gl. (23b) zurückführt. Geht man von den Beziehungen nach Gl. (21) und (22) aus, so ergibt sich sofort

$$m_R - w_R = m - w = \eta_R = \eta. \quad (24a)$$

Die soeben als Vorzug bezeichnete „Reaktionsfähigkeit“ des Siebgütegrades  $\eta$  ist jedoch mit einem Nachteil behaftet. Aus der Größe seines Wertes kann nämlich nicht ersehen werden, welche Seite des Trennvorganges — die quantitative oder qualitative — am einflußreichsten war. Diese Verschleierung weicht dann, wenn neben dem Siebgütegrad auch der Wert des Feinkornausbringens bekannt ist; sie tritt überhaupt nicht auf, wenn das Feinkornausbringen stets an die völlige Reinheit des Siebdurchganges geknüpft ist, wie im folgenden dargelegt wird.

Befindet sich ein Siebboden im einwandfreien Zustand, so läßt er praktisch kein Grobkorn — bezogen auf seine Öffnungsweite bzw. die äquivalente Prüfsieböffnungsweite — passieren. Der Feinkornanteil im Siebdurchgang beträgt dann  $F_D = 100\%$ , womit der Überkornanteil  $\dot{U} = 0\%$  ist. Mit  $\dot{U} = 0$  wird nach Gl. (18) auch  $w = 0$  und nach Gl. (23)  $\eta = m$ . Setzt man nun  $F_D = 100\%$  in Gl. (17) ein, so wird

$$m = \frac{D \cdot 100}{A \cdot F_A} \cdot 100 = \eta \quad [\%] \quad (25)$$

und bei Einsetzen in Gl. (17b)

$$m = \frac{100}{F_A} \cdot \frac{F_A - U}{100 - U} \cdot 100 = \eta \quad [\%]. \quad (25a)$$

In diese letzte Form geht auch Gl. (23b) über, wenn  $F_D = 100\%$  eingesetzt wird.

Unter der Bedingung  $F_D = 100\%$  vereinfacht sich das Feinkornausbringen im Durchgang ( $m$ ) in seinem formelmäßigen Zusammenhang und wird zum Siebgütegrad, der sich wertmäßig zwischen 0—100% bewegt, da mit  $F_D = 100\%$  die Variante 1 erzwungen wird. Das Feinkornausbringen muß jetzt in der Lage sein, in seinem Wert die quantitative als auch qualitative Seite des Absiebvorganges auszudrücken. Das trifft in der Tat zu. Mit  $F_D = 100\%$  ist der Siebdurchgang

für alle Stadien des Siebprozesses überkornfrei — also rein —, und mit fortschreitender Trennung als quantitativem Symptom wächst auch die Reinheit des Siebüberganges.

Der einwandfreie Siebboden ist nicht nur ein Garant für die gewünschte Korngerechtheit einer körnigen Materialmenge, sondern ermöglicht auch eine Beurteilung des Absiebvorganges auf vereinfachten Wegen. Er allein sollte deshalb das Feld beherrschen.

#### 4.2 Grundlagen zur rechnerischen Erfassung des Klassierungserfolges und der Leistung des Siebkettenträgeres

Indem die Siebdurchgänge für die einzelnen Meter der insgesamt 8 m langen Siebstrecke getrennt aufgefangen wurden, war es möglich, die acht Teilstrecken als kleine, selbständige Siebaggregate zu betrachten oder aber als die sich laufend zur Gesamtlänge eines Siebgerätes summierenden Teile anzusehen, wodurch die Variation der Siebstreckenlänge von  $L = 0 \rightarrow x \rightarrow 8 \text{ m}$  ermöglicht wurde.

Schema zur Verteilung der Kenngrößen auf die Länge der Siebstraße

$A_{h_0}$	$R_{h_1} = A_{h_1}$	$R_{h_2} = A_{h_2}$	$R_{h_7} = A_{h_7}$	$R_{h_8}$
$F_{A_0}$	$U_1 = F_{A_1}$	$U_2 = F_{A_2}$	$U_7 = F_{A_7}$	$U_8$
$F_{a_0}$	$u_1 = F_{a_1}$	$u_2 = F_{a_2}$	$u_7 = F_{a_7}$	$u_8$
	$u_{s_1} \neq F_{a_{s_1}}$	$u_{s_2} \neq F_{a_{s_2}}$	$u_{s_7} \neq F_{a_{s_7}}$	$u_{s_8} \neq F_{a_{s_8}}$
$G_{A_0}$	$G_{R_1} = G_{A_1}$	$G_{R_2} = G_{A_2}$	$G_{R_7} = G_{A_7}$	$G_{R_8}$
$G_{a_0}$	$G_{r_1} = G_{a_1}$	$G_{r_2} = G_{a_2}$	$G_{r_7} = G_{a_7}$	$G_{r_8}$
	$G_{r_{s_1}} = G_{a_{s_1}}$	$G_{r_{s_2}} = G_{a_{s_2}}$	$G_{r_{s_7}} = G_{a_{s_7}}$	$G_{r_{s_8}} = G_{a_{s_8}}$
	$R_{s_1} \neq A_{s_1}$	$R_{s_2} \neq A_{s_2}$	$R_{s_7} \neq A_{s_7}$	$R_{s_8} \neq A_{s_8}$
$h_0$	$h_1$	$h_2$	$h_7$	$h_8$
	$\Delta A_{s_1}$	$\Delta A_{s_2}$	$\Delta A_{s_7}$	$\Delta A_{s_8}$
	$(\Delta L_1)$	$(\Delta L_2)$	$(\Delta L_7)$	$(\Delta L_8)$
	0	1	2 ..... 7	8 m Länge L
	$\Delta D_{h_1}$	$\Delta D_{h_2}$	$\Delta D_{h_7}$	$\Delta D_{h_8}$
	$D_{h_1}$	$D_{h_2}$	$D_{h_7}$	$D_{h_8}$
	$\Delta F_{D_1}$	$\Delta F_{D_2}$	$\Delta F_{D_7}$	$\Delta F_{D_8}$
	$F_{D_1}$	$F_{D_2}$	$F_{D_7}$	$F_{D_8}$
	$\Delta F_{d_1}$	$\Delta F_{d_2}$	$\Delta F_{d_7}$	$\Delta F_{d_8}$
	$F_{d_1}$	$F_{d_2}$	$F_{d_7}$	$F_{d_8}$
	$\Delta F_{d_{s_1}}$	$\Delta F_{d_{s_2}}$	$\Delta F_{d_{s_7}}$	$\Delta F_{d_{s_8}}$
	$F_{d_{s_1}}$	$F_{d_{s_2}}$	$F_{d_{s_7}}$	$F_{d_{s_8}}$
	$\Delta \dot{U}_1$	$\Delta \dot{U}_2$	$\Delta \dot{U}_7$	$\Delta \dot{U}_8$
	$\dot{U}_1$	$\dot{U}_2$	$\dot{U}_7$	$\dot{U}_8$
	$\Delta \ddot{u}_1$	$\Delta \ddot{u}_2$	$\Delta \ddot{u}_7$	$\Delta \ddot{u}_8$
	$\ddot{u}_1$	$\ddot{u}_2$	$\ddot{u}_7$	$\ddot{u}_8$
	$\Delta \ddot{u}_{s_1}$	$\Delta \ddot{u}_{s_2}$	$\Delta \ddot{u}_{s_7}$	$\Delta \ddot{u}_{s_8}$
	$\ddot{u}_{s_1}$	$\ddot{u}_{s_2}$	$\ddot{u}_{s_7}$	$\ddot{u}_{s_8}$
	$\Delta D_{s_1}$	$\Delta D_{s_2}$	$\Delta D_{s_7}$	$\Delta D_{s_8}$
	$D_{s_1}$	$D_{s_2}$	$D_{s_7}$	$D_{s_8}$
	$\Delta v_{D_1}$	$\Delta v_{D_2}$	$\Delta v_{D_7}$	$\Delta v_{D_8}$
	$v_{D_1}$	$v_{D_2}$	$v_{D_7}$	$v_{D_8}$
	$\Delta m_1$	$\Delta m_2$	$\Delta m_7$	$\Delta m_8$
	$m_1$	$m_2$	$m_7$	$m_8$
	$\Delta \eta_1$	$\Delta \eta_2$	$\Delta \eta_7$	$\Delta \eta_8$
	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_7$	$\eta_8$

Die bei der Auswertung eines Versuches nach diesen Gesichtspunkten auftretenden Größen werden mit ihren Kurzbezeichnungen für die ersten und letzten Meter der Siebstraße in der Skizze auf Seite 43 schematisch dargestellt.

Alle mit dem Vorzeichen  $\Delta$  versehenen Werte beziehen sich auf eine selbständige Teilstrecke, die vom Zeiger genannt wird. Die Indizes aller übrigen Werte dagegen bedeuten Punkte auf der von 0—8 m laufenden Siebstraßenlänge  $L$ .

An der Stelle  $L = 0$  treten die Aufgabewerte

$A_{h_0}$	= Aufgabemenge in t/h (Siebbelastung oder Siebleistung)
$F_{A_0}$	= Feinkorn (Siebfähiges) in der Aufgabemenge in %
$F_{a_0}$	= Feinkorn (Siebfähiges) in der Aufgabemenge in t/h
$G_{A_0}$	= Grobkorn in der Aufgabemenge in %
$G_{a_0}$	= Grobkorn in der Aufgabemenge in t/h
$h_0$	= Schütthöhe des Aufgabegutes über der nutzbaren Siebbreite in mm

auf.

Auf der Siebteilstrecke von  $L = 0$  bis  $L = 1$  hat sich nun ein Absiebvorgang vollzogen, der bis zur Stelle  $L = 1$  folgende, den Siebdurchgang beschreibende Werte erreicht:

$D_{h_1}$	= Siebdurchgangsleistung	in t/h
$F_{D_1}$	= Feinkorn (Siebfähiges) im Siebdurchgang	in %
$F_{d_1}$	= Feinkorn (Siebfähiges) im Siebdurchgang	in t/h
$F_{d_{s_1}}$	= Feinkorn (Siebfähiges) im Siebdurchgang	in t/m <sup>2</sup> h
$\ddot{U}_1$	= Überkorn (Fehlkorn) im Siebdurchgang	in %
$\ddot{u}_1$	= Überkorn (Fehlkorn) im Siebdurchgang	in t/h
$\ddot{u}_{s_1}$	= Überkorn (Fehlkorn) im Siebdurchgang	in t/m <sup>2</sup> h
$D_{s_1}$	= spezifische Siebdurchgangsleistung	in t/m <sup>2</sup> h
$v_{D_1}$	= Gewichtsausbringen an Durchgang	in %
$m_1$	= Feinkornausbringen im Durchgang	in %
$\eta_1$	= Siebgütegrad (Trennungsgrad)	in %.

Diese soeben genannten Werte stimmen für den 1. Meter der Siebstraße mit den entsprechenden  $\Delta$ -Werten überein, was für die folgenden Siebstraßenmeter nicht mehr gilt, denn z. B. drückt dann  $D_{h_2}$  die Siebdurchgangsleistung für die Strecke  $L = 0$  bis  $L = 2$  m aus, während sich  $\Delta D_{h_2}$  nur auf den zweiten Meter der Siebstraße ( $L_1$  bis  $L_2$ ) bezieht.

Gleichzeitig bringt der Absiebvorgang bis zur Stelle  $L = 1$  folgende, den Siebübergang beschreibende Werte hervor:

$R_{h_1}$	= Siebübergangsmenge (Überlaufmenge) oder Siebübergangsleistung	in t/h
$U_1$	= Unterkorn (Fehlkorn) im Siebübergang	in %
$u_1$	= Unterkorn (Fehlkorn) im Siebübergang	in t/h
$u_{s_1}$	= Unterkorn (Fehlkorn) im Siebübergang	in t/m <sup>2</sup> h
$G_{R_1}$	= Grobkorn im Siebübergang	in %



$G_{r_1}$	= Grobkorn im Siebübergang	in t/h
$G_{r_{s_1}}$	= Grobkorn im Siebübergang	in t/m <sup>2</sup> h
$R_{s_1}$	= spez. Siebübergangsleistung	in t/m <sup>2</sup> h
$h_1$	= Schütthöhe des Überlaufgutes über der nutzbaren Siebbreite	in mm.

Diese Siebübergangswerte entsprechen — außer den spezif. Werten  $R_{s_1}$  und  $u_{s_1}$  — den Aufgabewerten an der Stelle  $L = 1$  m. Die Übereinstimmung zwischen  $G_{r_{s_1}}$  und  $G_{a_{s_1}}$  tritt nur dann auf, wenn — wie es in den Versuchen der Fall war — der Siebdurchgang frei von Überkorn ist. Gelangt dagegen Grobkorn als Überkorn in den Siebdurchgang, so weichen auch diese beiden Werte voneinander ab.

Da dem Streckenpunkt  $L = 1$  eine Siebfläche — nämlich die zwischen  $L = 0$  und  $L = 1$  m gelegene — zugeordnet ist, lassen sich jetzt auch für das dem Sieb an der Stelle  $L = 0$  zugeführte Aufgabegut zusätzlich spezif. Werte angeben, die sich allein mit der fortlaufenden Sieblänge — d. h. mit der Siebfläche — ändern:

$A_{s_1}$	= spez. Siebbelastung (spez. Siebleistung)	in t/m <sup>2</sup> h
$F_{a_{s_1}}$	= Feinkorn (Siebfähiges) in der Aufgabemenge	in t/m <sup>2</sup> h
$G_{a_{s_1}}$	= Grobkorn in der Aufgabemenge	in t/m <sup>2</sup> h.

Die hier erläuterten Zusammenhänge der einzelnen Größen gelten sinngemäß auch für die weiteren Punkte der Siebstrecke.

Es sei nun kurz auf die einfachen Beziehungen eingegangen, die zwischen den Kenngrößen bestehen, soweit sie in dem vorangegangenen Abschnitt nicht behandelt wurden.

Die Siebbelastung  $A_{h_0}$  [t/h] ergibt sich nach

$$A_{h_0} = \sum_1^i \Delta D_h + R_{h_i}, \quad (26)$$

wobei

$$\sum_1^i \Delta D_h = \Delta D_{h_1} + \Delta D_{h_2} + \dots + \Delta D_{h_i} = D_{h_i} \quad (27)$$

ist und man folglich auch schreiben kann

$$A_{h_0} = D_{h_i} + R_{h_i}. \quad (26a)$$

Die Siebbelastung für  $L = 1$  wird

$$A_{h_1} = \Delta D_{h_2} + R_{h_2} = A_{h_0} - \Delta D_{h_1} = A_{h_0} - D_{h_1}$$

für  $L = 5$

$$A_{h_5} = \Delta D_{h_6} + R_{h_6} = A_{h_0} - \sum_1^5 \Delta D_h = A_{h_0} - D_{h_5},$$

so daß allgemein gilt

$$A_{h_i} = \Delta D_{h_{i+1}} + R_{h_{i+1}} = A_{h_0} - \sum_1^i \Delta D_h = A_{h_0} - D_{h_i}. \quad (28)$$

Ist der Feinkornanteil im Aufgabegut  $F_{A_0}$  [%] (für  $L = 0$ ) durch Siebanalyse ermittelt, so lassen sich die entsprechenden Werte für die weiteren  $L$ -Werte der Siebstraße — immer unter der Bedingung, daß nur Feinkorn (Siebfähiges) in den Siebdurchgang wandert — nach

$$F_{A_{i+1}} = \frac{\frac{F_{A_0}}{100} \cdot A_{h_0} - D_{h_{i+1}}}{A_{h_{i+1}}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (29)$$

oder

$$F_{A_{i+1}} = \frac{\frac{F_{A_i}}{100} \cdot A_{h_i} - \Delta D_{h_{i+1}}}{A_{h_{i+1}}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (29a)$$

bestimmen.

Entsprechend der Beziehung

$$\frac{F_{A_i}}{100} \cdot A_{h_i} = F_{a_i} \quad [\text{t/h}] \quad (30)$$

gilt

$$F_{A_{i+1}} = \frac{F_{a_i} - \Delta D_{h_{i+1}}}{A_{h_{i+1}}} \cdot 100 \quad [\%]. \quad (29b)$$

Ermittelt man für  $L = 0$  nach

$$\frac{F_{A_0}}{100} \cdot A_{h_0} = F_{a_0} \quad [\text{t/h}] \quad (31)$$

den Feinkornanteil im Aufgabegut als Menge in t/h, so kann für die weiteren  $L$ -Werte gerechnet werden

$$F_{a_{i+1}} = F_{a_0} - D_{h_{i+1}} \quad [\text{t/h}] \quad (32)$$

oder

$$F_{a_{i+1}} = F_{a_i} - \Delta D_{h_{i+1}} \quad [\text{t/h}]. \quad (32a)$$

Wegen  $A_{h_i} = R_{h_i}$ ,  $F_{A_i} = U_i$  und  $F_{a_i} = u_i$  können nach den oben genannten Beziehungen für die Feinkornanteile im Aufgabegut auch die Unterkornanteile im Siebübergang bestimmt werden.

Da in den Siebdurchgang stets nur Feinkorn wandert, bleibt die im Aufgabegut eingebrachte Grobkornmenge  $G_a$  [t/h] auf dem Wege über die Siebstraße erhalten.

Sie errechnet sich nach

$$G_{a_0} = \frac{G_{A_0}}{100} \cdot A_{h_0} \quad [\text{t/h}] \quad (33)$$

und kann für jeden  $L$ -Wert gefunden werden nach

$$A_{h_i} - F_{a_i} = G_{a_0} = \text{const.} \quad (33a)$$

Ihr Prozentwert  $G_A$  [%] wächst mit fortschreitender Absiebung nach

$$G_{A_i} = \frac{G_{a_0}}{A_{h_i}} \cdot 100 \quad [\%]. \quad (34)$$

Die rechnerische Auswertung eines Versuches (I/9) enthält das als Tabelle 6 beigegebene Versuchsprotokoll. Auf den durch Auswiegen ermittelten Werten  $D$  und  $R$  (Zeilen 1 und 3) beruht die Berechnung aller Werte bis einschließlich Zeile 10. Die Umrechnung der in der Versuchszeit  $z$  (min) angefallenen Mengen  $\Delta D_i$  [kg] auf Stundenleistungen  $\Delta D_{h_i}$  [t/h] geschieht dabei nach

$$\Delta D_{h_i} = 0,06 \frac{\Delta D_i}{z} \quad [\text{t/h}]. \quad (35)$$

In gleicher Weise wird der stündliche Siebübergang am Ende der Siebstraße errechnet:

$$R_{h_s} = 0,06 \frac{R_s}{z} \quad [\text{t/h}]. \quad (36)$$

Die spez. Leistungen  $D_s$  und  $A_s$  sind nach

$$\Delta D_{s_i} = \frac{\Delta D_{h_i}}{\Delta F_{n_i}} \quad [\text{t/m}^2\text{h}] \quad (37)$$

bzw.

$$D_{s_i} = \frac{D_{h_i}}{i \cdot \Delta F_n} \quad [\text{t/m}^2\text{h}] \quad (38)$$

und nach

$$\Delta A_{s_i} = \frac{A_{h_{i-1}}}{\Delta F_{n_i}} \quad [\text{t/m}^2\text{h}] \quad (39)$$

bzw.

$$A_{s_i} = \frac{A_{h_0}}{i \cdot \Delta F_n} \quad [\text{t/m}^2\text{h}] \quad (40)$$

ermittelt. Der Wert  $\Delta F_n$  als nutzbare Siebfläche je 1 m Siebstrecke ist dabei mit  $0,38 \text{ m}^2$  über die gesamte Siebstraße hinweg konstant.

Die Bestimmung der rechnerischen Schütthöhe  $h$  folgt aus der Gleichung für die Siebbelastung des Förderers, auf die noch eingegangen wird. Mit Hilfe der im Bild 7 dargestellten Kohlenverteilverrichtung wurde am Anfang der Siebstraße eine gute Übereinstimmung zwischen tatsächlicher und rechnerischer Schütthöhe  $h_0$  erreicht.

Ist durch Siebanalyse der Feinkornanteil (Siebfeines) in der Aufgabemenge  $F_{A_0}$  [%] bestimmt, so lassen sich die Werte  $F_{A_i}$  [%] sowie  $U_i$  [%] (Zeilen 11 und 12) durch Rechnung ermitteln. Gleiches gilt für die Absolutwerte  $F_{a_i}$  [t/h] und  $u_i$  [t/h].

Das Feinkornausbringen im Durchgang  $m$  (Zeile 13) mit  $F_D = 100\%$  (bezogen auf Betriebssieböffnungsweite bzw. äquivalente Prüfsieböffnungsweite) stellt gleichzeitig den Siebgütegrad dar.

Bedeutet  $B_n$  die nutzbare Siebbreite in m,  $h_0$  die Schütthöhe des Aufgabegutes am Anfang der Siebstrecke in mm,  $v$  die Kettengeschwindigkeit in m/s,  $\gamma_s$  das Schüttgewicht des Aufgabegutes in t/m<sup>3</sup>, so errechnet sich die Siebbelastung (Siebleistung, stdl. Aufgabemenge) zu

$$A_{h_0} = 3,6 \cdot B_n \cdot h_0 \cdot v \cdot \gamma_s \quad [\text{t/h}]. \quad (41)$$

In dieser Gleichung stellt die nutzbare Siebbreite  $B_n$  näherungsweise die mittlere Grundlinie des am Anfang der Siebstraße im Trog vorhandenen Schüttungsquerschnittes dar. Das mit dem Produkt  $B_n \cdot h_0$  gegebene Rechteck besitzt somit nach Größe und auch Form den Charakter einer Äquivalenzfläche, mit deren Hilfe die tatsächlich geförderte Gutmenge näherungsweise beschrieben werden kann. Die Größe  $B_n$  wurde in diese Beziehung eingeführt, weil sie zusammen mit der nutzbaren Sieblänge bei der Beurteilung der hier zu behandelnden siebtechnischen Fragen eine fundamentale Bezugsgröße — die nutzbare Siebfläche — bildet und in diesem Zusammenhang eine Vereinfachung der Rechnungsgänge bringt.

MÜLLER [41] geht bei der Berechnung der stündlich geförderten Gutmenge  $Q_t$  ( $= A_{h_0}$ ) von der Trogbreite  $B$  in m ( $> B_n$ ), der größten Schichthöhe  $H$  in m ( $= h_0 \cdot 10^{-3}$ ) sowie der Kettengeschwindigkeit  $v$  in m/s, dem Schüttgewicht  $\gamma_s$  in t/m<sup>3</sup> aus und führt zur Berücksichtigung der durch Seitenreibung, Förderanstieg und Kettenvolumen eintretenden Füllungsverluste die Konstanten  $\mu_1$ ,  $\mu_2$ ,  $\mu_3$  ein. Danach erhält man

$$Q_t = 3600 \cdot B \cdot H \cdot v \cdot \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3 \cdot \gamma_s \quad [\text{t/h}]. \quad (41a)$$

Da der Versuchsförderer horizontal lag, war  $\mu_2 = 1$ . Die Werte  $\mu_1$  und  $\mu_3$  hängen von dem Verhältnis  $H/B$  ab, das in allen Versuchsreihen mit variierter Schütthöhe für jeden Versuch einen anderen Wert annahm. Setzt man die Gl. (41) und (41a) einander gleich, so zeigt sich, daß die Einführung der nutzbaren Siebbreite  $B_n$  einem für alle Versuche geltenden Produkt der Konstanten  $\mu_1$  und  $\mu_3$  von

$$\mu_1 \cdot \mu_3 = \frac{B_n}{B} = \frac{0,38}{0,52} \approx 0,73 = \text{konst.}$$

entspricht, womit die Förderverluste hinreichend berücksichtigt sind.

Das sekundlich eingefahrene Volumen beträgt

$$V_1 = B_n \cdot h_0 \cdot v \cdot 10^{-3} \quad [\text{m}^3/\text{s}]. \quad (42)$$

Hat man die Menge  $A_{h_0}$  durch Auswiegen des Siebdurchganges und Siebüberganges ermittelt, so kann die Schütthöhe  $h_0$  aus Gl. (41) berechnet werden nach

$$h_0 = \frac{A_{h_0}}{3,6 \cdot B_n \cdot v \cdot \gamma_s} \quad [\text{mm}]. \quad (43)$$

Bedeutet weiter  $L_n$  die nutzbare Sieblänge in m,  $F_n$  die nutzbare Siebfläche in m<sup>2</sup>, so läßt sich die spezifische Siebbelastung bestimmen nach

$$A_s = \frac{A_{h_0}}{F_n} = \frac{A_{h_0}}{B_n \cdot L_n} = 3,6 \cdot \frac{h_0}{L_n} \cdot v \cdot \gamma_s \quad [\text{t/m}^2\text{h}]. \quad (44)$$

Der Quotient  $\frac{A_{h_0}}{B_n}$  [t/mh] drückt die Aufgabemenge je Meter nutzbarer Siebbreite aus und wurde von RAMMLER in Analogie zu dem Begriff der Breitenleistung einer Feuerung als Breitenleistung des Siebkettenförderers bezeichnet. Setzt man für  $A_{h_0}$  den Ausdruck nach Gl. (41) ein, so fällt allerdings mit dem Quotienten auch die Siebbreite aus der Beziehung heraus. An Stelle der Breitenleistung treten die Größen  $h_0, v, \gamma_s$  auf, von denen die auf eine Breitereinheit entfallende Aufgabemenge abhängt.

Aus der Siebbelastung läßt sich unter Heranziehung des Feinkornausbringens im Durchgang  $m$  [%] und des Feinkornanteiles im Aufgabegut  $F_{A_0}$  [%] die Siebdurchgangsleistung berechnen. Sie ergibt sich nach

$$\left. \begin{aligned} D_h &= \frac{m}{100} \cdot \frac{F_{A_0}}{100} \cdot A_{h_0} \\ &= \frac{m}{100} \cdot \frac{F_{A_0}}{100} \cdot 3,6 \cdot B_n \cdot h_0 \cdot v \cdot \gamma_s \\ &= 3,6 \cdot 10^{-4} \cdot m \cdot F_{A_0} \cdot B_n \cdot h_0 \cdot v \cdot \gamma_s \quad [\text{t/h}] \end{aligned} \right\} \quad (45)$$

Nach dieser Beziehung kann der gesamte Siebdurchgang jedoch nur dann berechnet werden, wenn er restlos aus Feinkorn besteht, also  $F_D = 100\%$  ist. Das wird deutlich, wenn man die Definitionsgleichung des Feinkornausbringens im Durchgang

$$m = \frac{D_h \cdot F_D}{A_{h_0} \cdot F_{A_0}} \cdot 100 \quad [\%]$$

auföst nach dem in der Gl. (45) gebrauchten Produkt aus  $m, F_{A_0}$  und  $A_{h_0}$ . Man erhält dann

$$\frac{m}{100} \cdot \frac{F_{A_0}}{100} \cdot A_{h_0} = \frac{F_D}{100} \cdot D_h \quad [\text{t/h}]. \quad (46)$$

Nur für  $F_D = 100$  geht die rechte Seite der Gleichung in  $D_h$  über, andernfalls drückt sie nach

$$\frac{F_D}{100} \cdot D_h = F_d \quad [\text{t/h}] \quad (46a)$$

nur die im Siebdurchgang vorhandene absolute Menge an Feinkorn aus.

Weiter von der Voraussetzung ausgehend, daß der Siebdurchgang nur aus Feinkorn besteht, erhält man die spez. Siebdurchgangsleistung  $D_s$ , wenn Gl. (45) durch die nutzbare Siebfläche  $F_n = B_n \cdot L_n$  dividiert wird:

$$\begin{aligned} D_s &= \frac{D_h}{B_n \cdot L_n} = \frac{m}{100} \cdot \frac{F_{A_0}}{100} \cdot \frac{A_{h_0}}{B_n} \cdot \frac{1}{L_n} = m \cdot F_{A_0} \cdot 10^{-4} \cdot A_s \\ &= 3,6 \cdot 10^{-4} \cdot m \cdot F_{A_0} \cdot \frac{h_0}{L_n} \cdot v \cdot \gamma_s \quad [\text{t/m}^2\text{h}]. \end{aligned} \quad (47)$$

Sieht man  $m$  als konstant an, so erhöht sich die spez. Siebdurchgangsleistung mit der Breitenleistung  $\left(\frac{A_{h_0}}{B_n}\right)$ , nimmt jedoch mit wachsender Sieblänge ab. Die Änderung der Breitenleistung kann dabei nur von den Größen  $h_0, v$  und  $\gamma_s$  — nicht von  $B_n$  — verursacht werden.

Enthält der Siebdurchgang neben dem Feinkorn  $F_d$  noch einen Anteil Überkorn  $\ddot{u}$ , so ergibt sich seine Menge nach

$$D_h = F_d + \ddot{u} \quad [\text{t/h}]. \quad (48)$$

Die Menge  $F_d$  ist nach Gl. (46) und (46a) als Teil des Aufgabegutes  $A_{h_0}$  ausgedrückt.

Löst man nun auch die Definitionsgleichung des Überkornanfalles im Siebdurchgang

$$w = \frac{D_h \cdot \dot{U}}{A_{h_0} \cdot G_{A_0}} \cdot 100 \quad [\%]$$

nach der absoluten Überkornmenge  $\ddot{u}$  auf, so ergibt sich diese ebenfalls als Teil des Aufgabegutes. Es wird

$$\frac{w}{100} \cdot \frac{G_{A_0}}{100} \cdot A_{h_0} = \frac{\dot{U}}{100} \cdot D_h = \ddot{u} \quad [\text{t/h}]. \quad (49)$$

Setzt man in Gl. (48) für  $F_d$  und  $\ddot{u}$  die Ausdrücke nach den Gl. (46, 46a) und (49) ein, so läßt sich die Siebdurchgangsleistung jetzt schreiben als

$$\begin{aligned} D_h &= (m \cdot F_{A_0} + w \cdot G_{A_0}) A_{h_0} \cdot 10^{-4} \\ &= 3,6 \cdot 10^{-4} \cdot (m \cdot F_{A_0} + w \cdot G_{A_0}) B_n \cdot h_0 \cdot v \cdot \gamma_s \quad [\text{t/h}]. \end{aligned} \quad (45a)$$

Hieraus geht die spez. Siebdurchgangsleistung hervor, indem wiederum durch die nutzbare Siebfläche  $F_n = B_n \cdot L_n$  dividiert wird.

Ihr Ausdruck lautet dann

$$D_s = 3,6 \cdot 10^{-4} (m \cdot F_{A_0} + w \cdot G_{A_0}) \frac{h_0}{L_n} \cdot v \cdot \gamma_s \quad [\text{t/m}^2\text{h}]. \quad (47a)$$

### 5.1 Allgemeine Darstellung des Absiebvorganges im Siebkettenförderer

Leistungen und Siebgütegrad von Siebkettenförderern hängen von einer beträchtlichen Anzahl von Einflußgrößen ab, die RAMMLER in einer noch nicht veröffentlichten Arbeit folgendermaßen gliedert:

#### I. Einflußgrößen der Auslegung

1. Nutzbare Siebbreite ( $B_n$ )
2. Nutzbare Sieblänge ( $L_n$ )

#### II. Einflußgrößen der Betriebsweise

1. Kettengeschwindigkeit ( $v$ )
2. Schütt- oder Beschickungshöhe (Schichtstärke) ( $h$ )
3. Spaltweite ( $l_s$ )
4. Sonstige Ausbildung des Siebbodens
  - a) offene Siebfläche ( $F_o$ )
  - b) Durchgangsquerschnitt  
(Ausbildung der Trennöffnungen in der Vertikalebene)

#### III. Einflußgrößen des Siebgutes

1. Kornzusammensetzung
  - a) Größe des Feinkornanteils ( $F_A$ ) (siebfähiges Gut, bezogen auf ein Laboratoriumssieb gleicher Spaltweite wie das Betriebssieb bzw. auf die äquiv. Prüfsieböffnungsweite)
  - b) Kornzusammensetzung des Feinkornanteils
  - c) Kornzusammensetzung des Grobkornanteils
2. Körnerverteilung in der Schüttung
3. Kornform
4. Wassergehalt ( $w$ )
5. Temperatur ( $t$ )
6. Schüttgewicht ( $\gamma_s$ )
7. Xylitanteil

Die Herausschälung des Einflusses dieser einzelnen Faktoren ist dann möglich, wenn bei Versuchen jeweils nur zwei Größen, eine als unabhängig Veränderliche,

die andere als Parameter, variiert werden bei gleichzeitiger Konstanthaltung der übrigen. Das ist jedoch nur in begrenztem Umfange möglich.

Für die hier zu beschreibenden Versuche war die nutzbare Siebbreite konstruktiv festgelegt. Sieblänge, Kettengeschwindigkeit und Schütthöhe ließen sich im gewünschten Maße variieren, und mit dem Einbau eines der vorhandenen Siebböden waren auch die für jeweils eine Versuchsgruppe programmäßig vorgesehenen Werte der Spaltweite, der offenen Siebfläche und des Durchgangsquerschnittes festgelegt. Die Einflußgrößen des Siebgutes dagegen wurden vom Betriebsablauf bestimmt und weisen Schwankungen auf. Glücklicherweise können aber einige von diesen Faktoren, die in ihrer Gesamtheit den Siebschwierigkeitsgrad des Aufgabegutes schlechthin bestimmen, vernachlässigt werden. So ist dem geringfügigen Xylitanteil in der zur Untersuchung herangezogenen mitteldeutschen Kohle von vornherein kein Einfluß beizumessen. Wassergehalt und Temperatur der Kohle lagen bzw. schwankten in Bereichen, in denen die Rolligkeit des Gutes ungefährdet ist. Die leider nicht zu vermeidenden Schwankungen in der Kornzusammensetzung des Aufgabegutes sind nun allerdings nicht ohne Einfluß auf das Absiebungsergebnis geblieben. Diese unerwünschte Erscheinung wird dadurch noch ausgeweitet, daß es nicht möglich war, die hierdurch verursachten Störungen eindeutig abzugrenzen. Da das Schüttgewicht der Kohle im wesentlichen eine Funktion der Lagerungsdichte des Körnerkollektivs ist, schwankt sein Wert mit der Kornzusammensetzung.

Es soll nunmehr der Absiebvorgang im Siebkettenförderer bei normaler Belastung näher betrachtet werden.

Das aufgegebene Siebgut wird von der mit konstanter Geschwindigkeit laufenden Kette über den Siebboden transportiert. Der Fördervorgang entspricht dabei dem des normalen Trogkettenförderers, so daß die Kette auf Grund des Reibungsschlusses zwischen den Körnern in der Lage ist, einen Gutquerschnitt als Ganzes zu transportieren, dessen Höhe die des Kettenquersteiges weit übersteigt [42].

Sobald das Siebgut den Anfang der Siebstraße passiert hat, beginnt die Abwanderung des Feinkorns durch die Sieböffnungen hindurch in den Siebdurchgang. Damit sinkt die anfängliche Schütthöhe ab, bis sich schließlich der Zusammenhang des Materialstromes auflöst und die Querstege nur noch Kornhaufen vor sich herschieben. Dieser Vorgang ist im Bild 10 schematisch dargestellt.



Bild 10. Bewegung der Kohle im Siebkettenförderer

Auf dem ersten Teil der Siebstrecke ist die Schüttung noch hoch und der Länge nach kontinuierlich ausgebildet. Sie soll als gut durchmischt angesehen werden, wobei das Feinkorn im Lückenvolumen des Grobkorns eingelagert sei. Die Körnchen



des Feinen, die in der Schüttung unten liegen, kommen mit dem Siebboden zuerst in Berührung und rieseln durch die Sieböffnungen nach unten in den Durchgang ab. Kommt hierdurch das Gefüge der groben Körner noch nicht zum Einsturz, so werden alle darin vorhandenen Lückenkanäle dem in höheren Schichten der Schüttung eingebrachten Feinkorn den Weg nach unten, zum Siebboden, ermöglichen. Der Feinkornentzug wird sich, im senkrechten Schüttungsquerschnitt gesehen, besonders rasch dann nach oben fortpflanzen, wenn die Lückenquerschnitte im Verhältnis zum Durchmesser der Körner des Feinen groß sind und das Feinkorn eine gute Rieselfähigkeit besitzt. Der Feinkornabfluß wird jedoch von allen den Körnern behindert, die groß genug sind, um in der Schüttung Lückenquerschnitte durch vorübergehend stabile Einlagerung abzudecken.

Diese Bewegungsverhältnisse im Siebgut drücken jedoch nur einen Momentanzustand aus, denn das „Grobkorngerüst“ ist nicht stabil, es bricht zusammen, drängt mit seinen Körnern selbst dem Siebboden zu, gibt dabei bisher abgeriegeltem Feinkorn den Weg frei und legt anderes fest. Diese mannigfaltigen Phasen lösen einander nach Ort und Zeit dauernd ab und verlaufen auch gleichzeitig.

Ist der Feinkornanteil im Aufgabegut sehr groß, so „schwimmt“ das Grobkorn zunächst darin, und die durchgesetzte Menge ist beträchtlich. Mit fortschreitender Absiebung wächst der prozentuale Anteil des Grobkorns im Siebgut immer mehr, und es tritt schließlich die sich zwar verändernde, aber doch wirkende Gerüststruktur des Grobkorns auf. Mittlerweile wird sich auch ein Teil des siebschwierigen Gutes bis zum Siebboden vorgearbeitet haben und unter Verzögerung des Absiebvorganges mühsam in den Durchgang wandern. Noch störender wirkt bis zum Siebboden vorgedruckenes „blockierendes Korn“, das in die Sieböffnungen wohl etwas eintauchen, aber nicht durch sie hindurchdringen kann. Die Gefahr, daß der Absiebvorgang hierdurch zum Erliegen kommen kann, wobei das über dem Sieb noch vorhandene Feinkorn über die Rücken dieser Körner in den Übergang transportiert wird, ist dann akut.

Die bisher beschriebenen, sich in der Schüttung vollziehenden Bewegungen sind das Ergebnis der auf die Körner wirkenden Schwerkraft. Da nun die Schüttung selbst von der Kette gleichmäßig horizontal bewegt wird, führen die Körner Bewegungen aus, deren Richtungen sich aus der geometrischen Addition der einzelnen Bewegungskomponenten ergeben. Für den Absiebvorgang bedeutet dies, daß zwei feine Körner, die in der Schüttung senkrecht übereinander liegen und deren unteres den Siebboden berührt, nicht durch das gleiche, sondern durch zwei benachbarte Elemente der Sieböffnung hindurchgehen. Bei durchgehender Schüttung ist zwar die Siebfläche stets lückenlos beaufschlagt, doch wird jedem Schüttungselement  $B_n \cdot h \cdot dL$  fortlaufend ein neues Siebflächenelement  $B_n \cdot dL$  zur Durchgangsnutzung angeboten.

Noch vielfältiger sehen die Bewegungsverhältnisse der Körner im mittleren Teil der Siebstraße aus. Hier ist durch den fortgeschrittenen Feinkornentzug nicht nur die Schütthöhe abgesunken, sondern der Zusammenhang der Schüttung

in Förderrichtung bereits verloren gegangen. Die Kettenquerstege schieben Kornhaufen vor sich her, von deren oberen Partien ein Teil in das folgende Feld zurückrieselt, wenn die Höhe des Steges überschritten wird. Sind die Teilungsfelder nicht mehr vollständig mit Siebgut bedeckt, so trifft das überrieselnde Korngemenge unmittelbar und nahezu senkrecht auf den Siebboden auf, so daß sich seine Trennung wirksam vollziehen kann. Sind die Felder noch bedeckt, so fällt das überrollende Korn auf die Böschung des folgenden Haufens. Hier vollziehen sich andere Bewegungen als in der Schüttung. Solange die Böschungen steil genug sind, rollen vor allem die groben Körner auf ihnen ab. Treffen sie dabei auf schon frei gewordenen Siebboden auf, kommen sie vorübergehend zum Stillstand und werden danach vom Böschungsfuß des Kornhaufens wieder mitgenommen. Auch Teile des Böschungsfußes selbst können kurzzeitig zum Stillstand kommen, wenn zwischen ihnen noch eingebettetes Feinkorn plötzlich in den Durchlauf geht, so daß augenblicklich eine Lücke entsteht, die wegen der hier geringen Schichtdicke nicht sofort mit von oben nachdrängenden Körnern geschlossen wird. In der Schüttung selbst herrschen noch die gleichen Bewegungsverhältnisse, wie sie anfangs schon geschildert wurden.

Am Ende der Siebstraße erreichen die Kornhaufen in der Regel nicht mehr die Höhe der Querstege, so daß kein Gut überrieselt. Die Böschung ist flacher und das Abrollen von Körnern seltener geworden. In der Schüttung ist nur noch wenig Feinkorn vorhanden, so daß die durch dessen Abwanderung ausgelösten Umlagerungen ebenfalls zurückgegangen sind. In der Zusammensetzung des Siebgutes dominiert jetzt der Grobkornanteil. Die alte Erfahrung, daß aus einem Korngemisch Feingut um so besser ausgesiebt wird, je mehr es sich in seinen Abmessungen vom Grobkornanteil unterscheidet, kann sich hier nicht bestätigen, da im Siebgut mit dem Grobkorn auch das Grenzkorn, insbesondere der Gehalt an „blockierendem Gut“, angereichert worden ist und die Sieböffnungen besetzt hält.

Wenn auch das Siebgut durch die Kette mechanisch über die Siebfläche transportiert wird, wodurch unter dem Einfluß der Kettengeschwindigkeit dem in jedem Schüttungselement verlaufenden Trennprozeß die gesamte Siebfläche angeboten wird und zum anderen zusammen mit den Sinkbewegungen der Körner gewisse Umlagerungen in der Schüttung erzielt werden, so fehlt der mechanischen Beeinflussung des Absiebvorganges doch das Kernstück, nämlich das Wirken der eigentlichen Siebkräfte. Es leuchtet ein, daß er demzufolge bei kleiner werdenden Sieböffnungsweiten — also erhöhten Feinheitsanforderungen an den Siebdurchgang — besonders deutlich an Intensität und Erfolg einbüßen muß. Tritt in einem sonst rieselfähigen Aufgabegut Faserxylit auf, so daß die Bewegungen der Körner durch eine Art Verflechtung oder gar Verfilzung eingeschränkt werden, so kann der Leistungsrückgang sehr beträchtlich sein.

Die Möglichkeiten zur Verbesserung der Absiebung durch konstruktive Maßnahmen werden am Ende der Arbeit eingeschätzt.

## 5.2 Der Absiebvorgang bei gegebenem Siebboden

## 5.21 Die Wirkung verschiedener Einflußfaktoren

## 5.211 Sieblänge

Es soll jetzt der Absiebvorgang anhand von Versuchsergebnissen über die Länge des Siebes hinweg verfolgt werden.

Der Versuch Nr. I/9 wurde unter folgenden Bedingungen durchgeführt:

Spaltweite	$l_s = 0,75 \text{ mm}$
Offene Siebfläche	$F_0 = 29,4\%$
Kettengeschwindigkeit	$v = 0,25 \text{ m/s}$
Schütthöhe	$h_0 = 47,5 \text{ mm}$
Feinkornanteil im Aufgabegut	$F_{A_0} = 50,7\%$ (ermittelt auf einem dem Betriebs-sieb gleichen Laborsieb)
Schüttgewicht des Aufgabegutes	$\gamma_s = 0,574 \text{ t/m}^3$

Nach Gl. (41) ergibt sich eine Siebbelastung von  $A_{h_0} = 9,33 \text{ t/h}$  und nach Gl. (31) die absolute Menge des Feinkornanteils zu  $F_{a_0} = 4,73 \text{ t/h}$ . Der Grobkornanteil im Aufgabegut beträgt dann  $G_{A_0} = 49,3\%$  bzw.  $G_{a_0} = 4,60 \text{ t/h}$ . Den vollständigen Auswertungsgang dieses Versuches enthält Tabelle 6.

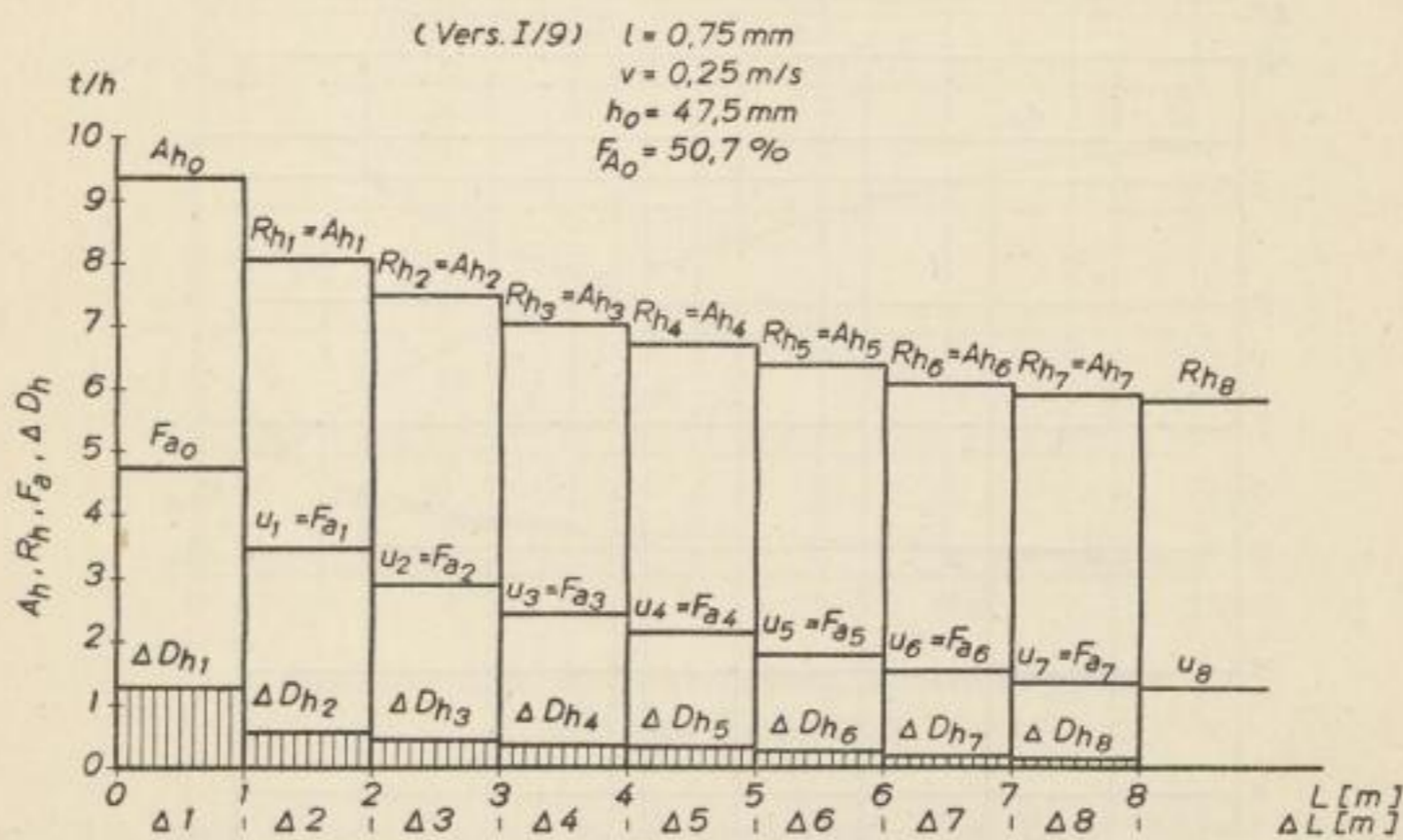


Bild 11. Einfluß der Sieblänge auf den Absiebvorgang

Im Bild 11 sind über den Siebstreckenelementen  $\Delta L$  die Werte der Aufgabemengen ( $A_h$ ), der Anteile des Siebfähigen im Aufgabegut ( $F_a$ ) und der Siebdurchgänge ( $\Delta D_h$ ) als Säulen aufgetragen. Jedes Siebstreckenelement stellt in dieser Betrachtungsweise einen selbständigen, kleinen Siebkettenförderer von der Länge  $L = 1 \text{ m}$  dar. Untereinander sind die einzelnen Siebstrecken so verknüpft, daß Aufgabegut und Menge des Siebfähigen für ein Element den Siebübergang ( $R_h$ ) bzw. die Menge des Unterkorns ( $u$ ) der vorangegangenen Strecke darstellen. Da

stets nur Siebfähiges in den Siebdurchgang wandert, unterscheiden sich die Werte  $A_h$  und  $F_a$  zweier benachbarter Siebelemente in allen Fällen um den Betrag  $\Delta D_h$  des vorangehenden Siebabschnittes. Mit wachsender Entfernung vom Siebstraßenanfang nehmen die einzelnen Siebdurchgänge ab. Das gilt auch für die spez. Siebdurchgangsleistung  $\Delta D_s$ , das Gewichtsausbringen an Durchgang  $\Delta v_D$  und das Feinkornausbringen im Durchgang  $\Delta m$ .

Die Bewegungsverhältnisse in der Kornschüttung, insbesondere der Einfluß des siebschwierigen und blockierenden Gutes, modifizieren das Abnehmen der Werte. So ist z. B. das Feinkornausbringen auf den Siebstrecken  $\Delta L_5$  und  $\Delta L_6$  größer als auf der Strecke  $\Delta L_4$ , fügt sich aber für  $\Delta L_7$  und  $\Delta L_8$  wieder in das generelle Absinken.

Bild 12 stellt die Summenkurve der Durchgangsleistung  $D_h = f(L)$  in Abhängigkeit von der Länge der Siebstraße dar. Für eine beliebige Stelle  $i$  der sich im Intervall von 0—8 m bewegenden Länge  $L$  ergibt sich die Durchgangsleistung zu

$$D_{hi} = \sum_1^i \Delta D_h \quad [\text{t/h}].$$

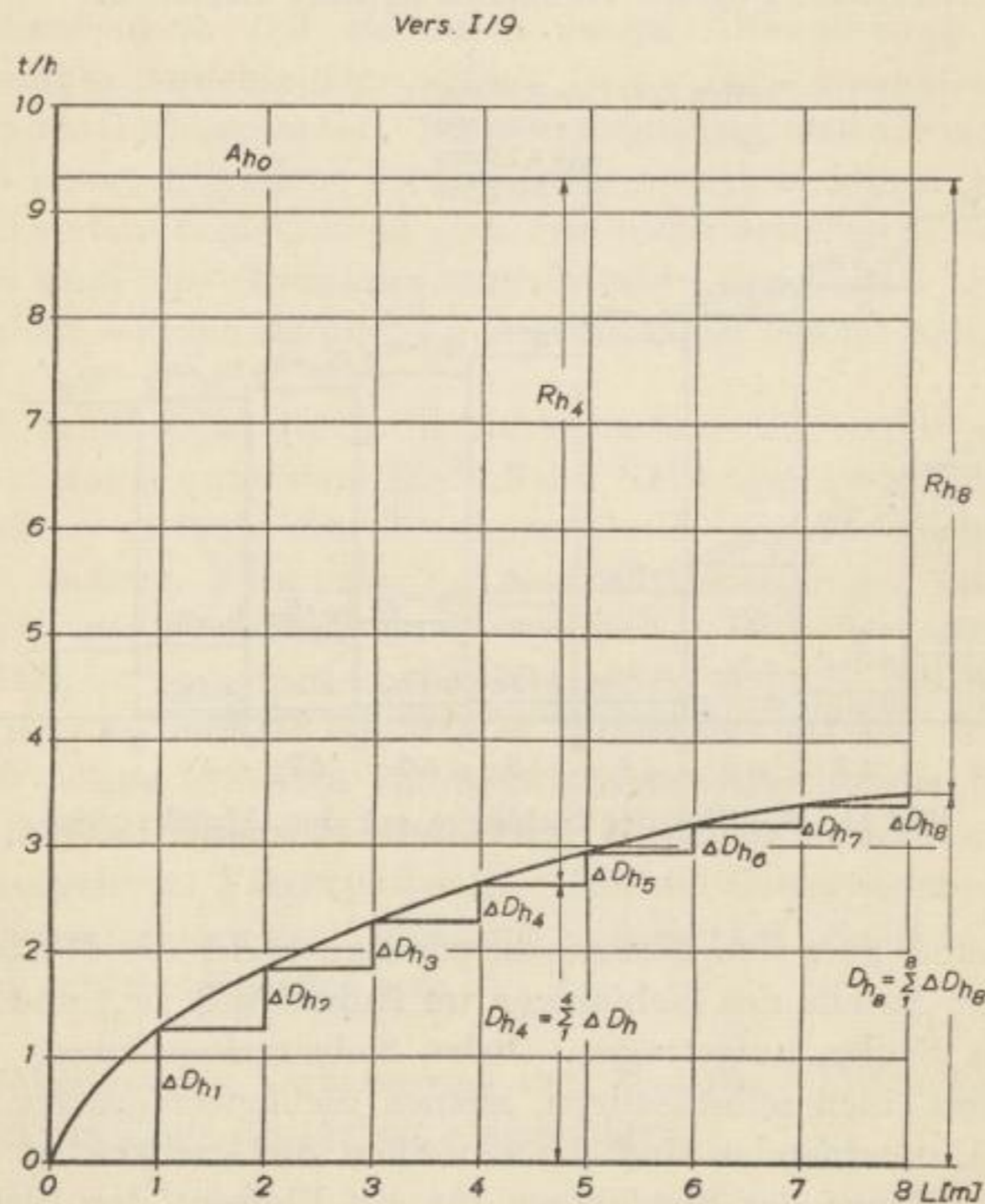


Bild 12. Summenkurve der Durchgangsleistung  $D_h = f(L)$

Für den gleichen Abszissenwert ergänzen sich die Siebdurchgangs- und Siebübergangsleistung nach

$$D_{h_i} + R_{h_i} = A_{h_0} \quad [\text{t/h}]$$

zur Siebbelastung (Siebleistung). Die beim Absieben eintretenden Substanzverluste sind vernachlässigbar klein. Aus dem Verlauf der Kurve, die anfangs steil ansteigt, um dann immer mehr zu verflachen, geht deutlich hervor, daß auf den ersten Siebstreckenelementen die größte Menge an Siebdurchgang anfällt.

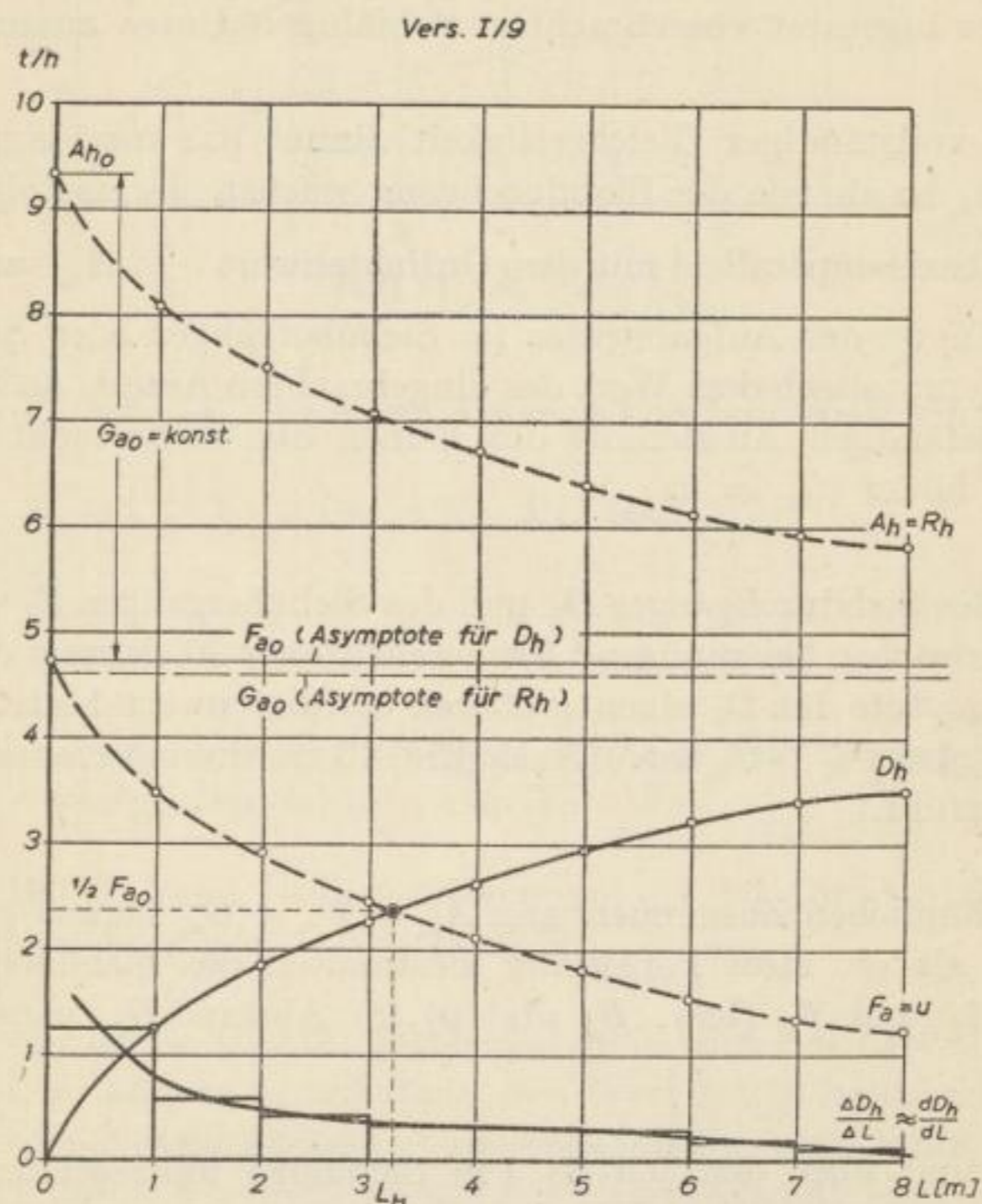


Bild 13. Der Absiebvorgang in Abhängigkeit von der Sieblänge

Im Bild 13 sind einige Zusammenhänge des Absiebvorganges veranschaulicht. Immer unter der praktisch verwirklichten Forderung, daß nur siebfähiges Gut in den Durchgang gelangt, können daraus folgende Kenntnisse gewonnen werden:

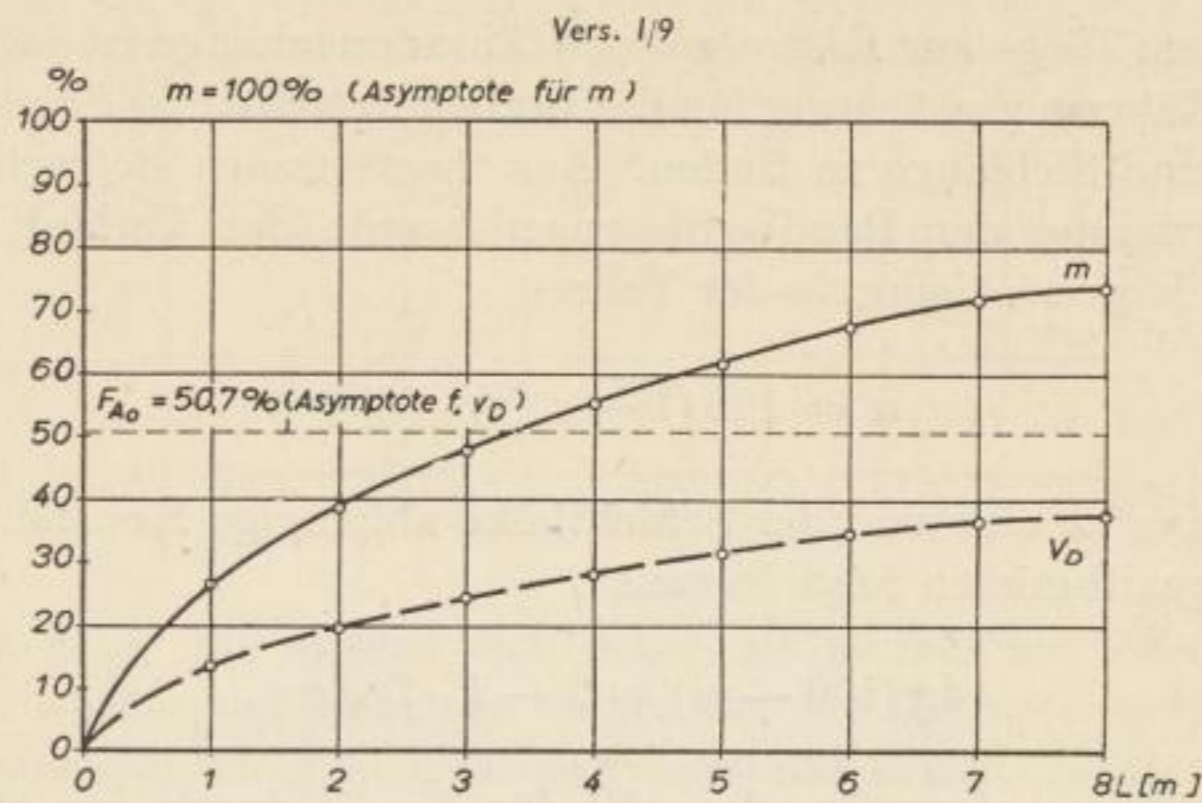
1. Die Durchgangskurve  $D_h$  strebt asymptotisch einem Grenzwert zu, der durch die Menge des siebfähigen Anteils im Aufgabegut  $F_{a_0}$  gegeben ist.
2. Unter Wahrung vollständiger Gleichzeitigkeit nimmt der Anteil des Siebfähigen  $F_a$  so ab, wie der Siebdurchgang wächst. Siebdurchgang und noch verbliebener siebfähiger Anteil ergänzen sich für eine beliebige Stelle der Siebstrecke nach

$$D_{h_i} + F_{a_i} = F_{a_0} \quad [\text{t/h}]$$

- stets zur Menge des Siebfähigen am Anfang der Siebstraße. Als Asymptote für die Kurve  $F_a = f(L)$  tritt die Abszisse selbst auf.
3. Die beiden Kurven  $D_h$  und  $F_a$  müssen sich auf Grund ihres Charakters auf einer mit dem Ordinatenwert  $\frac{1}{2} F_{a_0}$  parallel zur Abszisse verlaufenden Geraden — welche die Symmetrieachse beider Kurven bildet — schneiden. Die dem Kurvenschnittpunkt als Abszissenwert zugehörige Siebstrecke  $L_H$  ist erforderlich, um die Hälfte des insgesamt eingebrachten siebfähigen Gutes auszusieben.
  4. Mit ebenfalls vollständiger Gleichzeitigkeit nimmt das insgesamt eingebrachte Aufgabegut  $A_{h_0}$  so ab, wie der Siebdurchgang wächst. Demzufolge haben beide Kurven die Abszissenparallele mit dem Ordinatenwert  $\frac{1}{2} A_{h_0}$  zur Symmetrieachse. Die Kurve des Aufgabegutes (= Siebüberganges oder Siebrückstandes) nähert sich asymptotisch dem Wert des eingebrachten Anteils an Siebgroßem  $G_{a_0}$ , der nach vollständiger Aussiebung des Feinen den nicht mehr veränderlichen Siebübergang bildet ( $G_{a_0} = R_{h_{min}}$ ).
  5. Die Kurven des Siebdurchganges  $D_h$  und des Siebüberganges  $R_h$  werden sich auf ihrer Symmetrieachse bei genügend fortgeschrittener Absiebung dann schneiden, wenn die Asymptote für  $D_h$  einen größeren Ordinatenwert besitzt als die Asymptote für  $R_h$ , also  $F_{a_0} > G_{a_0}$  ist. (Nach Bild 13 ist diese Voraussetzung für den Versuch I/9 erfüllt.)
  6. Aus dem anfänglichen Zusammenhang  $A_{h_0} = F_{a_0} + G_{a_0}$  heraus erweist sich das Siebgroße  $G_{a_0}$  als ein stets konstanter Bestandteil des Siebüberganges, so daß die Kurven  $A_h$  und  $F_a$  (bzw.  $R_h$  und  $u$ ) im Abstand  $G_{a_0}$  parallel zueinander verlaufen.

Im Bild 13 sind über den jeweils 1 m Sieblänge umfassenden Siebstreckenelementen  $\Delta L$  schließlich noch die zugehörigen Siebdurchgänge  $\Delta D_h$  als Rechtecke aufgetragen. Läßt man diese Werte nur für die Intervallmitten gelten und verbindet diese Punkte durch einen stetigen Linienzug, so wird die empirische, durch eine Tabelle gegebene Funktion  $D_h = f(L)$  numerisch („parabolisch“) differenziert  $\left(\frac{\Delta D_h}{\Delta L} \approx \frac{dD_h}{dL}\right)$  und eine Kurve erhalten, welche näherungsweise den Siebdurchgang für sehr kleine Siebstreckenelemente angibt.

Im Bild 14 sind das Feinkornausbringen im Durchgang  $m$  und das Gewichtsausbringen an Durchgang  $v_D$  — beide in % — abhängig von der Sieblänge  $L$  dargestellt. Beide Kurven sind in ihrem Verlauf der Kurve des Siebdurchganges  $D_h$  ähnlich, was sich aus dem formelmäßigen Zusammenhang der Größen und Begriffe heraus erklärt. Nach Gl. (17) bzw. (25) kann man für das Feinkornausbringen, da

Bild 14.  $m, v_D = f(L)$ 

die Werte  $F_D$ ,  $F_{A_0}$  und  $A_{h_0}$  für einen Versuch konstant sind, schreiben

$$m = C_1 \cdot D_h \quad [\%], \quad (50)$$

wobei

$$C_1 = \frac{10^4}{F_{A_0} \cdot A_{h_0}}$$

ist. Als der Ausdruck eines Verhältnisses strebt  $m$  dem Grenzwert 100% zu. Absolut gesehen, verbirgt sich dahinter der Wert  $\frac{F_{A_0}}{100} \cdot A_{h_0} = F_{a_0}$ , denn nach Gl. (17) wird  $m$  dann 100%, wenn — unter Verwendung der für den Siebkettenförderer eingeführten Bezeichnungen —  $F_D \cdot D_h = F_{A_0} \cdot A_{h_0}$  ist.

Geht man von der in Gl. (14) gegebenen Definition des Gewichtsausbringens an Durchgang aus, so könnte  $v_D$  nur dann den Wert 100% erreichen, wenn  $D_h = A_{h_0}$  würde, womit die Notwendigkeit einer Absiebung negiert wäre. Seinen Höchstwert erreicht  $v_D$  dann, wenn ein maximaler Siebdurchgang eintritt. Dessen Menge kann jedoch nur die Menge des mit dem Aufgabegut eingebrachten Anteiles an siebfähigem Gut erreichen, so daß  $D_{h_{\max}} = F_{a_0}$  wird. Setzt man nun weiter für  $F_{a_0} = \frac{F_{A_0}}{100} \cdot A_{h_0}$  in Gl. (14) ein, so ergibt sich das max. Gewichtsausbringen zu

$$v_{D_{\max}} = F_{A_0} \quad [\%]. \quad (51)$$

Damit tritt die Abszissenparallele mit dem Ordinatenwert  $F_{A_0}$  als Asymptote für  $v_D$  auf.

