

56.992 b mtl

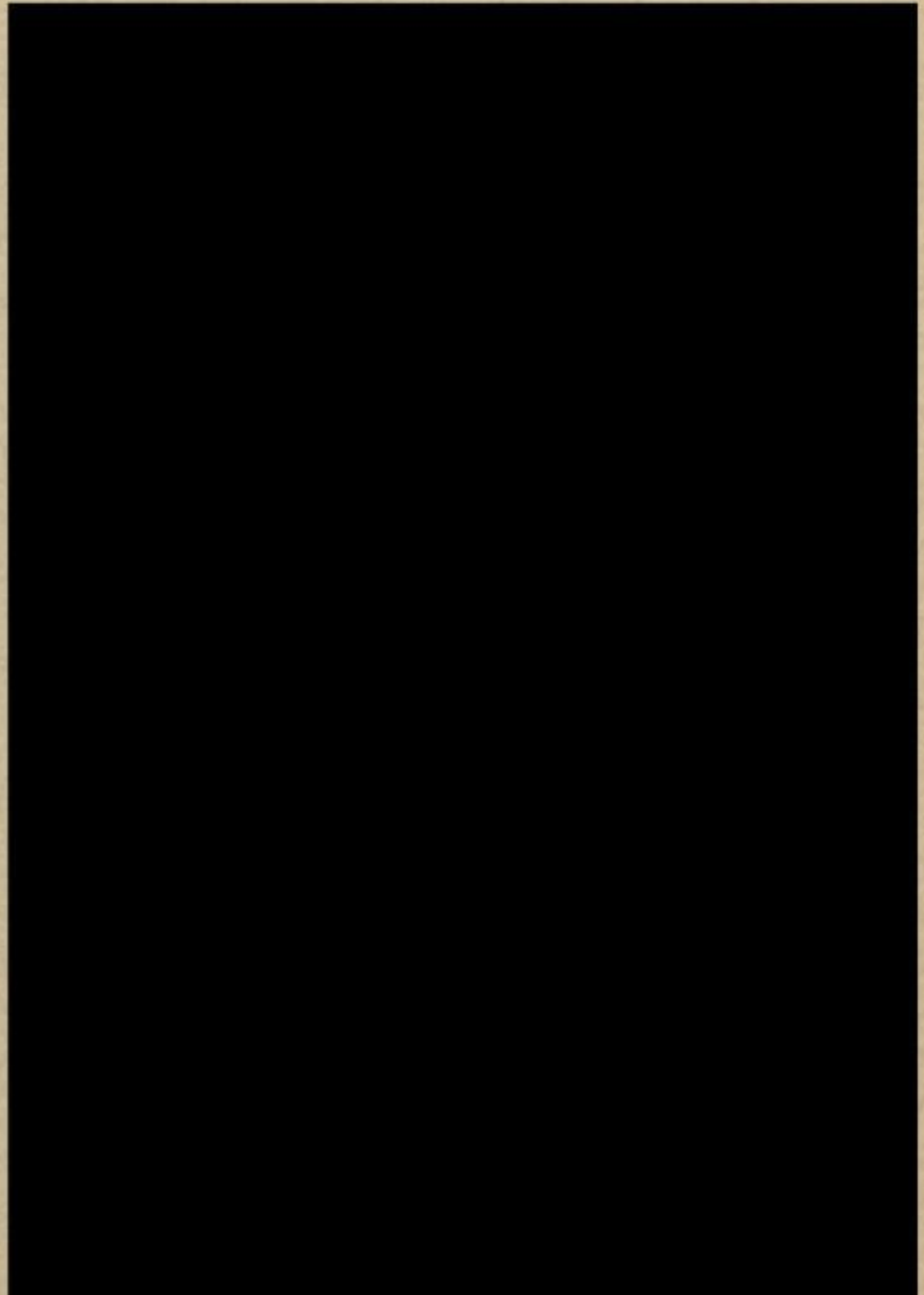


Bücherei
Bergakademie
Freiberg i. Sa.

TU BERGAKADEMIE FREIBERG



56.992/24.



Untersuchungen zur Verbesserung der elektrischen Zündung
durch Minderung der Versagerhäufigkeit, insbesondere im
Kalibergbau und Einführung der Millisekundenzündung

v o n

Dipl.-Ing. Gerhard Otto, Freiberg/Sa.

von der Bergakademie Freiberg/Sa.

genehmigte Doktor - Dissertation

Eingereicht am 14. 11. 1955

Tag der mündlichen Prüfung : 24. März 1956

Referenten: Prof.Dr.-Ing. Spackeler

Prof.Dr.-Ing.habil. Wrana



56.992 b untl.
o

Unterschiede der Verfahren der elektrischen Zündung
gegen die Verfahren der chemischen Zündung
in Bezug auf die Wirkungsgrade

v o n

„Hilf.-Ing. Carl Otto, Freiberg/Sa.“

von der Bergakademie Freiberg/Sa.
Genehmigte Arbeit - Musterstück

Erstausgabe am 14. 11. 1922
Die bei ähnlichen Arbeiten : 24. März 1922

Referent: Prof. Dr.-Ing. Spachler
Prof. Dr.-Ing. Hoff, Hagen



Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite:</u>
Einleitung	1
I. <u>Ursachen der Versagerhäufigkeit und Wege zu ihrer Minderung, insbes. im Kalibergbau</u>	5
1. Erforderliche Zündstromstärken	7
2. Schaltungsarten	9
3. Schießleitungswiderstände im Kalibergbau	13
4. Tatsächlich in die Zünder gelangende Zündstromstärken	15
5. Sichere Zündstromstärken (Eigenschaften der Brückenglühzünder)	27
a) Abschläge mit 0-Stufen	27
α) Untersuchung des technischen Wechselstromes	37
β) Wahrscheinlichkeit von Schußversagern bei Unterschreiten der ermittelten Wechselstrom-Grenzstromstärke	47
b) Abschläge ohne 0-Stufen	55
6. Untersuchung extrem hoher Zündstromstärken	64
7. Untersuchungen über den Zündstromfluß infolge Lichtbogenbildung (Einfluß hoher Zündspannungen)	72
Zusammenfassung I. Teil	75
=====	
II. <u>Versuche mit Millisekundenzündung</u>	79
1. Untersuchung der Eignung von Brückenglühzündern A für das ms-Schießen	82
2. Vergleichende Kurzzeitmessungen an chemischen ms-Zündern	84
3. Ergebnisse der ersten Erprobung im Kalkwerk Hermsdorf	88
4. Experimentelle Untersuchungen über die Größe des Zeitraumes bis zur Zünddrahtzerstörung	92
5. Weiterentwicklung des Zündgerätes	100

Seite

1	Einleitung
2	<u>Übersicht der Versuchsergebnisse</u>
3	<u>zu einer Hinsicht, welche die</u>
4	<u>Ergebnisse der Untersuchungen</u>
5	<u>beinhaltet</u>
6	<u>1. Einleitung</u>
7	<u>2. Beschreibung der Versuchsanordnung</u>
8	<u>3. Beschreibung der Versuchsergebnisse</u>
9	<u>4. Zusammenfassung</u>
10	<u>5. Literaturverzeichnis</u>
11	<u>6. Anhang</u>
12	<u>7. Schluss</u>
13	<u>8. Zusammenfassung</u>
14	<u>9. Literaturverzeichnis</u>
15	<u>10. Anhang</u>
16	<u>11. Schluss</u>
17	<u>12. Zusammenfassung</u>
18	<u>13. Literaturverzeichnis</u>
19	<u>14. Anhang</u>
20	<u>15. Schluss</u>
21	<u>16. Zusammenfassung</u>
22	<u>17. Literaturverzeichnis</u>
23	<u>18. Anhang</u>
24	<u>19. Schluss</u>
25	<u>20. Zusammenfassung</u>
26	<u>21. Literaturverzeichnis</u>
27	<u>22. Anhang</u>
28	<u>23. Schluss</u>
29	<u>24. Zusammenfassung</u>
30	<u>25. Literaturverzeichnis</u>
31	<u>26. Anhang</u>
32	<u>27. Schluss</u>
33	<u>28. Zusammenfassung</u>
34	<u>29. Literaturverzeichnis</u>
35	<u>30. Anhang</u>
36	<u>31. Schluss</u>
37	<u>32. Zusammenfassung</u>
38	<u>33. Literaturverzeichnis</u>
39	<u>34. Anhang</u>
40	<u>35. Schluss</u>
41	<u>36. Zusammenfassung</u>
42	<u>37. Literaturverzeichnis</u>
43	<u>38. Anhang</u>
44	<u>39. Schluss</u>
45	<u>40. Zusammenfassung</u>
46	<u>41. Literaturverzeichnis</u>
47	<u>42. Anhang</u>
48	<u>43. Schluss</u>
49	<u>44. Zusammenfassung</u>
50	<u>45. Literaturverzeichnis</u>
51	<u>46. Anhang</u>
52	<u>47. Schluss</u>
53	<u>48. Zusammenfassung</u>
54	<u>49. Literaturverzeichnis</u>
55	<u>50. Anhang</u>
56	<u>51. Schluss</u>
57	<u>52. Zusammenfassung</u>
58	<u>53. Literaturverzeichnis</u>
59	<u>54. Anhang</u>
60	<u>55. Schluss</u>
61	<u>56. Zusammenfassung</u>
62	<u>57. Literaturverzeichnis</u>
63	<u>58. Anhang</u>
64	<u>59. Schluss</u>
65	<u>60. Zusammenfassung</u>
66	<u>61. Literaturverzeichnis</u>
67	<u>62. Anhang</u>
68	<u>63. Schluss</u>
69	<u>64. Zusammenfassung</u>
70	<u>65. Literaturverzeichnis</u>
71	<u>66. Anhang</u>
72	<u>67. Schluss</u>
73	<u>68. Zusammenfassung</u>
74	<u>69. Literaturverzeichnis</u>
75	<u>70. Anhang</u>
76	<u>71. Schluss</u>
77	<u>72. Zusammenfassung</u>
78	<u>73. Literaturverzeichnis</u>
79	<u>74. Anhang</u>
80	<u>75. Schluss</u>
81	<u>76. Zusammenfassung</u>
82	<u>77. Literaturverzeichnis</u>
83	<u>78. Anhang</u>
84	<u>79. Schluss</u>
85	<u>80. Zusammenfassung</u>
86	<u>81. Literaturverzeichnis</u>
87	<u>82. Anhang</u>
88	<u>83. Schluss</u>
89	<u>84. Zusammenfassung</u>
90	<u>85. Literaturverzeichnis</u>
91	<u>86. Anhang</u>
92	<u>87. Schluss</u>
93	<u>88. Zusammenfassung</u>
94	<u>89. Literaturverzeichnis</u>
95	<u>90. Anhang</u>
96	<u>91. Schluss</u>
97	<u>92. Zusammenfassung</u>
98	<u>93. Literaturverzeichnis</u>
99	<u>94. Anhang</u>
100	<u>95. Schluss</u>

	<u>Seite:</u>
6. Schießversuche in verschiedenen Bergbau- zweigen und in der Übertagesprengtechnik mit Auswertung der Einzelversuche	107
<u>Kalibergbau:</u>	107
a) Fächersatz	107
b) Unterfahrung der Firstenkammern (Breitaufschießen)	114
c) ms-Zündung beim Kanonenschießen (Brennereinbruch)	116
d) Drücken der Firste	122
<u>Messung der Erschütterungsintensität</u>	127
<u>Ersbergbau:</u>	148
<u>Weitere Vereinfachung des Verzögerungs- prinzips</u>	162
<u>Verzögerung durch Widerstände</u>	162
<u>Induktive Verzögerung</u>	167
<u>Steinbruchindustrie</u> (Großbohrlochsprengungen)	176
<u>Bauwesen</u> (Stahlbetonsprengungen)	186
7. <u>Koordinierung der Einzelergebnisse des 2. Teiles und ihre allgemeine Auswertung</u>	192
8. <u>Zusammenfassung</u> =====	196

Einleitung

Ausgangspunkt aller Arbeiten, über die nachfolgend berichtet wird, war der Wunsch, mit den Vorteilen der Millisekundsündung bekannt zu werden. Bis zum Beginn der Versuchssprengungen konnten über diese neue Schießmethode lediglich Hinweise aus den westdeutschen und ausländischen Fachzeitschriften entnommen werden.

Insbesondere die Unzulänglichkeit der zu Beginn der Versuche verwendeten Versuchegeräte für den praktischen Schießbetrieb erforderte die Beschränkung auf eine zunächst rein wissenschaftliche Zielsetzung. Die üblichen speziellen Millisekundsünder standen und stehen auch heute noch nicht innerhalb der DDR in eigener Produktion zur Verfügung.

Die Grubenbetriebe, in denen die Versuchssprengungen durchgeführt wurden, zeigten auf Grund der erzielten erfreulichen Erfolge starkes Interesse an einer Anpassung des Verfahrens an die Erfordernisse der Praxis und der baldmöglichsten Einführung in den Gewinnungsbetrieb.

In Verlaufe des umfangreichen Versuchsprogrammes zur Durchführung dieser Aufgabe wurde der Verfasser mit den wesentlichen Bohr- und Schießmethoden in einer großen Anzahl Gruben aller Bergbauweige vertraut. In gleichem Maße erhielt er auch Einblick in die Mängel bei der Durchführung der Schießarbeit und lernte die zur Zeit noch offenen Probleme kennen.

So verschieden diese Probleme der einzelnen Bergbaubetriebe in bezug auf eine bessere Gestaltung der Schießarbeit auch sind, so läßt sich doch eine gemeinsame Erscheinung in allen Bergbauweigen feststellen:

Die Unzufriedenheit mit den Unzulänglichkeiten der Schießarbeit und darüber hinaus im Kali- und Steinkohlenbergbau die Meinung, daß eine Verdrängung des Sprengstoffes aus dem Gewinnungsbetrieb durch andere Abbauverfahren die Rentabilität der Gruben erhöhen könnte. Eine Einschätzung der realen Möglichkeiten für die Einführung mechanischer Gewinnungsmethoden anstelle der Sprengstoffwirkung zeigt, daß der Sprengstoff an

In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde die
 wissenschaftliche Methode der Naturwissenschaften
 entwickelt. Diese Methode ist die Grundlage der
 modernen Wissenschaften. Sie ist die Grundlage
 der Erkenntnis der Naturgesetze. Sie ist die
 Grundlage der Erkenntnis der Gesetze der
 menschlichen Gesellschaft. Sie ist die Grundlage
 der Erkenntnis der Gesetze der menschlichen
 Psyche. Sie ist die Grundlage der Erkenntnis
 der Gesetze der menschlichen Seele. Sie ist
 die Grundlage der Erkenntnis der Gesetze
 der menschlichen Existenz. Sie ist die
 Grundlage der Erkenntnis der Gesetze der
 menschlichen Natur. Sie ist die Grundlage
 der Erkenntnis der Gesetze der menschlichen
 Welt. Sie ist die Grundlage der Erkenntnis
 der Gesetze der menschlichen Existenz.

zahlreichen Betriebspunkten nicht ersetzt werden kann. Die Bestrebungen des Kalibergbaues, die Ansätze mit Großgewinnungsmaschinen fortzuführen, werden noch geraume Zeit erfordern, wobei die auftretenden Schwierigkeiten bei verschiedenen Lagerungsverhältnissen noch nicht übersehen werden können. Es lohnt also auf alle Fälle, einerseits die bestehenden Mängel der Sprengarbeit zu beheben und darüber hinaus durch Einführung neuer Schießverfahren die Wirtschaftlichkeit der Sprengstoffanwendung zu erhöhen.

Wenn von den Problemen der Schießarbeit gesprochen wird, so nehmen dabei die Hinweise auf die Gefahr von versagenden Schüssen einen breiten Raum ein. Dies nicht nur im Hinblick auf die Gefährdung von Menschenleben, sondern auch hinsichtlich der erheblichen Förderausfälle, die durch stehengebliebene Arbeiten und mangelnde Schußwirkung entstehen.

Die Millisekundenzündung ist als ein Teil der elektrischen Zündung zu betrachten. Sie stellt lediglich eine spezielle Variante der elektrischen Zündung dar. Daraus ergibt sich bei folgerichtiger Überlegung die Forderung, daß zunächst die Behebung der derzeitigen Unzulänglichkeiten des elektrischen Schießens notwendig ist.

Diese Notwendigkeit erscheint insofern umso dringlicher, als besonders bei der Millisekundenzündung die gegenseitige Einwirkung der Schüsse aufeinander Voraussetzung für die besonderen Effekte des Verfahrens ist. Versager stellen folglich die erstrebten Vorteile gegenüber der normalen Zündung von vornherein infrage. Aus diesem Grunde befaßt sich zwangsläufig der erste Teil dieser Arbeit mit dem Nachweis einiger grober Unstimmigkeiten in der Durchführung der elektrischen Zündung.

Ausführlich mußten auch die Probleme des Schießens mit Wechselstrom behandelt werden. Als vor 20 Jahren die letzten Untersuchungen auf diesem Gebiet durchgeführt wurden, gelangte man zur Feststellung, daß das Schießen mit Wechselstrom nur in Ausnahmefällen zu gestatten ist. Weitergehende Untersuchungen wurden demzufolge nicht durchgeführt. Im jetzigen Zeitpunkt zwang aber die Notwendigkeit dazu. Der Kalibergbau, als Hauptsprengstoffverbraucher in der DDR, zündet überwiegend mit Wechselstrom.

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

Am Schluß des ersten Teiles wird untersucht, in welchem Maße die Versagerwahrscheinlichkeit verstärkt wird, wenn künftighin Millisekundenzünder mit O-Stufen, also mit Momentszünder verwendet werden.

Der zweite Teil der Arbeit untersucht Probleme, die bei der Anwendung der Millisekundenzündung auftraten. Die Besonderheiten der Untersuchungen gegenüber den zahlreichen Veröffentlichungen auf diesem Gebiet liegen darin, daß unbedingt versucht werden mußte, den betriebsmäßigen Einsatz von Verzögerungsgeräten zu erreichen, da spezielle Zünder nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung standen. Es liegen in der Geschichte der Technik genügend Beispiele dafür vor, daß der Mangel der üblichen Hilfsmittel zum Beschreiten anscheinend provisorischer Wege zwang. Im Endergebnis erwiesen sich nach Anwendung eines bestimmten Maßes an Intensität zur Überwindung der Schwierigkeiten die ursprünglichen, behelfsmäßigen Wege als brauchbar, oft sogar als besser.

Der Verfasser glaubt, mit einigen Anwendungsfällen von Verzögerungseinrichtungen in folgender Arbeit eine Parallele geben zu können. Es sei darauf hingewiesen, daß auch im Ausland Ansätze zur Anwendung von Geräten vorhanden sind. Den Bemühungen steht vor allem entgegen, daß in den betreffenden Ländern ein ausreichendes Angebot an Millisekundenzündern vorhanden ist. Die Verwendung dieser Zünder ist weit einfacher und bequemer. Mit anderen Worten: Es fehlt die Notwendigkeit als Impuls.

Es wäre verfehlt, die Grenzen zu ignorieren, die einer allgemeinen Anwendung von Verzögerungseinrichtungen im untertägigen Bergbau gezogen sind. Deshalb weist die Arbeit Ursachen nach, denen zufolge bei einer großen Anzahl von Schießschemen ein Geräteeinsatz nicht infrage kommt.

Wie bei allen Neuerungen, so ist auch im Falle der Millisekundenzündung das Bestreben vorhanden, die besonderen Effekte des Verfahrens mit entsprechenden Theorien zu begründen. Der Verfasser hat sich bemüht, die in der Literatur geäußerten Ansichten mit den Resultaten der zahlreichen Versuchsreihen zu vergleichen. Diesem Bestreben kam besonders der Umstand entgegen, daß dabei keine Beschränkung auf einzelne Gruben

oder Bergbauweise erfolgen mußte. Wo einige kritische Betrachtungen an zu unwahrscheinlichen Ansichten unangänglich waren, hat sich dies der Verfasser erlaubt.

Fernerhin werden die Versuchsergebnisse mit den umfangreichen Aufzählungen von Vorzügen der ms -Zündung verglichen, die in verschiedenen Veröffentlichungen zu finden sind. Den Fachkollegen wird empfohlen, übertriebenen Anpreisungen gegenüber vorsichtig zu sein, da nur ein Teil der besonderen Effekte zu verallgemeinern ist.

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

I. Ursachen der Versagerhäufigkeit und Wege zu ihrer

Winderung insbesondere im Kalibergbau

Verfasser wurde auf das Problem der Betriebsstörungen durch Schußversager, besonders während der Durchführung seiner Versuchsarbeiten in einem großen Kaliwerk im Werrarevier, aufmerksam. In diesem Werk blieben im Ermittlungszeitraum von 7 Tagen 30 Arbeiten stehen (Anteil der Versager an der Gesamt-schußzahl 4 %). Bei einem durchschnittlichen Haufwerksanfall von 100 t je Arbeit entspricht diese Fördermenge von 3000 t der Tagesfördermenge eines mittleren Kaliwerkes. Die Zündung erfolgte ausschließlich elektrisch. Verfasser lenkte sein Augenmerk in anderen Gruben zum Zwecke des Vergleiches ebenfalls auf dieses bedeutsame Problem. Auch dort traten die gleichen Störungen des Betriebsablaufes durch Schußversager auf und zwar in beängstigend zunehmender Weise seit durch Verordnung der Sicherheitsbehörden der Übergang von der Zündschnurzündung zur elektrischen Zündung begann. Wenn diese Entwicklung nicht eingedämmt wird, sondern dem Selbstlauf überlassen bleibt, werden sich zwangsläufig ernste Folgen für die Wirtschaftslage des gesamten Industriezweiges ergeben.

Es hiesse, sich des Problems auf bequeme, aber unsulängliche Art entledigen zu wollen, wenn man die große Versagerhäufigkeit auf mangelnde Qualität der Zünder zurückführen wollte, wie dies bei Gesprächen mit den Schießbeauftragten fast ausnahmslos geschieht (Verfasser hat zwangsläufig während der Vorarbeiten für die einzelnen Versuchsvarianten ca. 10 000 Brückenglühzünder A untersuchen müssen. Der Zündsatz dieser Zünder sprach lediglich bei der vorgeschriebenen Zündstromstärke von 0,8 A in 4 Fällen nicht an).

Über die Eigenschaften der elektrischen Zünder liegt genügend Literatur vor. Besonders B o y l i n g und D r e k o p f [1] [3] [5] [6] [7] haben sich in hervorragender Weise mit den physikalischen und chemischen Vorgängen im Zünder befaßt. Als nach dem 2. Weltkrieg die Produktion elektrischer Zünder mit großen Schwierigkeiten verbunden war, lag die Vermutung nahe,

Wahlversammlung in Kellerei

Vorstand wurde aus dem Kreis der Mitglieder
 durch Schiedsrichter, bestehend aus dem Vorsitzenden
 und zwei weiteren Mitgliedern, gewählt. In der
 Versammlung wurde über die Angelegenheiten
 des Vereins berichtet. Der Vorsitzende berichtete
 über die Tätigkeit des Vereins im vergangenen
 Jahre. Es wurde festgestellt, dass der Verein
 in der letzten Zeit eine bedeutende Zunahme
 der Mitglieder erreicht hat. Die Einnahmen
 des Vereins sind ebenfalls im Vergleich mit
 dem Vorjahre erheblich gestiegen. Die
 Ausgaben sind dagegen nur geringfügig
 über dem Vorjahre geblieben. Der
 Vorstand dankte den Mitgliedern für ihre
 Unterstützung und für die Teilnahme an
 der Versammlung. Es wurde beschlossen,
 dass der Verein für das nächste Jahr
 dieselben Ziele verfolgt. Die nächsten
 Versammlungen werden am 1. März und
 am 1. Juni stattfinden. Die Mitglieder
 wurden gebeten, sich zu diesen Terminen
 zu bereiten. Die Versammlung wurde
 mit dem Beschluss geschlossen, dass der
 Vorstand die Ausführung der Beschlüsse
 zu übernehmen hat. Die Versammlung
 wurde um 8 Uhr abends beendet.

daß der Grund für die erschreckend angestiegene Versagerzahl in der Unzulänglichkeit der Zünder zu suchen sei. B l a h a führte in einer Arbeit [2] deshalb eine Untersuchung der damaligen Zünderproduktion durch und stellte einige Forderungen, die der Versagerhäufigkeit entgegenwirken sollten. Bei diesen Arbeiten blieb jedoch noch ein wesentlicher Gesichtspunkt unberücksichtigt: Die Art und Weise, mit der man in den Grubenbetrieben bei der Durchführung der Schießarbeit gegen die elektrotechnischen Grundgesetze verstößt. Damit eng im Zusammenhang steht die Tatsache, daß der Zustand der Schießanlagen unmittelbar vor Ort mehr als zu wünschen übrig läßt. Rechnungen mit 5Ω Schießleitungswiderstand und Wahl entsprechend leistungsfähiger Zündmaschinen für hohe Zündkreiswiderstände, die den Betrachtungen in der Literatur zugrunde liegen, sind beispielsweise im Kalibergbau nicht stichhaltig. Die Widerstände liegen oftmals über 100Ω . Hinzu kommen die Probleme des Wechselstromschießens.

Es wäre verfehlt, im Rahmen dieser Arbeit auf die zahlreichen Unstimmigkeiten einzugehen, die der Verfasser während der unmittelbaren Zusammenarbeit mit den Hauern vor Ort feststellte. Dies soll gelegentlich Gegenstand einer anderweitigen Veröffentlichung sein. Beharrliche Belehrungen und systematische Schulung sind geeignet, einen großen Teil derartiger Versagerursachen auszuschalten. Während Verfasser vor Jahresfrist noch gezwungen war, mit Schießsteigern Diskussionen über anscheinende Selbstverständlichkeiten zu führen, beginnt sich in jüngster Zeit immer mehr die Erkenntnis durchzusetzen, daß ohne Beachtung von Mindestforderungen an Sorgfalt und elektrotechnischen Kenntnissen keine Besserung der Situation zu erwarten ist.

Bezeichnend dafür ist, daß sich die Hauptverwaltung Kali gezwungen sah, eine regelrechte "Versagerkonferenz" unter Teilnahme sämtlicher Schießsteiger des Südharz- und Werra-Reviers einzuberufen. Sehr interessant war das Bemühen durch Nachweis registrierter Versagerursachen einzelne Haupteinflüsse festzustellen.

Nachgewiesene Ursachen, die in dem oben erwähnten Bereich von Sorgfalt und Wahrung des elektrotechnischen Minimums fallen, reichten jedoch nicht aus, um alle Versager zu begründen.

Unberührt blieben vor allem diejenigen Fragen, die tiefer in die physikalisch-technischen Zusammenhänge der elektrischen Zündung eindringen. Die Verstöße gegen diese Gesetze liegen nicht so offen zutage, wie evtl. falsche Handgriffe der Schießhauer. Vor allem sind die vorhandenen Widersprüche meist nur durch entsprechende technisch-organisatorische Umgestaltung seitens der Werkleitungen zu lösen.

Auf diesen wesentlichen Teil der Versagerursachen beziehen sich die nachfolgenden Ausführungen. Die Betrachtungen gelten in erster Linie für den Kalibergbau. Die elektrische Zündung in diesem Bergbauzweig birgt eine sehr große Zahl derartiger Probleme.

Grundsätzliche Erkenntnisse sind auch auf andere Bergbauzweige zu übertragen. Vor allem die Untersuchung des Wechselstromschießens. Im allgemeinen sind jedoch die Ursachen der Versager in den anderen Bergbauzweigen unproblematischer und zur eingangs erläuterten Art gehörig.

1. Erforderliche Zündstromstärke

Alle nachfolgenden Betrachtungen beziehen sich auf Brückenglühzünder A, da andere Zünderarten für die infragekommenden Bergbaubetriebe keine Bedeutung haben.

In der Verordnung über den Vertrieb von Sprengstoffen und Zündmitteln an den Bergbau vom 13.12.1934, die noch Gültigkeit besitzt, wird den Herstellern von Brückenglühzündern A folgendes vorgeschrieben:

" 5 hintereinander geschaltete mit Sprengkapseln versehene Zünder müssen durch 0,8 A Gleichstrom gleichzeitig zur Entzündung gebracht werden. "

und:

" Die Zünder dürfen bei einer Belastung von 0,18 A Gleichstrom während 5 min. nicht losgehen. "

Damit werden Grenzen gezogen, aus denen nachstehende Folgerungen abzuleiten sind:

Hochgewissene Ursachen, die in den oben erwähnten Bereichen
von Gestein und Wirkung der elektrischen Erscheinungen
fallen, wählten jedoch nicht aus, um alle Verfahren zu be-
gründen.

Überhaupt blieben vor allen dergleichen Fragen, die dieser
in die physikalisch-technischen Zusammenhänge der elektrischen
sachen Verbindung stehenden. Die Verhältnisse gegen diese Gesetze
liegen nicht so offen zutage, wie sonst. Keine Handlung
der Schlichter. Vor allem sind die vorhandenen Widersprüche
meist nur durch entsprechende technische-organisatorische Um-
gestaltung seitens der Verwaltungen zu lösen.

Auf diesen wesentlichen Teil der Verwaltungen bestehen
auch die nachfolgenden Ausführungen. Die Betrachtungen gelten
in erster Linie für den Bergbau. Die elektrische Verbindung
in diesem Bergbau zeigt eine sehr große Zahl derartiger
Probleme.

Grundsätzliche Erkenntnisse sind aus auf andere Bergbau-
zweige zu übertragen. Vor allem die Untersuchung des Wechsel-
stromschaltens. In allgemeinen sind jedoch die Ursachen der
Veränder in den anderen Bergbauzweigen unproblematischer und
nur einigermassen erleichtertes Art geblieben.

1. Elektrische Verbindungen

Alle nachfolgenden Betrachtungen bestehen sich auf Brücken-
abstände A, die andere Abstände für die in Betracht kommenden
Bergbauarbeiten keine Bedeutung haben.

In der Verbindung über den Verlauf von Spannungsstellen und
Zwischenstufen an den Bergbau von 1912/1913, die nach G.H. 12-
keit besteht, wird der Hauptteil von Brückenabständen A
folgendes vorgeschrieben:
" 2 hintereinander geschaltete als Bergbauwerke versehen
sind, müssen durch 0,2 A Abstand gleichmäßig zur
Zerlegung gebracht werden."

und:
" Die Abstände dürfen bei einer Belastung von 0,18 A
überhöhen während 2 min. nicht losgehen."
Damit werden gewisse Grenzen, zum Beispiel nachstehende Folge-
fragen beantwortet sind:

1. Den Zündmittelfabriken steht der Bereich zwischen 0,18 A und 0,8 A zur Verfügung, d.h. für alle Versager, die bei Zündstromstärken $\leq 0,8$ A entstehen, können nicht die Zünderfabriken zur Verantwortung gezogen werden. In diesem Falle muß den Ursachen nachgegangen werden, denen zufolge eine zu geringe Zündstromstärke zu den Schüssen gelangt. Erhalten die Zünder zu geringe Zündstromstärken, so können folgende Unzulänglichkeiten vorliegen:

- a) die Zündleitungen sind auf Grund ungeeigneter Beschaffenheit nicht in der Lage, den Zündstrom in notwendiger Höhe in die Zünder zu führen.
- b) es werden Zündmaschinen verwendet, die für eine geringere Zünderzahl bestimmt sind, als gezündet werden soll. Auf den Kalibergbau übertragen bedeutet dies, daß man dem "Starkstrom"-Netz mehr zumutet, als es zu leisten imstande ist.
- c) die Art des Zusammenschlusses der Zünder (Schaltungsart) ist ungeeignet.
- d) Es ist von vornherein beim Schießpersonal Unklarheit vorhanden, welche Stromstärken überhaupt angewendet werden müssen, um eine sichere Zündung zu gewährleisten. Dies bezieht sich vor allem auf das Wechselstromschießen. Selbst in der Literatur ist hinsichtlich der Wechselstromstärken keine Einstimmigkeit über die Versagergrenze vorhanden.

Nachfolgend soll der Beweis erbracht werden, daß sich die Punkte a) bis d) im Kalibergbau im starken Maße als Versagerursachen auswirken. Die oft anzutreffende Annahme, daß Wechselstrom stets nachteiliger ist als Gleichstrom wird in einem späteren Abschnitt unter Berücksichtigung verschiedener Betriebsbedingungen untersucht. Es soll vorausgeschickt werden, daß bei bestimmten Voraussetzungen kein Nachteil entsteht.

2. Um die erforderliche Zündstromstärke von 0,8 A auf alle Fälle zu gewährleisten, werden an die Zündmaschinen Forderungen gestellt, die über die Stromstärke von 0,8 A hinaus noch eine zusätzliche Sicherheit verbürgen.

"Die Zündstromstärke muß innerhalb von 1,0 ms nach Ansprechen des Endkontaktes den Wert von 1 A mindestens erreichen."

Es darf hier bereits vorausgenommen werden, daß die Stromstärke von 1 A im Kalibergbau in den meisten Fällen auch nicht annähernd erreicht wird.

Weiterhin soll nachgewiesen werden, daß die elektrische Zündung im Kalibergbau zu katastrophalen Resultaten führen würde, wenn nicht das Sprengstoffwerk Schönebeck sich in dem zur Verfügung stehenden Bereich 0,18 A bis 0,8 A an der äußersten unteren Grenze befinden würde. Damit folgt

das Sprengstoffwerk von vornherein der Tatsache, daß Versager oft nicht in den unter 1., a) bis d) geschilderten Ursachen gesucht werden, sondern in der Zünderqualität.

2. Schaltungsarten 1)

Die einfachste und übersichtlichste Art des Zusammenschlusses einer größeren Zünderzahl ist die Hintereinanderschaltung. Dieser Tatsache wird auch bei Angaben der Leistungszahlen für Zündmaschinen Rechnung getragen. Eine 50-Schußmaschine z.B. ist in der Lage, 50 hintereinandergeschaltete Zünder versagerfrei zu zünden. Auf die Leistungsfähigkeit bei evtl. Parallelschaltung wird überhaupt kein bezug genommen. Eine Ausnahme bildet lediglich die erst in den letzten Jahren entwickelte Kondensatorzündmaschine der Brün-Werke, Krefeld. Diese Maschine ist infolge ihrer gegenüber den normalen Zündmaschinen, gesteigerten Zündspannung (~ 600 V) für alle Schaltarten der Zünder geeignet. Es ist schwer erklärlich, was trotzdem den Anlaß gegeben hat, in den Werrakaliwerken die gruppenweise Parallelschaltung einzuführen. Gespräche mit den Schießbeauftragten zeigten, daß man von der gefühlsmäßig bedingten Vorstellung ausgeht, die Zünder müssen unter allen Umständen bei Parallelschaltung mehr Strom erhalten. Dies trifft jedoch, wie im folgenden nachgewiesen wird, nur in besonders günstigen Fällen zu. In dem Werk, dessen Versagerzahl oben mit 4 % angegeben wurde, war ausschließlich die gruppenweise Parallelschaltung üblich. Nachfolgende Untersuchungen dürften für die Betriebsleitungen dieser Werke Anlaß sein, die Schaltweise unbedingt zu ändern.

Die reine Parallelschaltung bietet neben den zahlreichen Nachteilen den Vorteil, daß nicht mehrere Zünder mit zwangsläufig unterschiedlichen Empfindlichkeiten hintereinandergeschaltet sind.

Die sich daraus unter bestimmten Verhältnissen (s.S.30) für die Hintereinanderschaltung ergebenden Versagermöglichkeiten werden damit vermieden. Bei der gruppenweisen Parallelschaltung wird jedoch dieser Vorteil hinfällig.

1) Die Darlegungen bis S.26 enthalten keine neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse. Die durchgeführten Betriebsanalysen waren jedoch für die Verbesserung der elektr. Zündung notwendig.

das Bringen des Werkstoffes von vornherein der Faser, das Ver-
arbeiten nicht in der Natur, die (a) geschichteten
Ursachen gesucht werden, sondern in der Faserstruktur.

2. Schalungssysteme 1)

Die einfachste und übersichtlichste Art des Zusammen-
schlusses einer größeren Kündereinheit ist die Kündereinheit
schaltung. Dieser Tatsache wird auch bei Anlagen der
Leistungsgruppen für Zuschachteln Rechnung getragen. Eine
50-Schalungseinheit z. B. ist in der Lage, 50 Kündereinheiten
geschaltete Kündler versorgbar zu machen. Auf die Leistung
fähigkeit bei evtl. Parallelleistung wird hierdurch keine
Berücksichtigung genommen. Eine Ausnahme bildet jedoch die erste
in der letzten Jahren entwickelte Kündereinheitenschalung
der Kündereinheit. Diese Schalung ist in der Lage, die
Leistungsgruppen der Kündereinheiten, welche die Kündler
versorgen (z. B. 50 V) als eine Schalungseinheit des Kündlers
zu betreiben. Es ist daher möglich, was bei der Schalung
nicht, in den Schalungseinheiten die Gruppen der Kündler
einzuschalten. Gespräche mit den Schalungseinheiten sind
dann, dass man von der Schalungseinheit bedingte Versorgung
ausgeht, die Kündler müssen unter allen Umständen bei Parallel-
leistung mehr Strom erhalten. Dies tritt jedoch, wie
in folgenden nachgewiesen wird, nur in besonderen Fällen
ein. In dem Werk, dessen Versagerrisiko oben mit 2
angegeben wurde, war ausschließlich die Gruppen der Kündler
leistungsfähig. Nachfolgende Untersuchungen haben ergeben,
dass die Schalungseinheiten dieser Werke nicht sein, die
Schalungseinheit unbedingt zu betreiben.

Die reine Parallelleistung bietet neben den anzu-
nehmlichen Vorteilen, dass nicht mehrere Kündler mit einer
einer unterschiedlichen Leistungsfähigkeit Kündereinheiten
geschaltet sind.

Die sich daraus ergebenden bestimmten Verbindungen (z. B. 50)
für die Kündereinheitenschalung ergebenden Versorgungsgruppen
kann werden damit verbunden. Bei der Gruppen der Pa-
rallelschalung wird jedoch dieser Vorteil nicht
in der Darstellung die 2. 25 enthalten kann man wissen
sonstlicher Kündereinheiten. Die durchgeführten Versuche
ergaben, dass jedoch für die Versorgung der Kündler
Kündler notwendig.

Wenn im Kalibergbau allgemein von "Parallelschaltung" gesprochen wird, dann ist damit die gruppenweise Parallelschaltung gemeint, wobei jeweils ein Gang, meist 3 Schüsse, hintereinander - und mehrere dieser Gänge parallel geschaltet werden.

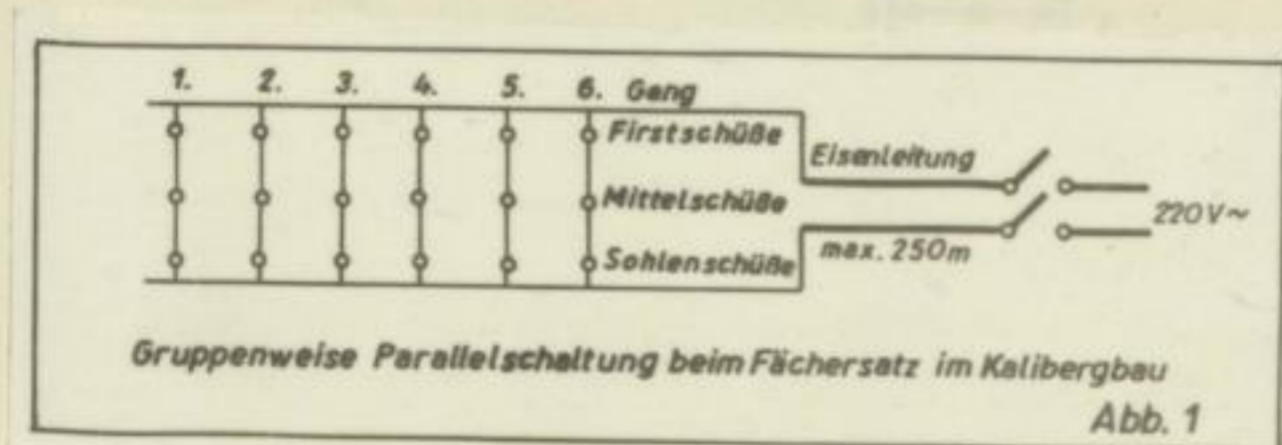


Abb. 1

Die versagerfreie Durchführung der Parallelschaltung ist an hohe Zündspannung und außergewöhnlich niederohmige Schießleitungen gebunden. Sehr deutlich wird diese Notwendigkeit durch die Vorschriften über den Einsatz der erwähnten Kondensatorzündmaschine für Parallelschaltung der Firma Brün, Krefeld. Trotz der gegenüber dem 220 V-Netz fast auf den dreifachen Betrag erhöhten Zündspannung von 600 V besteht die Vorschrift, daß als Schießleitung nur Gummischlauchleitung mit Cu-Litzen verwendet werden darf. Als Höchstwiderstand wird 4Ω (!) vorgeschrieben. Im Kalibergbau werden beide Forderungen nicht erfüllt. Die Redewendung vom "Starkstromschießen", womit man die Zündung aus dem 220 V-Netz bezeichnet, ist völlig irreführend. Wir werden in nachfolgenden Ausführungen sehen, daß die Grenzen dabei äußerst eng gezogen sind. Hinsichtlich der Schießleitungen herrschen sogar infolge der mehrfach geflickten Eisenleitungen extrem ungünstige Verhältnisse.

Wenn im Kalteisen einseitig die Parallelschaltung ge-
sprochen wird, dann ist damit die gruppenweise Parallel-
schaltung gemeint, wobei jeweils ein Gang, meist 3 Schlässe,
hintereinander - und mehrere dieser Gänge parallel geschaltet
werden.

Abb. 1

Die vorerzählte Durchleitung der Parallelschaltung
ist an hohe Kurbelspannung und entsprechend niedrige
Schleifströme gebunden. Sehr deutlich wird diese Notwendig-
keit durch die Verschiebung des Nennwertes der erwaunten
Lebensdauerberechnung für die Parallelschaltung der Firma Brown,
Kreisel. Trotz der gegenüber dem 200 V-Nennwert fast auf den
dreifachen Betrag erhöhten Kurbelspannung von 600 V besteht die
Voraussetzung, daß als Schleifstrom nur Durchschnittswerte
mit 50-Litern verwendet werden dürfen. Ein Höhenwiderstand
wird $\epsilon_{25}(1)$ vorgeschrieben. In Kalteisen werden beide
Forderungen nicht erfüllt. Die Lebensdauer von "Starkstrom-
schleifen", womit man die Kurbel mit dem 200 V-Nennwert
ist völlig irreführend. Wie weiter im nachfolgenden Ausdrücken
sehen, daß die Grenzen dabei nicht sehr gezogen sind.
Hauptsächlich der Schleifstromverhältnisse stehen sogar solche
der meisten getriebenen Maschinen unter extrem ungünstigen
Verhältnissen.

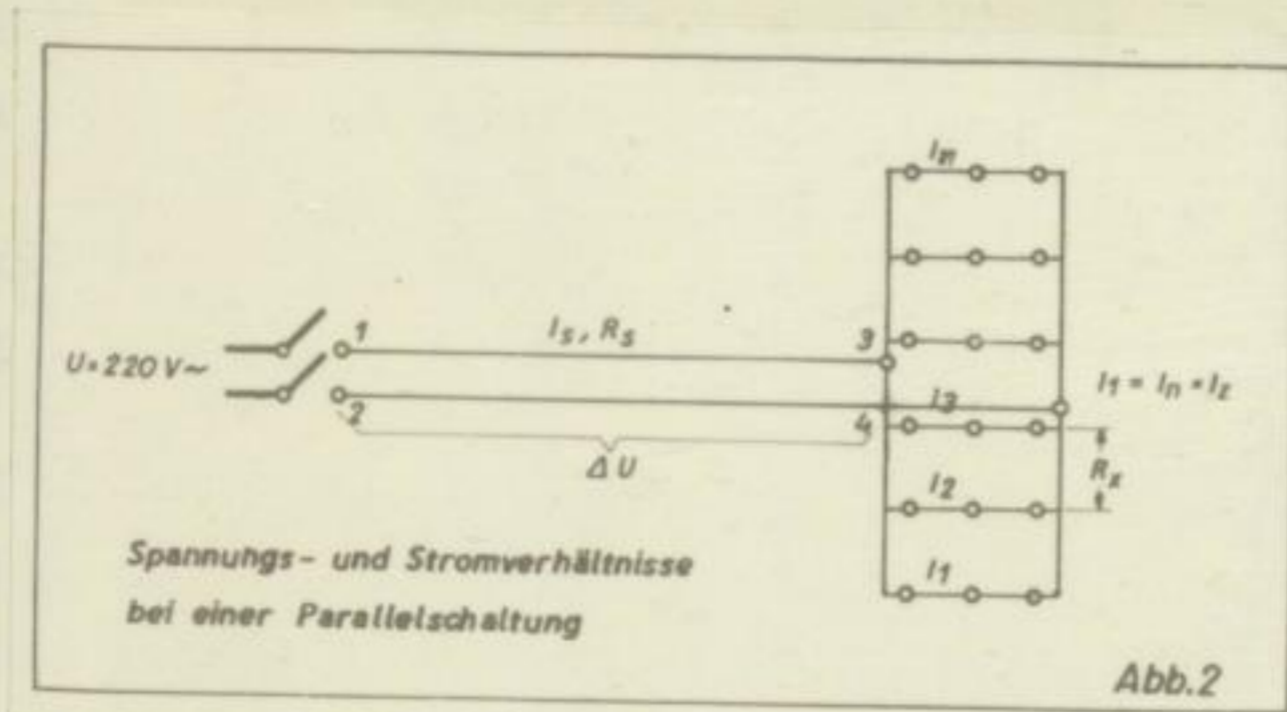


Abb. 2

$J_1 = J_n = J_z$ Dieser Ansatz ist hinreichend genau, da der Widerstand R_x zwischen den Gängen gegenüber dem Widerstand der Zündergruppe vernachlässigbar ist.

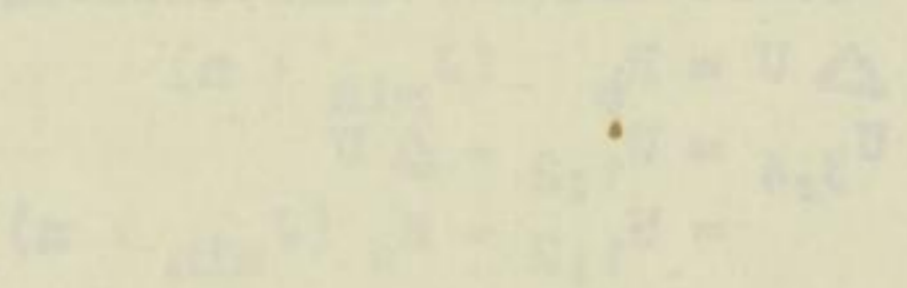
Es besteht die Forderung, daß jeder Zweig der Schaltung die erforderliche Mindeststromstärke erhält, nach den Forderungen der Verordnung: 1,0 A. Wird eine große Anzahl Zweige (Gänge) parallel geschaltet, so vervielfacht sich die benötigte Gesamtzündstromstärke (J_z) entsprechend $J_s = n \cdot J_{\min}$. Wesentlich ist nicht die Netzspannung zwischen den Punkten 1-2, sondern die Spannung am Ende der Schießleitung, also unmittelbar vor der Verzweigung zwischen den Punkten 3-4. Der Spannungsabfall in der Leitung ΔU wird umso größer, je größer die Zahl der Zweige und je größer der Widerstand der Schießleitung ist.

$$\begin{aligned} \Delta U &= R_s (J_{\min} \cdot n) \\ U_{3,4} &= U_{1,2} - \Delta U \\ &= U_{1,2} - R_s (J_{\min} \cdot n) \end{aligned}$$

Der Verfasser beobachtete in den Gruben Schießelektriker, die an den offenen Enden der hochohmigen Eisenleitungen Spannungsmessungen vornahmen, um damit zu beurteilen, ob ausreichend hohe Zündspannung vor Ort zur Verfügung steht. Es ist selbstverständlich, daß derartige Messungen wertlos sein müssen, wenn nicht während der Messung gleichzeitig ein Widerstand mit eingeschaltet wird, der dem Widerstand

$J_1 = J_2 = J_3$ Dieser Ansatz ist nicht zulässig, da der Widerstand R_2 zwischen den Ästen gegenüber dem Widerstand der Endgruppe veränderlich ist.

Es besteht die Forderung, daß jeder Ast der Verzweigung die erforderliche Mindeststromstärke erhält, nach den Forderungen der Verzweigung 1, 2 & 3. Wird eine große Anzahl Äste (Gänge) parallel geschaltet, so verhält sich die benötigte Gesamtstromstärke (J_{ges}) entsprechend $J_{ges} = n \cdot J_{min}$. Wesentlich ist nicht die Stromstärke zwischen den Punkten 1-2, sondern die Stromstärke am Ende der Parallelleitung. Also unmittelbar vor der Verzweigung zwischen den Punkten 3-4, der Spannungsabfall in der Leitung 1-2 wird umso größer, je größer die Zahl der Äste und je größer der Widerstand der Parallelleitung ist.



Der Verteiler beobachtet in den Ästen Böhlerstrom, die an der Stelle, an der die Äste abzweigen, Spannungsabfälle verursachen, so kann es passieren, daß ausreißend hohe Stromdichten vor Ort zur Verfügung stehen. Es ist selbstverständlich, daß die Äste Strom abgeben. Im ersten Moment, wenn man sich der Leitung nähert, ein Widerstand mit eingeschaltetem Wert, der den Widerstand

der zu zündenden Schüsse entspricht. Erst dann geht in die Messung der während des Zündstromflusses tatsächlich vorhandene Spannungsabfall mit ein.

Nachfolgendes Beispiel zeigt, wie sich der scheinbare Vorteil der Parallelschaltung in das Gegenteil kehrt, wenn der Schießleitungswiderstand größer wird.

U = Netzspannung = 220 Volt ~

G = Anzahl der Gänge = 10 Gang

n = Anzahl der Schüsse je Gang = 3 Schuß

R_z = Widerstand eines Zünders = 5Ω (entspricht dem amtlichen Berechnungswert)

J_z = Stromstärke in den Zündern

a) Schießleitungswiderstand R_s = 5Ω

α) Parallelschaltung

$$R_{ges} = R_s + \frac{n \cdot R_z}{G} = 5\Omega + \frac{3 \cdot 5\Omega}{10} = 6,5\Omega$$

$$J_s = \frac{U}{R_{ges}} = \frac{220 \text{ V}}{6,5\Omega} = 33,8 \text{ A}$$

$$J_z = \frac{J_s}{G} = \frac{33,8 \text{ A}}{10} = 3,4 \text{ A}$$

β) Hintereinanderschaltung

$$R_{ges} = R_s + n \cdot R_z \cdot G = 5\Omega + 3 \cdot 5\Omega \cdot 10 = 155\Omega$$

$$J_s = J_z = \frac{U}{R_{ges}} = \frac{220 \text{ V}}{155\Omega} = 1,42 \text{ A}$$

Wir stellen fest, daß bei niedrigem Schießleitungswiderstand der Zündstrom im Falle der Parallelschaltung größer ist als bei Hintereinanderschaltung.

b) Schießleitungswiderstand R_s = 30Ω

α) Parallelschaltung

$$R_s = 30\Omega + \frac{3 \cdot 5\Omega}{10} = 31,5\Omega$$

der zu ändernden Schaltung entspricht. Erst dann geht in die Messung der während des Schaltvorganges festgestellten vor- handene Spannungsteil mit ein.
 Nachfolgendes Beispiel zeigt, wie sich der so erhaltene Vorteil der Parallelschaltung in der Gegenstellung zum Vor- teil der Serienschaltung ergibt wird.

U = Netzspannung = 220 Volt
 G = Anzahl der Gänge = 10 Gang
 n = Anzahl der Schüsse je Gang = 3 Schuss
 R₂ = Widerstand eines Kündlers = 5 Ω (entspricht dem mittleren Berechnungswert)

I₂ = Stromstärke in der Leitung
 a) Serienschaltung
 b) Parallelschaltung

$$R_{Ges} = R_0 + \frac{n}{G} \cdot R_2 = 22 \Omega + \frac{3}{10} \cdot 5 \Omega = 23,5 \Omega$$

$$I_2 = \frac{U}{R_{Ges}} = \frac{220 \text{ V}}{23,5 \Omega} = 9,36 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{U}{R} = \frac{220 \text{ V}}{10} = 22 \text{ A}$$

B) Hysterienänderung
 $R_{Ges} = R_0 + n \cdot R_2 = 22 \Omega + 3 \cdot 5 \Omega = 37 \Omega$
 $I_2 = \frac{U}{R_{Ges}} = \frac{220 \text{ V}}{37 \Omega} = 5,95 \text{ A}$

Wir stellen fest, dass bei niedrigeren Schließungswider- stand der Kündler in der Parallelschaltung größer ist als bei Hysterienänderung.

c) Serienschaltung
 $R_{Ges} = 30 \Omega$

d) Parallelschaltung
 $R_{Ges} = 30 \Omega$

$$J_s = \frac{220 \text{ V}}{31,5 \Omega} = 7 \text{ A}$$

$$J_z = \frac{7 \text{ A}}{10} = 0,7 \text{ A}$$

β) Hintereinanderschaltung

$$R_s = 30 \Omega + 3 \cdot 50 \cdot 10 = 180 \Omega$$

$$J_s = \frac{220 \text{ V}}{180 \Omega} = 1,22 \text{ A}$$

Lediglich durch Änderung des Schießleitungswiderstandes auf einen Betrag, wie er im Kalibergbau anzutreffen ist, wird das Verhältnis umgekehrt. Bei der Parallelschaltung sinkt dadurch die Stromstärke unter den zulässigen Betrag.

3. Schießleitungswiderstände im Kalibergbau

Um zu gültigen Aussagen über die Auswirkung dieser Gesetzmäßigkeiten zu gelangen, mußte versucht werden, einen Durchschnittswert der Schießleitungswiderstände zu ermitteln. Da der größte Einfluß auf hohe Widerstandsbeträge von den Eisenleitungen im Abbau erwartet wurde, erfolgte zunächst die Bestimmung zwischen dem Trennschalter am Beginn der Abbaustrecke bis vor Ort (Tabelle 1).

Bei der Mittelbildung sind absichtlich die (eingeklammerten) extremen Werte der Abbau 47; 83 und 0/83 ausgelassen worden. Die Betrachtung zeigt, daß in diesen Abbauen größere Längen mit Drahtdurchmesser 1,2 mm verlegt worden sind. Die Auswechslung dieser Schießleitungsteile ist unbedingt vorzunehmen. Der Vergleich der Versagerhäufigkeit mit den benachbarten Abbauen mit niedrigeren $\Omega/100 \text{ m}$ -Beträgen zeigte, daß die Störungen der Schießarbeiten in den Abbauen 47; 83; 0/83 häufiger waren. Anlässlich später in anderen Gruben durchgeführten Schießarbeiten war festzustellen, daß in einzelnen Revieren sogar ausschließlich Eisendraht mit 0,6 bis 1,5 mm \varnothing verwendet wird. Nachfolgende Rechnung verdeutlicht den starken Einfluß des Drahtdurchmessers.

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{220 \text{ V}}{21,7 \Omega} = 10,14 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{220 \text{ V}}{10 \Omega} = 22 \text{ A}$$

8) Leistungsänderung

$$P_1 = I_1^2 \cdot R_1 = 10,14^2 \cdot 21,7 \Omega = 2250 \text{ W}$$

$$P_2 = I_2^2 \cdot R_2 = 22^2 \cdot 10 \Omega = 4840 \text{ W}$$

bedingten durch Änderung des Widerstandsverhältnisses auf einen Betrag, wie er im Kalibergem anzuwenden ist, wird das Verhältnis vergrößert. Bei der Parallelschaltung sinkt dadurch die Stromstärke unter den zulässigen Betrag.