Definiert als das Verhältnis zwischen der tatsächlich erzielten und der maximal erreichbaren Absiebungslleistung beurteilt der Wert  $m$  den Umfang des Trennerfolges. Je größer dieser für ein und denselben Versuch ist, desto größer wird auch die Menge des Siebdurchganges sein. Der Trennvorgang wird nun von vielen Faktoren be-

einflußt. Auf dem Wege zur Klärung dieser Zusammenhänge ist es RAMMLER [40] gelungen, eine Näherungsgleichung für die Beziehung zwischen Feinkornausbringen im Durchgang und Sieblänge zu finden. Aus theoretischen Betrachtungen heraus und unter Würdigung der Randbedingungen wurde der Verlauf des Feinkornausbringens als Exponentialkurve der Form

$$m = 100 (1 - e^{-kL}) \quad [\%] \quad (52)$$

erkannt. Hierin ist  $k$  eine von der Schichthöhe abhängige Konstante. Nach Umformen und Logarithmieren folgt hieraus

$$\lg(100 - m) = 2 - k \cdot L \cdot \lg e. \quad (53)$$

Das ist die Gleichung einer Geraden, die für  $L = 0$  durch den Ordinatenpunkt  $\lg(100 - m) = 2$  läuft.

Im Bild 15 sind die Logarithmen von  $(100 - m)$  — wobei die Ordinate mit den  $m$ -Werten selbst beschriftet wurde — über der Sieblänge  $L$  aufgetragen. Auf dem ersten Teil der Siebstrecke liegen die Punkte etwas unterhalb, auf dem letzten Teil etwas oberhalb der theoretisch geforderten Geraden.

Bild 16 stellt die spezifische Siebdurchgangsleistung in Abhängigkeit von der Sieblänge dar. Die Kurve geht aus der Division der exponentiell verlaufenden, sich asymptotisch einem Grenzwert nähernden Durchgangskurve  $D_h$  (Bild 12) durch die linear mit der Sieblänge wachsende nutzbare Siebfläche  $F_n = L_n \cdot B_n$  (für

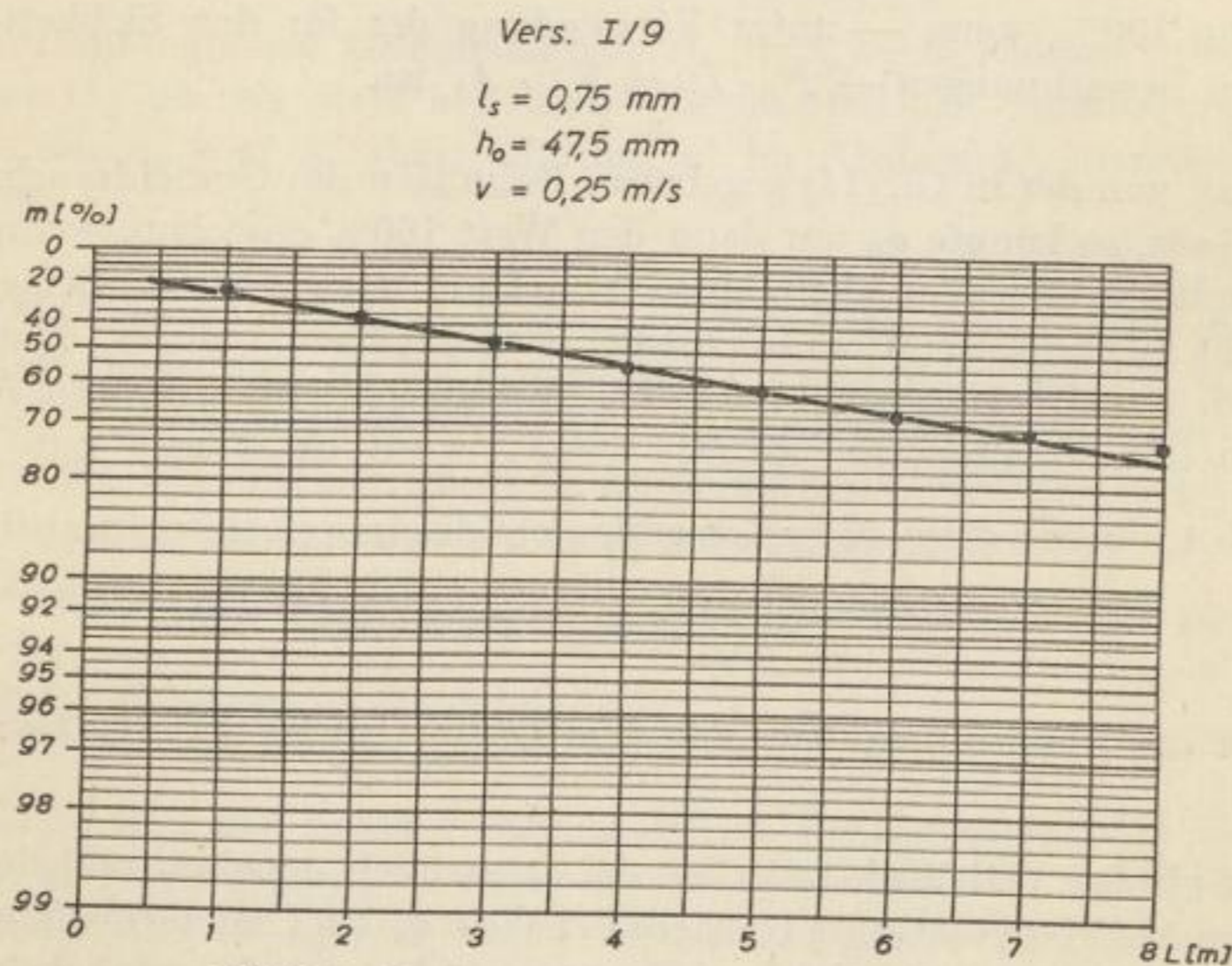
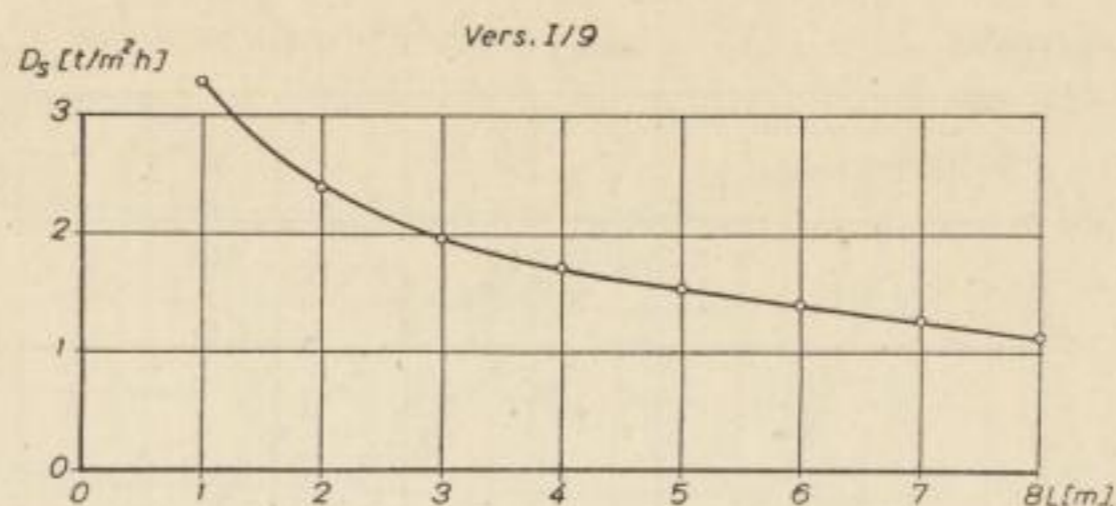


Bild 15. Feinkornausbringen im Durchgang, abhängig von der Sieblänge



Bild 16.  $D_s = f(L)$ 

$B_n = \text{konst.}$ ) hervor. Sie erweist sich daher als konvex zur Abszisse gekrümmt und nimmt mit wachsender Sieblänge immer kleinere Ordinatenwerte an. Während der technologische Sieberfolg, ausgedrückt durch das Feinkornausbringen im Durchgang bzw. den Siebgütegrad, mit wachsender Sieblänge zunimmt, sinkt die spez. Siebdurchgangsleistung als wichtige technisch-wirtschaftliche Kennziffer ab. Die Länge des Siebbodens ist also so zu bemessen, daß sich ein technologisch-wirtschaftliches Optimum einstellt.

Tritt der Fall ein, daß — noch ehe das Ende der Siebstraße erreicht ist — die Aussiebung vollständig wird oder durch Grenzkorn zum Erliegen kommt, so nimmt die Siebdurchgangsleistung  $D_h$  einen konstanten Wert an, wird also von der weiter wachsenden Sieblänge unabhängig. Demzufolge muß auch das Feinkornausbringen  $m$  (siehe G. (17)) auf einem konstanten Wert verharren und unabhängig von  $L$  werden. Die spez. Siebdurchgangsleistung  $D_s$  nimmt dagegen weiter ab, und zwar, da in der Beziehung

$$D_s = \frac{D_h}{F_n} = \frac{D_h}{B_n \cdot L_n} \quad [\text{t/m}^2\text{h}]$$

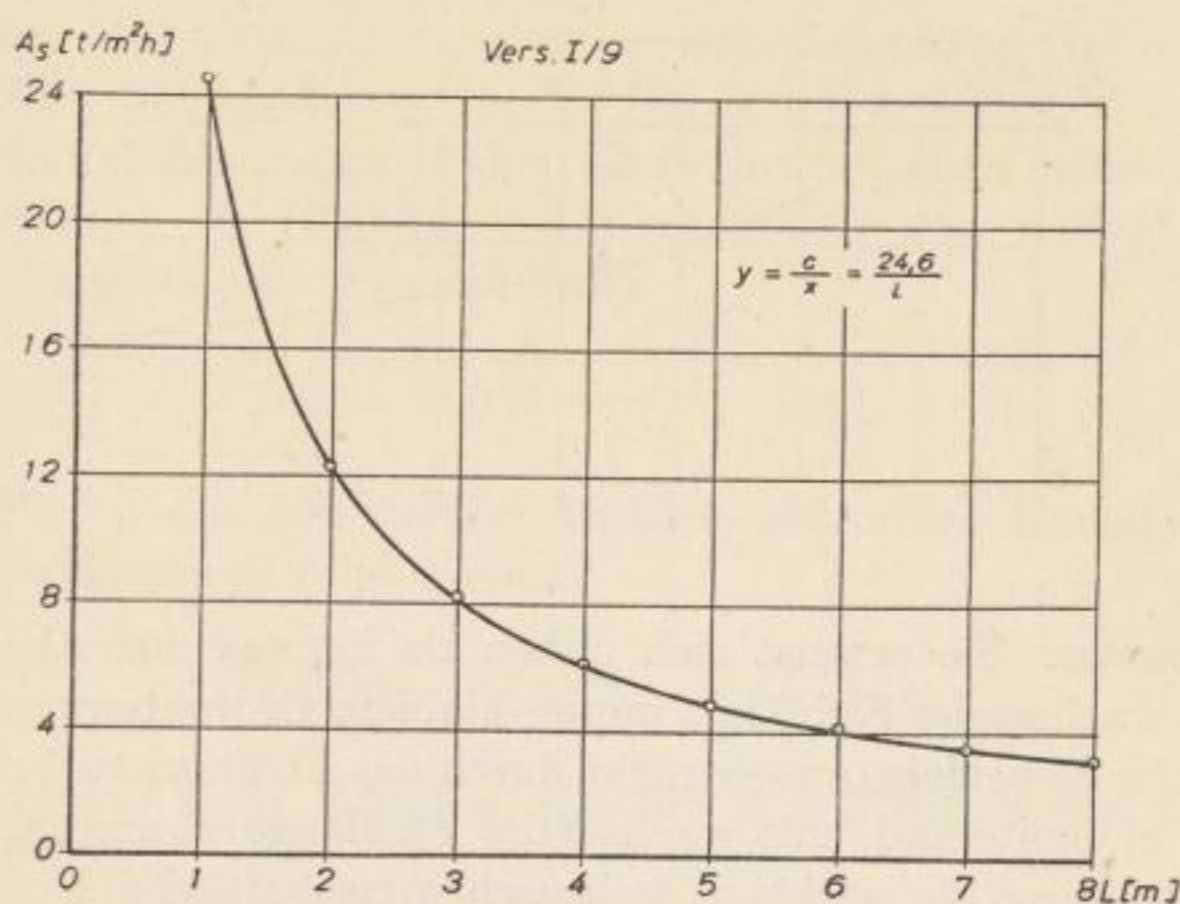
$D_h = \text{konst.}$  ist, streng nach einer Hyperbel. Sie geht also jetzt schneller zurück als in der Phase mit zunehmender Siebdurchgangsleistung.

Bezieht man die für einen Versuch konstante Aufgabegutmenge  $A_{h_0}$  auf die wiederum mit der Sieblänge linear wachsende nutzbare Siebfläche  $F_n$  ( $0,38 \text{ m}^2$  je lfd. Meter Siebstrecke)

$$A_s = \frac{A_{h_0}}{F_n} = \frac{A_{h_0}}{B_n \cdot L_n} \quad [\text{t/m}^2\text{h}],$$

so ergeben sich für die spezif. Siebbelastung  $A_s$  Werte, die auf einem Ast einer Hyperbel der allgemeinen Form  $y = \frac{c}{x}$  liegen (Bild 17). Die Konstante  $c$  stellt dabei den Wert  $\frac{A_{h_0}}{B_n}$  [t/hm] dar, welcher die sogenannte „Breitenleistung“ — stdl. Aufgabemenge je Meter nutzbare Siebbreite — ausdrückt. Da andererseits allgemein  $c = A_s \cdot L_n$  ist, kann — wenn man z. B. das Wertepaar  $A_{s_1}$  und  $L_1 (= 1 \text{ m})$  benutzt und die Werte des Versuches I/9 heranzieht — auch geschrieben werden

$$A_s = A_{s_1} \cdot L_1 \cdot \frac{1}{L_n} = \frac{24,6}{L_n} \quad [\text{t/m}^2\text{h}]. \quad (44a)$$

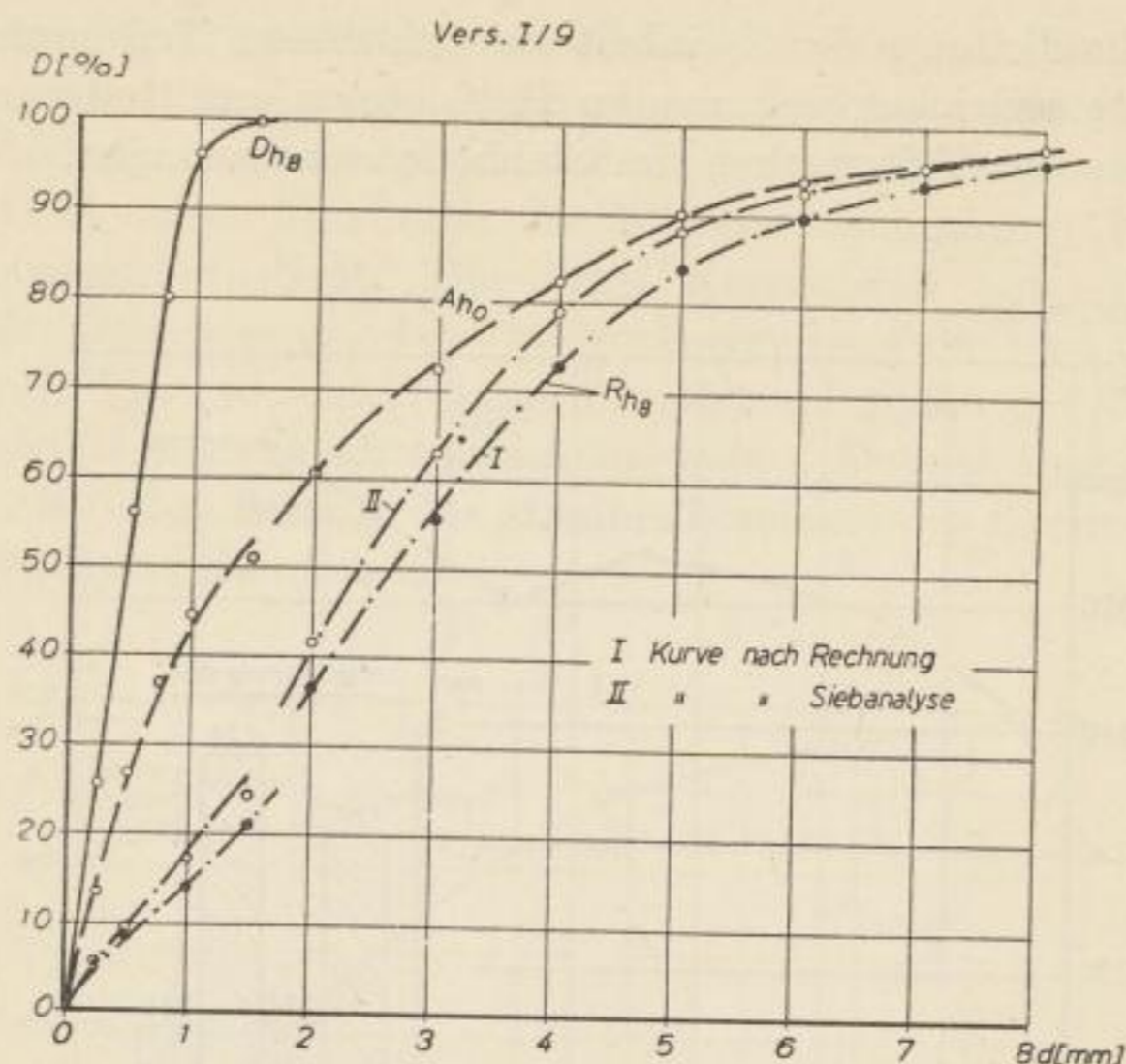
Bild 17.  $A_s = f(L)$ 

Für alle durchgeführten Versuche ist die nutzbare Siebbreite — bedingt durch die Auslegung des Siebkettenförderers — konstant, so daß eine Änderung der nutzbaren Siebfläche stets und allein an eine Änderung der Sieblänge gebunden ist.

Wie wirkt sich nun die Siebbreite und ihre Variation auf die Siebleistungen allgemein aus? Nach den Gleichungen (41) und (45) wachsen sowohl die Siebbebelastung  $A_h$ , als auch die Siebdurchgangsleistung  $D_h$  mit der nutzbaren Siebbreite  $B_n$ , während sie sich aus den Gleichungen (44) und (47) (spez. Siebbebelastung und spez. Siebdurchgangsleistung) heraushebt. Dies bedeutet, daß unter sonst gleichen Verhältnissen die Siebbebelastung und die absolute Menge des Siebdurchganges um so größer sind, je breiter die Siebstraße des Förderers dimensioniert ist, die spez. Siebbebelastung wie spez. Siebdurchgangsleistung jedoch zusammen mit dem Feinkornausbringen konstant bleiben. Wie schon erwähnt, bringt zunehmende Sieblänge infolge besserer Aussiebung — wodurch ebenfalls, wenn auch geringfügiger, die Siebdurchgangsleistung erhöht wird — eine Steigerung des Feinkornausbringens und drückt andererseits die spez. Siebbebelastung wie auch die spez. Siebdurchgangsleistung. Will man demnach den Einfluß der Siebflächenform auf das Siebergebnis grob umreißen, so gilt, daß die Sieblänge sich günstig auf die Siebgüte auswirkt und die Siebbreite — wenn man die Siebdurchgangsleistung bzw. die Aufgabeleistung betrachtet — Siebleistung bringt.

Die Kornzusammensetzung des Aufgabegutes, des Siebüberlaufes sowie der Einzeldurchgänge ( $\Delta D_h$ ) wurde durch die an den gezogenen Proben ausgeführte Prüfsieb-analyse ermittelt. Da vom Gesamt-Siebdurchgang keine entsprechende Probe zur Verfügung stand, wurden dessen Fraktionen aus den Kornanalysen der Teildurchgänge unter Berücksichtigung der Mengenverhältnisse errechnet.

Bedeutet  $f_{\Delta d}$  die Fraktion [%] der Kornklasse  $\Delta d$  in einem der Teildurchgänge,  $\Delta D_h$  die Menge eines Teildurchganges [t/h], so errechnet sich der Prozentwert der-



selben Fraktion im gesamten, aus 8 Teilwerten bestehenden Siebdurchgang zu

$$\varphi_{8(\Delta d)} = \frac{(f_{\Delta d} \cdot \Delta D_{h1}) + (f_{\Delta d} \cdot \Delta D_{h2}) + \dots + (f_{\Delta d} \cdot \Delta D_{h8})}{\Delta D_{h1} + \Delta D_{h2} + \dots + \Delta D_{h8}} \quad [\%]. \quad (54)$$

Allgemein kann geschrieben werden

$$\varphi_{i(\Delta d)} = \frac{\sum_{i=1}^n (f_{\Delta d} \cdot \Delta D_{hi})}{\sum_{i=1}^n \Delta D_{hi}} \quad [\%]. \quad (54a)$$

Im Bild 18 sind die Körnungscharakteristiken vom Aufgabegut ( $A_{hg}$ ), Siebübergang ( $R_{hg}$ ) und Gesamtdurchgang ( $D_{hg}$ ) in Form von Durchgangskurven dargestellt. Zwischen den Korngrößen  $d = 1$  mm und  $d = 2$  mm treten in den Kurven  $A_{hg}$  und  $R_{hg}$  Sprünge auf, da — entsprechend dem damals noch in Anwendung befindlichen Brikettfabriksiebsatz — bis 1 mm Öffnungsweite Quadratmaschengewebe und ab 2 mm Öffnungsweite Rundlochbleche (DIN 1171 bzw. 1170) als Siebböden im Prüfsatz verwendet wurden. Zur deutlicheren Begrenzung der Körnungskurve des Gesamtdurchganges  $D_{hg}$  wurde noch ein Sieb mit 1,5 mm  $\#$  eingeschaltet, das üblicherweise nicht zum Brikettfabrik-Siebsatz gehört. Es zeigt sich, daß das 0,75 mm-Betriebsspaltsieb praktisch den gleichen Durchgang wie das 1,5 mm-Quadratmaschenprüfsieb liefert, wobei der Anteil  $+ 1$  mm (also der Überkorngehalt für Brikettierkohle der F4-Qualität) ca. 4% beträgt.

Zur Veranschaulichung der Feinheit der einzelnen Teildurchgänge sind im Bild 19 die bei stets gleicher Siebfolge im Prüfsiebsatz ermittelten mittleren Korngrößen (MK) über den Teilstrecken des Siebbodens aufgetragen.

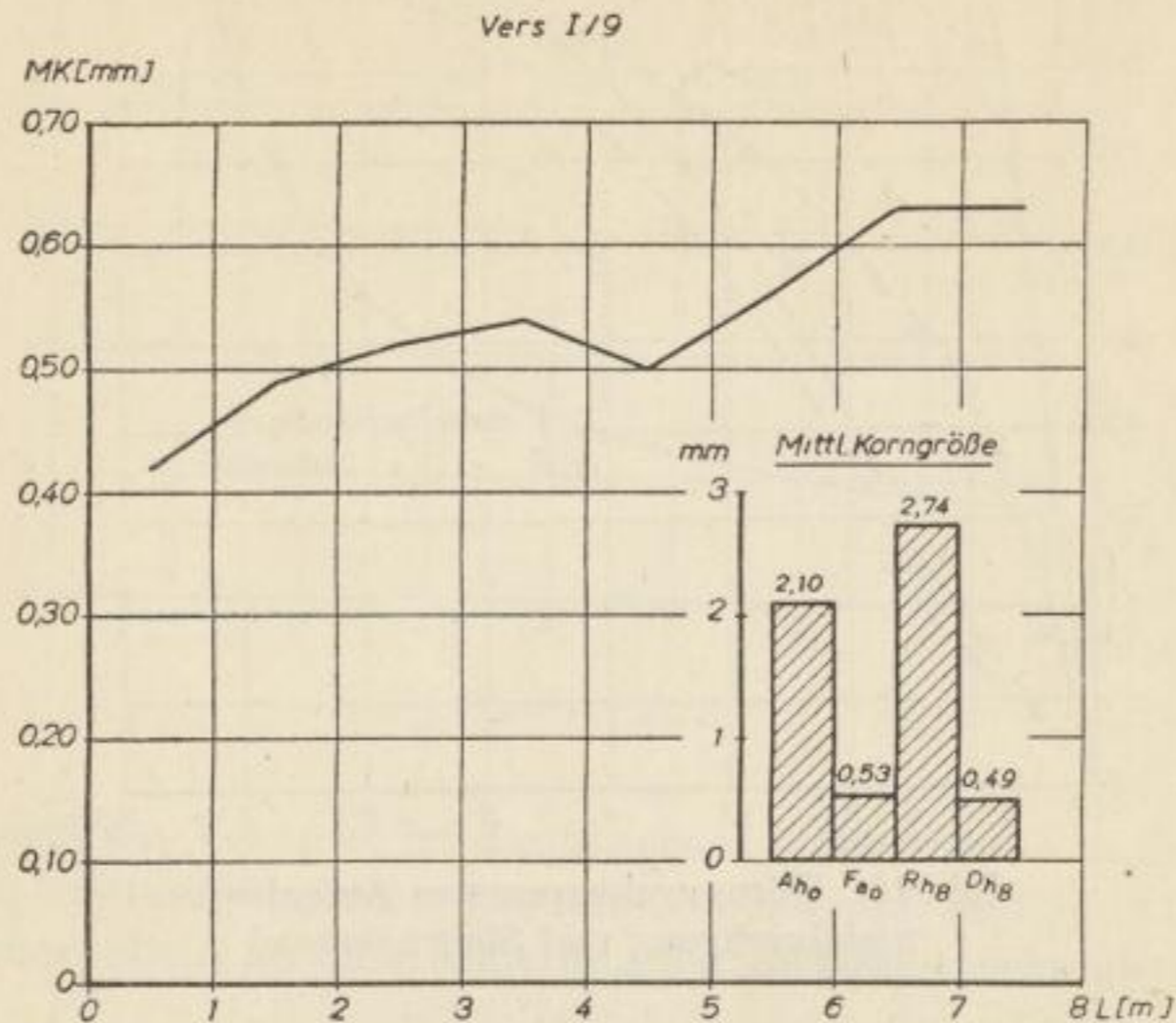


Bild 19. Mittlere Korngrößen des Siebdurchganges, abhängig von der Sieblänge

Daraus ist zu ersehen, daß auf dem ersten Siebstreckenelement das überhaupt feinste Gut in den Durchgang gelangt. Danach wird das Gut gröber. Es haben sich also Teile der gröberen Fraktionen des siebfähigen Anteils an den Siebboden herangearbeitet und passieren ihn. Das in höheren Lagen der Schüttung noch vorhanden gewesene und mittlerweile nach unten vorgedrungene feinere Korn wird vorübergehend zurückgehalten. Sobald die Sieböffnungen wieder entlastet werden, tritt es verstärkt in den Durchgang über und erhöht noch einmal dessen Feinheit ( $\Delta L_5$  im Bild 19), die dann endgültig wieder zurückgeht und einen ungefähr konstanten Wert annimmt.

Die im Bild 19 als Säulen dargestellten mittleren Korngrößen lassen erkennen, daß der Anteil des Siebfähigen in der Aufgabe etwas gröber als der Gesamtdurchgang ist. Würde auch unter Betriebsverhältnissen eine vollständige Aussiebung erzielt werden, müßten beide Werte übereinstimmen. Man kann hieraus folgern, daß die Kornschüttung wie ein dem Siebboden vorgeschaltetes Filter wirkt und die Feinheit des Durchganges etwas erhöht.

Im Bild 20 ist die Durchgangskurve des Aufgabegutes über den Siebwechsprung zwischen  $d = 1$  und  $d = 2$  mm hinweg ausgezogen und die Kornverteilungskurve graphisch ermittelt worden. Das Überbrücken des Siebsprunges ist grundsätzlich nicht statthaft, beeinträchtigt aber hier nicht die Absicht, die Lage des

Verteilungshöchstwertes zu finden, da zu diesem die mitten im Gebiet der Quadratmaschen gelegene Abszisse  $d_w \approx 0,30$  mm gehört. Es ist eine bekannte Erfahrungstatsache, daß der Absiebvorgang dann erschwert wird, wenn die Kornscheide (= Trennschnitt) in einem Maximum der Kornverteilungskurve bzw. im Wendepunkt der Körnungskurve liegt. Die ideale Kornscheide eines Siebprozesses ist durch die Sieböffnungsweite gegeben, im vorliegenden Falle also durch die Spaltweite von 0,75 mm bzw. die mit 1,5 mm hinreichend genau gegebene äquivalente Prüfsieböffnungsweite eines Quadratmaschengewebes. Danach liegt die ideale Kornscheide ein gutes Stück außerhalb des Maximalbereiches der Kornverteilungskurve, was dem Absiebvorgang dienlich ist.

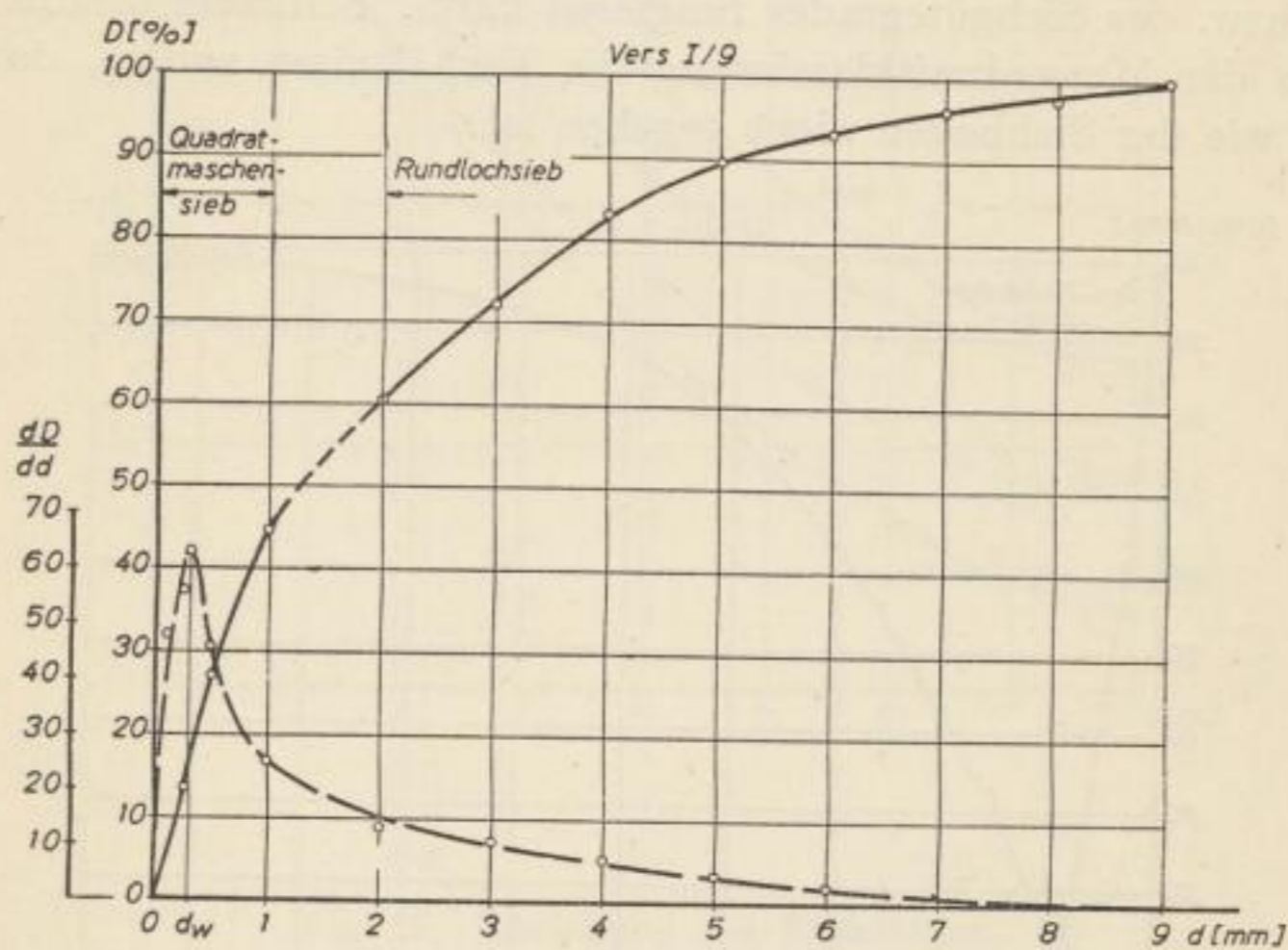


Bild 20. Durchgangs- und Kornverteilungskurve des Aufgabegutes

In Anbetracht der Tatsache, daß kein technischer Siebvorgang völlig quantitativ verläuft, weist KIRCHBERG [47] auf die sich erhebende Frage hin, ob der erzielte Trennerfolg bei der Siebung nach der idealen oder der tatsächlich auftretenden Kornscheide ermittelt werden soll. Nach STEINMETZER [49] — der nach der Masse klassierende Einrichtungen untersuchte — wird als Kornscheide diejenige Korngröße angesehen, für die der prozentuale Fehlkornanteil im Siebdurchgang gleich dem im Siebrückstand ist.\* Nach diesem Gesichtspunkt wird im Bild 21 die Kornscheide für den Versuch I/9 zu etwa  $d = 0,85$  mm ermittelt. Um die ideale Kornscheide zu erreichen, müßte die Durchgangskurve des Siebüberganges bei der Abszisse  $d = 1,5$  mm den Ordinatenwert Null annehmen, wie es die Rückstandskurve des Gesamtdurchganges schon tut. Der Weg dahin bedeutet die quantitative bzw. qualitative Verbesserung des Siebdurchganges bzw. Siebüberganges, so daß dem-

\* Der Begriff „Kornscheide“ mit dieser Definition wurde erstmals von E. J. IVERS in den LH-Mitteilungen 1938 (1. Jg.) Heft 3 in einer Veröffentlichung über „LH-Harfensiebe als siebtechnische Neuheit“ eingeführt. Diese Tatsache ist bisher in der Fachliteratur verschiedentlich übersehen worden.

nach die Kornscheide selbst schon in gewissem Umfange eine Aussage über den Sieberfolg macht. Man kann sich vorstellen, daß durch Veränderung der Betriebsweise des Siebes — hier z. B. durch Variation von Schütthöhe und Kettengeschwindigkeit — die tatsächliche Kornscheide noch wesentlich weiter unter die ideale herabgedrückt werden kann, womit schließlich die Sieböffnungsweite selbst immer mehr in den Hintergrund tritt. Ist die Sieböffnungsweite jedoch entsprechend der gewünschten Körnung festgelegt, sollte man darauf bedacht sein, die Durchlaßfähigkeit des Siebbodens möglichst voll zu nutzen, so daß die ideale Kornscheide die „erstrebenswerte“ bleibt und durchaus als Bezugsbasis für die Beurteilung des Trennerfolges mit Hilfe der hierzu definierten Begriffe des Feinkornausbringens im Durchgang bzw. des Siebgütegrades fungieren kann. Selbstverständlich liegen auf dem Gebiete der Massenkraftklassierung die Verhältnisse anders, da ein solches Trennorgan wie der Siebboden nicht gegeben ist.

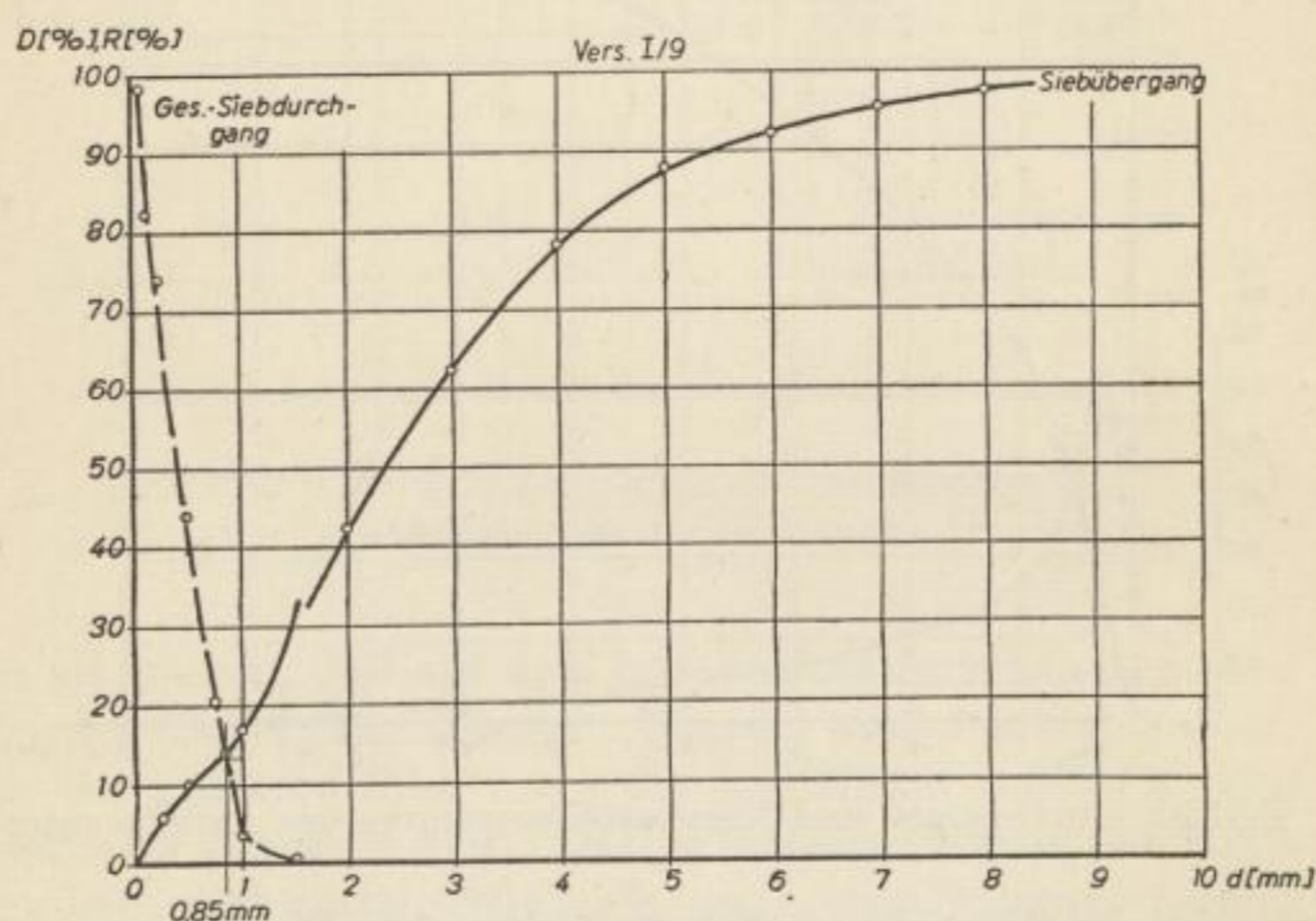


Bild 21. Kornscheide nach IVERS

Um die Vorstellung über die Bewegungsverhältnisse in der Kornschüttung etwas zu vertiefen, wurde nach den Ergebnissen des Versuches I/9 die Aussiebung der Fraktionen verfolgt.

Im Bild 22 sind die Rückstände der den verschiedenen Kornklassen zugeordneten Fraktionen über der Sieblänge aufgetragen. Die Überschneidungen der Kurven lassen das gegenseitige Bedrängen der Körner bei ihren Bewegungen in der Schüttung deutlich werden. Die Kurve der feinsten Fraktion (Kornklasse 0—0,25 mm) fällt zunächst steil ab, wird jedoch schon am Ende des 2. Siebmeters zu einem flacheren Verlauf gezwungen, während die Kurven der nächst gröberen Fraktionen (Kornklassen 0,25—0,50 mm und 0,50—0,75 mm) ihren steilen Abfall wesentlich länger behaupten. Wie erklärlich ist, setzt sich die Fraktion der Kornklasse 0,75—1 mm am wenigsten durch, ohne jedoch die Kurvenschar allzuweit aufzulockern. Daß die Kurve der zur Kornklasse 1—2 mm gehörenden Fraktion über-

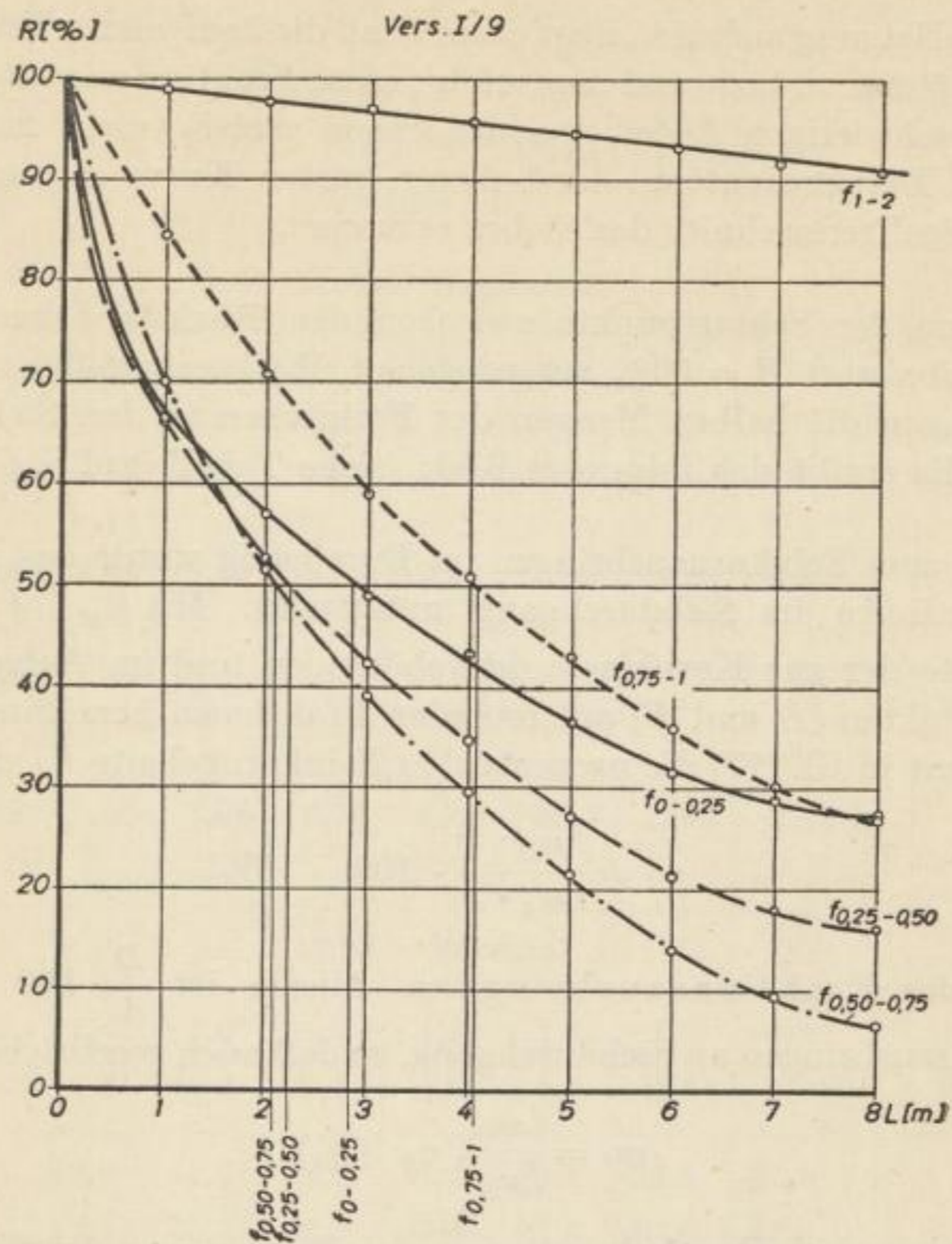


Bild 22. Absiebung der Fraktionen, abhängig von der Sieblänge

Fraktionsbezeichnung	Sieblänge $L_H$ ( $R = D = 50\%$ ) m
$f_{0-0,25}$	2,85
$f_{0,25-0,50}$	2,10
$f_{0,50-0,75}$	2,25
$f_{0,75-1}$	4,10

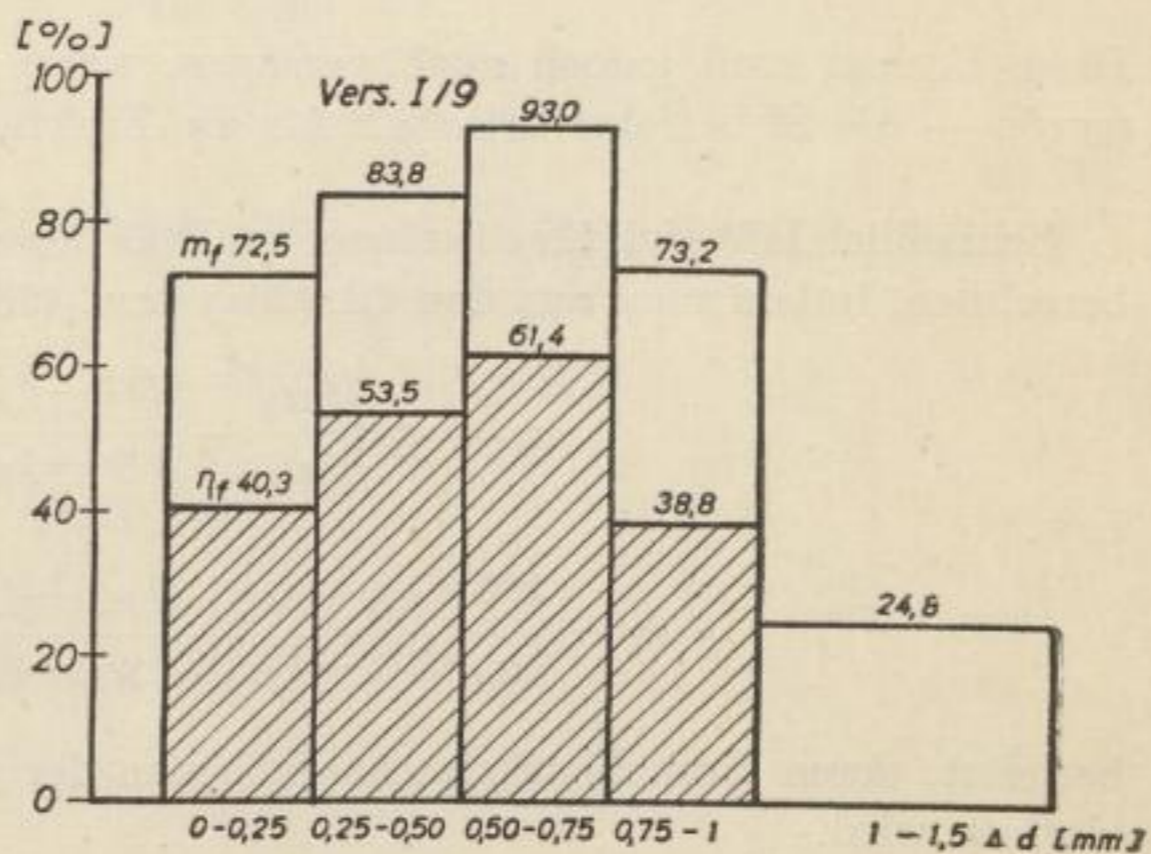


Bild 23.  $m_f$ -,  $\eta_f$ -Werte (für Fraktionen)

hauptsächlich noch eine Neigung aufweist, liegt daran, daß die äquivalente Prüfsieböffnungsweite bei  $d = 1,5 \text{ mm} \#$  liegt und demzufolge diese Fraktion aus einem siebfähigen, wenn auch siebschwierigen Anteil und aus einem groben, nicht mehr siebfähigen Anteil besteht. Der Ordinatenabstand dieser letzten Kurve zu den übrigen läßt den ausgeprägten Trennschnitt des Siebes erkennen.

Die Abszissen der Schnittpunkte zwischen den Rückstandskurven und einer mit dem Ordinatenwert  $R = 50\%$  ausgezogenen Abszissenparallelen zeigen an, bei welchen Sieblängen die halben Mengen der Fraktionen in den Siebdurchgang gewandert sind. Es ergibt sich folgendes Bild: (siehe Tabelle auf S. 67).

In Analogie zum Feinkornausbringen im Durchgang wurde das Ausbringen der einzelnen Fraktionen im Siebdurchgang untersucht. Mit  $f_{\Delta d_A}$ ,  $f_{\Delta d_D}$ ,  $f_{\Delta d_R}$  sollen die Prozentwerte der zur Kornklasse  $\Delta d$  gehörenden und im Aufgabegut ( $A$ ) wie in den Siebprodukten ( $D$  und  $R$ ) auftretenden Fraktionen bezeichnet werden. Ersetzt man hiermit in Gl. (17) die prozentualen Feinkorngehalte  $F_D$  und  $F_A$ , so folgt

$$m_f = \frac{f_{\Delta d_D} \cdot D}{f_{\Delta d_A} \cdot A} \cdot 100 \quad [\%] \quad (55)$$

als Ausdruck des Fraktionsausbringens. Hierin ist  $\frac{D}{A} \cdot 100$  nichts anderes als das Gewichtsausbringen an Siebdurchgang, so daß auch geschrieben werden kann

$$m_f = \frac{f_{\Delta d_D}}{f_{\Delta d_A}} \cdot v_D \quad [\%]. \quad (55a)$$

Diese Gleichungen sind identisch mit den der Berechnung der TROMFSchen Teilungszahl zugrunde liegenden Beziehungen [50], so daß  $m_f = T_f$  gilt. Geht man zur Berechnung des Fraktionsausbringens von Gl. (17b) aus, so folgt

$$m_f = \frac{f_{\Delta d_D}}{f_{\Delta d_A}} \cdot \frac{f_{\Delta d_A} - f_{\Delta d_R}}{f_{\Delta d_D} - f_{\Delta d_R}} \cdot 100 \quad [\%]. \quad (55b)$$

Diese Formel muß jedoch auch versagen, wenn — wie im Abschnitt 4.1 gezeigt wurde — die Sieberfolgsvariante 2 für die Fraktionsprozentwerte eintritt.

Schließlich läßt sich für die einzelnen Fraktionen auch ein Fraktionsgütegrad berechnen, indem man aus den Gl. (23a) bzw. (23b) die Beziehungen

$$\eta_f = v_D \left( \frac{f_{\Delta d_D}}{f_{\Delta d_A}} - \frac{100 - f_{\Delta d_D}}{100 - f_{\Delta d_A}} \right) \quad [\%] \quad (56)$$

bzw.

$$\eta_f = \frac{100 (f_{\Delta d_D} - f_{\Delta d_A}) (f_{\Delta d_A} - f_{\Delta d_R})}{f_{\Delta d_A} (100 - f_{\Delta d_A}) (f_{\Delta d_D} - f_{\Delta d_R})} \cdot 100 \quad [\%] \quad (56a)$$

herleitet, deren Brauchbarkeit ebenfalls von der jeweiligen Sieberfolgsvariante beeinflußt wird.



Tabelle 6. Versuchsprotokoll

Tag: 11. 5. 1954  
Versuchszeit  $\tau = 4$  Min.Siebkettenfördere Deutzen  
Versuch: 1/9

Nr.	Bezeichnung	Kurz- bez.	Dim.	Bestimmt aus	Siebtrecken $\Delta L$ in m								Ges. 0-8	Siebtrecken $L$ in m							
					0-1 Sch. I	1-2 Sch. II	2-3 Sch. III	3-4 Sch. IV	4-5 Sch. V	5-6 Sch. VI	6-7 Sch. VII	7-8 Sch. VIII		0-1	0-2	0-3	0-4	0-5	0-6	0-7	0-8
1	Durchg. in der Vers.-Zeit	$D$	kg	Wägung	83,29	38,55	29,30	23,20	21,00	18,55	12,00	7,30	233,15	—	—	—	—	—	—	—	
2	Stell. Durchgangsleist.	$D_A$	t/h	$\Delta D_A = 0,00 \frac{\Delta D}{\tau}$ bzw. $D_A = \Delta D_{A1} + \Delta D_{A2} + \dots$	1,23	0,58	0,44	0,34	0,32	0,28	0,18	0,11	3,50	1,23	1,83	2,27	2,61	2,93	3,21	3,39	3,50
3	Überl. in der Vers.-Zeit	$R$	kg	Wägung	—	—	—	—	—	—	—	—	288,78	—	—	—	—	—	—	—	
4	Stell. Überlauf	$R_A$	t/h	$R_A = 0,00 \frac{R}{\tau}$ bzw. $R_A = A_A - D_A$	8,08	7,50	7,06	6,72	6,40	6,12	5,94	5,83	5,83	8,08	7,50	7,06	6,72	6,40	6,12	5,94	5,83
5	Stell. Aufgabe (Siebleistung)	$A_A$ *	t/h	$A_A = D_A + R_A$	9,33	8,08	7,50	7,06	6,72	6,40	6,12	5,94	9,33	9,33 = konstant							
6	Spez. Siebdurchg.-Leistung	$D_s$	t/m <sup>2</sup> h	$D_s = D_A/F_A$	3,3	1,5	1,2	0,9	0,8	0,7	0,5	0,3	—	3,3	2,4	2,0	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2
7	Spez. Siebleistung	$A_s$	t/m <sup>2</sup> h	$A_s = A_A/F_A$	24,0	21,3	19,7	18,0	17,7	16,0	16,1	15,6	—	24,0	12,3	8,2	6,1	4,9	4,1	3,5	3,1
8	Gewichtsansbringen	$v_D$	%	$v_D = D_A/A_A \cdot 100$	13,4	7,2	5,9	4,5	4,8	4,4	2,9	1,9	—	13,4	19,6	24,3	28,0	31,4	34,4	36,4	37,5
9	Überlauf/Aufgabe	$v_R$	%	$v_R = R_A/A_A \cdot 100$	86,6	92,8	94,1	95,2	95,2	95,6	97,1	98,1	—	86,6	80,4	75,7	72,0	68,6	65,6	63,6	62,5
10	Rechn. Schütthöhe	$h$ *	mm	$h = A_A/3,6 \cdot R_A \cdot v_R$	47,5	41,2	38,3	36,0	34,2	32,6	31,2	30,3	—	47,5 = konstant							
11	Siebfeines in der Aufgabe	$F_{A_i}$ *	t/h	$F_{A_{i+1}} = F_{A_i} - \Delta D_{A_{i+1}}$	• 4,73	3,48	2,90	2,46	2,12	1,80	1,52	1,34	•								
		$F_{A_i}$ *	%	$F_{A_{i+1}} = \frac{F_{A_i} - \Delta D_{A_{i+1}}}{A_{A_{i+1}}} \cdot 100$	• 50,7	43,0	38,6	34,8	31,6	28,2	24,8	22,0	20,7	50,7 = konstant							
12	Siebfeines im Überlauf	$u$	t/h	$u_i = F_{A_i}$	3,48	2,90	2,46	2,12	1,80	1,52	1,34	• 1,23	•								
		$U$	%	$U_i = F_{A_i}$	43,0	38,6	34,8	31,6	28,2	24,8	22,0	21,1	21,4	43,0	38,6	34,8	31,6	28,2	24,8	22,6	21,1
13	Feinkennansbringen	$\omega$	%	$\omega = \frac{D_A \cdot 100}{A_A \cdot F_A}$	20,4	16,7	15,2	13,5	15,1	15,5	11,8	8,2	—	26,4	28,7	48,0	55,2	61,0	67,8	71,0	74,0

Nutzbare Siebfläche d. ges. Siebtrecken  $F_{A_s} = 3,04 \text{ m}^2$   
 $\Delta F_A$  (je 1 m Siebtrecke) = 0,38 m<sup>2</sup>  
Nutzbare Siebweite  $R_{A_s} = 0,38 \text{ m}$ Spaltweite  $l = 0,75 \text{ mm}$   
Off. Siebfläche  $F_A = 29,4\%$   
Kettengeschw.  $v = 0,25 \text{ m/sec}$ Schüttgewicht  $\gamma_s = 0,574 \text{ t/m}^3$   
Wassergehalt  $w = 15,3\%$   
Temperatur  $t = 85^\circ \text{C}$ Xylitanschl.: xylitarmes, mitteld. Kohle  
• Analysenwert  
° errechneter Wert  
\* Werte gelten für den Anfang jeder Siebtrecke



**SLUB**

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK  
FREIBERG



Die unter Zugrundelegung der gesamten Sieblänge von  $L = 8$  m für den Versuch I/9 ermittelten Werte  $m_f$  und  $\eta_f$  sind in Tabelle 7 vermerkt. (Das Gewichtsausbringen an Durchgang betrug  $v_D = 37,5\%$ ; siehe Tabelle 6.) Für die Fraktion  $f_{1-1,5\text{ mm}}$  wird  $\eta_f$  negativ, da hier die Sieberfolgsvariante 3 vorliegt.

Im Bild 23 sind  $m_f$  und  $\eta_f$  als Säulen über den Kornklassen aufgetragen. Der Verlauf beider Werte ist ähnlich und läßt einen der TROMPSchen Teilungszahlen-Kurve entsprechenden Verteilungszusammenhang erkennen. Sowohl die  $m_f$ - als

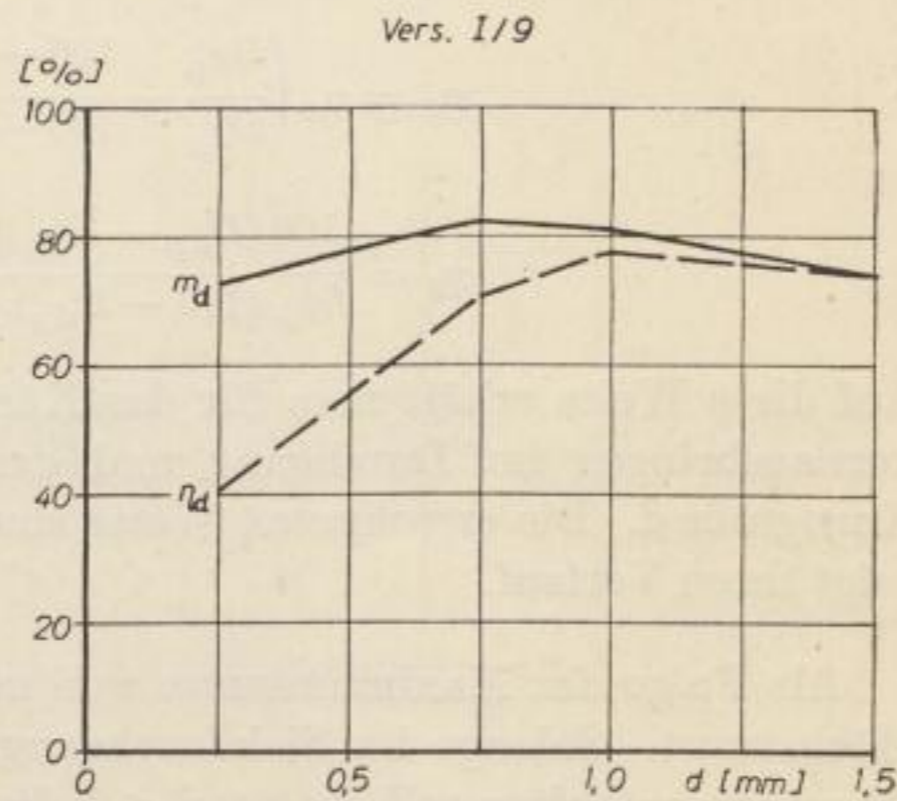
Tabelle 7.  $m_f$ - und  $\eta_f$ -Werte (für Fraktionen)

Kornklasse $\Delta d$ mm	Sieb- öffnungs- form	$f_{\Delta d A}$ %	$f_{\Delta d D}$ %	$f_{\Delta d R}^*$ %	$m_f$ %	$\eta_f$ %
0—0,25	#	13,3	25,7	5,8	72,5	40,3
0,25—0,50	#	13,6	30,4	3,5	83,8	53,5
0,50—0,75	#	9,6	23,8	1,1	93,0	61,4
0,75—1	#	8,3	16,2	3,6	73,2	38,6
1—1,5	#—	5,9	3,9	7,1	24,8	—13,5

\* errechnete Werte

auch  $\eta_f$ -Werte weisen für die Fraktionen der Kornklasse 0,50—0,75 mm ein Maximum auf. Diese Fraktion besitzt auch im Bild 22 den stärksten Abfall der Rückstandswerte.

So wie in den Wert des Siebgütegrades das Ausbringen des Siebfeinen im Durchgang und gleichzeitig dessen Verunreinigung durch Fehlkorn (Überkorn) eingeht, so wird auch mit dem Fraktionsgütegrad gleichzeitig das Fraktionsausbringen und das neben der betrachteten Fraktion im Durchgang auftretende Korn erfaßt. Da nun die untere Berandungskorngröße  $d_u$  der Fraktionen — ausgenommen der Grenzwert Null selbst — größer als Null ist, muß zwangsläufig das im Korngrößenintervall  $0—d_u$  im Siebdurchgang vorhandene Korn zu Fehlkorn werden. Deshalb besitzt der Fraktionsgütegrad für den gewöhnlichen Siebprozeß, in welchem stets das Augenmerk auf die Abtrennung des zum Korngrößenintervall  $0—k$  gehörenden Kornes gerichtet ist, wenig Aussagewert. Zu einem brauchbaren Begriff wird der Fraktionsgütegrad erst dann, wenn durch doppelte Siebung — wobei die beiden Berandungskorngrößen  $d_u$  und  $d_o$  als Kornscheiden gewählt werden — die Abtrennung einer Fraktion erfolgt.

Bild 24.  $m_d$ -,  $\eta_d$ -Werte (für Teilkörnungen)

Werden nun die einzelnen Fraktionen  $f_{\Delta d}$  im Siebdurchgang und bis zur gleichen Kornklasse auch im Aufgabegut und Siebübergang schrittweise summiert, so erhält man die den Korngrößen  $d$  zugeordneten prozentualen Durchgangswerte  $D_{dD}$ ,  $D_{dA}$  und  $D_{dR}$ . Unter Verwendung dieser Bezeichnungen können die Gleichungen (55),

Tabelle 8.  $m_d$ - und  $\eta_d$ -Werte (für Teilkörnungen)

Teilkörnung 0— $d$ mm	Korn- größe $d$ in mm	Sieb- öffnungs- form	$D_{dA}$ %	$D_{dD}$ %	$D_{dR}$ * %	$m_d$ %	$\eta_d$ %
0—0,25	0,25	#	13,3	25,7	5,8	72,5	40,3
0—0,50	0,50	#	26,9	56,1	9,3	78,2	55,7
0—0,75	0,75	#	36,5	79,9	10,4	82,1	70,3
0—1	1	#	44,8	96,1	14,0	80,4	77,8
0—0,75 (bzw. 0—~1,5)	1,5	 #	50,7	100	21,1	74,0	74,0

\*) nach den errechneten Fraktionen des Rückstandes

(55a), (55b), (56), (56a) wie folgt geschrieben werden:

$$m_d = \frac{D_{dD} \cdot D}{D_{dA} \cdot A} \cdot 100 = \frac{D_{dD}}{D_{dA}} \cdot v \quad [\%] \quad (57) \quad (57a)$$

$$m_d = \frac{D_{dD}}{D_{dA}} \cdot \frac{D_{dA} - D_{dR}}{D_{dD} - D_{dR}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (57b)$$

$$\eta_d = v_D \left( \frac{D_{dD}}{D_{dA}} - \frac{100 - D_{dD}}{100 - D_{dA}} \right) \quad [\%] \quad (58)$$

$$\eta_d = \frac{100 (D_{dD} - D_{dA}) (D_{dA} - D_{dR})}{D_{dA} (100 - D_{dA}) (D_{dD} - D_{dR})} \cdot 100 \quad [\%]. \quad (58a)$$

Auf diese Weise erhält man für das Körnungsband des Siebdurchganges das Feinkornausbringen im Durchgang und den Siebgütegrad in Abhängigkeit von der Korngröße  $d$ . Die errechneten Werte sind in der Tabelle 8 eingetragen, und Bild 24 zeigt ihren Verlauf.

Als Folge der Maximumkurve von  $m_f$  erreicht auch  $m_d$  für  $d = 0,75$  mm einen Höchstwert. Solange im Siebdurchgang, der kein echtes, durch  $d > k$  definiertes Überkorn enthalten soll, wegen  $d < k$  die betrachtete Teilkörnung dessen Körnungsband nicht vollständig umfaßt ( $D_{dD} < 100\%$ ), muß auch  $\eta_d < m_d$  bleiben. Erst für  $D_{kD} = 100\%$  ( $d = k$ ) und damit  $\dot{U} = 0\%$  wird der Siebgütegrad mit dem Feinkornausbringen, das in diesem Augenblick seine Sondergestalt nach Gl. (25) bzw. (25a) annimmt, identisch. Für  $d = k = 1,5$  mm (äquival. Prüfsieböffnungsweite) weisen deshalb  $m_d$  und  $\eta_d$  den gleichen Ordinatenwert auf. Tritt im Sieb-

durchgang jedoch echtes Überkorn auf, wodurch  $D_{kD} < 100\%$  ist, so gilt auch für  $d = k$  noch immer  $\eta_k < m_k$  oder einfach  $\eta < m$ .

Entsprechende Zusammenhänge sind für Windsichter von ROSIN und RAMMLER [51] angegeben worden.

## 5.212

## Schütthöhe

Zur prinzipiellen Darstellung des Einflusses der Schütthöhe am Anfang der Siebstraße auf das Absiebungsergebnis sollen 6 Versuche der Vers.-Gruppe I dienen, die mit Schütthöhen  $h_0 = 23,1 - 47,5 - 84,4 - 106,4 - 120,8 - 140,0$  mm gefahren wurden. Konstant waren dabei folgende Werte:

Spaltweite	$l_s = 0,75$ mm
Offene Siebfläche	$F_0 = 29,4\%$
Sieblänge	$L = 8$ m
Nutzbare Siebfläche	$F_n = 3,04$ m <sup>2</sup>
Kettengeschwindigkeit	$v = 0,25$ m/s

Bild 25 zeigt die Siebbelastung  $A_{h_0}$ , die mit dem Aufgabegut eingebrachte Feinkornmenge  $F_{A_0}$  und die Siebdurchgangsleistung  $D_{h_0}$  — alle Werte in t/h —

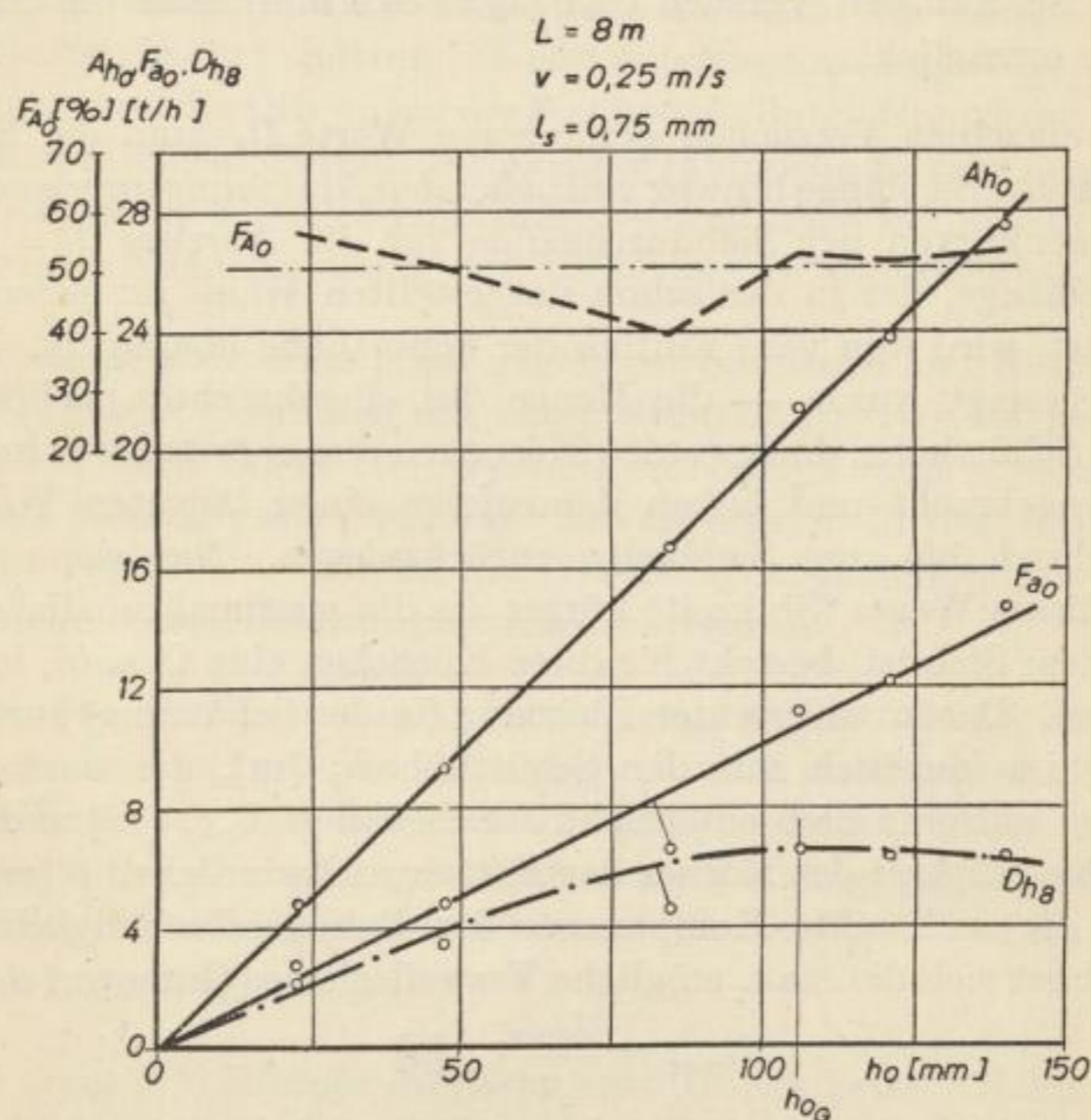


Bild 25. Menge des Aufgabegutes, des Siebfähigen und des Siebdurchgangs in Abhängigkeit von der Schütthöhe

in Abhängigkeit von der Schütthöhe am Anfang der Siebstraße  $h_0$  [mm]. Schließlich ist noch der prozentuale Feinkornanteil (Siebfähiges) in der Aufgabe  $F_{A_0}$  eingetragen.

Nach Gl. (41) wächst unter sonst konstanten Verhältnissen die Siebbelastung linear mit der Schütthöhe. Für das Schüttgewicht der Trockenkohle  $\gamma_s$  war die Forderung nach Konstanz nicht völlig zu verwirklichen, da seine Größe u. a. von der Zusammensetzung des Aufgabegutes abhängt. Setzt man nun das mittlere Schüttgewicht, das für alle sechs Versuche  $\gamma_{s_m} = 0,583 \text{ t/m}^3$  (Schwankungsbereich  $0,573\text{--}0,606 \text{ t/m}^3$ ) beträgt, ein, so ergibt sich die im Bild 25 ausgezogene Gerade für  $A_{h_0}$ . Man sieht, daß die einzelnen Versuchswerte nur wenig um sie schwanken.

Beachtet man ferner, daß nach Gl. (31)

$$F_{a_0} = \frac{F_{A_0}}{100} \cdot A_{h_0} \quad [\text{t/h}]$$

ist, so muß auch der mit dem Aufgabegut eingebrachte Anteil an Siebfähigem  $F_{a_0}$  linear mit der Schütthöhe wachsen, wenn  $F_{A_0}$  konstant bleibt. Die von den Betriebsverhältnissen bestimmte Zusammensetzung des Aufgabegutes, die schon das Schüttgewicht beeinflusste, bringt hier noch stärkere Schwankungen hervor, was am Verlauf der  $F_{A_0}$ -Werte im Bild 25 zu erkennen ist. Für die Gerade  $F_{a_0}$  gilt — neben  $\gamma_{s_m}$  — der Mittelwert aller Feinkornanteile  $F_{A_{0m}} = 50,6\%$  (Schwankungsbereich  $39,2\text{--}56,7\%$ ). Bis auf den Versuch I/23 ( $h_0 = 84,4 \text{ mm}$ ) sind die Abweichungen der Einzelwerte erträglich.

Die in den einzelnen Versuchen gefundenen Werte  $D_{h_0}$  sind die Endwerte der sich über die gesamte Sieblänge hinweg vollziehenden Absiebungsprozesse (Ordinatenwert der Summenkurven der Siebdurchgänge für die Abszisse  $L = 8 \text{ mm}$ ). Der Einfluß der Sieblänge, der in der schon dargestellten Weise für jeden dieser Prozesse wirksam ist, wird nun vom Einfluß der Schütthöhe überlagert. Zwar wächst — wie gerade gezeigt wurde — die Menge des eingebrachten siebfähigen Gutes ständig mit der Schütthöhe, doch werden Körnchen dieses Anteiles in immer höheren Schichtlagen eingebracht und haben demzufolge einen längeren Weg durch die Schüttung hindurch bis zum Siebboden zurückzulegen. Nur wenn die Zeit zur Zurücklegung dieses Weges (Sinkzeit) kürzer als die maximal mögliche Verweilzeit des Gutes auf dem Sieb ist, besteht für diese Körnchen eine Chance, in den Durchgang zu gelangen. Der in senkrechter Richtung (in der Schüttung) zurückzulegende maximale Weg ist identisch mit der Schütthöhe  $h_0$  [m], der horizontale (max. verfügbare) Weg auf dem Sieb entspricht der Sieblänge  $L_{\text{max}}$  [m] und die mittlere Horizontalgeschwindigkeit der Körner der Kettengeschwindigkeit  $v$  [m/s]. Bezeichnet man noch die senkrechte Komponente der Bahngeschwindigkeit der Körner mit  $v_s$ , so errechnet sich die max. mögliche Verweilzeit des Gutes auf dem Sieb nach

$$t_{v_{\text{max}}} = \frac{L_{\text{max}}}{v} \quad [\text{s}] \quad (59)$$

und die max. Sinkzeit der Körner (aus der obersten Schichtlage) nach

$$t_{s_{\text{max}}} = \frac{h_0}{v_s} \quad [\text{s}]. \quad (60)$$

Die Grenzbedingung dafür, daß bei gegebener Sieblänge, Kettengeschwindigkeit und Schütthöhe ein in der Oberfläche der Schüttung eingebrachtes Körnchen am

Ende der Siebstraße den Siebboden noch erreicht, ist somit gegeben durch  $t_{s_{\max}} = t_{v_{\max}}$ , wofür sich unter Verwendung der Gleichungen (59), (60) schreiben läßt:

$$\frac{h_0}{v_s} = \frac{L_{\max}}{v} \quad [\text{s}] \quad (61)$$

In diesem Zusammenhang wird die mittlere Sinkgeschwindigkeit nach

$$v_s = v \frac{h_0}{L_{\max}} \quad [\text{m/s}] \quad (62)$$

zu einer Grenzhgeschwindigkeit, deren Unterschreitung die Berührung des betrachteten Körnchens mit dem Siebboden ausschließt. Die Wahrscheinlichkeit dafür, daß Siebfeines in den Durchgang gelangt, wächst um so mehr, je kleiner die Sinkzeit im Verhältnis zur maximal möglichen Verweilzeit wird. Für den Siebvorgang, in welchen auch die oberste Gutschicht einbezogen sein soll, muß also gefordert werden

$$\frac{h_0}{v_s} < \frac{L_{\max}}{v} \quad [\text{s}] \quad (63)$$

Die Sinkgeschwindigkeit  $v_s$  ist keineswegs konstant. Sie hängt von den Bewegungsmöglichkeiten in der Schüttung ab und unterliegt sprunghaften Veränderungen. Vor allem dann, wenn die Öffnungen des Siebbodens durch Grenzkorn vorübergehend oder sogar dauernd blockiert sind, wird sie für zahlreiche Körner den Wert Null annehmen, so daß selbst bei relativ geringen Schütthöhen ein ansehnlicher Teil des Siebfähigen wegen Nichterreicherung des Siebbodens in den Siebübergang gerät.

Soll bei einem Absiebvorgang mit gegebener Sieblänge und Kettengeschwindigkeit, d. h. bei gegebener maximal möglicher Verweilzeit, stets die ganze, wachsende Gutschicht in den eigentlichen Trennvorgang einbezogen werden, so müßte die Sinkgeschwindigkeit ständig größer werden. Das ist aber nicht der Fall, im Gegenteil, mit wachsender Schütthöhe werden die Bewegungsmöglichkeiten in der Schüttung wegen des zunehmenden Belastungsdruckes begrenzter.

Betrachtet man die Kurve der Siebdurchgänge  $D_{h_s}$  im Bild 25, so zeigt sich, daß die Sinkgeschwindigkeit zunächst ausreicht, um auch siebfähigem Gut aus höheren Schichten das Erreichen und Passieren des Siebbodens rechtzeitig zu ermöglichen. Allerdings wächst der Durchgang langsamer als das Angebot an siebfähigem Gut, und etwa bei der Schütthöhe  $h_{0G} = 108 \text{ mm}$  weist die  $D_{h_s}$ -Kurve ein Maximum auf ( $h_{0G}$  = Grenzwert der Schütthöhe).

Die weiter steigende Einfuhr an Siebfeinem bringt keine Erhöhung des Durchganges mehr. Der steigende Wert  $h_0$  hat in der Beziehung (63) die Grenzverhältnisse herbeigeführt und wirkt noch darüber hinaus durch Beschränkung der Bewegungsmöglichkeiten in der Schüttung auf den Siebprozeß zurück. Hierauf dürfte das flache Absinken der  $D_{h_s}$ -Kurve nach Erreichen des Maximalwertes zurückzuführen sein. Dieser Abfall der Siebdurchgangsleistung nach Erreichen eines Maximums ist nicht eine Eigentümlichkeit des Siebkettenförderers; die gleiche Erscheinung ist vielmehr

schon von ROSIN und RAMMLER [21] sowie PROCKAT und RAMMLER [20] für Vibratorsiebe und von KAISER [17] für Ellipsenscheibenroste aufgezeigt worden.

Die gefundenen Ergebnisse zeigen, daß unter bestimmten Verhältnissen — hier durch große Schütthöhen — innerhalb eines Absiebungsprozesses der eigentliche Trennvorgang deutlich durch einen sogenannten „Teilungsvorgang“ überlagert wer-

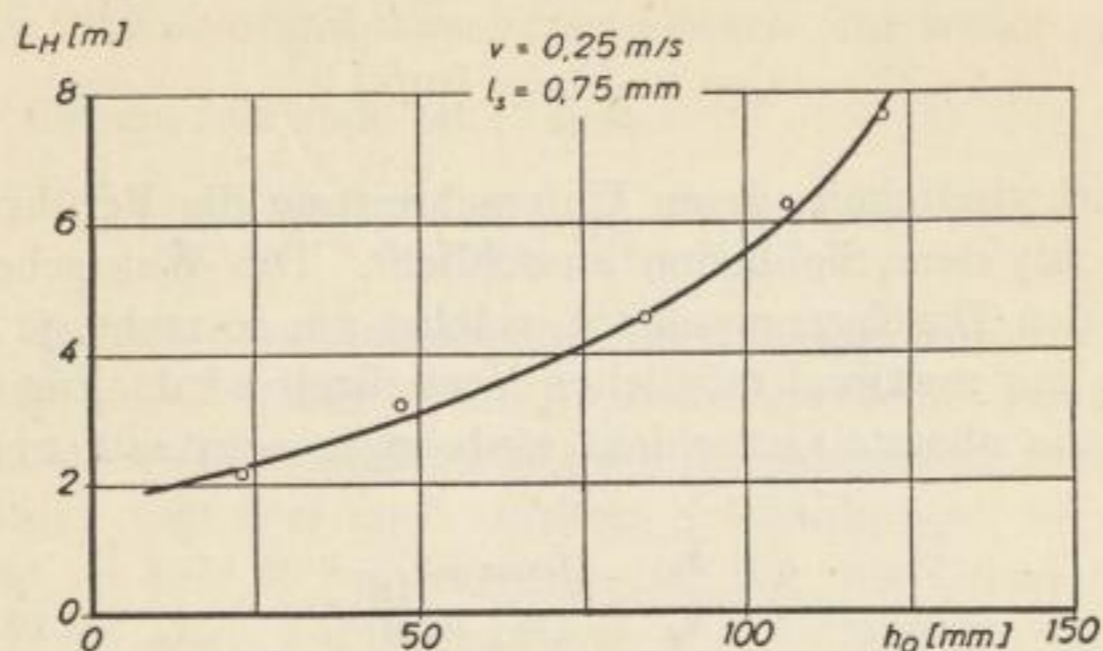


Bild 26. Sieblänge  $L_H$  in Abhängigkeit von der Schütthöhe

den kann. Die Grenze zwischen Trennung und Teilung ergibt sich dabei durch die Höhe der in den Trennvorgang einbezogenen Schicht, die man auch als „aktive Reichweite des Siebbodens“ bezeichnen kann.

Im Bild 26 sind in Abhängigkeit von der Schütthöhe die Sieblängen  $L_H$  aufgetragen, die benötigt werden, um die Hälfte des siebfähigen Anteiles  $\left(\frac{1}{2} F_{a_0}\right)$  auszusieben. Von etwa  $h_0 = 100$  mm an steilt sich die Kurve stark auf, so daß für die

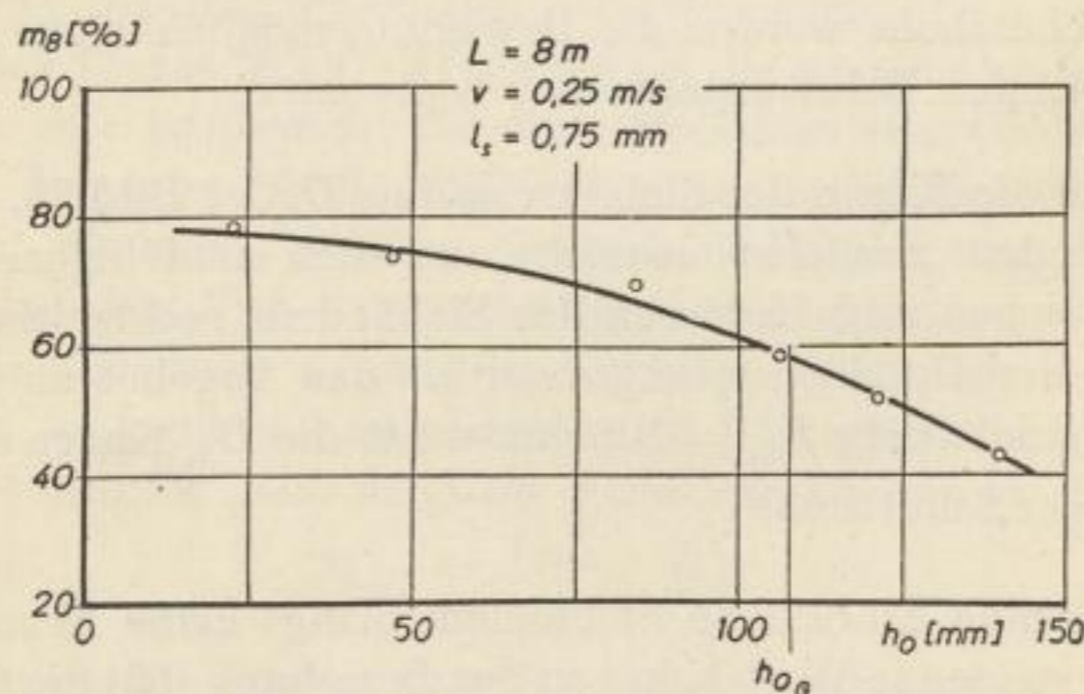


Bild 27. Feinkornausbringen im Durchgang in Abhängigkeit von der Schütthöhe

Schütthöhe von 140 mm (Vers. I/42) die Aussiebung von 50% des Siebfeinen auf der vorhandenen Sieblänge von 8 m nicht mehr möglich ist. Auch hieraus geht hervor,



daß die Einbeziehung der gesamten Gutmenge in den Trennvorgang progressiv erschwert wird.

Während der Siebdurchgang bis zur Schütthöhe  $h_{0G}$  wächst, ist das Feinkornausbringen im Durchgang  $m$  von etwa 77% bei  $h_0 = 25$  mm auf rund 58% bei  $h_{0G} = 108$  mm ständig zurückgegangen und fällt darüber hinaus weiter ab (Bild 27). Dieser Rückgang erklärt sich aus dem Verlauf der Kurven  $D_{h_0}$  und  $F_{a_0}$ , deren prozentuales Verhältnis das Feinkornausbringen  $m$  darstellt. Würde der Wert  $D_{h_0}$  von der

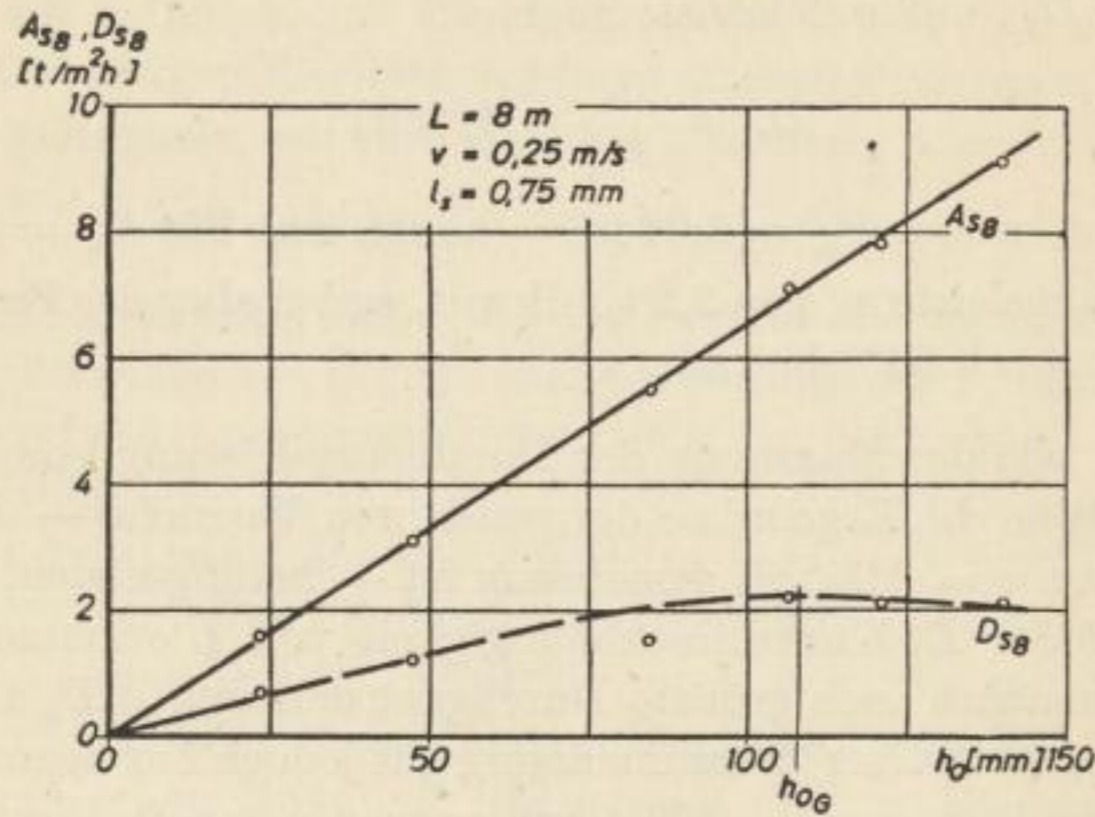


Bild 28. Spez. Leistungen in Abhängigkeit von der Schütthöhe

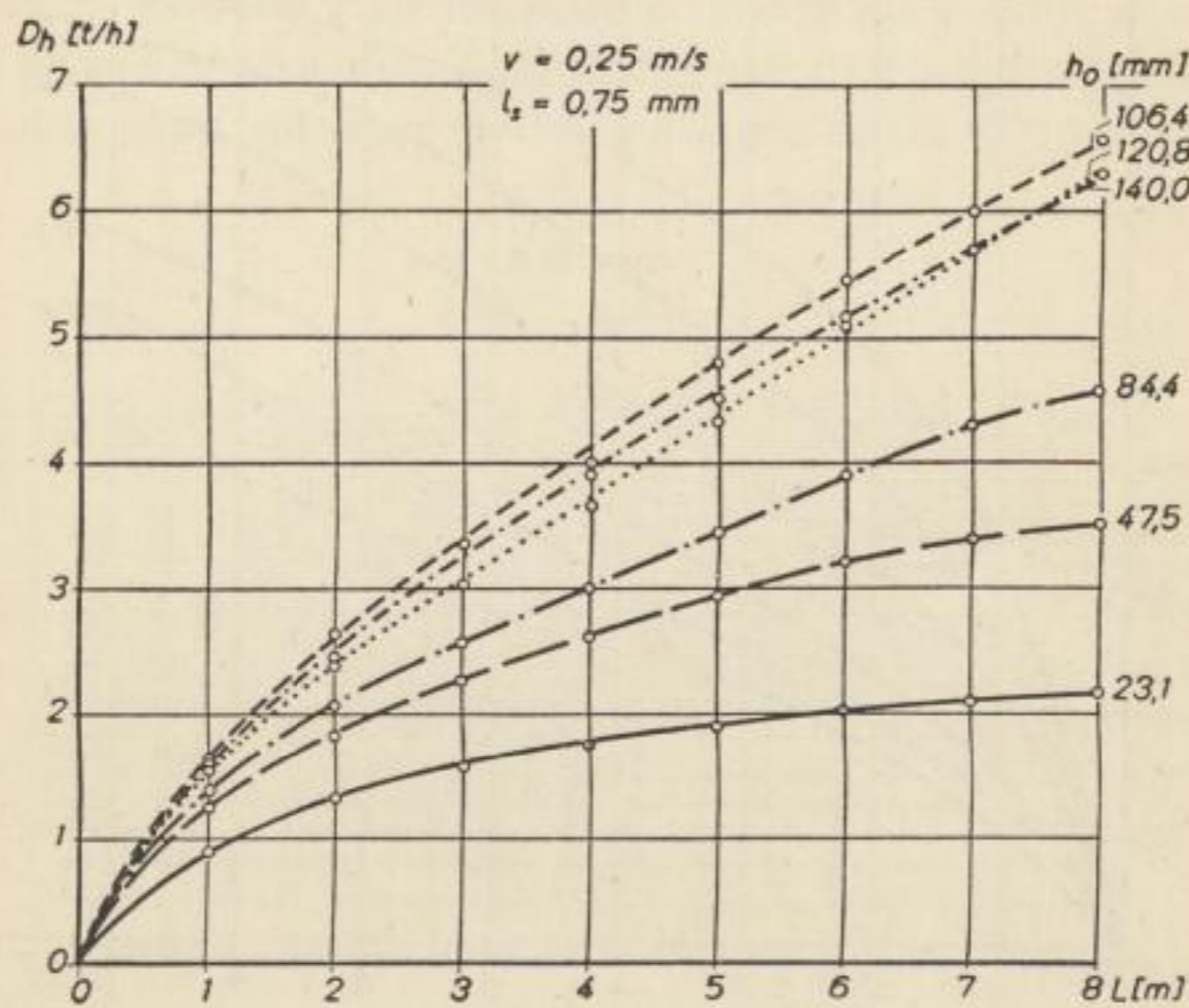


Bild 29. Siebdurchgangsleistung, abhängig von Sieblänge und Schütthöhe

Grenzschütthöhe an konstant bleiben, so müßte bei dem weiteren mit der Schütthöhe linearen Anwachsen von  $F_{a_0}$  das Feinkornausbringen  $m$  von hier an hyperbelförmig abnehmen. Das Absinken der Siebdurchgangsleistung oberhalb der Grenzschütthöhe erzwingt jedoch einen noch stärkeren Rückgang des Feinkornausbringens.

Die spez. Siebbelastung  $A_{s_s}$  (Bild 28) wächst nach Gl. (44) linear mit der Schütthöhe  $h_0$  an. Die Abweichungen der Meßpunkte von der Geraden beruhen auch hier auf den Schwankungen des Schüttgewichtes.

Die Kurve der spez. Siebdurchgangsleistung  $D_{s_s}$  (Bild 28) verläuft ähnlich der Durchgangskurve  $D_{h_s}$ , mit welcher sie nach

$$D_{s_s} = \frac{D_{h_s}}{F_{n_s}} \quad [\text{t/m}^2\text{h}]$$

in Beziehung steht, wobei  $F_{n_s} = 3,04 \text{ m}^2 = \text{konst.}$  ist. Für  $h_{0G} = 108 \text{ mm}$  weist sie eine spez. Durchgangsleistung von  $2,2 \text{ t/m}^2\text{h}$  aus, wobei aber das Feinkornausbringen im Durchgang nur noch  $58\%$  beträgt.

Um zu prüfen, wie das Maximum der Durchgangsleistung von der Sieblänge beeinflusst wird, wurden die Ergebnisse der genannten Versuche — denen die Ketten- geschwindigkeit von  $v = 0,25 \text{ m/s}$  gemeinsam ist — herangezogen. Bild 29 läßt den typischen Verlauf der  $D_h$ -Kurve in Abhängigkeit von  $L$  erkennen, wobei größere Schütthöhen  $h_0$  zunächst auch größere Durchgangsleistungen  $D_h$  für alle Abszissen- punkte hervorbringen. Dieser Zusammenhang gilt jedoch nur begrenzt, denn es zeigt sich, daß die der Schütthöhe  $h_0 = 106,4 \text{ mm}$  zugeordneten  $D_h$ -Werte durch Versuche

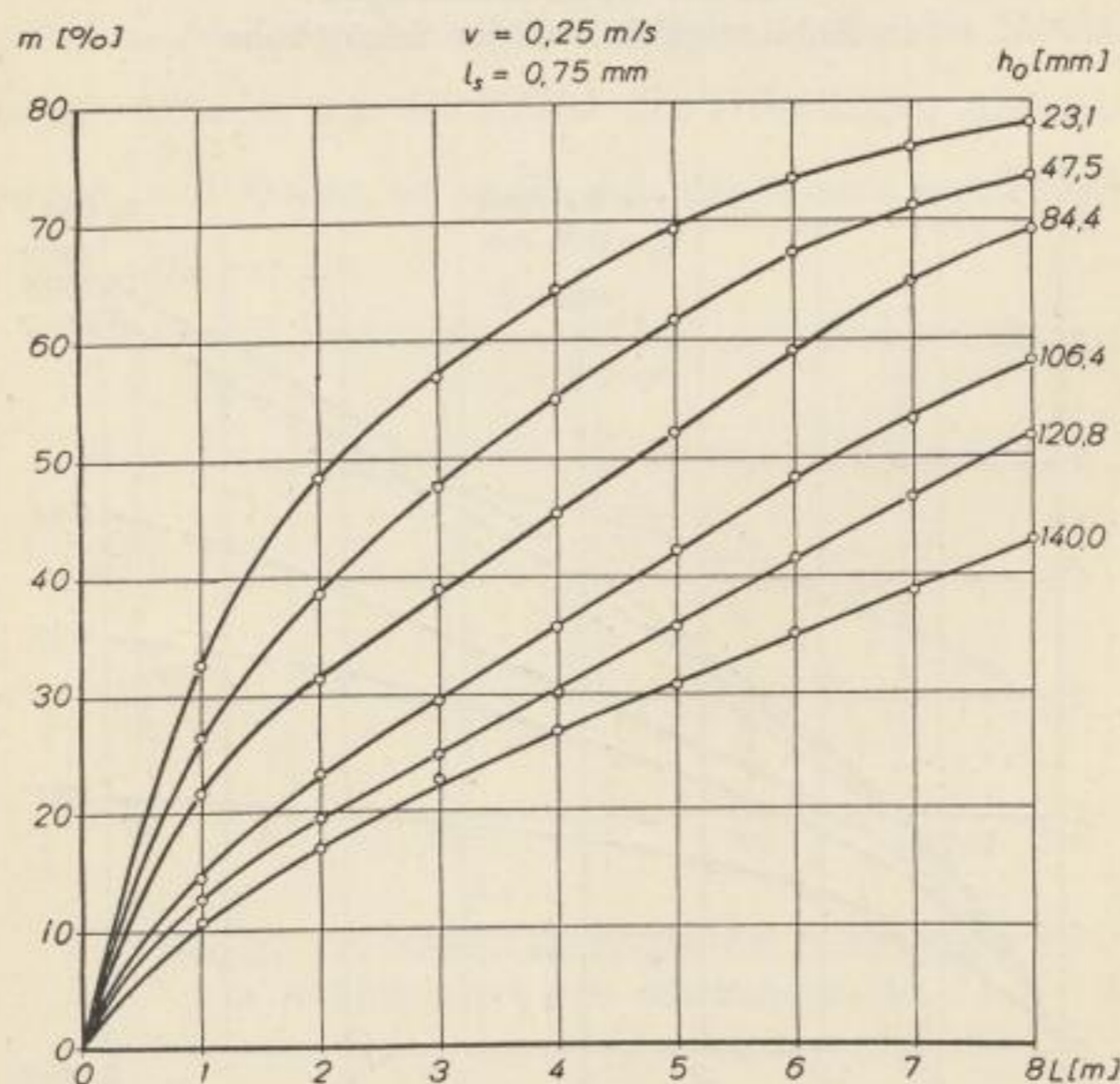


Bild 30. Feinkornausbringen im Durchgang, abhängig von Sieblänge und Schütthöhe

mit größeren Schütthöhen über die gesamte Sieblänge hinweg nicht mehr erreicht werden. Die Schütthöhe von rund 100 mm erweist sich also für alle betrachteten Sieblängen als Grenzwert.

Prüft man dieses Ergebnis an der Beziehung (63), so muß bei gegebener Ketten-  
geschwindigkeit  $v$  und Schütthöhe  $h_0$  die Sinkgeschwindigkeit  $v_s$  für einen Teil des  
Feinkornes groß genug gewesen sein, um für die kleine Sieblänge  $L = 1$  m die Un-  
gleichung aufrecht zu erhalten. Mit den Werten  $h_0 = 106,4$  mm,  $L = 1$  m und  
 $v = 0,25$  m/s ergibt sich für die Sinkgeschwindigkeit der Wert  $v_s > 26,6$  mm/s.  
Dieser  $v_s$ -Wert stellt lediglich eine Mindestgeschwindigkeit dar, die von einem Teil  
der siebfähigen Körner der Oberflächenschicht überschritten worden sein muß, und  
besitzt keine Tragfähigkeit, um mit ihm den gesamten Absiebvorgang rechnerisch  
erfassen zu können.

Schließlich wurde noch untersucht, wie das Feinkornausbringen im Durchgang bei  
verschiedenen Schütthöhen von der Sieblänge beeinflußt wird. Bild 30 läßt erkennen,  
daß die Aussiebung bei der geringsten Schütthöhe ( $h_0 = 23,1$  mm) am erfolgreichsten  
ist. Wachsende Schütthöhe bedingt für alle Sieblängen ein Absinken der  $m$ -Werte,  
wobei gleichzeitig die Gestalt der Kurven etwas verändert wird. Während für die  
Schütthöhe  $h_0 = 23,1$  mm das Feinkornausbringen auf den ersten Metern stark an-  
steigt und auf dem letzten Teil der Siebstraße nur noch wenig zunimmt, mäßigen sich  
mit zunehmender Schütthöhe sowohl das anfängliche Aufsteilen als auch das Ver-  
flachen der Kurven gegen Ende der Siebstrecke. Dieser Befund kommt auch im  
Bild 31 zum Ausdruck, in welchem nach Gl. (53) die Werte  $\lg(100 - m)$  — wobei die  
 $m$ -Werte selbst angeschrieben wurden — über der Sieblänge  $L$  aufgetragen sind. Hier  
bildet sich die  $m$ - $L$ -Beziehung für die Schütthöhe  $h_0 = 23,1$  mm wegen der anfangs  
stark und dann nur schwach zunehmenden  $m$ -Werte als gekrümmte Linie ab. Diese  
Erscheinung geht mit wachsenden Schütthöhen zurück, und schließlich ordnen sich  
die  $m$ -Werte recht genau auf einer Geraden an, wie es Gl. (53) verlangt.

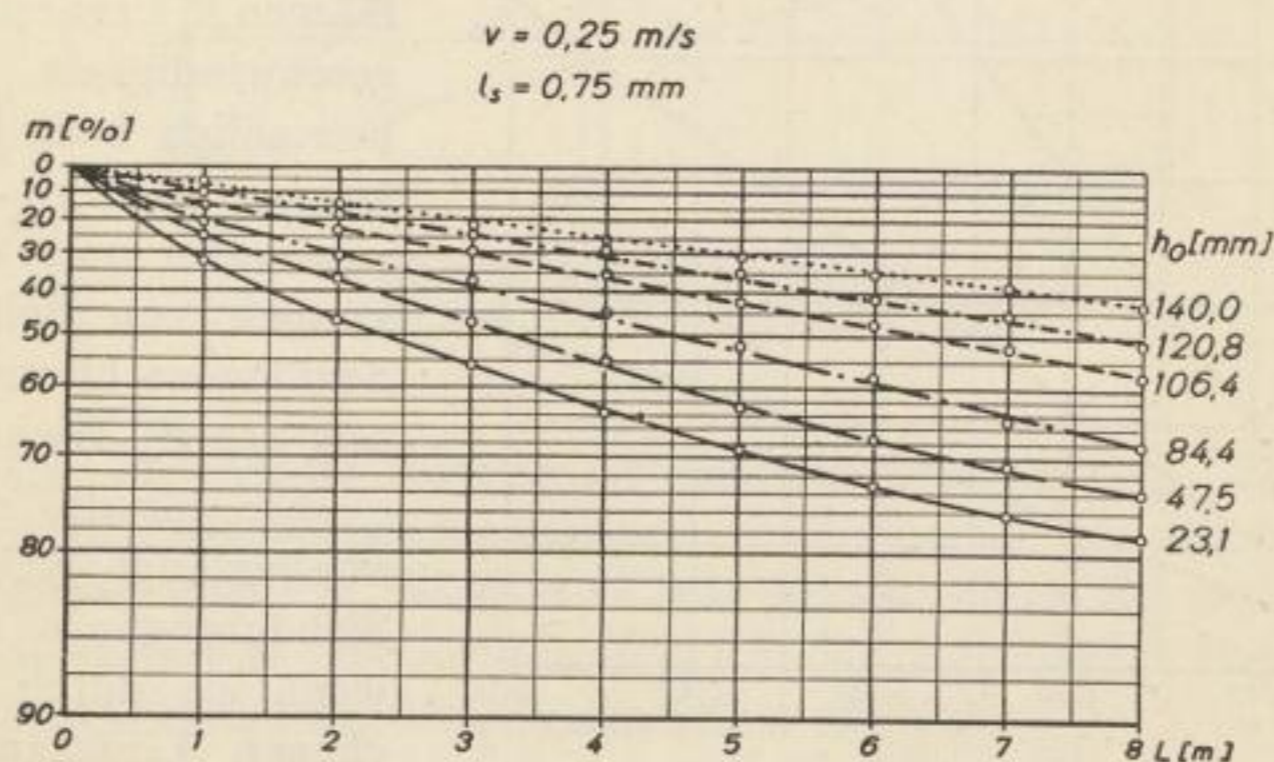


Bild 31. Feinkornausbringen im Durchgang,  
abhängig von Sieblänge und Schütthöhe

## 5.213

## Kettengeschwindigkeit

Der Einfluß der Kettengeschwindigkeit auf das Absiebungsergebnis soll im Prinzip ebenfalls an Versuchen der Gruppe I, die mit den Kettengeschwindigkeiten  $v = 0,05 - 0,10 - 0,15 - 0,20 - 0,25 - 0,30 - 0,35 - 0,40 - 0,50$  m/s gefahren wurden, dargestellt werden. Dabei waren folgende Werte konstant:

Spaltweite	$l_s = 0,75$ mm
Offene Siebfläche	$F_0 = 29,4\%$
Sieblänge	$L = 8$ m
Nutzbare Siebfläche	$F_n = 3,04$ m <sup>2</sup> .

Aus einem Schwankungsbereich von 96,5—106,4 mm errechnet sich die mittlere Schütthöhe zu  $h_{0m} = 100,6$  mm. Die Kettengeschwindigkeit von  $v = 0,05$  m/s, die sonst nicht in das Untersuchungsprogramm einbezogen ist, wurde hierbei gefahren, um im Bereich der geringen Geschwindigkeiten einen weiteren Anhaltspunkt zu gewinnen. Wie es die Gl. (41) fordert, wächst im Bild 32 die Siebbelastung  $A_{h_0}$  linear mit der Kettengeschwindigkeit  $v$ , wobei die mittlere Schütthöhe  $h_{0m} = 100,6$  mm und das mittlere Schüttgewicht  $\gamma_{sm} = 0,586$  t/m<sup>3</sup> eingesetzt wurden. Die Schwankungen dieser beiden letztgenannten Werte verursachen die Abweichungen der Meßpunkte von der Geraden.

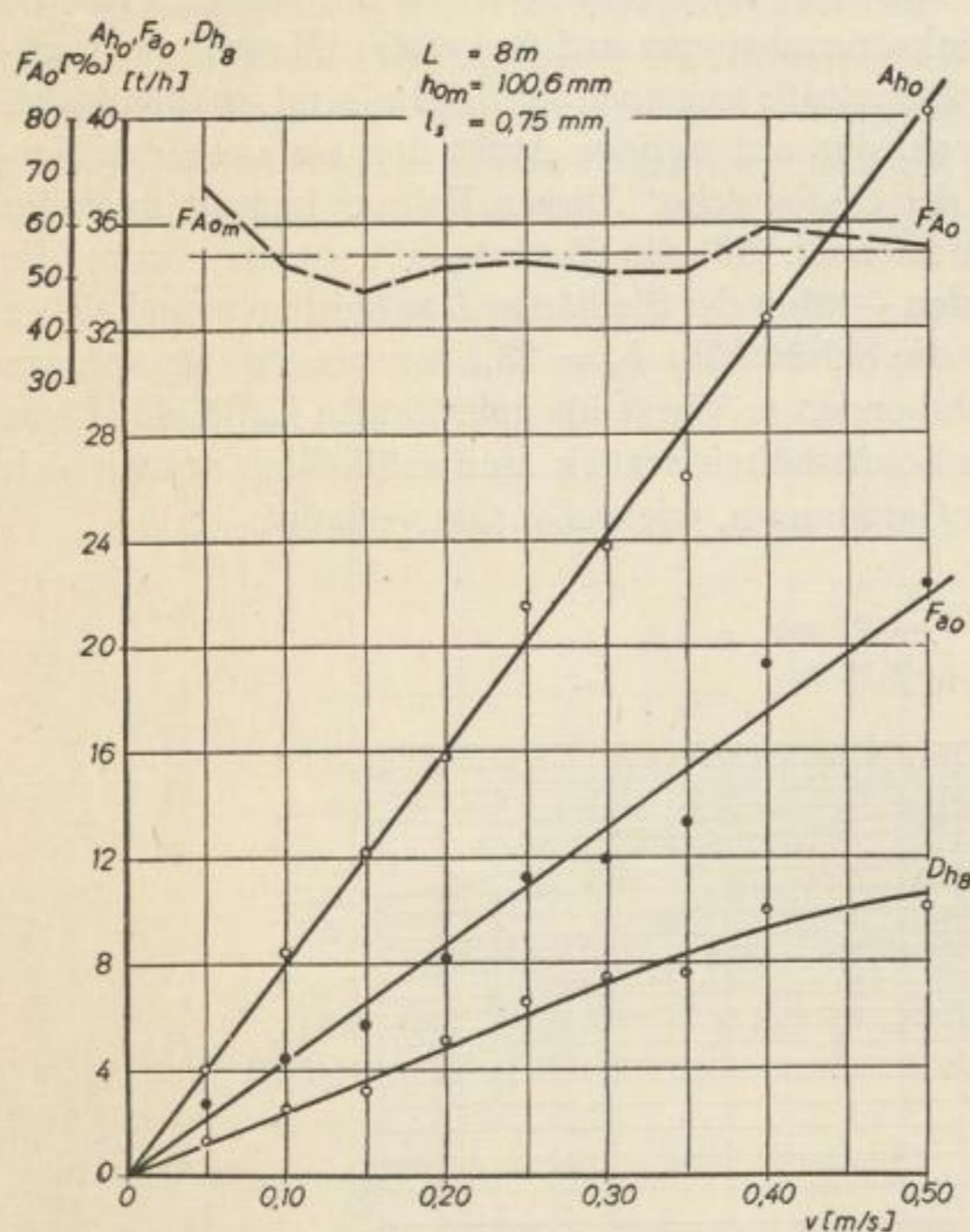


Bild 32. Menge des Aufgabegutes, des Siebfähigen und des Siebdurchgangs in Abhängigkeit von der Kettengeschwindigkeit

Abweichungen dieser beiden letztgenannten Werte verursachen die Abweichungen der Meßpunkte von der Geraden.

Setzt man für jeden der einzelnen Versuche neben  $h_{0m}$  und  $\gamma_{sm}$  den mittleren Prozentgehalt des Aufgabegutes an Siebfähigem  $F_{A_{0m}} = 54,0\%$  ein, so muß — siehe Gl. (31) — auch die eingebrachte Menge des Siebfähigen  $F_{a_0}$  linear mit der Kettengeschwindigkeit steigen. Die betrieblich bedingten Schwankungen der  $F_{A_0}$ -Werte rufen zusammen mit den Schwankungen von Schütthöhe und Schüttgewicht auch eine Streuung der  $F_{a_0}$ -Werte hervor.

Die für die gesamte Siebstraßenlänge gefundenen std. Siebdurchgänge  $D_{h_8}$  zeigen — wenn sie durch einen gebrochenen Linienzug verbunden werden — einen den  $F_{a_0}$ -Werten ähnlichen Verlauf. Die frei

eingezeichnete Ausgleichskurve läßt jedoch durch ihre zur Abszisse konkave Krümmung erkennen, daß der Zuwachs an Siebdurchgang mit wachsender Kettengeschwindigkeit abnimmt, obwohl die eingefahrene Menge an siebfähigem Gut proportional mit der Kettengeschwindigkeit ansteigt. Daraus folgt zunächst, daß das Feinkornausbringen im Durchgang als Prozentverhältnis zwischen den Werten

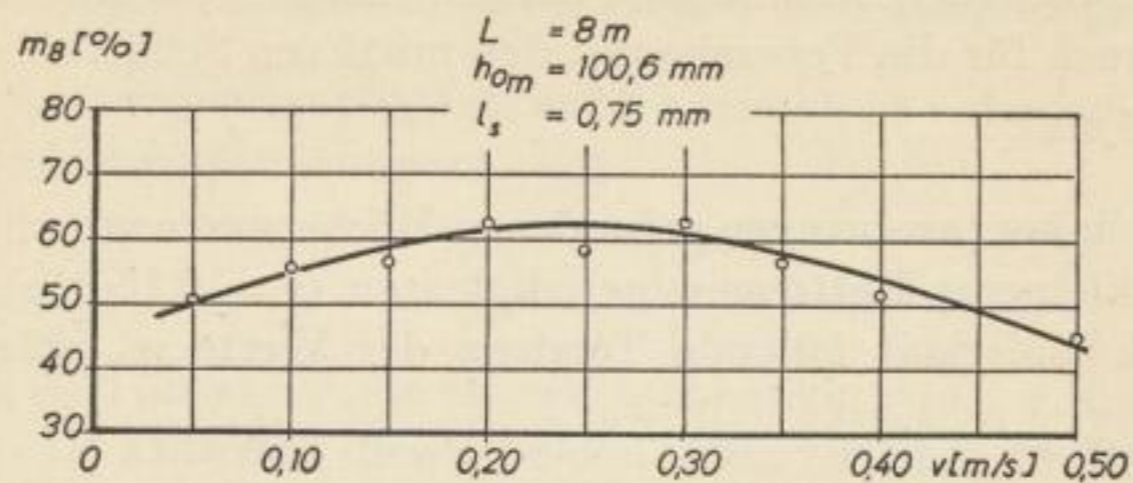


Bild 33. Feinkornausbringen im Durchgang, abhängig von der Kettengeschwindigkeit

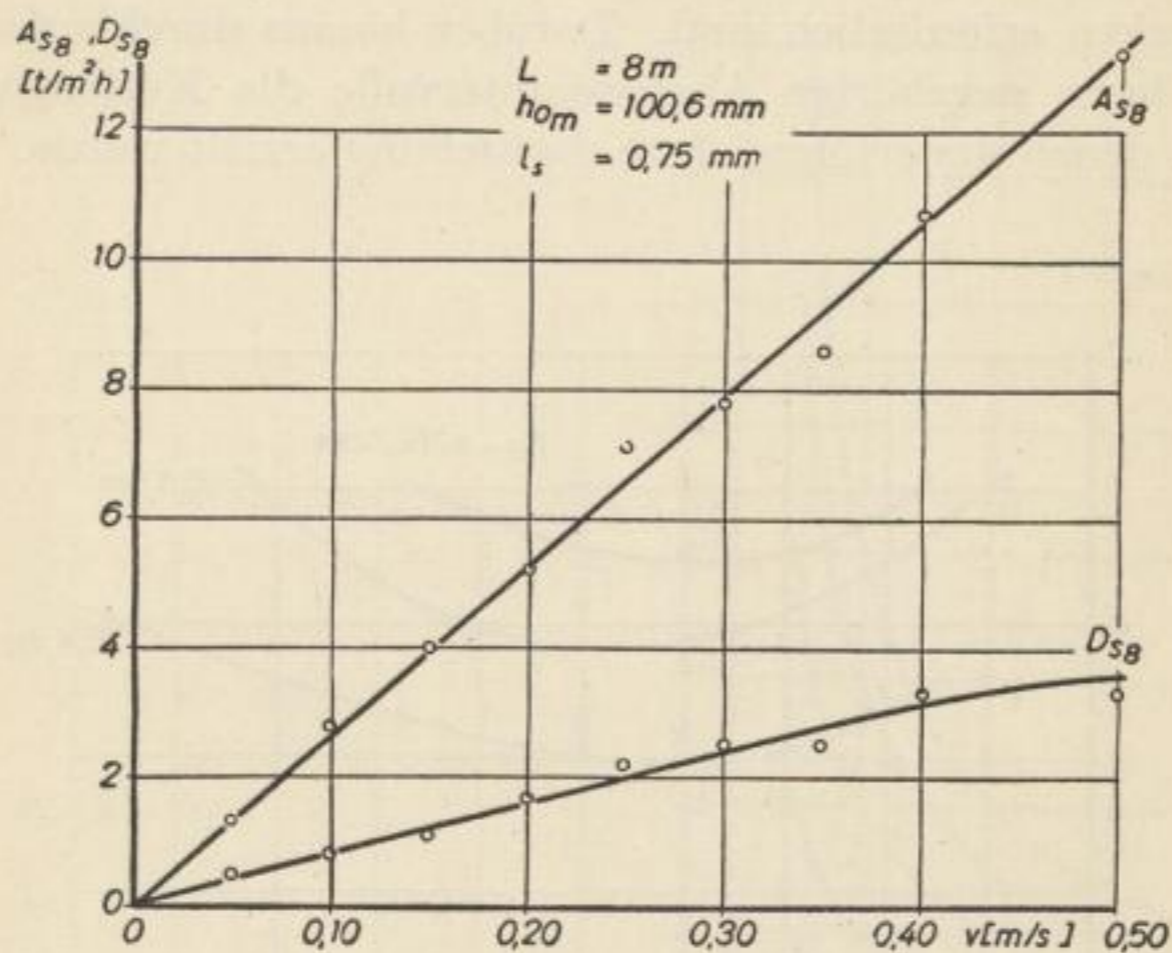


Bild 34. Spezif. Leistungen, abhängig von der Kettengeschwindigkeit

$D_{h_s}$  und  $F_{a_0}$  mit wachsender Kettengeschwindigkeit sinken muß. Die Darstellung der nicht nach den ausgleichenden Kurven, sondern nach den tatsächlichen Meßwerten errechneten Werte  $m_g$  im Bild 33 läßt jedoch vorerst ein leichtes Ansteigen des Feinkornausbringens bis in den Bereich der Kettengeschwindigkeiten  $v = 0,20$ — $0,30$  m/s erkennen, um danach deutlicher abzufallen.

Die im Bild 34 in Abhängigkeit von der Kettengeschwindigkeit eingetragenen spez. Leistungen  $A_{s_s}$  und  $D_{s_s}$  zeigen in ihrem Verlauf die Charakteristiken der  $A_{h_0}$ -

bzw.  $D_{h_s}$ -Kurven, aus deren Werten sie nach

$$A_{s_s} = \frac{A_{h_0}}{F_{n_s}} \quad [\text{t/m}^2\text{h}] \quad \text{bzw.} \quad D_{s_s} = \frac{D_{h_s}}{F_{n_s}} \quad [\text{t/m}^2\text{h}]$$

hervorgehen, wobei  $F_{n_s} = 3,04 \text{ m}^2 = \text{konst.}$  ist.

Die bisher besprochenen Erkenntnisse über den Einfluß der Kettengeschwindigkeit bestätigen sich auch für die Versuche mit den mittleren Schütthöhen  $h_{0_m} = 75,4 \text{ mm}$  und  $h_{0_m} = 119,3 \text{ mm}$ .

Die für das Feinkornausbringen gefundenen Höchstwerte verschieben sich hierbei in den Bereich kleinerer Kettengeschwindigkeiten ( $v = 0,15 \text{ m/s}$ ), so daß die mit steigender Geschwindigkeit fallende Tendenz der Werte  $m_s$  stärker zum Tragen kommt.

Für die genannten drei mittleren Schütthöhen wurden die Sieblängen ( $L_H$ ) ermittelt, die zur Aussiebung der halben Feinkornmenge  $\frac{1}{2} F_{a_0}$  benötigt werden. Ihre Darstellung im Bild 35 zeigt wiederum, daß hierzu mit wachsender Schütthöhe längere Siebstrecken erforderlich sind. Darüber hinaus durchlaufen alle 3 Kurven Minimalwerte, deren zugehörige Abszissenintervalle die Kettengeschwindigkeiten bezeichnen, mit denen die erfolgreichste Aussiebung erzielt wurde.

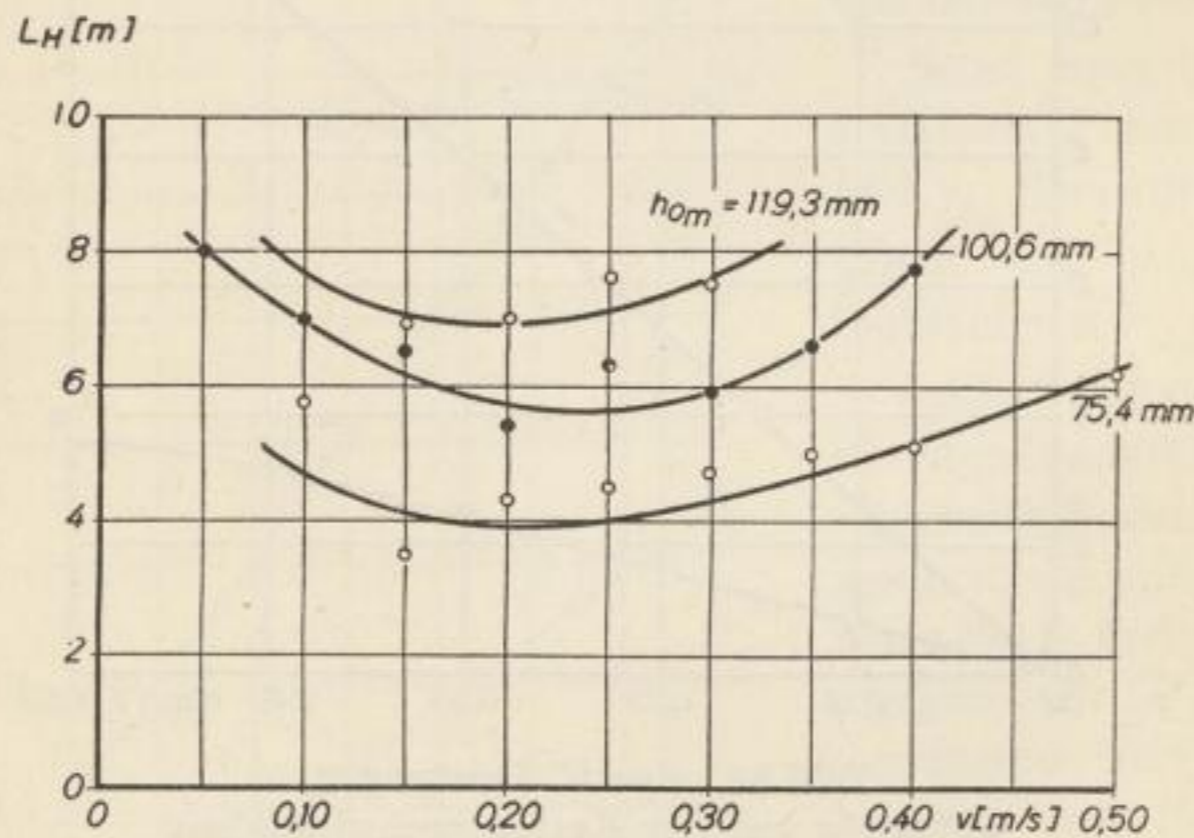


Bild 35. Sieblängen  $L_H$  in Abhängigkeit von der Kettengeschwindigkeit

Um den Absiebungsvorgang bei verschiedenen Kettengeschwindigkeiten zu verdeutlichen, soll ein kleines Streckenelement  $\Delta L$ , welches das Flächenelement  $\Delta F_n = \Delta L \cdot B_n$  vertritt, an einer beliebigen Stelle der Siebstraße betrachtet werden, das mit dem Siebgutelement  $\Delta A = \Delta L \cdot B_n \cdot h \cdot \gamma_s$  belastet ist. Bei genügend kleinem  $\Delta L$  können die Schütthöhe  $h$  und das Schüttgewicht  $\gamma_s$  als konstant angesehen werden. In diesem Siebgutelement befinde sich in bestimmter Verteilung die

Feinkornmenge  $\Delta F_a$ . Bei der konstanten Kettengeschwindigkeit  $v$  beträgt die Verweilzeit des Siebgutes auf dem Längenelement

$$t_v = \frac{\Delta L}{v}.$$

In dieser Zeit gelingt es infolge der Bewegungsvorgänge in der Schüttung einem Teil des Feinkornes, die Sieböffnungen zu passieren und den Siebdurchgang  $\Delta D$  zu bilden.

Wird nun die Kettengeschwindigkeit auf  $2v$  erhöht, so reduziert sich die Verweilzeit für das gleiche Siebgutelement nach

$$\frac{\Delta L}{2v} = \frac{t_v}{2}$$

auf die Hälfte. Im Bild 36 ist die Verweilzeit  $t_v$  abhängig von der Kettengeschwindigkeit  $v$  dargestellt. Da zwischen diesen beiden veränderlichen Größen eine indirekte Proportionalität besteht, müssen sich in der graphischen Darstellung Hyperbeläste ergeben. Mit wachsender Sieblänge  $L$  (Parameter) werden diese Kurven immer mehr nach oben verschoben.

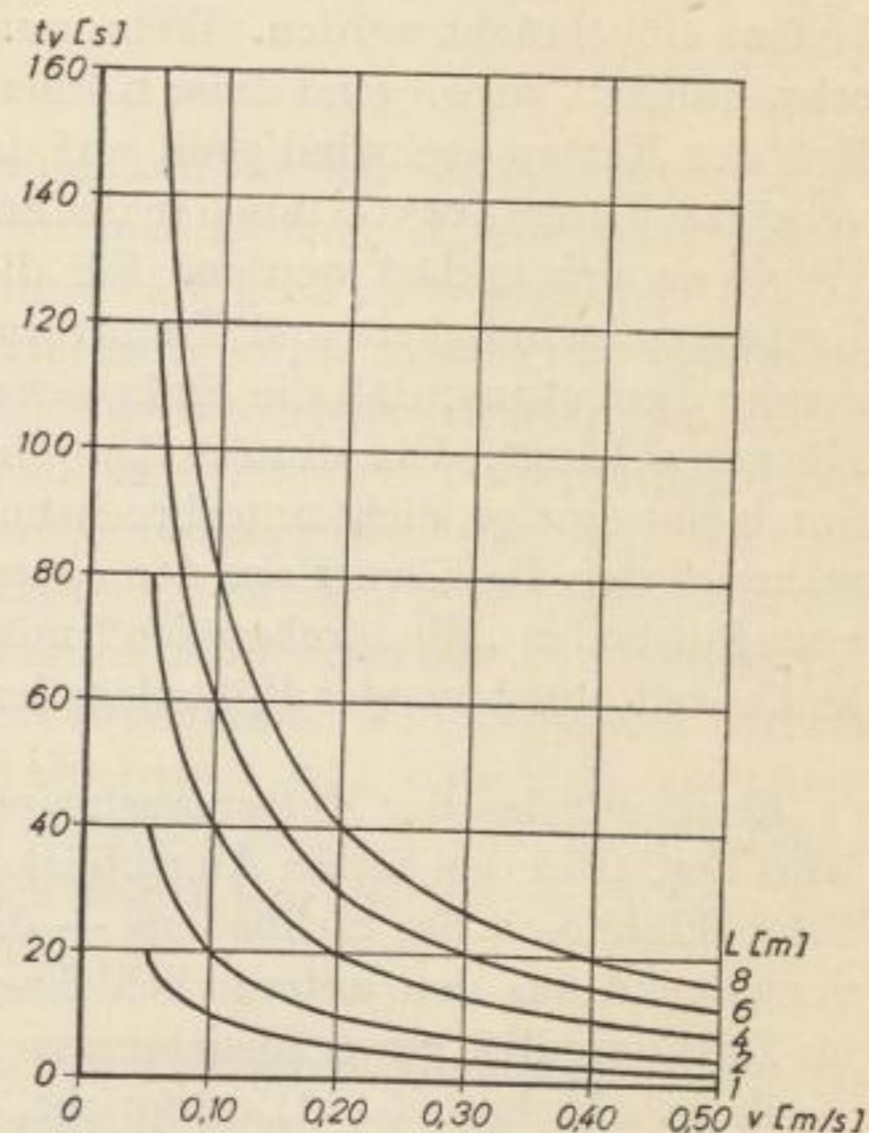


Bild 36. Verweilzeit  $t_v$ , abhängig von Kettengeschwindigkeit  $v$  und Sieblänge  $L$

Würde vom Feingut stets eine zeitlich konstante Menge in den Durchgang wandern, so müßte sich dieser auf  $\frac{1}{2} \Delta D$  verringern. Die Wiedererlangung der ursprünglichen Verweilzeit  $t_v$  für das Siebgutelement ließe sich bei doppelter Kettengeschwindigkeit durch Verdoppelung der Strecke  $\Delta L$  erreichen.

Die im normalen Betrieb vorhandene Kontinuität der Siebgutzuführung bedeutet nun aber, daß die Zahl der eingefahrenen Siebgutelemente der Kettengeschwindigkeit

keit direkt proportional ist und demzufolge bei der Kettengeschwindigkeit  $2v$  das betrachtete Siebstraßenelement  $\Delta L$  in der Zeit  $t_v$  von zwei Siebgutelementen ( $2\Delta A$ ) passiert wird, so daß sich der Durchgang wieder auf  $2 \cdot \frac{1}{2} \Delta D = \Delta D$  stellen müßte, wenn man noch bei der Annahme des zeitlich konstanten Siebdurchganges verbleibt. Hierbei müßte das Feinkornausbringen stark absinken, denn bei doppelter Kettengeschwindigkeit würde die konstant gebliebene Durchgangsmenge  $\Delta D$  aus dem doppelten Angebot an Feinkorn im Aufgabegut gebildet werden. Dem tatsächlichen Absiebvorgang entspricht die Unterstellung eines zeitlich konstanten Siebdurchganges jedoch nicht.

Aus der Beziehung (63) geht hervor, daß ein im senkrechten Abstände  $h$  vom Siebboden eingebrachtes und abzutrennendes Feingutkörnchen eine solche Sinkgeschwindigkeit  $v_s$  annehmen muß, daß die Sinkzeit  $t_s$  kleiner als die max. mögliche Verweilzeit  $t_v$  wird. Da das Feingut (Siebfähiges) nun auf alle Schichten der Kornschüttung verteilt ist, nimmt  $h$  unterhalb der maximalen Höhe  $h_0$  alle Werte an. Es ist einzusehen, daß die durchschnittliche Sinkzeit für solche Feingutkörner am kürzesten wird, die tief in der Schüttung gelagert sind, also in der Nähe des Siebbodens eingebracht werden. Wenn nun auch bei Absiebung mit erhöhter Kettengeschwindigkeit vorwiegend diese Körner den Siebdurchgang bilden, so kann der Einfluß der Kettengeschwindigkeit auf das Absiebungsergebnis doch nicht durch die verkürzte Länge des von ihnen in der Schüttung bis zum Siebboden zurückzulegenden Weges an sich erklärt werden. Für die Aufhellung des Zusammenhanges zwischen Kettengeschwindigkeit und Trennvorgang ist vielmehr die Tatsache von entscheidender Bedeutung, daß die Sinkgeschwindigkeit  $v_s$  selbst von der Höhenlage  $h$  der Körner abhängt. Ein unmittelbar über dem Siebboden eingebrachtes Korn kann durch eine einzige, nicht unterbrochene Freifallbewegung in den Durchgang gelangen, während sich die Körner aus den oberen Schichten mit beträchtlichem Zeitaufwand zum Siebboden „hindurchquälen“ müssen. Demnach wächst die Sinkgeschwindigkeit  $v_s$  mit abnehmender Höhenlage bzw. Schichthöhe  $h$  mehr als proportional an.