9) Leistungsverhältnisse im Kalibergem

Um zu prüfen, ob die Ausstrahlung dieser getrennten Stellen zu geringe Werte verursacht werden, einen Durchschnittswert der Widerstandsverhältnisse zu ermitteln. Da der größte Widerstand bei Widerstandsänderung von den Widerständen im Abzug erwartet wurde, erfolgte zunächst die Bestimmung zwischen dem Strommesser am Beginn der Abmessung (s. vor Ort (Tabelle 1)).

Bei der Widerstandsänderung sind ebenfalls die (einzelnen) extremen Werte der Widerstände 8) und 9) angegeben worden. Die Bestimmung zeigt, dass in diesen Abzügen größere Längen mit Widerstandsänderung verbunden sind. Die Widerstandsänderung dieser Widerstandsverhältnisse ist unbedingt vorzunehmen, der Vergleich der Widerstände mit den entsprechenden Abzügen mit niedrigeren 2/100 m-Bestimmungen zeigt, dass die Bestimmungen der Widerstände in den Abzügen 8) und 9) häufiger waren. Anfallig später in anderen Abzügen durchgeführten Schichten arbeiten war festzustellen, dass in einzelnen Reihen sogar ausschließlich Widerstände mit 1,2 m zu verwendet wird. Nachfolgend wird die Bestimmung verdeutlicht, dass diesen Widerstand des Widerstands.

Tabelle 1
Schießleitungswiderstände in den Ab-
bauen einer Kaligrube

Abbau Nr.	Länge der Leitung [m]	Durchmesser des Eisendrahtes [mm]			Zahl der Flick- stellen	Wider- stand [Ω]		auf 100m bezogen Ω /100 m
		1,2	2,5	3,0				
53	240	30	70	-	9	24		10
0/53	220	10	-	90	23	17	H a r t e s t e i n	7,7
51	180	40	-	60	38	58		32,2
0/51	180	10	-	90	13	20,5		11,4
15	60	10	-	90	14	9		15
0/15	60	10	-	90	10	9,5		15,8
74	60	10	-	90	12	8		13,3
0/74	60	10	-	90	14	16,5		27,5
47	300	60	40	-	25	780		
83	140	100	-	-	42	400		(286,0)
0/83	140	-	100	-	23	-		42,8
0/98	240	10	90	-	12	82	O b e r e L i t t	34,2
98	240	90	10	-	18	138		57,6
0/6	160	-	10	90	8	18		11,2
6	160	40	40	20	32	260		(162,2)
0/96	80	10	90	-	9	9		11,2
96	120	80	20	-	25	40		33,3

Durchschnittswert: 23,3 Ω / 100 m Leitung

.....

Tabelle I
 Geometrische Umwandlungen in der Ebene
 einer Kreisgruppe

Nr.	Länge der Verbindungs- slinien [cm]	Winkel der Verbindungs- slinien [°]	Länge der Wider- stände [cm]	Winkel der Wider- stände [°]	Geometrische Umwandlungen	
					Ursprüngliche Länge [cm]	Veränderte Länge [cm]
1	10	90	10	90	10	10
2	10	120	10	120	10	10
3	10	150	10	150	10	10
4	10	180	10	180	10	10
5	10	210	10	210	10	10
6	10	240	10	240	10	10
7	10	270	10	270	10	10
8	10	300	10	300	10	10
9	10	330	10	330	10	10
10	10	360	10	360	10	10

Geometrische Umwandlungen in der Ebene einer Kreisgruppe

$$\begin{aligned} \underline{0,6 \text{ mm } \phi} : R &= \rho \cdot \frac{l}{r^2 \cdot \pi} \\ &= 0,125 \cdot \frac{100}{0,3^2 \cdot 3,14} = 44 \Omega / 100 \text{ m einfach} \\ &\quad (= 88 \Omega / 100 \text{ m doppelt}) \\ \underline{3,0 \text{ mm } \phi} : R &= 0,125 \cdot \frac{100}{1,5^2 \cdot 3,14} = 1,76 \Omega / 100 \text{ m einfach} \\ &\quad (= 3,5 \Omega / 100 \text{ m doppelt}) \end{aligned}$$

Aus Tabelle 1 geht hervor, daß im untersuchten Revier vorwiegend Draht mit 3 mm ϕ verlegt ist. Trotzdem besteht die große Differenz zwischen dem errechneten Wert 3,5 Ω /100 m und dem ermittelten Durchschnittswiderstand mit 23,3 Ω /100 m. Hieran ist die starke Auswirkung der großen Anzahl Flickstellen besonders deutlich erkennbar. Darin liegt eine der Hauptursachen für die Beeinträchtigung der elektrischen Zündung im Kalibergbau. Die Flickstellen entstehen einmal durch die Verlängerung der Schießleitung; zum anderen durch häufiges Zerschneiden der Leitung. Ersterem Einfluß kann begegnet werden durch eine entsprechende Reserve an Leitungslänge vor Ort. Die Zerstörung der Schießleitung ist aber unvermeidbar, solange noch das Schießschema mit Fächersatz beibehalten wird.

Infolge der schräggestellten Einbruchgänge werden einzelne Haufwerkstücke weit in die Abbaue zurückgeschleudert. Die Umstellung des Abbauverfahrens auf eine Methode, die es ermöglichen würde, mit parallel zur Vortriebsrichtung gebohrten Gängen zu arbeiten, könnte hier lediglich Abhilfe schaffen. Die Zuführung der Schießleitung durch eine Begleitstrecke oder Wetterstrecke, wie dies beispielsweise im Kaliwerk Teutschenthal möglich ist, könnte gleichfalls Flickstellen vermeiden. Damit wäre neben den zahlreichen weiteren Vorteilen ein zusätzlicher Grund geboten, baldmöglichst vom unwirtschaftlichen Fächersatz abzukommen (s.S.117).

Die schlechten Übergangswiderstände werden sowohl durch mechanisch schlechte Verbindung, häufiger aber durch die Korrosionswirkung verursacht. Die Korrosion wird durch Feuchtigkeit und Hygroskopizität des Salzes gefördert. Versuche zeigten, daß die Verbindungsstellen einer Schießleitung, selbst wenn diese vom Rost befreit werden (was die Hauer meist unterlassen) schon nach wenigen Stunden wieder korro-

$$\frac{0,6 \text{ mm} \cdot 1 \cdot 1}{2} = 0,3$$

$$= 0,125 \cdot \frac{100}{0,3 \cdot 2,14} = 44 \text{ } \sqrt{100 \text{ m einfach}}$$

$$(- 88 \text{ } \sqrt{100 \text{ m doppelt}})$$

$$= 0,125 \cdot \frac{100}{1,25 \cdot 2,14} = 4,76 \text{ } \sqrt{100 \text{ m einfach}}$$

$$(- 9,52 \text{ } \sqrt{100 \text{ m doppelt}})$$

Aus Tabelle I geht hervor, daß im unteren Revier vorwiegend Druck mit 3 mm \bar{h} verlegt ist. Trotzdem besteht die Differenz zwischen dem erreichten Wert 3,52 $\sqrt{100 \text{ m}}$ und dem mittleren Durchschnittwert mit 2,3 $\sqrt{100 \text{ m}}$. Hierin ist die starke Auswirkung der großen Anzahl Fickstellen besonders deutlich erkennbar. Derin liegt eine der Hauptursachen für die Bestäubung der Fickstellen im Kaliber. Die Fickstellen entstehen einmal durch die Verlagerung der Schließung; zum anderen durch häufiges Verschieben der Leitung. Früheres Klinken kann beseitigt werden durch eine entsprechende Reserve an Leitungslänge vor Ort. Die Verstärkung der Schließung ist aber unvermeidbar, solange noch das Schichten mit höchster Belastung wird.

Infolge der schädigenden Einwirkungen werden einzelne Hauptwerkstoffe erst in die Abgabe zurückgeschleudert. Die Umstellung des Abgabeverfahrens auf eine Methode, die es ermöglicht, mit parallel zur Vertriebsrichtung geführten Gängen zu arbeiten, könnte hier lediglich Abhilfe schaffen. Die Einführung der Schließung durch eine Befestigung oberhalb der Strecke, wie dies beispielsweise im Kaliber 'Leutschenthal' möglich ist, könnte gleiche Fickstellen vermeiden. Damit wäre neben den zahlreichen weiteren Vorteilen ein zusätzlicher Grund gegeben, baldmöglichst von unrichtigen Fickstellen abzukommen (s. 2.117).

Die schlechten Übergangszustände werden sowohl durch mechanisch schlechte Verbindung, häufiger aber durch die Korrosionswirkung verursacht. Die Korrosion wird durch Feuchtigkeit und Hygrokapazität des Salzes gefördert. Versuche zeigten, daß die Verbindungsteile einer Schließung selbst wenn diese vom Rost befreit werden (was die Heuer meist unterlassen) schon nach wenigen Stunden wieder korro-

diert waren. Es sei erwähnt, daß der ermittelte Durchschnittswert im Sommer, besonders im Carnallit, noch ungünstiger ausgefallen wäre. In dieser Jahreszeit liegt die relative Feuchtigkeit der Grubenwetter bekanntlich höher. Die Einwirkung des Salzes wird demzufolge verstärkt. Auffällig ist, daß die Extremwerte der Widerstände im Carnallit gemessen wurden.

Die Verwendung igelit-isolierter Kupferleitungen, die sonst für die elektrische Zündung üblich ist, würde keinen Vorteil bringen. Die starke Streuung einzelner Haufwerksstücke läßt an unvermuteten Stellen unter der Isolation Bruchstellen entstehen. Verfasser mußte während der Versuchsarbeiten oft Stunden mit dem Aufsuchen dieser Stellen verbringen. Es müßte jedoch angesichts der volkswirtschaftlichen Bedeutung des Kalibergbaues wenigstens versucht werden, die Eisenleitungen durch nichtisolierte Kupferleitungen zu ersetzen, (normale Schießleitung ohne Igelit-Isolation), zumindest für die Carnallitabbaue.

4. Factsächlich in die Zünder gelangende Zündstromstärken

Wir ermitteln $\sim 20 \Omega$ /100 m als Durchschnittswert. Bei einer Abbaulänge bis max. 300 m interessieren folglich für die Berechnung der Stromstärken Widerstände von 60Ω am vorzüglichsten. In die Gleichungen für die Parallel- und Hintereinanderschaltung wurden Schießleitungswiderstände bis 200Ω eingesetzt, da gemäß Tabelle 1 auch diese Widerstände noch vorkommen. Noch höhere Widerstände liegen bereits weit im Versagerbereich (Tabelle 2, Diagramme 1 und 2).

Die beiden aus Tabelle 2 hervorgegangenen Kurvendarstellungen geben den Schießsteigern die Möglichkeit bereits auf Grund der gemessenen Schießleitungswiderstände im voraus zu beurteilen, ob bei Zündung der vorgesehenen Schußzahl die Zündstromstärke zu niedrig sein wird. Die Kenntnis des jeweiligen Widerstandes von Schießleitung und angeschlossenen Zündern vor Auslösung der Schüsse sollte eigentlich eine Selbstverständlichkeit sein. Sich lediglich davon zu über-

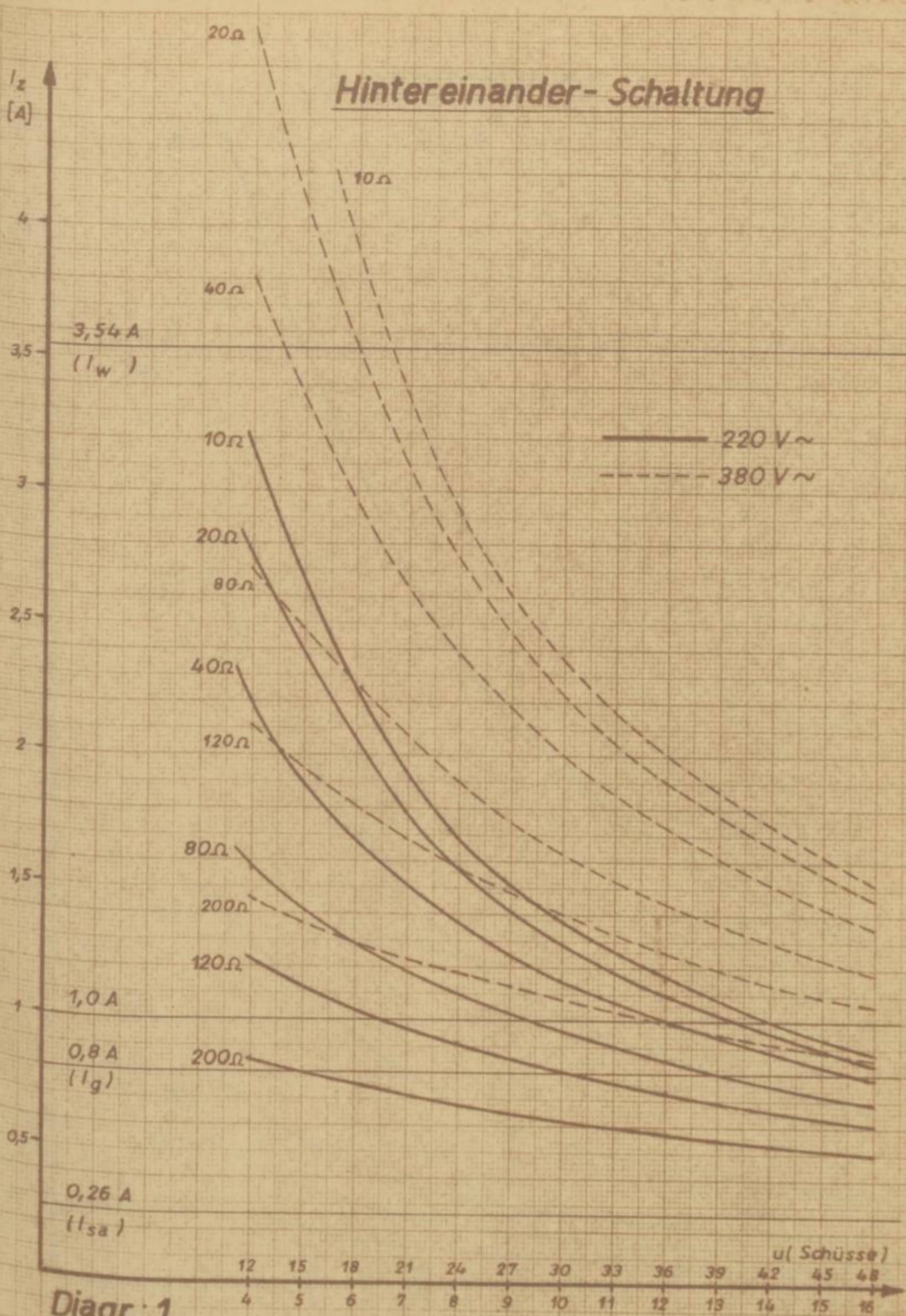
SLUB
Freiberg

Tabelle 2

Bestimmung der Zündstromstärken bei verschiedenen Schließleistungs-
widerständen, Schußzahlen und Schaltungsarten

Hintereinanderschaltung										Parallelschaltung					Hinterein- andersch.
R_S	G	n	R_Z	$R_A =$ $G \cdot n$ $\cdot R_Z$	$R_{ges} =$ $R_S + R_A$	$J_{ges} =$ $J_{ges} \cdot U/R_A$ (U=220 V)	R_S	R_Z	n	$R_A =$ $\frac{n \cdot R_Z}{G}$	$R_{ges} =$ $R_S + R_A$	$J_{ges} =$ $J_{ges} \cdot U/R$ (U=220V)	$J_{zw} =$ J_{ges}/G	J = U/R _{ges} (U=380 V)	
[Ω]			[Ω]	[Ω]	[Ω]	[A]	[Ω]			[Ω]	[Ω]	[A]	[A]	[A]	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
10	4	3	5	60	70	3,14	10	4	3	3,75	13,75	16,0	4,0	5,43	
	8			120	130	1,69		8		1,875	11,875	18,52	2,32	2,925	
	12			180	190	1,16		12		1,25	11,25	19,55	1,63	2,0	
	16			240	250	0,88		16		0,94	10,94	20,1	1,26	1,52	
20	4	3	5	60	80	2,75	20	4	3	3,75	23,75	9,28	2,32	4,75	
	8			120	140	1,57		8		1,875	21,875	10,04	1,255	2,715	
	12			180	200	1,10		12		1,25	21,25	10,33	0,862	1,9	
	16			240	260	0,84		16		0,94	20,94	10,5	0,656	1,46	
40	4	3	5	60	100	2,2	40	4	3	3,75	43,75	5,03	1,26	3,8	
	8			120	160	1,375		8		1,875	41,875	5,25	0,656	2,375	
	12			180	220	1,00		12		1,25	41,25	5,33	0,445	1,725	
	16			240	280	0,786		16		0,94	40,94	5,38	0,337	1,397	
80	4	3	5	60	140	1,57	80	4	3	3,75	83,75	2,625	0,656	2,715	
	8			120	200	1,10		8		1,875	81,875	2,69	0,336	1,9	
	12			180	260	0,840		12		1,25	81,25	2,71	0,226	1,46	
	16			240	320	0,688		16		0,94	80,94	2,72	0,170	1,185	
120	4	3	5	60	180	1,22	120	4	3	3,75	123,75	1,769	0,442	2,11	
	8			120	240	0,917		8		1,875	121,275	1,808	0,226	1,585	
	12			180	300	0,733		12		1,25	121,25	1,815	0,151	1,265	
	16			240	360	0,611		16		0,94	120,94	1,820	0,114	1,055	
200	4	3	5	60	260	0,843	200	4	3	3,75	203,75	1,08	0,27	1,46	
	8			120	320	0,688		8		1,875	201,875	1,09	0,136	1,185	
	12			180	380	0,579		12		1,25	201,25	1,092	0,091	1,0	
	16			240	440	0,50		16		0,94	200,94	1,095	0,0685	0,864	

Hintereinander-Schaltung



Diagr.: 1

Abhängigkeit der Zündstromstärke vom Schießleitungswiderstand und der Gangzahl

→ G
Anzahl der Gänge
(je 3 Schuß)

Diagramm 1

Hinter einander - Schaltung

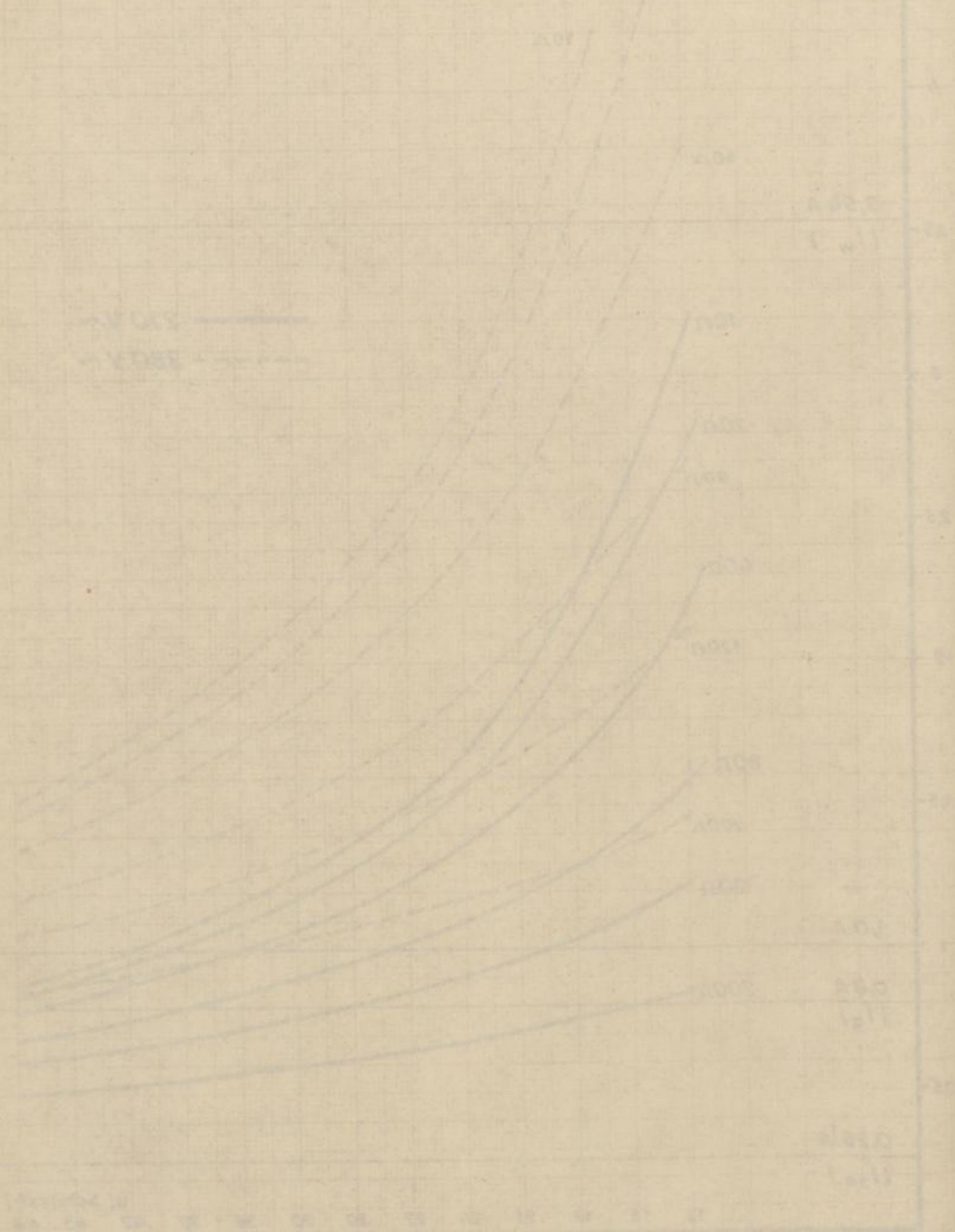
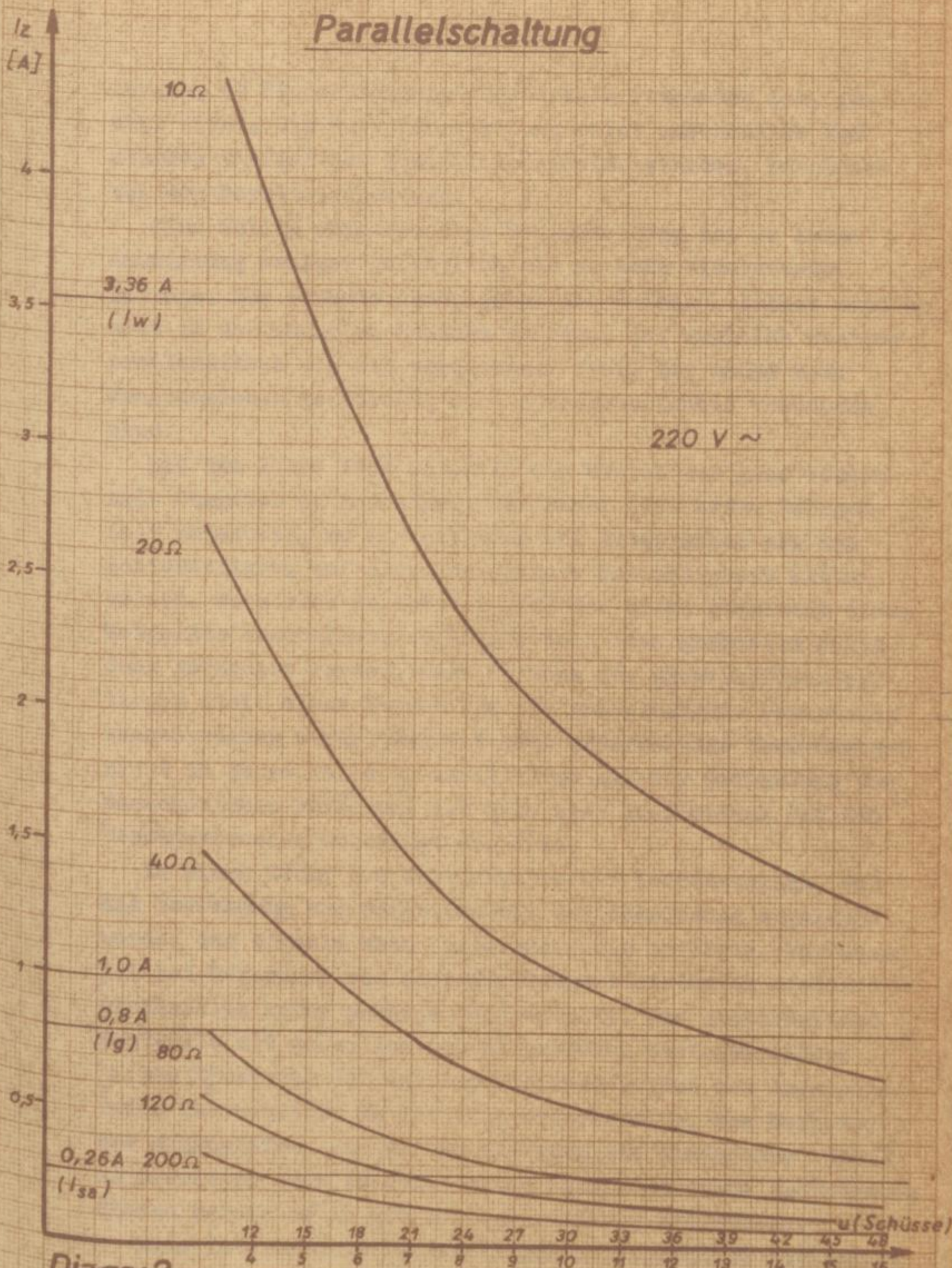


Diagramm zur Darstellung der Abhängigkeit der Stromstärke von Schaltungsgegenstand und der Gesamtspannung

Parallelschaltung



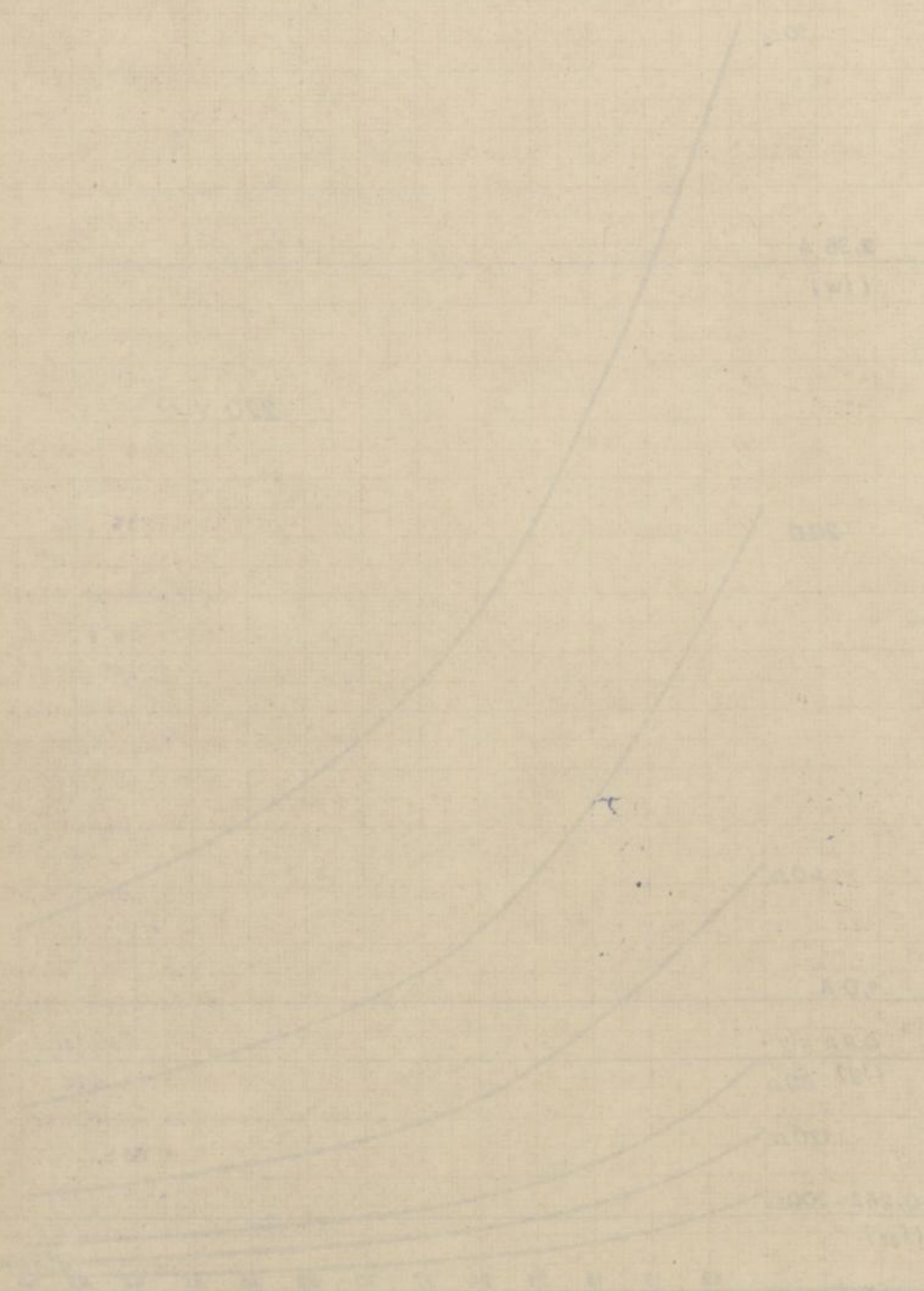
Diagr.: 2

Abhängigkeit der Zündstromstärke vom Schießleitungswiderstand und der Gangzahl

Anzahl der Gänge (je 3 Schuß)

Diagramm 2

Parallelrechnung



Abhängigkeit der Zustandsgröße
vom Zeitverlauf (Zeitstrahl)
und dem Ort

zeugen, ob Stromdurchgang schlechthin vorhanden ist, genügt nicht. Die Kurvendarstellung zeigt anschaulich den starken Einfluß des Schießleitungswiderstandes, besonders bei der Parallelschaltung.