Steht nun bei der Kettengeschwindigkeit  $v$  die Verweilzeit  $t_v$  zur Verfügung, so wird bereits in den ersten Augenblicken dieses Zeitabschnittes — bei ausreichender Schluckfähigkeit des Siebbodens — die Hauptmenge des Siebdurchganges  $\Delta D$ , der vorwiegend aus den unteren Schichten der Schüttung stammt, anfallen. Man darf im Zeitintervall  $t_v$  einen Absiebungsvorgang annehmen, der etwa der  $D-L$ -Charakteristik (s. Abschnitt 5.211) entspricht, die sich ja wegen

$$\frac{L}{v_{(=konst.)}} = t \quad [s]$$

auf eine Durchgang-Zeit-Beziehung ( $D-t$ -Beziehung zurückführen läßt (Bild 37). Wird jetzt die Kettengeschwindigkeit auf  $2v$  erhöht und damit die Verweilzeit des betrachteten Siebgutelementes auf  $\frac{1}{2}t_v$  verringert, so gilt mit Sicherheit für den in ihr anfallenden Durchgang  $\Delta D^* > \frac{1}{2}\Delta D$ . Da sich dieser Absiebungserfolg wegen



( Schematische Darstellung )

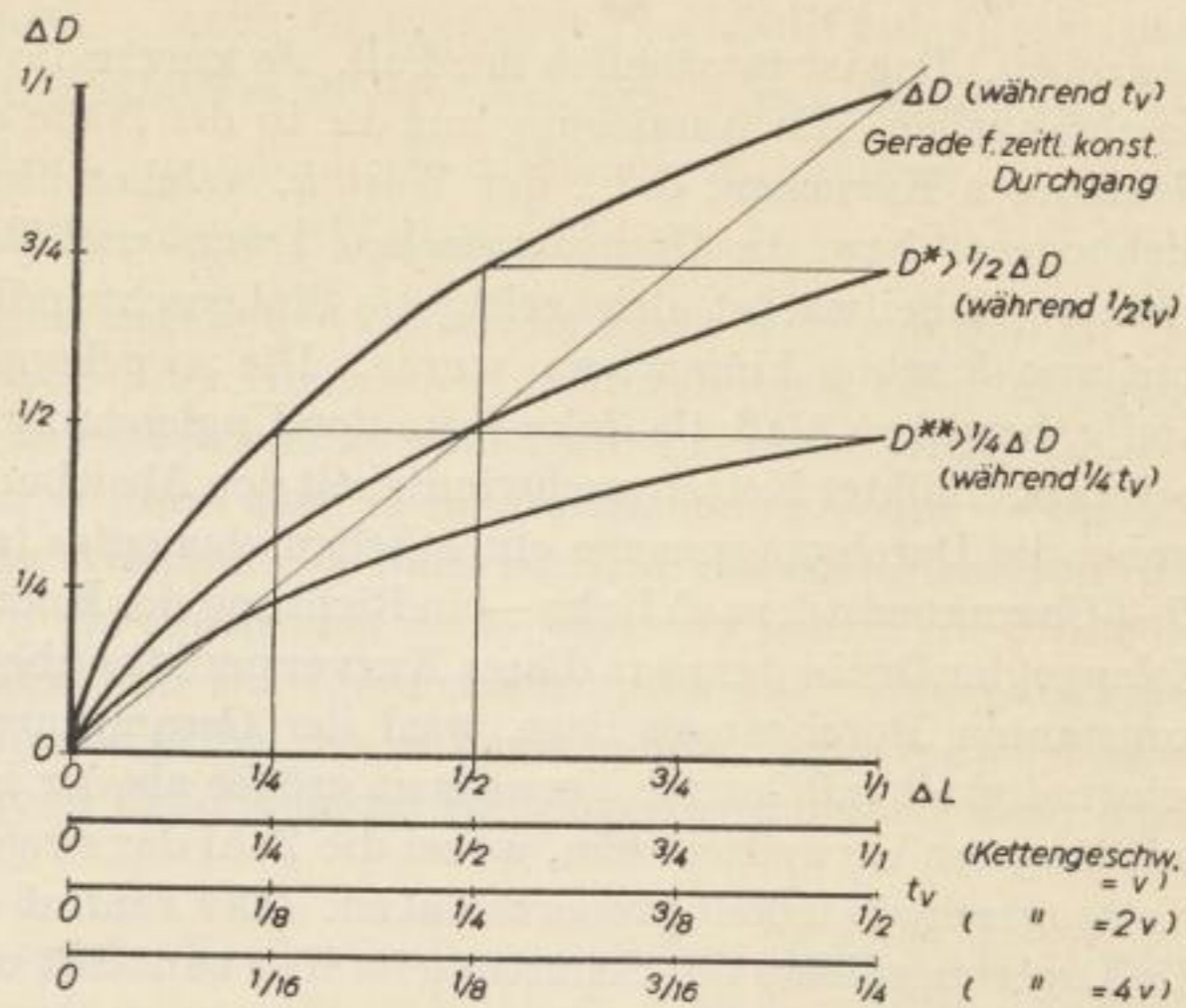


Bild 37.  $D$ — $L$ -Charakteristik als  $D$ — $t$ -Charakteristik bei verschiedenen Kettengeschwindigkeiten

$2v$  innerhalb der Zeit  $t_v$ , die jetzt als Zeitdauer des kontinuierlichen Absiebvorganges schlechthin angesehen werden soll, auf dem Siebstraßenelement  $\Delta L$  zweimal einstellt, muß  $2 \Delta D^* > \Delta D$  sein. Man darf demnach innerhalb noch zu erörternder Grenzen mit wachsender Kettengeschwindigkeit ganz allgemein einen Anstieg des Siebdurchganges und ein gedämpftes Absinken des Feinkornausbringens erwarten, was durch die Versuchsergebnisse bestätigt wird. Die genaue experimentelle Nachprüfung dieses Befundes würde vor allem die konstante Zusammensetzung des Siebgutes, eine stets gleichartige Verteilung seiner Kornanteile und gleiche Bewegungsverhältnisse in der Schüttung erfordern. Die nicht zu vermeidenden Abweichungen von diesen Bedingungen beeinflussen natürlich die Versuchsergebnisse. Ein genügend starker Rückgang des Anteils an Siebfähigem im Aufgabegut ( $F_{A_0}$ ) kann z. B. bewirken, daß trotz erhöhter Kettengeschwindigkeit die stündlich eingefahrene Menge an siebfähigem Gut ( $F_{a_0}$ ) absinkt und selbst bei gleichbleibendem Feinkornausbringen ( $m$ ) dadurch die Siebdurchgangsleistung ( $D_h$ ) zurückgeht.

Die Aussage, daß mit wachsender Kettengeschwindigkeit die Mengen der Siebdurchgänge steigen, gilt jedoch nicht unbegrenzt. Nimmt man an, daß über eine Siebstraße endlicher Länge das Aufgabegut mit einer sehr großen Geschwindigkeit fortbewegt wird, so nimmt nach Gl. (59) die maximal mögliche Verweilzeit einen sehr kleinen Wert an. Betrachten wir diese Entwicklung des Siebprozesses an Hand der Ungleichung

$$\frac{h}{v_s} < \frac{L_{\max}}{v},$$

so muß — da jene Beziehung für jedes in den Durchgang gelangende Korn erfüllt ist und sich ein Siebdurchgang nach den Versuchsergebnissen bei erhöhten Kettenge-

schwindigkeiten sehr wohl bildet — der Quotient  $\frac{h}{v_s}$  noch schneller kleinen Werten zustreben. Das ist tatsächlich der Fall. Je kürzer die Verweilzeit wird, um so mehr beschränkt sich die Aussiebung auf die in der Nähe des Siebbodens eingebrachten siebfähigen Körnchen, d. h., der Wert  $h$ , welcher hier die „aktive Reichweite des Siebbodens“ bzw. die Grenze zwischen Trenn- und Teilungsvorgang darstellt, wird kleiner. Dabei wächst gleichzeitig die Sinkgeschwindigkeit  $v_s$ , auf deren Abhängigkeit von  $h$  schon hingewiesen wurde. Die so gekoppelten Wertänderungen von  $h$  und  $v_s$  bewirken, daß die linke Seite der Ungleichung rasch genug kleiner wird, um bei stark erhöhter Kettengeschwindigkeit den Absiebungsvorgang aufrecht zu erhalten, wobei die Durchgangsmenge eines Siebgutelementes (s. Bild 37) auf der  $D-L$ - bzw.  $D-t$ -Charakteristik nach links — in Richtung des Koordinatenursprungs — wandert. Solange der Ordinatenwert dieses Kurvenpunktes über dem der Geraden des zeitlich konstanten Durchganges liegt, wird der Gesamtdurchgang bei höherer Kettengeschwindigkeit mit kurzer Verweilzeit größer als der bei geringerer Geschwindigkeit mit längerer Verweilzeit sein, wobei die Zahl der eingefahrenen Siebgutelemente der Kettengeschwindigkeit proportional ist. (Der Einfluß der Kettengeschwindigkeit auf die Lagerungsdichte der Schüttung ist hier zunächst unberücksichtigt geblieben.)

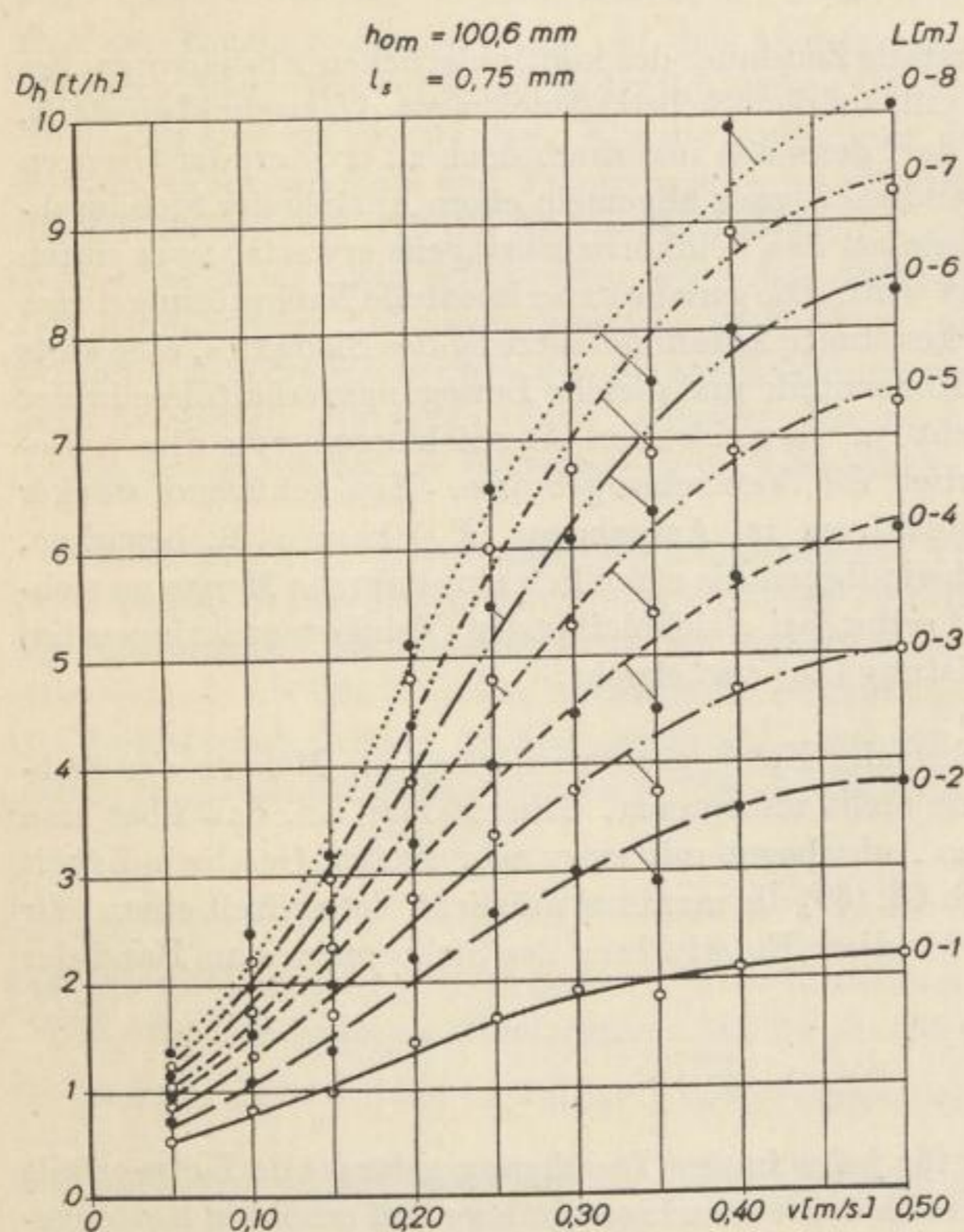


Bild 38. Siebdurchgangsleistung, abhängig von Kettengeschwindigkeit und Sieblänge

Nimmt man nunmehr an, daß die Kettengeschwindigkeit gegen „Unendlich“ geht, so strebt die Verweilzeit  $t_{v_{\max}}$  nach Gl. (59) dem Wert Null zu. Gleichzeitig geht aber auch die Zahl der eingefahrenen Siebgutelemente gegen „Unendlich“. Im Grenzfall steht man also dem

„unbestimmten Wert  $0 \cdot \infty$ “

gegenüber, für den sich nach den Regeln der Infinitesimalrechnung von Fall zu Fall verschiedene Werte ergeben, wobei der Grenzwert nur durch einen Grenzübergang bestimmt werden kann [52]. In unserem Falle bleibt selbst bei sehr großer Kettengeschwindigkeit der Siebboden — wenn auch stets von anderem Siebgut — besetzt, womit eine Vorbedingung der Absiebung erfüllt ist. Im Bewegungszustand des Körnerkollektivs — auf den noch einzugehen ist — herrscht jedoch die Horizontalkomponente vor und schränkt die Bewegung nach unten ein. Wenn auch der Grenzfall unbestimmte Verhältnisse bringt, so ist anzunehmen, daß es einen Durchgangswert gibt, der durch weitere Erhöhung der Kettengeschwindigkeit nicht mehr zu steigern ist.

Bei gegebener Variationsbreite der Kettengeschwindigkeiten muß eine kurze Siebstrecke hierüber früher Auskunft geben als eine längere. Dies bestätigt sich im Bild 38, wonach für die Siebstrecke von 1 m Länge ( $L_{0-1}$ ) das Maximum des Durchgangswertes am ehesten erreicht ist.

Im Bild 39 sind die den technologischen Erfolg kennzeichnenden Werte des Feinkornausbringens  $m$  in Abhängigkeit von der Kettengeschwindigkeit  $v$  mit den Sieblängen  $L$  als Parameter aufgetragen. Während für die Sieblänge  $L = 1$  m die  $m$ -Werte ständig fallen, bildet sich mit wachsender Länge für den Geschwindigkeitsbereich  $v = 0,20$ — $0,30$  m/s ein Maximum heraus.

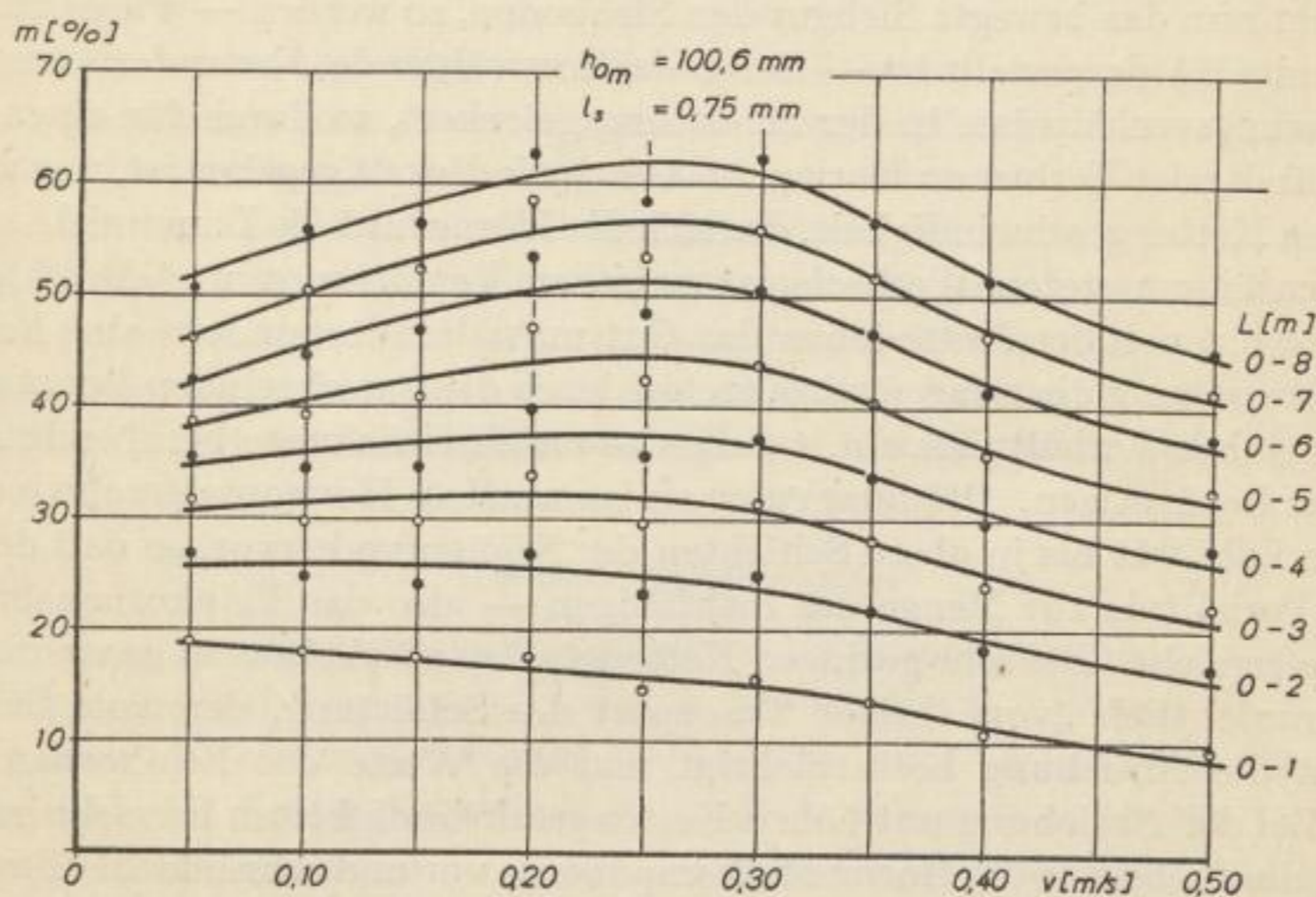


Bild 39. Feinkornausbringen im Durchgang, abhängig von Kettengeschwindigkeit und Sieblänge

Es zeigt sich demnach, daß bei genügender Länge der Siebstraße einige beieinander liegende Kettengeschwindigkeiten die besten Werte des Feinkornausbringens liefern. Damit erhebt sich die Frage, ob von der Kettengeschwindigkeit neben der eingefahrenen Siebgutmenge und ihrer Verweilzeit auf dem Sieb auch die Bewegungsverhältnisse in der Schüttung mitbestimmt werden. Unmittelbar nach dem Abwurf des Aufgabegutes in den Trog des Siebkettenförderers — diese Aufgabestelle liegt in der Regel auf einer Blindbodenstrecke vor der Siebstraße — wird das Gekörn auf die konstante Kettengeschwindigkeit beschleunigt. In dieser Periode setzen die einzelnen Körner der Änderung ihres Bewegungszustandes den Trägheitswiderstand  $W = -m \cdot b$  entgegen, der durch eine gleich große äußere Kraft  $K$  überwunden werden muß, die im Siebkettenförderer von der bewegten Kette übertragen wird. Während der Beschleunigung steigt demnach in der Schüttung der Berührungsdruck, der die Lagerungsdichte des Haufwerkes und den Reibungsschluß zwischen den Körnern erhöhen wird. Ist die Endgeschwindigkeit erreicht, so sind Beschleunigung und Trägheitswiderstand zu Null geworden, und der Lagerungszustand in der Schüttung müßte wieder der ursprüngliche sein. Bei der Beschaffenheit der Kohlenkörner, insbesondere ihrer Form und Oberflächenausbildung, ist jedoch anzunehmen, daß vor allem dann, wenn die wirksam gewesenen Beschleunigungskräfte groß waren, die erhöhte Lagerungsdichte nach Erreichen der Endgeschwindigkeit nicht wieder restlos rückgängig wird. (Dies gilt besonders für den Fall, daß in der Schüttung Xylitfasern bzw. -stengel enthalten sind.) Außer den Beschleunigungskräften treten — unabhängig von der Beschleunigung — während der Bewegung Reibungskräfte auf, da das Gut über einen feststehenden Boden gleitet. Die Reibungskraft ist der bewegenden Kraft entgegengerichtet und wirkt vornehmlich in der unmittelbar auf dem Boden gleitenden Schicht.

Erreicht nun das bewegte Siebgut den Siebboden, so werden — wie es ausführlich im Abschnitt 5.1 dargestellt ist — durch das fortwährende Abwandern von Feingut die Berührungsverhältnisse in der Schüttung gelockert, wodurch für einen Teil der Körner ständig der Verlust an Horizontal-Geschwindigkeit gegeben ist, was wegen der konstanten Kettengeschwindigkeit, der sich die Körner auf die Dauer nicht entziehen können, zu einem steten Wechselspiel zwischen Verzögerung und Beschleunigung führt. Obwohl von der Kette keine das Gut umwälzende, sondern eine horizontale Transportbewegung übertragen wird, treten durch diese wechselnden Vorgänge in der Schüttung labile Verhältnisse ein, welche das auf ihrer Schwere beruhende Absinken der Körner begünstigen. Offenbar rufen einige mittlere Horizontalgeschwindigkeiten maximale Labilität bis in obere Schichten der Schüttung hervor, so daß der Durchgang im Verhältnis zur Menge des Siebfähigen — also das Feinkornausbringen — Bestwerte erreicht. Bei sehr geringen Kettengeschwindigkeiten ist es wahrscheinlich der außerordentlich „vorsichtige“ Transport der Schüttung, der trotz langer Verweilzeiten die Absiebung beeinträchtigt und die Werte des Feinkornausbringens drückt. Bei der Absiebung mit hohen Kettengeschwindigkeiten herrscht im Körnerkollektiv des Siebgutes die Horizontalkomponente vor und schränkt die Bewegungen der Körner nach unten ein. Bei gleichzeitig kurzer Verweilzeit wird hierdurch das Absinken der  $m$ -Werte verursacht. Es ist also anzunehmen, daß sich bei Erhöhung

der Kettengeschwindigkeit weit über die praktisch in Frage kommenden Werte hinaus ein Grenzwert der Durchgangsleistung ausbildet, der dann mit einem ausgesprochen schlechten Siebgütegrad gekoppelt ist.

Die Ausbildung eines Maximums im Kurvenverlauf des Feinkornausbringens verlangt bei konstantem Anwachsen der eingebrachten Menge an siebfähigem Gut ( $F_{a_0}$ -Gerade) eine vorübergehende Näherung der Ordinatenwerte der Durchgangskurve an die der  $F_{a_0}$ -Geraden. Im Bild 38 ist diese Modifizierung der  $D_h$ -Kurven (Aufsteilung und Andeutung eines Wendepunktes im Bereich der günstigen Kettengeschwindigkeiten) zu erkennen.

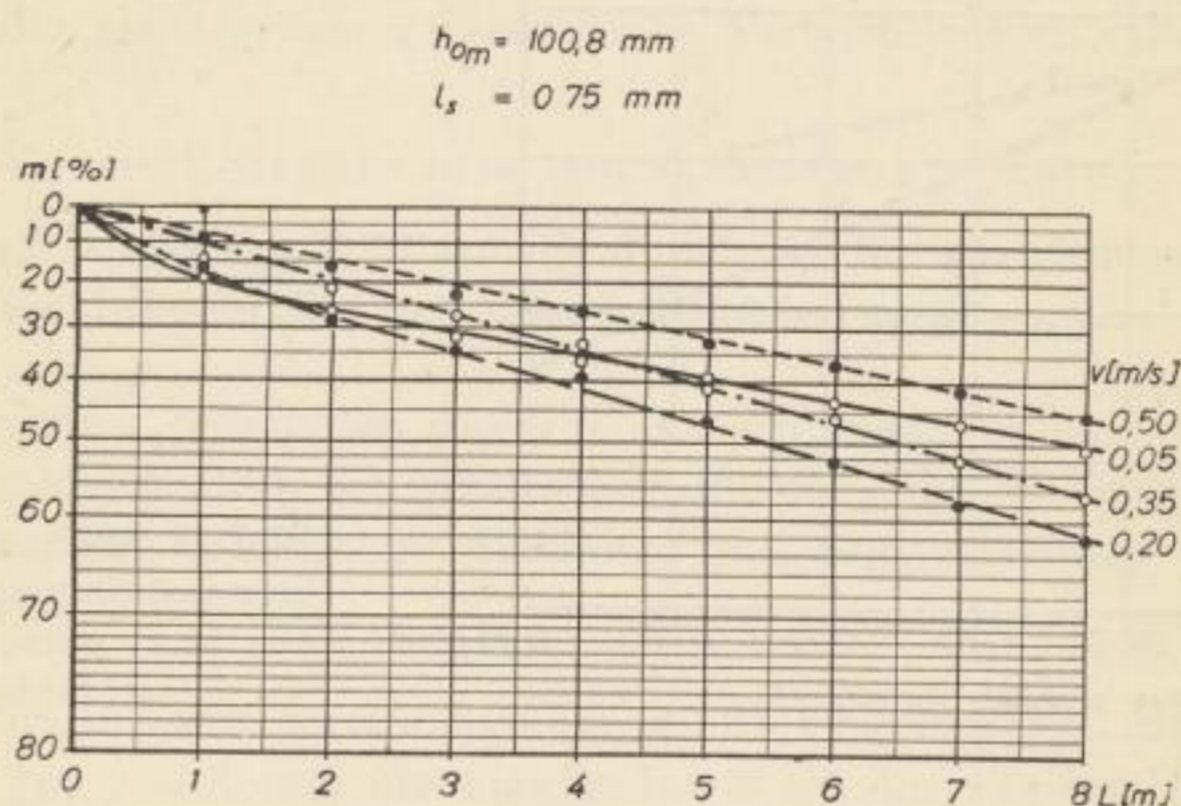


Bild 40. Feinkornausbringen im Durchgang, abhängig von Sieblänge und Kettengeschwindigkeit

Ausgehend von der Gl. (52) ist im Bild 40 das Feinkornausbringen  $m$  in Abhängigkeit von der Sieblänge  $L$  für die als Parameter fungierenden Kettengeschwindigkeiten  $v = 0,05—0,20—0,35—0,50 \text{ m/s}$  dargestellt. An die nach  $\lg(100 - m)$  geteilte Ordinate wurden die  $m$ -Werte selbst angeschrieben. Während sich die für die Kettengeschwindigkeiten  $v = 0,50 \text{ m/s}$  und  $v = 0,35 \text{ m/s}$  gefundenen Meßpunkte recht gut auf Geraden verschiedener Neigung anordnen, weisen die Linienzüge für die geringeren Geschwindigkeiten ( $v = 0,20$  bzw.  $0,05 \text{ m/s}$ ) Krümmungen auf. Bereits ab  $2 \text{ m}$  Sieblänge liefert die Kettengeschwindigkeit  $v = 0,20 \text{ m/s}$  die besten  $m$ -Werte.

#### 5.214

#### Merkmale des Siebgutes

Zur Prüfung der Reproduzierbarkeit der gefundenen Absiebungsergebnisse wurden 12 Versuche gefahren, welche die Versuchsreihe R bilden. Nach Tabelle 4 waren Spaltweite, offene Siebfläche, Schütthöhe und Versuchszeit für sämtliche Versuche und die Kettengeschwindigkeit für je 6 Versuche konstant. Nicht beherrschen ließ sich wiederum die Zusammensetzung des Aufgabegutes. Da die siebanalytische Kornverteilung diesmal jedoch die einzige Variable ist, bietet sich eine Möglichkeit, ihren Einfluß auf das Absiebungsergebnis herauszustellen.

In vorangegangenen Abschnitten ist darauf hingewiesen worden, daß der Absiebungsprozeß besonders durch das siebschwierige und blockierende Gut erschwert wird. Ist der Anteil des siebschwierigen Gutes groß, so erhöht sich die mittlere Korngröße des Feingutes in der Aufgabe ( $F_{a_0}$ ).

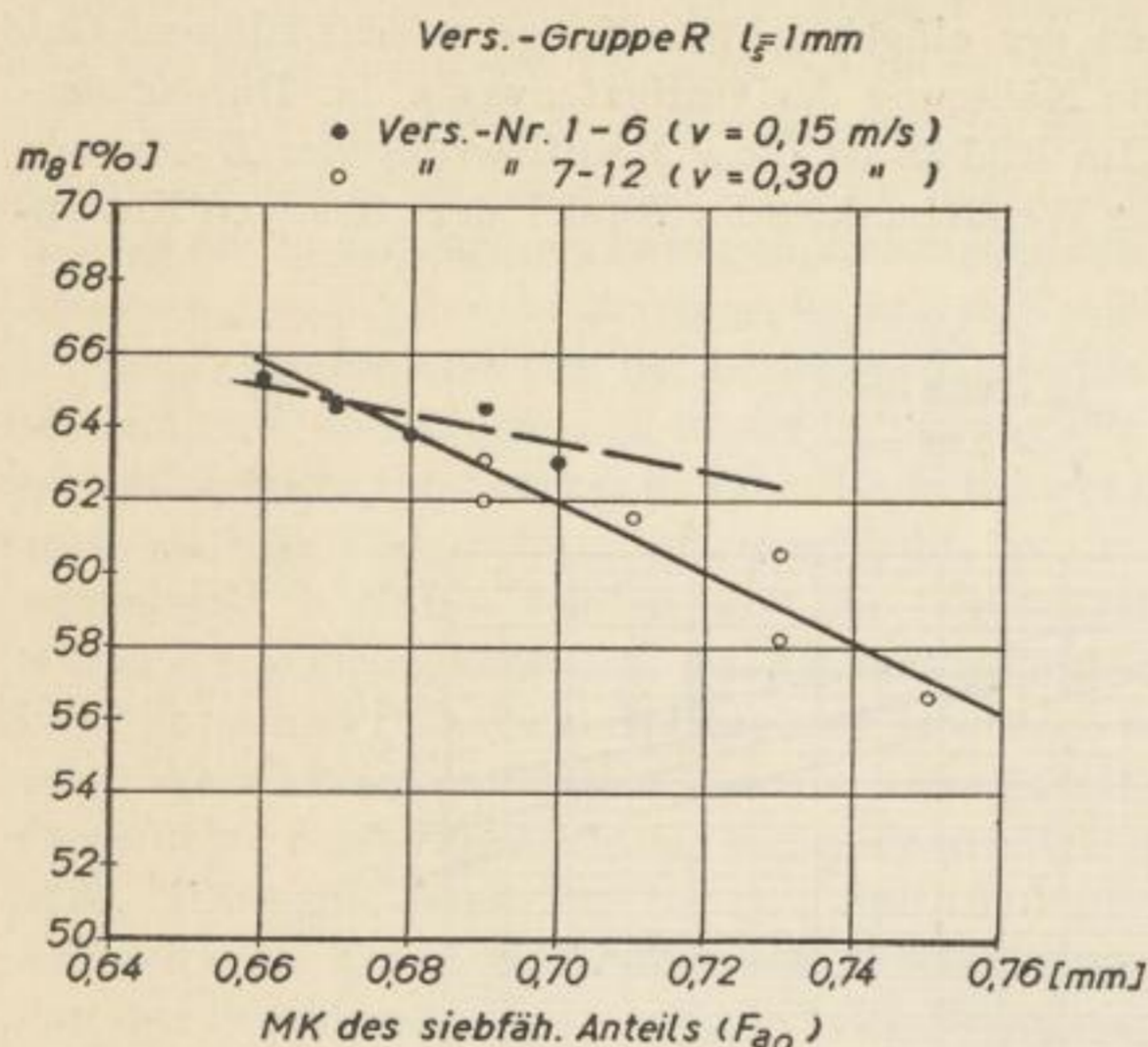


Bild 41. Abhängigkeit des Feinkornausbringens im Durchgang von der mittl. Korngröße des siebfähigen Anteils

Im Bild 41 ist das Feinkornausbringen  $m_g$  in Abhängigkeit von ihr dargestellt. Daraus geht hervor, daß sich alle Meßpunkte um eine geneigte Gerade anordnen und damit das Absinken des Feinkornausbringens mit wachsendem Anteil an siebschwierigem Gut zum Ausdruck bringen. Die Lage der zu  $v = 0,15 \text{ m/s}$  gehörenden Meßpunkte deutet eine Ausgleichsgerade mit schwächerer Neigung an und läßt damit erkennen, daß der negative Einfluß des siebschwierigen Gutes bei höherer Kettengeschwindigkeit stärker in Erscheinung tritt. In der Darstellung spiegelt sich also neben dem Einfluß der mittl. Korngröße des Siebfeinen auch der Einfluß der Kettengeschwindigkeit wider. Nicht erfaßt ist der Einfluß des blockierenden Gutes, da dieses nur in die Siebanalyse des Aufgabegutes eingeht und hier keinen deutlichen Einfluß auf die mittlere Korngröße ausüben kann.

Es wurde ferner versucht, den Einfluß der mittleren Korngröße des Aufgabegutes ( $MK$  von  $A_{h_0}$ ) bzw. des Prozentanteiles an Siebfähigem im Aufgabegut ( $F_{A_0}$ ) auf das Feinkornausbringen darzustellen. In beiden Fällen ist jedoch die Streuung der Meßpunkte so groß, daß sich ein tendenzieller Verlauf nicht erkennen läßt.

### 5.215

#### Versuchszeit

Um die durchgesetzten Kohlenmengen zu beherrschen, mußte die Versuchsdauer auf 3—6 Minuten beschränkt werden. Nur bei geringen Kettengeschwindigkeiten und Schütthöhen wurde sie bis auf 8 Minuten ausgedehnt. Um zu prüfen,

ob ein Einfluß der Versuchszeit auf das Absiebungsergebnis besteht, wurden die Versuchsgruppen *Za* und *Zb* unter folgenden Bedingungen gefahren:

Vers.-Gruppe <i>Za</i>		Vers.-Gruppe <i>Zb</i>	
$l_s$	= 0,75 mm	$l_s$	= 2,0 mm
$v$	= 0,20 m/s	$v$	= 0,20 m/s
$h_{0m}$	= 100,3 mm	$h_{0m}$	= 99,8 mm
$L$	= 8 m	$L$	= 8 m

Wie aus den Ergebnissen hervorgeht, schwanken sowohl die spez. Durchgangsleistung  $D_{s_s}$  als auch das Feinkornausbringen  $m_s$  etwas, doch ist hierbei keine Abhängigkeit von der als Abszisse aufgetragenen Versuchszeit zu erkennen.

### 5.22 Versuchsergebnisse am 0,75-mm-Spaltsieb

Nach Tabelle 2 wurde das 0,75-mm-Spaltsieb bei 6 verschiedenen Schütthöhen mit jeweils 8 verschiedenen Kettengeschwindigkeiten untersucht.

Die wesentlichsten Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen, daß die in den vorangegangenen Abschnitten behandelte Beeinflussung des Absiebvorganges durch Kettengeschwindigkeit, Schütthöhe, Sieblänge und Kornverteilung im Aufgabegut selbstverständlich wiederkehrt.

Das im Abschnitt 5.213 bereits herausgestellte Charakteristikum, wonach sich die Schütthöhe von  $\sim 100$  mm als maximaler Wert der aktiven Reichweite des Siebbodens für alle Kettengeschwindigkeiten erweist, kommt im Verlauf der Siebdurchgangsleistungen  $D_{h_s}$  und der spez. Siebdurchgangsleistungen  $D_{s_s}$  erneut zum Ausdruck. Die Werte des Feinkornausbringens zeigen noch einmal die schon erörterte Ausbildung von Maximalwerten für Kettengeschwindigkeiten von 0,15 bis 0,30 m/s an. Feinkornausbringen im Durchgang und spez. Durchgangsleistung sind die den Absiebungserfolg in technologischer und wirtschaftlicher Hinsicht kennzeichnenden Größen, so daß ihre Werte für das 0,75-mm-Spaltsieb mit einer Länge von 8 m an dieser Stelle tabellarisch zusammengefaßt werden sollen (Tabelle 9).

Hebt man innerhalb jeder Gruppe für konstante Schütthöhe die Werte der spezifischen Siebdurchgangsleistung  $D_{s_s}$  hervor, denen das jeweils höchste Feinkornausbringen im Durchgang zugeordnet ist, so ist, wenn man sich die Streuungen ausgeglichen denkt, ein gewisser „Gang“ zu erkennen. Mit wachsender Schichthöhe wächst die günstigste Siebdurchgangsleistung zunächst an. Sie verschiebt sich dabei zunächst nach kleineren und — ab  $h_{0m} = 100$  mm — wieder nach größeren Kettengeschwindigkeiten. Der Wert des maximalen Feinkornausbringens sinkt mit steigender Schichthöhe hingegen dauernd ab.

Die mittlere Korngröße der Siebdurchgänge wächst für alle Schütthöhen mit der Sieblänge, die Feinheit nimmt also ab. Dabei kommt der größten Schütthöhe die kleinste *MK* (größte Feinheit) zu. Wie schon früher erwähnt, wird der etwas

Tabelle 9.  $D_{s_8}$ - und  $m_8$ -Werte für das 0,75-mm-Spaltsieb bei  $L = 8$  m

Ketten- geschwin- digkeit $v$ m/s	Mittlere Schütthöhe $h_{0m}$ in mm											
	26,1		51,1		75,4		100,8		119,3		142,7	
	$D_{s_8}$ t/m <sup>2</sup> h	$m_8$ %	$D_{s_8}$ t/m <sup>2</sup> h	$m_8$ %	$D_{s_8}$ t/m <sup>2</sup> h	$m_8$ %	$D_{s_8}$ t/m <sup>2</sup> h	$m_8$ %	$D_{s_8}$ t/m <sup>2</sup> h	$m_8$ %	$D_{s_8}$ t/m <sup>2</sup> h	$m_8$ %
0,10	0,4	74,5	0,5	69,0	0,6	57,5	0,8	55,6	0,5	42,7	0,6	34,5
0,15	0,4	71,1	0,8	70,6	1,0	72,6	1,1	56,3	1,3	55,3	1,0	37,4
0,20	0,5	77,0	0,9	78,8	1,4	70,9	1,7	62,6	2,0	54,5	1,5	43,3
0,25	0,7	78,5	1,1	74,0	1,5	69,5	2,2	58,4	2,1	51,8	2,1	43,0
0,30	0,7	72,3	1,2	67,9	2,0	67,4	2,5	62,3	2,3	52,8	2,9	41,5
0,35	0,9	74,0	1,6	73,9	2,1	67,5	2,5	56,8	2,7	41,3	2,4	37,4
0,40	1,0	70,5	1,8	71,5	2,1	64,2	3,3	51,5	3,1	39,5	3,0	36,1
0,50	1,0	60,5	2,1	67,5	3,2	58,7	3,3	45,1	3,5	37,6	—	—

Untersuchungsergebnisse



unruhige Verlauf der  $MK$ -Werte — abhängig von der Sieblänge — durch den abwechselnden Durchgang von siebschwierigem und feinem Gut hervorgerufen.

Erneut kommt zum Ausdruck, daß für alle Schütthöhen die spez. Siebdurchgangsleistung  $D_s$  mit wachsender Sieblänge  $L$  abnimmt, während das Feinkornausbringen  $m$  mit der Sieblänge wächst.

Schließlich erhebt sich noch die Frage, wo die obere Berandungskorngröße der vom 0,75-mm-Spaltsieb als Durchgang gelieferten Körnung liegt. Zu ihrer Bestimmung wurde für alle Versuche der Versuchsgruppe I der mit dem Spaltsieb ermittelte Anteil des Siebfähigem im Aufgabegut der Prüfsiebanalyse unterworfen. Nach der als Mittelwert aus 47 Messungen gewonnenen Prüfsiebanalyse (wobei Quadratmaschensiebe nach DIN 1171 verwendet wurden), beträgt die obere Berandungskorngröße oder äquivalente Prüfsieböffnungsweite praktisch

$$l_{\bar{A}} \sim 1,5 \text{ mm.}$$

Damit errechnet sich der Äquivalenzfaktor zu

$$\alpha_{\bar{A}} = \frac{l_s}{l_{\bar{A}}} = \frac{0,75}{\sim 1,5} \sim 0,5.$$

Während die obere Berandungskorngröße des Siebdurchganges allein durch Weite und Form der Sieböffnungen auf der Korngrößenskala des Aufgabegutes festgelegt wird, hängt die Kornverteilung im Siebdurchgang sowohl von der Arbeit des Zerkleinerungsgerätes (es sei hierzu auf die Veröffentlichungen von WINKLER [53], RAMMLER und GLÖCKNER [54] und RAMMLER [55] hingewiesen) als auch vom Siebprozeß ab. Die vom Zerkleinerungsgerät im Mahlgut (= Aufgabegut des Siebes) erzeugten absoluten Fraktionsmengen können durch die Klassierung nicht verändert werden. (Von dem unbeabsichtigten Kornzerfall bei der Siebung muß in diesem Zusammenhang natürlich abgesehen werden.) Wohl aber ändern sich, da die Fraktionsmengen im Siebdurchgang bzw. Siebübergang auf die Mengen dieser durch die Trennung entstandenen beiden Siebprodukte bezogen werden, die Fraktionsprozentwerte. Erfolgt die Trennung bei der Kornscheide  $k$  vollständig, so wandert der dem Korngrößebereich  $0 - k$  zugeordnete Körnungsanteil in den Durchgang und stellt hier eine selbständige Körnung dar. Die Wandlung der Prozentwerte der Fraktionen bzw. der Durchgangskurve folgt dann den einfachen Beziehungen

$$f_{\Delta d_D} = \frac{100}{f_{(0-k)_A}} \cdot f_{\Delta d_A} \quad [\%] \quad (64)$$

bzw.

$$D_{d_D} = \frac{100}{D_{k_A}} \cdot D_{d_A} \quad [\%], \quad (65)$$

wobei  $f_{(0-k)_A} = D_{k_A}$  ist, so daß für beide Beziehungen ein Umrechnungsfaktor, nämlich

$$\beta = \frac{100}{f_{(0-k)_A}} = \frac{100}{D_{k_A}}$$

gilt.

Es bedeuten:

- $f_{\Delta d D}$  = Prozentwert der zur Kornklasse  $\Delta d$  im Siebdurchgang  $D$  gehörenden Fraktion  
 $f_{\Delta d A}$  = Prozentwert der zur Kornklasse  $\Delta d$  im Aufgabegut  $A$  gehörenden Fraktion  
 $f_{(0-k)A}$  = Prozentwert der zur Kornklasse  $0-k$  im Aufgabegut  $A$  gehörenden Fraktion  
 $D_{dD}$  = Prozentwert der Durchgangskurve des Siebdurchganges  $D$  bei der Korngröße  $d$   
 $D_{dA}$  = Prozentwert der Durchgangskurve des Aufgabegutes  $A$  bei der Korngröße  $d$   
 $D_{kA}$  = Prozentwert der Durchgangskurve des Aufgabegutes  $A$  bei der Korngröße  $k$

Ist die Trennung unvollständig, das Ausbringen der einzelnen Fraktionen jedoch konstant, so geht die Menge des Siebdurchganges zwar zurück, an seiner Kornverteilung ändert sich jedoch nichts. Sie gleicht der einer vollständigen Aussiebung (siehe hierzu Abschnitt 5.5). Da der praktische Trennprozeß auf Grund des Einflusses zahlreicher Faktoren weder vollständig verläuft noch ein konstantes Ausbringen der siebfähigen Fraktionen aufweist, schwankt auch die Kornverteilung im Siebdurchgang.

Für die in Deutzen abgeseibte Kohle sieht der Körnungsaufbau des Siebdurchganges so aus, daß das Quadratmaschensieb von 1 mm Öffnungsweite einen Durchgang von 88% liefert. Demnach liegt eine Körnung von 0—1 mm mit 12% Überkorngehalt vor. Da die Absiebung des Anteils an Siebfähigem im Aufgabegut auf dem Spaltsieb im Labor im Gegensatz zum Betriebsspaltsieb nahezu vollständig war, geht der Überkorngehalt im praktischen Betrieb — wo der Durchgang besonders dem siebschwierigen Gut erschwert ist — noch um einige Prozente zurück.

### 5.23 Versuchsergebnisse am 3-mm-Spaltsieb

Das 3-mm-Spaltsieb wurde nach gleichen Gesichtspunkten und gleichem Programm wie das 0,75-mm-Spaltsieb untersucht, wobei zu prüfen war, ob und in welchem Umfange die charakteristischen Zusammenhänge im Siebprozeß durch die Vergrößerung der Spaltweite beeinflußt werden.

Die dazu für die einzelnen Versuche eingestellten spez. Siebleistungen  $A_s$  entsprechen denen der Vers.-Gr. I mit guter Näherung. Der Anteil an Siebfeinem im Aufgabegut  $F_{A_0}$  ist — ohne daß die Zusammensetzung der Aufgabekörnung verändert wurde — durch die Heraufsetzung der Spaltweite zwangsläufig größer geworden und erreicht für alle Versuche den Mittelwert von  $F_{A_{0m}} = 90,2\%$ , bei nur  $F_{A_{0m}} = 51,4\%$  in der Vers.-Gr. I.

Die für das 0,75-mm-Spaltsieb festgestellte Erscheinung, wonach bei der Schütthöhe von  $h_0 \sim 100$  mm eine Stagnation der Siebdurchgangsleistung eintritt, trifft für das 3-mm-Spaltsieb nicht zu. Hier ist die aktive Reichweite des Siebbodens wesentlich größer. Auch der beim 0,75-mm-Spaltsieb in Erscheinung tretende Einfluß der Kettengeschwindigkeit auf die Siebdurchgangsleistung — der sich in der Abnahme des Zuwachses an Siebdurchgang mit steigender Kettengeschwindigkeit äußert — ist beim 3-mm-Sieb im untersuchten Bereich kaum wahrnehmbar. Die

Linienzüge der  $D_h$ -Werte lassen in Abhängigkeit von der Kettengeschwindigkeit in ihrem Verlauf allenfalls nur eine sehr schwache Krümmung konkav zur Abszisse hervortreten.

Aus diesen Feststellungen über den Verlauf der Siebdurchgangsleistung folgt, daß die Bewegungen in der Kornschüttung intensiver sein müssen. Dies erklärt sich daraus, daß

- a) wegen der größeren Spaltweite gröbere Körner aus der Schüttung abwandern,
- b) ein wesentlich größerer Teil der im Körnungsaufbau nicht veränderten Schüttung die Fähigkeit besitzt, in den Durchgang zu gelangen und
- c) der Anteil des Grenzkornes gleichzeitig kleiner geworden ist (vgl. hierzu die Kornverteilungskurve des Aufgabegutes nach Bild 20).

Unter diesen Bedingungen steigt die Sinkgeschwindigkeit der Körner  $v_s$ , und bei gleichzeitig stark erhöhter Schluckfähigkeit des Siebbodens (die offene Siebfläche  $F_0$  beträgt 46,9% gegenüber 29,4% beim 0,75-mm-Spaltsieb) kann damit die aktive Reichweite des Siebbodens anwachsen, ohne das hierdurch Grenzbedingungen geschaffen werden (siehe Ungleichung 63). Der Einfluß des erhöhten Wertes  $v_s$  ist so groß, daß auch die höchste gefahrene Kettengeschwindigkeit  $v = 0,50$  m/s die Ungleichung für die in der oberen Gutschicht eingebrachten Körner nicht aufhebt.

Die spez. Siebdurchgangsleistungen  $D_{s_s}$  — abhängig von  $v$  aufgetragen — entsprechen in ihrem Verlauf den  $D_h$ -Kurven.

Die Kurven des Feinkornausbringens  $m_s$  zeigen keine Maxima-Ausbildungen mehr. Während sich die Werte für die Schütthöhen  $h_{0m} = 26,0$  mm bzw.  $h_{0m} = 50,1$  mm so ordnen, daß der geringeren Schütthöhe der größere  $m$ -Wert zukommt, durchsetzen sich auffälligerweise die Werte der größeren Schütthöhen. Dies bedeutet, daß im Falle der gefahrenen Versuche das Feinkornausbringen für  $h_{0m} = 140,9$  mm nicht wesentlich schlechter als für  $h_{0m} = 75,6$  mm war. Der Verlauf der Kurven des Feinkornausbringens ist nahezu horizontal, d. h. in Richtung wachsender Kettengeschwindigkeit nur wenig geneigt.

Gegenüber dem 0,75-mm-Spaltsieb sind die Werte  $D_{s_s}$  und  $m_s$  (Tabelle 10) stark angewachsen, und man kann hieran ermessen, wie stark die Position des Siebkettenförderers — trotz seines auf primitive Weise in Gang gehaltenen Siebprozesses — ist, wenn die Ansprüche an die Feinheit des Durchganges nicht zu hoch sind.

Wie schon beim 0,75-mm-Spaltsieb, so fällt auch für das 3-mm-Sieb das Feinkornausbringen  $m_s$  mit wachsender Schütthöhe  $h_0$  für alle Kettengeschwindigkeiten generell ab. Das Ausbrechen einiger Werte aus diesem Verlauf beruht auf Streuung.

Auch beim 3-mm-Spaltsieb wächst mit der Sieblänge die mittlere Korngröße der Durchgänge. Die kleinsten  $MK$ -Werte (größte Feinheiten) gehören wieder zu den größten Schütthöhen. Wie beim 0,75-mm-Spaltsieb, so nimmt auch hier für

alle Schütthöhen die spez. Siebdurchgangsleistung  $D_s$  mit wachsender Sieblänge ab, während das Feinkornausbringen  $m$  mit der Sieblänge wächst.

Zur Bestimmung der oberen Berandungskorngröße der Durchgangskörnung des 3-mm-Spaltsiebes wurde wieder für alle 47 Versuche der mit dem Labor-Spaltsieb ermittelte Anteil des Siebfähigen durch Prüfsiebung analysiert. Dabei fanden bis 1 mm Öffnungsweite Quadratmaschensiebe (DIN 1171) und ab 2 mm Öffnungsweite Rundlochsiebe (DIN 1170) Verwendung. Nach der so ermittelten Prüfsiebanalyse beträgt die äquivalente Prüfsieböffnungsweite praktisch

$$l_{rA} \sim 6 \text{ mm,}$$

und der Äquivalenzfaktor errechnet sich zu

$$\alpha_A = \frac{l_s}{l_{rA}} = \frac{3}{\sim 6} \sim 0,5.$$

Unter Zugrundelegung dieser Körnungscharakteristik lieferte das 3-mm-Spaltsieb mit der in Deutzen abgeseibten Kohle je nachdem, welche Überkorngelalte man zulassen will, die Körnungen 0—4 mm mit rund 9% Überkorngelalt und 0—6 mm mit nur 0,5% Überkorngelalt. Da für F1-Briketts 12% Überkorn über 4 mm zugelassen sind, so kann man im vorliegenden Falle einen Siebkettenträger von 3 mm Spaltweite für die Herstellung einer solchen Brikettierkohlenkörnung verwenden, zumal bei der praktischen Siebung der Überkorngelalt noch etwas absinkt.

Der hiermit zwischen dem 0,75-mm- und 3-mm-Spaltsieb angestellte Vergleich zeigt, daß die Einflüsse von Kettengeschwindigkeit, Schütthöhe und Sieblänge auf den Absiebungsprozeß selbstverständlich auch bei dem letzteren Sieb vorhanden sind. Da die an sich unverändert gebliebene Kornzusammensetzung des Aufgabegutes durch die heraufgesetzte Spaltweite jedoch in einem siebtechnisch anderen Licht erscheint, indem der Anteil an Siebfähigem ( $F_{A_0}$ ) stark anwächst, der Anteil des Grenzkornes dagegen abnimmt, erhält die Absiebung auf dem 3-mm-Spaltsieb ein anderes Gepräge. Ein strenger Vergleich der Spaltweiten allein würde verhältnismäßige Aufgabekörnungen derart voraussetzen, daß  $F_{A_0} = \text{konst.}$  erfüllt wäre.

Durch die mit der Erhöhung der Spaltweite verbundene Steigerung der offenen Siebfläche von 29,4% auf 46,9%, vor allem aber durch die Einbeziehung von groben, gut rolligen Körnern in den Anteil des Siebfähigen und auf Grund der Tatsache, daß dieser Anteil beinahe das ganze Körnungsband des Aufgabegutes umfaßt, werden die Bewegungsverhältnisse in der Schüttung intensiviert, so daß die spez. Siebdurchgangsleistung  $D_s$  wie auch das Feinkornausbringen  $m$  stark anwachsen. Unter diesen Umständen erfahren die Einflüsse von Kettengeschwindigkeit und Schütthöhe gegenüber dem 0,75-mm-Spaltsieb eine Abwandlung, da sich innerhalb der gewählten Variationsbereiche beider Faktoren kaum Grenzbedingungen für den 3-mm-Spalt herbeiführen lassen. Erhalten bleibt, auch unter den gesteigerten Leistungsverhältnissen des 3-mm-Spaltsiebes, das Erscheinungsbild des Einflusses der Sieblänge.

Tabelle 10.  $D_{s_3}$ - und  $m_s$ -Werte für das 3-mm-Spaltsieb bei  $L = 8$  m

Ketten- geschwin- digkeit $v$ m/s	Mittlere Schütthöhe $h_{0m}$ in mm											
	26,0		50,1		75,6		99,9		120,8		140,9	
	$D_{s_3}$ t/m <sup>2</sup> h	$m_s$ %	$D_{s_3}$ t/m <sup>2</sup> h	$m_s$ %	$D_{s_3}$ t/m <sup>2</sup> h	$m_s$ %	$D_{s_3}$ t/m <sup>2</sup> h	$m_s$ %	$D_{s_3}$ t/m <sup>2</sup> h	$m_s$ %	$D_{s_3}$ t/m <sup>2</sup> h	$m_s$ %
0,10	0,7	97,5	1,2	95,8	1,5	91,0	1,8	86,3	2,5	89,3	3,1	90,5
0,15	0,9	98,7	1,6	94,5	2,3	89,0	2,8	88,2	3,6	86,5	3,9	86,1
0,20	1,1	97,1	2,2	94,0	3,0	88,4	3,9	88,9	4,5	82,2	5,0	87,1
0,25	1,5	95,9	2,5	93,1	3,8	84,0	4,7	86,1	5,9	82,0	6,9	83,1
0,30	1,8	96,0	3,1	91,6	4,2	89,0	5,5	85,2	6,8	84,0	8,1	77,4
0,35	1,9	96,5	3,4	93,9	5,4	84,5	6,7	87,1	7,6	80,8	10,0	85,3
0,40	2,3	96,5	4,2	93,0	5,9	86,9	8,2	85,5	9,3	83,4	10,9	82,0
0,50	3,1	96,2	5,0	93,1	7,2	90,5	9,4	83,3	10,2	79,3	—	—

Abstiebvorgang bei gegebenem Siebboden

#### 5.24 Der Sieberfolg bei verschiedenen Schütthöhen und Kettengeschwindigkeiten, aber konstanter spez. Siebbelastung

Die Untersuchungen am 0,75-mm- und 3-mm-Spaltsieb wurden bei verschiedenen Schütthöhen und Kettengeschwindigkeiten ausgeführt. Hierdurch ist es möglich, den Einfluß dieser beiden Faktoren auf das Absiebungsergebnis unter der Bedingung konstanter spez. Siebbelastungen zu prüfen. Wie in Gl. (44) angegeben, errechnet sich die spez. Siebleistung nach

$$A_{s_s} = 3,6 \cdot \frac{h_0}{L_{n_s}} \cdot v \cdot \gamma_s \quad [\text{t/m}^2\text{h}],$$

wobei der Zeiger 8 darauf hinweist, daß in diesem Falle eine nutzbare Sieblänge von  $L_n = 8$  m zugrunde gelegt wurde. Sieht man von den Schwankungen des Schüttgewichtes  $\gamma_s$  ab, so muß, wenn bei Variation von Schütthöhe und Kettengeschwindigkeit die Forderung  $A_{s_s} = \text{konst.}$  erhoben wird, auch das Produkt der beiden Variablen konstant sein. Die Bedingung lautet also  $h_0 \cdot v = \text{konst.}$  und besagt, daß beide Größen nach der Form einer Hyperbel voneinander abhängen. Aus den der Untersuchung des 0,75-mm- bzw. 3-mm-Spaltsiebes dienenden Reihen sind nun Versuche ausgewählt worden, für welche diese Bedingung näherungsweise erfüllt ist. Die interessierenden Werte dieser Versuche sind in den Tabellen 11 (für das 0,75-mm-Spaltsieb) und 12 (für das 3-mm-Spaltsieb) festgehalten. In allen Belastungsgruppen, die durch die Mittelwerte der spez. Siebbelastungen  $A_{s_s}$  (Spalte 9) gekennzeichnet sind, gehören zu den höchsten Kettengeschwindigkeiten die geringsten Schütthöhen und umgekehrt. Dabei ist für das *0,75-mm-Spaltsieb* zu beobachten, daß mit hoher Kettengeschwindigkeit und geringer Schütthöhe stets die besten Werte des Feinkornausbringens  $m_s$  (Spalte 10) erzielt werden. Eine auf Streuung beruhende Ausnahme bildet lediglich der Versuch Nr. 12. Zunehmende Schütthöhe erzwingt als dominierende Einflußgröße trotz abnehmender Kettengeschwindigkeit einen meist sehr wesentlichen Rückgang des Feinkornausbringens. Diese immer wiederkehrende Erscheinung erklärt sich leicht aus den schon gewonnenen Erkenntnissen, nach denen mit abnehmender Schütthöhe das Feinkornausbringen stark anwächst, während es mit höheren Kettengeschwindigkeiten nur einen gedämpften Rückgang erfährt. Die Versuche Nr. 5 und 1 wurden mit gleicher Kettengeschwindigkeit ( $v = 0,10$  m/s) gefahren, so daß neben der abnehmenden Feinheit des Siebfähigen ( $MK$  des Feinkorns — Spalte 7) allein die zunehmende Schütthöhe das Absinken des Feinkornausbringens bewirkt.

Grundsätzlich gleichartig liegen die Verhältnisse beim *3-mm-Spaltsieb*. Allerdings geht hier der sonst vorherrschende Einfluß der Schütthöhe infolge der bei nahezu gleichbleibender Aufgabekörnung vergrößerten Spaltweite etwas zurück, so daß die Stufungen der Werte des Feinkornausbringens feiner sind und die Streuungen, z. B. in den Belastungsgruppen 7,3 t/m<sup>2</sup>h und 12,5 t/m<sup>2</sup>h, den Zusammenhang zwischen  $v$ ,  $h_0$  und  $m_s$  beeinträchtigen. Das Ansteigen des Feinkornausbringens im Versuch 41 bzw. dessen Absinken im Versuch 20 dürfte im wesentlichen auf den Einfluß der  $MK$  des Feinkorns zurückzuführen sein.

Tabelle 11. Feinkornausbringen  $m_8$  bei konst. spez. Siebbelastung  $A_{s_8}$ 

Vers.- Grup- pe	Spalt- weite $l_s$ mm	Vers.- Nr.	Ketten- geschw. $v$ m/s	Schütt- höhe $h_0$ mm	Fein- korn in der Auf- gabe $F_{A_0}$ %	$M K$ des Fein- korns mm	Spez. Sieb- belastung $A_{s_8}$		Fein- korn- aus- bringen $m_8$ %	Spez. Sieb- durchg. Lei- stung $D_{s_8}$ t/m <sup>2</sup> h
							t/m <sup>2</sup> h	Mittel- wert t/m <sup>2</sup> h		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	0,75	12	0,40	29,3	46,3	0,56	3,1	2,9	70,5	1,0
		9	0,25	47,5	50,7	0,53	3,1		74,0	1,1
		21	0,15	67,5	48,5	0,52	2,7		72,0	0,9
		5	0,10	105,1	52,0	0,53	2,8		55,6	0,8
		1	0,10	121,9	39,4	0,61	3,0		42,7	0,5
		18	0,35	47,3	47,5	0,54	4,4	4,2	73,9	1,5
		22	0,20	81,6	44,2	0,56	4,4		70,9	1,4
		34	0,15	117,8	52,8	0,55	4,4		55,3	1,3
		3	0,10	148,6	44,8	0,54	3,8		34,5	0,6
		19	0,40	51,1	45,4	0,55	5,5	5,4	71,5	1,8
		23	0,25	84,4	39,2	0,58	5,5		69,5	1,5
		29	0,20	98,1	51,7	0,54	5,2		62,6	1,7
		40	0,15	144,4	47,4	0,61	5,4		37,4	0,9
		20	0,50	51,6	45,3	0,57	7,0	7,1	67,5	2,1
		25	0,35	77,0	44,6	0,58	7,1		67,5	2,1
		30	0,25	106,4	52,4	0,56	7,1		58,4	2,2
		41	0,20	141,8	48,3	0,58	7,1		43,3	1,5
		27	0,50	74,0	54,8	0,59	9,8	10,5	58,5	3,2
		33	0,40	103,6	59,3	0,54	10,7		51,5	3,3
		38	0,35	115,4	63,8	0,53	10,4		41,3	2,7
		43	0,30	143,0	62,1	0,56	11,2		41,5	2,9
		44	0,50	99,5	55,6	0,60	13,2	13,0	45,1	3,3
		39	0,40	123,6	60,5	0,54	12,8		39,5	3,0
		46	0,35	142,0	49,6	0,59	12,9		37,4	2,4

Wie aus Gl. (47) hervorgeht, errechnet sich die spez. Siebdurchgangsleistung für die nutzbare Sieblänge von  $L_n = 8$  m zu

$$D_{s_8} = 3,6 \cdot 10^{-4} \cdot m_8 \cdot F_{A_0} \cdot \frac{h_0}{L_{n_8}} \cdot v \cdot \gamma_s \quad [\text{t/m}^2\text{h}].$$

Sieht man von den Schwankungen der Siebbelastung selbst ab, so werden die spez. Siebdurchgangsleistungen von der Größe des Produktes  $m_8 \cdot F_{A_0} \cdot 10^{-4}$  bestimmt. Da das Feinkornausbringen mit wachsender Schütthöhe bei gleichzeitig abnehmender Kettengeschwindigkeit kleiner wird, gehen hiermit auch die  $D_{s_8}$ -Werte zurück.

Tabelle 12. Feinkornausbringen  $m_s$  bei konst. spez. Siebbelastung  $A_{s_s}$ 

Vers.- Grup- pe	Spalt- weite $l_s$ mm	Vers.- Nr.	Ketten- geschw. $v$ m/s	Schütt- höhe $h_0$ mm	Fein- korn in der Auf- gabe $F_{A_0}$ %	$M K$ des Fein- korns mm	Spez. Sieb- belastung $A_{s_s}$		Fein- korn- aus- bringen $m_s$ %	Spez. Sieb- durchg. Lei- stung $D_{s_s}$ t/m <sup>2</sup> h
							t/m <sup>2</sup> h	Mittel- wert t/m <sup>2</sup> h		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
II	3,0	8	0,50	27,0	93,9	1,83	3,4		96,2	3,1
		13	0,30	49,5	89,3	1,96	3,8		91,6	3,1
		19	0,20	76,1	89,6	1,96	3,8	3,7	88,4	3,0
		26	0,15	98,0	86,2	1,78	3,7		88,2	2,8
		41	0,10	140,8	95,1	1,55	3,6		90,5	3,1
		15	0,40	51,0	91,2	1,94	5,0		93,0	4,2
		20	0,25	76,5	93,8	2,08	4,8	4,9	84,0	3,8
		27	0,20	101,0	89,9	1,91	4,9		88,9	3,9
		34	0,15	121,5	87,8	1,86	4,7		86,5	3,6
		16	0,50	49,2	91,6	1,90	5,9		93,1	5,0
		21	0,30	74,5	84,6	1,86	5,5	5,9	89,0	4,2
		28	0,25	98,1	91,8	1,99	6,0		86,1	4,7
		35	0,20	119,0	90,7	2,06	6,0		82,2	4,5
		22	0,35	77,5	91,6	1,88	7,0		84,5	5,4
		29	0,30	100,0	88,6	2,00	7,3	7,3	85,2	5,5
		36	0,25	122,5	90,1	1,86	7,9		82,0	5,9
		43	0,20	138,5	83,9	1,91	6,8		87,1	5,0
		24	0,50	74,3	87,9	1,85	9,1		90,5	7,2
		30	0,35	99,5	87,7	1,87	8,7	9,1	87,1	6,7
		37	0,30	123,5	86,9	1,95	9,4		84,0	6,8
		44	0,25	143,0	89,7	1,78	9,3		83,1	6,9
		31	0,40	104,1	89,6	1,82	10,8		85,5	8,2
		38	0,35	121,2	87,7	1,95	10,7	10,9	80,8	7,6
		45	0,30	141,3	93,6	1,85	11,1		77,4	8,1
		32	0,50	98,2	90,3	1,74	12,5		83,3	9,4
		39	0,40	120,9	91,7	1,71	12,4	12,5	83,4	9,3
		46	0,35	141,4	92,8	1,62	12,7		85,3	10,0

Abweichungen von diesem Gang werden durch die Schwankungen der  $F_{A_0}$ -Werte bedingt.

Aus diesen Betrachtungen geht hervor, daß sich der technologisch und wirtschaftlich beste Erfolg dann einstellt, wenn eine vorgegebene spez. Siebbelastung bei hoher Kettengeschwindigkeit und gleichzeitig geringer Schütthöhe gefahren wird.



Die Größe der geforderten Siebbelastung muß jedoch den Verhältnissen und Bedingungen, unter denen abgesiebt wird, Rechnung tragen, denn die Tabellen 11 und 12 lassen erkennen, daß, wenn der Kettengeschwindigkeitsbereich nicht über 0,50 m/s hinaus erweitert wird, für beide Spaltweiten die Bestwerte des Feinkornausbringens der einzelnen Belastungsstufen mit wachsender spez. Siebbelastung absinken. Die spez. Siebdurchgangsleistungen, die entgegengesetzt laufen, also mit der spez. Belastung wachsen, werden dadurch mit weniger hohen  $m_s$ -Werten gepaart. Es ist also in praktischen Fällen stets zu prüfen, inwieweit ein Rückgang des Feinkornausbringens zu Gunsten einer höheren spez. Siebdurchgangsleistung in Kauf genommen werden kann. Ferner ist stets dann, wenn mit erhöhter Kettengeschwindigkeit gefahren wird, dem Verschleißproblem erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken.

Die hier für das 0,75-mm- und 3-mm-Spaltsieb dargestellten Zusammenhänge sind auch auf die dazwischen liegenden Siebspaltweiten übertragbar.

### 5.3 Der Absiebvorgang unter dem Einfluß verschiedener Siebbodenkennwerte

#### 5.31 Der Einfluß der offenen Siebfläche

Die Untersuchungen wurden an Sieben mit den Spaltweiten  $l_s = 1,25$  mm und  $l_s = 1,50$  mm ausgeführt. Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, ergeben sich durch Veränderung der oberen Profiltbreiten  $b$  (Stegbreiten) bei jeweils konstanter Spaltweite für jedes Sieb 3 verschiedene offene Siebflächen, und zwar

für das 1,25-mm-Spaltsieb  $F_0 = 41,0 - 34,2 - 30,8\%$   
(Vers.-Gr. IIIa — IIIb — IIIc)

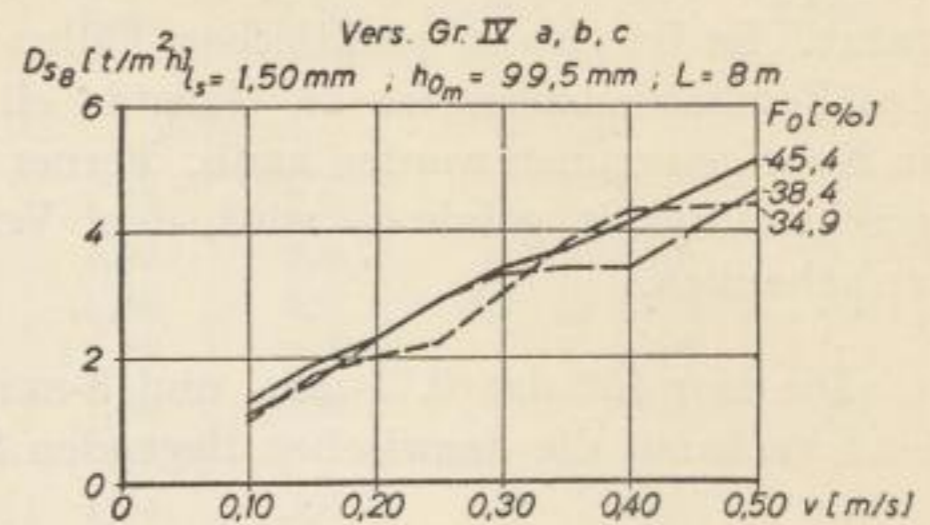
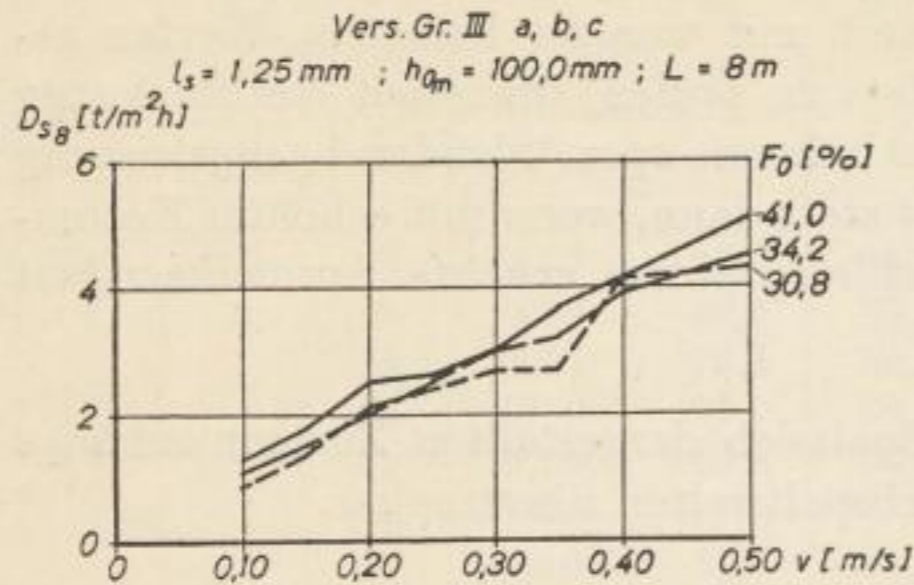
für das 1,50-mm-Spaltsieb  $F_0 = 45,4 - 38,4 - 34,9\%$   
(Vers.-Gr. IVa — IVb — IVc)

Für alle Versuchsgruppen wurde die Schütthöhe zu  $h_0 \sim 100$  mm gewählt, während die Kettengeschwindigkeit wieder zwischen 0,10 m/s und 0,50 m/s variiert wurde (siehe hierzu Tabelle 2). Die Auswertung der Versuche soll sich auf die für die gesamte Sieblänge von  $L = 8$  m gefundenen Werte beschränken, so daß neben der Schütthöhe (diese näherungsweise) auch die Sieblänge konstant ist.

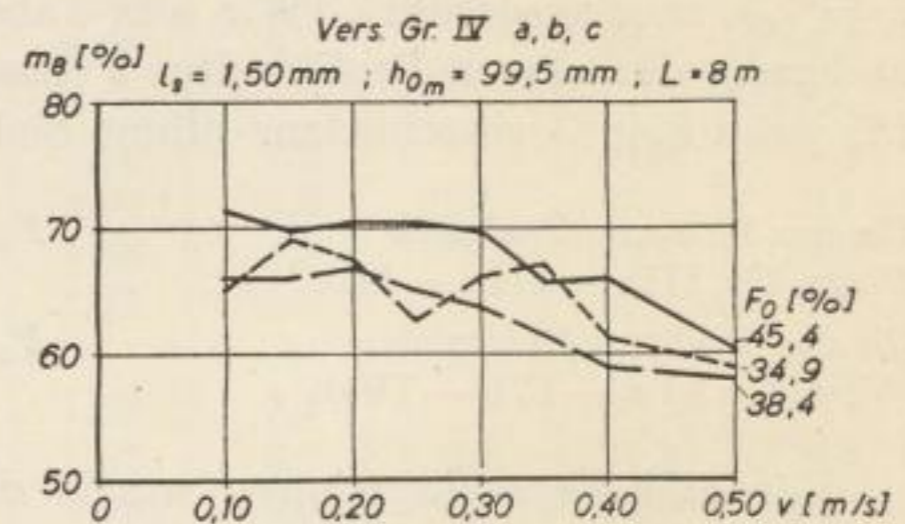
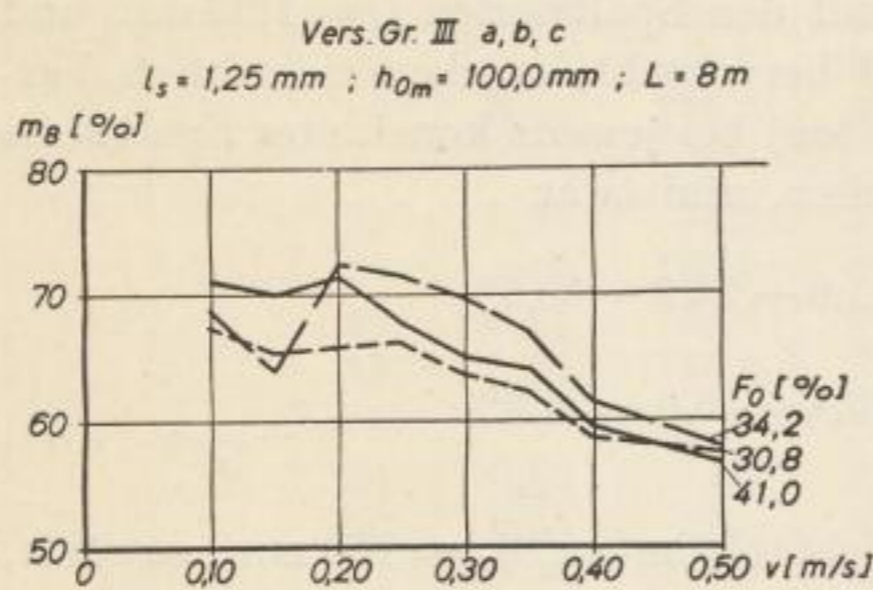
Die Veränderung der offenen Siebflächen in der Form, wie sie für diese Versuchsgruppen erreicht wurden, bringt keine Änderung der oberen Berandungskorngröße des Siebdurchganges mit sich, da eine solche stets an die Änderung der Spaltweite gebunden ist. Demnach können die Bewegungsvorgänge in der Schüttung auf dem Sieb nur dadurch belebt werden, daß die in allen Flächenelementen erhöhte Dichte der Sieböffnungen einer größeren Menge an Siebfeinem den gleichzeitigen Durchgang gestattet. Unter sonst gleichen Verhältnissen ist also die Erhöhung der Durchgangsleistungen und des Feinkornausbringens zu erwarten.

Während die Siebbelastungen  $A_{h_0}$  bzw.  $A_{s_0}$  für die in jeder Gruppe zu vergleichenden 3 Siebe gut übereinstimmten, wiesen die  $F_{A_0}$ -Werte wieder die üblichen

Schwankungen auf, so daß deren Einfluß auf die eingefahrenen Mengen an Siebfeinem ( $F_{a_0}$ ) unverkennbar blieb und bis in die Siebdurchgangsleistungen  $D_{h_s}$  und  $D_{s_s}$  fortwirkte. Wenn auch die zum größten  $F_0$ -Wert gehörende Kurve der spez. Siebdurchgangsleistung (Bilder 42 u. 43) bestrebt ist, über den Geschwindigkeits-



Bilder 42 und 43. Spez. Siebdurchgangsleistung  $D_{s_s}$



Bilder 44 und 45. Feinkornausbringen im Durchgang  $m_8$

bereich hinweg die höchsten Ordinatenwerte einzunehmen, so bringen die Linienzüge in ihrer Lage zueinander doch nicht den erwarteten Zusammenhang zwischen offener Siebfläche und Siebdurchgangsleistung klar zum Ausdruck. Gleiches gilt für die in den Bildern 44 u. 45 dargestellten Werte des Feinkornausbringens.

Ersetzt man bei der Ermittlung der spez. Leistungen des Siebes die nutzbare Siebfläche  $F_n$  durch die genutzte, absolute offene Siebfläche  $F_{0n}^*$  [ $\text{m}^2$ ], so ergeben sich die hierauf bezogenen spez. Leistungswerte  $(A_{s_s})_0$  und  $(D_{s_s})_0$ , beide in  $\text{t}/\text{m}^2\text{h}$ . Unter Verwendung der Beziehung

$$F_{0n}^* = F_n \cdot \frac{F_0}{100} \quad [\text{m}^2],$$

welche der Gl. (2) analog ist, folgt für

$$(A_{s_s})_0 = \frac{A_{h_0}}{F_{0n_s}^*} = \frac{A_{h_0}}{F_{n_s} \cdot \frac{F_0}{100}} = A_{s_s} \cdot \frac{100}{F_0} \quad [\text{t/m}^2\text{h}] \quad (66)$$

und für

$$(D_{s_s})_0 = \frac{D_{h_s}}{F_{0n_s}^*} = \frac{D_{h_s}}{F_{n_s} \cdot \frac{F_0}{100}} = D_{s_s} \cdot \frac{100}{F_0} \quad [\text{t/m}^2\text{h}]. \quad (67)$$

Die auf die nutzbare Siebfläche bzw. auf die genutzte, absolute offene Siebfläche bezogenen Größen unterscheiden sich also nur um einen für einen gegebenen Siebboden konstanten Faktor.

Ein durch Erhöhung der offenen Siebfläche erzielter größerer Siebdurchgang wird in der Kennziffer nicht klar zum Ausdruck kommen, da sich gleichzeitig die Bezugsbasis vergrößert.

Diese auf die absolut offene Siebfläche bezogenen Größen sind deshalb den auf der nutzbaren Siebfläche basierenden Werten nicht überlegen und erweisen sich als wenig geeignet, eine auf Vergrößerung der offenen Siebfläche beruhende Steigerung des Sieberfolges zu kennzeichnen.

Aus dem das gesteckte Ziel nicht ganz treffenden Ergebnis dieser Untersuchungen darf jedoch keinesfalls gefolgert werden, daß eine günstige Beeinflussung des Absiebungsergebnisses durch Erhöhung der offenen Siebfläche nicht existiere. Sie ist sicher vorhanden, doch muß, wenn sie unter den im praktischen Betrieb herrschenden Verhältnissen spürbar wirksam werden soll, der Zuwachs an offener Siebfläche größer sein, als es in unseren Untersuchungen der Fall war. Ihre Steigerung von 30,8% auf 41,0% (Vers.-Gr. III) und von 34,9% auf 45,4% (Vers.-Gr. IV) war für den Siebkettenförderer mit seiner wenig intensiven Durcharbeitung des Aufgabegutes offenbar zu gering, um bei den kleinen Spaltweiten ein klares Bild des Einflusses herbeizuführen.

Die äquivalenten Prüfsieböffnungsweiten wurden auf die schon früher beschriebene Weise ermittelt.

Sie vergeben sich praktisch zu

$$\text{bzw.} \quad \begin{array}{ll} l_{r_A} \sim 3 \text{ mm} & \text{für das 1,25-mm-Spaltsieb} \\ l_{r_A} \sim 3,5 \text{ mm} & \text{für das 1,50-mm-Spaltsieb} \end{array}$$

und die Äquivalenzfaktoren zu  $\alpha_A = 0,42$  bzw.  $\alpha_A = 0,43$ . Mit der in Deutzen verarbeiteten Kohle wird die Körnung 0—2 mm vom 1,25-mm-Spaltsieb mit rund 12% Überkorngelalt und vom 1,50-mm-Spaltsieb mit rund 19% Überkorngelalt geliefert. Die Körnung 0—3 mm wäre nur noch mit ca. 1% bzw. 2% Überkorngelalt behaftet. Da für F3-Briketts ein Überkorngelalt von 16% über 2 mm zugelassen ist, würde das 1,25-mm-Spaltsieb in der Lage sein, eine einwandfreie Körnung für diese Brikettsorte zu liefern.

## 5.32

## Der Einfluß der Spaltweite

## 5.321

*Ergebnisse der vergleichenden Untersuchungen*

In diese Untersuchungen wurden Siebe mit folgenden Spaltweiten und offenen Siebflächen einbezogen:

$l_s = 0,75 \text{ mm}$	$F_0 = 29,4\%$	$F_{0n}^* = 0,89 \text{ m}^2$	(Vers.-Gr. I)
$l_s = 1,00 \text{ mm}$	$F_0 = 35,7\%$	$F_{0n}^* = 1,08 \text{ m}^2$	(Vers.-Gr. V)
$l_s = 1,25 \text{ mm}$	$F_0 = 41,0\%$	$F_{0n}^* = 1,25 \text{ m}^2$	(Vers.-Gr. IIIa)
$l_s = 1,50 \text{ mm}$	$F_0 = 45,4\%$	$F_{0n}^* = 1,38 \text{ m}^2$	(Vers.-Gr. IVa)
$l_s = 1,75 \text{ mm}$	$F_0 = 38,4\%$	$F_{0n}^* = 1,17 \text{ m}^2$	(Vers.-Gr. VI)
$l_s = 2,00 \text{ mm}$	$F_0 = 41,7\%$	$F_{0n}^* = 1,27 \text{ m}^2$	(Vers.-Gr. VII)
$l_s = 2,50 \text{ mm}$	$F_0 = 42,4\%$	$F_{0n}^* = 1,29 \text{ m}^2$	(Vers.-Gr. VIII)
$l_s = 3,00 \text{ mm}$	$F_0 = 46,9\%$	$F_{0n}^* = 1,42 \text{ m}^2$	(Vers.-Gr. II).

Die Änderung der offenen Siebflächen mit den Spaltweiten (Bild 46) ist keine gesetzmäßig definierte oder besonders gewünschte, sondern ergab sich zwangsläufig aus den üblichen Fertigungsvorschriften. Wenn also in diesem Abschnitt die Ergebnisse von Sieben verschiedener Spaltweite verglichen werden, so ist in ihnen mehr oder weniger stark auch der Einfluß der verschieden großen, offenen Siebflächen enthalten.

Für alle Versuche dieser Untersuchungsreihe wurde die Schütthöhe von  $h_0 = 100 \text{ mm}$  angestrebt. Die tatsächlich erreichten Höhen schwanken nur wenig um diesen Richtwert, so daß  $h_0 \sim 100 = \text{konst.}$  gesetzt werden kann.

Es sollen zunächst Ergebnisse von Versuchen betrachtet werden, für welche die Kettengeschwindigkeit mit  $v = 0,30 \text{ m/s}$  konstant war, während die Sieblänge  $L$  bzw. die Spaltweite  $l_s$  variabel blieben.

Bild 47 zeigt im Säulen-Diagramm die Werte von  $A_{h_0}$ ,  $F_{A_0}$  und  $F_{a_0}$ . Während die Siebbelastung  $A_{h_0}$  wunschgemäß nahezu konstant bleibt, ist zu erkennen, wie Anteile ( $F_{A_0}$ ) und Mengen ( $F_{a_0}$ ) an Siebfeinem mit der Spaltweite anwachsen.

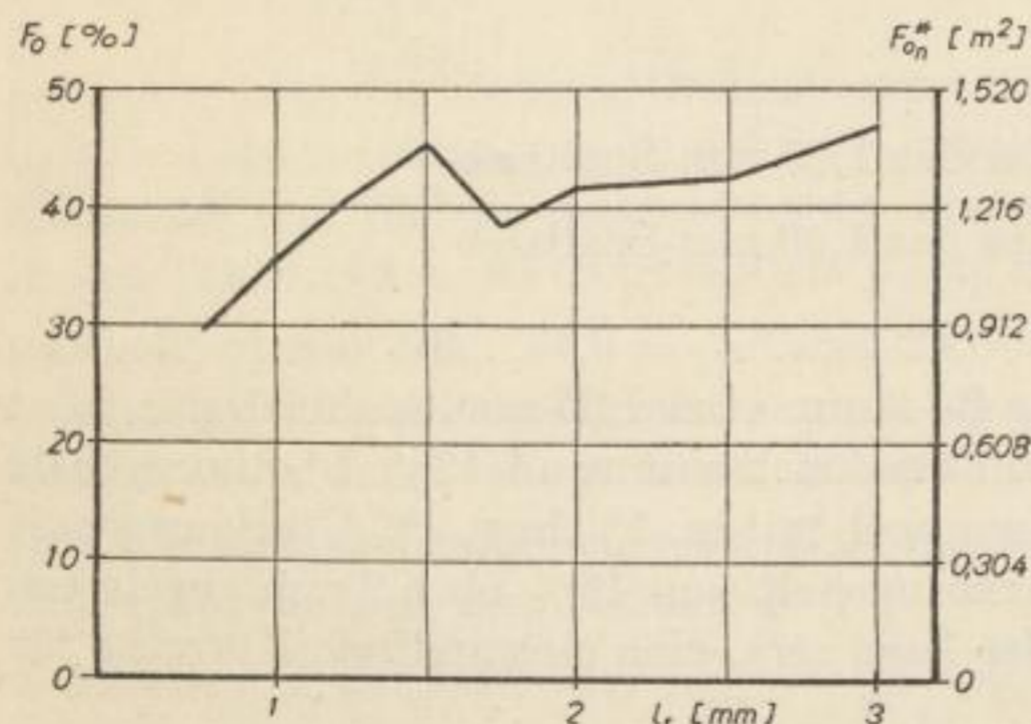


Bild 46. Zusammenhang zwischen Spaltweite und offener Siebfläche. Vergleich der Spaltweiten

Wenn wir von den betriebsüblichen Schwankungen in der Kornzusammensetzung des Aufgabegutes absehen, liegt eine reine Abhängigkeit der Werte  $F_{A_0}$  und  $F_{a_0}$  von der Spaltweite  $l_s$  vor. Das Anwachsen des Prozent-Anteiles an Siebfeinem  $F_{A_0}$  besagt, daß der Grobkorn-Anteil immer geringer wird. Für die Spaltweite von  $l_s = 3$  mm, der eine äquivalente Rundlochweite von  $\sim 6$  mm entspricht,

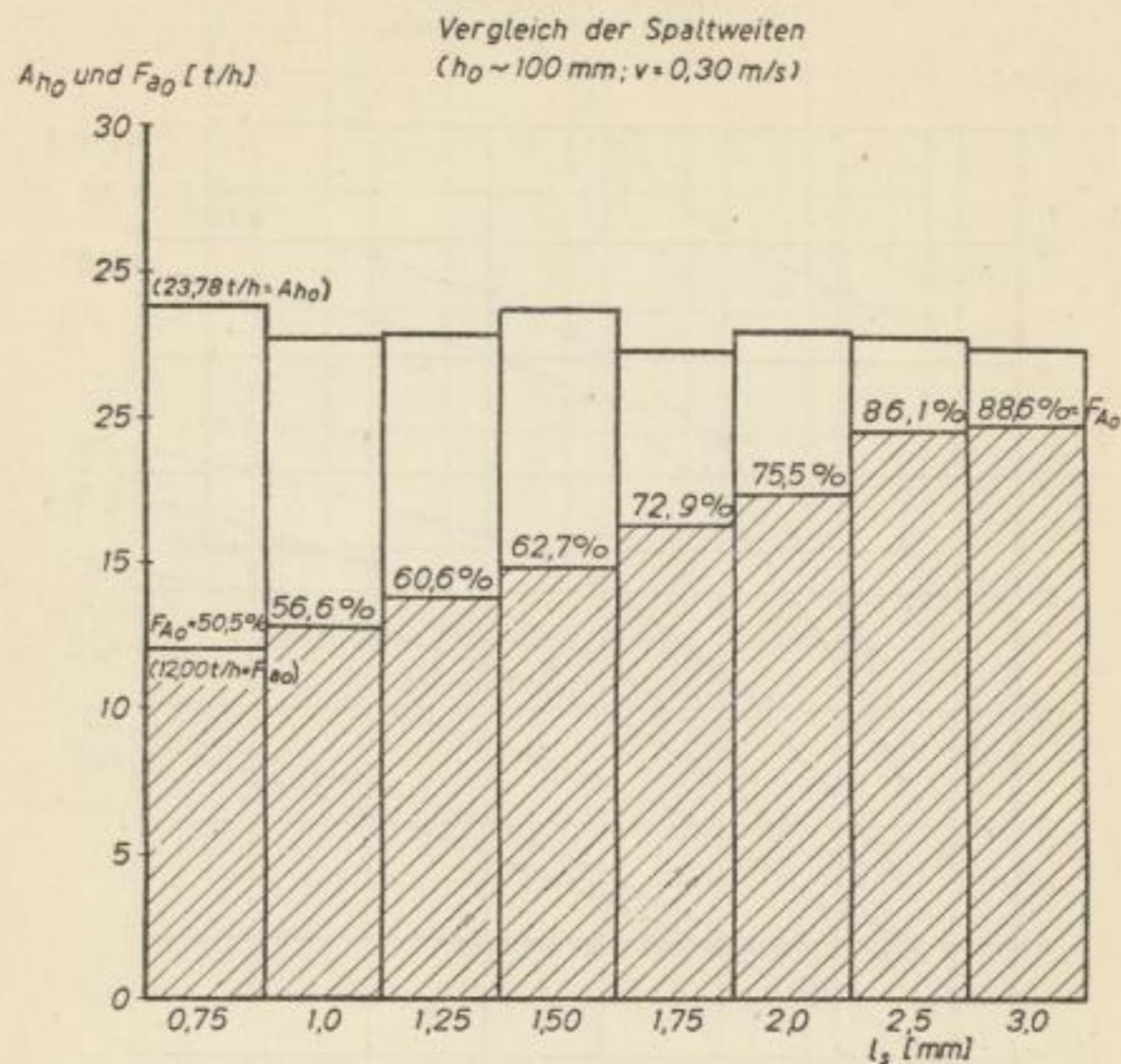


Bild 47. Stdl. Aufgabemenge  $A_{h_0}$ , Anteil  $F_{A_0}$  und Menge des Siebfeinen  $F_{a_0}$

befinden sich bereits 88,6% Siebfähiges in der Aufgabekörnung, deren obere Berandungskorngröße für alle Versuche bei 8 mm (bis zu 6% Überkorn) lag. Ein Vergleich des Einflusses der Spaltweiten bei einem konstanten  $F_{A_0}$ -Wert liegt also nicht vor.

Wie schon erwähnt, werden die Bewegungsverhältnisse in der Schüttung dadurch intensiver, daß immer größere Körner und größere Anteile des Aufgabegutes bei gleichzeitigem Rückgang des Anteiles an Grenzkorn siebfähig werden, doch verliert in diesem Falle mit zunehmender Spaltweite der Siebprozeß an sich durch die Zunahme von  $F_{A_0}$  immer mehr von seinem Charakter. Für  $F_{A_0} = 100\%$  liegt schließlich kein Absiebungs-, sondern nur noch ein „Durchlaufproblem“ vor. Unter diesen Bedingungen ist also mit deutlicher Erhöhung des Absiebungserfolges zu rechnen, was im Bild 48 an der Staffelung der  $D_h$ -Kurven zu erkennen ist. Darüber hinaus bestätigt sich am Verlauf der einzelnen Kurven der bekannte  $D-L$ -Zusammenhang für alle Spaltweiten.

Zur weiteren Charakterisierung des Siebprozesses wurden für die verschiedenen Siebe die Sieblängen  $L_H$  ermittelt, die zur Absiebung der Hälfte des eingebrachten

Siebfeinen ( $D_h = \frac{1}{2} F_{a_0}$ ) benötigt werden (Bild 49). Während auf dem 0,75-mm-Spaltsieb die Hälfte des Siebfeinem erst nach 5,9 m Sieblänge abgeschieden ist, wird dies auf dem 3-mm-Spaltsieb bereits bei einer Sieblänge von 2 m erreicht.

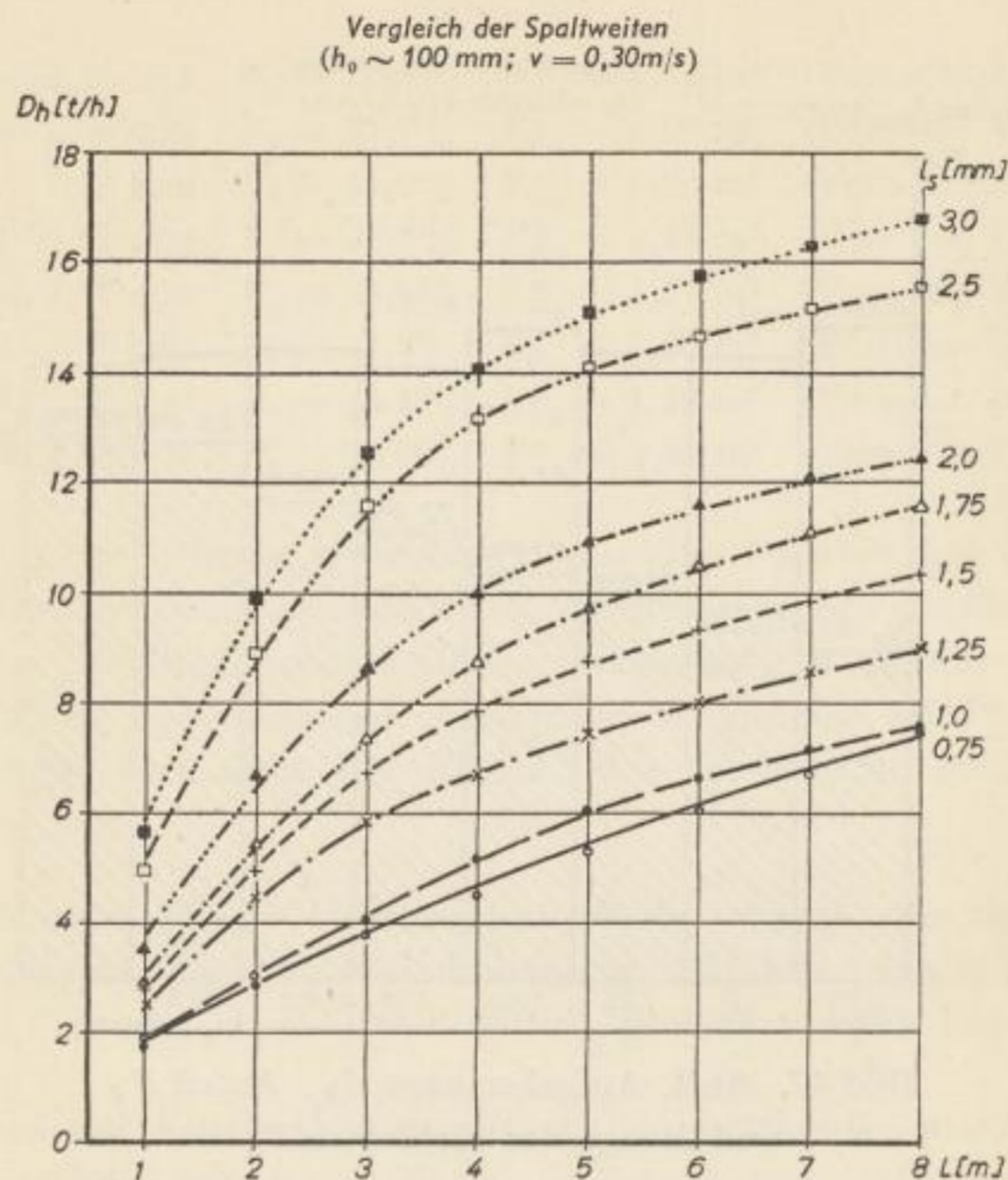


Bild 48. Siebdurchgangsleistung  $D_h$

Die spez. Siebdurchgangsleistungen  $D_s$  (Bild 50) wachsen mit der Spaltweite für alle Sieblängen, wenn wir von dem Vertauschen der Meßpunkte für  $l_s = 0,75 \text{ mm}$  und  $l_s = 1 \text{ mm}$  auf den ersten beiden Siebmetern absehen. Mit der Sieblänge nehmen die  $D_s$ -Werte in der bekannten Form ab, wobei die relative Abnahme zwischen  $L = 1 \text{ m}$  und  $L = 8 \text{ m}$  für das 3-mm-Spaltsieb mit 63,1% am höchsten ist und für die Spaltsiebe von 0,75 mm bzw. 1,0 mm auf rund 50% absinkt.

Wie es in der Fachliteratur vielfach geschehen ist, wurden zum vereinfachten Vergleich der spez. Durchgangsleistungen der verschiedenen Siebe im Bild 51 die  $D_s$ -Werte abhängig von der Sieblänge für jeweils gleiches Feinkornausbringen ( $m_b =$  Bezugswert des Feinkornausbringens) aufgetragen. Das Feinkornausbringen  $m_b$  ist dabei das arithmetische Mittel der in den einzelnen Versuchen für die jeweilige Sieblänge tatsächlich erzielten  $m$ -Werte. Dieses Verfahren muß jedoch als nicht korrekt angesehen werden, da das Feinkornausbringen selbst eine charakteristische Größe für die Trennleistung eines jeden Siebes ist. Setzt man den Wert  $m$

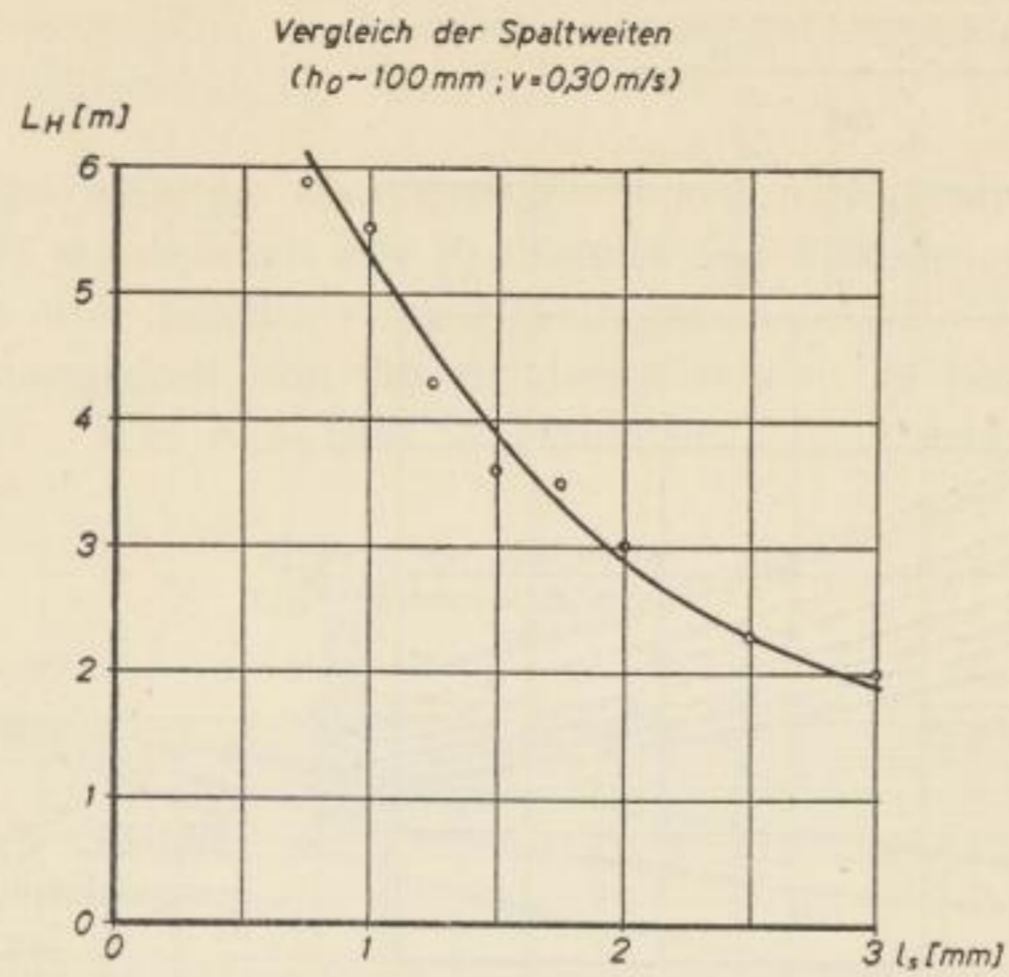


Bild 49. Sieblänge  $L_H$ , abhängig von der Spaltweite  $l_s$

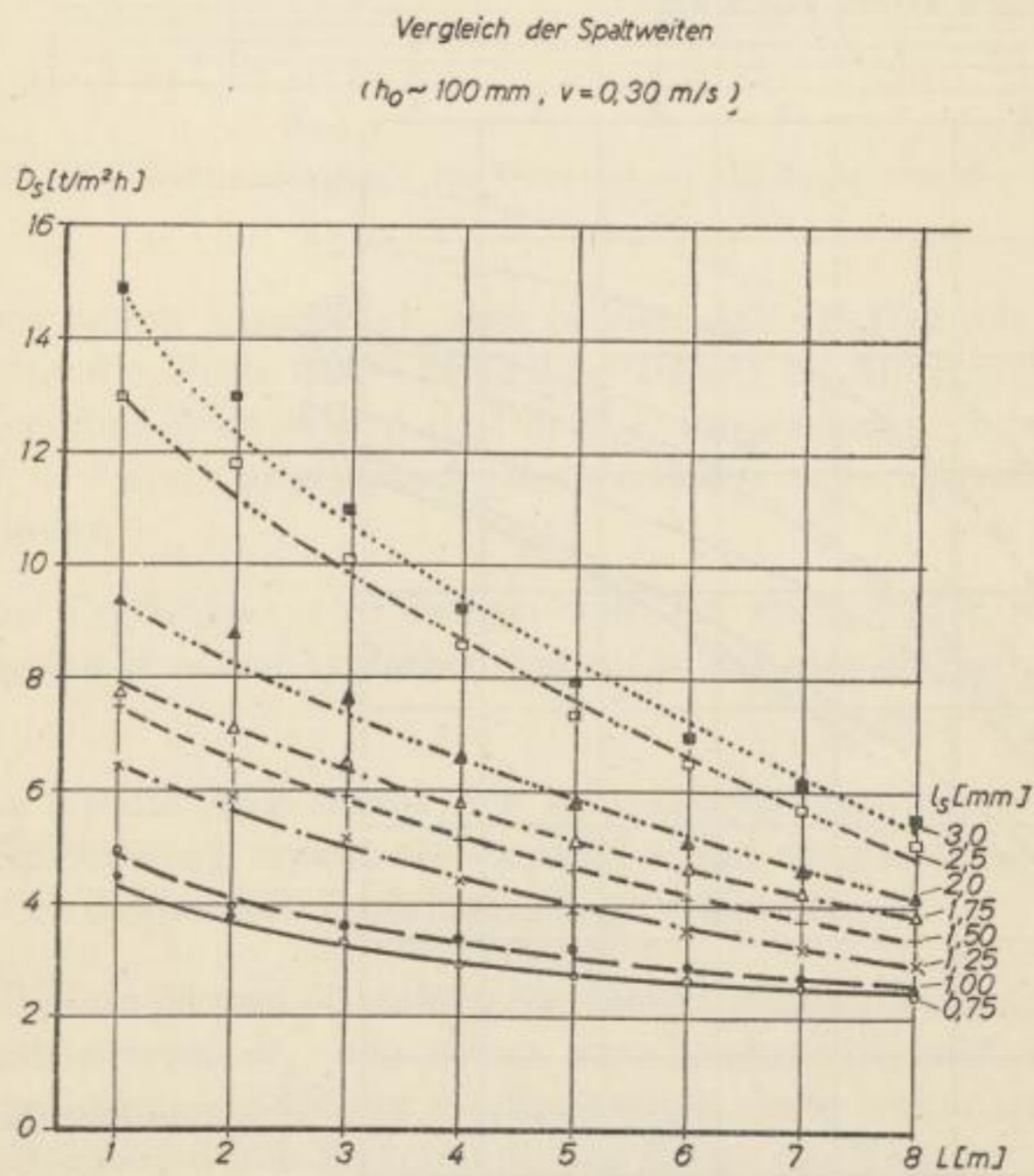


Bild 50. Spezifische Siebdurchgangsleistung  $D_s$

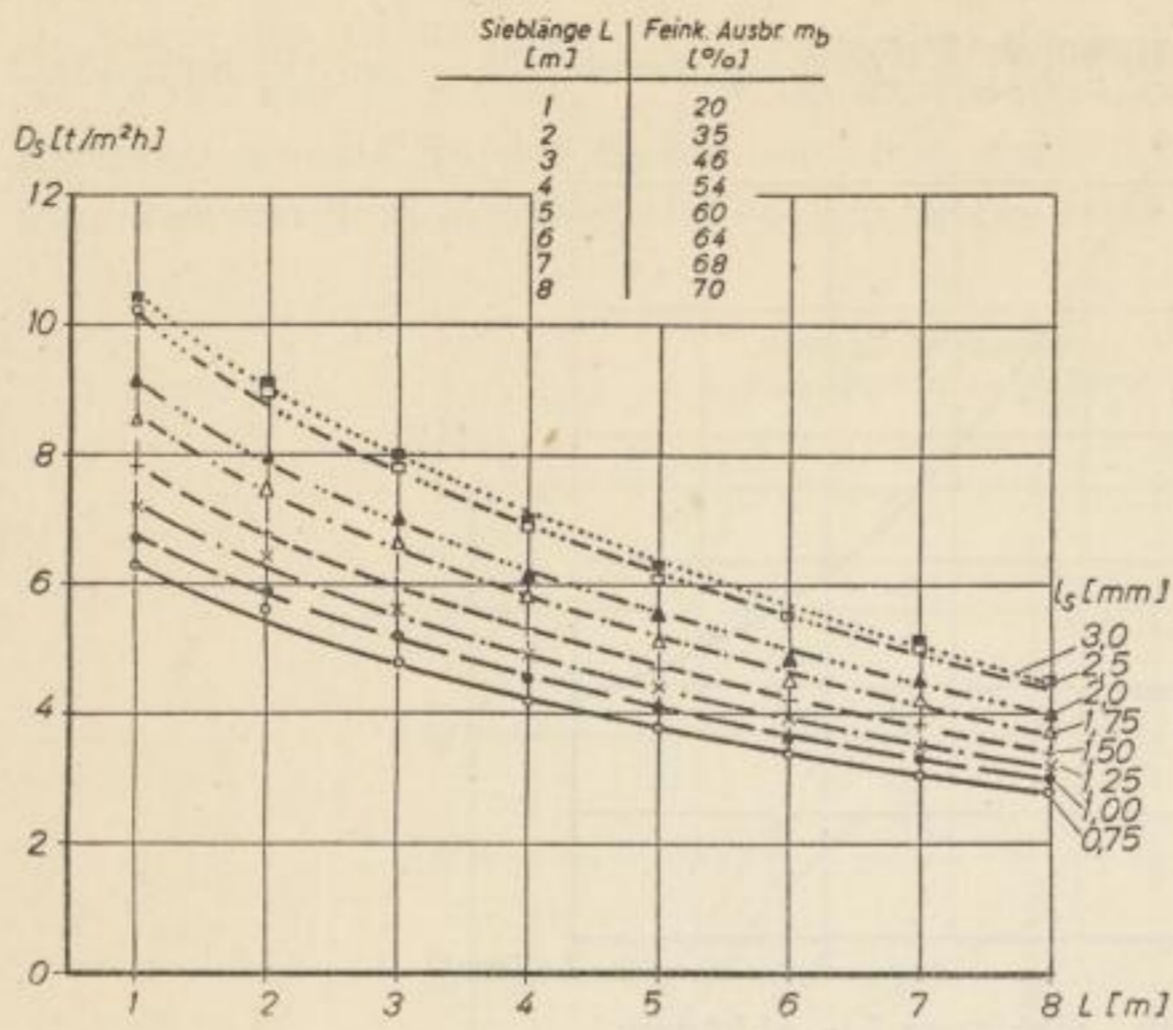


Bild 51. Spezifische Siebdurchgangsleistung  $D_s$  für gleiches Feinkornausbringen

Vergleich der Spaltweiten  
 ( $h_0 \sim 100$  mm;  $v = 0,30$  m/s)

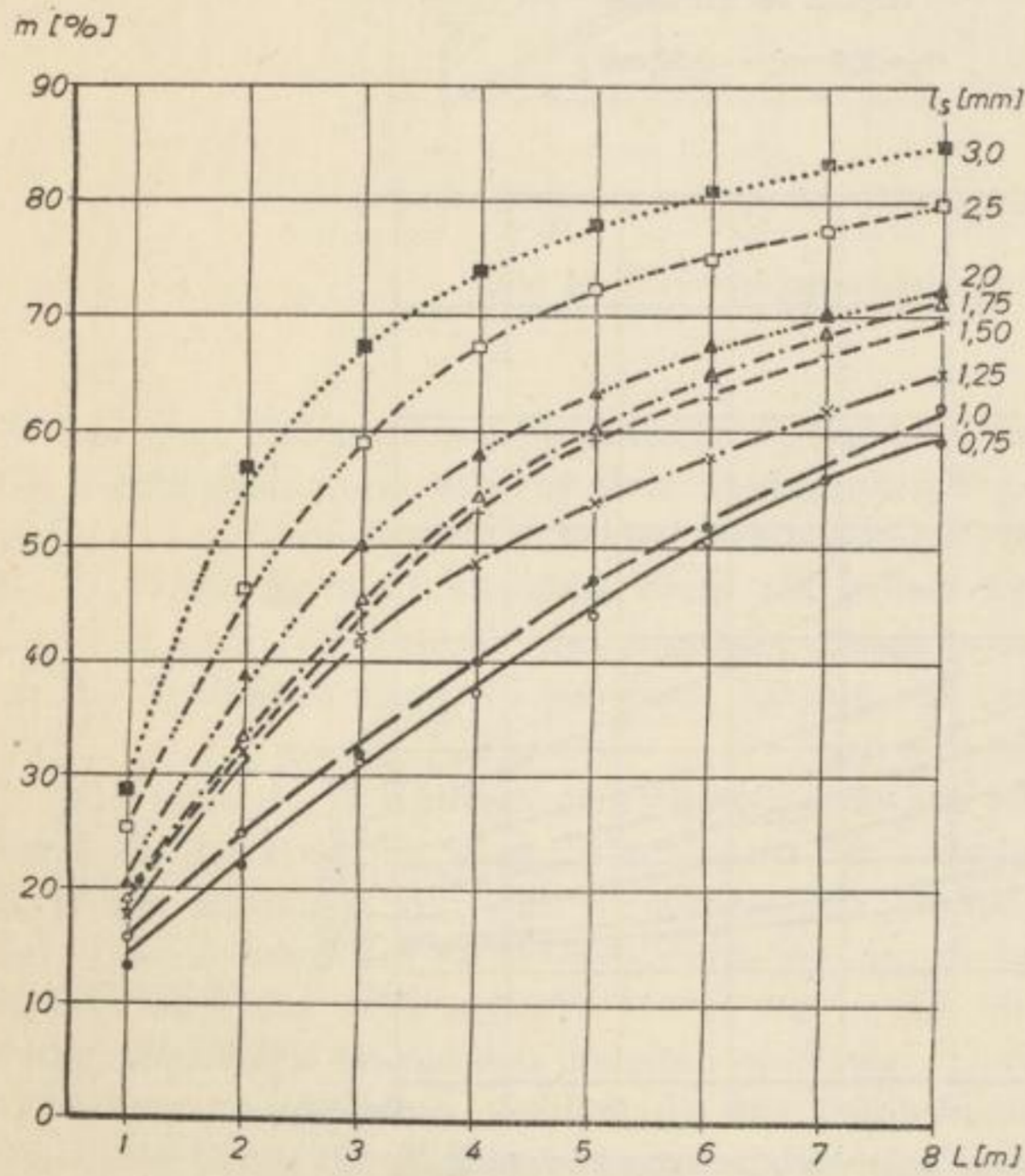


Bild 52. Feinkornausbringen im Durchgang  $m$



als konstant fest, so werden einige Siebe benachteiligt, andere dagegen in ihrer Wirkung zu hoch veranschlagt.

Den Bewegungsvorgängen über dem Siebboden entsprechend staffeln sich die Kurven im Bild 52 so, daß mit der Spaltweite das Feinkornausbringen  $m$  für alle Sieblängen — von zwei durch Streuung bedingten Überschneidungen abgesehen — zunimmt. In Abhängigkeit von der Sieblänge zeigen die Kurven den bekannten Exponentialverlauf. Wie aus Bild 53 ersichtlich, ist dieser für die Spaltweite

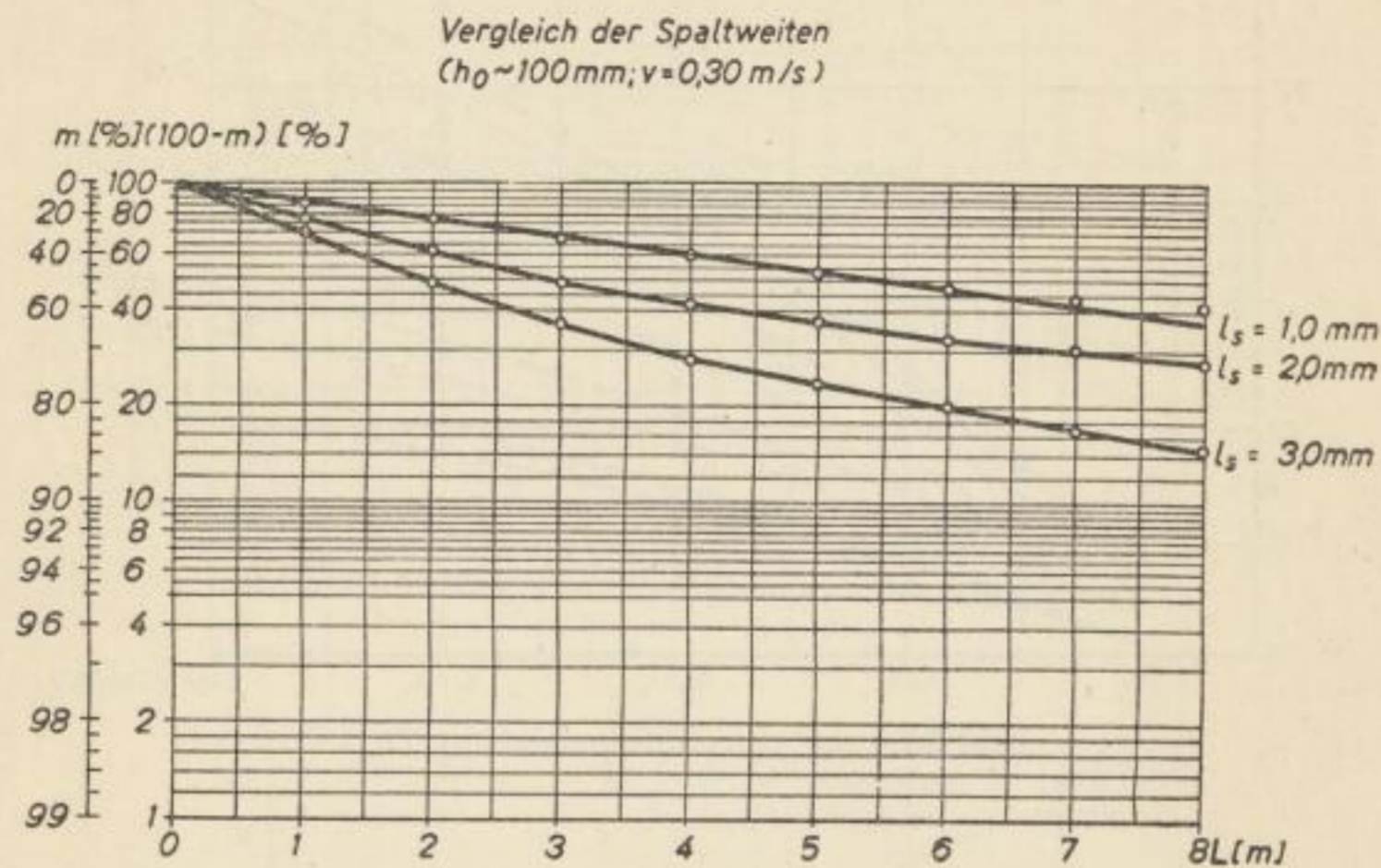


Bild 53. Feinkornausbringen im Durchgang, abhängig von der Sieblänge

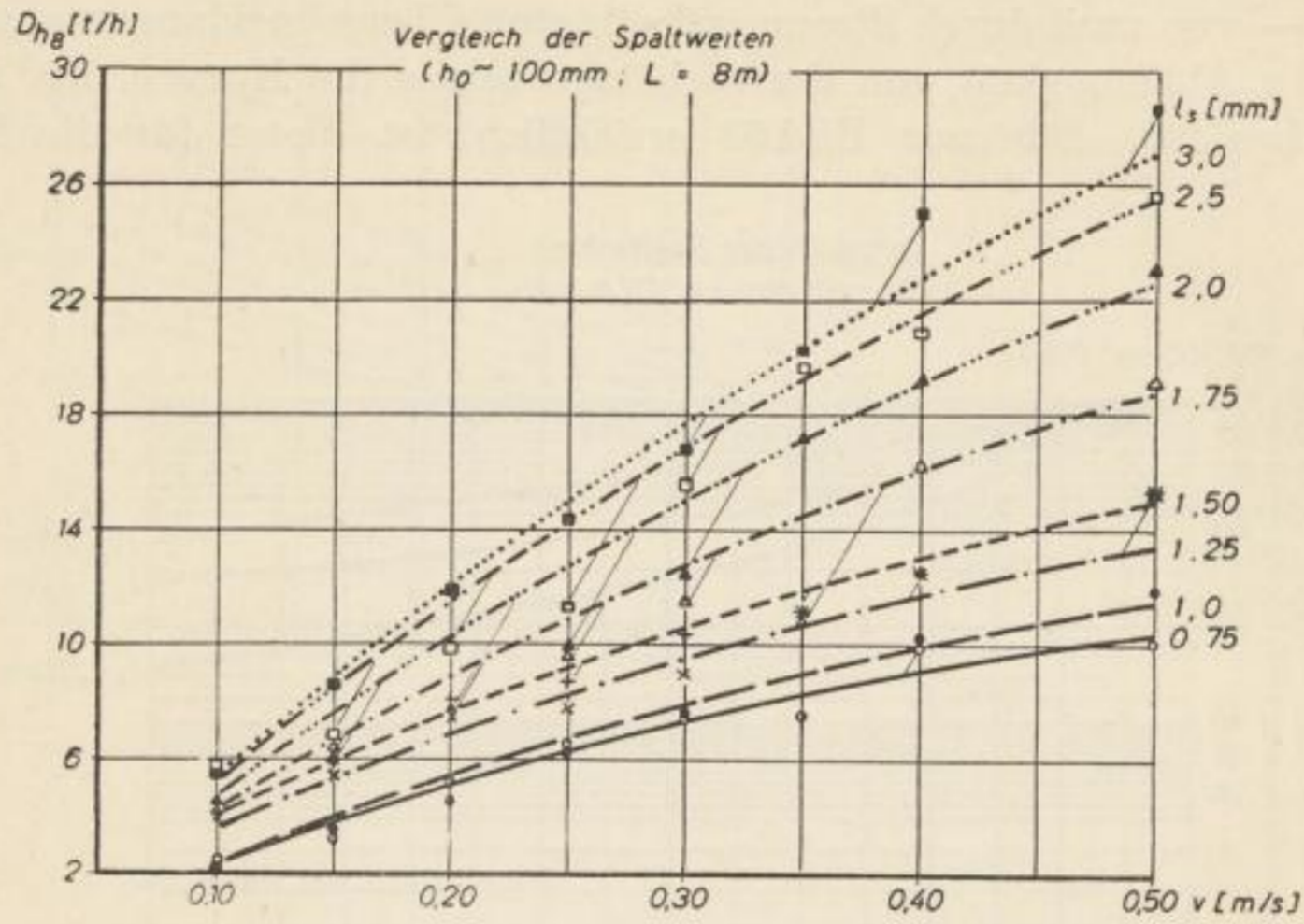
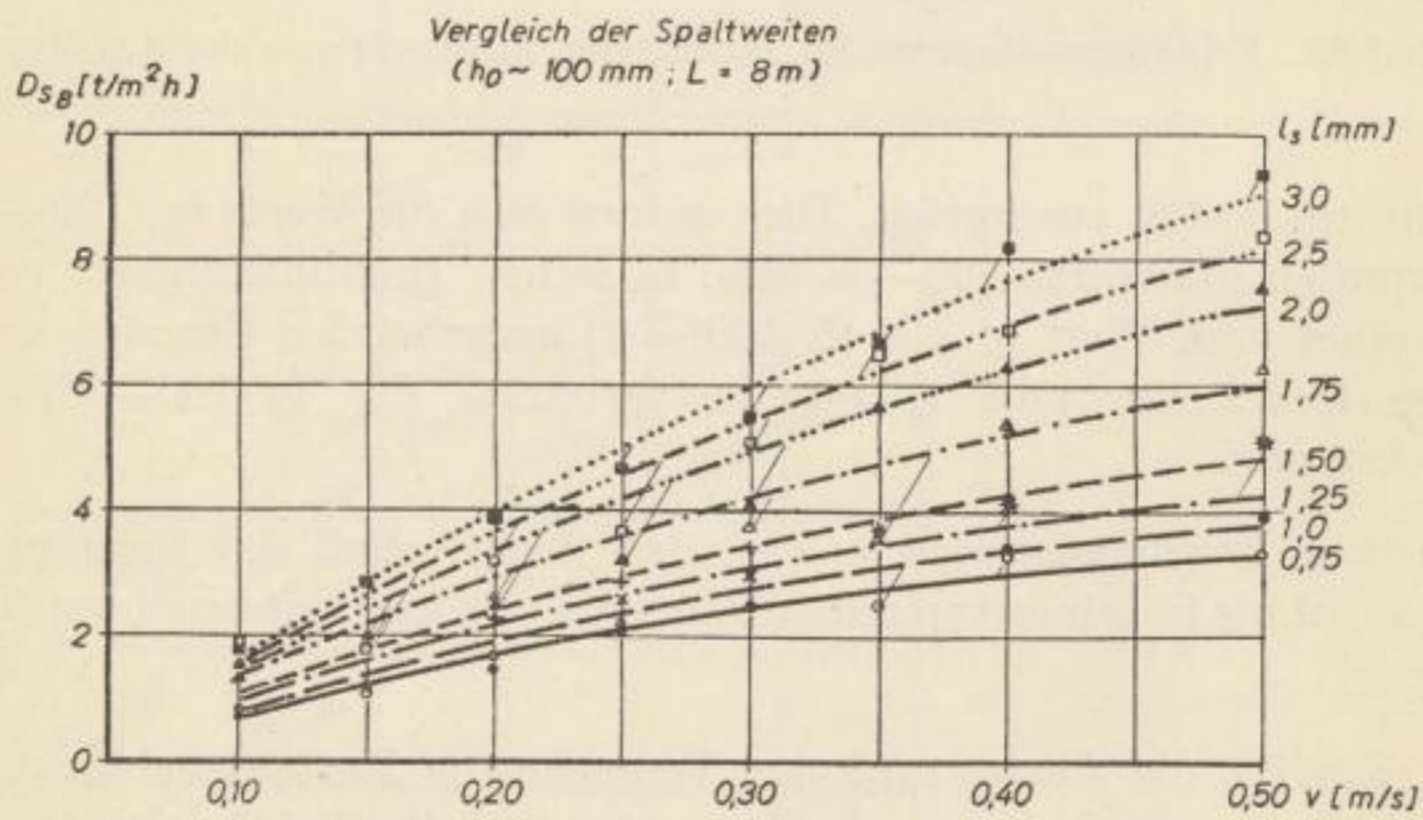
$l_s = 1,0 \text{ mm}$  am besten ausgeprägt. Hier ordnen sich die Werte  $\lg(100 - m)$  (angeschrieben wurden die Werte  $100 - m$  bzw.  $m$  selbst) in Abhängigkeit von  $L$  recht genau auf einer vom Wert  $m = 0$  ( $\lg 100 = 2$ ) ausgehenden Geraden an. Für die Spaltweiten  $l_s = 2 \text{ mm}$  und  $l_s = 3 \text{ mm}$  verlaufen die  $\lg(100 - m) - L$ -Kurven schwach gekrümmt.

Durch diese Ergebnisse wird belegt, daß der Einfluß der Sieblänge auf das Absiebungsergebnis in seiner typischen Form für alle hier untersuchten Spaltweiten wirksam ist.

Wählt man für die Auswertung der Versuche die Kettengeschwindigkeit  $v$  als Abszisse, die Spaltweite  $l_s$  erneut als Parameter und die Sieblänge  $L$  als Konstante ( $L = 8 \text{ m}$ ), so werden andere Zusammenhänge erkennbar.

Nach den Bildern 54 und 55 zeigen die Siebdurchgangsleistungen  $D_{h_s}$  und spez. Siebdurchgangsleistungen  $D_{s_s}$  den schon verschiedentlich erörterten Einfluß der Kettengeschwindigkeit. Je kleiner die Spaltweite, desto früher ist mit wachsender Kettengeschwindigkeit durch Krümmung der Kurve die Näherung an einen Grenzwert zu erkennen.

Auch im Bild 56 kehren die schon früher herausgestellten Einflüsse der Kettengeschwindigkeit auf die Werte des Feinkornausbringens  $m_g$  wieder. Je kleiner die Spaltweite ist, um so mehr fallen die  $m_g$ -Werte mit steigender Kettengeschwindigkeit ab, nachdem sie vorher für einige mittlere Geschwindigkeiten Bestwerte gebildet

Bild 54. Siebdurchgangsleistung  $D_{hg}$ Bild 55. Spez. Siebdurchgangsleistung  $D_{sg}$ 

haben. Diese letzte Erscheinung schwindet mit wachsender Spaltweite ganz, während sich das Abfallen der  $m_g$ -Werte mit wachsendem  $v$  nur etwas verringert. Die größte Spaltweite, die schon die höchsten spez. Siebdurchgangsleistungen  $D_{sg}$  brachte, liefert auch für alle Kettengeschwindigkeiten die besten Werte des Feinkornausbringens  $m_g$ .

Der Überblick über die Wirkung der den Siebprozeß beeinflussenden Faktoren wird ergänzt, wenn man schließlich die Spaltweite als Abszisse und die Kettengeschwindigkeit als Parameter wählt, die Sieblänge mit  $L = 8\text{ m}$  dagegen weiterhin konstant hält.

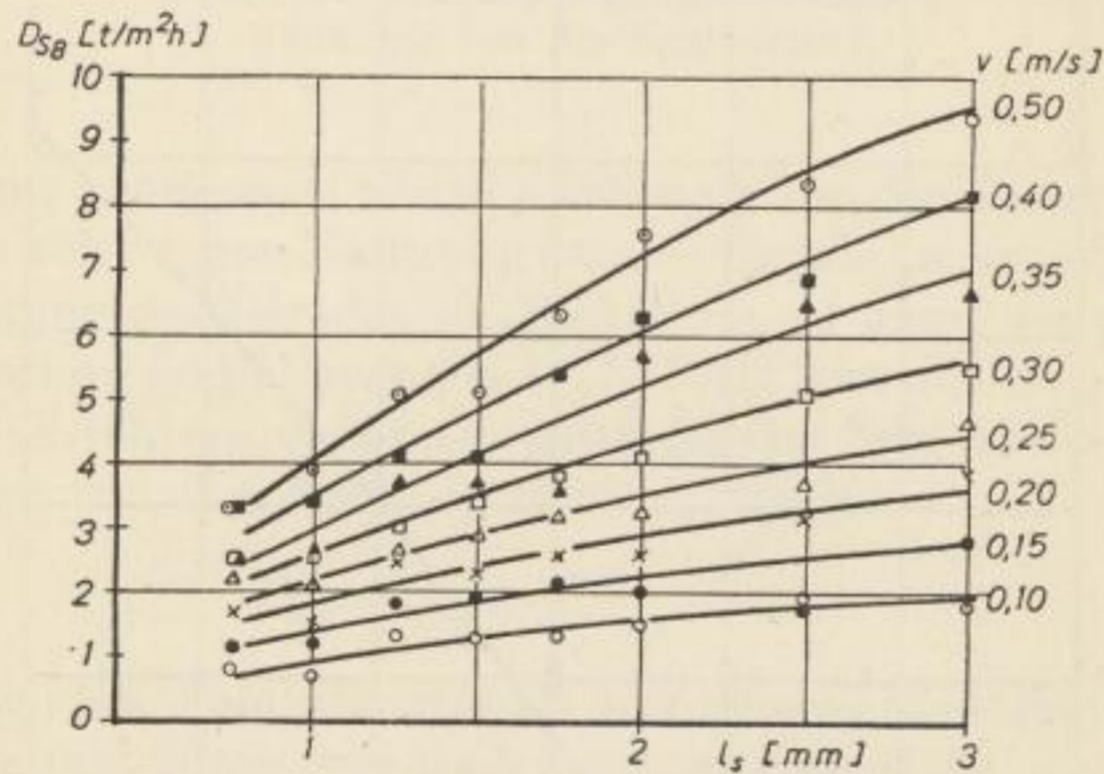
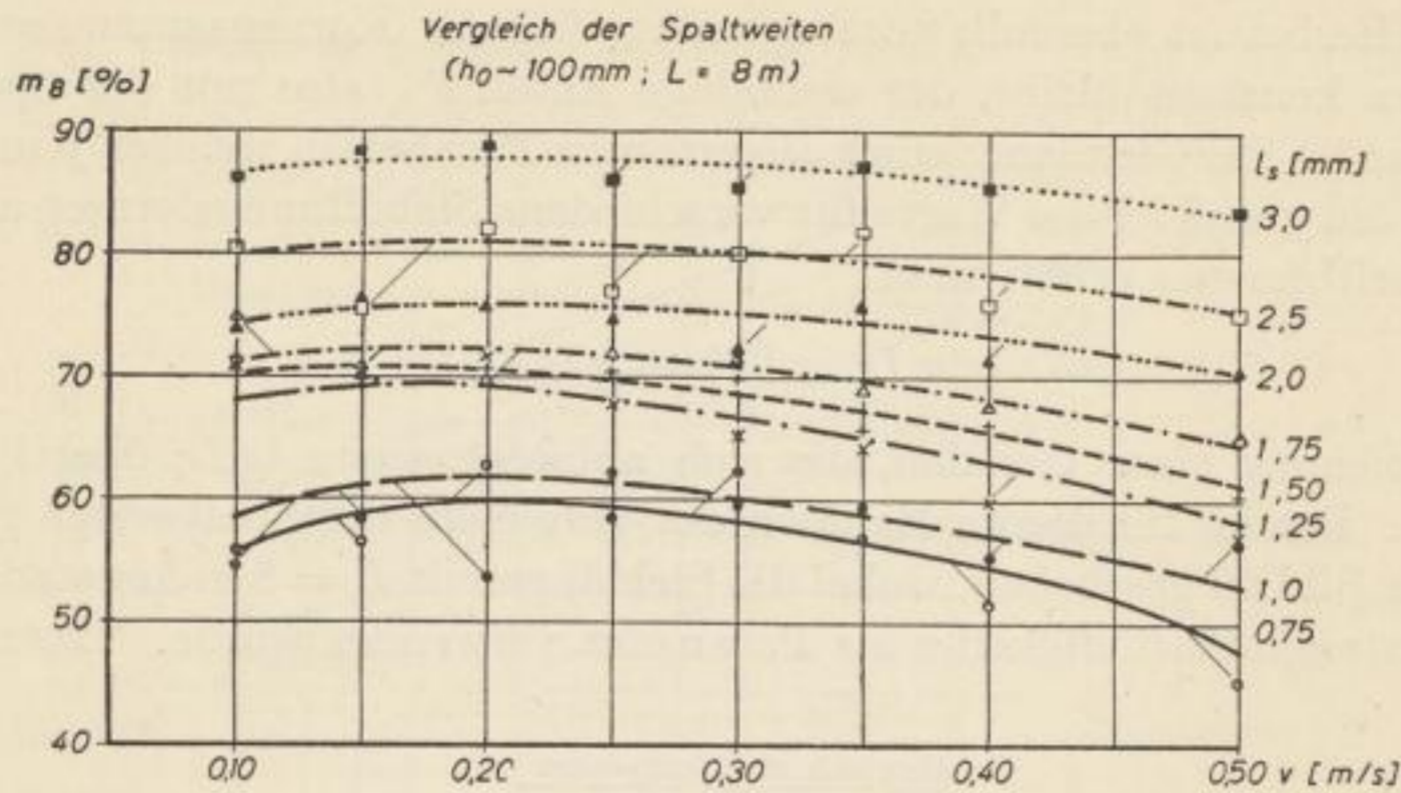


Bild 57 zeigt, wie die spez. Siebdurchgangsleistungen  $D_{s_8}$  mit der Spaltweite wie auch mit der Kettengeschwindigkeit anwachsen. Daß die Kurven in ihrem Verlauf eine schwache, zur Abszisse konkave Krümmung aufweisen, resultiert ebenfalls daraus, daß der Zuwachs an Siebfähigem mit steigender Spaltweite abnimmt (siehe Bilder 47 und 63). Den gleichartigen Kurvenverlauf weisen auch die Siebdurchgangsleistungen  $D_{h_8}$  auf.

Da mit wachsender Spaltweite die Bedingungen für das siebfähige Gut, in den Durchgang zu gelangen, immer günstiger werden, steigt das Feinkornausbringen  $m_8$  mit der Spaltweite stark an (Bild 58).