Eine völlig unterbrochene Schießleitung ist in ihrer Auswirkung weniger gefährlich als zu hohe Widerstandsbeträge. Das erneute Anschließen der Schüsse, selbst wenn es erst in der nächsten Schicht erfolgt, ist ungleich weniger problematisch als ein verdorbener Stoß, der zudem noch Menschenleben gefährdet, wenn Sprengstoffreste vorhanden sind.

Bis zum Jahre 1954 waren in den Gruben nur ganz vereinzelt Ohmmeter in Anwendung. Verfasser ließ keine Gelegenheit unbenutzt, um in Vorträgen und Aussprachen mit den Schießsteigern auf diese unbedingte Notwendigkeit hinzuweisen. Wenn auch in letzter Zeit die Werke zunehmend diese Meßgeräte anschaffen, so könnte doch eine generelle Anwendung gefördert werden, wenn seitens der Sicherheitsinspektionen statt einer Empfehlung die entsprechende Verordnung ausgesprochen würde. Während sich anderweitige Verordnungen nicht in jedem Falle so unmittelbar mit der Gefährdung von Menschenleben befassen, ist dies hier im Hinblick auf die Versagerursache unbedingt der Fall.

In einer Grube des Werrareviers war festzustellen, daß die Verwendung von Ohmmetern mit der Begründung abgelehnt wurde, daß oftmals kein Zeigerausschlag erfolgte. Verfasser hat bei Messungen von Schießleitungswiderständen wiederholt gleichfalls keine Anzeige festgestellt. Die nachträgliche Kontrolle mit einem Instrument größeren Skalenbereiches $\triangleright 500 \Omega$ zeigte, daß der Zündkreiswiderstand den Anzeigebereich überschritt. Es ist also erforderlich, den Meßbereich des Minenprüfers für den Kalibergbau bis mindestens 1000Ω zu erweitern oder in verstärktem Maße stationäre Instrumente dieses Bereiches in die Schießverteilung einzubauen.

Eine interessante Feststellung über verfehlte Auffassung des Sinnes von Widerstandsmessungen mit dem Ohmmeter konnte in einer Grube des Kalibergbaues am Südharz getroffen werden.

Mit Hilfe eines Formulars, das zur Registrierung der Widerstände von Schießleitung und Zünder durch den Schießelektriker vor dem Auslösen der Schüsse auszufüllen ist, sollte der steigenden Versagerhäufigkeit Einhalt geboten werden. Die Durchsicht einiger dieser Formulare ergab, daß darin Widerstandsbeträge bis 800Ω angegeben waren. Die Frage, ob seitens der Verkleitung ein Widerstandsbetrag als obere Grenze angegeben wird, bei dessen Überschreiten eine Überprüfung des betreffenden Abbaues vorzunehmen ist, wurde den Schießsteiger wie folgt beantwortet:

"Wir zünden die Schüsse, solange am Ohmmeter der Zeiger noch wackelt." (1) Die verwendeten Ohmmeter zeigten bis zu einem Grenzwert von 1000Ω an. Erst oberhalb dieses Betrages erfolgte kein "Wackeln" mehr. Durch einen Vergleich mit den Diagrammen 1 und 2 wird offensichtlich, daß die erschreckende Versagerhäufigkeit eine zwangsläufige Folge sein muß und daß die vorgeschriebenen Formulare unter diesen Voraussetzungen jeden Sinn verlieren. Aus den Diagrammen 1 und 2 ist zu entnehmen, welche Höchstgrenze seitens der Betriebsleitungen unter verschiedenen Betriebsbedingungen anzuordnen sind, um ausreichende Zündströme zu gewährleisten. (Es sei an dieser Stelle noch auf die nachfolgenden Diagramme hingewiesen, denen die Verhältnisse in Gruben mit besonders ungünstigen Widerstandsverhältnissen zwischen Trennschalter und Schießverteilung zugrunde liegen).

Ferner sei auch bemerkt, daß eine zuverlässige Aussage darüber, ob alle Schüsse ordnungsgemäß zusammengeschlossen sind, nur dann herbeigeführt werden kann, wenn die Schüsse hintereinander geschaltet sind. Von der Parallelschaltung ist auch aus diesem Grunde Abstand zu nehmen.

Aus den Kurvendarstellungen ist folgendes zu entnehmen:

1. Bei der Parallelschaltung treten bei niedrigem Schießleitungswiderstand wohl größere Zündströme als bei der Hintereinanderschaltung auf; steigen die Widerstände jedoch, so ist der gegenteilige Fall festzustellen.
2. Die 0,8 A-Linie zeigt, daß bei der Parallelschaltung durchaus normale Fälle z.B. 40Ω und 7 Gänge bereits unterhalb der Zündstromstärke liegen, bei denen die Zünder noch versagerfrei ansprechen müssen.

Mit Hilfe eines Formulars, das zur Ergänzung der 11-
bestehende von Beteiligter und Beteiligter durch den Beteilig-
erhalten vor dem Abschluss des Beschlusses anzuwenden ist.
solche der beteiligten Vertragsparteien als Inhalt geboten
werden. Die Durchführung dieser Formulare ergibt, dass
darauf abzustellen ist, die 100% anzuzeigen. Die 11-
zu, es besteht die Verteilung der Anteile abzugeben als
obere Grenze angegeben wird, bei dessen überschreiten eine
Verpflichtung der beteiligten Parteien vorzunehmen ist, wie
de der Beteiligter die 100% anzuzeigen.
"Wir erlauben die Schlichtung, welche im Interesse der Beteilig-
noch wachelt." (1) Die vorangehenden Formulare gelten bis zu
einem Grenzwert von 100% an. Erst oberhalb dieses Grenzwerts
erfolgt kein "Wachelt". Nach einem Vergleich mit den
Begriffen 1 und 2 wird festgestellt, dass die erachteten
die Vertragsparteien eine entsprechende Folge sein müssen
und dass die vorangehenden Formulare unter diesen Voraus-
setzungen jeden Sinn verlieren. Aus den Begriffen 1 und 2
ist zu erkennen, welche Bedeutung solche der Beteilig-
leistungen unter verschiedenen Leistungsbedingungen anzuordnen
sind, im gegenseitigen Interesse der Beteiligten. Die 100%
an dieser Stelle nur nur die nachfolgenden Beteiligte 11-
gewissen, dass die Verteilung in diesen mit besonderer
unzulässiger Überschreitung zwischen den Vertragspartei-
ten und Schlichter (siehe auch 11.)).
Vorher sei noch bemerkt, dass eine entsprechende Aussage
darfiber, ob alle Beteiligte übereinstimmend zustimmend
sind, nur dann herbeizuführen werden kann, wenn die Schlichter
hinterlassener genehmigt sind. Von der Parallelleistung
ist auch aus diesen Beteiligte Abstand zu nehmen.
Aus den vorangehenden Leistungen ist folgendes zu entnehmen:
1. Bei der Parallelleistung treten bei niedrigen Beteilig-
tatsachlich wohl, jedoch nicht als bei der
Hinterlassenerleistung mit, sondern die Beteiligte je-
doch, so ist der Beteiligte Teil der Beteiligte.
2. Die 100% A-Anteile werden, das ist die Parallelleistung
durchaus normal. Die 100% und 100% Beteiligte un-
terhalb der Beteiligte 11.)) sind, bei denen die
Beteiligte kann vorangehend anzuordnen abzuweisen.
dieser Beteiligte 11.))

Die Darstellung für die Hintereinanderschaltung zeigt, daß auch für diesen Fall die 0,8 A-Grenze für die meist übliche Zahl von 5 bis 10 Gängen bereits bei Schließleistungswiderständen zwischen 120 und 200 Ω unterschritten wird. Werden die für die Zündmaschinenströme vorgeschriebenen Stromstärken von 1,0 A zugrunde gelegt, so sind die Grenzen noch enger gezogen. Es sei daran erinnert, daß in den vorausgegangenen Ausführungen auf alle Fälle hingewiesen wurde, in denen Widerstände im Bereich von 200 bis 1000 Ω gemessen wurden. Diese Werte wurden absichtlich nicht mit in die Rechnung einbezogen. Es könnte sonst das Argument gebraucht werden, daß sich der Nachweis der unzulänglichen Voraussetzung für eine versagerfreie Schließarbeit auf Ausnahmefälle stützt. (Obwohl diese Fälle so häufig auftreten, daß ihr Einfluß auf den Prozentsatz der Versager unbedingt wirksam ist).

In der Darstellung für die Hintereinanderschaltung sind in gebrochenen Linien die erhöhten Stromstärken eingetragen für den Fall, daß die Netzspannung der Schließverteilung auf 380 V umgestellt wird. In einem folgenden Abschnitt ist noch zu behandeln, ob dieser Möglichkeit Bedenken entgegenstehen.

Die eingezeichneten Grenzstromstärken für verschiedene Betriebsbedingungen (3,54 A; 0,26A) gelten für die in der DDR verwendeten Zünder des Sprengstoffwerkes Schönebeck. In den weiteren Ausführungen werden die Wege nachgewiesen, die zur Ermittlung führten. Damit wird gleichzeitig auch die Möglichkeit gegeben, die Grenzen für andere Zünderfabrikate zu bestimmen.

Diese Erkenntnisse zeigen deutlich, daß die elektrische Zündung im Kalibergbau unter derartigen Voraussetzungen zu einer folgenschweren Krise für die Förderleistung des gesamten Bergbausweiges führen kann, wenn die beabsichtigte völlige Umstellung auf die Methode der elektrischen Auslösung durchgeführt wird. Der Nachweis dieser unzutraglichen Verhältnisse erfährt im folgenden sogar noch eine Steigerung. In mehreren Kaliberwerken war festzustellen, daß nicht nur in den Abbauen die nachteilige Parallelschaltung angewendet wurde, sondern daß zudem noch mehrere Abbau untereinander

Die Darstellung der die Hinterkammerbehandlung zeigt, dass
man für diesen Fall die 0,8 A-Grenze für die meist übliche
Licht von 5 bis 10 Gängen bereits bei Schmelztemperatur-
änderungen zwischen 150 und 200°C unterschritten wird. Neben die
für die Kammernbehandlung vorgeschriebenen Stromstärken von
1,0 A zuzugabe gelangt, so wird die Grenze nach unten gezogen.
Es sei daran erinnert, dass in den vorangegangenen Ausführun-
gen mit alle Fälle hinweisen wurde, in denen Widerstände in
Reihe von 200 bis 1000 Ohm gemessen wurden. Diese Werte wur-
den ebenfalls nicht mit in die Rechnung einbezogen. Es
kann somit das Argument gebildet werden, dass sich der Wert
von der unzulänglichen Voraussetzung für eine vergrößerte
Schmelzzeit auf Ausnahmefälle stützt. (Obwohl diese Fälle
so häufig auftreten, dass die Reihe mit dem Stromstärke
der Versager unbedingt zu berücksichtigen ist.)

In der Darstellung der die Hinterkammerbehandlung sind
in geschlossenen Kreisen die ersten Stromstärken eingetragen
für den Fall, dass die Netzspannung der Schmelzzeit auf
380 V eingestellt wird. In einem folgenden Abschnitt ist noch
zu behandeln, ob dieser Möglichkeit Bedenken entgegenstehen.
Die angegebenen Grenzwerte für die verschiedenen
Betriebsbedingungen (2,5 A; 0,25 A) gelten für die in der
DIN vorgeschriebenen Größe des Spannungsstärkes Schmelzzeit. In
den weiteren Ausführungen werden die Wege nachgewiesen, die
zur Ermittlung führen. Damit wird gleichzeitig auch die
Möglichkeit gegeben, die Grenzen für andere Stromstärken
zu bestimmen.

Diese Erkenntnisse zeigen deutlich, dass die elektrische
Zündung im Kaltherden unter bestimmten Voraussetzungen
zu einer folgenschweren Ursache für die Überlastung der
gesamten Bergbauwerke führen kann, wenn die beschriebene
völlige Umstellung auf die Methode der elektrischen Zündung
nicht durchgeführt wird. Der Nachweis dieser wesentlichen
Verhältnisse tritt im folgenden noch nach einer Steigerung.
In weiteren Kaltherden mit Zündmaschinen, das steht nur in
den Abbildungen die nachfolgende Parallelschaltung angewendet
wird, sondern das auch noch mehrere Abbildungen untereinander

parallel geschaltet und an eine gemeinsame 220 V-Leitung (NSH-Leitung) angeschlossen werden. Abbildung 3 zeigt ein solches Schema.

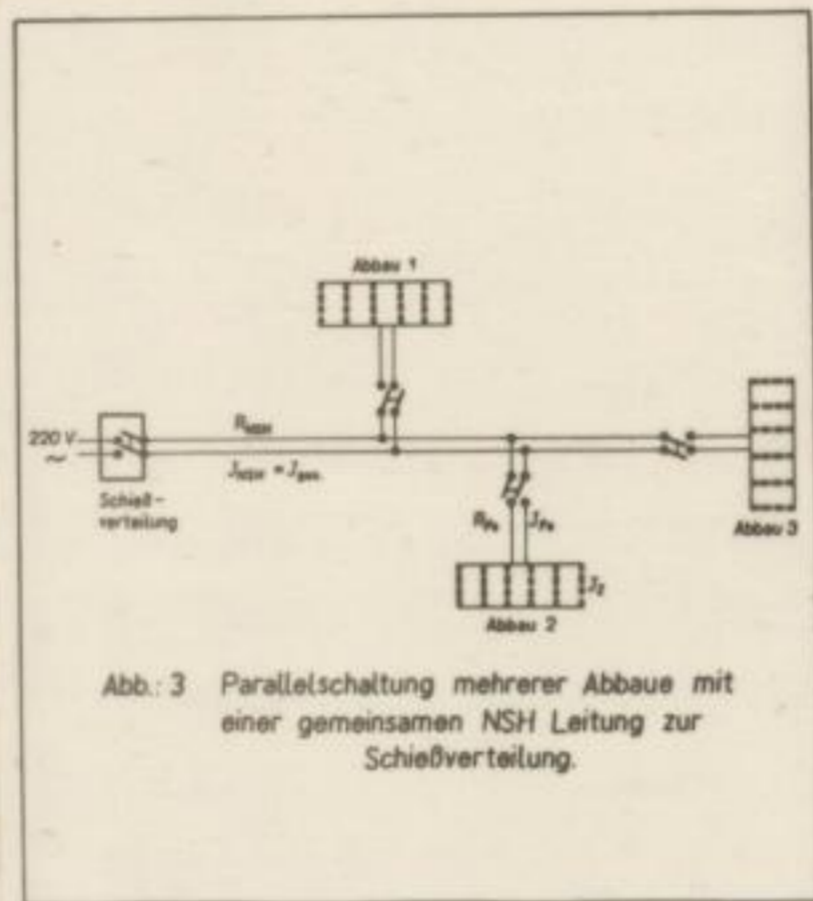


Abb. 3 Parallelschaltung mehrerer Abbaue mit einer gemeinsamen NSH Leitung zur Schießverteilung.

Abb. 3

Es wurden Fälle angetroffen, in denen bis zu 6 Abbaue parallel geschaltet waren. Besonders häufig ist diese Situation in Kaliwerken zu finden, die bereits seit längerer Zeit elektrisch zünden. Die Abbaue wandern immer weiter feldwärts. Dagegen bleiben die Schießverteilungen in Schachtnähe. Entfernungen von 1000 m zwischen Schießverteilung und Abbaue sind keine Seltenheit. Demzufolge müßten bis zu 6 x 1000 m NSH-Leitung verlegt werden. Abgesehen davon, daß diese Verlegung für die zahlreichen Betriebspunkte der Gruben mit erheblichem Kapitalaufwand verbunden ist, bereitet z.Zt. das völlig unzulängliche Angebot an Kabelmaterial größte Schwierigkeiten. Teilweise ist sogar die gemeinsame Leitung mit Stücken verlängert worden, die mit Alu-Litzen statt Cu-Litzen versehen sind. Der zusätzliche Spannungsabfall macht sich, wie oben nachgewiesen, gerade besonders bei der Parallelschaltung nachteilig bemerkbar. Vorerst glaubte sich Verfasser bei der Messung der Schießleitungswiderstände auf die Eisenleitungen in den Abbaue beschränken zu können. Die erwähnten Umstände ließen es jedoch ratsam erscheinen, auch Stichproben mit den NSH-Leitungen vorzunehmen. Es kommt noch hinzu,

daß diese Leitungen ebenfalls zahlreiche Flickstellen aufweisen. Diese entstehen, wenn bei jedem neuen Anrieb eines Abbaues die Leitung feldwärts verlängert wird. Die Kontrolle einiger Verbindungsstellen zeigte, daß deren Zustand oftmals sehr zu wünschen übrig ließ. Infolge Salzeinwirkung waren starke Korrosionserscheinungen festzustellen. Deshalb lagen die ermittelten Widerstände der Leitungen erheblich höher als nach der Norm für diese Type zu erwarten war. Für die nachfolgenden Rechnungen wurden für einen günstigen Fall 5Ω , für durchschnittliche Verhältnisse 10Ω und für ungünstige Fälle 20Ω zugrunde gelegt. Dies entspricht den Messwerten, die an den Leitungen eines Revieres aufgenommen wurden (Tab. 20). Dabei blieben Extremwerte außer Betracht, um nicht der Tendenz nach Beeinflussung der Rechnergebnisse zu verfallen. Es sei aber ausdrücklich betont, daß während der Durchführung von Schießarbeiten vom Verfasser wiederholt festgestellt wurde, daß zwischen Schießverteilung und Trennschalter der Abbaue auch Widerstandsbeträge von mehreren hundert Ω vorhanden sind.

Tabelle 2 a :

Leitungslänge	R	R/100 m
[m]	[Ω]	[$\Omega/100$ m]
600	26	4,3
200	14	7,0
700	19	2,7
110	2,6	2,4
420	16	3,8
(260)	(230)	(89)
Mittel:	15,5	4,1

Wir stellen auf Grund der vorausgegangenen Untersuchungen fest, daß im Abbau die Hintereinanderschaltung bei hohen Schießleitungswiderständen günstiger ist. Wenn es aus erwähnten Gründen schon erforderlich ist, mehrere Abbaue mit einer gemeinsamen 220 V-Leitung zu zünden, so liegt die

Das diese Leistungen ebenfalls rechtliche Mittelstellen auf-
 weisen. Diese Leistungen, wenn bei jeder neuen Arbeit eines
 Abbaus die Leistungsfähigkeit vermindert wird. Die Kon-
 stanz einzelner Verbindungsstellen zeigt, das diese Leistung
 oftmals sehr zu wünschen übrig läßt. Infolge der Leistung
 waren starke Korrekturen: Änderungen festzustellen. Deshalb
 lagen die einzelnen Widerstände der Leistungen ebenfalls
 höher als nach der Norm für diese Type zu erwarten war.
 Für die nachfolgenden Messungen wurden für einen günstigen
 Fall die durchschnittliche Verhältnisse festgelegt. Die in
 günstige Fälle 20% zu erwarten. Dies entspricht dem Mes-
 sungen, die an den Leistungen eines Messers angenommen wer-
 den (Tab. 20). Dabei blieben die Leistungen außer Acht, die
 nicht der Tendenz nach Berücksichtigung der Messergebnisse
 zu verhalten. In der nach nachteiligen Messungen, das während
 der Herstellung von Schmelzbleiben von Verlusten zu über-
 holt festgestellt wurde, das zwischen Schmelzbleiben
 und Transparenz der Masse auch Widerstandsstände vor
 mehreren Messungen vorhanden sind.

Tabella 2 a

Leistungsgröße	W	W/100 m
[W]	[W]	[W/100 m]
600	20	4,3
300	14	7,0
100	12	2,7
110	2,6	2,4
450	10	2,8
(280)	(280)	(280)
Mittel	12,5	4,1

Die Tabelle zur Größe der vorangehenden Untersuchung
 zeigt, das in jeder die Widerstandsstände
 einem Schmelzbleiben ebenfalls günstig ist. Wenn es aus
 einzelnen Messungen gegen überbleiben ist, mehrere Abbaue
 die einen gewissen 20% Leistung zu messen, so liegt die

Annahme nahe, daß auch dann eine Hintereinanderschaltung der Abbau vorteilhafter als die Parallelschaltung sein könnte. Durch entsprechende Gestaltung der Schießschalter mit Kursschlußbrücken ließe sich dies ohne großen Aufwand auch für den Fall erreichen, daß einzelne Abbau, die mit an der Leitung angeschlossen sind, nicht belegt werden. Es sind demnach 4 Fälle möglich:

a) Abbau hintereinandergeschaltet:

Schüsse hintereinandergeschaltet:

J_{NSH} = Gesamtstrom in der Leitung zur Verteilung [A]

R_{NSH} = Widerstand in der Leitung zur Verteilung [Ω]

J_{Fe} = Strom in der Eisenleitung im Abbau [A]

R_{Fe} = Widerstand der Eisenleitung im Abbau [Ω]

J_z = Strom in den Zündern [A]

R_z = Zünderwiderstand (5 Ω)

R_A = Widerstand im Abbau ($R_A = R_{Fe} + \text{Zünderwiderstände}$) [Ω]

A = Anzahl der angeschlossenen Abbau

G = Anzahl der Gänge

a = Anzahl der Schüsse je Gang

$$J_{NSH} = \frac{U}{R_{ges}} \quad R_{ges} = R_{NSH} + R_A$$

$$R_{ges} = R_{NSH} + (R_{Fe} + R_z \cdot a \cdot G) \cdot A$$

$$J_{NSH} = \frac{U}{R_{NSH} + (R_{Fe} + R_z \cdot a \cdot G) \cdot A}$$

$$J_z = J_{NSH}$$

Ziel der Rechnungen soll ein Vergleich zwischen den verschiedenen Schaltungsmöglichkeiten sein, um den günstigen Fall auszuwählen. Fernerhin soll, wie bereits eingangs erwähnt, der Nachweis erbracht werden, daß die Schüsse völlig unzureichende Zündströme erhalten. Beide Resultate sind unter Vereinfachung des Ansatzes zu erreichen, indem der Widerstand der NSH-Leitung zwischen den Abbauen (Entfernung zwischen den Abbauen \ll Entfernung bis zur Verteilung) außer

acht bleibt und eine gleichmäßige Belastung in den Abbaueinheiten vorausgesetzt wird. Wenn letztere Voraussetzung nicht erfüllt ist, so wird sich bei der Parallelschaltung die Unzulänglichkeit der Zündströme - der Gegenstand des Nachweises - in den betreffenden Abbaueinheiten noch stärker bemerkbar machen.

b) Abbaue parallel:

Schüsse hintereinandergeschaltet:

$$J_{NSH} = \frac{U}{R_{ges}} \quad R_{ges} = R_{NSH} + \frac{R_A}{A}$$

$$= R_{NSH} + \frac{R_{Fe} + a \cdot R_z \cdot G}{A}$$

$$J_{NSH} = \frac{U}{R_{NSH} + \frac{R_{Fe} + a \cdot R_z \cdot G}{A}}$$

$$J_{Fe} = \frac{J_{NSH}}{A}$$

$$J_z = J_{Fe} = \frac{U}{(R_{NSH} + \frac{R_{Fe} + a \cdot R_z \cdot G}{A}) \cdot A}$$

$$= \frac{U}{(R_{NSH} \cdot A + R_{Fe} + a \cdot R_z \cdot G)}$$

c) Abbaue hintereinandergeschaltet:

Schüsse in Gruppenschaltung (Gänge parallel):

$$J_{NSH} = \frac{U}{R_{ges}} \quad R_{ges} = R_{NSH} + R_A \cdot A$$

$$= R_{NSH} + (R_{Fe} + \frac{a \cdot R_z}{G}) \cdot A$$

$$J_{NSH} = \frac{U}{R_{NSH} + (R_{Fe} + \frac{a \cdot R_z}{G}) \cdot A}$$

$$J_z = \frac{J_{NSH}}{G}$$

$$J_z = \frac{U}{[R_{NSH} + (R_{Fe} + \frac{a \cdot R_z}{G}) \cdot A] \cdot G}$$

recht bleibt und eine gleichmäßige Belastung in der Ab-
bau vorausgesetzt wird. Wenn jedoch eine ungleichmäßige
Ordnung ist, so wird die bei der Parallelbelastung die
Umschlingung der Abhänger - der Gegenstand des Nach-
weise - in den betreffenden Abhängen noch stärker be-
lastet werden.

b) Abhänge parallel:

Schläge in Gruppen (Abhänge parallel):

$$I_{ges} = \frac{U}{R_{ges}} = \frac{U}{R_{10} + R_{20} + \dots + R_{n0}}$$

$$I_{ges} = \frac{U}{\frac{1}{\frac{1}{R_{10}} + \frac{1}{R_{20}} + \dots + \frac{1}{R_{n0}}}}$$

$$I_{ges} = \frac{U}{\frac{1}{\frac{1}{R_{10}} + \frac{1}{R_{20}} + \dots + \frac{1}{R_{n0}}}}$$

$$I_{ges} = \frac{U}{\frac{1}{\frac{1}{R_{10}} + \frac{1}{R_{20}} + \dots + \frac{1}{R_{n0}}}}$$

$$I_{ges} = \frac{U}{\frac{1}{\frac{1}{R_{10}} + \frac{1}{R_{20}} + \dots + \frac{1}{R_{n0}}}}$$

c) Abhänge in Gruppen (Abhänge parallel):

Schläge in Gruppen (Abhänge parallel):

$$I_{ges} = \frac{U}{R_{ges}} = \frac{U}{R_{10} + R_{20} + \dots + R_{n0}}$$

$$I_{ges} = \frac{U}{\frac{1}{\frac{1}{R_{10}} + \frac{1}{R_{20}} + \dots + \frac{1}{R_{n0}}}}$$

$$I_{ges} = \frac{U}{\frac{1}{\frac{1}{R_{10}} + \frac{1}{R_{20}} + \dots + \frac{1}{R_{n0}}}}$$

d) Abbaue parallel:

Schüsse in Gruppenschaltung (Gänge parallel):

$$J_{NSH} = \frac{U}{R_{ges}} \quad R_{ges} = R_{NSH} + \frac{R_A}{A}$$

$$= R_{NSH} + \frac{R_{Fe} + \frac{a \cdot R_S}{G}}{A}$$

$$J_{NSH} = \frac{U}{R_{NSH} + \frac{R_{Fe} + \frac{a \cdot R_S}{G}}{A}}$$

$$J_{Fe} = \frac{J_{NSH}}{A} \quad J_z = \frac{J_{Fe}}{G} = \frac{J_{NSH}}{A \cdot G}$$

$$J_S = \frac{U}{(R_{NSH} + \frac{R_{Fe} + \frac{a \cdot R_S}{G}}{A}) \cdot A \cdot G}$$