RAMMLER [56] [20] konnte nachweisen, daß in einem weiten Bereich der Klassierungsfeinheit die spez. Siebdurchgangsleistung  $D_s$  von der Spaltweite  $l_s$  nach der Beziehung

$$D_s = p \cdot l_s^q \quad (68)$$

abhängt. (Hierbei ist ebenfalls vorausgesetzt, daß die Kornzusammensetzung des Aufgabegutes konstant bleibt, der siebfähige Anteil  $F_{A_0}$  also mit der Spaltweite  $l_s$  wächst.) Das ist die Gleichung einer allgemeinen Parabel, in welcher  $p$  und  $q$  Konstante sind, die verschiedene Werte für verschiedene Sieböffnungsformen annehmen. Durch Logarithmieren erhält man

$$\lg D_s = \lg p + q \lg l_s, \quad (69)$$

also die Gleichung einer Geraden, die sich abbildet, wenn  $\lg D_s$  über  $\lg l_s$  aufgetragen wird. Das ist für die im Rahmen des Vergleichs der Spaltweiten gefahrenen Versuche im Bild 59 geschehen, wobei die Sieblänge mit  $L = 8$  m konstant gehalten und die Kettengeschwindigkeit  $v$  als Parameter verwendet wurde. Trotz Streuung

Vergleich der Spaltweiten

$h_0 \sim 100$  mm;  $L = 8$  m

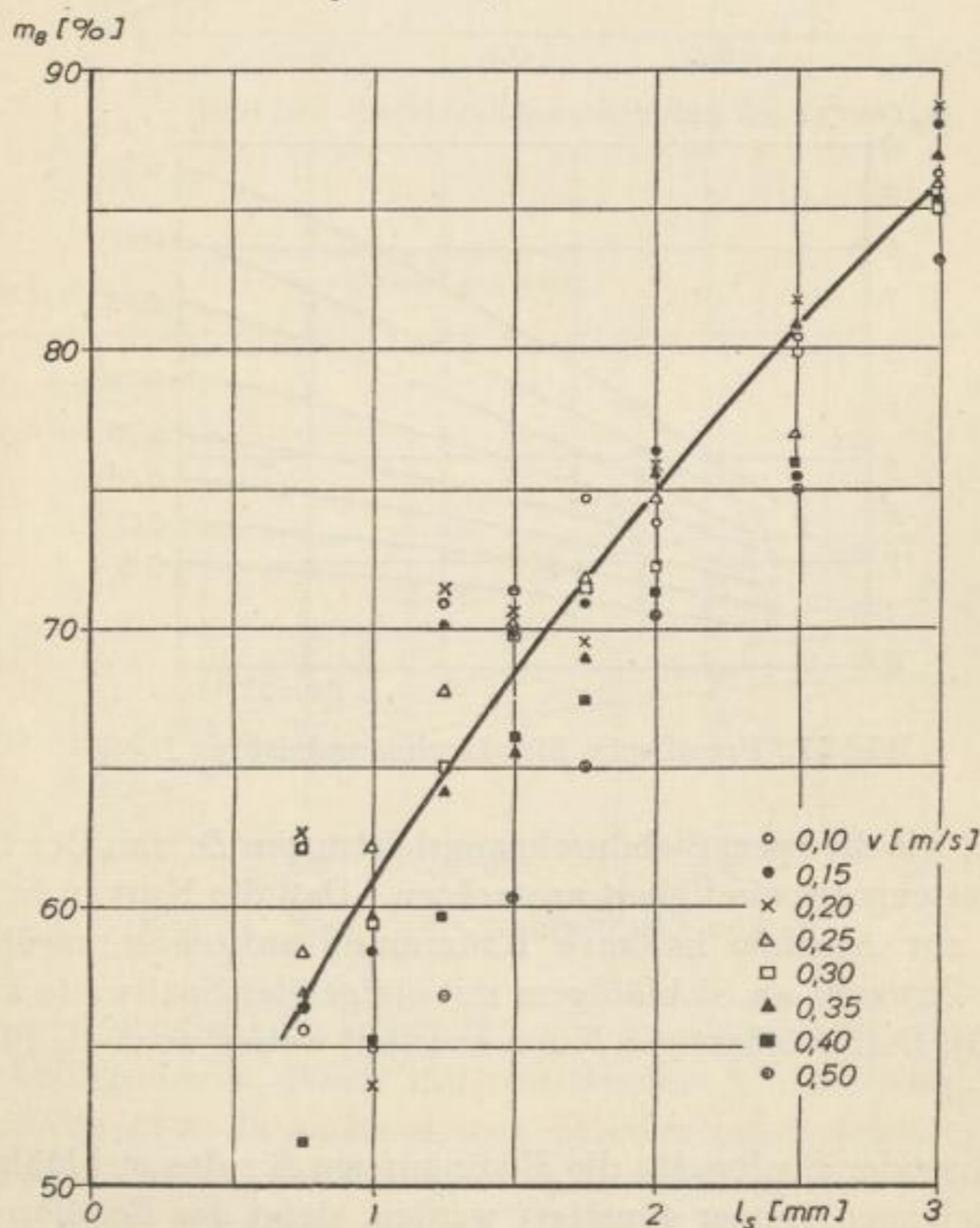


Bild 58. Feinkornausbringen im Durchgang  $m_s$

der einzelnen Meßwerte ist die Tendenz ihrer Ordnung um steigende Gerade erkennbar. Diese Linien verlaufen beinahe parallel zueinander und kommen mit wachsendem  $v$  in einem immer höheren Niveau der  $D_s$ -Werte zu liegen. Dies bedeutet, daß mit  $v$  der Wert  $\lg p$  (Gl. (69)) bzw.  $p$  (n. Gl. (68)) wächst. Trägt man die

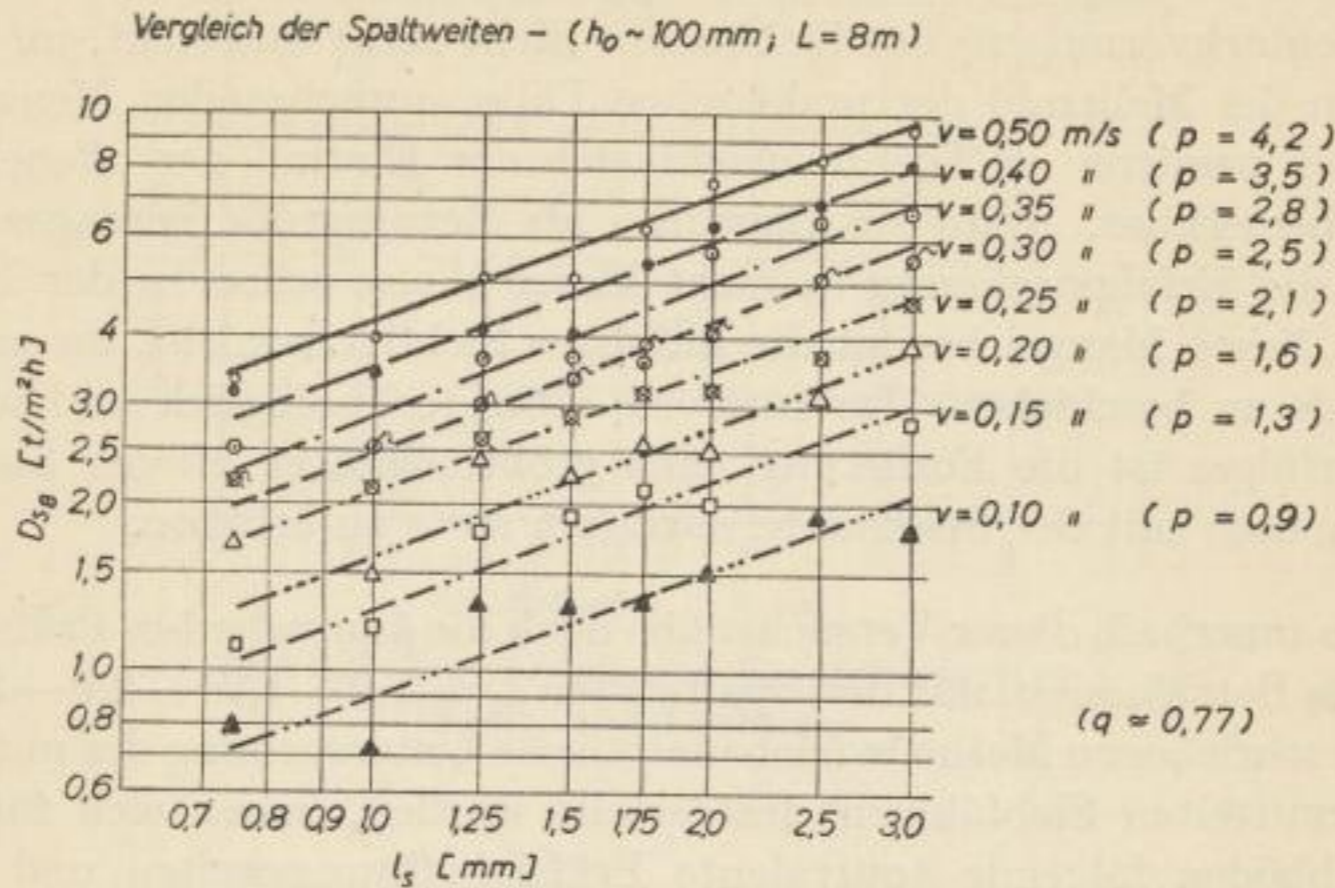


Bild 59. Spez. Durchgangsleistung  $D_s$ , abhängig von der Spaltweite  $l_s$

aus der Darstellung abgelesenen Werte  $p$  abhängig von der Kettengeschwindigkeit  $v$  auf, so ordnen sie sich in guter Näherung um eine Gerade, deren Gleichung  $p = 8,4 \cdot v$  lautet. Die Steigung der Geraden im Bild 59 ist — wenn wir parallelen Verlauf annehmen — konstant und beträgt  $q \approx 0,77$ . Setzt man die für  $p$  und  $q$  gefundenen Ausdrücke in die Gl. (68) ein, so kann — gültig für eine Schütthöhe von  $h_0 \sim 100 \text{ mm}$  und eine Sieblänge von  $L = 8 \text{ m}$  — geschrieben werden

$$D_s = 8,4 \cdot v \cdot l_s^{0,77} \quad [\text{t/m}^2\text{h}]. \quad (68a)$$

Wir erhalten demnach Potenzfunktionen mit gebrochenen Exponenten, also die Bilder von Wurzelfunktionen, was auch aus dem Verlauf der Kurven des Bildes 57 gedeutet werden kann.

Durch diese Auswertungen ist nachgewiesen, daß der von RAMMLER auf Schwing-sieben gefundene parabolische Zusammenhang zwischen spez. Siebdurchgangsleistung und Spaltweite als eine Näherungsmethode auch auf den Siebkettenförderer übertragen werden kann.

Eine Auswertung der im Rahmen des Spaltweiten-Vergleiches gewonnenen Versuchsergebnisse, wobei anstelle der nutzbaren Siebfläche die absolut offene Siebfläche als Bezugsbasis benutzt wurde, läßt erkennen, daß der Einfluß der offenen Siebfläche auf den Siebvorgang nur im Zusammenhang mit den Auswirkungen der nutzbaren Siebfläche und der Spaltweite als wichtigen Siebbodenkenngrößen ge-

sehen werden kann. Setzt man eine unveränderliche nutzbare Siebfläche voraus, so wird bei konstanter Spaltweite und auch sonst konstanten Verhältnissen eine genügend große Änderung der offenen Siebfläche eine deutliche Änderung des Sieberfolges hervorbringen. Bleibt die offene Siebfläche konstant und ändern sich die Spaltweiten, so herrscht in erster Linie deren Einfluß vor. Erst wenn die Durchlässigkeit (Schluckvermögen) des Siebbodens nicht mehr ausreicht, um die mit der Spaltweite in der Mehrzahl der praktischen Fälle anwachsenden Mengen des siebfähigen Gutes passieren zu lassen, macht sich der Einfluß der offenen Siebfläche tatsächlich bemerkbar. Wird sie allerdings als Bezugsgröße herangezogen, so beeinflusst sie die Erfolgsrechnung in nicht klarer Weise schon in der Periode ihrer Passivität. Diesen Mangel besitzt die nutzbare Siebfläche nicht, da man es in der Hand hat, sie zu beschicken. Im Interesse eines technologisch und wirtschaftlich guten Sieberfolges ist die Forderung nach größtmöglicher offener Siebfläche und ihrem Anwachsen mit der Spaltweite natürlich stets zu erheben.

Nachdem innerhalb dieser Versuchsreihe noch die äquivalenten Prüfsieböffnungsweiten für die Betriebssiebe mit den Spaltweiten  $l_s = 1,0 - 1,75 - 2,0 - 2,5$  mm nach der schon beschriebenen Methode (siebanalytische Untersuchung des mit dem Labor-Spaltsieb ermittelten Siebfähigen) festgestellt wurden, lassen sich für alle untersuchten Siebböden folgende äquivalente Prüfsieböffnungsweiten und Äquivalenzfaktoren angeben:

für $l_s = 0,75$ mm;	$l_{r\bar{A}} \sim 1,5$ mm;	$\alpha_{\bar{A}} \sim 0,5$
für $l_s = 1,00$ mm;	$l_{r\bar{A}} \sim 2,5$ mm;	$\alpha_{\bar{A}} \sim 0,4$
für $l_s = 1,25$ mm;	$l_{r\bar{A}} \sim 3,0$ mm;	$\alpha_{\bar{A}} \sim 0,42$
für $l_s = 1,50$ mm;	$l_{r\bar{A}} \sim 3,5$ mm;	$\alpha_{\bar{A}} \sim 0,43$
für $l_s = 1,75$ mm;	$l_{r\bar{A}} \sim 3,5$ mm;	$\alpha_{\bar{A}} \sim 0,5$
für $l_s = 2,00$ mm;	$l_{r\bar{A}} \sim 4,0$ mm;	$\alpha_{\bar{A}} \sim 0,5$
für $l_s = 2,50$ mm;	$l_{r\bar{A}} \sim 5,0$ mm;	$\alpha_{\bar{A}} \sim 0,5$
für $l_s = 3,00$ mm;	$l_{r\bar{A}} \sim 6,0$ mm;	$\alpha_{\bar{A}} \sim 0,5$

Für alle in die Vergleichsuntersuchungen einbezogenen Spaltweiten schwanken die Äquivalenzfaktoren zwischen 0,4—0,5. Trägt man die gleichwertigen Öffnungen von Loch- und Spaltsieben gegeneinander auf, so ergibt sich die im Bild 60 dargestellte Vergleichskurve.

Schon früher konnte RAMMLER [57] nachweisen, daß die Funktion  $l_s = f(l_r)$  einer allgemeinen Parabel

$$l_s = c \cdot l_r^n \quad (70)$$

folgt, wobei  $c$  und  $n$  Konstante sind, die von den verglichenen Öffnungsformen sowie von der Kornform der Kohle abhängen.

Durch Logarithmieren der Gl. (70) erhält man die Gleichung einer Geraden, nämlich

$$\lg l_s = \lg c + n \lg r. \quad (71)$$

Im Bild 61 ist  $\lg l_s$  gegen  $\lg l_r$  aufgetragen, wobei aus Bild 60 die nach der Ausgleichskurve einander zugeordneten Werte entnommen wurden. Die Konstanten ergeben sich zu

$$c = 0,32 \text{ und } n = 1,26,$$

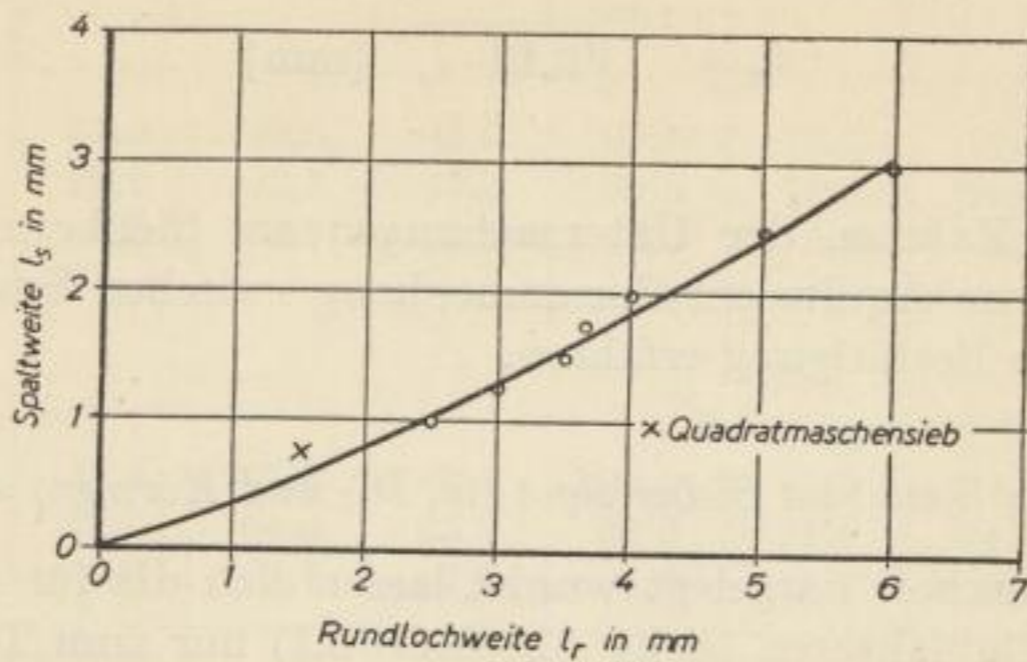


Bild 60. Vergleichskurve für gleichwertige Spalt- und Lochsiebe

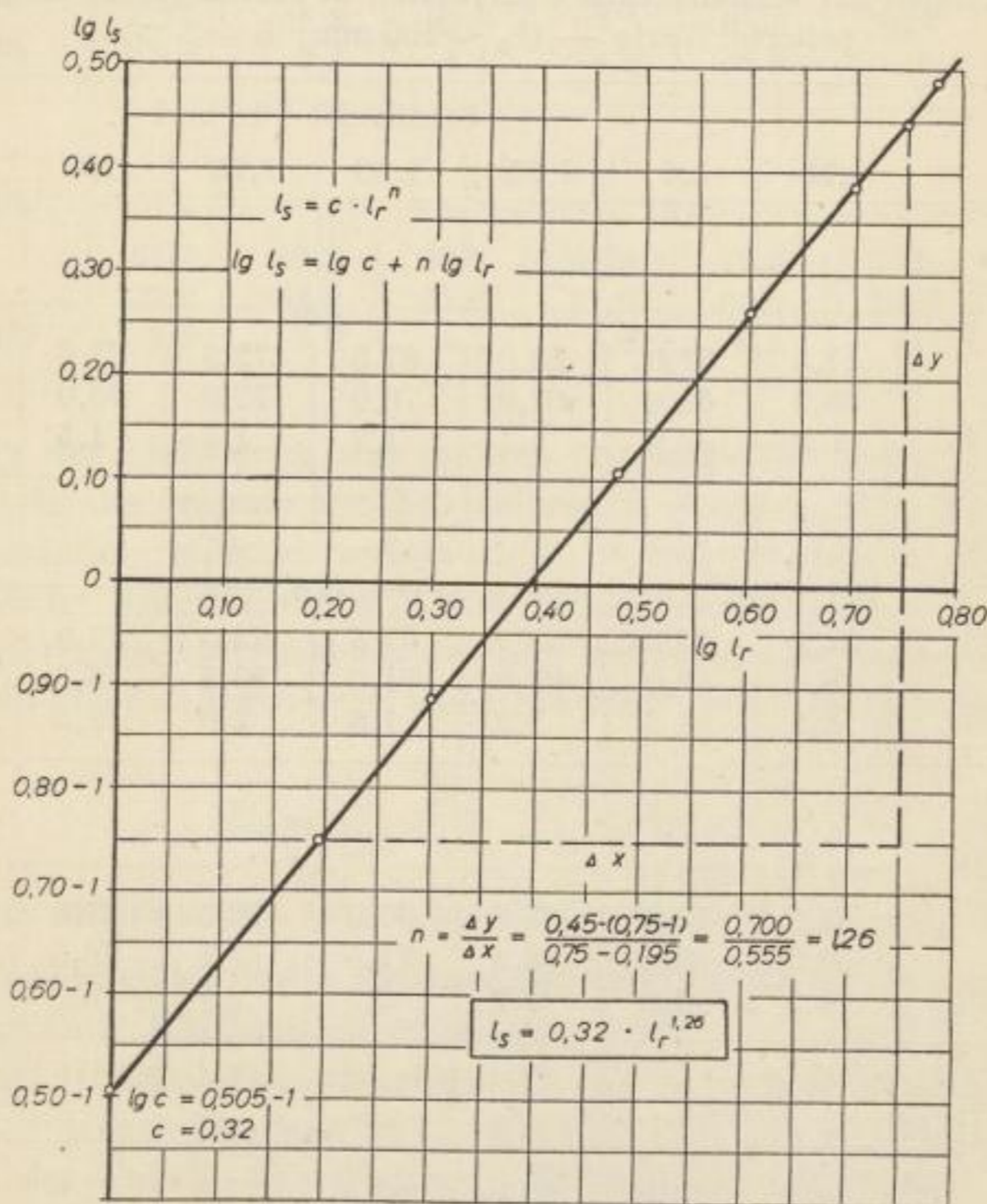


Bild 61. Logarithm. Darstellung der Vergleichskurve für gleichwertige Spalt- u. Lochsiebe

so daß für unsere Untersuchungen die Gleichung der Parabel

$$l_s = 0,32 \cdot l_r^{1,26} \quad [\text{mm}] \quad (72)$$

lautet, woraus als Umkehrung

$$l_r = \sqrt[1,26]{3,13 \cdot l_s} \quad [\text{mm}] \quad (73)$$

folgt.

Damit hat im Rahmen der Untersuchungen am Siebkettenförderer der von RAMMLER angegebene Äquivalenz-Zusammenhang zwischen Spalt- und Rundlochweiten eine weitere Bestätigung erfahren.

### 5.322 Interpolierte Werte des Sieberfolges ( $m$ , $D_s$ ) und Körnung des Siebdurchganges

Wie schon wiederholt dargelegt wurde, lassen sich die für den Absiebvorgang maßgebenden Einflußfaktoren (siehe Abschnitt 5.1) nur zum Teil oder nur in begrenztem Umfange konstant halten. Die Folge hieraus ist eine mehr oder weniger

Tabelle 13. Leistungen bei verschiedenen Spaltweiten u. Kettengeschwindigkeiten — interpolierte Werte — ( $h_0 \sim 100 \text{ mm}$ ;  $L = 8 \text{ m}$ )

		Spaltweite $l_s$ in mm							
		0,75	1,0	1,25	1,50	1,75	2,0	2,5	3,0
$v = 0,10 \text{ m/s}$									
$A_{s_s}$	t/m <sup>2</sup> h	← 2,6 →							
$F_{A_0}$	%	51,5	57,0	63,0	67,5	72,5	77,0	85,5	89,0
$m_s$	%	56,5	61,0	67,0	70,0	73,0	75,0	80,5	87,0
$D_{s_s}$	t/m <sup>2</sup> h	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,8	2,0
$v = 0,15 \text{ m/s}$									
$A_{s_s}$	t/m <sup>2</sup> h	← 3,8 →							
$F_{A_0}$	%	51,5	57,0	63,0	67,5	72,5	77,0	85,5	89,0
$m_s$	%	58,0	62,0	67,5	71,0	73,5	75,5	81,0	87,5
$D_{s_s}$	t/m <sup>2</sup> h	1,1	1,3	1,6	1,8	2,0	2,2	2,6	3,0
$v = 0,20 \text{ m/s}$									
$A_{s_s}$	t/m <sup>2</sup> h	← 5,1 →							
$F_{A_0}$	%	51,5	57,0	63,0	67,5	72,5	77,0	85,5	89,0
$m_s$	%	59,0	63,5	68,5	71,5	73,5	76,5	81,5	87,5
$D_{s_s}$	t/m <sup>2</sup> h	1,5	1,8	2,2	2,5	2,7	3,0	3,6	4,0
$v = 0,25 \text{ m/s}$									
$A_{s_s}$	t/m <sup>2</sup> h	← 6,3 →							
$F_{A_0}$	%	51,5	57,0	63,0	67,5	72,5	77,0	85,5	89,0
$m_s$	%	60,5	64,0	68,0	71,0	72,5	76,0	80,5	87,5
$D_{s_s}$	t/m <sup>2</sup> h	2,0	2,3	2,7	3,0	3,3	3,7	4,3	4,9



Fortsetzung von Tabelle 13

	Spaltweite $l_s$ in mm							
	0,75	1,0	1,25	1,50	1,75	2,0	2,5	3,0
$v = 0,30 \text{ m/s}$								
$A_{s_s}$ t/m <sup>2</sup> h	← 7,5 →							
$F_{A_0}$ %	51,5	57,0	63,0	67,5	72,5	77,0	85,5	89,0
$m_s$ %	59,0	62,5	67,5	69,5	71,5	75,0	79,5	87,0
$D_{s_s}$ t/m <sup>2</sup> h	2,3	2,7	3,2	3,5	3,9	4,3	5,1	5,8
$v = 0,35 \text{ m/s}$								
$A_{s_s}$ t/m <sup>2</sup> h	← 8,8 →							
$F_{A_0}$ %	51,5	57,0	63,0	67,5	72,5	77,0	85,5	89,0
$m_s$ %	57,0	61,0	65,0	68,0	71,0	74,0	79,5	86,5
$D_{s_s}$ t/m <sup>2</sup> h	2,6	3,1	3,6	4,0	4,5	5,0	6,0	6,8
$v = 0,40 \text{ m/s}$								
$A_{s_s}$ t/m <sup>2</sup> h	← 10,4 →							
$F_{A_0}$ %	51,5	57,0	63,0	67,5	72,5	77,0	85,5	89,0
$m_s$ %	53,5	58,0	62,0	65,0	68,5	72,5	78,0	85,5
$D_{s_s}$ t/m <sup>2</sup> h	2,9	3,4	4,1	4,6	5,2	5,8	6,9	7,9
$v = 0,50 \text{ m/s}$								
$A_{s_s}$ t/m <sup>2</sup> h	← 13,0 →							
$F_{A_0}$ %	51,5	57,0	63,0	67,5	72,5	77,0	85,5	89,0
$m_s$ %	47,0	53,0	57,0	61,0	65,0	70,0	75,0	83,0
$D_{s_s}$ t/m <sup>2</sup> h	3,2	3,9	4,7	5,4	6,1	7,0	8,3	9,6

starke Streuung der Meßwerte, wie sie aus den entsprechenden Berichtstabellen und anhand der in die graphischen Darstellungen eingetragenen Meßpunkte zu erkennen ist. Besonders störend wirken sich die Schwankungen des prozentualen Feinkorngehaltes im Aufgabegut ( $F_{A_0}$ ) aus. Während eine gerichtete Beeinflussung des Feinkornausbringens  $m$  innerhalb der hier aufgetretenen Schwankungen für ein und dasselbe Sieb nicht nachgewiesen werden konnte, wird die spez. Siebdurchgangsleistung nach

$$D_s = \frac{m}{100} \cdot \frac{F_{A_0}}{100} \cdot A_s \quad [\text{t/m}^2\text{h}]$$

von diesem Wert mitbestimmt (siehe hierzu die Gleichungen (47) und (44)).

Um dem Ergebnisbild der Versuchsreihe des „Spaltweitenvergleiches“ (Abschnitt 5.321) größere Klarheit zu verleihen, wurde der Einfluß des Feinkornanteiles  $F_{A_0}$  durch Interpolation ausgeschaltet. Die hiernach errechneten Werte für 8 Siebe mit verschiedenen Spaltweiten  $l_s$  und je 8 verschiedenen Kettengeschwindigkeiten  $v$  sind in der Tabelle 13 enthalten. Hierzu einige Hinweise.

Bei allen Versuchen betrug die Länge des Siebes  $L = 8 \text{ m}$  und die Schütthöhe  $h_0 \sim 100 \text{ mm}$ . Diese Schütthöhe erwies sich für die Siebe mit kleinen Spaltweiten

als Grenzwert. Die Sieblänge von 8 m ist die maximal verfügbare und bringt demzufolge das höchste Feinkornausbringen.

Der Feinkornanteil  $F_{A_0}$  im Aufgabegut hängt dagegen nicht von  $v$ , sondern von der Kornzusammensetzung des Aufgabegutes und der Spaltweite des Siebes ab. Die Körnungskurve des Aufgabegutes ist im Bild 62 dargestellt. Ihre  $D$ -Werte ergeben sich als Mittel aus allen Versuchen des „Spaltweitenvergleiches“ (Abschnitt 5.321).

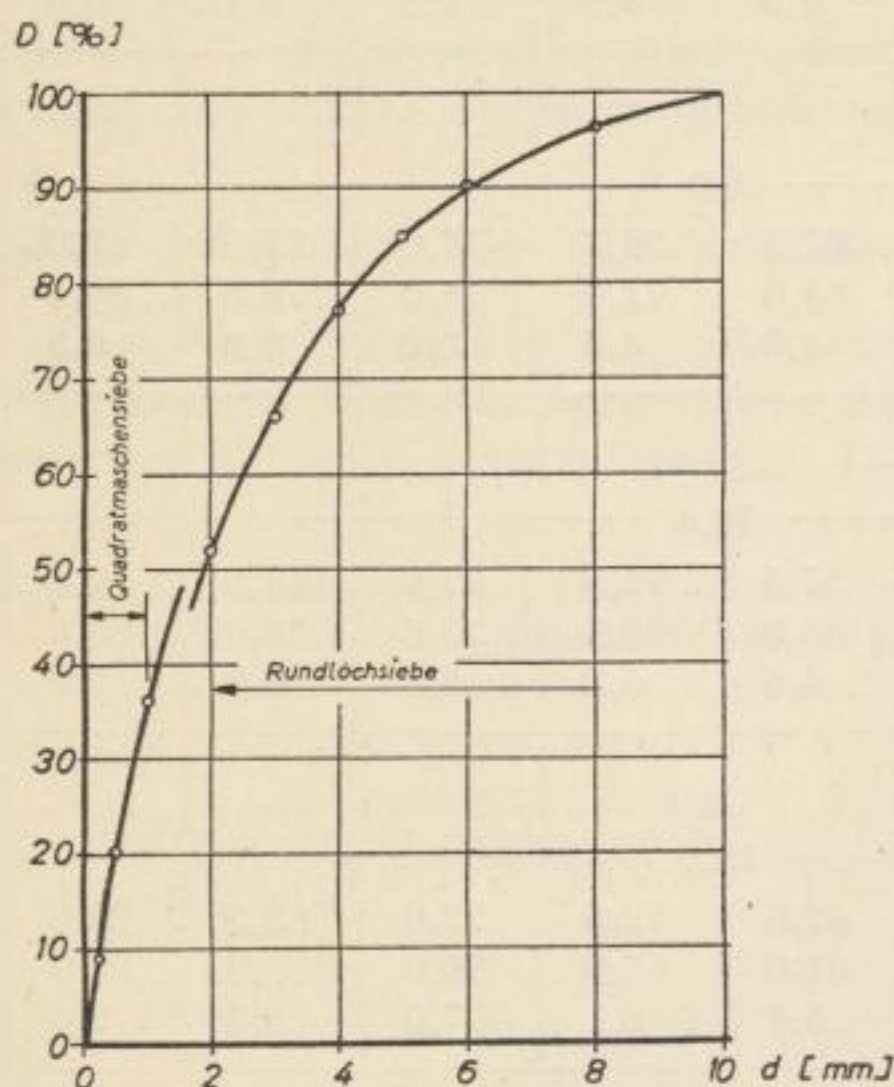


Bild 62. Körnungskurve des Aufgabegutes  $A_{h_0}$  (Interpolierte Werte)

Die Feinkornanteile  $F_{A_0}$  wurden stets mit dem Labor-Spaltsieb bestimmt. Die im Mittel für die einzelnen Siebe — jeweils über die ganze Kettengeschwindigkeitskala hinweg — gefundenen Werte sind im Bild 63 durch einen Kurvenzug ausgeglichen.

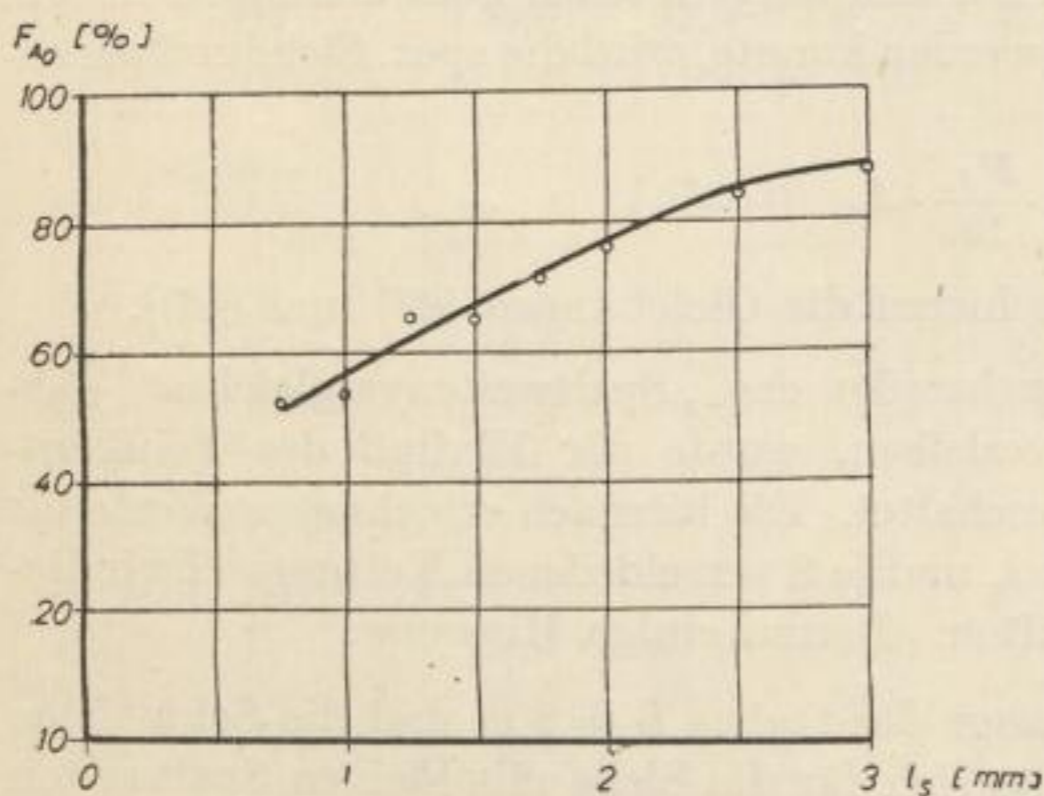


Bild 63.  $F_{A_0}$ -Werte bei verschiedenen Spaltweiten (Interpolierte Mittelwerte für alle Kettengeschwindigkeiten)

Die ausgeglichenen Werte sind in die Tabelle 13 aufgenommen worden und gelten für jede Kettengeschwindigkeit  $v$ .

Von den Einflußfaktoren des Feinkornausbringens  $m$  sind  $L$  und  $h_0$  konstant. Eine Abhängigkeit von  $v$  und  $l_s$  wurde mit Hilfe der graphischen Darstellungen  $m_s = f(v, l_s)$  (Bilder 56, 33 und zwei weiterer, in dieser Abhandlung nicht wiedergebener Darstellungen) unter Kurvenausgleich ermittelt. Die so gefundenen  $m_s$ -Werte sind in die Tabelle 13 eingesetzt. Sie ändern sich mit der Spaltweite wie auch mit der Kettengeschwindigkeit nach den in vorangegangenen Abschnitten

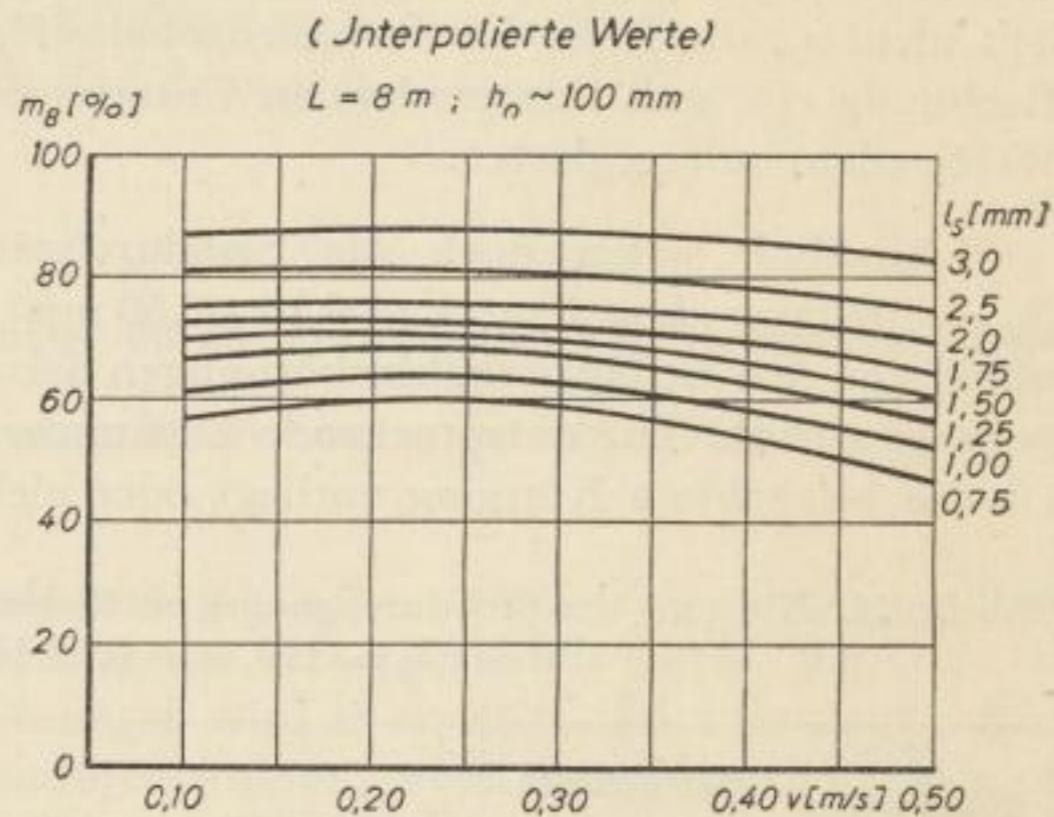


Bild 64. Feinkornausbringen im Durchgang bei verschiedenen Kettengeschwindigkeiten und Spaltweiten (Interpolierte Werte)

allgemein herausgearbeiteten Zusammenhängen (Bild 64). Die Ausbildung von Maximalwerten, wie sie für die beiden feinsten Siebe auftritt, geht mit zunehmender Spaltweite zurück und verliert sich schließlich ganz. Auch das Abfallen der Werte mit zunehmender Kettengeschwindigkeit wird durch größere Spaltweiten abgeschwächt.

Die spez. Siebdurchgangsleistungen  $D_{s_s}$  [ $\text{t}/\text{m}^2\text{h}$ ] werden nunmehr nach  $D_{s_s} = m_s \cdot F_{A_0} \cdot 10^{-4} \cdot A_{s_s}$  ermittelt. Ihr Verlauf kommt im Bild 65 klar zum Ausdruck.

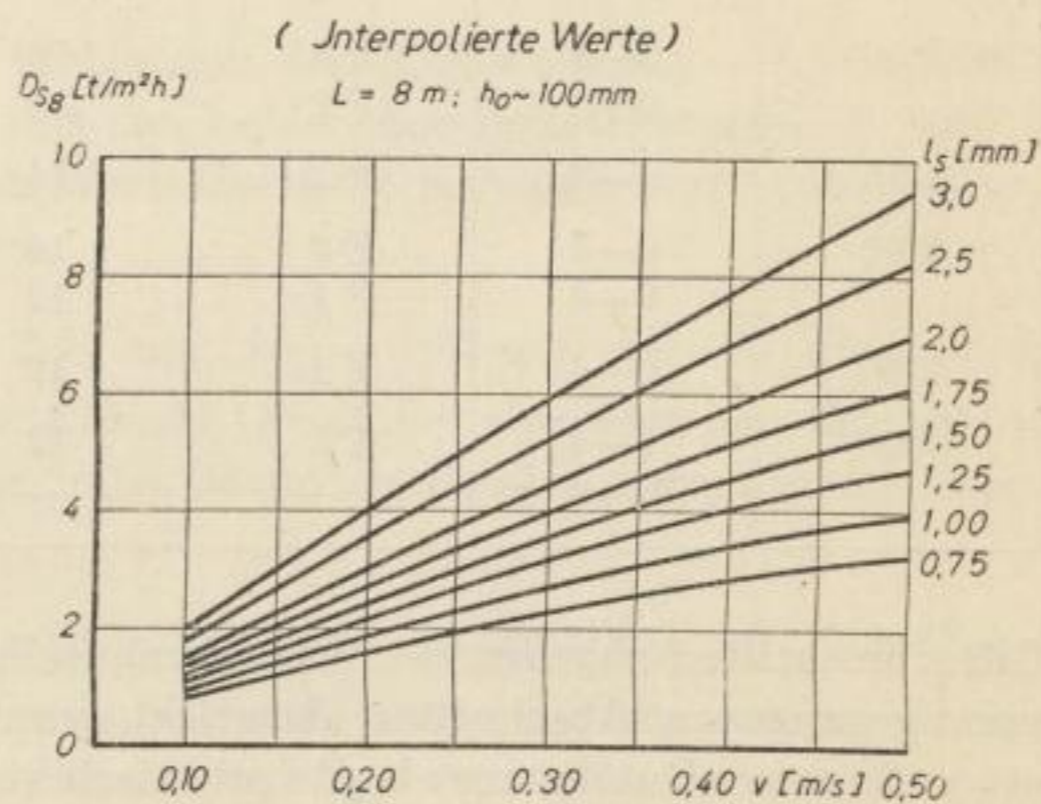


Bild 65. Spezifische Siebdurchgangsleistungen bei verschiedenen Kettengeschwindigkeiten und Spaltweiten

Sowohl mit der Kettengeschwindigkeit als auch mit der Spaltweite steigen die spez. Durchgangsleistungen an. Dabei ist zu erkennen, daß die höchsten Geschwindigkeiten bei den Sieben mit feinsten Spaltweiten bereits eine Verflachung der Kurven hervorrufen, was den Überlegungen über den Einfluß der Kettengeschwindigkeit auf den Absiebvorgang entspricht.

Trotz der durch Interpolation verbesserten Tragfähigkeit der Ergebnisse dürfen Absolutwerte für Siebungsvorgänge nicht schematisch übertragen werden, da unter sonst gleichen Verhältnissen die oft in weiten Grenzen schwankende Siebschwierigkeit des Aufgabegutes ein Ausbrechen verursachen kann. Da diese Siebschwierigkeit nicht an die Höhe der Feinkorngehalte  $F_{A_0}$  gebunden ist, geht sie nicht in die Rechnung ein, und ihre graduellen Unterschiede werden durch Ausgleich der  $F_{A_0}$ -Werte nicht mit geglättet.

Schließlich sollen noch die Siebdurchgänge bei verschiedenen Spaltweiten ( $h_0 \sim 100$  mm;  $L = 8$  m;  $v = 0,10-0,50$  m/s) körnungsmäßig betrachtet werden, wobei von den Brikettierkohlenkörnungen der verschiedenen Brikettqualitäten ausgegangen wird. Die entsprechende Zusammenstellung ist in Tabelle 14 enthalten. Ob die betrachtete Körnung vorliegt oder nicht, wird dabei anhand der nach den

Tabelle 14. Körnung des Siebdurchganges bei Sieben mit verschiedener Spaltweite ( $L = 8$  m,  $h_0 \sim 100$ ,  $v = 0,10$  bis  $0,50$  m/s)

Spaltweite des Siebes $l_s$ mm	Betrachtete Körnung im Siebdurch- gang mm	Zugehörige Brikett- qualität	Überkorn-Anteile %		
			Zugelassen	Bei vollständiger Aussiebung aufgetreten (Labor-Siebung)	Während der Betriebs-siebung max. aufgetreten
0,75	0—1	F 4	18	12	5
1,00	0—1	F 4	18	25	16
	0—2	F 3	16	2	<0,5
1,25	0—2	F 3	16	12	4
	0—3	F 2	14	1	0
1,50	0—2	F 3	16	19	12
	0—3	F 2	14	2	<0,5
1,75	0—3	F 2	14	3	1
2,00	0—3	F 2	14	8	5
	0—4	F 1	12	1	<0,5
2,50	0—4	F 1	12	5	1
3,00	0—4	F 1	12	9	8
	0—6	—	—	0,5	0

Gütevorschriften zugelassenen Überkornanteile (Richtwerte) geprüft. Wie schon in vorangegangenen Abschnitten dargelegt wurde, liefert die Betriebs-siebung einen etwas feineren Durchgang als die praktisch vollständige Aussiebung im Labor, wie

sie zur Bestimmung der äquivalenten Prüfsieböffnungsweite vorgenommen wurde. Diese Erscheinung ist deutlich für kleine Spaltweiten ausgeprägt und verliert sich im Bereich größerer Weiten, da hier auch die Aussiebung im Betrieb weiter fortgeschritten ist.

Unter Betriebsbedingungen werden mit Deutzener Kohle, die im Mittel eine Kornzusammensetzung nach Bild 62 aufweist, alle für die verschiedenen Siebe angeführten Körnungen mit einem Überkornanteil innerhalb des zulässigen Richtwertes geliefert. Bei reiner Aussiebung würde diese Bedingung von

$$\begin{aligned} l_s &= 1,00 \text{ mm} && \text{für die Körnung 0—1 mm (F 4)} \\ l_s &= 1,50 \text{ mm} && \text{für die Körnung 0—2 mm (F 3)} \end{aligned}$$

nicht mehr erfüllt werden.

#### 5.4 Beeinflussung des Absiebvorganges durch Verwendung von Sonderkettentypen

Die beiden für diese Untersuchung verwendeten Sonderkettentypen sind im Bild 4 dargestellt.

Die Einfügung eines zusätzlichen Quersteges in die normale Feldteilung der Kette ( $t = 200 \text{ mm}$ ) bewirkt eine Auflockerung des transportierten Gutes. Mit Hilfe der in allen Querstegen vorhandenen Öffnungen wird es einem Teil des Gekörns ermöglicht, durch die Querstege dann hindurchzutreten, wenn das folgende Feld nicht mehr voll mit Siebgut ausgefüllt ist. Bei genügend weit fortgeschrittener Absiebung gelangt dabei das Wandergut auf den nahezu freigelegten Siebboden hinter dem Quersteg, nachdem zuvor durch seine Aussonderung die Bewegungen in der Kornschüttung vor dem Steg belebt wurden.

Die Konstruktionsmerkmale der Sonderkettentypen zielen also darauf ab, durch Intensivierung der Bewegungsverhältnisse in der Kornschüttung den Kardinalfehler des Siebkettenförderers zu mildern und dadurch bessere Absiebungsergebnisse zu erreichen.

Die Untersuchungen wurden an Sieben mit den Spaltweiten  $l_s = 0,75\text{—}1,00\text{—}1,25\text{—}1,50 \text{ mm}$  ausgeführt und die mit den beiden Sonderkettentypen ( $S_1$  und  $S_2$ ) gefundenen Ergebnisse mit denen der Normkette (NK) verglichen. Das Versuchsprogramm ist in Tabelle 5 angegeben.

Im Bild 66 ( $l_s = 0,75 \text{ mm}$ ;  $v = 0,25 \text{ m/s}$ ;  $h_{0R} = 100 \text{ mm}$ ) bleiben die mit der Normkette erzielten  $m$ -Werte — wie es auf Grund der theoretischen Betrachtung zu erwarten ist — für alle Sieblängen unter denen der Sondertypen, die sich nahezu decken.

Im Bild 67 ( $l_s = 1,50 \text{ mm}$ ;  $v = 0,25 \text{ m/s}$ ;  $h_{0R} = 100 \text{ mm}$ ) dagegen durchsetzen sich alle drei Kurven, eine Erscheinung, die auch unter den anderen im Rahmen des Versuchsprogrammes gewählten Betriebsbedingungen vorherrschend ist.

Aus diesen Ergebnissen kann also gefolgert werden, daß eine günstige Beeinflussung des Absiebvorganges durch die Sonderausbildungen der Ketten zwar vorliegt, das Ausmaß der Beeinflussung jedoch, welches — gemessen am Feinkornausbringen — bis zu 5% absolut betragen kann, viel zu klein ist, um die üblichen Schwankungen der Absiebungsergebnisse eindeutig zu überragen.

$$l_s = 0,75 \text{ mm} - v = 0,25 \text{ m/s} - h_{0R} = 100 \text{ mm}$$

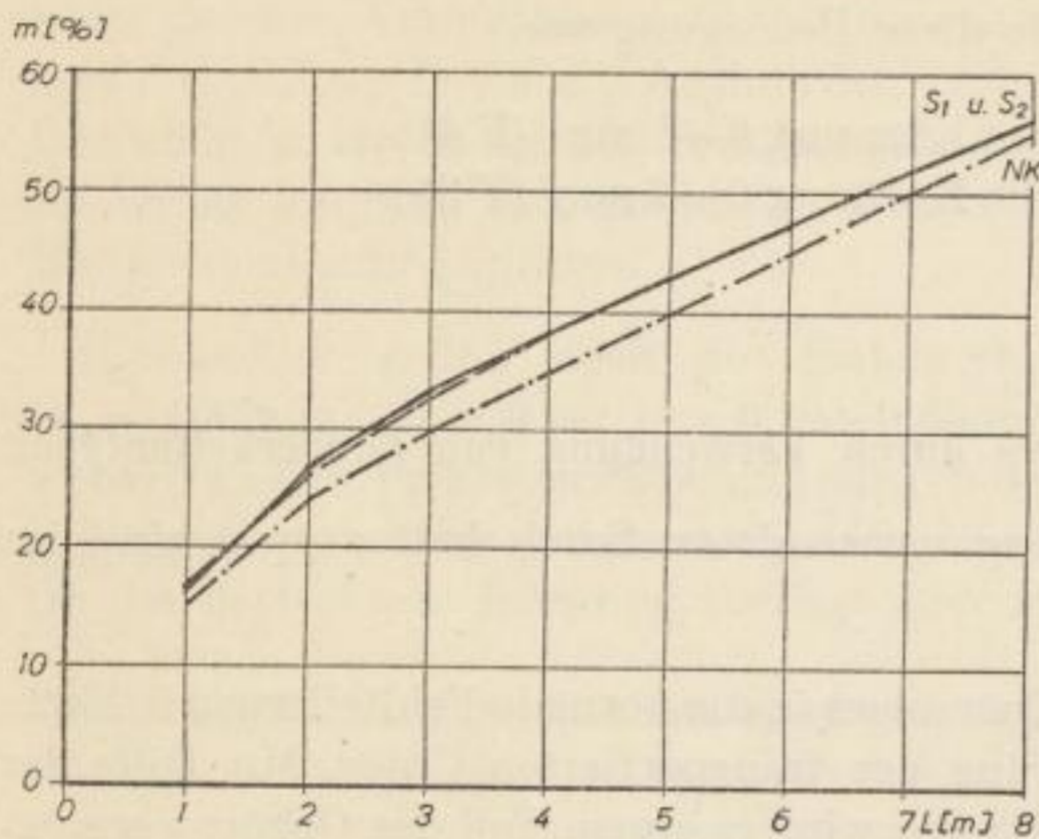


Bild 66. Feinkornausbringen im Durchgang  $m$  (Verschiedene Kettentypen)

$$l_s = 1,50 \text{ mm} - v = 0,25 \text{ m/s} - h_{0R} = 100 \text{ mm}$$

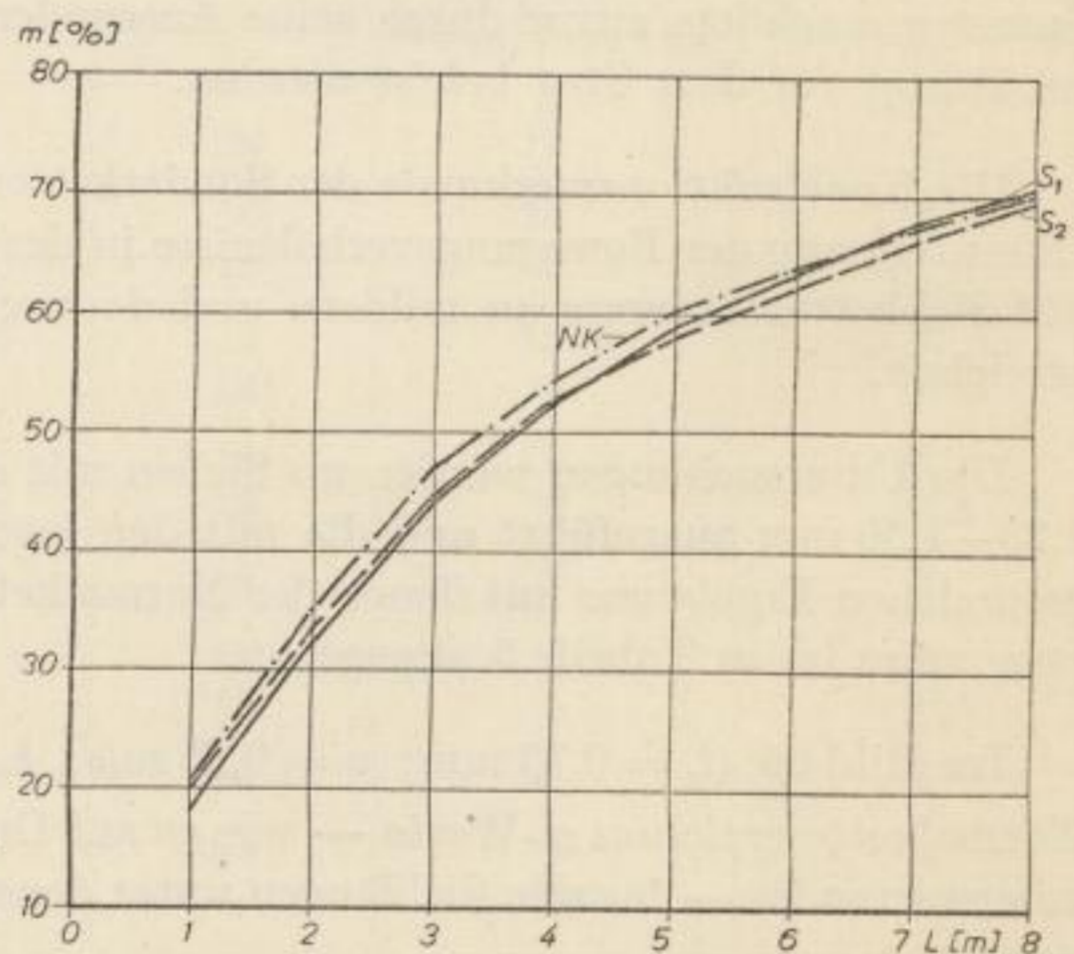


Bild 67. Feinkornausbringen im Durchgang  $m$  (Verschiedene Kettentypen)

Angesichts dieser keineswegs durchschlagenden Verbesserung der Siebergebnisse kann die mit einem nicht unbeträchtlichen Mehraufwand an Kettengewicht verbundene Einschaltung von Zwischenstegen nicht empfohlen werden.

### 5.5 Betrachtung der Absiebung im Körnungsnetz nach Rosin-Rammler-Bennett (RRB-Körnungsnetz)

Im Teil I seiner Arbeit über zerkleinerungstheoretische Grundlagen des Naßdienstes von Brikettfabriken weist RAMMLER [28] nach, daß an sich weder der Siebdurchgang noch der Siebüberlauf dem Exponentialzusammenhang Folge leisten, wenn eine der Exponentialformel gehorchende Kornverteilung einer Absiebung unterworfen wird.

Es soll für die folgenden Betrachtungen ein Aufgabegut des Betriebssiebes vorausgesetzt werden, dessen Kornzusammensetzung der von ROSIN, RAMMLER und SPERLING angegebenen Exponentialformel (RRS-Formel in der Schreibweise nach BENNETT)

$$R = 100 \cdot e^{-(d/d')^n} \quad [\%] \quad (74)$$

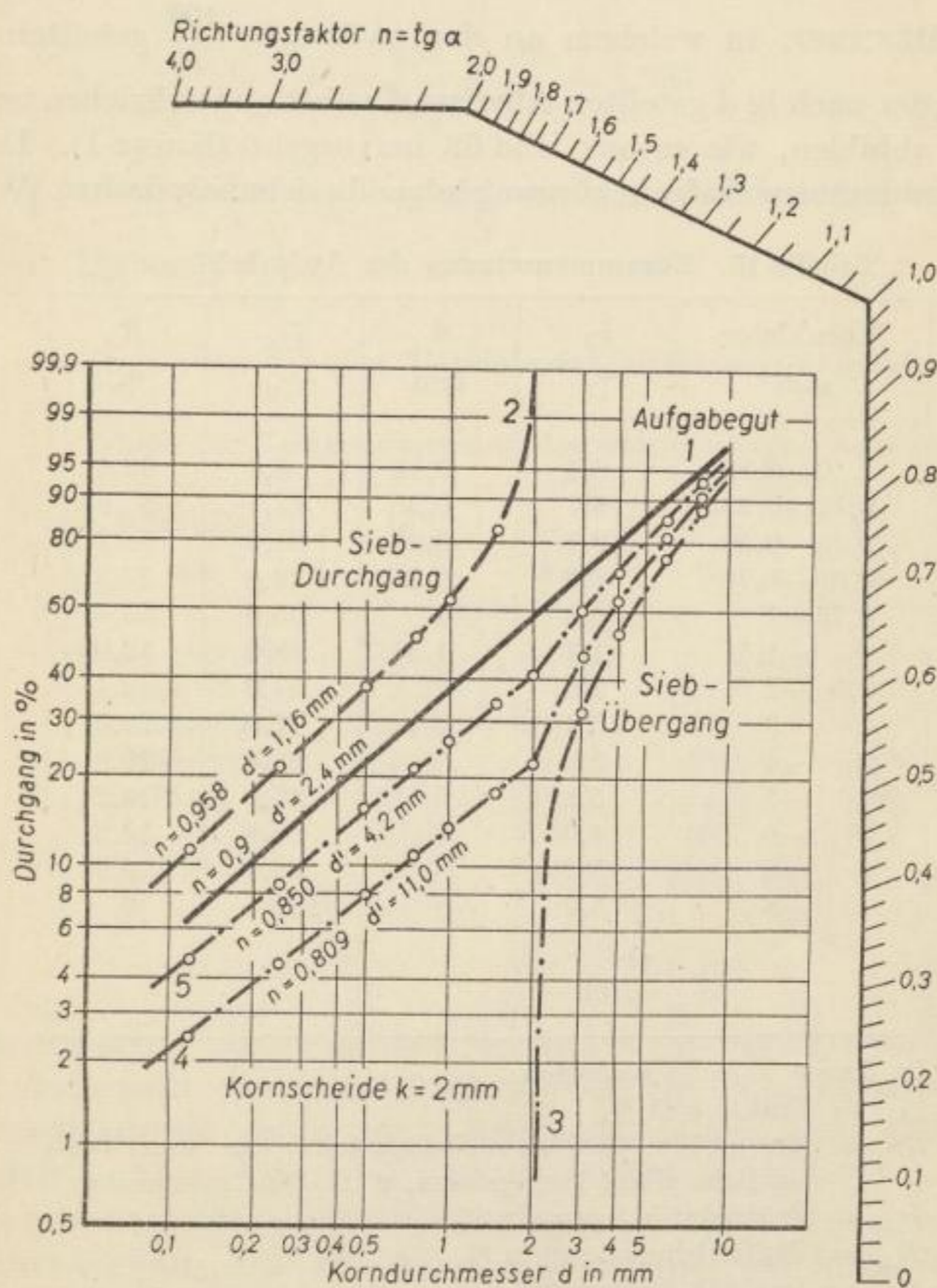


Bild 68. Der Absiebvorgang im RRB-Körnungsnetz (Grundlagen)

bzw.

$$D = 100 \left( 1 - e^{-(d/d')^n} \right) \quad [\%] \quad (75)$$

gehört und das durch die Werte

$$\begin{aligned} n &= 0,9 \\ d' &= 2,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

speziell gekennzeichnet ist.

(In den Gleichungen bedeuten  $d$  die Korngröße in mm;  $R$  den Rückstand in %, d. h. den Gewichtsanteil aller Körner mit Korngrößen  $\geq d$ ;  $D$  den Durchgang in %, d. h. den Gewichtsanteil aller Körner mit Korngrößen  $< d$ ;  $e$  die Basis des natürlichen Logarithmensystems;  $d'$  und  $n$  die Körnungparameter, von denen  $n$  dimensionslos und  $d'$  mit der Dimension mm behaftet ist.)

Die Körnungskurve eines solchen Gutes muß sich im Körnungsnetz nach ROSSIN-RAMMLER-BENNETT, in welchem an der nach  $\lg \lg \frac{100}{R}$  geteilten Ordinate  $R$  bzw.  $D$  und an der nach  $\lg d$  geteilten Abszisse  $d$  selbst angeschrieben ist, als Gerade (RRS-Gerade) abbilden, wie es aus Bild 68 hervorgeht (Kurve 1). Daraus lassen sich für die angenommene Aufgabekörnung folgende siebanalytischen Werte ablesen:

Tabelle 15. Zusammensetzung der Aufgabekörnung

Kornklasse mm	$f_A$ %	$d$ mm	$D_A$ %	$R_A$ %
0—0,12	6,4	0,12	6,4	93,6
0,12—0,25	5,7	0,25	12,1	87,9
0,25—0,50	9,7	0,50	21,8	78,2
0,50—0,75	8,0	0,75	29,8	70,2
0,75—1	6,8	1	36,6	63,4
1 —1,5	11,4	1,5	48,0	52,0
1,5 —2	9,6	2	57,6	42,4
2 —3	13,4	3	71,0	29,0
3 —4	9,0	4	80,0	20,0
4 —5	5,8	5	85,8	14,2
5 —6	4,0	6	89,8	10,2
6 —8	5,2	8	95,0	5,0
+8	5,0	+8	100	0
	100			

In dieser Tabelle bedeuten:

 $f_A$  = Fraktion in % $d$  = Korngröße (Prüfsieböffnungsweite) in mm (einheitliche Sieböffnungsform, z. B. Quadratmasche) $D_A$  = Prüfsiebdurchgang in % $R_A$  = Prüfsiebrückstand in % $A$  = Ind. für Aufgabegut

Das Aufgabegut stellt also eine Körnung von 0—8 mm mit 5% Überkorn dar.



## 5.51 Vollständige Absiebung

Es soll nun zunächst angenommen werden, daß bei der Korngröße  $d = 2$  mm (= Kornscheide  $k$ ) eine vollständige Absiebung erfolgt. Alle Körner  $< 2$  mm wandern also in den Siebdurchgang und bilden dessen Körnung, die frei von Überkorn ist. Damit nimmt das Feinkornausbringen im Durchgang  $m$  den Wert 100% an und stellt gleichzeitig den Siebgütegrad dar. Es soll weiter festgehalten werden, daß unter diesen Bedingungen auch das Ausbringen aller im Korngrößenbereich 0—2 mm gelegenen Fraktionen ( $m_j$ ) mit 100% gleich groß sein muß. Die Fraktionen  $f_D$  der Siebdurchgangskörnung als auch die Durchgänge  $D_D$  dieser Siebdurchgangskörnung lassen sich nach den Beziehungen

$$f_D = \alpha \cdot f_A \quad [\%] \quad \text{bzw.} \quad D_D = \alpha \cdot D_A \quad [\%] \quad (76) (77)$$

aus den analogen Größen der Aufgabegutkörnung berechnen, wobei der Umrechnungsfaktor

$$\alpha = \frac{100}{D_{k_A}} = \frac{100}{57,6} = 1,737 \quad (78)$$

beträgt. ( $D_{k_A}$  bedeutet den zur Kornscheide  $k$  gehörenden Prüfsiebdurchgang des Aufgabegutes;  $D_{k_A} = \sum_0^k f_A$ ).

Danach ermittelt man für den Betriebssiebdurchgang folgende Körnungswerte

Tabelle 16. Zusammensetzung des Betriebssiebdurchganges

Kornklasse mm	$f_D$ %	$d$ mm	$D_D$ %	$R_D$ %
0 —0,12	11,1	0,12	11,1	88,9
0,12—0,25	9,9	0,25	21,0	79,0
0,25—0,50	16,8	0,50	37,8	62,2
0,50—0,75	13,9	0,75	51,7	48,3
0,75—1	11,8	1	63,5	36,5
1 —1,5	19,8	1,5	83,3	16,7
1,5 —2	16,7	2	100	0
	100			

Die Körnungskurve dieses Siebdurchganges ist im RRB-Körnungsnetz (Bild 68) als Kurve 2 dargestellt. Sie liegt, verglichen mit der Körnungskurve des Aufgabegutes, notwendigerweise im Bereich höherer Gutfeinheit, ( $d' = 1,16$  mm), d. h., sie weist für gleiche Abszissenwerte  $d$  geringere Rückstände auf. In ihrem linken, unteren Teil bildet sie sich nahezu als Gerade ab, während nach rechts hin eine Aufbiegung derart eintritt, daß sich die Kurve einer an der Stelle der Kornscheide  $k = 2$  mm errichteten Senkrechten asymptotisch nähert. Die Steigung des annähernd geraden Kurventeiles ist etwas größer als die der Aufgabegut-Körnungs-

linie ( $n = 0,958$  gegenüber  $n = 0,9$ ). Trotz verwandtschaftlicher Merkmale besitzt also der Siebdurchgang keinen der RRS-Gleichung streng gehorchenden Körnungsaufbau. Die Gleichung der Körnungskurve des Siebdurchganges hat RAMMLER [28] abgeleitet und damit analytisch gezeigt, daß Absiebvorgänge eine Abweichung von der RRS-Formel notwendig zur Folge haben.

Wie baut sich nun die Körnung des Betriebs-Siebüberganges auf, wenn man weiterhin annimmt, daß bei  $d = 2$  mm eine vollständige Absiebung erfolgt? Auch für den Siebübergang lassen sich die Fraktionen  $f_R$  und die Durchgänge  $D_R$  nach

$$f_R = \alpha_1 \cdot f_A \quad [\%] \quad \text{bzw.} \quad D_R = \alpha_1 \cdot D_A \quad [\%] \quad (79) (80)$$

aus den analogen Größen des Aufgabegutes errechnen. Der Umrechnungsfaktor ergibt sich nach

$$\alpha_1 = \frac{100}{R_{k_A}} = \frac{100}{42,4} = 2,360 \quad (81)$$

Tabelle 17. Zusammensetzung des Betriebssiebüberganges

Kornklasse mm	$f_R$ %	$d$ mm	$D_R$ %	$R_R$ %
0—2	0	2	0	100
2—3	31,6	3	31,6	68,4
3—4	21,2	4	52,8	47,2
4—5	13,7	5	66,5	33,5
5—6	9,4	6	75,9	24,1
6—8	12,3	8	88,1	11,8
+8	11,8	+8	100	0
	100			

wobei  $R_{k_A}$  den zur Kornscheide  $k$  gehörenden Prüfsiebrückstand der Aufgabegutkörnung bedeutet. Für den Betriebssiebübergang erhält man somit folgende Körnungswerte:

Im RRB-Körnungsnetz (Bild 68) ist die Körnungskennlinie dieses Siebüberganges als Kurve 3 dargestellt. Sie muß, verglichen mit der Kennlinie des Aufgabegutes, im Bereich geringerer Gutfeinheit liegen, für gleiche Abszissenwerte also größere Rückstände aufweisen. Die über der Kornscheide  $k$  errichtete Senkrechte erweist sich auch für sie als Sperrlinie, welcher sich der linke Kurventeil asymptotisch nähert. Der rechte Kurvenast streckt sich um so mehr, je weiter er sich von der Kornscheide als der Störstelle entfernt. Damit weist auch die Körnungskennlinie des Siebüberganges ihre Verwandtschaft mit der Exponentialfunktion nach, ohne selbst der RRS-Beziehung gehorchen zu können.

#### 5.52 Unvollständige Absiebung mit konstantem Fraktionsausbringen

Nach Erörterung der vollständigen Absiebung soll nunmehr die unvollständige Absiebung im Körnungsnetz betrachtet werden. Aus der Vielzahl der hier

gegebenen Möglichkeiten wird zur Veranschaulichung der Verhältnisse vorerst der durch ein konstantes Ausbringen aller den Siebdurchgang bildenden Fraktionen ( $m_f = \text{konst.}$ ) gekennzeichnete Fall herangezogen. Im vorangegangenen Abschnitt wurde darauf hingewiesen, daß bei vollständiger Absiebung das Ausbringen aller Fraktionen des Siebfähigen notwendigerweise den Wert 100% annehmen muß, womit gleichzeitig alle  $m_f$ -Werte gleich groß ausfallen ( $m_f = 100\% = \text{konst.}$ ).

Die Gleichheit der Werte des Fraktionsausbringens ist jedoch keineswegs an die vollständige Absiebung gebunden, sie kann ebenso bei unvollständiger Absiebung auftreten, wobei der Maximalwert natürlich ausgeschlossen sein muß, also  $m_f < 100\% = \text{konst.}$  gilt. Unter diesen Bedingungen gelangen aus dem Aufgabegut — Überkornanfall trete auch hier nicht auf — insgesamt nur

$$X_{k_A} = D_{k_A} \cdot \frac{m}{100} = \sum_0^k f_A \cdot \frac{m_f}{100} \quad (82)$$

Gewichtsprozent in den Siebdurchgang und bilden dessen selbständige Körnung. Die einzelnen Fraktionen und Durchgangswerte dieser Siebdurchgangskörnung lassen sich nach

$$f_D = \alpha_2 \cdot g_A \quad [\%] \quad \text{bzw.} \quad D_D = \alpha_2 \cdot \sum_0^d g_A = \alpha_2 \cdot X_A \quad [\%] \quad (83) \quad (84)$$

berechnen. Hierin bedeuten

$$g_A = f_A \cdot \frac{m_f}{100} \quad [\%] \quad \text{bzw.} \quad X_A = D_A \cdot \frac{m_d}{100} \quad [\%] \quad (85) \quad (86)$$

die durch das Fraktionsausbringen  $m_f$  bzw. das Feinkornausbringen  $m_d$  reduzierten Fraktionen bzw. Durchgänge der Aufgabegutkörnung, die den Siebdurchgang bilden.

Mit  $m_d$  sind allgemein Feinkornausbringen-Werte bezeichnet, die auf Teilkörnungen 0 —  $d$  mm des Siebfähigen im Aufgabegut basieren. Sobald die obere Berandungskorngröße  $d$  die Kornscheide  $k$  erreicht ( $d = k$ ), ergibt sich das stets mit  $m$  bezeichnete Feinkornausbringen. Da das Ausbringen aller Fraktionen ( $m_f$ ) gleich groß ist, müssen auch alle Feinkornausbringen im Durchgang ( $m_d$  wie  $m$ ) diesen konstanten Wert annehmen, also  $m_f = m_d = m$  gelten. Hierauf wird im folgenden noch eingegangen.

Der Umrechnungsfaktor  $\alpha_2$  ergibt sich zu

$$\alpha_2 = \frac{100}{\sum_0^k g_A} = \frac{100}{X_{k_A}} \quad (87)$$

Setzt man nun für  $\alpha_2$ ,  $X_A$  und  $X_{k_A}$  die eben dargestellten Werte ein, so folgt für die Durchgangswerte der Siebdurchgangskörnung

$$D_D = \alpha_2 \cdot X_A = \frac{100}{X_{k_A}} \cdot D_A \frac{m_d}{100} = \frac{100 \cdot 100}{D_{k_A} \cdot m} \cdot D_A \frac{m_d}{100} = \frac{100}{D_{k_A}} \cdot D_A \cdot \frac{m_d}{m} \quad [\%]. \quad (88)$$

Da  $m_d = m$  gilt, vereinfacht sich die Beziehung zu

$$D_D = \frac{100}{D_{kA}} \cdot D_A = \frac{D_A}{D_{kA}} \cdot 100 [\%], \quad (88a)$$

womit die Körnung des Siebdurchganges für den hier betrachteten Fall der unvollständigen Absiebung mit der Körnung des Siebdurchganges bei vollständiger Absiebung identifiziert wird. Ursache dafür ist die jeweilige Konstanz des Fraktionsausbringens. Wenn man also — wie es anfangs vereinbart wurde — stets von der durch die Kurve 1 im Bild 68 dargestellten Aufgabegutkörnung ausgeht, die Kornscheide wieder durch die Sieböffnungsweite von  $d = 2$  mm festlegt und den Siebdurchgang überkornfrei hält, so wird die Kornzusammensetzung aller unter der Bedingung  $m_f \cong 100\% = \text{konst.}$  erzielten Siebdurchgänge durch die Kurve 2 dargestellt.

Wie sieht nun bei unvollständiger Absiebung mit konstanten Fraktionsausbringen der Körnungsaufbau des Siebüberganges aus? Er muß natürlich durch das Auftreten von Unterkorn beeinflusst werden und unter die Kornscheide hinab reichen, so daß diese für ihn nicht mehr als Sperrlinie auftreten kann. Werden mit  $h_A$  die in den Siebübergang gelangenden Fraktionsanteile bezeichnet, so gilt bis zur Kornscheide  $k$

$$h_A = \left(1 - \frac{m_f}{100}\right) f_A \quad [\%] \quad (89)$$

und für die Korngrößenintervalle oberhalb von  $k$

$$h_A = f_A \quad [\%]. \quad (89a)$$

Die Fraktionen des Siebüberganges, die sich zu 100% summieren und dessen selbständige Körnung bilden, erhält man nach

$$f_R = \alpha_3 \cdot h_A \quad [\%], \quad (90)$$

wobei

$$\alpha_3 = \frac{100}{\sum h_A} \quad (91)$$

der Umrechnungsfaktor ist.

Unter der Annahme, daß das Ausbringen für alle Fraktionen jeweils 80% betrage, und die Kornscheide weiterhin bei 2 mm liege, ergeben sich nach den obigen Beziehungen für den Siebübergang die in Tabelle 18 angegebenen Körnungswerte:

Im RRB-Körnungsnetz (Bild 68) ist die Körnungskennlinie dieses Siebüberganges als Kurve 4 dargestellt. Sie besteht aus zwei, an der Stelle der Kornscheide  $k$  zusammenstoßenden und einen Knickpunkt bildenden Ästen, von denen der linke fast gerade verläuft, während der rechte im gleichen Sinne wie die Kurve 3 (vollständige Absiebung) gekrümmt ist. Für den geraden Teil der Kurve betragen die Körnungsparameter  $n = 0,809$  und  $d' = 11,0$  mm. Dadurch, daß nur 80% jeder siebfähigen Fraktion in den Siebdurchgang wandern und 20% als Unterkorn im

Tabelle 18. Zusammensetzung des Betriebssiebüberganges

Kornklasse mm	$h_A$ %	$f_R$ %	$d$ mm	$D_R$ %	$R_R$ %
0 —0,12	1,3	2,4	0,12	2,4	97,6
0,12—0,25	1,1	2,0	0,25	4,4	95,6
0,25—0,50	1,9	3,5	0,50	7,9	92,1
0,50—0,75	1,6	3,0	0,75	10,9	89,1
0,75—1	1,4	2,6	1	13,5	86,5
1 —1,5	2,3	4,3	1,5	17,8	82,2
1,5 —2	1,9	3,5	2	21,3	78,7
2 —3	13,4	24,9	3	46,2	53,8
3 —4	9,0	16,7	4	62,9	37,1
4 —5	5,8	10,8	5	73,7	26,3
5 —6	4,0	7,4	6	81,1	18,9
6 —8	5,2	9,6	8	90,7	9,3
+8	5,0	9,3	+8	100	0
	53,9	100			

Siebübergang verbleiben, muß dessen Feinheit im Vergleich zum Rückstand einer vollständigen Absiebung erhöht werden. Deshalb liegen alle Punkte der Kennlinie 4 im Körnungsnetz links von der Kurve 3, also im Bereich größerer Feinheit. Je geringer nun das Ausbringen der siebfähigen Fraktionen wird, um so mehr verschieben sich die Kennlinien der Siebübergänge nach links, wobei die Knickung des Kurvenzuges schwächer wird und für den geraden Kurvenast die Steigung wächst, während gleichzeitig  $d'$  abnimmt.

Diese Erscheinungen sind an der Kurve 5 zu erkennen, welche die Körnungskennlinie des Siebüberganges darstellt, der für eine mit konstantem Fraktionsausbringen von 50% verlaufene Trennung berechnet wurde. Für den geraden Ast ergeben sich die Körnungsparameter zu  $n = 0,850$  und  $d' = 4,2$  mm. Mit der Abnahme des jeweils gleich großen Ausbringens aller siebfähigen Fraktionen, das somit gleichzeitig das Feinkornausbringen im Durchgang ( $m_f = m$ ) darstellt, ändern die Körnungskennlinien der Siebübergänge ihre Lage und Gestalt allmählich so, daß sie im Grenzfalle ( $m_f = m = 0$ ) mit der RRS-Geraden des vorgegebenen Aufgabegutes zusammenfallen. Da im Grenzfalle die Absiebung zum Erliegen gekommen ist, existiert natürlich auch kein Siebdurchgang mehr. Bis zu diesem Augenblick ist dessen Körnungskennlinie jedoch weder in ihrer Form noch in ihrer Lage durch die Änderung des Trennerfolges beeinflußt worden. Sie hat sich unter den gewählten Siebbedingungen als allein möglich und deshalb konstant erwiesen.

### 5.53 Unvollständige Absiebung mit nicht konstantem Fraktionsausbringen

Wie die Erfahrung zeigt, verlaufen in der Praxis Betriebssiebungen nun nicht so, daß sich ein konstantes Fraktionsausbringen einstellt. Die Werte des Ausbringens der einzelnen siebfähigen Fraktionen weichen vielmehr derart voneinander

Tabelle 19. Zusammensetzung von Aufgabegut, Betriebssiebdurchgang und -übergang

Kornklasse mm	$d$ mm	$D_A$ %	$f_A$ %	$m_f$ %	$m_d$ %	$\frac{m_d}{m}$	$g_A$ %	$h_A$ %	$f_D$ %	$D_D$ %	$f_R$ %	$D_R$ %	
0 —0,12	0,12	6,4	6,4	65	65,0	0,89	4,2	2,2	9,9	9,9	3,8	3,8	
0,12—0,25	0,25	12,1	5,7	75	70,0	0,95	4,3	1,4	10,2	20,1	2,4	6,2	
0,25—0,50	0,50	21,8	9,7	84	76,0	1,04	8,1	1,6	19,1	39,2	2,8	9,0	
0,50—0,75	0,75	29,8	8,0	92	80,3	1,09	7,3	0,7	17,3	56,5	1,2	10,2	
0,75—1	1	36,6	6,8	94	82,8	1,13	6,4	0,4	15,1	71,6	0,7	10,9	
1 —1,5	1,5	48,0	11,4	80	82,2	1,12	9,1	2,3	21,5	93,1	4,0	14,9	
1,5 —2	2	57,6	9,6	30	73,4*	1,00	2,9	6,7	6,9	100	11,6	26,5	
2 —3	3	71,0	13,4	—	—	—	—	13,4	—	—	23,2	49,7	
3 —4	4	80,0	9,0	—	—	—	—	9,0	—	—	15,6	65,3	
4 —5	5	85,8	5,8	—	—	—	—	5,8	—	—	10,1	75,4	
5 —6	6	89,8	4,0	—	—	—	—	4,0	—	—	6,9	82,3	
6 —8	8	95,0	5,2	—	—	—	—	5,2	—	—	9,0	91,3	
+8	+8	100	5,0	—	—	—	—	5,0	—	—	8,7	100	
		100				42,3		57,7		100			

\* =  $m$ ; da  $d = k$ 

ab, daß ein gewisser Verteilungszusammenhang erkennbar ist, bei welchem eine Fraktion den Maximalwert des Ausbringens aufweist. Ein solcher Absiebungsvorgang ist in der Tabelle 19 zahlenmäßig festgehalten, wobei wieder von der angenommenen Aufgabekörnung (Kurve 1 im Bild 68) ausgegangen wird, die Kornscheide  $k$  bei 2 mm liegt und der Siebdurchgang überkornfrei ist.

Das Feinkornausbringen im Durchgang  $m$  errechnet sich hierbei als gewogenes Mittel aus der Gesamtheit der siebfähigen Fraktionen im Aufgabegut und den zugehörigen Werten des Fraktionsausbringens nach folgender Beziehung

$$m = \frac{\left(f_A \cdot \frac{m_f}{100}\right)_{0-d_1} + \left(f_A \cdot \frac{m_f}{100}\right)_{d_1-d_2} + \dots + \left(f_A \cdot \frac{m_f}{100}\right)_{d_n-k}}{f_{A0-d_1} + f_{Ad_1-d_2} + \dots + f_{Ad_n-k}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (92)$$

oder

$$m = \frac{\sum_0^k f_A \cdot m_f}{\sum_0^k f_A} \quad [\%] \quad (92a)$$

Für das Ausbringen einer Teilkörnung des Siebfähigen mit der oberen Be-  
randungskorngröße  $d$  gilt dann

$$m_d = \frac{\sum_0^d f_A \cdot m_f}{\sum_0^d f_A} \quad [\%]. \quad (93)$$

(Tritt der im vorigen Abschnitt behandelte Sonderfall der Absiebung mit konstantem Fraktionsausbringen ein, so folgt allgemein

$$m = \frac{(\sum f_A) m_f}{\sum f_A} \quad [\%], \quad (92b)$$

womit sich leicht zeigen läßt, daß  $m = m_f = m_d$  werden muß.)

Wegen der für das Fraktionsausbringen  $m_f$  angenommenen Verteilungscharakteristik zeigen auch die  $m_d$ -Werte in Abhängigkeit von der Korngröße  $d$  eine Kurve, die ein Maximum durchläuft und an ihrem Ende ( $d = k$ ) den Wert des Feinkornausbringens  $m$  darstellt. Demzufolge gilt (im Bereich  $d < k$ )  $m \neq m_d$ , bis auf einen vor dem Kurvenmaximum gelegenen Abszissenpunkt, der bei genügendem Abfall des linken Kurvenastes den gleichen Ordinatenwert wie der Abszissenpunkt  $k$  aufweist. Bei der Berechnung der Durchgangswerte der Siebdurchgangskörnung läßt sich die Gl. (88) nicht mehr vereinfachen, sondern gilt in der Form

$$D_D = \frac{100}{D_{k_A}} \cdot D_A \cdot \frac{m_d}{m} = 100 \frac{D_A}{D_{k_A}} \cdot \frac{m_d}{m} \quad [\%].$$

Danach sind die Ordinatenwerte der Durchgangskurve des Siebdurchganges für vollständige Absiebung bzw. unvollständige Trennung mit konstantem Fraktionsausbringen nunmehr noch mit dem Quotienten aus Feinkornanteilausbringen und Feinkornausbringen zu multiplizieren. Die Werte dieses Quotienten sind in der Tabelle 19 angegeben. Sie müssen stets — und zwar an der Kornscheide  $k$  — mit dem Wert 1 enden, nachdem im Bereich  $d < k$  dieser Wert unter- und überschritten wird.

Um bei bekannten Fraktionsausbringen die Berechnung der Feinkornausbringen zu vermeiden, geht man von den Gleichungen (84) und (87) aus und erhält

$$D_D = \frac{100}{\sum_0^k g_A} \cdot \sum_0^d g_A = \frac{\sum_0^d g_A}{\sum_0^k g_A} 100 \quad [\%], \quad (94)$$

wobei wieder  $g_A = f_A \cdot \frac{m_f}{100}$  gilt.

Im Bild 69 ist der Absiebvorgang mit unvollständiger Trennung und nicht konstantem Fraktionsausbringen im RRB-Körnungsnetz veranschaulicht, wobei die Kurve 1 das Aufgabegut darstellt. Die Körnungscharakteristik des Siebdurchganges wird mit Kurve 2 wiedergegeben, die sich mit der Kurve des Siebdurchganges bei vollständiger Trennung bzw. unvollständiger Trennung mit konstantem Fraktionsausbringen (dünne Linie 2a) nicht mehr deckt. Beide Kurven schneiden sich bei der Korngröße  $d \sim 0,4$  mm. Das ist die Korngröße, für welche das Verhältnis  $\frac{m_d}{m} = 1$  wird. Alle Verhältniswerte  $< 1$  verursachen für die Kurve 2 geringere und

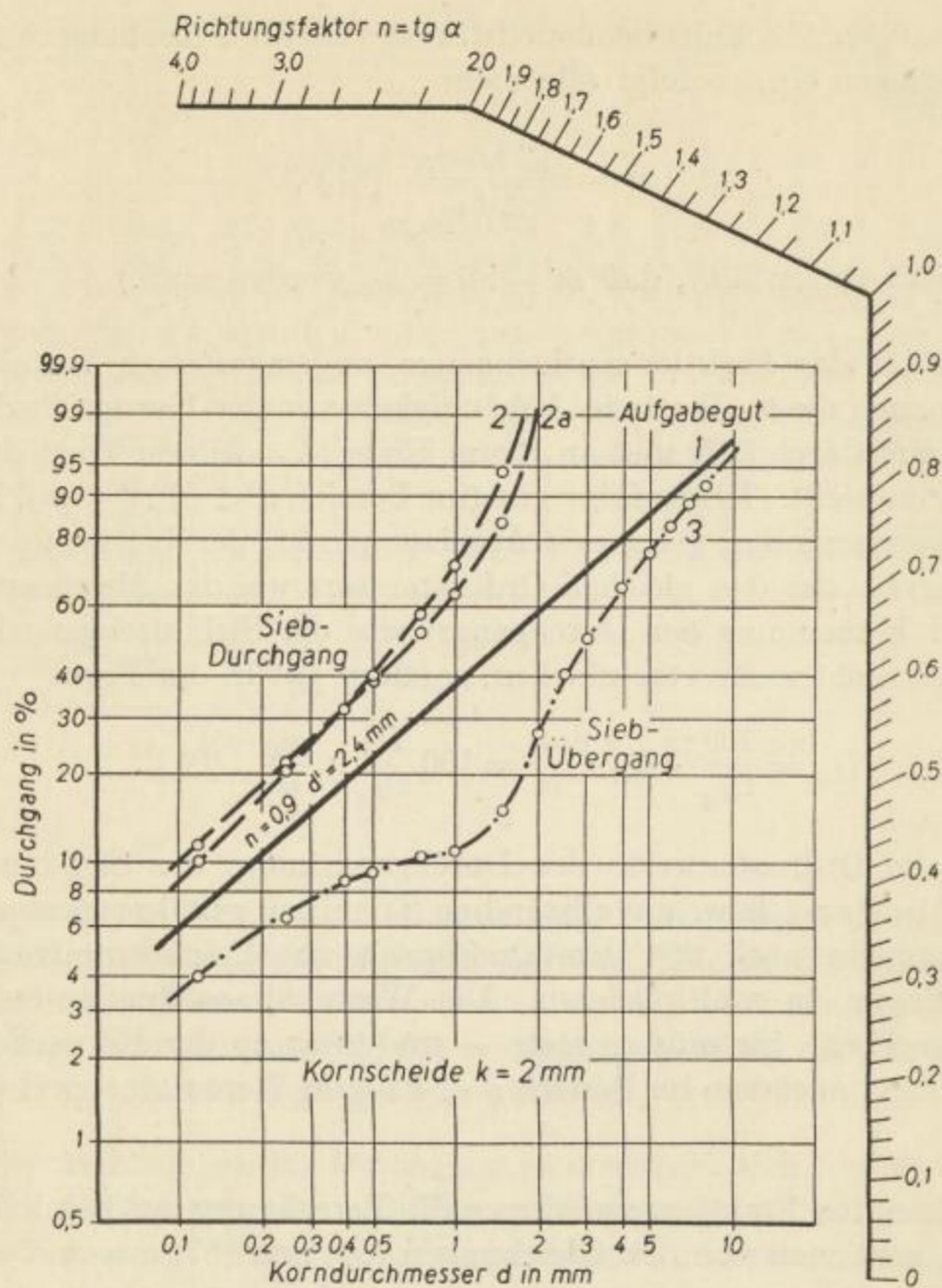


Bild 69. Der Absiebvorgang im RRB-Körnungsnetz (Grundlagen)

alle Verhältniswerte  $>1$  höhere Durchgänge (Ordinatenwerte). Demzufolge liegt die Körnungs-Kennlinie 2 steiler im Netz als ihre Vergleichskurve.

Als Kurve 3 ist die Körnungscharakteristik des Siebüberganges dargestellt. Der im Falle der unvollständigen Absiebung mit konstantem Fraktionsausbringen unterhalb der Kornscheide  $k$  fast gerade verlaufende Kurvenast tritt so gekrümmt auf, daß an der Stelle der dem maximalen Fraktionsausbringen zugeordneten Korngröße  $d = 1$  mm ein Wendepunkt entsteht. Ein weiterer Wendepunkt bildet sich an der Kornscheide  $k$  aus, wo der in seinem Trend nicht veränderte rechte Kurvenast anschließt.

Während also durch die Annahme des einem Verteilungsgesetz gehorchenden Fraktionsausbringens die Körnungs-Kennlinie des Siebüberganges beachtlich deformiert wird, behält die Kennlinie des Siebdurchganges ihr Charakteristikum im



wesentlichen bei. Durch Unregelmäßigkeiten im Fraktionsausbringen, wie sie bei praktischen Siebungen auftreten, wird sie in ihren Verlauf natürlich auch stärker beeinflusst.

So würden z. B. durch stärkeres Absinken des Ausbringens der unmittelbar vor der Kornscheide gelegenen Fraktion, die im wesentlichen schon siebschwieriges Gut enthält, die Durchgangswerte des Siebdurchganges für die kleinen und mittleren Korngrößen erhöht, für den gröberen Teil des Körnungsbandes dagegen etwas gedrückt. Damit müßte die Tendenz zur Streckung der Durchgangskurve des Siebdurchganges auftreten, was oft beobachtet werden kann.

Gleichartige Betrachtungen über die Darstellung des Klassiereffektes im ROSIN-RAMMLER-BENNETT-Netz sind von TRAWINSKI [58] veröffentlicht worden.

Das Bild 70 zeigt die Auswertung zweier Siebversuche im Körnungsnetz. Die Sprünge in den Kurven des Aufgabegutes und Siebüberganges sind darauf zurück-

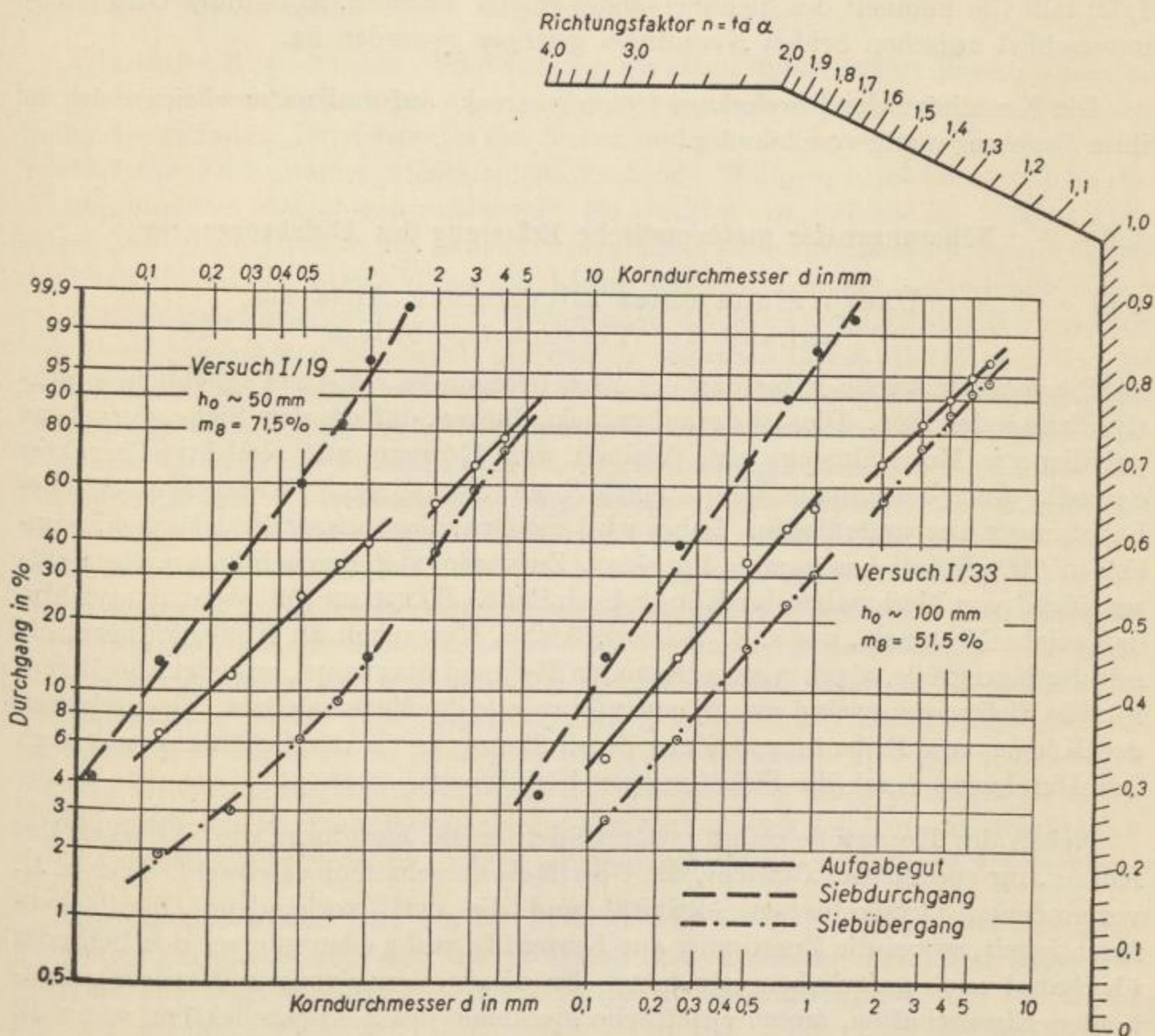


Bild 70. Der Absiebvorgang im RRB-Körnungsnetz (Vers. I/19 u. 33)

zuführen, daß in Ablehnung an den damals in Anwendung befindlichen Brikettfabrikatsiebsatz auch im Prüfsiebsatz bis zur Öffnungsweite  $d = 1,5$  mm Quadratmaschengewebe und für alle Siebböden mit größeren Öffnungen Rundlochbleche verwendet wurden.

Angesichts der mannigfaltigen, bei der Herstellung der Brikettierkohlenkörnung im Naßdienst wirkenden Faktoren und der weiterhin bei der Trocknung eintretenden Kornveränderungen, ist nicht zu erwarten, daß das Aufgabegut der RRS-Gleichung streng gehorcht. Dennoch ist die Näherung an diese Beziehung oftmals beachtlich gut.

Die Versuche mit dem 0,75-mm-Spaltsieb unterscheiden sich in der Schütthöhe am Anfang der Siebstraße und demzufolge im Feinkornausbringen  $m$ . Dies kommt im Körnungsnetz vornehmlich dadurch zum Ausdruck, daß im Falle der besseren Aussiebung (Vers. I/19) der Siebübergang grob ist und seine Kennlinie deshalb deutlich unterhalb der des Aufgabegutes liegt. Die schlechtere Aussiebung (Vers. I/33) läßt die Feinheit des Siebüberganges relativ wachsen, so daß der Ordinatenunterschied zwischen beiden Kennlinien geringer geworden ist.

Die Kennlinien der Durchgänge treten gestreckt auf und unterscheiden sich in ihrer Lage nur wenig voneinander.

## 5.6 Näherungsweise mathematische Erfassung des Absiebvorganges

### 5.61 Überprüfung eines allgemeinen Ansatzes anhand der Versuchsergebnisse

Die mathematische Erfassung des Absiebvorganges stößt auf erhebliche objektive Schwierigkeiten. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die dem Sieb aufgegebenen polydisperse Materialmenge eine Vielheit von Körnern mit Kollektiv-Charakter darstellt und demzufolge dem angestrebten Trennprozeß Wahrscheinlichkeitsbeziehungen zugrunde liegen. Dabei wird die Grundlage dieser Beziehungen, nämlich die Häufigkeit bestimmter Vorgänge, Zustände oder Erscheinungen, stets entscheidend von Merkmalen der Körner beeinflusst. RAMMLER [59] weist darauf hin, daß solche Merkmale, wie z. B. Wasser-, Asche-, Teergehalt an Kohlenkörnern, oft mit der Korngröße, als dem grundlegenden Merkmal überhaupt, zu- oder abnehmen. Für die Siebtrennung sind nun in erster Linie alle die Merkmale bzw. Eigenschaften der Körner von Bedeutung, welche deren Bewegung in der Schüttung wie auch den Durchgang durch die Sieböffnungen beeinflussen.

Neben der Korngröße selbst gehören hierher die Kornform, die Festigkeit der Körner, ihr spezifisches Gewicht, die Oberflächenbeschaffenheit einschl. einer u. U. vorhandenen physikalischen Aktivität und die evtl. vorhandene Oberflächenfeuchtigkeit, wobei die Zuordnung zur Korngröße mehr oder weniger deutlich oder überhaupt auch aufgehoben sein kann. Zu diesen, den einzelnen Körnern anhaftenden Eigenschaften, treten spezifische Merkmale des Körnerkollektivs, wie z. B. die Verhältnisse der den verschiedenen Kornklassen (Korngrößenintervallen) zuge-

ordneten Körnermengen zueinander, deren Gesamtheit die Kornverteilung des zu trennenden Aufgabegutes darstellt, wenn zum Kornklassendifferential übergegangen wird. Nicht zu verwechseln mit diesem Kollektiv-Merkmal „Kornverteilung“ ist die räumliche Verteilung der Körnermengen in dem nach dem Sieb fließenden Gutstrom, welche „Körnerverteilung“ genannt werden soll. Während die „Kornverteilung“ durch die Betriebsweise des Siebes nicht zu verändern ist, kann und muß die „Körnerverteilung“ so beeinflußt werden, daß im Laufe der Siebzeit möglichst viel Feingut (Siebfähiges) mit dem Siebboden in Berührung kommt, weil dies, wie schon mehrfach betont wurde, die Voraussetzung zur Abtrennung ist. Folglich müssen ständig Kräfte wirksam sein, welche das Feinkorn unter den aus dem Zusammenwirken aller Merkmale hervorgehenden Bedingungen durch die Schüttung hindurch zum Siebboden transportieren bzw. ihm den Weg nach dort durch Auflockerung und Schichtung des Gekörns ermöglichen. Um die Abtrennung endgültig zu vollziehen, muß das siebfähige Korn nach Erreichen des Siebbodens über einer freien Sieböffnung eine solche Lage einnehmen, daß es hindurchfallen bzw. hindurchgeschoben werden kann.

Wir dürfen hiernach den Absiebvorgang als einen dynamischen Prozeß ansehen, in welchem sich fortschreitend mit der Siebzeit aus dem Zusammenwirken zwischen Siebgutmerkmalen, Betriebsweise des Siebes und Beschaffenheit des Siebbodens in wechselnder Folge immer wieder solche Zustände (Fälle) herausbilden, welche die Abtrennung des Siebfähigen realisieren. Es leuchtet ein, daß die Zahl dieser günstigen Fälle im Verhältnis zur Zahl aller möglichen Fälle entscheidend für die Größe des Sieberfolges ist, womit dieser im Lichte der von LAPLACE definierten Wahrscheinlichkeitsbeziehung erscheint. Wenn auch die Einwirkungen der Kenngrößen von Betriebsweise und Siebboden auf den Trennprozeß ihrem allgemeinen Verlauf nach bekannt sind, so ist eine exakte Fassung der Abhängigkeit des Sieberfolges dennoch nicht möglich, da stets weitere Einflußfaktoren wirken, die nicht oder nur ungenügend in eine formelmäßige Verallgemeinerung einbezogen werden können. Die in der Literatur verschiedentlich angegebenen mathematischen Formulierungen zur Berechnung des Sieberfolges, einschließlich der in dieser Arbeit enthaltenen diesbezüglichen Angaben, müssen daher als Näherungen angesehen werden, die in der Regel entweder durch Versuchsauswertungen empirisch gewonnen wurden oder die logischerweise von einem bekannten — die Trennung bewirkenden — Vorgang, z. B. aus dem Gebiet der technischen Schwingungslehre, zunächst theoretisch abgeleitet wurden. Wenn diese Näherungen die Tendenzen des Absiebvorganges richtig erfassen, so liefern sie oft recht brauchbare Anhaltswerte. Dies gilt insbesondere für schnellschwingende Siebe, auf denen das Gekörn unter entsprechenden Betriebsbedingungen eine optimale Durcharbeitung erfährt, so daß den Körnungsmerkmalen keine Gelegenheit gegeben ist, extrem abweichende Siebergebnisse zu verursachen.

So ging KAMM HOLZ [60] bei der Bestimmung der Zeitabhängigkeit des Prüf-siebvorganges davon aus, daß die je Zeiteinheit abgeseibte Feinkornmenge proportional der noch auf dem Sieb vorhandenen Feinkornmenge ist, und beschreibt damit notwendigerweise den Absiebvorgang mit Hilfe einer Exponentialfunktion. BATEL [61] bemerkt hierzu, daß die gewonnene Gleichung das Zeitverhalten des

Absiebvorganges zwar nur näherungsweise darstellt, jedoch eine recht gute Orientierung gibt. In ihrer Studie über den Siebzeiteinfluß auf Prüfsiebungen stellen LÖHN und BACHMANN [62] fest, daß — unabhängig von den meisten Nebenbedingungen — für den zeitlichen Verlauf einer Aussiebung eine solche Unterkornausbringen-Siebzeit-Kurve typisch ist, die zunächst steil ansteigt und dann in einen sich dem Endwert asymptotisch nähernden Kurvenast übergeht.

Sie nehmen demzufolge an, daß die Aussiebung einer  $e$ -Funktion gehorcht. Gleichzeitig demonstrieren die Verfasser in ihrer Arbeit jedoch sehr anschaulich, wie stark die Siebzeitkurve durch Veränderung der Kornverteilung im Aufgabegut, wobei insbesondere der Einfluß des Grenzkornes herausgestellt wird, in ihrem unter normalen Verhältnissen typischen Verlauf beeinträchtigt werden kann (steilster Anstieg und kurzer Auslauf bei fehlendem Grenzkorn; verflachter Anstieg und stark verlängerter Auslauf bei alleiniger Trennung der Grenzkornfraktionen).

Zusammenhänge der gleichen Art wurden bereits vor mehr als zwanzig Jahren von verschiedenen Autoren bei der Absiebung von Roh- und Trockenbraunkohle und anderer Materialien gefunden. So lieferten z. B. KAISER [17] für den Ellipsenscheibenrost, HERMOSSON [18] für den zentrischen Kreisscheibenrost, PROCKAT und RAMMLER [20] für Zittersiebe, KÜHN [24] für Siebroste und Schnellschwingsiebe sowie GLATZEL [19] — ebenfalls für Schnellschwingsiebe — die Nachweise, daß die abgeseibte Menge bzw. das Feinkornausbringen im Durchgang in Abhängigkeit von der Sieblänge zunächst steil anwachsen, um sich nach Verflachung schließlich dem Endwert asymptotisch zu nähern. Da für diese Betriebssiebe bei konstanter Transportgeschwindigkeit des Siebgutes die wachsende Sieblänge der Siebzeit (= fortschreitende Verweilzeit des Gutes auf dem Sieb) direkt proportional ist, beziehen sich auch diese Aussagen auf die Verknüpfung zwischen Siebzeit und Sieberfolg.

Wie bereits in den Abschnitten 1 und 5.211 dargelegt wurde, erkannte RAMMLER [40] den Exponentialcharakter der Kurve des Feinkornausbringens in Abhängigkeit von der Sieblänge für den mit Trockenbraunkohle beaufschlagten Siebkettenförderer und gab für diesen Zusammenhang den Ausdruck (Gl. (52)) an:

$$m = 100 (1 - e^{-kL}) \quad [\%] .$$

Wird unter der Voraussetzung eines überkornfreien Siebdurchganges, also  $F_D = 100\%$  und demnach  $D_h = F_a$  [t/h], für das Feinkornausbringen

$$m = \frac{D_h}{F_{a_0}} \cdot 100 \quad [\%]$$

geschrieben und der Siebdurchgang nach  $D_h = F_{a_0} - F_a$  [t/h] als die Differenz zwischen der dem Sieb im Aufgabegut zugeführten ( $F_{a_0}$ ) und der an einer beliebigen Stelle der Siebstraße auf dem Sieb noch vorhandenen Feinkornmenge ( $F_a = u =$  Unterkornmenge) ausgedrückt, so geht nach Einsetzen und Umformen die Gl. (52) in

$$F_a = F_{a_0} \cdot e^{-kL} \quad [\text{t/h}] \quad (95)$$

über. Dieser Ausdruck ist aber die Lösung der Differentialgleichung

$$\frac{dF_a}{dL} = -k \cdot F_a, \quad (96)$$

welche besagt, daß die auf einem Längenelement abgesiebte Feinkornmenge der an dieser Stelle auf der Siebstraße noch vorhandenen Feinkornmenge (= Unterkornmenge) proportional ist. Das Längenelement hat dabei den Charakter der Zeiteinheit. Wie nun die Bilder 31, 40 und 53 zeigen, ordnen sich die Meßwerte nicht in allen Fällen auf Geraden an, wie es die logarithmische Auswertung der Gl. (52) fordert. Unter bestimmten Kombinationen der vielfältigen, den Siebprozeß beeinflussenden Faktoren lassen die Linienzüge verschiedentlich Krümmungen erkennen. Dennoch kann, gerade auch im Hinblick auf die Ergebnisse der dieser Arbeit zugrunde liegenden Versuche, der mit der Siebzeit fortschreitende Prozeß der Aussiebung von Körnern aus einem Aufgabegut, dessen Kornverteilung nicht zu Extremen neigt, an Hand der Exponentialzusammenhänge berechtigterweise untersucht werden, was auch für die hier folgenden Betrachtungen geschieht.

Unter der Annahme, daß die in der Zeiteinheit aus dem auf dem Siebboden vorwärts bewegten Aufgabegut ausgesiebte Feinkornmenge dem Produkt aus der zur Zeit  $t$  auf dem Sieb noch vorhandenen Feinkornmenge  $F_a (= u)$  und einer Größe  $\beta$ , welche von der Siebzeit und weiteren die Siebung beeinflussenden Faktoren abhängt, proportional ist, kann geschrieben werden

$$\frac{dF_a}{dt} = -\beta(t) \cdot F_a. \quad (97)$$

Nach Trennung der Variablen und Integration erhält man als Lösung dieser Differentialgleichung die Funktion

$$F_a = F_{a_0} \cdot e^{-\int_{\tau=0}^{\tau=t} \beta(\tau) d\tau}, \quad (98)$$

worin  $F_{a_0}$  die überhaupt verfügbare, dem Anfang der Siebstraße zufließende Feinkornmenge (Menge des Siebfähigen) ist. Hierbei wurde vorübergehend die Integrationsvariable  $t$  unter dem Integral mit  $\tau$  bezeichnet, so daß  $F_a$  eine Funktion der oberen Integrationsgrenze  $t$  wird.

Bildet man das Verhältnis der Feinkornmengen, bezieht also die mit einer Unterkornmenge  $u$  identische Feinkornmenge  $F_a$  auf die gesamte im Aufgabegut am Siebanfang vorhandene Feinkornmenge  $F_{a_0}$ , so kann, entsprechend der in den Gl. (20) und (20a) für den allgemeinen Fall definierten Zusammenhänge, jetzt geschrieben werden

$$\frac{F_a}{F_{a_0}} = e^{-\int_{\tau=0}^{\tau=t} \beta(\tau) d\tau} = \frac{U \cdot R_h}{F_{A_0} \cdot A_{h_0}} = \frac{w_R}{100} = \frac{100 - m}{100}.$$

Hieraus folgt für das Feinkornausbringen im Durchgang der Ausdruck

$$m = 100 \left( 1 - e^{-\int_{\tau=0}^{\tau=t} \beta(\tau) d\tau} \right) [\%]. \quad (99)$$

Die Größe  $\beta$ , welche näherungsweise die Bedingungen erfaßt, unter denen sich das Feinkorn in der Schüttung bewegt und die Sieböffnungen passiert, hängt von der fortschreitenden Siebzeit  $t$  (= fortschreitende Verweilzeit des vorwärts bewegten

Gutes auf dem Sieb — die also hinsichtlich ihrer Funktion bei kontinuierlich arbeitenden Siebaggregaten nicht mit deren Betriebsdauer verwechselt werden darf —, der Sinkgeschwindigkeit der siebfähigen Körner  $v_s$ , der Kettengeschwindigkeit  $v$  (= mittlere, horizontale Geschwindigkeit der Körner auf dem Sieb) und der Schütthöhe am Anfang der Siebstraße  $h_0$  ab, so daß geschrieben werden kann

$$\beta = f(t, v_s, v, h_0).$$

Ebenso wie  $h_0$  und  $v$  als reine Parameter von der Siebzeit nicht abhängen, soll dies auch für  $v_s$  unterstellt werden. Nimmt man ferner an, daß die genannten Einflußfaktoren als beliebige Potenzen auftreten und berücksichtigt gleichzeitig die durch die Versuche belegte Tatsache, daß lange Verweilzeit auf dem Sieb und hohe Sinkgeschwindigkeit der Körner den Sieberfolg (Feinkornausbringen  $m$ ) erhöhen, hohe Kettengeschwindigkeit und große Schütthöhe dagegen mindern, dann soll folgender Ansatz versucht werden:

$$\beta(t) = k_1 \cdot \frac{z \cdot t^{z-1} \cdot v_s^n}{v^{p-z} \cdot h_0^q}. \quad (100)$$

Durch Integration erhält man jetzt

$$\int_{\tau=0}^{\tau=t} \beta(\tau) d\tau = k_1 \cdot \frac{t^z \cdot v_s^n}{v^{p-z} \cdot h_0^q}, \quad (101)$$

und wenn für  $t^z = \frac{L^z}{v^z}$  gesetzt wird ( $L$  = fortschreitende Sieblänge = fortschreitender Siebweg in m;  $v$  = Kettengeschwindigkeit in m/s) so folgt schließlich

$$k_1 \cdot \frac{t^z \cdot v_s^n}{v^{p-z} \cdot h_0^q} = k_1 \cdot \frac{L^z \cdot v_s^n}{v^p \cdot h_0^q}. \quad (101a)$$

Nunmehr kann dieser Ausdruck in die Gl. (99) eingesetzt werden und man erhält

$$m = 100 \left( 1 - e^{-k_1 \cdot \frac{L^z \cdot v_s^n}{v^p \cdot h_0^q}} \right) [\%]. \quad (99a)$$

Ehe jedoch für den Wert  $m$  die rechte Seite dieser Gleichung zur Berechnung der Siebdurchgangsleistung  $D_h$  bzw. spez. Siebdurchgangsleistung  $D_s$  in die Formeln (45) bzw. (47) eingeführt wird, soll ihre Tragfähigkeit kritisch geprüft werden.

Von den im Exponenten auftretenden Größen sind  $L$ ,  $v$  und  $h_0$  in der Regel bekannt, nicht dagegen die Sinkgeschwindigkeit der Körner  $v_s$ , die sowohl für deren Weg in der Schüttung als auch für ihren Hindurchtritt durch die Sieböffnungen gilt. Bleibt die Kornzusammensetzung des Aufgabegutes unverändert, so hängt  $v_s$  in erster Linie, jedoch nicht ausschließlich, von der Spaltweite und zugleich von der offenen Siebfläche ab. Es ist in dieser Arbeit darauf hingewiesen worden (siehe Abschnitt 5.213), daß die Kettengeschwindigkeit nicht nur die Verweilzeit auf dem Sieb beeinflußt, sondern auch auf die Bewegungsmöglichkeiten der Körner in der Schüttung und damit ebenfalls auf deren Sinkgeschwindigkeit einwirkt. Noch ausgeprägter ist der Einfluß der Schütthöhe auf die Sinkgeschwindigkeit der Körner, wie im Abschnitt 5.212 dargestellt wurde. Diese Abhängigkeit der Größen untereinander, die

ihrem Wesen nach bekannt ist, jedoch nicht hinreichend genau angegeben werden kann, bleibt in dem vorstehenden Ansatz — zum Vorteil seiner Auswertbarkeit — unberücksichtigt.

Auf die Sinkgeschwindigkeit  $v_s$  wirken ferner die am Anfang dieses Abschnittes genannten Merkmale der Körner ein.

Um zu prüfen, wie sich die in den Versuchen gefundenen Meßwerte in die Beziehung nach Gl. (99a) einfügen, wurde dieser Ausdruck zweimal logarithmiert. Dadurch erhält man

$$\begin{aligned} \lg \lg \frac{100}{100 - m} &= \lg k_1 + \lg \lg e + z \lg L + n \lg v_s - p \lg v - q \lg h_0 \\ &= C + z \lg L + n \lg v_s - p \lg v - q \lg h_0. \end{aligned} \quad (102)$$

Trägt man nun  $\lg \lg \left( \frac{100}{100 - m} \right)$  gegen den Logarithmus jeweils einer auf der rechten Gleichungsseite stehenden Einflußgröße auf und sieht dabei die übrigen Einflußgrößen als konstant an, folgt also den Beziehungen

$$\lg \lg \left( \frac{100}{100 - m} \right) = A_1 + z \lg L \quad (102a)$$

oder

$$\lg \lg \left( \frac{100}{100 - m} \right) = A_2 + n \lg v_s \quad (102b)$$

oder

$$\lg \lg \left( \frac{100}{100 - m} \right) = A_3 - p \lg v \quad (102c)$$

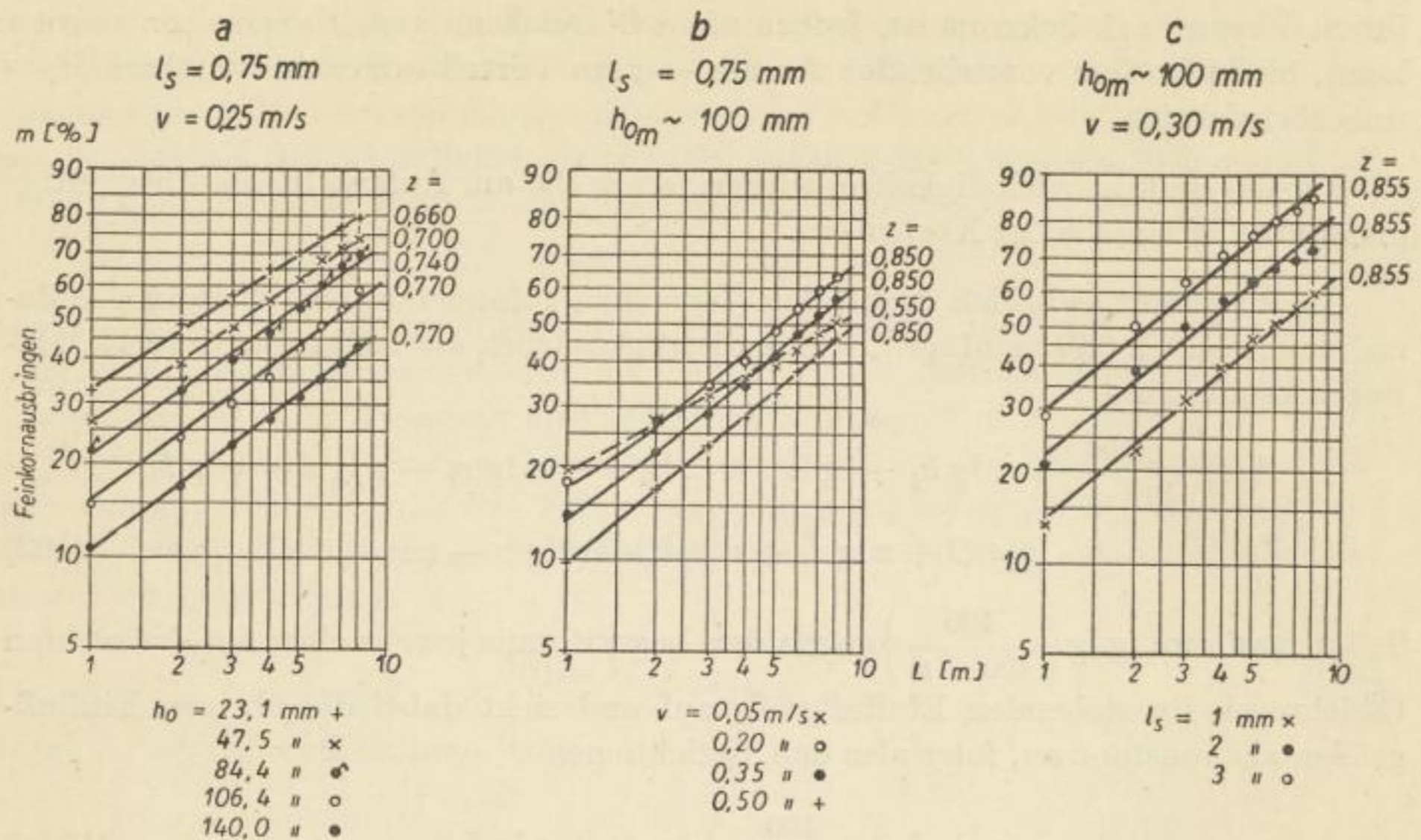
oder

$$\lg \lg \left( \frac{100}{100 - m} \right) = A_4 - q \lg h_0 \quad (102d)$$

so müßten sich in allen Fällen, wenn der Absiebvorgang durch diesen Zusammenhang einigermaßen zu beschreiben wäre, Gerade ergeben. Auf Grund der verschiedenen Vorzeichen (Gl. 102) würden diese in Abhängigkeit von  $L$  und  $v_s$  also steigen, in Abhängigkeit von  $v$  und  $h_0$  dagegen fallen. Aus der Steigung bzw. Neigung ließen sich dann die Exponentenwerte  $z$ ,  $n$ ,  $p$  und  $q$  bestimmen.

Im Bild 71 ist unter Verwendung des Körnungsnetzes nach ROSIN-RAMMLER-BENNETT, dessen Ordinate ja doppelt-logarithmisch und dessen Abszisse einfach-logarithmisch geteilt ist [63], das Feinkornausbringen  $m$  in Abhängigkeit von der Sieblänge  $L$  aufgetragen, wobei nacheinander die Schütthöhe  $h_0$ , die Kettengeschwindigkeit  $v$  und die Spaltweite  $l_s$ , von welcher die Sinkgeschwindigkeit  $v_s$  in erster Linie abhängt, als Parameter gewählt sind (Teilbilder a, b, c).

Wie ersichtlich ist, lassen sich die Meßpunktfolgen näherungsweise durch ansteigende gerade Linienzüge verbinden. Wenn nun die Annahme, daß die im Exponenten der Gl. (99a) auftretenden Größen voneinander unabhängig sind, zutrifft, so

Bild 71. Feinkornausbringen  $m$  in Abhängigkeit von der Sieblänge  $L$ 

müssen ganz allgemein die verschiedenen Kurvenscharen sowohl in sich als auch untereinander den gleichen Anstieg ( $z = \tan \alpha$ ) aufweisen. Diese Forderung ist im Bild 71 teilweise erfüllt.

Im Teilbild a laufen die Linien für  $h_0 = 140 \text{ mm}$  und  $h_0 = 106,4 \text{ mm}$  mit einem Anstieg von  $z = 0,770$  praktisch parallel. Mit weiter abnehmender Schütthöhe gehen jedoch die Anstiegswerte  $z$  ständig zurück, d. h., die Geraden verlaufen immer flacher. Für die Schütthöhe  $h_0 = 23,1 \text{ mm}$  beträgt der Anstieg nur noch  $z = 0,660$ . Hieraus folgt, daß der Exponent  $z$  von der Schütthöhe dann abhängig wird, wenn deren Werte unterhalb von etwa  $100 \text{ mm}$  liegen.

Die Lage der 5 Geraden im Netz läßt wieder erkennen, daß mit wachsender Schütthöhe die Werte des Feinkornausbringens für alle Sieblängen abnehmen.

Teilbild b zeigt, daß sich die zur höchsten Kettengeschwindigkeit  $v = 0,50 \text{ m/s}$  gehörenden Punkte sehr gut auf einer Geraden mit  $z = 0,850$  anordnen. Den gleichen Anstieg weisen auch die für die Kettengeschwindigkeiten  $v = 0,35 \text{ m/s}$  und  $v = 0,20 \text{ m/s}$  gezogenen Ausgleichslinien auf, die jedoch mit abnehmender Sieblänge eine schwache konvexe Krümmung zur Abszisse erkennen lassen. Werden noch geringere Kettengeschwindigkeiten gewählt, so deuten deren Meßpunktfolgen Ausgleichslinien an, die flacher verlaufen. So ordnen sich die zu der extrem niedrigen Kettengeschwindigkeit von  $v = 0,05 \text{ m/s}$  gehörenden Meßpunkte um eine Ausgleichsgerade, die mit einem Anstieg von  $z = 0,550$  eindeutig flacher liegt. Sie durchsetzt demzufolge die übrige Kurvenschar so, daß sie auf den ersten beiden Siebmetern noch die besten  $m$ -Werte bringt, bei einer Sieblänge von  $8 \text{ m}$ , jedoch schon auf den



ritten Rang abgesunken ist und sich nur noch über der zu  $v = 0,50$  m/s gehörenden Linie hält. Bei dieser Sieblänge ist also (für das 0,75 mm Spaltsieb) die Ausbildung der Maximum-Kurve des Feinkornausbringens in Abhängigkeit von der Kettengeschwindigkeit wieder deutlich zu erkennen.

Damit zeigt die graphische Darstellung, daß der Exponent  $z$  auch von der Kettengeschwindigkeit abhängt, sobald  $v < 0,20$  m/s wird.

Im Teilbild c treten an Stelle drei verschiedener Sinkgeschwindigkeiten die Spaltweiten  $l_s = 1$  mm,  $l_s = 2$  mm und  $l_s = 3$  mm auf. Für die Spaltweite  $l_s = 1$  mm lassen sich die Punkte recht gut durch eine Gerade mit dem Anstieg  $z = 0,855$  verbinden. Legt man nun Parallele durch die Meßpunktfolgen für  $l_s = 2$  mm und  $l_s = 3$  mm, so stellen sich gerade noch befriedigende Annäherungen ein, obwohl sich bei einer unmittelbaren Verbindung der Punkte ein zur Abszisse konkaver Kurvenverlauf in beiden Fällen abzeichnet.

Aus der im Bild 71 vollzogenen graphischen Auswertung darf geschlossen werden, daß sich das Feinkornausbringen  $m$  in Abhängigkeit von der Sieblänge  $L$  näherungsweise nach Gl. (102a) beschreiben läßt, wobei die Größe  $z$  (= Exponent von  $L$  entsprechend Gl. (99a) nicht stark unterschiedlich von der Schütthöhe, der Kettengeschwindigkeit und der Spaltweite beeinflußt wird, wenn man Schütthöhen unter 100 mm und Kettengeschwindigkeiten unter 0,20 m/s ausschließt.

Im Bild 72 ist das Feinkornausbringen  $m$  in Abhängigkeit von der Spaltweite  $l_s$ , welche in erster Linie für die Sinkgeschwindigkeit maßgebend ist, aufgetragen. Im Teilbild a ist die Sieblänge  $L$  als Parameter gewählt. Trotz Streuung lassen sich die

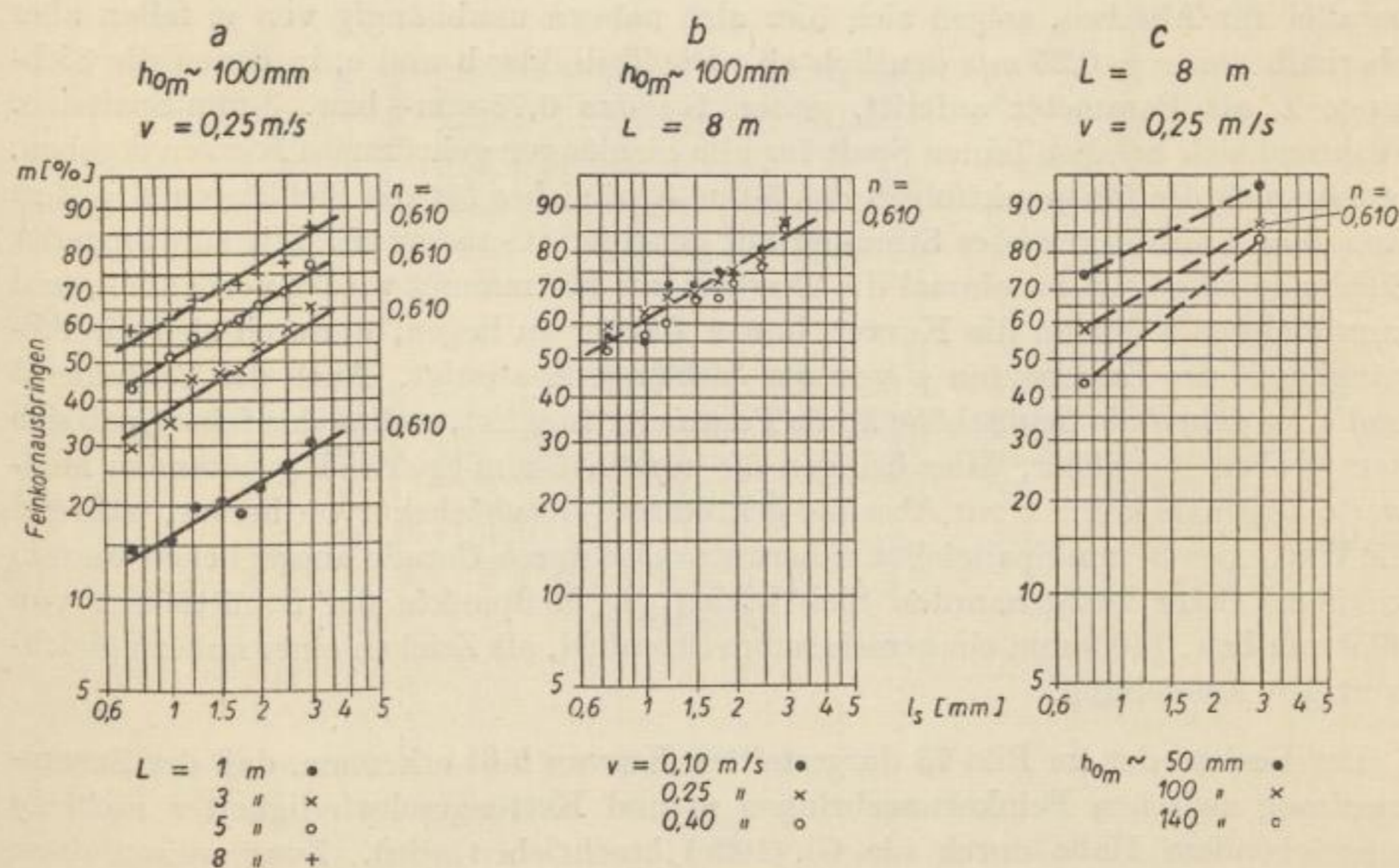


Bild 72. Feinkornausbringen  $m$  in Abhängigkeit von der Spaltweite  $l_s$

Meßpunktfolgen durch parallel verlaufende, ansteigende Gerade ( $n = 0,610$ ) in befriedigender Weise ausgleichen. Der größten Sieblänge ( $L = 8$  m) kommen dabei für alle Spaltweiten die höchsten Werte des Feinkornausbringens zu. Verwendet man verschiedene Kettengeschwindigkeiten als Parameter (Teilbild b), so bildet sich ein Streufeld der Meßpunkte aus, das jedoch nicht regellos verläuft, sondern verhältnismäßig gut durch eine ebenfalls mit  $n = 0,610$  ansteigende Gerade charakterisiert werden kann. Für die Verwendung verschiedener Schütthöhen als Parameter (Teilbild c) standen jeweils nur 2 Meßwerte zur Verfügung, da die Schütthöhen lediglich bei der Untersuchung des 0,75-mm- bzw. 3-mm-Spaltsiebes variiert wurden. Wenn dadurch auch der Aussagewert der graphischen Darstellung wesentlich beeinträchtigt wird, so ist es doch bemerkenswert, daß die Verbindungsstrecke zwischen den zur Schütthöhe  $h_0 \sim 100$  mm gehörenden Punkten wiederum einen Anstieg von  $n = 0,610$  aufweist.

Nach den im Bild 72 gezeigten Darstellungen darf der Schluß gezogen werden, daß sich das Feinkornausbringen  $m$  in Abhängigkeit von der Spaltweite  $l_s$ , die hier als stellvertretende Größe für die nicht sicher meßbare Sinkgeschwindigkeit der Körner ( $v_s$ ) eingesetzt wurde, näherungsweise nach der Gl. (102b) beschreiben läßt, wenn in dieser  $v_s \hat{=} l_s$  gesetzt wird.

Im Bild 73 ist nun die Kettengeschwindigkeit  $v$  als Abszisse benutzt worden.

Im Teilbild a, wo die Spaltweite  $l_s$  als Parameter gewählt ist, zeigen die Ausgleichslinien eine zur Abszisse konkave Krümmung, die für das 0,75-mm-Spaltsieb am ausgeprägtesten ist und ein Maximum hervorbringt. Die Kurven für das 1,5-mm- bzw. 3-mm-Spaltsieb verlaufen im Bereich der unteren Kettengeschwindigkeiten fast parallel zur Abszisse, zeigen sich hier also nahezu unabhängig von  $v$ , fallen aber oberhalb von  $v = 0,25$  m/s deutlich ab. Die Teilbilder b und c, in denen die Sieblänge  $L$  als Parameter auftritt, gelten für das 0,75-mm- bzw. 3-mm-Spaltsieb. Während sich bei dem feinen Spalt für alle Sieblängen gekrümmte Kurven ergeben, ordnen sich die Meßpunktfolgen des 3-mm-Spaltsiebes für die Sieblängen  $L = 1$  m und  $L = 3$  m mit gewisser Streuung auf geneigten Geraden an. Mit zunehmender Sieblänge allerdings ist einmal die Tendenz zur Krümmung wieder vorhanden, und zum anderen kommen die Kurven immer flacher zu liegen, wodurch sich die Abhängigkeit des Exponenten  $p$  von der Sieblänge  $L$  anzeigt. Auch die Teilbilder d und e, in denen die Schütthöhe  $h_0$  als Parameter fungiert, stellen das feine Spaltsieb dem groben gegenüber. Hier bringen die zum 0,75-mm-Spaltsieb gehörenden Meßwerte abermals konkav zur Abszisse gekrümmte Ausgleichskurven hervor, während die Werte des 3-mm-Spaltsiebes näherungsweise durch Gerade ausgeglichen werden können. Beim letztgenannten Sieb bilden die Meßpunkte der Schütthöhen von 99,9 mm bzw. 140,9 mm ein gemeinsames Streufeld, als Zeichen einer nahezu gleichwertigen Aussiebung.

Der Verlauf der im Bild 73 dargestellten Kurven läßt erkennen, daß der Zusammenhang zwischen Feinkornausbringen  $m$  und Kettengeschwindigkeit  $v$  nicht in ausreichendem Maße durch die Gl. (102c) beschrieben wird. Zwar weisen diese Kurven, wenn auch mehrfach nach anfänglich horizontalem oder gar ansteigendem

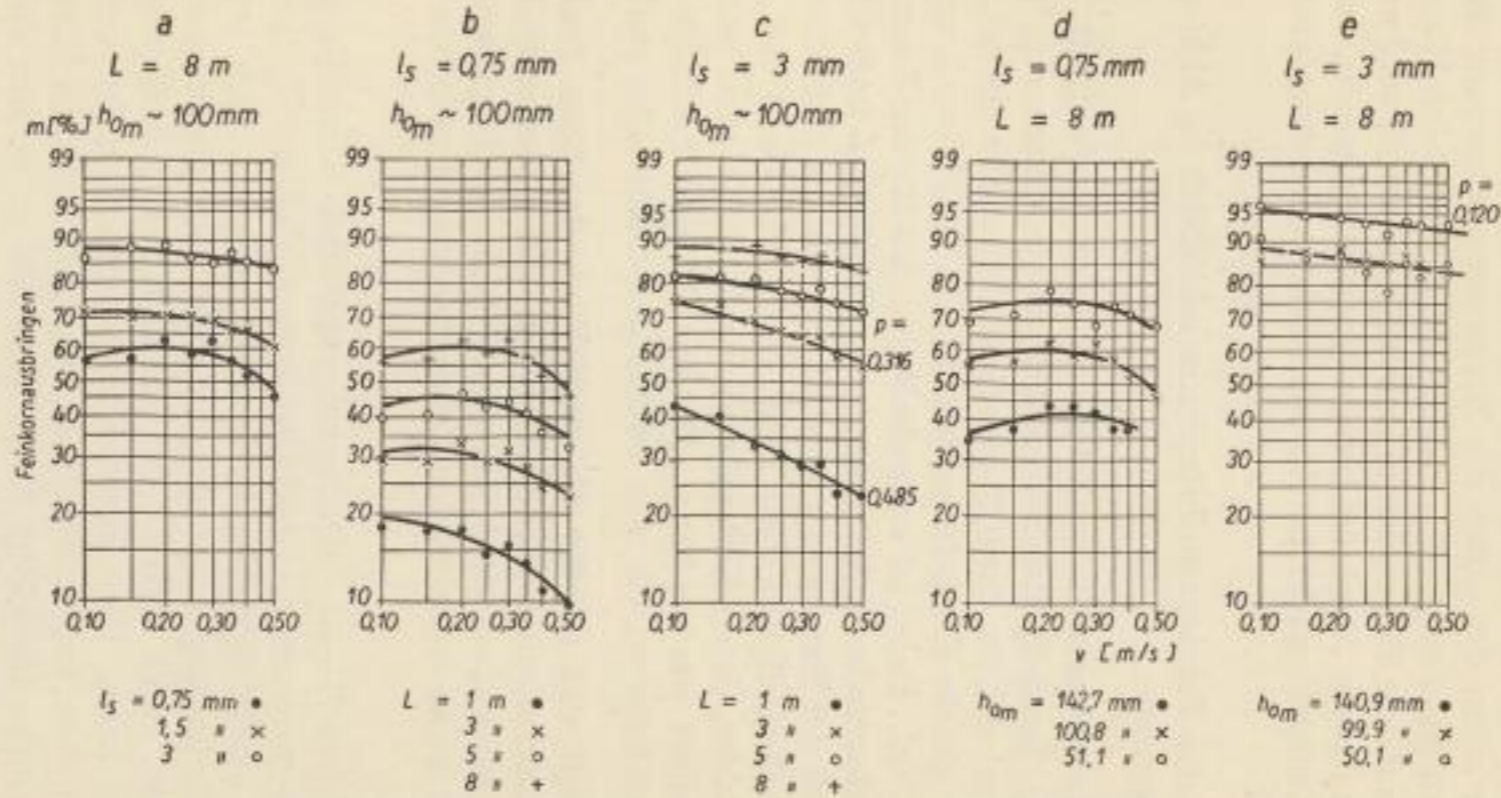


Bild 73. Feinkornausbringen  $m$  in Abhängigkeit von der Kettengeschwindigkeit  $v$

Verlauf, mit immer mehr zunehmender Kettengeschwindigkeit schließlich ein deutliches Abfallen auf, wie es die Gl. (102c) fordert, doch berücksichtigt diese nicht den offenbar aus der Kombination zwischen  $v$  und  $l_s$  resultierenden Einfluß auf das Feinkornausbringen. In der Spaltweite  $l_s$  darf nicht einfach eine technische Kenngröße des Siebbodens, sondern hier muß gleichzeitig das von ihr mitbestimmte Durchlaßvermögen und vor allem der durch die Kornzusammensetzung des Aufgabegutes gelegte Trennschnitt gesehen werden, der mit der horizontalen Wandergeschwindigkeit  $v$  des Gekörns auf dem Sieb im Hinblick auf den Sieberfolg sehr wohl in Beziehung steht. Es wurde in diesem Abschnitt bereits darauf hingewiesen, daß die Abhängigkeit dieser Größen untereinander bei der mathematischen Ansatzbildung unberücksichtigt bleibt.