Um den Aufwand für die Rechnung unter Variation von R_{Fe} , G , A und R_{NSH} nicht unnötig groß werden zu lassen, geht zunächst an 3 Beispielen eine Einengung der 4 möglichen Fälle auf die 2 günstigsten Fälle voraus

1. Extrem ungünstige Verhältnisse:

$$R_{NSH} = 40\Omega, R_{Fe} = 200\Omega, A = 6 \quad G = 12$$

2. Durchschnittliche Verhältnisse:

$$R_{NSH} = 10\Omega, R_{Fe} = 20\Omega, A = 4 \quad G = 6$$

3. Extrem günstige Verhältnisse:

$$R_{NSH} = 5\Omega, R_{Fe} = 10\Omega, A = 2 \quad G = 5$$

Diese Resultate sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Der Vergleich der Zahlenwerte für J_z in Tabelle 3 ermöglicht interessante Folgerungen. Die höchsten Zündstromstärken werden bei parallelgeschalteten Abbauen und hintereinandergeschalteten Schüssen erreicht. Vergleichen wir die Stromstärken

Tabelle 3

Vergleich der Zündstromstärken J_Z bei verschiedener Kombination von Parallel- und Hintereinanderschaltung der Zünder im Abbau und der Abbaue miteinander

R_{NSH} [Ω]	R_{FE} [Ω]	A	G	R_Z [Ω]	a	R_{ges} [Ω]	J_{NSH} [A]	J_{Fe} [A]	J_Z [A]
a) Abbaue hintereinandergeschaltet; Schüsse hintereinandergeschaltet:									
40	200	6	12	5	3	2320	0,095	0,095	0,09
10	20	4	6	5	3	450	0,488	0,488	0,49
5	10	2	5	5	3	175	1,257	1,257	1,26
b) Abbaue parallel; Schüsse hintereinandergeschaltet:									
40	200	6	12	5	3	103,33	2,13	0,336	0,335
10	20	4	6	5	3	37,5	5,87	1,469	1,47
5	10	2	5	5	3	47,5	4,64	2,34	2,34
c) Abbaue hintereinandergeschaltet; Schüsse in Gruppenschaltung, (Gänge parallel):									
40	200	6	12	5	3	1247,5	0,177	0,177	0,015
10	20	4	6	5	3	100	2,2	2,2	0,37
5	10	2	5	5	3	31	7,1	7,1	1,42
d) Abbaue parallel, Schüsse in Gruppenschaltung, (Gänge parallel):									
40	200	6	12	5	3	73,5	2,99	0,498	0,08
10	20	4	6	5	3	15,625	14,08	3,27	0,545
5	10	2	5	5	3	11,5	19,12	9,56	1,60

bei durchschnittlichen Widerstandsverhältnissen und Schußzahlen ($R_{cu} = 10\Omega$, $R_{Fe} = 20\Omega$, $A = 4$, $G = 5$), so ergibt sich dabei eine Stromstärke von 1,47 A. Wird die Parallelschaltung der Abbaue beibehalten, aber gleichzeitig auch die Parallelschaltung der Schüsse im Abbau vorgenommen, so erniedrigt sich die Stromstärke auf 0,945 A. Dies entspricht der bereits auf Grund vorausgegangener Rechnungen getroffenen Feststellungen, daß die Schüsse im Abbau unbedingt hintereinander zu schalten sind. Werden dagegen die Abbaue hintereinander geschaltet, so tritt eine weitere Erniedrigung der Zündstromstärke auf 0,49 A bei hintereinandergeschalteten Schüssen und auf 0,37 A bei parallelgeschalteten Schüssen ein. Der scheinbare Widerspruch ist durch das Zusammenwirken von Ohmschen und Kirchhoffschen Gesetz in den zur Rechnung benutzten Gleichungen erklärbar. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Entscheidung darüber, bei welcher Schaltweise höhere Stromstärken auftreten, vom Verhältnis des Schießleitungswiderstandes zum Zünderwiderstand abhängt. Für die Schaltung der Abbaue ist im übertragenen Sinne das Verhältnis NSH-Leitung zum Widerstand der Abbaue (Fe-Leitungen einschließlich Zünder aller Abbaue) maßgebend. Wir stellten fest, daß die Parallelschaltung im Abbau deshalb zu niedrigen Stromstärken führt, weil der Schießleitungswiderstand im Verhältnis zum Zünderwiderstand relativ hoch ist. Demgegenüber sind aber selbst 40Ω Widerstand der NSH-Leitung gegenüber dem Gesamtwiderstand der hintereinandergeschalteten Abbaue ($R_{Fe} + 3 \cdot R_{S} \cdot G$) $\cdot A$ noch relativ niedrig. Folglich ergeben sich die höheren Stromstärken bei Parallelschaltung der Abbaue. Bei Zusammenkünften von Aufsichtspersonal des Schießwesens versucht eine Partei die andere mit größtem Eifer zu überzeugen, daß der Parallelschaltung der Vorrang zu geben ist und umgekehrt. Die vorstehenden Betrachtungen zeigen, daß die richtige Wahl nicht schematisch getroffen werden kann. Nur mittels der oben angeführten Rechnungen bzw. mit den aufgestellten Diagrammen ist es möglich, ein Urteil über die auftretenden Zündstromstärken bei den verschiedenen Schaltweisen und Widerstandsbelastungen abzugeben.

bei durchschnitlichen Widerstandsverhältnissen und Schu-
 niken ($R_{01} = 10\Omega$, $R_{02} = 20\Omega$, $A = 4,8 = 0,5$), so ergibt
 sich dabei eine Stromstärke von $1,41 A$. Wird die Parallel-
 schaltung der Abb. 10 beibehalten, aber gleichmäßig nach
 die Parallelanschaltung der Widerstände in Abt. vorgenommen, so
 ergibt sich die Stromstärke auf $0,705 A$. Dies entspricht
 der Hälfte der Stromstärke der Parallelanschaltung der Widerstände
 einander zu schalten sind. Werden dagegen die Abb. 11
 zueinander geschaltet, so tritt eine weitere Halbierung
 der Stromstärke auf $0,35 A$ bei dieser Widerstandsverhältnis-
 ten Schaltung und auf $0,37 A$ bei parallelgeschalteter Schaltung
 ein. Der beschriebene Widerstand ist dann das Zwanzigfache
 von Ohm und Kirchhoffsches Gesetz in der zur Rechnung
 genutzten Gleichung erfüllt. Die wurde bereits bereits
 hingewiesen, dass die Entschärfung darüber, bei welcher Schalt-
 weise höhere Stromstärke antritt, von Vorteil ist. Das
 Schaltungsverhältnis aus Widerstandsverhältnis ergibt sich
 für die Schaltung der Abb. 11 im Verhältnis $1:2$ zu
 Verhältnis $1:1$ im Verhältnis der Abb. 10 (1:1).
 Wegen einerseits (Strom einer Abb.) Maßstab, die
 stellen fest, dass die Parallelanschaltung zu Abb. 10 deshalb
 zu niedriger Stromstärke führt, weil der Widerstand
 wiederum im Verhältnis zum Widerstand jeweils doppelt
 ist. Demgegenüber sind aber bei der Parallelanschaltung der
 Leistung gegenüber den Widerständen der Abb. 10
 geschalteten Abb. ($R_{01} + R_{02} = 30\Omega$) $A = 0,5$ noch weiter
 niedrig. Folglich ergeben sich die höheren Stromstärken
 bei Parallelanschaltung der Abb. 10. Bei Parallelanschaltung der
 Widerstände des Schaltungssystems von Abb. 10 ist die
 andere mit größtem Widerstand zu übernehmen, das die Parallel-
 schaltung der Vorzug zu geben ist und umgekehrt. Die vor-
 stehenden Berechnungen zeigen, dass die richtige Wahl nicht
 automatisch getroffen werden kann, nur mittels der oben
 angeführten Rechnungen bzw. mit den richtigen Diagrammen
 nur ist es möglich, ein Urteil über die zu verwendende Schalt-
 weise bei den verschiedenen Schaltungen und Wider-
 standsverhältnissen abzugeben.

Es folgt die Untersuchung der beiden Fälle b) und d) unter Berücksichtigung von Werten, die für den praktischen Schießbetrieb infrage kommen (Tabelle 4a und 4b, s. Anlagen). Die graphische Darstellung (Diagramm 3/4, s. Anlagen) der errechneten Werte zeigt, daß sich die Zündung mehrerer Abbaue mit nur einer NSH-Leitung zwischen Schießverteilung und Trennschalter sehr nachteilig auf die Zündstromstärken auswirkt. Selbst bei durchschnittlichen Verhältnissen mit 4 Abbauen und $R_{NSH} = 10 \Omega$ wird die 1,0 A-Grenze und die 0,8 A-Grenze im Bereich üblicher Belastungen auch bei Hintereinanderschaltung der Schüsse unterschritten.

Ein Vergleich mit den Diagrammen für eine Zündspannung von 380 V macht deutlich, daß im Falle der Spannungserhöhung auf diesen Betrag die Zündstromstärken im überwiegenden Teil des Darstellungsbereiches über 1 A liegen und die 0,8 A-Grenze sogar bis auf wenige Extremfälle völlig überschreitet. Auch die versagerfreie Wechselstromgrenzstromstärke der interessierenden Zünder mit 3,5 A (der Begriff ist nachfolgend zu erläutern) wird in einigen Fällen erreicht.

Für den Fall, daß die Zusammenschaltung mehrerer Abbaue aus dargelegten Gründen nicht beseitigt werden kann, würde also eine Spannungserhöhung auf 380 V bereits genügen, um die Versagergefahr erheblich zu mindern. Allerdings ist aus den Diagrammen andererseits zu ersehen, daß die Zündstromstärken bei geringerer Belastung und 380 V Zündspannung über die empfohlenen Beträge ansteigen können. Damit ist ein erneuter Hinweis gegeben, das Verhalten der Zünder bei hohen Stromstärken zu untersuchen. Im Gegensatz zu den bisherigen Untersuchungen muß dabei nicht von der Überlegung ausgegangen werden, ob durch hohe Ströme ein Versager auftreten kann, sondern mit welcher Häufigkeit dabei gerechnet werden muß. Erst dann kann abgewogen werden, ob die nachgewiesenen, zu niedrigen Zündstromstärken größeren Einfluß auf den Versagerprozentsatz haben oder gelegentlich zu hoch ansteigende Stromstärken.

Die Diagramme für die Parallelschaltung der Abbaue bei gleichzeitiger Parallelschaltung der Schüsse im Abbau bestätigen die Feststellung, daß bei dieser Schaltweise Versagererien unvermeidbar sind. Die vorgeschriebene Zündstromstärke von 1,0 A und die verbindliche Versagergrenze von 0,8 A

werden auch nicht annähernd erreicht. Sogar die sichere Ansprechstromstärke J_{SA} bei der ^{die} Zünder überhaupt erst reagieren (Erläuterung folgt), wird unterschritten. (Die Werte für 380 V wurden für die doppelte Parallelschaltung nicht errechnet, da es paradox wäre, den Aufwand für eine Spannungserhöhung aufzubieten, um andererseits bei der Parallelschaltung der Schüsse verharren zu wollen).

Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß diese Rechnungen nicht theoretischer Art sind, sondern häufig anzutreffenden Verhältnissen in den Kaliwerken entsprechen. Damit ist überzeugend deutlich geworden, daß gegenüber diesen unzulänglichen Voraussetzungen die gelegentlich vorhandenen fehlerhaften Zünder von verschwindend geringem Einfluß auf die große Versagerhäufigkeit sind. Die vorliegende Arbeit hätte ihren Sinn nicht verfehlt, wenn sie für die Leitung des Kalibergbaues und für die Sicherheitsbehörden ein Alarmzeichen sein könnte.

werden auch nicht annehmbar. Besser die eine
 Ansprüche (Erklärung folgt), wird unterworfen. Die
 Werte für 380 V werden für die doppelte Parallelanordnung
 nicht erreicht, da es paradox wäre, den Aufwand für eine
 Spannungssteigerung aufzuheben, um andererseits bei der
 Parallelanordnung der Schmelze zu sparen.

Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß diese Rechnungen
 nicht theoretischer Art sind, sondern häufig empirisch
 Verhältnisse in den Kalzwerken entsprechen. Damit ist
 überzogen deutlich geworden, daß gegenüber diesen un-
 gänglichen Voraussetzungen die geforderten Vorarbeiten
 für einen Zähler von Versuchsstand geringem Einfluß auf
 die große Versagerhäufigkeit sind. Die vorliegende Arbeit
 hätte ihren Sinn nicht verloren, wenn sie für die Leistung
 des Kalzwerkes und für die Störereignisse ein
 Alarmsystem sein könnte.

5. Sichere Zündstromstärken

(Eigenschaften der Brückenglühzünder A)

Bei der nachfolgenden Beurteilung, ob zwischen der vorgeschriebenen Stromstärke von 0,8 A und einer möglicherweise vorhandenen niedrigeren Grenzstromstärke noch Sicherheitsreserven vorhanden sind, müssen zwei grundsätzliche Fälle streng getrennt werden.

- a) Schießarbeiten, bei denen neben verzögerten Schüssen auch 0-Stufen, also Momentzünder ohne Verzögerung verwendet werden. Dazu gehört der größte Teil der Abschläge im Steinkohlen- und Erzbergbau. Bei den dort üblichen Schießschemen wird mit Einbruchsarten geschossen, bei denen mehrere Schüsse zugleich gezündet werden müssen, da Einzelschüsse den Einbruch nicht werfen. Im gleichen Maße, wie die Kaliwerke im zunehmenden Maße vom Fächeratz abgehen, wird aber dieser Fall auch für den Kalibergbau gültig. Besonders dann, wenn künftighin Millisekundenzünder verwendet werden, bei denen die 0-Stufen möglichst mit zu benutzen sind, um die zumeist nur schwer ausreichende Verzögerungsstufenzahl nicht noch weiter zu verringern. Letzteres gilt auch für Eschbach-Zünder, die in den vergangenen Jahren von einzelnen Kaliwerken verwendet wurden.
- b) Schießarbeiten, bei denen ausschließlich Zeitzünder ohne 0-Stufen verwendet werden. Dieser Fall trifft z.B. für die Abschläge mit elektrischen Zündschnur-Verzögerungszündern im Kalibergbau zu.

Zu a) : Abschläge mit 0-Stufen

Um den Zündsatz eines Brückenglühzünders A zum Ansprechen zu bringen, muß der Glühbrücke durch den Zündstrom eine bestimmte Wärmemenge zugeführt werden. Aus dem bekannten Gesetz der elektrischen Wärmewirkung $Q \sim J^2 \cdot R \cdot T$ entsteht als Beziehung zwischen Zündzeit, Zündstrom und Wärmemenge je Einheit des Brückenwiderstandes die Definition $K = J^2 \cdot t$ oder $K = \int J^2 \cdot dt$ [mWs/ Ω], bezeichnet als Zündimpuls eines Zünders.

Freiberg

5. Stufen Zündstromerzeuger
(Zündenergieerzeuger der Hochspannung) A)

Bei der nachfolgenden Beschreibung, ob zwischen der vor-
geschriebenen Stromstärke von 0,8 A und einer möglicherweise
vorhandenen niedrigeren Stromstärke noch Stufen-
reserven vorhanden sind, müssen zwei grundsätzliche Fälle
strenge getrennt werden.

a) Schweißarbeiten, bei denen neben verzögerten Schmelzen
auch 0-Stufen, also Momentstärken ohne Verzögerung verwen-
det werden. Dann gehört der größte Teil der Abschläge
im Steinkohlen- und Erbsengras. Bei den dort üblichen
Schweißarbeiten wird die Einwirkzeit des geschlossenen, bei
denen mehrere Schmelzen nacheinander geschaltet werden müssen,
da Einzelstufen den Strom nicht liefern. In gleichen
Maße, wie die Kaliber im zunehmenden Maße von höher-
er Stufe abgeben, wird aber dieser Fall auch für den Kal-
berbau gültig. Besonders dann, wenn künstlich in Millisekunden-
änderungen verwendet werden, bei denen die 0-Stufen möglichst
mit zu benutzen sind, um die Anzahl nur schwer auszu-
schließen. Letzteres gilt auch für Hochspannung, die in den
vorangegangenen Jahren von kleineren Kalibern verwendet
wurden.

b) Schweißarbeiten, bei denen ausschließlich Zündenergie ohne
0-Stufen verwendet werden, dieser Fall tritt z.B. für
die Abschläge mit elektrischen Zündschaltern-Verzögerungs-
änderungen im Kaliberbau auf.

Zu a) Abschläge mit 0-Stufen
Um den Zündstrom eines Hochspannungserzeugers A zum Ansprechen
zu bringen, muß der Zündstrom durch den Zündstrom eine
bestimmte Wärmemenge zugeführt werden. Aus dem bekannten
Gesetz der elektrischen Wärmewirkung $Q = I^2 \cdot R \cdot t$ entsteht
als Beziehung zwischen Zündstrom, Zündstrom und Wärmemenge
je Einheit des Brückenwertes die Definition
 $K = I^2 \cdot t$ oder $K = I^2 \cdot t$ [in Volt], bezeichnet als
Zündenergie eines Zünders.



Diese Beziehung gilt jedoch nur innerhalb bestimmter Grenzen. Der Gleichung ist zu entnehmen, daß zur Herbeiführung eines bestimmten Zündimpulses die Zündstromstärken extrem niedrig sein können, wenn nur die Zündzeit genügend groß ist. Die Grenze für die Erniedrigung der Zündstromstärke wird jedoch bestimmt durch die Wärmeableitung bei langen Zündzeiten. Deshalb darf eine bestimmte Zündstromstärke nicht unterschritten, bzw. eine bestimmte von J abhängige Zündzeit nicht überschritten werden, wenn der Zünder noch ansprechen soll. Diese Grenze ist für die Betrachtungen über die augenblicklich übliche Zündweise im Kalibergbau von Bedeutung. Im nächsten Abschnitt wird darauf bezug genommen. Da im Schrifttum noch keine Definition dafür vorhanden ist, nennen wir diese Grenzstromstärke fortan "Ansprechstromstärke" J_A . (Nicht zu verwechseln mit der von **Beyling** und **Dreßkopf** definierten Gleichstrom-Grenzstromstärke).

Für den Fall, daß Zünder ohne O-Stufen in Reihe hintereinander geschaltet sind, muß, um Versager zu vermeiden, die Ansprechstromstärke des unempfindlichsten Zünders erreicht werden. Im folgenden wird diese Stromstärke "sichere Ansprechstromstärke" J_{SA} genannt (Tab.5).

Tabelle 5 Zündversuche zur Ermittlung der sicheren Ansprechstromstärke J_{SA} (bei Gleichstromzündung)					
J_{SA} [A]	Anzahl Zünd- er je Kette	Zahl der geprüften Ketten	Zahl der geprüften Zünder	Versager bei Kette	Anzahl der Versager
0,15	5	1	5	1	5
0,17	5	1	5	1	5
0,18	5	1	5	1	5
0,19	5	2	10	2	4
0,20	5	2	10	2	2
0,22	5	6	30	6	3
0,24	5	22	110	22	1
0,25	5	31	155	31	1
0,26	5	75	375	-	-

Tabelle 5

Diese Bestimmung gilt jedoch nur innerhalb bestimmter Gren-
 zen. Der Gleichung ist zu entnehmen, das zur Herbeiführung
 eines bestimmten Zündauslasses die Zündstromstärke extrem
 niedrig sein können, wenn nur die Zündzeit genügend groß
 ist. Die Grenze für die Entzündung der Zündstromstärke
 wird jedoch bestimmt durch die Wärmeführung bei langen
 Zündzeiten. Deshalb darf eine bestimmte Zündstromstärke
 nicht unterschritten, bzw. eine bestimmte von I abhängige
 Zündzeit nicht überschritten werden, wenn der Zünder noch an-
 sprechen soll. Diese Grenze ist für die Betrachtungen über die
 augenblicklich übliche Zündweise im Kalibergbau von Bedeu-
 tung. Im nächsten Abschnitt wird darauf Bezug genommen.
 Da im Schrifttum noch keine Definition dafür vorhanden ist,
 nennen wir diese Grenzstromstärke jetzt "Anspruchstrom-
 stärke" I_A . (Nicht zu verwechseln mit der von $B \cdot \gamma \cdot I \cdot z \cdot g$
 und $D \cdot r \cdot e \cdot f \cdot o \cdot p \cdot f$ definierten Gleichstrom-Grenzstromstär-
 ke).

Für den Fall, das Zünder ohne 0-Stufen in Reihe hinter-
 einander geschaltet sind, muß, um Versager zu vermeiden, die
 Anspruchstromstärke des unabhängigsten Zünders erreicht
 werden. Im folgenden wird diese Stromstärke "eigene Anspruch-
 stromstärke" I_{SA} genannt (Tab. 2).

Tabelle 2

Die Ermittlung von $J_{SA} = 0,26 \text{ A}$ für die Brückenglühzünder A des Sprengstoffwerkes Schönebeck erfolgte mit einer Schaltung nach Abbildung 4 und 5.

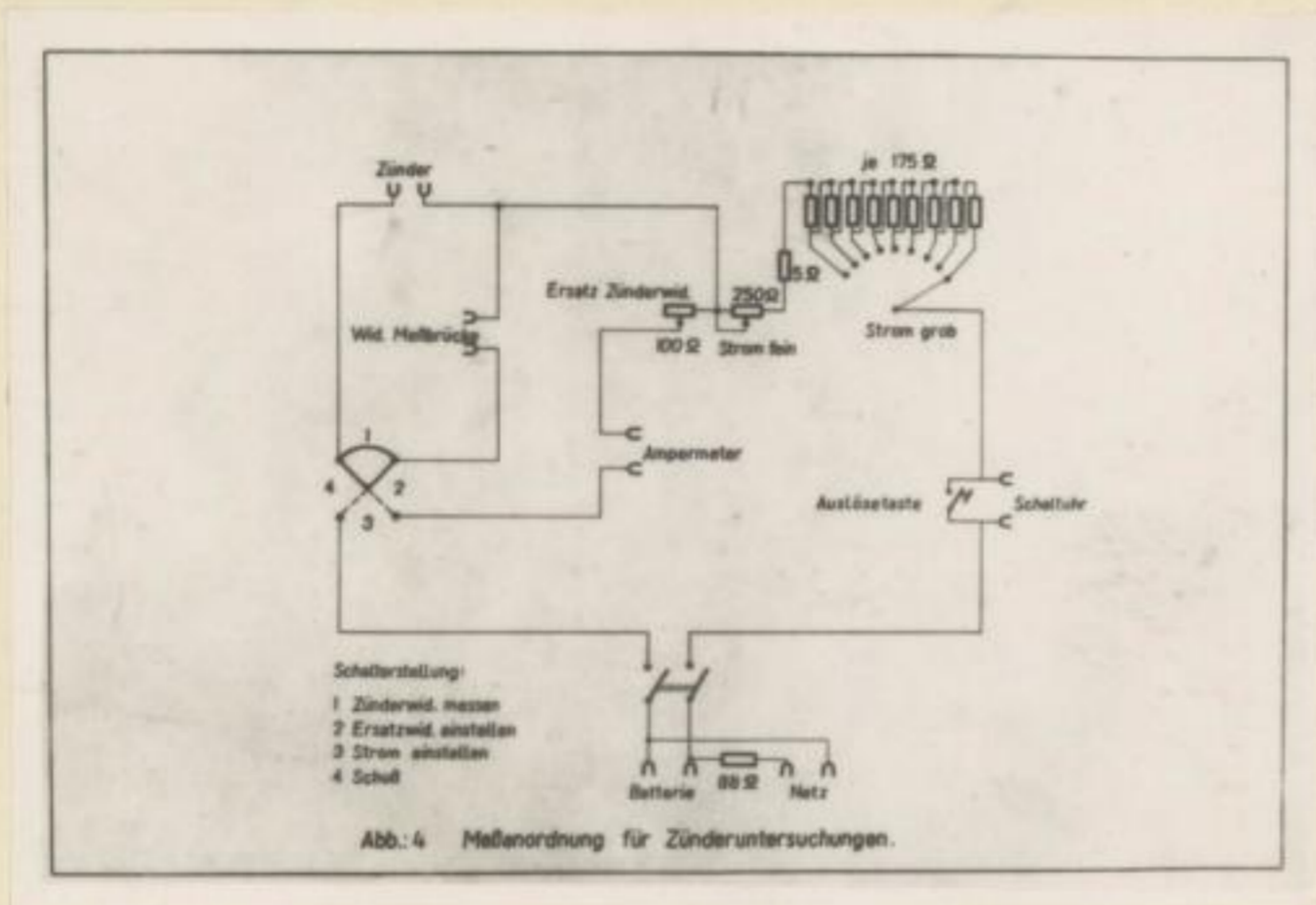


Abbildung 4

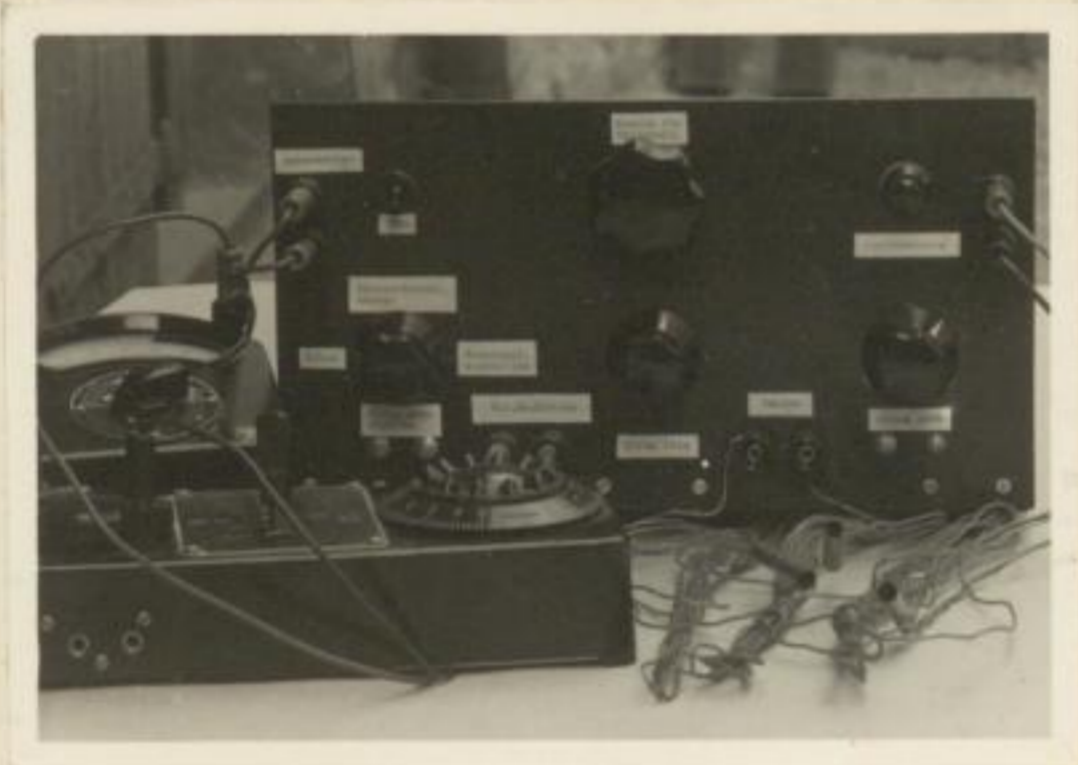


Abbildung 5

Die Ermittlung von $\lambda_{21} = 0,26$ für die Brücken-
abstände A des Sprengstoffwerkes Göttersbach erfolgte
mit einer Genauigkeit nach Abbildung 4 und 5.

Abbildung 4

Abbildung 5

Sobald in der Hintereinanderschaltung mehrere Zünder als Momentsünder vorhanden sind, reicht der Strom J_{SA} nicht mehr zur sicheren Zündung aus.