Im Bild 74 ist das Feinkornausbringen  $m$  schließlich in Abhängigkeit von der Schütthöhe  $h_0$  aufgetragen.

Im Teilbild a, in welchem die Spaltweite als Parameter auftritt, läßt sich nur die Meßpunktfolge des 3-mm-Spaltsiebes näherungsweise durch eine geneigte Gerade ausgleichen, während sich für das 0,75-mm-Spaltsieb wieder ein gekrümmter Linienzug ausbildet. Die gleiche Erscheinung tritt in den Teilbildern b und c für verschiedene Sieblängen  $L$  auf. Dabei ist zu beobachten, daß für das 3-mm-Spaltsieb (Teilbild c) die Ausgleichsgeraden mit zunehmender Sieblänge  $L$  immer flacher zu liegen kommen, womit sich der Exponent  $q$  als abhängig von der Sieblänge erweist. Wählt man die Kettengeschwindigkeit  $v$  als Parameter (Teilbilder d und e), so bilden die Meßpunkte Streufelder, deren Erstreckung nur für das 3-mm-Spaltsieb durch eine Gerade gekennzeichnet werden kann. Für das 0,75-mm-Spaltsieb ergibt sich eine gekrümmte Ausgleichskurve, die mit wachsender Schütthöhe steil abfällt.

Das Bild 74 zeigt, daß nur für die große Weite des 3-mm-Spaltsiebes die Ausgleichslinien so verlaufen, wie es Gl. (102d) fordert. Das 0,75-mm-Spaltsieb liefert zwar ebenfalls geneigte Linien, erzwingt jedoch wegen des bestehenden, im mathematischen Ansatz aber nicht enthaltenden Zusammenhanges zwischen  $h_0$  und  $l_s$ , deren Krümmung.

Die in den Bildern 71—74 enthaltenen graphischen Darstellungen der in zahlreichen Versuchen gewonnenen Ergebnisse zeigen, daß der Verlauf des wirklichen Absiebvorganges, ausgedrückt durch das Feinkornausbringen im Durchgang  $m$ , welches unter der Bedingung eines überkornfreien Siebdurchganges mit dem Siebgütegrad  $\eta$  identisch ist, durch die Gl. (99a) nur zum Teil in befriedigender Näherung beschrieben werden kann. Diese Feststellung überrascht nicht, wenn man bedenkt, daß im mathematischen Ansatz eine Reihe von nicht erfaßten Einflußfaktoren und Zusammenhängen unberücksichtigt blieb. Hier sind zu nennen die Kornverteilung des Aufgabegutes, die Körnerverteilung in der Schüttung, der Anteil und die Verteilung des Grenzkornes im Aufgabegut, die Herausbildung eines den eigentlichen Trennvorgang überlagernden Teilungsvorganges und alle die Merkmale der Körner, welche deren Sinkfähigkeit in der Schüttung beeinflussen. Darauf, daß auch die gegenseitige Abhängigkeit der im Exponenten der Gl. (99a) auftretenden Größen in die Ansatzbildung nicht einging, wurde bereits hingewiesen. Dessen ungeachtet

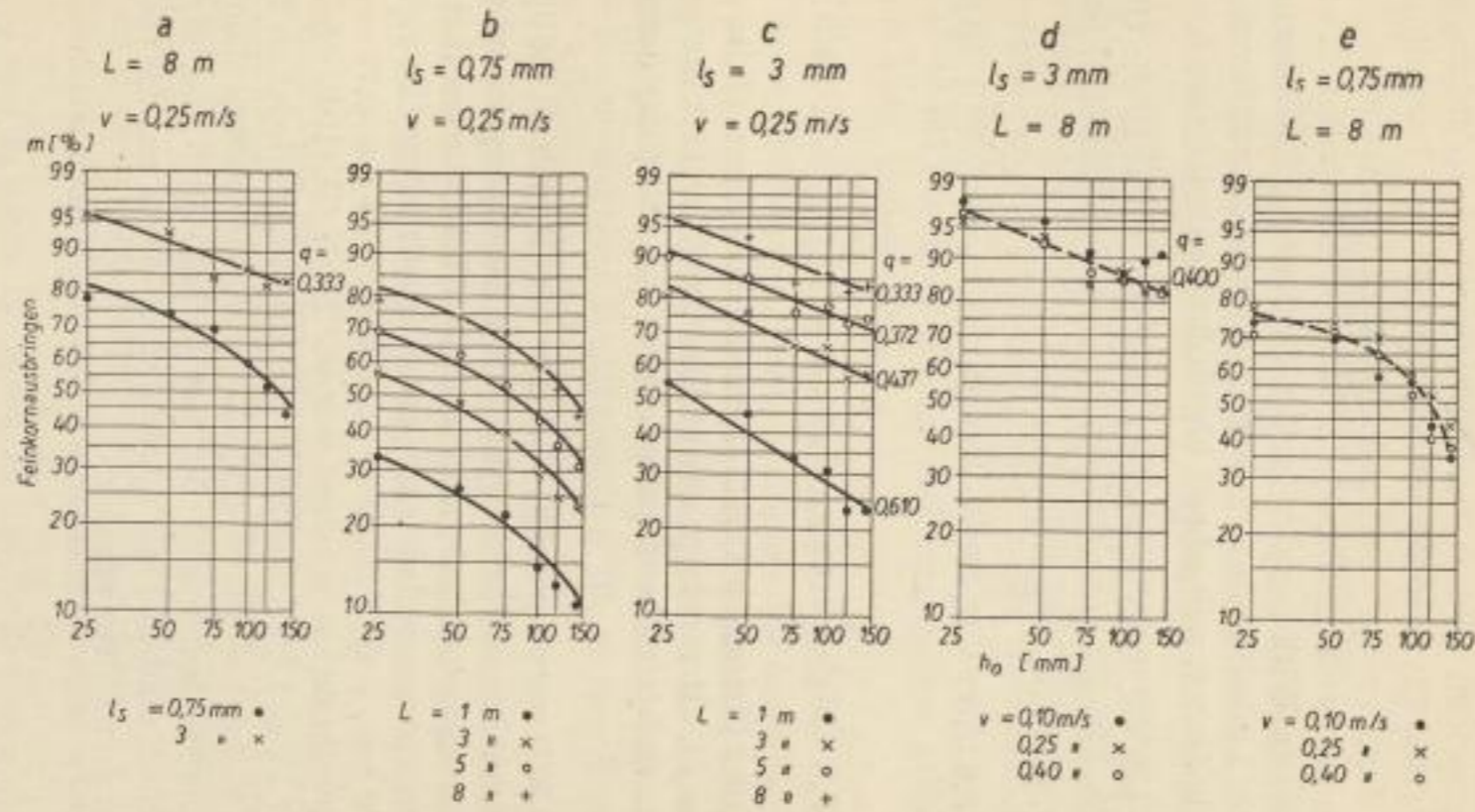


Bild 74. Feinkornausbringen  $m$  in Abhängigkeit von der Schütthöhe  $h_0$

erschien es jedoch nicht abwegig, an Hand der praktischen Siebergebnisse die in diesem Abschnitt dargelegte, wenn auch nicht vollständige theoretische Verallgemeinerung des Aussiebungsprozesses kritisch zu beleuchten.

Die Bilder 71 und 72 lassen immerhin erkennen, daß der Verlauf des Feinkornausbringens in Abhängigkeit von der Sieblänge wie auch Spaltweite den gemachten Grundannahmen entspricht. Soweit das Feinkornausbringen abhängig von der Kettengeschwindigkeit (Bild 73) oder Schütthöhe (Bild 74) zur Darstellung kommt, gilt diese Feststellung dann, wenn das 3-mm-Spaltsieb benutzt wird. Daraus ist zu folgern, daß die komplizierten Einflüsse von Kettengeschwindigkeit und Schütthöhe durch die dominierende Wirkung der großen Spaltweite, die innerhalb dieser Betrachtungen in erster Linie Stabilisierung des Verlaufes der mittleren Sinkgeschwindigkeit der Körner bedeutet, weitgehend überdeckt werden.

Führt man den mit Gl. (99a) gegebenen Ausdruck für  $m$  in die Gleichungen zur Berechnung der Siebdurchgangsleistung  $D_h$  bzw. der spezifischen Siebdurchgangsleistung  $D_s$  Gl. (45), (47) ein, so gehen diese in

$$D_h = 3,6 \cdot 10^{-2} \cdot B_n \cdot h_0 \cdot v \cdot \gamma_s \cdot F_{A_0} \left( 1 - e^{-k_1 \frac{L^z \cdot v_s^n}{v^p \cdot h_0^q}} \right) \quad [\text{t/h}] \quad (103)$$

bzw.

$$D_s = 3,6 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{h_0}{L_n} \cdot v \cdot \gamma_s \cdot F_{A_0} \left( 1 - e^{-k_1 \frac{L^z \cdot v_s^n}{v^p \cdot h_0^q}} \right) \quad [\text{t/m}^2\text{h}] \quad (104)$$

über und erhalten den Charakter von Näherungsbeziehungen ( $L_n =$  nutzbare Sieblänge, hier ist  $L_n = L$ ). Demzufolge reicht ihre Tragfähigkeit nur soweit, wie das Feinkornausbringen  $m$  hinreichend genau durch die Gl. (99a) dargestellt werden kann.

Im Abschnitt 5.321 wurde gezeigt, daß der von RAMMLER [56] [20] gefundene parabolische Zusammenhang zwischen spezifischer Durchgangsleistung  $D_s$  und Spaltweite  $l_s$  als eine Näherungsmethode auch auf die Absiebung im Siebkettenförderer angewendet werden kann, wobei sich unter bestimmten Betriebsbedingungen ( $L = 8$  m,  $h_0 \sim 100$  mm,  $v$  als Parameter) der Exponent  $q \approx 0,77$  ergab und damit das Bild einer Wurzelfunktion erhalten wurde. Nach Gl. (104) wird nun die Verknüpfung zwischen  $D_s$  und  $l_s$  — wenn man die Spaltweite wieder an Stelle der Sinkgeschwindigkeit  $v_s$  einsetzt — durch einen Exponentialzusammenhang ausgedrückt. Die beiden Näherungsmethoden schließen sich deshalb nicht aus, weil ihre Kurvenbilder einander ähnlich sind und die tatsächlichen Werte um die theoretisch geforderte Zuordnung unvermeidbar streuen.

## 6.1

## Wissenschaftliche Erkenntnisse

1. Das Feinkornausbringen im Durchgang  $m$  liefert im wesentlichen eine Aussage über die Quantität des Trennvorganges. Der als die Differenz  $\eta = m - w$  gebildete Siebgütegrad berücksichtigt zusätzlich den Überkornanfall im Siebdurchgang und bringt demzufolge Quantität und Qualität des Trennprozesses gleichzeitig zum Ausdruck. Das geschieht allerdings mit dem Nachteil, daß aus der Größe seines Wertes nicht ersehen werden kann, welche Seite des Trennvorganges am einflußreichsten war. Diese Verschleierung weicht dann, wenn neben dem Siebgütegrad auch das Feinkornausbringen angegeben wird; sie tritt überhaupt nicht auf, wenn das Feinkornausbringen stets an die Reinheit des Siebdurchganges geknüpft ist ( $\dot{U} = 0$ ;  $w = 0$ ). In diesem Falle wird  $m = \eta$ .

2. Mit Hilfe der zur Berechnung des Feinkornausbringens  $m$  und des Siebgütegrades  $\eta$  angegebenen Gleichungen, lassen sich auch das Ausbringen der Fraktionen ( $m_f$ ) bzw. der Fraktionsgütegrad ( $\eta_f$ ) sowie das Feinkornausbringen ( $m_d$ ) und der Siebgütegrad ( $\eta_d$ ) in Abhängigkeit von der Korngröße  $d$  berechnen. An Stelle der zum Korngrößenbereich  $0 - k$  [mm] gehörenden Feinkorngehalte ( $F_A, F_D, U$ ), sind die Prozentwerte der betrachteten Fraktionen bzw. die zu den Korngrößenbereichen  $0 - d$  gehörenden Gewichtsprozente einzusetzen.

Das Fraktionsausbringen  $m_f$ , das mit der TROMPSchen Teilungszahl  $T_f$  übereinstimmt, bildet in seinem Verlauf ein Maximum, welches meist nicht der feinsten, sondern einer in der linken Hälfte des Korngrößenbereiches  $0 - k$  liegenden Fraktion zugeordnet ist.

Bei der Berechnung des Fraktionsgütegrades  $\eta_f$  erhält auch der feiner als die betrachtete Fraktion anfallende Gewichtsanteil des Siebdurchganges den Charakter von Fehlkorn. Diese Kenngröße besitzt deshalb für den gewöhnlichen Siebprozeß, in welchem der die Korngrößen  $0 - k$  [mm] umfassende Gewichtsanteil abgetrennt werden soll, keinen Aussagewert. Dieser stellt sich erst ein, wenn tatsächlich mit Hilfe von zwei Trennschnitten Fraktionen ausgesiebt werden sollen.

Die Größen  $m_d$  und  $\eta_d$  gehen für  $d = k$  in das Feinkornausbringen  $m$  und den Siebgütegrad  $\eta$  schlechthin über, wobei — wenn es keine Korngrößen  $d > k$  gibt, der Siebdurchgang also frei von echtem Überkorn ist — die Identität  $m \equiv \eta$  gilt. Unter dieser Bedingung bleibt die Erscheinung  $\eta_d < m_d$  nur solange bestehen, als  $d < k$  ist. Tritt im Siebdurchgang jedoch echtes Überkorn (bezogen auf die Kornscheide  $k$ ) auf, so gilt auch für  $d = k$  noch immer  $\eta < m$ .

3. Der Beurteilung eines Siebprozesses sollte als Kornscheide  $k$  stets die Größe der Trennweite des benutzten Siebes, welcher eine bestimmte Prüfsieböffnungsweite äquivalent ist, zugrunde gelegt werden.

4. Der von RAMMLER für einen weiten Bereich der Klassierungsfeinheit auf Schwingsieben gefundene parabolische Zusammenhang zwischen spez. Siebdurchgangsleistung und Spaltweite läßt sich als eine Näherungsmethode auch auf den Absiebvorgang des Siebkettenförderers übertragen.

5. Der ebenfalls von RAMMLER angegebene und auf einer parabolischen Beziehung beruhende Äquivalenzzusammenhang zwischen Spalt- und Rundlochweiten wird bestätigt und kann für die ausgeführten Versuche zahlenmäßig ausgedrückt werden.

6. Wie es in der Fachliteratur vielfach geschehen ist, wurden auch in dieser Arbeit zum Zwecke des vereinfachten Vergleichs der spez. Durchgangsleistungen verschiedener Siebe miteinander die Werte des Feinkornausbringens als konstant festgesetzt. Diese Methode muß jedoch als nicht korrekt angesehen werden, da das Feinkornausbringen selbst eine charakteristische Größe für die Trennleistung eines jeden Siebes ist.

7. Benutzt man an Stelle der nutzbaren Siebfläche die offene Siebfläche in  $m^2$  als Bezugsbasis zur Berechnung der spez. Siebleistungen, so werden sich deren Werte nur nach Maßgabe eines Proportionalitätsfaktors ändern. Soll der durch Vergrößerung der offenen Siebfläche, bei sonst unveränderten Dimensionen des Siebes, gesteigerte Sieberfolg dargestellt werden, so muß die offene Siebfläche als Parameter fungieren; als Bezugswert ist sie in diesem Falle ungeeignet.

Man sollte als Bezugsgröße der spez. Siebleistungen die nutzbare Siebfläche beibehalten, sie aber nicht nur durch Angabe der Trennöffnungsweite und -form, sondern durch gleichzeitige Benennung der offenen Siebfläche, besser charakterisieren; z. B.

$$D_s = 3,5 \text{ t/m}^2\text{h} (2 \text{ mm} \parallel ; 42\%) .$$

8. Während die obere Berandungskorngröße des Siebdurchganges allein durch Weite und Form der Sieböffnungen auf der Korngrößenskala des Aufgabegutes festgelegt wird, hängt die Kornverteilung im Siebdurchgang sowohl von der Arbeit des Zerkleinerungsgerätes als auch vom Siebprozeß ab. Die vom Zerkleinerungsgerät im Mahlgut (= Siebaufgabegut) erzeugten absoluten Fraktionsmengen können durch die Klassierung nicht verändert werden. (Der unbeabsichtigt bei der Siebung eintretende Kornzerfall bleibt hier außerhalb der Betrachtung.) Wohl aber ändern sich, da die Fraktionsmengen im Siebdurchgang bzw. Siebübergang auf die Mengen dieser durch die Trennung entstandenen beiden Siebprodukte bezogen werden, die Fraktionsprozentwerte.

9. Ausgehend von einer der Exponentialformel nach ROSIN-RAMMLER-SPERLING gehorchenden Kornverteilung, werden verschiedene Absiebungsfälle im RRB-Körnungsnetz betrachtet:

a) Vollständige Absiebung

$$\eta = m = 100\%; \quad m_f = 100\% = \text{konst.}$$

Im Falle der vollständigen Aussiebung müssen die Ausbringen aller Fraktionen  $m_f$  den Wert 100% annehmen und damit gleich groß sein.



Im RRB-Körnungsnetz erweist sich eine an der Stelle der Kornscheide  $k$  errichtete Senkrechte als Sperrlinie, welcher sich die Körnungskurven von Siebdurchgang bzw. Siebübergang durch Krümmung im Bereich der groben bzw. feinen Fraktionen asymptotisch nähern.

Ausgehend von einem Siebprozeß mit vollständig verlaufener Trennung, wies RAMMLER analytisch nach, daß an sich weder der Siebdurchgang noch der Siebübergang dem Exponentialzusammenhang Folge leisten, wenn eine der Exponentialformel gehorchende Kornverteilung einer Absiebung unterworfen wird.

b) Unvollständige Absiebung mit konstantem Fraktionsausbringen

$$\eta = m < 100\%; \quad m_f < 100\% = \text{konst.}$$

Die Koordinaten der Körnungskurve des Siebdurchganges bleiben, unabhängig von vollständiger oder unvollständiger Aussiebung, erhalten, solange die Ausbringen aller Fraktionen gleich groß sind.

Die Körnungslinie des Siebüberganges besteht aus zwei, an der Stelle der Kornscheide  $k$  zusammenstoßenden und einen Knickpunkt bildenden Ästen, von denen der linke (Bereich der feinen Fraktionen) fast gerade verläuft, während der rechte (Bereich der gröberen Fraktionen) im Sinne einer vollständigen Absiebung gekrümmt ist. Je weiter der Wert des konstanten Fraktionsausbringens abnimmt, desto mehr nähert sie sich nach Lage und Gestalt der Körnungsgeraden (RRS-Geraden) des Aufgabegutes.

c) Unvollständige Absiebung mit nicht konstantem Fraktionsausbringen

$$\eta = m < 100\%; \quad m_f \neq \text{konst.}$$

Aus der Vielzahl der hier möglichen Fälle wurde angenommen, daß die Kurve der Fraktionsausbringen ein Maximum aufweist. Während hierdurch die Körnungskennlinie des Siebüberganges beachtlich deformiert wird, behält die Kennlinie des Siebdurchganges ihr Charakteristikum im wesentlichen bei.

10. Die mathematische Erfassung des auf Wahrscheinlichkeitsbeziehungen beruhenden Trennvorganges stößt auf erhebliche objektive Schwierigkeiten, so daß allen hierzu angegebenen Gleichungen nur der Charakter von Näherungslösungen zugesprochen werden kann.

Nachdem verschiedene Autoren in indirekter Form ähnliche Hinweise gaben, drückte RAMMLER im Anschluß an Siebkettenträger-Untersuchungen die Abhängigkeit des Feinkornausbringens  $m$  von der Sieblänge  $L$  erstmals in Form einer Exponentialfunktion aus.

In der vorliegenden Arbeit wird angenommen, daß die in der Zeiteinheit aus dem Aufgabegut ausgesiebte Feinkornmenge dem Produkt aus der zur Zeit  $t$  auf dem Sieb noch vorhandenen Feinkornmenge und einer Größe  $\beta$ , welche näherungsweise die

Bedingungen erfaßt, unter denen sich das Feinkorn in der Schüttung bewegt und die Sieböffnungen passiert, proportional ist. Die Lösung der diese Annahme beschreibenden Differentialgleichung liefert eine Exponentialfunktion, mit welcher nach entsprechender Umformung die Abhängigkeit des Feinkornausbringens  $m$  ausgedrückt wird. Die Einflußgrößen  $L$  (Sieblänge),  $v_s$  (Sinkgeschwindigkeit der siebfähigen Körner),  $v$  (mittlere, horizontale Geschwindigkeit der Körner auf dem Sieb = Kettengeschwindigkeit) und  $h_0$  (Schütthöhe am Anfang der Siebstraße) treten dabei auf Grund einer weiteren Annahme als Potenzen im Exponenten auf.

Durch doppeltes Logarithmieren wurde die Gleichung in eine gut auswertbare Form überführt. Trägt man nämlich  $\lg \lg \left( \frac{100}{100 - m} \right)$  gegen den Logarithmus einer Einflußgröße auf und sieht dabei die übrigen als konstant an, so müssen sich in allen Fällen, wenn der Absiebvorgang durch diesen Zusammenhang einigermaßen zu beschreiben wäre, Gerade ergeben.

Die kritische Überprüfung mit Hilfe der in vielen Versuchen gewonnenen Ergebnisse zeigt, daß der Verlauf des wirklichen Absiebvorganges, ausgedrückt durch das bei überkornfreier Absiebung mit dem Siebgütegrad identischen Feinkornausbringen  $m$ , durch die angegebene Exponentialbeziehung nur zum Teil in befriedigender Näherung beschrieben werden kann.

## 6.2 Technologische bzw. technische Erkenntnisse

### 6.21 Merkmale des Trennprozesses im Siebkettenförderer

1. Im Siebkettenförderer der bisherigen Bauart treten keine sogenannten „Siebkräfte“ auf, deren Aufgabe darin besteht, das aufgebene Gut zum Zwecke der Ausiebung des Feinkorns ständig umzuwälzen und aufzulockern. Der unbewegte Siebboden ist sieb-dynamisch inaktiv. Die durch die bewegte Kette in gewissem Umfange hervorgerufenen Umlagerungen des Aufgabegutes fördern zwar den Absiebvorgang, sind jedoch nur eine sekundäre Erscheinung zu deren Förderaufgabe und deshalb nicht wirksam genug. Die Sinkbewegungen der Körner zum Siebboden beruhen auf Schwerkraft und erfolgen in einer nur wenig aufgelockerten Schüttung. Sie beginnen mit dem Abwandern der in unmittelbarer Nähe des Siebbodens eingebrachten siebfähigen Körner durch die Siebbodenöffnungen in den Siebdurchgang.

2. Der unbewegte Siebboden kann sich vom blockierenden Gut (nicht siebfähiger Teil des Grenzkornes, der den Siebboden erreicht hat) nicht selbst freiarbeiten. Die Forträumung dieser Körner obliegt der gleitenden Kette, die diese Aufgabe aus konstruktiven Gründen jedoch nicht befriedigend erfüllen kann.

3. Auf Grund der eben genannten Wesensmerkmale nimmt der Siebkettenförderer im Feld der Siebklassiergeräte, in dessen vorderer Reihe die Vibrationssiebe stehen, einen ungünstigen Platz ein.

## 6.22 Rechnerische Erfassung der Leistung des Siebkettenförderers (siehe hierzu Abschnitt 4.2)

### 1. Größen der Siebbeaufschlagung

Siebbelastung (stdl. Aufgabemenge, Siebleistung)

$$A_{h_0} = 3,6 \cdot B_n \cdot h_0 \cdot v \cdot \gamma_s \quad [\text{t/h}].$$

Spezifische Siebbelastung

$$A_s = 3,6 \cdot \frac{h_0}{L_n} \cdot v \cdot \gamma_s \quad [\text{t/m}^2\text{h}].$$

Es bedeuten:  $B_n$  = nutzbare Siebbreite in m  
 $L_n$  = nutzbare Sieblänge in m  
 $h_0$  = Schütthöhe am Anfang der Siebstraße in mm  
 $v$  = Kettengeschwindigkeit in m/s  
 $\gamma_s$  = Schüttgewicht des Aufgabegutes in  $\text{t/m}^3$ .

### 2. Größen des Siebdurchganges

#### a) Überkornfreier Siebdurchgang

Siebdurchgangsleistung

$$D_h = 3,6 \cdot 10^{-4} \cdot m \cdot F_{A_0} \cdot B_n \cdot h_0 \cdot v \cdot \gamma_s \quad [\text{t/h}].$$

Spezifische Siebdurchgangsleistung

$$D_s = 3,6 \cdot 10^{-4} \cdot m \cdot F_{A_0} \cdot \frac{h_0}{L_n} \cdot v \cdot \gamma_s \quad [\text{t/m}^2\text{h}].$$

#### b) Überkornhaltiger Siebdurchgang

Siebdurchgangsleistung

$$D_h = 3,6 \cdot 10^{-4} (m \cdot F_{A_0} + w \cdot G_{A_0}) B_n \cdot h_0 \cdot v \cdot \gamma_s \quad [\text{t/h}].$$

Spezifische Siebdurchgangsleistung

$$D_s = 3,6 \cdot 10^{-4} (m \cdot F_{A_0} + w \cdot G_{A_0}) \frac{h_0}{L_n} \cdot v \cdot \gamma_s \quad [\text{t/m}^2\text{h}].$$

Es bedeuten:

$F_{A_0}$  = Feinkorn (Siebfähiges) in der Aufgabemenge in %  
 $G_{A_0}$  = Grobkorn in der Aufgabemenge in %  
 $m$  = Feinkornausbringen im Durchgang in %  
 $w$  = Überkornanfall im Durchgang in %.

## 6.23 Beeinflussung des Absiebvorganges durch verschiedene Faktoren

### 1. Einfluß der Sieblänge

a) Die Siebdurchgangskurve  $D_h$  (Summenkurve der auf den einzelnen Teilstrecken der Siebstraße anfallenden Mengen an Siebdurchgang) steigt in Abhängigkeit von der Sieblänge  $L$  zunächst steil an und strebt mit wachsendem  $L$  asymptotisch einem Grenzwert zu, der durch die Menge des siebfähigen Anteils im Aufgabegut  $F_{a_0}$  gegeben ist. Hierbei wird stets vorausgesetzt, daß sich der Siebboden im einwandfreien Zustand befindet, so daß nur siebfähiges Gut, bezogen auf dessen Öffnungsweite und -form, in den Durchgang gelangen kann.

Unregelmäßigkeiten, welche die Charakteristik der Kurve jedoch nicht verändern, treten dann auf, wenn siebschwieriges Gut den Siebboden langsam passiert und ihn dadurch den feineren Anteilen des Siebfähigen vorübergehend versperrt.

b) Unter Wahrung vollständiger Gleichzeitigkeit nehmen die Mengen des Aufgabegutes  $A_{h_0}$  und des darin enthaltenen Siebfähigen  $F_{a_0}$  so ab, wie der Siebdurchgang wächst, wobei sich  $A_{h_i}$  und  $F_{a_i}$  stets um die konstante Menge des Siebgroben  $G_{a_0}$  (nicht siebfähiges Gut) unterscheiden.

c) Das Feinkornausbringen  $m$ , das innerhalb dieser Untersuchungen in der Regel wegen des überkornfreien Siebdurchganges mit dem Siebgütegrad  $\eta$  identisch ist, steigt in Abhängigkeit von der Sieblänge  $L$  ebenfalls zunächst steil an, verflacht sich dann und strebt dem Grenzwert 100% asymptotisch zu, so daß die Zunahme dieses technologisch entscheidenden Kennwertes mit wachsender Sieblänge immer geringer wird.

d) Die spezifische Siebdurchgangsleistung  $D_s$  nimmt mit wachsender Sieblänge  $L$  nach einer konvex zur Abszisse gekrümmten Kurve ab.

e) Da die technologisch wichtige Kenngröße  $m$  mit der Sieblänge zunimmt, der wirtschaftlich maßgebende Kennwert  $D_s$  jedoch zurückgeht, ist die Länge der Siebstraße so zu bemessen, daß sich ein Optimum einstellt.

f) Die spezifische Aufgabelleistung  $A_s$  verläuft in Abhängigkeit von der Sieblänge streng nach einer Hyperbel.

g) Mit wachsender Sieblänge nimmt die Feinheit des Siebdurchganges ab. Auch hier ruft siebschwieriges Gut durch Verzögerung der Aussiebung des noch auf dem Sieb vorhandenen Feinkorns meist Störungen hervor, ohne die Kurventendenz zu verändern.

h) Die unter a—g genannten, von der Sieblänge als Einflußgröße verursachten Erscheinungen treten auch dann auf, wenn die Schütthöhe des Aufgabegutes am Anfang der Siebstraße, die Kettengeschwindigkeit, die Spaltweite, die offene Siebfläche und die nutzbare Breite des Siebbodens variiert werden.

## 2. Einfluß der Siebbreite

a) Wird nur die Breite des Siebbodens bei sonst gleichbleibender Dimensionierung und Betriebsweise des Siebgerätes sowie konstantem Feinkorngehalt des Aufgabegutes verändert, so ändern sich linear mit ihr die stündliche Aufgabemenge  $A_{h_0}$  (Siebbelastung) und die Siebdurchgangsleistung  $D_h$ , (siehe Gleichungen (41) und (45)). Unabhängig von der Siebbreite bleiben das Feinkornausbringen  $m$ , die spez. Aufgabemenge und spez. Siebdurchgangsleistung; die beiden spez. Größen deshalb, weil sie auf die ebenfalls linear mit der Sieblänge wachsende nutzbare Siebfläche bezogen werden (siehe Gleichungen (44) und (47)).

## 3. Einfluß der Schütthöhe

a) Mit der Schütthöhe wachsen unter sonst konstanten Verhältnissen die Siebbelastung  $A_{h_0}$ , die Menge des im Aufgabegut eingebrachten Feinkornes (Siebfähiges)  $F_{a_0}$  und die spez. Siebbelastung  $A_s$  (für  $L = \text{konst.}$ ) linear an (siehe Gleichungen (41), (31), (44)).

b) Mit wachsender Schütthöhe wird ein Teil des Feinkorns in immer größerer Entfernung vom Siebboden eingebracht. Die in der obersten Schicht der Schüttung befindlichen Körner können nur dann in den Siebdurchgang gelangen, wenn sie den Weg bis zur Siebbodenöffnung in einer Zeit (Sinkzeit) zurücklegen, die kürzer als die ihnen maximal mögliche Verweilzeit auf dem Sieb ist. Die Sinkzeit wird durch den Quotienten aus der Schütthöhe  $h_0$  und der Sinkgeschwindigkeit  $v_s$  (= vertikale Geschwindigkeitskomponente des Kornes), die max. mögliche Verweilzeit durch den Quotienten aus der max. Sieblänge  $L_{\max}$  (= Gesamtlänge) und der Kettengeschwindigkeit  $v$  gebildet:

$$\frac{h_0}{v_s} < \frac{L_{\max}}{v}.$$

c) Die Sinkgeschwindigkeit  $v_s$  des einzelnen Kornes ist nicht konstant, sondern unterliegt sprunghaften Veränderungen. Sie hängt einmal von verschiedenen Merkmalen des Kornes selbst und von den Bewegungsmöglichkeiten in der Schüttung ab, wobei das auf dem Siebboden angelangte Grenzkorn oft eine sehr störende Rolle spielt.

d) Die Kurve der Siebdurchgangsleistung steigt in Abhängigkeit von der Schütthöhe  $h_0$  zunächst an, erreicht einen Höchstwert und fällt dann wieder etwas ab. Die Aufgabeschüttung wird nur bis zu einer bestimmten Höhe (Grenzschtütthöhe oder aktive Reichweite des Siebbodens) in den Trennprozeß einbezogen. Diese ausgezeichnete Höhe wird u. a. stark von der Spaltweite des Siebbodens bestimmt und bildet die Grenze zwischen Trennvorgang und überlagertem Teilungsvorgang. Für das 0,75-mm-Spaltsieb wurde sie zu rund 100 mm ermittelt, während sie auf dem 3-mm-Spaltsieb mit einer Schütthöhe von 140 mm noch nicht erreicht werden konnte.

Das Absinken der  $D_h$ -Kurve oberhalb der Grenzschtütthöhe dürfte auf den mit der Schütthöhe wachsenden Belastungsdruck in der Schüttung und die dadurch eingeschränkten Bewegungsmöglichkeiten der Körner zurückzuführen sein.

e) Die Kurven der spez. Siebdurchgangsleistungen  $D_s$  verlaufen analog der  $D_h$ -Kurven.

f) Das Feinkornausbringen  $m$  fällt mit wachsender Schütthöhe in zunehmendem Maße ab.

Diese Erscheinung erklärt sich daraus, daß mit steigender Schütthöhe die mittlere Weglänge der Körner zum Siebboden größer wird und durch Einschränkung der Bewegungsmöglichkeiten in der Schüttung gleichzeitig die Sinkgeschwindigkeit  $v_s$  zurückgeht.

g) Bis zur Grenzschütthöhe steigt die Feinheit des Siebdurchganges mit der Schütthöhe etwas an. Die Schüttung des Gutes auf dem Siebboden übt eine Art Filterwirkung aus.

#### 4. Einfluß der Kettengeschwindigkeit

a) Mit der Kettengeschwindigkeit  $v$  wachsen unter sonst konstanten Verhältnissen die Siebbelastung  $A_{h_0}$ , die Menge des im Aufgabegut eingebrachten Feinkorns  $F_{a_0}$  und die spez. Siebbelastung  $A_s$  (für  $L = \text{konst.}$ ) linear an (siehe Gleichungen (41), (31), (44)).

b) Die Kettengeschwindigkeit beeinflusst den Absiebvorgang in mehrfacher Hinsicht:

Durch ihr Anwachsen verkürzt sie bei konstanter Sieblänge die Verweilzeit des Gutes auf dem Sieb im umgekehrten Verhältnis und erhöht verhältnismäßig die Zahl der in der Zeiteinheit dem Sieb zugeführten Siebgutelemente; ferner wirkt sie auf die Lagerungsdichte der Kornschüttung auf dem Sieb ein.

c) Die doppelte Zahl mit halber Verweilzeit (hohe Kettengeschwindigkeit) über den Siebboden bewegter Siebgutelemente liefert eine größere Menge an Siebdurchgang, als die halbe Anzahl solcher Elemente mit doppelter Verweilzeit (geringe Kettengeschwindigkeit) herzugeben vermag. Zwei schnell bewegte Siebgutelemente haben hierbei wohl summarisch die gleiche Verweilzeit wie ein langsam bewegtes Element, doch vollzieht sich bei ihnen in dieser Zeit die Absiebung des Feinkorns zweimal aus den in der Nähe des Siebbodens eingebrachten Schichten, wo sich zum kurzen Sinkweg  $h$  gesetzmäßig noch eine hohe Sinkgeschwindigkeit  $v_s$  gesellt, so daß die Abtrennung von Feinkorn ergiebig ist. Im langsam bewegtem Siebgutelement herrschen während der zweiten Hälfte der Verweilzeit entgegengesetzte Verhältnisse. Der Trennvorgang erfaßt bei seinem Vordringen in höher gelegene Gutschichten Körner, die sich in der Schüttung nur langsam nach unten bewegen können, wodurch der in gleicher Zeitspanne anfallende Siebdurchgang geringer wird.

d) Die Kurve der Siebdurchgangsleistung  $D_h$  steigt deshalb mit der Kettengeschwindigkeit  $v$  zunächst an, um schließlich für genügend hohe Werte von  $v$ , bei welchen die Verweilzeiten sehr kurz sind und außerdem die Sinkbewegungen der Körner durch deren dann ausgeprägte horizontale Geschwindigkeitskomponente beeinträchtigt werden, einen Grenzwert anzunehmen.

Diese Erscheinung wird vom Einfluß der Spaltweite so überlagert, daß große Spaltweiten die Herausbildung des Grenzwertes in sehr hohe, praktisch nicht fahrbare Kettengeschwindigkeitsbereiche verlagern.

e) Das Feinkornausbringen geht mit wachsender Kettengeschwindigkeit zunächst gedämpft und dann stärker zurück.

f) Bei Siebböden mit kleinen Spaltweiten  $l_s$  (0,75 mm; 1 mm) zeigt es sich, daß mittlere Kettengeschwindigkeiten  $v$  (0,20—0,30 m/s) offenbar optimale Bewegungsmöglichkeiten in der Schüttung schaffen, denn die Kurve des Feinkornausbringens läßt ein Maximum erkennen. Die  $D_h$ -Kurven deuten in diesem Geschwindigkeitsbereich Wendepunkte an. Diese Erscheinungen verlieren sich mit zunehmender Spaltweite, da deren Einfluß auf die Sinkgeschwindigkeit der Körner dominierend wird (gleichbleibende Kornverteilung des Aufgabegutes vorausgesetzt).

g) Die Kurven der spez. Siebdurchgangsleistungen verlaufen analog der  $D_h$ -Kurven.

### 5. Einfluß des siebschwierigen Gutes

a) Das Feinkornausbringen  $m$  nimmt mit wachsender mittlerer Korngröße ( $MK$ ) des siebfähigen Anteiles im Aufgabegut angenähert linear ab. Zunehmende  $MK$  des Siebfähigen bedeutet Zunahme der gröberen Fraktionen in diesem Gewichtsanteil und damit auch Anwachsen der Menge des siebschwierigen Gutes.

### 6. Einflüsse von Schütthöhe und Kettengeschwindigkeit bei konstanter spez. Siebbelastung

a) Eine vorgegebene spez. Siebbelastung  $A_s$  kann mit geringer Schütthöhe  $h_0$  und gleichzeitig hoher Kettengeschwindigkeit  $v$  oder aber mit großer Schütthöhe bei niedriger Kettengeschwindigkeit gefahren werden. Die am 0,75-mm- bzw. 3-mm-Spaltsieb ausgeführten Untersuchungen ergaben, daß die Paarung geringe Schütthöhe/hohe Kettengeschwindigkeit die besten Werte des Feinkornausbringens  $m$  und damit auch der spez. Siebdurchgangsleistung  $D_s$  bringt.

Am 3-mm-Spaltsieb erfährt diese Erscheinung dadurch eine Abschwächung, daß der das Feinkornausbringen drückende Einfluß einer großen Schütthöhe durch den Einfluß der vergrößerten Spaltweite gemildert wird. Mit der Erhöhung der vorgegebenen spez. Siebbelastung  $A_s$  wächst die spez. Siebdurchgangsleistung  $D_s$  zwar noch an, das Feinkornausbringen  $m$  jedoch nimmt ab.

b) Die hier für das 0,75-mm- und 3-mm-Spaltsieb dargestellten Zusammenhänge sind auch auf die dazwischen liegenden Siebspaltweiten übertragbar.

c) Wird mit erhöhter Kettengeschwindigkeit gefahren, so ist dem Verschleißproblem erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken.

### 7. Einfluß der offenen Siebfläche

a) Durch die Vergrößerung der offenen Siebfläche bei gleichzeitig unveränderter Spaltweite werden die Bewegungsvorgänge in der Schüttung auf dem Sieb dadurch

belebt, daß die in allen Flächenelementen des Siebbodens erhöhte Dichte der Sieböffnungen einer größeren Menge an Siebfähigem den gleichzeitigen Durchgang gestattet.

Hieraus resultiert unter sonst unveränderten Verhältnissen die Erhöhung der Durchgangsleistung und des Feinkornausbringens.

b) Die drei Werte der offenen Siebfläche betragen am 1,25-mm-Spaltsieb  $F_0 = 41,0—34,2—30,8\%$  und am 1,50-mm-Spaltsieb  $F_0 = 45,4—38,4—34,9\%$ . Diese Stufungen der Werte erwiesen sich als noch zu gering, um unter Überwindung des unvermeidlichen, gewöhnlichen Schwankungsbereiches der Sieberfolgswerte den Einfluß der offenen Siebfläche deutlich nachzuweisen.

### 8. Einfluß der Spaltweite

a) Die Untersuchungen zur Ermittlung des Einflusses der Spaltweite sind dadurch gekennzeichnet, daß bei der im wesentlichen unveränderten Kornzusammensetzung des Aufgabegutes der Prozentanteil des Siebfähigen mit der Spaltweite wächst, wie bei einer Prüfsiebanalyse der Durchgang in Abhängigkeit von der Sieböffnungsweite. Ein Vergleich verschiedener Spaltweiten unter der Bedingung  $F_{A_0} = \text{konst.}$  liegt also nicht vor.

b) Dadurch, daß immer größere Körner und Anteile des Aufgabegutes bei gleichzeitigem Rückgang der Grenzkornfraktion siebfähig werden und in den Siebdurchgang wandern, erfahren die Bewegungen in der Kornschüttung eine Intensivierung, die eine deutliche Erhöhung des Sieberfolges nach sich zieht.

Mit der Vergrößerung der Spaltweite war auch eine fertigungsmäßig bedingte Erhöhung der offenen Siebfläche verbunden, wodurch die Durchlaßfähigkeit des Siebbodens gesteigert wurde.

c) Die spez. Siebdurchgangsleistungen  $D_s$  wachsen mit der Spaltweite, wobei sie zur Abszisse schwach konkav gekrümmte Kurven bilden.

d) Das Feinkornausbringen nimmt mit der Spaltweite rasch zu und erweist sich in seinem Kurvenverlauf ebenfalls als schwach konkav zur Abszisse gekrümmt.

e) Für Versuche mit Sieben verschiedener Spaltweiten  $l_s$ , wobei die Sieblänge mit  $L = 8 \text{ m}$  und die Schütthöhe mit  $h_0 \sim 100 \text{ mm}$  konstante Größen waren, wurde durch Interpolation der Einfluß der  $F_{A_0}$ -Werte auf das Siebergebnis ausgeschaltet, der charakteristische Verlauf des Feinkornausbringens  $m_s$  durch Kurvenausgleich berücksichtigt und für alle Versuche einer Siebbelastungsstufe die spez. Siebbelastung  $A_s$  arithmetisch gemittelt. Durch diese Maßnahmen wurden die nach

$$D_{s_s} = 10^{-4} \cdot m_s \cdot F_{A_0} \cdot A_{s_s} \quad [\text{t/m}^2\text{h}]$$

errechneten spez. Siebdurchgangsleistungen vergleichbar. Nach der Tabelle 13, in welcher entsprechend der zwischen 0,10 m/s und 0,50 m/s variierten Kettengeschwin-



digkeit die spez. Siebbelastungen von 2,6 t/m<sup>2</sup>h bis zu 13,0 t/m<sup>2</sup>h hinaufreichen, weisen das feinste und größte Spaltsieb folgende Werte auf:

Kurz- bezeichnung	Dimensionen	0,75-mm-Spaltsieb			3-mm-Spaltsieb		
		0,10	0,25	0,50	0,10	0,25	0,50
$v$	m/s	0,10	0,25	0,50	0,10	0,25	0,50
$A_{s_s}$	t/m <sup>2</sup> h	2,6	6,3	13,0	2,6	6,3	13,0
$F_{A_0}$	%	51,5	51,5	51,5	89,0	89,0	89,0
$m_s$	%	56,5	60,5	47,0	87,0	87,5	83,0
$D_{s_s}$	t/m <sup>2</sup> h	0,8	2,0	3,2	2,0	4,9	9,6

Während das 3-mm-Spaltsieb bei  $v = 0,25$  m/s mit  $m_s = 87,5\%$  und  $D_{s_s} = 4,9$  t/m<sup>2</sup>h zufriedenstellende Werte zeigt, schneidet das 0,75-mm-Spaltsieb bei gleicher Kettengeschwindigkeit mit  $m_s = 60,5\%$  und  $D_{s_s} = 2,0$  t/m<sup>2</sup>h wesentlich ungünstiger ab.

Zwar steigt für dieses Sieb bei  $v = 0,50$  m/s die spez. Siebdurchgangsleistung auf  $D_{s_s} = 3,2$  t/m<sup>2</sup>h, doch sinkt dabei das Feinkornausbringen auf den indiskutablen Wert von  $m_s = 47,0\%$  an. Auf dem 3-mm-Sieb dagegen beträgt bei  $v = 0,50$  m/s das Feinkornausbringen immer noch  $m_s = 83,0\%$  und ist mit der hohen spez. Siebdurchgangsleistung von 9,6 t/m<sup>2</sup>h gepaart.

Diese Ergebnisse belegen, daß das 0,75-mm-Spaltsieb, welches zur Abtrennung der Trockenkohlenkörnung 0—1 mm im Siebkettenförderer installiert werden muß, als Klassiergerät für die Technologie der Feinstkornbrikettierung ungeeignet ist.

f) Die vorstehend genannten Ergebnisse wurden bei der Absiebung von getrockneten Braunkohlen, die aus dem Tagebau Deutzen (Revier Borna, Mitteldeutschland) stammten, erzielt. Trotz ihrer durch Interpolation verbesserten Tragfähigkeit dürfen sie als Absolutwerte nicht schematisch auf andere Siebungsvorgänge übertragen werden, da unter sonst gleichen Verhältnissen die oft in weiten Grenzen schwankende Siebschwierigkeit des Aufgabegutes ein Ausbrechen verursachen kann. Es sei hier vor allem auf die von Faser-Xylit hervorgerufenen Siebschwierigkeiten hingewiesen, die das Feinkornausbringen wie auch die spez. Siebdurchgangsleistung wesentlich beeinträchtigen.

### 9. Einfluß der untersuchten Sonderkettentypen

a) Die Merkmale der beiden eingesetzten Sonderkettentypen bestanden darin, daß die Kettenteilung nicht mehr 200 mm, sondern nur noch 100 mm betrug und die Querstege mit verschieden ausgebildeten Öffnungen versehen waren.

b) Durch die Querstegöffnungen sollte ein Teil des Gekörns in das dem Steg folgende Feld wandern, sobald dieses nicht mehr vollständig mit Schüttgut gefüllt war. Zweifellos tritt hierdurch eine Belebung der Bewegungen in der Schüttung ein, die damit den Kardinalfehler des Siebkettenförderers mindern hilft und dem Absiebvorgang dienlich ist.

c) Aus den Ergebnissen geht hervor, daß eine günstige Beeinflussung des Absiebvorganges durch die Sonderausbildungen der Ketten vorliegt. Das Ausmaß der Beeinflussung jedoch, das den Wert des Feinkornausbringens verschiedentlich bis zu etwa 5% absolut erhöht, ist zu klein, um die üblichen Schwankungen der Absiebungsergebnisse eindeutig zu überragen.

d) Angesichts dieser keineswegs durchschlagenden Verbesserung der Siebergebnisse kann die mit einem nicht unbeträchtlichen Mehraufwand an Kettengewicht verbundene Einschaltung von Zwischenstegen nicht empfohlen werden.

## 6.24

### Einsatz des Siebkettenförderers

1. In Normalkornbrikettfabriken (Brikettierkohlenkörnung 0—6 mm) wie auch noch in Feinkornbrikettfabriken der Qualitätsklasse F 1 (Brikettierkohlenkörnung 0—4 mm) vereinigt der mit Spaltsieben von 2—3 mm Weite ausgerüstete Siebkettenförderer mit seinen betrieblichen Vorzügen günstige Absiebungserfolge. Werden erhöhte Ansprüche an die Feinheit der Brikettierkohlenkörnung gestellt, so kann der Rückgang seiner Klassierleistung nicht mehr unbeachtet bleiben. In der Feinstkornbrikettierung (Brikettierkohlenkörnung 0—1 mm) werden seine sonstigen Vorzüge durch Siebgüte- und Leistungsrückgang zumindest aufgewogen.

2. Der starke Leistungsabfall im Bereich geringer Spaltweiten ist auf den Hauptmangel des Siebkettenförderers, die viel zu geringe Umwälzung und Auflockerung des Aufgabegutes, zurückzuführen. Wenn in dieser Arbeit belegt wird, daß bei konstanter spez. Siebbelastung die beste Trennwirkung mit der Kombination geringe Schütthöhe/hohe Kettengeschwindigkeit erreichbar ist, so bedeutet dies lediglich die optimale Nutzung der im Siebkettenförderer herrschenden Zusammenhänge bzw. die Umgehung seines Hauptmangels, ohne daß dieser selbst beseitigt wird.

Einige hierzu in Frage kommende Maßnahmen sollen erörtert werden:

#### a) *Kettenausbildung*

Die Schaffung von Durchtrittsöffnungen in den Querstegen belebte zwar die Bewegungen in der Kornschüttung, brachte aber allein noch nicht den gewünschten Erfolg.

Die Ausbildung der Querstege zur stumpfen Schneepflugform mit in senkrechter Ebene zurückgeneigten Flanken und abwechselnd vor- und rückwärts gerichteter Spitze ermöglicht ein Unterfahren und Überwerfen des Gutes und damit dessen wirksamere Umlagerung. Zusätzlich können auch hier die Stege noch mit Durchtrittsöffnungen versehen werden, wodurch als angenehme Nebenerscheinung die Verminderung des Kettengewichtes eintritt.

Welchen Erfolg der Einsatz einer solchen Sonderkette, die natürlich an Förder-eigenschaften einbüßt, bringen wird, müßte der Versuch erweisen. Der Durchbruch zu entscheidend verbesserten Siebergebnissen im Bereich hoher Feinheiten wird sich vermutlich aber nicht erzielen lassen.

b) *Rüttelung*

Durch wirksame Rüttelung des Siebbodens gehen von diesem Siebkraften aus, und der Siebkettenförderer rückt im Feld der Siebaggate an die Gruppe der Schwingensiebe heran. Man muß bei Durchführung einer solchen Maßnahme sorgsam darauf achten, daß die in seiner Einfachheit bestehenden Vorteile des Siebkettenförderers nicht preisgegeben und die Vorzüge des Schwingensiebes gleichzeitig schlecht genutzt werden. Sobald durch die Schwingbewegung des Siebbodens auch der Transport des aufgegebenen Gutes bewirkt wird, ist die Kette für diesen Zweck entbehrlich und der Siebkettenförderer wäre praktisch bereits zu einem Schwingensieb geworden.

3. Will man in bestehenden Anlagen, in denen der Siebkettenförderer zwar noch nicht versagt, aber immerhin schon beachtliche Einbußen an Siebungsgüte und Durchgangsleistung zeigt, den Erfolg der Siebklassierung erhöhen, so ist es technologisch richtig und wirtschaftlich auch vertretbar, dem Siebkettenförderer ein hochleistungsfähiges Vibrator- oder Schnellschwingsieb zur weitgehenden Aussiebung seines mit Grenzkorn angereicherten Überlaufes nachzuschalten.

4. Für die Aussiebung der Körnung 0—1 mm in neuen Anlagen der Feinkornbrikettierung kommen, wenn man die Siebklassierung der Trockenkohle nicht überhaupt durch die Sichtung ersetzen will, von vornherein nur die siebmechanisch wirksamsten Geräte in Frage. Durch praktische Untersuchungen sollte Klarheit darüber geschaffen werden, welche Siebgüte und Siebleistungen mit schnellschwingenden Sieben, insbesondere bei der Verarbeitung xylitreicher Kohle, erreicht werden können.

Der Einbau von Sieben an Stelle der Siebkettenförderer verlangt natürlich eine entsprechend andere Lösung des Kohlentransportes.

Als ein Gerät, das die Siebung und Förderung der Trockenkohle, bei allerdings gleicher Förderrichtung für Aufgabegut und Siebdurchgang, in sich vereinigen könnte, erscheint die Resonanzschwingrinne.

## Literatur

- [1] RAMMLER, E.: Entwicklungsmöglichkeiten der Fein- und Feinstkornbrikettierung. Freib. Forsch.-H. A 24 (1954) S. 47—60.
- [2] KIRCHBERG, H.: Erzaufbereitung im XVI. Jahrhundert in „Georgius Agricola 1494—1555“. (Gedenkausgabe zu seinem 400. Todestag am 21. Nov. 1955) Berlin 1955: Akademie-Verlag.
- [3] LÜBKE, A.: Die sterbende Kohle. München-Regensburg 1925: Verlagsanstalt vorm. G. J. Manz, Buch- u. Kunstdruckerei A. G.
- [4] GUMZ, W., u. REGUL, R.: Die Kohle, Essen 1954: Verlag Glückauf G. m. b. H.
- [5] PIETZSCH, K.: Die Braunkohlen Deutschlands. Berlin 1925: Verlag von Gebrüder Borntraeger.
- [6] LEO, W.: Die Compression des Torfes und der Braunkohle. Prag, 1864: Verlag F. A. Credner.

- [7] JOHANNI, F.: Die Brikettierung der Braunkohle. VDJ-Zeitschrift **31** (1887) S. 400—401 u. 415—419.
- [8] KIRCHBERG, H.: Aufbereitung bergbaulicher Rohstoffe, Band I. Jena 1953: Wilhelm-Gronau-Verlag.
- [9] N. N.: F. W. Klönne's Kreiselrätter. Dingers polytechn. Journal (1884) S. 482—483.
- [10] KLEIN: Ein neues Aufbereitungssieb. Braunkohle **2** (1903/04) S. 289—291.
- [11] HERZOG, A.: Fortschritte in der Braunkohlenaufbereitung unter Berücksichtigung neuerartiger Verfahren, Maschinen und Apparate. Braunkohle **14** (1915/16) S. 1—6.
- [12] GEBHARDT, A.: Die Aufbereitung und Trocknung der Brikettierkohle. Braunkohle **28** (1929) S. 281—304.
- [13] WINKLER, G., u. TIETZE, O.: Untersuchungen über die Absiebung von Rohbraunkohlen. Braunkohlenarchiv 1932, Heft 36, S. 56—69.
- [14] WINKLER, G.: Die Aufbereitung der Brikettierkohle. Braunkohle **30** (1931) S. 737—758.
- [15] WINKLER, G.: Entwicklung und Stand der Klassierungstechnik in den Naßdiensten von Braunkohlenbrikettfabriken. Braunkohle **32** (1933) S. 581—597.
- [16] MÜLLER, H.: Vergleichende Untersuchungen über die Siebfähigkeit Bitterfelder Kohle auf verschiedenen Klassierungsaggregaten. Dissertation, Bergakademie Freiberg, 1932.
- [17] KAISER, M.: Untersuchungen über das Arbeiten eines Ellipsenscheibenrosters. Dissertation, Bergakademie Freiberg, 1934.
- [18] HERMISSON, H. J.: Betriebserfahrungen mit Scheibenrosten verschiedener Bauart. Braunkohle **38**, S. 596—614.
- [19] GLATZEL, H.: Untersuchungen über die Aufstellung von Leistungskennlinien an neuzeitlichen, schnellaufenden Schwingsieben für die Fein- und Feinstklassierung verschiedener Massengüter. Dissertation, T. H. Aachen, 1938.
- [20] PROCKAT, F., u. RAMMLER, E.: Untersuchungen über die Arbeitsweise von Zittersieben. Berichte des Reichskohlenrates. Bericht C 58, Berlin 1935.
- [21] ROSIN, P., und RAMMLER, E.: Siebversuche an einem Vibratorsieb. Braunkohle **33** (1934) S. 641—648; 657—660.
- [22] DRESNER, G., KAYSER, H., RAMMLER, E., und WESEMANN, F.: Untersuchungen zum Feinkohlenproblem. I. Klassierung von Feinkohle durch Vibrationssiebung. Bericht D 57 (1934) des Reichskohlenrates.
- [23] MAYER, M.: Siebversuche mit aufbereiteter Rohbraunkohle auf Sieben verschiedener Konstruktion. Braunkohle **31** (1932) S. 813—817; 831—836.
- [24] KÜHN, H.: Siebversuche mit getrockneter Braunkohle auf einem Siebrost und auf einem Schwingsieb. Braunkohle **34** (1935) S. 665—671; 685—691.
- [25] LANGERBEIN, H.: Siebleistung und Energieaufwand einer Siebmaschine in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Siebgutes. Aachener Blätter **4** (1954) Heft 1/2, S. 19—52.
- [26] SCHRANZ, H., und BERGHOLZ, W.: Über den Einfluß der Körnung und der Siebflächenbelastung auf den Sieberfolg. Die Bergbauwissenschaften **2** (1955) S. 92—99.
- [27] HOEFER, H. W.: Die aufbereitungstechnische Auslegung und Lenkung des neuen Zentral-Naßdienstes der Braunkohlenbergwerk Neurath A. G. Braunkohle, Wärme und Energie (1954) S. 481—493.
- [28] RAMMLER, E.: Zerkleinerungstheoretische Grundlagen des Naßdienstes von Brikettfabriken. Teil I: Kornaufbau u. spez. Oberfläche der Kohle. Bergbautechnik **5** (1955) S. 618—627.
- [29] RAMMLER, E.: Kreislaufsaltungen im Naß- und Trockendienst von Brikettfabriken und ihre Untersuchung. Freib. Forsch.-H. A **35** (1955) S. 49—91.
- [30] KEGEL, K., und RAMMLER, E.: Einflüsse der Kohlenfeuchtigkeit auf den Absiebvorgang. Techn.-wirtschaftl. Berichte des Reichskohlenkommissars, Heft 1. Berlin 1940: J. Springer.

- [31] BATEL, W.: Neue Erkenntnisse über Siebvorgänge. VDJ-Zeitschr. 97 (1955) S. 393—400; 417—424.
- [32] KRUG, H.: Elektrisch beheizte Siebe. Bergakademie 6 (1954) S. 248—252.
- [33] RAMMLER, E., und PEETZ, G.: Elektrisch beheizte Siebe im Naßdienst von Brikettfabriken. Freib. Forsch.-H. A 98 (1958) S. 50—76.
- [34] KIESSKALT, S.: Zur Theorie und Praxis der Siebtechnik. Die Bauwirtschaft, 1949, Heft 1.
- [35] KLUGE, W.: Neuzeitliche Siebmaschinen für die Aufbereitung. Erdöl und Kohle 4 (1951) S. 705—711.
- [36] GÖBEL, F.: Fliehkraftgesteuerte Freischwinger-Siebmaschinen. Braunkohle 38 (1939) S. 397—401.
- [37] LINKE, G.: Das Resonanzschwingsieb im Bergbau und seine Entwicklung im letzten Jahrzehnt. Glückauf 85 (1949) S. 44—51.
- [38] RIEDEL, E. O.: Beurteilung und Einsatz von Sieborganen. VDJ-Zeitschr. 99 (1957) S. 321—322.
- [39] RIEDEL, E.: Vereinfachte Auswahl des richtigen Siebbodens durch neuartige Kennziffern. Schlägel und Eisen, 1955, S. 150—151.
- [40] KEGEL, K., und RAMMLER, E.: Brikettieren für Bergleute und Aufbereiter. 6. Lehrbrief. Bergakademie Freiberg, Fernstudium, 1955.
- [41] MÜLLER, E.: Trogkettenförderer in Braunkohlenbrikettfabriken. Braunkohle 41 (1942) S. 241—248; 253—258.
- [42] VIERLING, A., und LAMM, M.: Untersuchungen zur Trogkettenförderung. VDJ-Zeitschr. 83 (1939) S. 499—502.
- [43] IVERS, E. J.: Siebnormung, SVT Band 2/3. Berlin 1951: Verlag Technik G. m. b. H.
- [44] RAMMLER, E., und GLÖCKNER, E.: Graphische Auswertung der Kenngrößen für Absiebvorgänge in Brikettfabriken. Bergbautechnik 6 (1956) S. 294—300; 357—364.
- [45] RAMMLER, E., und KRUG, H.: Untersuchung eines mechanischen Probeteilers mit rotierender Verteilertrommel. Freib. Forsch.-H. A 62 (1957) S. 115—148.
- [46] LUYCKEN, W., und KRAEBER, L.: Begriffe und Kennziffern zur Beurteilung von Absiebungs- und Sichtungsvorgängen. Glückauf 69 (1933) S. 957—961.
- [47] KIRCHBERG, H.: Zur begrifflichen und formelmäßigen Erfassung von Siebvorgängen. Freib. Forsch.-H. A 4 (1952) S. 3—11.
- [48] RITTNER, H.: Hinweise über den praktischen Einsatz von Siebböden in Aufbereitungsbetrieben. Bergbautechnik 6 (1956) S. 88—93.
- [49] STEINMETZER, J.: Die Windsichtung der Feinkohle. Glückauf 77 (1941) S. 121—128; 137—146.
- [50] TROMP, K. F.: Neue Wege für die Beurteilung der Aufbereitung von Steinkohlen. Glückauf 73 (1937) S. 125—131; 151—156.
- [51] ROSIN, P., und RAMMLER, E.: Windsichter und ihre Untersuchung. Glückauf 68 (1932) S. 518—520.
- [52] GRÜSS, G.: Differential- und Integralrechnung. Leipzig 1949: Akademische Verlagsgesellschaft Geest u. Portig K.-G.
- [53] WINKLER, G.: Studien über das Verhalten von Rohbraunkohlen bei der Zerkleinerung in der Schleudermühle, Hammermühle und im Glattwalzwerk. Braunkohlenarchiv, Heft 30 (1930) S. 1—72.
- [54] RAMMLER, E., und GLÖCKNER, E.: Feinheitsordnungen des Mahlgutes. Freib. Forsch.-H. A 15 (1953) S. 5—21.
- [55] RAMMLER, E.: Zerkleinerungstheoretische Grundlagen des Naßdienstes von Brikettfabriken. Teil II: Kenngrößen der Zerkleinerungsmaschinen. Bergbautechnik 6 (1956) S. 5—15.

- [56] RAMMLER, E.: Korngrößenprobleme bei der Siebung und Zerkleinerung. Glückauf 69 (1933) S. 465—471, Bericht A 40 des Reichskohlenrates.
- [57] RAMMLER, E.: Kennziffern und Charakteristiken für Siebvorgänge und Siebgeräte. Chemische Apparatur 25 (1938) S. 275—279; 289—294.
- [58] TRAWINSKI, H.: Der Klassiereffekt, dargestellt im Rosin-Rammler-Bennett-Netz. Erzmetall VIII (1955) S. 162—170.
- [59] RAMMLER, E.: Auswertung und Darstellung korngrößenabhängiger Eigenschaften von Gekörnen. Freib. Forsch.-H. A 39 (1955) S. 5—41.
- [60] KAMMHOLZ, G.: Diplomarbeit im Forschungsinstitut Verfahrenstechnik der GVT an der R. W. T. H. Aachen, 1953.
- [61] BATEL, W.: Fehlermöglichkeiten bei der Bestimmung von Korngrößenverteilungen. Chemie-Ingenieur-Technik 28 (1956) S. 81—87.
- [62] LÖHN, H., und BACHMANN, H.: Untersuchungen über den Einfluß der Siebzeit auf die Genauigkeit von Prüfsiebungen. Freib. Forsch.-H. A 22 (1954) S. 58—70.
- [63] RAMMLER, E.: Zur Auswertung von Körnungsanalysen in Körnungsnetzen. Freib. Forsch.-H. A 4 (1952) S. 12—22.

# FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

Schriftenreihe für alle Gebiete der Montanwissenschaften

A 127

## TECHNISCHE BRENNSTOFFVERWERTUNG

MANFRED ENGSUBER

### Über einige Zusammenhänge zwischen Schüttdichte, Kornaufbau und Mahlbedingungen von Steinkohlen

Format 16,7 × 24 cm — 76 Seiten — 35 Bilder — 13 Tabellen — DM 6,—  
Erschienen März 1959

Die auf die Koksqualität günstige Wirkung der Feinmahlung der Besatzkohle wird durch eine damit verbundene Absenkung des Schüttgewichtes abgeschwächt. An Hand von 24, dem Exponentialgesetz folgenden Körnungen wurde der Einfluß von Kornaufbau und Wassergehalt auf die Schüttdichte untersucht. Daraus läßt sich schlußfolgern, daß auf Grund des Verhaltens der feuchten Kohlen-schüttung in der Kokskammer ein Mahlgut mit möglichst hohem Verteilungsexponenten angestrebt werden muß.

Wie weitere Versuche gezeigt haben, werden die in der Kokereitechnik vorherrschenden Mühlentypen (sieblose Hammermühle, Schleudermühle, Prallspalter) dieser Forderung nicht gerecht. Nur die Siebhammermühle liefert unter bestimmten Voraussetzungen ein Mahlgut mit hohem Verteilungsexponenten ( $n = 1,2 \dots 1,4$ ).

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

# FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

Schriftenreihe für alle Gebiete der Montanwissenschaften

A 92

## TECHNISCHE BRENNSTOFFVERWERTUNG

KURT HOFMANN

### Über die Entwicklung des Energiebedarfs

Format 17×24 cm — 157 Seiten — 20 Bilder — 12 Tabellen — DM 7,—

Erschienen Februar 1959

Ausgehend von der Überzeugung, daß angesichts der rasch zunehmenden Mechanisierung und Automatisierung industrieller Arbeitsverfahren ausreichende Energiebereitstellung Voraussetzung der weiteren wirtschaftlichen Entwicklung ist, unternimmt es der Verfasser, Voraussagen über die Größe des zu erwartenden Energiebedarfes zu machen. Da die wirtschaftlichen Verhältnisse einer sich ihrem Ende nähernden zeit- und wirtschaftsgeschichtlichen Epoche wenig geeignet sind, die Grundlage für Voraussagen über Größe und Umfang künftiger industrieller Entwicklung zu geben, wenn diese Entwicklung unter völlig veränderten wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Verhältnissen sprunghaft vor sich geht, mußten andere Wege der Betrachtung eingeschlagen werden. Der Verfasser würdigt zwar eingehend die in den einzelnen Industrieländern erreichte Höhe der Energiedarbietung, legt aber seinen Voraussagen nur die Erfahrungen zugrunde, die in den Ländern mit dem steilsten wirtschaftlichen Aufstieg aus der Entwicklung der letzten Jahre sich bieten. Da für das Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik der so ermittelte Energiebedarf aus eigenen Quellen nicht gedeckt werden kann, errechnet der Verfasser Art und Menge der notwendigen Einfuhren; gerade deswegen sieht er aber die vordringlichste Aufgabe der Brennstoff- und Energiewirtschaft der DDR im fortgesetzten Bemühen um ständige Steigerung des Wirkungsgrades von Primär- und Edelenergienutzung.

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