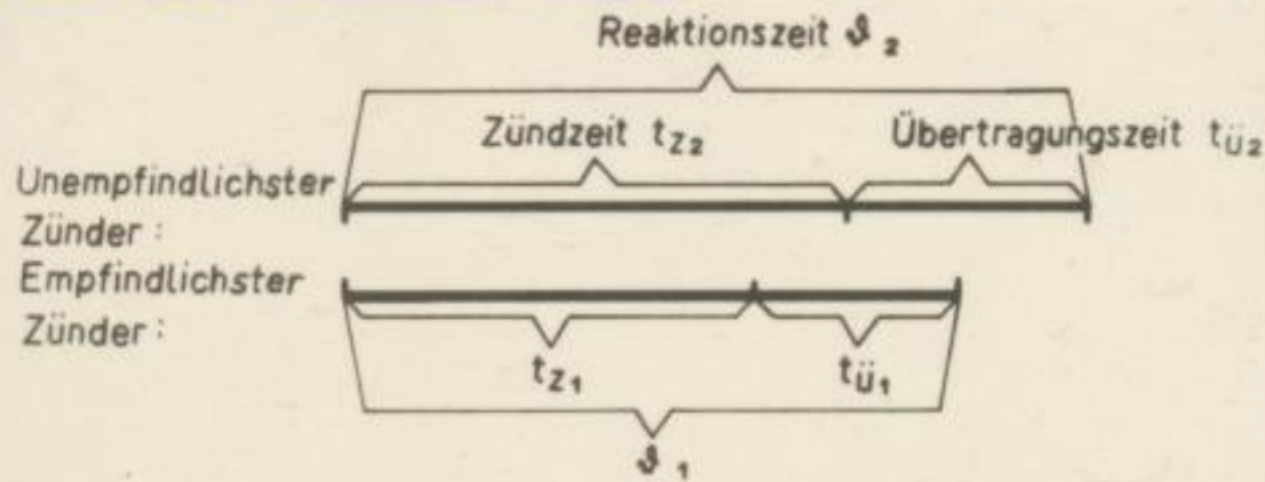


Abb.: 6 Sichere Zündung

t_z = Zündzeit (Zeitdauer für die Zuführung des notwendigen Zündimpulses)

t_u = Übertragungszeit (Zeitraum umfaßt die Trägheit des Zündsatzes zwischen Beginn des Abbrennvorganges und Ausprühen der Flamme)

ϑ = Reaktionszeit

Am Ende der Reaktionszeit des empfindlichsten Zünders (ϑ_1) wird der Stromfluß durch die Detonation der Sprengkapsel zerstört. Die Abbildung 6 zeigt einen Fall, bei dem noch keine Versager auftreten können. Die notwendige Zündzeit für den trägsten Zünder t_{z2} ist bereits vorüber, wenn der empfindlichste Zünder detoniert.

Die Abbildung 7 verdeutlicht den Versagerfall:

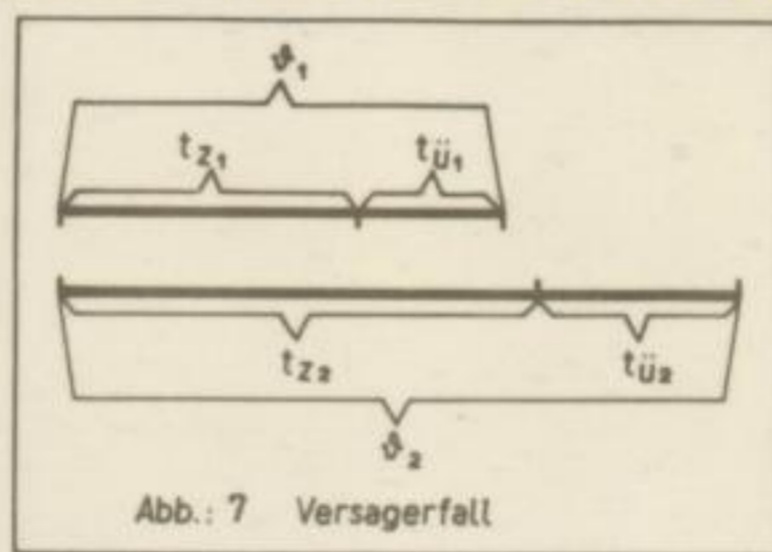


Abb.: 7 Versagerfall

Der empfindlichste Zünder detoniert bereits, bevor dem trägsten Zünder in der Zeit t_{z2} der erforderliche Zündimpuls zugeführt worden ist.

Wir erweitern diese zeitlichen Bedingungen auf die Betrachtungen über den Zündimpuls.

Sobald in der Historienentwicklung mehrere Zähler als
Hauptglieder vorhanden sind, zerlegt der Strom I_A nicht
mehr zur gleichen Zeit aus.

- t_1 = Zündzeit (Zeitdauer für die Zündung des notwendigen Zündpulses)
- t_{II} = Übertragungszeit (Zeitraum unter der Trägheit des Zündstosses zwischen Beginn des Abbremsvorganges und Ausströmen der Flamme)
- t_{III} = Reaktionszeit

An Ende der Reaktionszeit das empfindlichste Zähler (A) wird der Stromfluss durch die Detonation der Sprengkapsel zerstört. Die Abbildung 6 zeigt einen Fall, bei dem noch keine Versager auftraten können. Die notwendige Zündzeit für den frühesten Zähler t_{II} ist bereits verstrichen, wenn der empfindlichste Zähler detoniert.
Die Abbildung 7 verdeutlicht den Versagerfall:

Der empfindlichste Zähler detoniert bereits, bevor dem frühesten Zähler in der Zeit t_{II} der erforderliche Zündimpuls zugeführt worden ist.
Wir erweitern diese zeitlichen Bedingungen auf die Berechnungen über den Zündpuls.

Innerhalb der Zündzeit t_{z1} wird bei einer gewählten Stromstärke J_g dem empfindlichsten Zünder der von ihm benötigte Zündimpuls K_1 zugeführt. (Bei der Wahl der Zündstromstärke soll vorerst nur darauf geachtet werden, daß $J_g > J_{SA}$, also größer als die oben definierte sichere Ansprechstromstärke ist).

Wie aus den beiden Schaubildern zu entnehmen ist, muß der dem trägsten Zünder noch fehlende Restimpuls ΔK ($\Delta K = K_2 - K_1$) innerhalb der kürzesten Übertragungszeit t_u zugeführt werden.

In den folgenden Ausführungen ist unter t_u immer die kürzeste Übertragungszeit zu verstehen.

Daraus folgt:

$$\begin{aligned} (K &= \int J^2 \cdot dt) \\ \Delta K &= J_G^2 \cdot t_u \\ J_G &= \sqrt{\frac{\Delta K}{t_u}} \end{aligned}$$

Um für die Zündmittelhersteller eine verbindliche Grenze festzulegen ist vorgeschrieben, daß die Gleichstromgrenzstromstärke bei 0,8 A liegen muß, daß heißt die Zünderfabriken können Übertragungszeit t_u und die Streuung der Empfindlichkeitswerte ΔK beliebig festlegen, auf alle Fälle aber so, daß die Beziehung

$$0,8 \geq \sqrt{\frac{\Delta K}{t_u}} \quad \text{erfüllt ist.}$$

Bei der Prüfung von Zündern auf der Versuchsstrecke wird folglich auch die Untersuchung darauf abgestimmt, ob die Forderung erfüllt ist, daß fünf hintereinander geschaltete scharfe Zünder mit 0,8 A Gleichstrom gleichzeitig zur Explosion gebracht werden. Dasselbe nachfolgenden Betrachtungen überhaupt niedrigere Zündstromstärken einbezogen werden, rührt daher, weil gleichzeitig nachgewiesen wird, daß im Kalibergbau in den meisten Fällen auch nicht annähernd 0,8 A erreicht werden. (Hinsu kommen noch die Probleme des Wechselstromes).

Innenhalb der Zündzeit t_{zi} wird bei einer gewissen Stromstärke J_z dem empfindlichsten Zünder der von ihm benötigte Zündimpuls K_z zugeführt. (Bei der Wahl der Zündstromstärke soll vorerst nur darauf geachtet werden, daß $J_z > J_{zA}$, also größer als die oben bestimmte sichere Ansprechstromstärke ist).

Wie aus den beiden Schaubildern zu entnehmen ist, muß der dem trägesten Zünder noch fehlende Restimpuls ΔK ($\Delta K = K_z - K_1$) innerhalb der kürzesten Übertragungszeit t_{μ} zugeführt werden.

In den folgenden Ausführungen ist unter t_{μ} immer die kürzeste Übertragungszeit zu verstehen.
Daraus folgt:

$$K = \left(J_z^2 \cdot dt \right)$$

$$\Delta K = J_z^2 \cdot t_{\mu}$$

$$J_z = \sqrt{\frac{\Delta K}{t_{\mu}}}$$

Um für die Zündmittelhersteller eine verbindliche Grenze festzulegen ist vorgeschrieben, daß die Gleichstromstromstärke bei 0,8 A liegen muß, daß heißt die Zünderfabriken können Übertragungszeit t_{μ} und die Stromstärke J_z beliebig festlegen, nur alle Fabriken aber so, daß die Bestimmung

$$0,8 \leq \sqrt{\frac{\Delta K}{t_{\mu}}}$$

erfüllt ist.

Bei der Prüfung von Zündern auf der Versuchsausrüstung wird folglich auch die Untersuchung darauf abgestimmt, ob die Forderung erfüllt ist, daß fünf hintereinander geschaltete scharfe Zünder mit 0,8 A Gleichstrom gleichzeitig zur Explosion gebracht werden. Das in nachfolgenden Betrachtungen überhaupt niedrigere Zündstromstärken einbezogen werden, führt daher, weil gleichzeitig nachgewiesen wird, daß im Kalibergbau in den meisten Fällen auch nicht annähernd 0,8 A erreicht werden. (Hierauf kommen noch die Probleme des Wechselstromes).

Wir sehen, daß diese Gleichstromgrenzstromstärke, die nicht unterschritten werden darf, lediglich vom Unterschied der Zündimpulse und der kürzesten Übertragungszeit einer in Hintereinanderschaltung verwendeten Zündersorte abhängt. Der Widerstandsbetrag der Zünder geht nicht mit in die Definitionsgleichung für die Gleichstrom-Grenzstromstärke ein.

Es besteht die bekannte Verordnung, daß sich die Brückenwiderstände in einer Lieferung nur um $0,25\Omega$ unterscheiden dürfen. Dadurch wird zwangsläufig wohl bereits eine Gleichmäßigkeit der Empfindlichkeit gewährleistet. Trotzdem stellt diese Sortierung nur eine grobe Maßnahme dar.

In zahlreichen Werken konnte der Verfasser feststellen, daß versucht wird, unter großem zeitlichen Aufwand, unter Messung des Widerstandes jedes einzelnen Zünders evtl. Ungleichmäßigkeiten nachzuweisen.

Zwei Zünder, die den gleichen Brückenwiderstand besitzen, können trotzdem bei entsprechend geringer Zündstromstärke zu Versagern führen und zwar deshalb, weil ein Zünder mit einem kurzen, dünneren Glühdraht den gleichen Widerstand wie ein Zünder mit einem längeren, aber stärkeren Glühdraht besitzen kann. Durch die unterschiedlichen Dimensionen der Zünderdrähte verändern sich die Verhältnisse der Wärmeabgabe an der Glühdrahtfläche.

Für die rechnerische Ermittlung des Zündimpulses ist die Ableitung auf folgendem Wege möglich:

$$\int J^2 \cdot R \cdot dt = \theta \cdot G \cdot c \quad \left\| \begin{array}{l} G = l \cdot q \cdot \rho \\ R = \frac{l \cdot \rho}{q} \end{array} \right.$$

$$\int J^2 \cdot dt = \theta \cdot \frac{q^2 \cdot l}{\rho} \cdot c$$

$$\int i^2 \cdot q^2 \cdot dt = \theta \cdot \frac{q^2 \cdot l}{\rho} \cdot c = \theta \cdot \frac{D^4 \cdot \pi^2}{16} \cdot \frac{l}{\rho} \cdot c$$

$$\int i^2 \cdot dt = \theta \cdot \text{const}$$

(Diese Beziehung stellt den bekannten Begriff der "Thermischen Beanspruchung" dar.)

θ = Temperatur des Brückendrahtes

c = spez. Wärme

ρ = spez. Gewicht

D = Durchmesser des Brückendrahtes

l = spez. elektrischer Widerstand

q = Brückendrahtquerschnitt

$$\begin{array}{l} [\text{ } ^\circ\text{C} \text{ }] \\ [\text{cal/g } ^\circ\text{C}] \\ [\text{g/cm}^3] \\ [\text{mm}] \\ [\frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}] \\ [\text{mm}^2] \end{array}$$

Wir sehen, das diese Gleichstromstromstärke, die nicht unterworfen werden darf, lediglich von Unter- schied der Endspannung und der letzten Übertragung einer im Hinterschaltwerk vorhandenen Widerstände abhängt. Der Widerstand der Leiter geht nicht in die Definitionsgleichung für die Gleichstrom- Stromstärke ein.

Es besteht die bekannte Verbindung, das sich die Widerstände in einer Leitung nur um $0,25\%$ unterscheiden dürfen. Dadurch wird zwangsläufig wohl bereits eine Gleich- mäßigkeit der Leitfähigkeit gewährleistet. Trotzdem stellt diese Sortierung nur eine grobe Maßnahme dar.

In zahlreichen Werken konnte der Verfasser feststellen, das versucht wird, unter großen zeitlichen Aufwand, unter Messung des Widerstandes jedes einzelnen Zünders evtl. Un- gleichmäßigkeiten nachzuweisen.

Zwei Zünder, die den gleichen Brückenwiderstand besitzen können trotzdem bei entsprechend geringer Zündstromstärke zu Versagen führen und zwar deshalb, weil ein Zünder mit einem kleineren, dünneren Glühdraht den gleichen Widerstand wie ein Zünder mit einem längeren, aber stärkeren Glühdraht besitzen kann. Durch die unterschiedlichen Dimensionen der Zünddrähte verändern sich die Verhältnisse der Wärmeabgabe an der Glühdrahtfläche.

Für die rechnerische Ermittlung des Zündspannes ist die Ableitung auf folgenden Wege möglich:

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned} U &= I \cdot R \\ R &= \frac{l}{S} \cdot \rho \end{aligned} \right\} \\
 & \left. \begin{aligned} U &= I \cdot \frac{l}{S} \cdot \rho \\ I &= \frac{U \cdot S}{l \cdot \rho} \end{aligned} \right\} \\
 & \left. \begin{aligned} I &= \frac{U \cdot S}{l \cdot \rho} \\ I &= \frac{U \cdot S}{l \cdot \rho} \end{aligned} \right\} \\
 & \left. \begin{aligned} I &= \frac{U \cdot S}{l \cdot \rho} \\ I &= \frac{U \cdot S}{l \cdot \rho} \end{aligned} \right\}
 \end{aligned}$$

(Diese Beziehung stellt den bekannten Begriff der "Thermischen Beanspruchung" dar.)

- ρ = Temperatur des Brückendrahnes
- c = spez. Wärme
- γ = spez. Gewicht
- D = Durchmesser des Brückendrahnes
- ρ = spez. elektrischer Widerstand
- q = Brückenstromquerschnitt

00
00
00
00
00
00
00
00
00
00

Wir erkennen daraus, daß Schwankungen des Glühdrahtdurchmessers in der 4. Potenz auf die Veränderung des Zündimpulses einwirken. In der Gleichung ist weiterhin die Entzündungstemperatur T des Zündsatzes vorhanden. Diese Einflußgröße kann infolge Ungleichmäßigkeit der Zusammensetzung der Substanz Schwankungen unterworfen sein. Die Auswirkung auf die Zündgleichmäßigkeit ist nur durch direkte Messung von k möglich, nicht aber durch Widerstandsmessung festzustellen. Das Gleiche gilt für die Unterschiede in $(\Delta k \leq j^2 \cdot t_{\text{ü}})$.

Dem Sprengstoffwerk Schönebeck werden auch diejenigen Versager mit zur Last gelegt, für die in dieser Arbeit zahlreiche andere Ursachen nachgewiesen werden.

Es läge daher im eigenen Interesse des Sprengstoffwerkes, wenn laufend Messungen der Streuung des Zündimpulses als einziges sicheres Maß für die Zündgleichmäßigkeit durchgeführt würden. Daß die zeitraubende Prüfung der Zünderwiderstände in den Gruben nicht in der Lage ist, eine eindeutige Aussage über die Zündgleichmäßigkeit herbeizuführen, wird weiterhin dadurch bedingt, daß Glühbrücken einschließlich Zünderdrahtwiderstand gemessen werden. Ungleichmäßigkeiten der Zünderdrahtlängen gehen also im vollen Betrag in die Meßwerte ein. Die Zündmittelhersteller sind dagegen nur verpflichtet, die Toleranz der Brückenwiderstände innerhalb der Grenze $0,25 \Omega$ zu belassen.

Die Messung beschränkt sich dadurch in ihrem Wert lediglich auf eine Durchgangsprüfung, die sich, ohne die Notwendigkeit der Ablesung des Meßwertes, mit einem einfachen Durchgangsprüfer weit schneller ausführen läßt. Daß aber auch eine solche Prüfung wenig sinnvoll ist, zeigt das Ergebnis derartiger Messungen im Kaliwerk Sollstedt. Von 15 000 geprüften Zündern hatte nur 1 Zünder keinen Durchgang. Dagegen belief sich der Versageranteil im Erfassungszeitraum auf 3,6%. Dies entspräche bei 15 000 Zündern einer Versagerzahl von 464 Zündern. Demzufolge sind wohl nur psychologische Gründe anzuerkennen, indem die Schießbeauftragten sich in der Gewißheit beruhigen, zumindest die Produktion des Sprengstoffwerkes kontrolliert zu haben. Hinzu kommt, daß

Wir erheben daraus, das Schwanken des Widerstandes
 in der A. ist auf die Veränderung des Widerstandes
 in der B. zurückzuführen. In der Gleichung ist weiterhin die Einflussgröße
 Temperatur T des Widerstandes vorhanden. Diese Einflussgröße
 kann infolge Ungleichmäßigkeit der Wärmeverteilung der Sub-
 stanz schwankungen unterworfen sein. Die Auswirkung auf die
 Widerstandswerte ist nur durch direkte Messung von R mög-
 lich, nicht aber durch Widerstandsmessung festzustellen. Das
 gleiche gilt für die Untersuchungen in (A) $\Delta R = \Delta T \cdot \frac{dR}{dT}$.

Den Widerstandswert $R_{\text{Widerstand}}$ werden auch diejenigen Vor-
 gänge mit zur Last gelegt, für die in dieser Arbeit nicht
 eine andere Ursache nachgewiesen werden.

Es liegt hier im eigenen Interesse des Widerstandes, wenn
 man Leistungsmessungen der Stromung des Widerstandes als
 einflussreicher hat für die Widerstandswerte durchge-
 führt werden. Das die weiterführende Prüfung der Widerstand-
 werte in den Gruppen nicht in der Lage ist, eine einseitige
 Aussage über die Widerstandswerte herbeizuführen, wird
 weiterhin dadurch bedingt, das die Widerstände einseitig
 überströmt werden. Ungleichmäßigkeiten
 der Widerstandswerte sind in vielen Fällen in die Mes-
 sungen ein. Die Widerstände sind daher nur vor-
 gänglich, die Widerstände der Widerstände sind daher nur vor-
 gänglich zu messen.

Die Messung des Widerstandes ist daher in der vorliegenden
 Arbeit auf eine Durchgangsprüfung, die sich, ohne die Wider-
 standswerte für die Lösung des Widerstandes, mit einem einseitigen
 Durchgangsprüfung weitgehend auszuweichen lässt. Das aber
 auch eine solche Prüfung wenig sinnvoll ist, zeigt die vor-
 gebaute Darstellung Messungen im Kalibrierlabor. Von
 1500 gemessenen Widerständen wurde nur 1 Widerstand durchgang-
 prüfung durch die Versuchsanstalt im Widerstandswert
 auf 3,6%. Dies entspricht bei 1500 Widerständen einer Versager-
 zahl von 54 Widerständen. Demzufolge sind wohl nur psychologi-
 sche Gründe anzuerkennen, indem die Widerstandswerte sich
 in der weitgehend bestimmten, zwingend die Produktion des
 Widerstandes kontrolliert zu haben. Man kommt, das

eine evtl. Zündungleichmäßigkeit als Versagerursache im Kalibergbau ohnehin für den größten Teil der Schüsse nicht in Betracht kommt, da z.Zt. nur in geringem Umfange mit O-Stufen geschossen wird.

Erwähnte Untersuchungen wurden jedoch auch an ~~den~~ großen Mengen Zündschaur-Zeitzündern angestellt. Bei diesen Zündern kann es nicht vorkommen, daß der Zündstrom zu früh durch eine detonierende Sprengkapsel unterbrochen wird. Lediglich im Durchschmelzvorgang der Glührühte könnte eine Gefahr vermutet werden. Wie aber aus den Oszillogrammen auf Seite 71 zu entnehmen ist, steht dem Zündstrom, selbst im Falle größter Ungleichmäßigkeiten der Zünder, genügend Zeit zur Verfügung, um bis zum Durchschmelzen der Glührücken den Restbetrag ΔK zuzuführen.

Da jedoch im Falle der Einführung des ms-Schießens mit stärkerer Verwendung von O-Stufen zu rechnen ist, sei auf die zwei Prüfmethoden hingewiesen, die keinen unnützen Aufwand an Arbeitszeit darstellen, sondern tatsächlich die erwünschte Zündgleichmäßigkeit garantieren.

1. Prüfung einer Anzahl mit Kapseln versehener Zünder aus jeder neuen Lieferung nach der gleichen Prüfvorschrift, die für die Herstellerwerke verbindlich ist (s.o.: 5 scharfe Zünder hintereinandergeschaltet mit 0,8 A zünden).
2. Direkte Ermittlung des größten und kleinsten Zündimpulses K_1 und K_2 und Bestimmung der kürzesten Übertragungszeit t_u .

Letzteres Verfahren erlaubt über die Gleichung $\Delta K = J_G^2 \cdot t_u$ direkt die tatsächliche Gleichstrom-Grenzstromstärke zu ermitteln.

Damit wird gleichzeitig die Sicherheit bekannt, die diese Zünder gegenüber der vorgeschriebenen Grenze von 0,8 A und der anzuwendenden Zündstromstärke von 1 A besitzen.

Die zur Bestimmung geeigneten Verfahren sind in der Literatur [1] angeführt. Allerdings ist die Prüfmethode 2 an eine entsprechende apparative Ausrüstung (Schleifenoszillograph und Kondensatorenschaltung) gebunden.

Die Nachprüfung der im Bergbau der DDR verwendeten Zünder erfolgte nach der Kondensatormethode:

$$K = \frac{U^2}{2} \cdot \frac{C}{(R+r)}$$

U = Kondensatorspannung [V]

C = Kapazität des Kondensators [F]

R = Vorwiderstand [Ω]

r = Zünderwiderstand [Ω]

Bei U = 100 V und C = 0,01 F sprach bei R = 60 Ω kein Zünder mehr an, dagegen traten bei 47 Ω keine Versager mehr auf, d.h. die geprüfte Zündersorte mit 1,8 - 2,0 Ω Brückenwiderstand besitzt eine Streuung der Impulse von 0,81 - 1,02 m Ws/Ω = 0,21 m Ws/Ω . Diese Widerstandsgruppe von 1,8 - 2,0 Ω stellt die Normalproduktion des Sprengstoffwerkes Schönebeck dar. Andere Widerstandsgruppen, die bei der Kontrolle aussortiert werden, gelangen nur für untergeordnete Zwecke zur Auslieferung. Zur Sicherheit erfolgte noch die Untersuchung einer Gruppe mit 1,1 - 1,3 Ω Brückenwiderstand. Die ermittelten Grenzen der Zündimpulse betragen 0,88 - 1,16 m Ws/Ω . Wir sehen, daß auch bei dieser extremen Gruppe ΔK nur 0,28 m Ws/Ω beträgt.

Die festgestellten Impulswerte reichen bei beiden Widerstandsgruppen bis herab in die Nähe der äußersten zugelassenen Empfindlichkeitsgrenze 0,8 m Ws/Ω . Damit wird die eingangs getroffene Feststellung bestätigt, daß seitens des Sprengstoffwerkes bereits das Möglichste getan ist, um selbst bei niedrigsten Zündströmen noch ein Ansprechen der Zünder zu ermöglichen. Allerdings wird andererseits damit in streustrongefährdeten Orten eine sonst bei unempfindlicheren Zündern gewährleistete zusätzliche Sicherheit aufgegeben. Mittels eines Kurzzeitmeßgerätes ist fernerhin die kürzeste Übertragungszeit t_u bestimmt worden. Die Ermittlung erfolgte nach bekannten Verfahren [1] [2] und wird deshalb hier nicht in ihren Einzelheiten erläutert.

Mit $t_u = 1$ ms und $\Delta K = 0,21$ m Ws/Ω ergibt sich aus

Die Messung der im Bereich der DQF verarbeiteten
Zähler erfolgte nach der Kondensatormethode

$$K = \frac{U^2}{2 \cdot (R + X)}$$

U = Kondensatorspannung
 X = Kapazität des Kondensators
 R = Vorwiderstand
 Z = Zählerwertstand

Bei $U = 100$ V und $G = 0,01$ F sprachen bei $R = 50 \Omega$ kein
Zähler mehr an, dagegen trafen bei 47Ω keine Verzögerung
mehr auf, d.h. die gesamte Zählerwerte mit $1,8 - 2,0 \Omega$
Hilfskreiswert sind eine Steigung der Induktion von
 $U_{eff} = 1,02$ mV $\sqrt{R} = 0,21$ mV \sqrt{R} . Diese Widerstands-
gruppe von $1,8 - 2,0 \Omega$ stellt die Normalproduktion des
Spannungswertes Schenker dar. Andere Widerstandsgruppen,
die bei der Kontrolle ausser Acht werden, gelangen
nur zur untergeordneten Zwecke zur Analyse. Zur Sicherung
dieser erfolgte nach die Untersuchung einer Gruppe mit
 $1,1 - 1,2 \Omega$ Hilfskreiswert. Die ersten Gruppen
der Induktion betragen $0,98 - 1,16$ mV \sqrt{R} . Wie schon
das auch bei dieser ersten Gruppe ΔR nur $0,28$ mV \sqrt{R}
beträgt.

Die festgestellten Induktionswerte reichen bei diesen Zähler-
standgruppen die Werte in die Nähe der Induktion zu
einem Kapazitätswert $0,8$ mV \sqrt{R} . Damit wird die
einige feststehende Feststellung bestätigt, das weitere des
Spannungswertes bereits das Mögliche getan ist.
selbst bei niedrigeren Induktionswerten noch ein Anzeichen der
Zähler zu ermöglichen. Allerdings wird andererseits damit
in strengengetriebenen Orten eine sonst bei ungenügender
einem Zähler gewöhnliche quadratische Steigung auf-
gegeben. Mittels eines Kapazitätswertes ist festzustellen
die kürzeste Übertragungszeit t_p bestimmt worden. Die
Nutzung erfolgte nach bekannten Verfahren [1] [2] und wird
beim hier nicht in ihren Einzelheiten erläutert.

Mit $t_p = 1$ ns und $\Delta R = 0,21$ mV \sqrt{R} ergibt sich ein

$$J_g = \sqrt{\frac{\Delta K}{C_u}} = \sqrt{\frac{0,21}{1}} = \sqrt{0,21} = \underline{\underline{0,46 \text{ A}}}$$

Wir ersehen, daß die tatsächlich benötigte Gleichstrom-Grenzstromstärke wesentlich niedriger liegt, als die dem Zünderwerk vorgeschriebene versagersichere Stromstärke von 0,8 A. Diese Grenzstromstärke $J_g = 0,46 \text{ A}$ interessiert für den Fall, daß eine Gleichrichtung des Wechselstromes erfolgen soll. Aber auch dann darf für eine Berechnung der sicher zu zündenden Schüsse nicht etwa von 0,46 A ausgegangen werden. Diese Stromstärke kann lediglich als Ausgangspunkt für die Beurteilung von Versagerursachen dienen. Die errechnete Grenzstromstärke wurde durch Zünderversuche nachgeprüft. Der Vergleich zeigt eine annähernde Übereinstimmung (Tabelle 6).

J_g [A]	Anzahl Zün- der je Kette	Zahl der geprüften Ketten	Zahl der geprüften Zünder	Versager bei Kette	Anzahl der Versager
0,25	5	5	1	1	4
0,30	5	5	1	1	3
0,40	5	5	1	1	4
0,45	5	40	8	8	2
0,48	5	90	18	4	1
0,50	5	320	64	-	-

Tabelle 6

Seitens eines Kaliwerkes wurden Prüfungen an Zündern angestellt, die vor Ort nicht ansprechen. Durch die Zünder wurde unter ständiger Steigerung der Stromstärke wiederholt Zündstrom geschickt, bis die Entflammung auftrat. Die Resultate dienen für Betrachtungen über die Ungleichmäßigkeiten der Brückenglühzünder A. An weitere Kaliwerke sollten Empfehlungen erteilt werden zur Herstellung eines entsprechenden Schaltbrettes mit Amperemeter, Schiebewiderstand usw. Derartige Absichten müssen jedoch zu völligen Fehlresultaten führen. Bereits nach der ersten Zündung mit einer Stromstärke

$$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{U}{R}} = \sqrt{\frac{0,27}{1}} = 0,52 \text{ A}$$

Wir sehen, daß die tatsächlich benötigte Gleichstrom-
 Stromstärke wesentlich niedriger liegt, als die den
 Widerwerk vorgeschriebene vorangezeichnete Stromstärke von
 0,8 A. Diese Grenzstromstärke $I_{\text{max}} = 0,52 \text{ A}$ interessiert für
 den Fall, daß eine Gleichrichtung des Wechselstroms erfol-
 gen soll. Aber auch dann darf für eine Berechnung der sicher
 zu erhaltenden Leistung nicht etwas von 0,46 A angenommen wer-
 den. Diese Stromstärke kann lediglich als Ausgangspunkt für
 die Berechnung von Vorwiderständen dienen. Die errechnete
 Stromstärke wurde durch Widerstandsversuche bestätigt.
 Der Vergleich zeigt eine annähernde Übereinstimmung. (Tabelle 6)

Tabelle 6

Beim Anfahren eines Kaliverkes wurden Prüfungen an Zündern
 angestellt, die vor Ort nicht auszuführen waren. Durch die Zünder
 wurde unter ständiger Steigerung der Stromstärke wiederholt
 Zündung gesucht, bis die Entzündung auftrat. Die Messun-
 gen dienten zur Bestimmung der Zündleistung über die U-feldmessung
 der Zündkerzen. Tabelle 6. In weiteren Kaliverken sollten
 die Zündleistungen ebenfalls werden zur Herstellung eines entspre-
 chenden Schaltplans mit Amperemeter, Schmelzwiderstand usw.
 Derselbe Aspekt mußten auch jedoch zu völligen Kaliverken
 führen. Tabelle 6 zeigt die ersten Zündungen mit einer Stromstärke

die unterhalb der Ansprechstromstärke liegt, ist eine Veränderung des Zündsatzes vor sich gegangen. Durch die Erwärmung des Zündsatzes tritt eine Phlegmatisierung der Zünder ein. Die Zündstromstärken für den 2. Zündversuch mit diesen phlegmatisierten Zündern lagen im Bereich von 0,26 A - 0,38 A.

L) Untersuchung des technischen Wechselstromes

Die Untersuchung soll Aussagen erbringen, ob die untragbare Versagerhäufigkeit im Kalibergbau möglicherweise zu einem wesentlichen Teil durch die Verwendung von technischem Wechselstrom bedingt wird. Wir beschränken uns in diesem Abschnitt vorerst weiterhin auf den Fall, daß Zünder mit O-Stufen verwendet werden müssen. Beachtenswert ist, daß im Kaliwerk Sollstedt über einen längeren Zeitraum Eschbachzünder mit O-Stufen verwendet wurden. Den Anlaß dazu bildeten einige Unfälle bei der Handhabung der Zündschnurzünder des Sprengstoffwerkes Schönebeck. Die Ursache für den Übergang zu Eschbachzündern war also nicht die Erwartung, daß man damit die Versagerhäufigkeit mindern könnte, sondern die Unfälle durch Herausreißen der Zünderdrähte mit darauffolgender Detonation sollten unterbunden werden. Interessant ist, daß das Werk wieder von dieser Zünderart abging, da der Versageranteil anstieg. Darin ist ein Hinweis auf die Probleme der Zündung mit technischem Wechselstrom unter Verwendung von O-Stufen zu vermuten.

Mit Fragen der Wechselstromzündung befaßten sich bislang D r e k o p f [3][4][5][6] sowie F r i t s c h e und G i e s a [4]. Im Jahre 1930 stellte D r e k o p f auf rechnerischem Wege fest, daß die Mindeststromstärke für die Zündung von Brückenglühzündern A mit technischem Wechselstrom bei 1,413 A liegen muß. In die Rechnungen gin-

gen Faktoren ein, die sich nicht mit Sicherheit festlegen ließen, z.B. Schwankung der Glühdrahtdurchmesser (Abhängigkeit in 4. Potenz!), Unterschiede der Glühdrahtlängen, Entzündungstemperatur des Zündsatzes (Ungleichmäßigkeiten in der Zündsatzzusammensetzung) und die nicht erfassbaren Wärmeverluste beim Zündvorgang. Dementsprechend erfolgte bereits 1931 von F r i t s c h e und G i e s a [4] eine kritische Betrachtung der Ergebnisse. Die in einer Veröffentlichung der beiden Autoren angegebene Mindeststromstärke beträgt 1,9 A. Diese Aussage gründet sich auf durchgeführte praktische Zündversuche. Die Verfasser bemerken ausdrücklich, daß sich dieser Wert nicht auf andere Zündersorten übertragen läßt, da jeweils die Zündereigenschaften maßgebend sind. Praktische Zündversuche mit Wechselstrom sind schwierig durchzuführen, weil für den Nachweis von Versagern die Gewähr vorhanden sein muss, daß der Einschaltungsmoment in ungünstigster Phasenlage erfolgt.

1935 erörtert D r e k o p f das Problem nochmals in einer Veröffentlichung [5]. Er stellte Vergleiche an zwischen einer Gleichstrom-Grenzstromstärke von 0,8 A und einer zu bestimmenden Wechselstromstärke, die gleichfalls als Mindeststromstärke noch Versagerfreiheit gewährleistet. Für diese Stromstärke wird 6,26 A eff. angegeben. Auf die vom gleichen Verfasser einige Jahre früher veröffentlichte Angabe der sicheren Stromstärke mit 1,413 A wurde dabei nicht eingegangen. Da nunmehr zwei Jahrzehnte keine weitere Veröffentlichung erfolgte, ist der Literatur nicht eindeutig zu entnehmen, welche Zündstromstärke für die Wechselstromzündung tatsächlich zugrunde gelegt werden soll.

D r e k o p f leitet aus den Betrachtungen die Folgerung ab, daß das Schießen mit technischem Wechselstrom auf jeden Fall falsch ist. Infolge der Notwendigkeit vom Sicherheitsort aus zentral zu zünden, hat sich jedoch für einen ganzen Bergbauzweig, den Kalibergbau, die Forderung ergeben, zum technischen Wechselstrom überzugehen.

Die hohe Zündstromstärke von 6,26 A, die D r e k o p f als erforderlich ansieht, wird von ihm besonders auch deshalb als ungünstig erachtet, weil sich der zugehörige Amplitudenwert von 8,87 A als Versagerursache im anderen Sinne, nämlich durch vorzeitiges Zerschmelzen der Glühbrücken auswirken könnte. (Untersuchungen zur Klärung dieser Frage folgen.)

Wie die im vorhergehenden Abschnitt angestellten Untersuchungen an den Brückenglühzündern A nachweisen, liegen die tatsächlichen Grenzstromstärken zumeist unter der vorgeschriebenen Grenze von 0,8 A, in unserem Falle bei 0,5 A. Entsprechend wird, auf Wechselstrom übertragen, mit der Stromstärke 6,26 A ~ nicht die tatsächliche Versagergrenze gefunden, sondern gleichfalls eine höhere. Auch eine Verallgemeinerung derart, daß die Stromstärke 6,26 A ~ als Ersatz für die Gleichstromstärke 0,8 A gelten kann, bei der 5 hintereinandergeschaltete Zünder ansprechen müssen, ist nicht möglich. Die entsprechende Formulierung, daß 5 hintereinandergeschaltete Zünder in jedem Falle mit 6,26 A technischem Wechselstrom gezündet werden müßten, ist deshalb nicht angängig, weil für das Beispiel willkürlich $t_{11} = 1$ ms festgelegt wurde.

Bei der Grenzstromstärke 0,8 A ergibt sich aus der Rechnung

$$\begin{aligned}\Delta K &= J^2 \cdot t_{11} \\ &= 0,8^2 \cdot 1 = 0,64 \text{ m Ws}/\Omega\end{aligned}$$

d.h. die Zündersorte mit $t_{11} = 1$ ms und einem Empfindlichkeitsunterschied von $0,64 \text{ m Ws}/\Omega$ erfüllt gerade noch die Anforderung, daß sie mit 0,8 A sicher gezündet wird. Eine Zündersorte mit angenommen $t_{11} = 2$ ms und $\Delta K = 1,28 \text{ m Ws}/\Omega$, also den doppelten Betrag, würde aber diese Forderung gleichfalls erfüllen.

$$J_g = \sqrt{\frac{\Delta K}{t_{11}}} = \sqrt{\frac{1,28}{2}} = 0,8 \text{ A}$$

Abbildung 8 weist nach, daß die sicheren Zündstromstärken beider Zündersorten dagegen bei Wechselstrom nicht gleich groß sein können. Die Erläuterungen zur Abbildung 8 machen gleichzeitig nachfolgenden Rechnungsgang verständlich.

Die hohe Zündstromstärke von 0,26 A, die D r e k p f
 als erforderlich ansieht, wird von ihm besonders auch des-
 halb als ungünstig erachtet, weil sich der zugehörige Anst-
 römwert von 8,8 A als Versagerursache im anderen Sinne,
 nämlich durch vorzeitiges Verschmelzen der Elektroden
 auswirken könnte. (Untersuchungen zur Klärung dieser Frage
 folgen.)

Wie die im vorhergehenden Abschnitt angeführten Unter-
 suchungen an den Brückengleichrichtern A nachweisen, liegen
 die tatsächlichen Grenzstromstärken annähernd unter der vor-
 geschriebenen Grenze von 0,8 A, in unserem Falle bei
 0,5 A. Entsprechend wird, auf Wechselstrom übertragen,
 mit der Stromstärke 0,26 A nicht die tatsächliche Ver-
 sagergrenze gefunden, sondern gleichfalls eine höhere.
 Auch eine Verallgemeinerung darob, daß die Stromstärke
 0,26 A als Grenze für die Gleichstromstärke 0,8 A gelten
 kann, bei der 5 hintereinandergeschaltete Zündkerzen ansprechen
 müssen, ist nicht möglich. Die entsprechende Formelierung,
 daß 5 hintereinandergeschaltete Zündkerzen in jedem Falle mit
 0,26 A technischen Wechselstrom gestündet werden müssen,
 ist deshalb nicht angingig, weil für das Beispiel willkür-
 lich $t_H = 1$ ms festgelegt wurde.
 Bei der Grenzstromstärke 0,8 A ergibt sich aus der

Rechnung

$$\Delta k = 0,26 \cdot t_H$$

$$= 0,26 \cdot 1 = 0,26 \text{ m Ws}$$

d.h. die Zündkerzen mit $t_H = 1$ ms und einem Empfindlich-
 keitsvermögen von 0,26 m Ws erfüllt gerade noch die
 Anforderung, daß sie mit 0,8 A sicher gestündet wird. Eine
 Zündkerze mit angenommenem $t_H = 2$ ms und $\Delta k = 1,28$ m Ws
 also dem doppelten Betrag, würde aber diese Forderung gleich-
 falls erfüllen.

$$0,8 \text{ A} = \sqrt{\frac{\Delta k}{t_H}} = \sqrt{\frac{1,28}{2}} = 0,8 \text{ A}$$

Abbildung 8 weist nach, daß die sicheren Zündstromstärken
 beider Zündkerzen dagegen bei Wechselstrom nicht gleich
 groß sein können. Die Klärungen zur Abbildung 8 machen
 gleichzeitige nachfolgenden Rechnungsgang vorstündlich.

Es besteht die Möglichkeit, ausgehend von den meßtech-
nisch bestimmbarcn Größen ΔK und $t_{ü}$, die zu jeder Zünder-
sorte gehörige Wechselstrom-Grenzstromstärke J_w zu errech-
nen, ohne daß durch die erwähnten unsicheren, nicht meßba-
ren Faktoren (Entzündungstemperatur, Wärmeableitung usw.)
das Resultat fragwürdig wird und zu anzweifelnden Diskussi-
onen Anlaß gibt.

Wir stellten fest, daß als entscheidendes Kriterium für die Versagersicherheit die Höhe des Zündstromes nach der Detonation des empfindlichsten Zünders gilt. Der Zündstrom muß genügend groß sein, um innerhalb der Übertragungszeit $t_{ü}$ auch dem trägsten Zünder, den noch fehlenden Restimpuls ΔK zuzuführen.

Es besteht die Möglichkeit, auszuwählen, was man bei den verschiedenen Zündarten wählen kann. Die zu jeder Zündart gehörige technische Grenzwertkurve ist zu ermitteln.

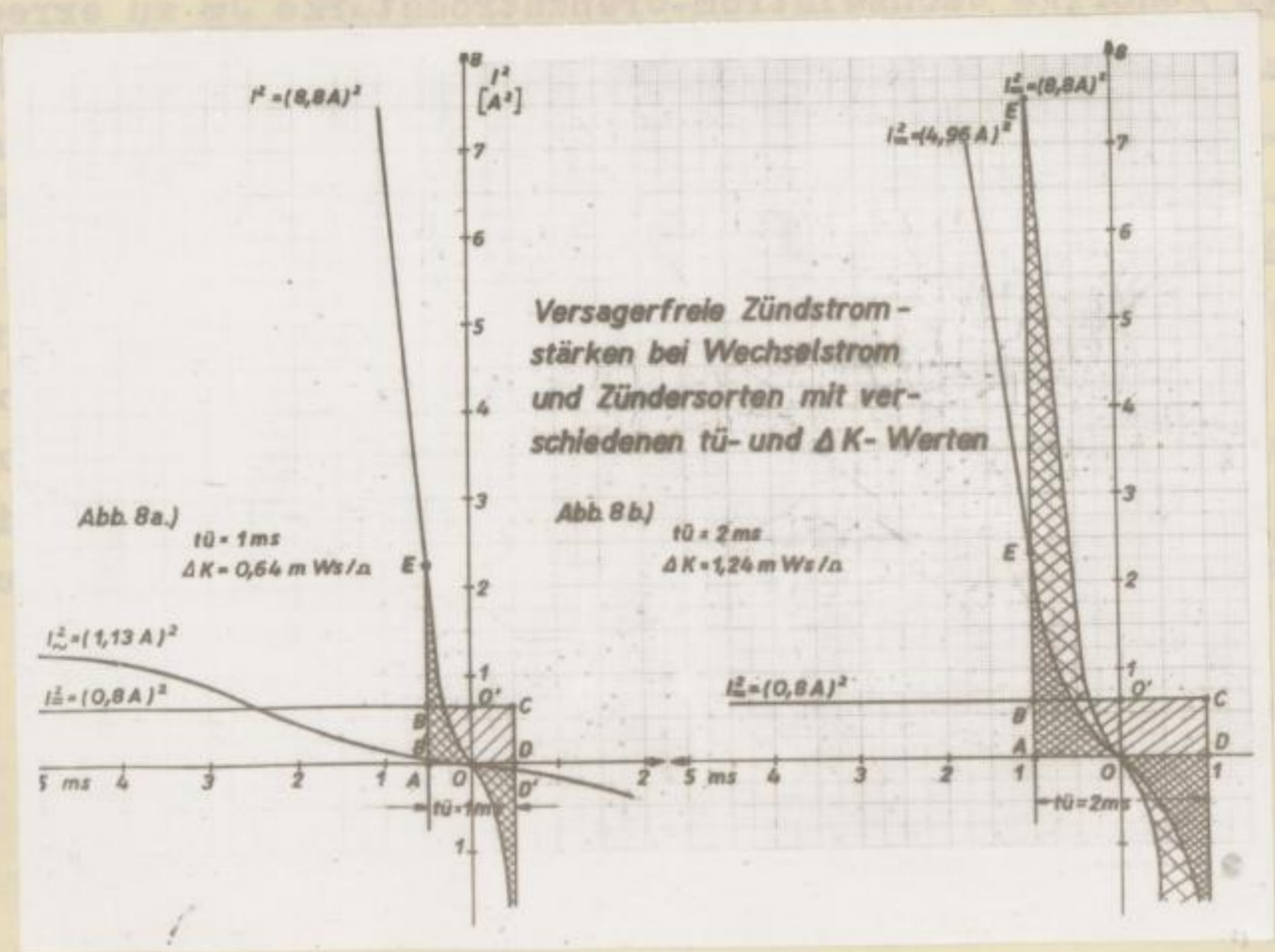


Abb. 8

In Abbildung 8a gelangt der empfindlichste Zünder bei Zündung mit 0,8 A Gleichstrom im Punkt B zur Detonation. Bis zum Punkt C wird der fehlende Restimpuls ΔK von 0,64 m $\mu\text{s}/\Omega$ innerhalb von $t_{\text{Ü}} = 1$ ms zugeführt. Wird Wechselstrom von 0,8 A eff. = 1,13 A max. angewendet und der empfindlichste Zünder gelangt kurz vor dem Nulldurchgang zur Detonation (Pkt. B'), so würde sich die Übertragungszeit von 0,5 ms vor dem Nulldurchgang bis 0,5 ms nach dem Nulldurchgang gerade über den ungünstigsten Bereich erstrecken, in dem die Stromstärke am niedrigsten ist.

Bei der Zündung mit Gleichstrom entspricht der erforderliche Restimpuls ΔK dem Flächenstück ABCD. Demgegenüber steht bei Verwendung von Wechselstrom nur der geringere Impuls AB'D'D zur Verfügung. Es treten folglich Versager auf. Deshalb muss eine grössere Wechselstromstärke angewendet werden. Diese Stromstärke ist so zu wählen, daß $AEO = ABO'O$ ist.

Abbildung 8b zeigt die versagerfreie Zündung einer Zündersorte mit dem doppelten Unterschied der Empfindlichkeit $\Delta K = 1,24 \frac{\mu\text{s}}{\Omega}$ und $t_{\text{Ü}} = 2$ ms. Die Zündung wird ebenfalls mit 0,8 A Gleichstrom sicher herbeigeführt. Soll die soeben ermittelte Wechselstrom-Grenzstromstärke gleichfalls für die Zündung der Zündersorte angewandt werden, so ist festzustellen, daß diese Stromstärke wesentlich höher liegt als für die versagerfreie Zündung notwendig ist. Während in Abbildung 8a $AEO = ABO'O$ war, ist in Abbildung 8b $AEO > ABO'O$. Damit ist graphisch zunächst qualitativ bewiesen, daß wohl die vorgeschriebene Gleichstrom-Grenzstromstärke von 0,8 A auf verschiedene Zündersorten übertragen werden kann, aber nicht eine zugehörige Wechselstrom-Grenzstromstärke. Dies ist für die Zünderprüfung und damit für die Festlegung der versagerfreien Mindeststromstärke von praktischer Bedeutung. Die Gleichstrom-Grenzstromstärke von 0,8 A bezieht sich infolge der bestehenden Vorschrift auf alle Sorten von Brückenglühzündern A. Bei einer Prüfung dürfen bei dieser Stromstärke keine Versager auftreten, ganz gleich, welche Zündersorten geprüft

werden. Ist dagegen für eine Zündersorte eine bestimmte Wechselstromstärke als sicher erkannt worden, so ist diese nicht auf eine andere Zündersorte zu übertragen. Dieser qualitativen Feststellung folgt der rechnerische Nachweis.

$$\begin{aligned} \text{Impuls OAE} &= 1/2 \Delta K = J^2 \cdot t \\ &= \int_0^{t_u/2} J^2 \cdot dt \quad \parallel \quad J^2 = (J_{\max} \cdot \sin \alpha)^2 \\ &= \int_0^{t_u/2} J_{\max}^2 \cdot \sin^2 \alpha \cdot d\alpha \quad \parallel \quad \alpha = f(t) \\ &= J_{\max}^2 \int_0^{t_u/2} \sin^2 \alpha \cdot d\alpha \\ 1/2 \Delta K &= J_{\max}^2 \int_0^{t_u/2} 1/2 (\alpha - \sin \alpha \cdot \cos \alpha) \Big|_0^{t_u/2} \\ \Delta K &= J_{\max}^2 (\alpha - \sin \alpha \cdot \cos \alpha) \Big|_0^{t_u/2} \end{aligned}$$

Für die numerische Bestimmung ist die Dimension der ermittelten Flächeneinheit (F.E.) unter der Kurve

$$\Delta K = J_{\max}^2 (\alpha - \sin \alpha \cdot \cos \alpha) \Big|_0^{t_u/2} \quad \text{zu beachten.}$$

$$1 \text{ F.E.} = [A^2 \cdot \text{Einheit des Bogenmaßes}]$$

$$\tilde{T} = 3,14 = 10 \text{ ms}$$

$$1 = \frac{10}{3,14} = 3,18 \text{ ms/Einheit des Bogenmaßes}$$

$$1 \text{ F.E.} = 3,18 [A^2 \cdot \text{ms}]$$

$$\begin{aligned} \parallel \quad J &= \frac{U}{R} \\ \parallel \quad [A] &= \left[\frac{V}{\Omega} \right] \end{aligned}$$

$$= 3,18 \left[\frac{V}{\Omega} \cdot A \cdot \text{ms} \right]$$

$$\begin{aligned} \parallel \quad N &= U \cdot J \\ \parallel \quad [W] &= [V \cdot A] \end{aligned}$$

$$= 3,18 \left[\frac{W \cdot \text{ms}}{\Omega} \right]$$

$$1/2 \Delta K = 3,18 \cdot J_{\max}^2 \left[1/2 (\alpha - \sin \alpha \cdot \cos \alpha) \Big|_0^{t_u/2} \right]$$

werden. Ist dagegen für eine Änderung eine Vorbedingung
von Nebenbedingungen als einer erkannt worden, so ist diese
nicht auf eine andere Nebenbedingung zu übertragen. Dieser
Vorgang ist notwendig für die Lösung der numerischen Probleme.

$$f(x) = \frac{1}{2} x^2 - 3x + 5$$

$$f'(x) = x - 3$$

$$f''(x) = 1$$

$$f(0) = 5$$

$$f(3) = \frac{1}{2} \cdot 9 - 9 + 5 = 2.5$$

$$f(6) = \frac{1}{2} \cdot 36 - 18 + 5 = 13$$

Für die numerische Bestimmung der Dimension der Kurve
teilen sich die Dimensionen (z.B.) unter der Kurve

$$f(x) = \frac{1}{2} x^2 - 3x + 5$$

$$f'(x) = x - 3$$

$$f''(x) = 1$$

$$f(0) = 5$$

$$f(3) = 2.5$$

$$f(6) = 13$$

Zur Bestimmung der Integrationsgrenzen:

$$L = f(t) \quad \tilde{I} = 10 \text{ ms} \quad \frac{\tilde{I}}{10} = 1 \text{ ms}$$

$$\frac{t_{\text{ü}}}{2} = \frac{\tilde{I} \cdot t_{\text{ü}}}{20} \quad L = \frac{\tilde{I} \cdot t_{\text{ü}}}{20}$$

$$K = 3,18 J_{\text{max}}^2 \left(\frac{\tilde{I} \cdot t_{\text{ü}}}{20} - \sin \frac{\tilde{I} \cdot t_{\text{ü}}}{20} \cdot \cos \frac{\tilde{I} \cdot t_{\text{ü}}}{20} \right)$$

$$J_{\text{max}} = \sqrt{\frac{\Delta K}{3,18 \left(\frac{\tilde{I} \cdot t_{\text{ü}}}{20} - \sin \frac{\tilde{I} \cdot t_{\text{ü}}}{20} \cdot \cos \frac{\tilde{I} \cdot t_{\text{ü}}}{20} \right)}}$$

$$J_{\text{eff}} = \frac{1}{1,4} \sqrt{\frac{\Delta K}{3,18 \left(\frac{\tilde{I} \cdot t_{\text{ü}}}{20} - \sin \frac{\tilde{I} \cdot t_{\text{ü}}}{20} \cdot \cos \frac{\tilde{I} \cdot t_{\text{ü}}}{20} \right)}}$$

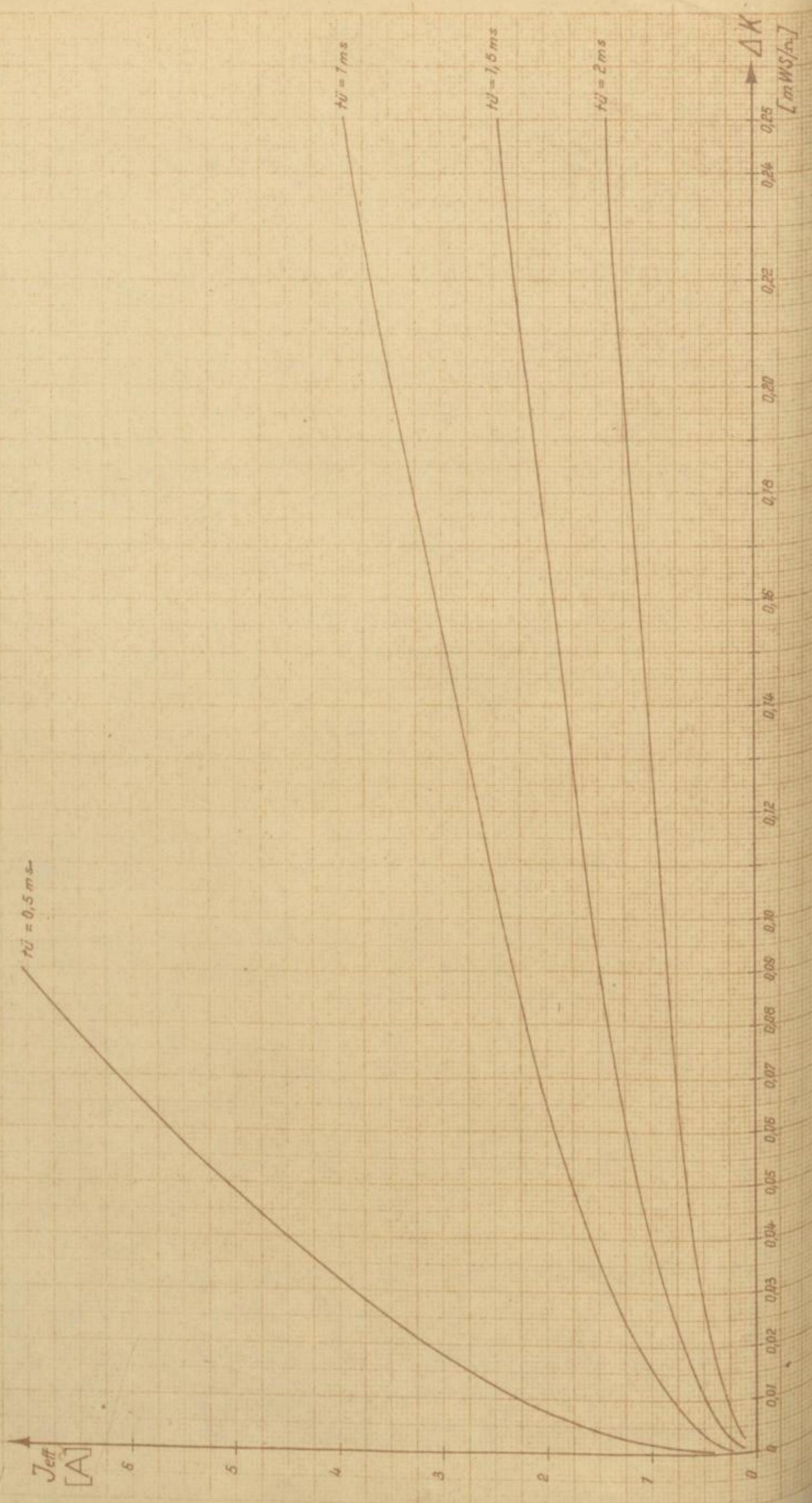
$$J_{\text{eff}} = \frac{1}{2,5} \sqrt{\frac{\Delta K}{\left(\frac{\tilde{I} \cdot t_{\text{ü}}}{20} - \sin \frac{\tilde{I} \cdot t_{\text{ü}}}{20} \cdot \cos \frac{\tilde{I} \cdot t_{\text{ü}}}{20} \right)}}$$

Die gesuchte effektive Stromstärke ist, wie angestrebt wurde, direkt aus ΔK und $t_{\text{ü}}$ zu ermitteln. Für die üblichen Übertragungszeiten und Empfindlichkeitsdifferenzen der in Betracht kommenden Brückenglühzylinder A mit festem Zündkopf wurde mit der abgeleiteten Gleichung das Diagramm 5 aufgestellt ($J_{\text{eff}} = f(\Delta K, t_{\text{ü}})$). Die Darstellung bis $\Delta K = 0,25 \text{ m Ws}/\Omega$, ist ausreichend und steht nicht im Widerspruch dazu, daß ΔK -Werte von $0,64 \text{ m Ws}/\Omega$ und $1,24 \text{ m Ws}/\Omega$ erwähnt wurden. Nicht nur das Sprengstoffwerk Schönebeck, sondern alle Zündmittelhersteller nützen im eigenen Interesse diese bei $0,8 \text{ A}$ Gleichstrom rechnerisch möglichen Empfindlichkeitsdifferenzen nicht aus. Das Diagramm 5 ermöglicht es, nach der relativ einfachen Messung von ΔK und $t_{\text{ü}}$ direkt die im praktischen Schießbetrieb interessierende absolut versagerfreie Wechselstrom-Grenzstromstärke abzulesen. Es bleibt noch übrig, mit der ermittelten Gleichung den rechnerischen Nachweis für die oben angestellte graphische Betrachtung zu führen, daß keine

[Faint, illegible handwritten text, possibly bleed-through from the reverse side of the page.]

[Vertical handwritten text on the right side of the page, possibly a page number or reference.]

Diagr. 5: Abhängigkeit der notwendigen Stromstärke von $t_{\dot{U}}$ und ΔK



festen Wechselstrom-Grenzstromstärke angenommen werden darf, die sich aus der vorgeschriebenen 0,8 A-Gleichstrom-Grenzstromstärke ergeben könnte.

1. $J_g = 0,8 \text{ A}$ bei $t_u = 1 \text{ ms}$ und $\Delta K = 0,64 \text{ m Ws}/\Omega$

$$\begin{aligned} J_w &= \frac{1}{2,5} \sqrt{\frac{\Delta K}{\frac{\pi \cdot t_u}{20} - \sin \frac{\pi \cdot t_u}{20} \cdot \cos \frac{\pi \cdot t_u}{20}}} \\ &= \frac{1}{2,5} \sqrt{\frac{0,64}{\frac{3,14 \cdot 1}{20} - \sin \frac{3,14 \cdot 1}{20} \cdot \cos \frac{3,14 \cdot 1}{20}}} \\ &= \frac{1}{2,5} \sqrt{\frac{0,64}{0,157 - 0,1564 \cdot 0,9872}} \\ &= \underline{\underline{6,28 \text{ A}}} \end{aligned}$$

2. J_g gleichfalls $0,8 \text{ A}$ bei $t_u = 2 \text{ ms}$ und $\Delta K = 1,24 \text{ m Ws}/\Omega$

$$\begin{aligned} J_w &= \frac{1}{2,5} \sqrt{\frac{1,24}{\frac{3,14 \cdot 2}{20} - \sin \frac{3,14 \cdot 2}{20} \cdot \cos \frac{3,14 \cdot 2}{20}}} \\ &= \frac{1}{2,5} \sqrt{\frac{1,24}{0,314 - 0,309 \cdot 0,951}} \\ &= \underline{\underline{3,16 \text{ A}}} \end{aligned}$$

Während beide Zündersorten mit der gleichen vorgeschriebenen Gleichstrom-Grenzstromstärke 0,8 A sicher gezündet werden, unterscheiden sich die sicheren Zündstromstärken für Wechselstrom um ca. 50 %.

Aus dieser Feststellung ergeben sich einige wesentliche Folgerungen:

1. Die Annahme, daß für die Schießarbeit mit Wechselstrom unter Verwendung von Momentzündern oder Eschbach- und Millisekundenzündern mit 0-Stufen ein festes Verhältnis zwischen Gleichstrom und Wechselstrom zur Schußzahlberechnung verwendet werden könnte, führt zu Versagern.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Berechnungen für die verschiedenen Fälle. Die Werte sind in Prozent angegeben.

1. Fall: $\Delta = 0,5$ bei $\alpha = 1$ und $\Delta = 0,5$ bei $\alpha = 0,5$

$\frac{\Delta}{\alpha}$	$\frac{\Delta}{\alpha}$	$\frac{\Delta}{\alpha}$	$\frac{\Delta}{\alpha}$
0,5	0,5	0,5	0,5

$\frac{\Delta}{\alpha}$	$\frac{\Delta}{\alpha}$	$\frac{\Delta}{\alpha}$	$\frac{\Delta}{\alpha}$
0,5	0,5	0,5	0,5

$\frac{\Delta}{\alpha}$	$\frac{\Delta}{\alpha}$	$\frac{\Delta}{\alpha}$	$\frac{\Delta}{\alpha}$
0,5	0,5	0,5	0,5

2. Fall: $\Delta = 0,5$ bei $\alpha = 1$ und $\Delta = 0,5$ bei $\alpha = 0,5$

$\frac{\Delta}{\alpha}$	$\frac{\Delta}{\alpha}$	$\frac{\Delta}{\alpha}$	$\frac{\Delta}{\alpha}$
0,5	0,5	0,5	0,5

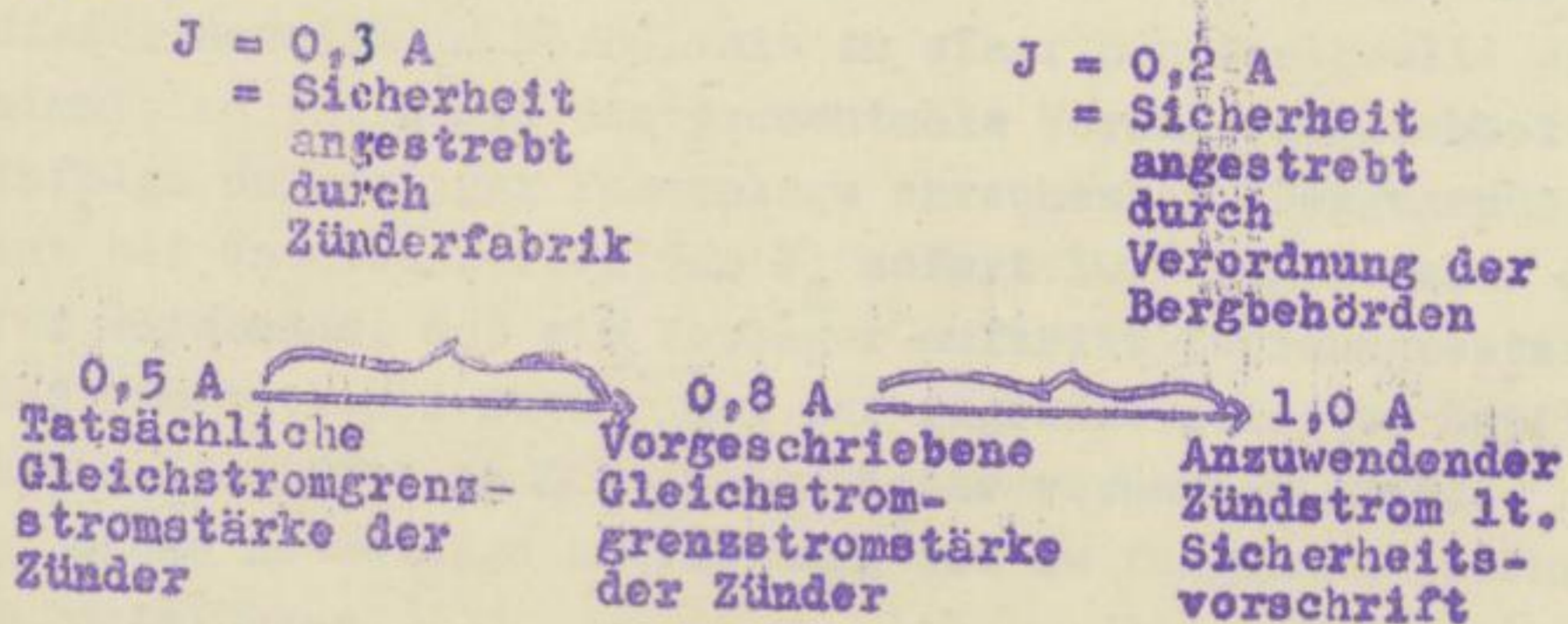
$\frac{\Delta}{\alpha}$	$\frac{\Delta}{\alpha}$	$\frac{\Delta}{\alpha}$	$\frac{\Delta}{\alpha}$
0,5	0,5	0,5	0,5

Die Tabelle zeigt die Ergebnisse der Berechnungen für die verschiedenen Fälle. Die Werte sind in Prozent angegeben.

Die Tabelle zeigt die Ergebnisse der Berechnungen für die verschiedenen Fälle. Die Werte sind in Prozent angegeben.

Für die im Bergbau der DDR z.Zt. verwendeten Brücken-
glühzünder A ist die Wechselstrom-Grenzstromstärke mit
3,54 A bestimmt worden. Die erforderliche Zündspannung ist
nach $U = J \cdot R$ vom jeweiliger Kreiswiderstand abhängig.
Sobald jedoch aus fabrikationstechnischen Gründen die Zünder-
eigenschaften hinsichtlich ΔK und t_u wesentlich verändert
werden, ist auf oben dargestelltem Wege die neu zugehörige
Wechselstromstärke zu ermitteln.

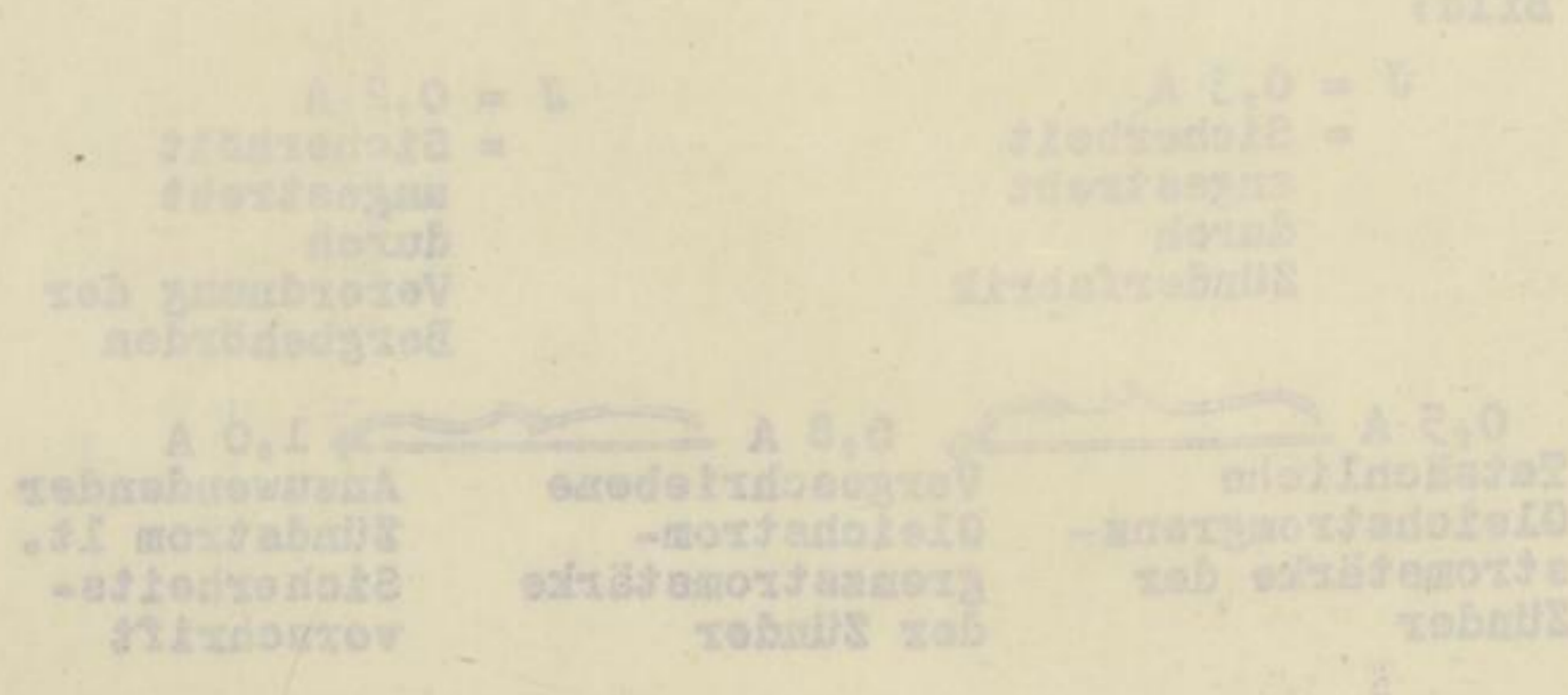
2. Die ausgeführten Rechenbeispiele weisen nach, daß der Ein-
fluß von Veränderungen der kürzesten Übertragungszeit t_u
sich weitaus stärker auf die erforderliche Wechselstrom-
Grenzstromstärke auswirkt, als die Veränderungen der Em-
pfindlichkeitsunterschiede ΔK . Gilt bereits für die Zündung
mit Gleichstrom bzw. Zündmaschinenstrom die Forderung, daß
die kürzeste Übertragungszeit möglichst groß sein muß, so
wird diese Notwendigkeit bei Wechselstromzündung noch ver-
stärkt. Die Zündempfindlichkeit der Schönebecker Zünder
liegt mit $0,81 \text{ mWs}/R$ bereits an der äußersten erlaubten
unteren Grenze. Eine weitere Anpassung der Zünder an die der-
zeitigen unzulänglichen Voraussetzungen für eine versager-
freie Zündung in den Kaligruben der DDR ist in dieser Rich-
tung folglich nicht gegeben. Dagegen könnte eine Erhöhung
der kürzesten Übertragungszeit, die mit 1 ms sehr kurz ist,
die erforderliche Wechselstrom-Grenzstromstärke wesentlich
mindern.
3. Die Betrachtungen über die Sicherheit beim Zünden mit Gleich-
strom zeigte am Beispiel der Schönebecker Zünder folgendes
Bild:



Für die im Bereich der DDR z.Zt. verwendeten Brücken-
 Klemmen A ist die Kennlinie-Grenzfrequenz mit
 3,5 A bestimmt worden. Die erforderliche Zugspeisung ist
 nach V = U + R von jeweiliger Klemmenart abhängig.
 Sobald jedoch aus Festlegungstechnischen Gründen die Klemmen
 eigenständigen Abstandlichen Δx und Δy wesentlich verändert
 werden, ist auf oben dargestellten Wege die zur zugehörigen
 Wechselstromstärke zu ermitteln.

2. Die abgesetzten Nennwertwerte weisen nach, daß der Hin-
 und Rückstrom der kürzesten Übertragungszeit t_{min}
 sich weiter aus der erforderlichen Wechselstrom-
 Grenzfrequenz ergibt, als die Veränderungen der im
 Abstandlichen Bereich. Dies beruht auf die Änderung
 der Distanz bzw. Abstandswerten die Forderung, daß
 die kürzeste Übertragungszeit möglichst groß sein muß, so
 wird diese Notwendigkeit bei Wechselstromleitung noch ver-
 stärkt. Die Abhängigkeit der Schwebeschwäche ΔU
 liegt mit 0,1 bis 0,2 % beruht an der übertragene Leistung
 unserer Größe. Eine weitere Abgrenzung der Klemmen an die be-
 züglichen unzulässigen Voraussetzungen für eine versage-
 freie Bindung in der Klemmen der DDR ist in dieser Rich-
 tung folgend nicht gegeben. Dagegen könnte eine Erhöhung
 der kürzesten Übertragungszeit, die mit I zu sein kann ist,
 die erforderliche Wechselstrom-Grenzfrequenz wesentlich
 mindern.

3. Die Betrachtungen über die Sicherheit beim Zünden mit Gleich-
 strom ergibt im Beispiel der Schwebeschwäche ΔU folgenden
 Bild:



Wir übertragen dieses Schema auf die Zündung mit Wechselstrom:

Die tatsächliche Wechselstrom-Grenzstromstärke kann nach dem aufgezeigten Verfahren bestimmt werden. Wir stellten fest, daß dagegen ein Schluß von 0,8 A Gleichstrom auf eine gleichwertige Wechselstromstärke nicht für alle Zündersorten allgemein möglich ist. Folglich wird damit auch die Festlegung einer höheren Stromstärke sinnlos, die eine zusätzliche bekannte Sicherheit verbürgt und der Gleichstromstärke von 1,0 A entspräche.

Um in gleichem Maße eine Sicherheit wie bei Gleichstrom herbeizuführen, müsste die ermittelte versagerfreie Wechselstrom-Grenzstromstärke 3,54 A im Verhältnis 0,8 A : 1,0 A weiter erhöht werden, also auf 4,42 A. Wird bereits die Stromstärke von 1,0 A in günstigen Fällen erreicht, so ist die Forderung nach 3,54 und 4,42 A Zündstromstärke unter den nachgewiesenen Verhältnissen nur in Ausnahmefällen erfüllbar. Für die Beurteilung der zu erwartenden Versagerhäufigkeit ist es deshalb von grösster Wichtigkeit zu wissen, welche zahlenmässige Wahrscheinlichkeit für auftretende Schußversager beim Unterschreiten von 3,54 A vorhanden ist. Es ist keinesfalls gleich, ob die Gleichstrom-Grenzstromstärke J_g einer Zündersorte unterschritten wird, oder die ermittelte Wechselstrom-Grenzstromstärke J_w . Beim Unterschreiten von J_w ist an der Grenze vorerst nur ein Versagerpunkt auf jeder Stromhalbwellen vorhanden. Erst bei weiterer Erniedrigung tritt ein zunächst schmaler Versagerbereich auf. Kann ermittelt werden, welche Breite dieser Bereich im Verhältnis zu einer Sinushalbwellen einnimmt, so ist damit die prozentuale Versagermöglichkeit infolge ungünstiger Phasenlage errechenbar. Demgegenüber ist bei Unterschreiten von J_g sofort 100% Möglichkeit dafür vorhanden, daß ein Versager auftritt (vorausgesetzt, daß die extremen Zünder mit der zugrunde gelegten Empfindlichkeitsdifferenz ΔK in der Kette vorhanden sind).

Diese notwendige Betrachtung ist im folgenden Abschnitt durchzuführen.

Wir übertragen diese Schema auf die Lösung mit wech-
 selstrom:
 Die tatsächliche Wechselstrom-Grenzstromstärke kann nach
 dem angegebenen Verfahren bestimmt werden. Wir stellen
 fest, daß dagegen ein Betrag von 0,8 A. die Grenze auf
 eine gleichwertige Wechselstromstärke nicht für alle Länd-
 erungen allgemein möglich ist. Folglich wird damit auch die
 Festlegung einer höheren Stromstärke einleiten, die eine zu-
 ständige bekannte Sicherheit verbürgt und der Gleichstrom-
 stärke von 1,0 A. entspricht.
 Um in diesem Maße eine Sicherheit wie bei Gleichstrom
 herbeizuführen, müßte die ermittelte versorgte
 Wechselstrom-Grenzstromstärke 3,54 A. in Verhältnis 0,8 A.
 1,0 A. weiter erhöht werden, also auf 4,42 A. wird bereits
 die Stromstärke von 1,0 A. in günstigen Fällen erreicht,
 so ist die Forderung nach 3,54 und 4,42 A. Wechselstromstärke
 unter den nachgewiesenen Verhältnissen nur in Ausnahm-
 fällen erfillbar. Für die Beurteilung der zu erwartenden
 Versorgungsfähigkeit ist es deshalb von größter Wichtigkeit
 zu wissen, welche schonungslos überschauliche für
 aufzunehmende Schutzvermögen beim Untersuchten von 3,54 A.
 vorhanden ist. Es ist keinesfalls gleich, ob die Gleich-
 strom-Grenzstromstärke I_g einer Ländersorte unternehmen
 wird, oder die ermittelte Wechselstrom-Grenzstromstärke
 I_w . Beim Untersuchten von I_w ist an der Grenze vorerst
 nur ein Versorgungsgrad auf jeder Stromhalbwelle vorhanden,
 erst bei weiterer Erhöhung tritt ein zweites schmalere
 Versorgungsgebiet auf. Kann ermittelt werden, welche Breite
 dieser Bereich in Verhältnis zu einer Stromhalbwelle ein-
 nimmt, so ist damit die prozentuale Versorgungsfähigkeit
 dieses untersuchten Versuches erscheinbar. Demgegenüber
 ist bei Untersuchten von I_g sofort 100% Möglichkeit da-
 für vorhanden, daß ein Versager auftritt (vorausgesetzt,
 daß die externen Ländersorten mit der ergründeten Leistung
 fähigkeit I_g in der Lage vorhanden sind).
 Diese notwendige Betrachtung ist in folgenden Abschnitten
 durchzuführen.

B) Wahrscheinlichkeit von Schußversagern bei
.....
Unterschreiten der ermittelten Wechselstrom-
.....
Grenzstromstärke
.....

In dieser Arbeit wird das Prinzip verfolgt, möglichst alle Aussagen durch Hinweise auf die Praxis, wenn möglich auch durch praktische Versuche, zu unterstützen. Für die soeben angestellte Untersuchung über die Zündung von O-Stufen mit Wechselstrom ist der Nachweis durch Versuchszündungen jedoch mit wenig Aussicht auf Erfolg verbunden. Es besteht sogar die Gefahr, daß bei wenig kritischer Betrachtung Fehlurteile entstehen. Bei den Betrachtungen über die Versagerursachen durch Unterschiede der Zündimpulse ΔK wurde der Fall berücksichtigt, daß in einer geprüften Zünderkette der empfindlichste, gleichzeitig aber auch der unempfindlichste Zünder der Zündersorte vorhanden sein kann. Die Prüfung mit Gleichstrom bereitet bereits schon Schwierigkeiten und setzt voraus, daß eine möglichst große Zünderzahl untersucht wird, um in einer Kette wenigstens die angenäherten Extremfälle zu erfassen. Bei Versuchen mit Wechselstrom kommt noch erschwerend hinzu, daß dann, wenn in einer Kette die Extremfälle tatsächlich vertreten waren, auch der zugehörige ungünstigste Einschaltpunkt getroffen wird. In der Literatur wird empfohlen, mit einer Schalteinrichtung zu arbeiten, die im gewünschten Versagerpunkt den Zündstrom auf die Zünder schaltet. Man muß sich jedoch darüber klar sein, daß auch dieses Gerät begrenzte Genauigkeit besitzt. Wie erläutert, gibt es bei Unterschreiten der Grenzstromstärke zunächst einen einzigen Punkt auf der Wechselstromhalbwellen, bei dem Versager nachgewiesen werden können. Dieser Punkt muss entweder berechnet oder durch Schaltversuche aufgefunden werden. Es ist verständlich, daß Schaltungen, die trotz häufiger Wiederholungen wohl Punkte in unmittelbarer Nähe treffen, aber dennoch nicht zu Versagern führen, sehr leicht zur Fehlannahme verleiten, daß man sich noch oberhalb der Grenzstromstärke befindet. Erst bei weiterer Erniedrigung der Stromstärke wird der Versagerbereich breiter und damit steigt die Wahrscheinlichkeit, einen Versager nachzuweisen. Die zu-

a) Verantwortlichkeit von Sachverständigen bei
Untersuchungen der Ermittlung von Ursachen
Grünstromstürze

In dieser Arbeit wird das Prinzip verfolgt, möglichst
alle Aussagen durch Hinweise auf die Praxis, wenn möglich
auch durch praktische Versuche, zu unterstützen. Für die
auch angeführte Untersuchung über die Wirkung von O-Strö-
men mit Wasserströmung ist der Nachweis durch Versuchs-
ergebnisse mit weitestgehender Sicherheit zu erbringen.
Sogar die Gefahr, daß bei wenig kritischer Betrachtung Fehl-
urteile entstehen, bei den Betrachtungen über die Ver-
hältnisse durch Untersuchungen der Zusammenhänge Δ wurde der
Fall berücksichtigt, daß in einer gegebenen Situation der
angewandte, gleichwohl nur nach der Wahrscheinlichkeit
Künder der Kundenverträge vorzuziehen sind. Die Wirkung der
Grünstromstürze besteht darin, daß ein Stromerzeuger
nicht in der Lage ist, seinen Stromerzeuger zu verkaufen
zu können. Bei Versuchen die Verantwortlichkeit nach sich
zu erlangen, daß dann, wenn in einer Sache die Ver-
hältnisse unklar sind, die Verantwortlichkeit nicht auf
den Sachverständigen verfallen kann, sondern in der
Grünstromstürze vorzuziehen sind. In der
Wirklichkeit, mit einer Sachverständigen zu arbeiten, die
in gegebenen Verhältnissen den Sachverständigen mit den
Sachverständigen. Man muß also jedoch klar sein, daß auch
die Sachverständigen Genügend sein, die Sachverständigen
gibt es bei Untersuchungen der Grünstromstürze zunächst
einen einzigen Punkt auf der Verantwortlichen, bei der
Verantwortung nachgewiesen werden können, dieser Punkt muss aus-
weder berechnet oder durch Sachverständigen ergründet werden.
Es ist verständlich, daß Sachverständigen, die trotz häufiger
Vielzahlungen wohl Punkte in verantwortlichen, keine
aber dennoch nicht zu Verursachen führen, wenn jedoch nur
Annahme verstehen, daß man sich noch ebenfalls der Grün-
stromstürze beteiligt. Erst bei weiterer Arbeit und damit steigt
Stromerzeugung wird der Verantwortlichen breiter und damit steigt
die Verantwortlichen, einen Verantwortlichen nachzuweisen. Die

gehörige Stromstärke entspricht aber dann nicht mehr der tatsächlichen Wechselstrom-Grenzstromstärke. Wird die so ermittelte Stromstärke für Schußzahlenberechnungen zugrunde gelegt, sind Versager unvermeidlich. Verfasser führt diese Erläuterungen deshalb ausführlich durch, weil er auf mehreren Werken feststellte, daß in beschriebener Weise Zünderprüfungen durchgeführt wurden. Im praktischen Schießbetrieb traten dann bei der ermittelten scheinbaren Grenzstromstärke trotzdem Versager auf, wobei die Art des Versagens typisch für das soeben beschriebene Problem war. In Abbauen, in denen mehrere Monate lang kein einziger Versager festzustellen war, blieben plötzlich eine ganze Reihe Schüsse sitzen, ohne daß sich der Vorfall später wiederholte. Es ist offensichtlich, daß dieses scheinbare "Rätsel", von dem in diesen Fällen seitens der Schießbeauftragten gesprochen wird, durch Einschalten im Versagerpunkt bzw., falls die Zündstromstärke etwas unterhalb der Wechselstrom-Grenzstromstärke liegt, durch Einschalten im schmalen Versagerbereich hervorgerufen wurde.

Unsere Vorstellungen über den Versagerbereich sind zunächst nur qualitativ. Wir wissen nur, daß bei weiterer Erniedrigung der Stromstärke die Breite des Versagerbereiches zunimmt. Zum Nachweis, mit welcher Wahrscheinlichkeit Fehlzündungen in beschriebener Weise auftreten können, ist es aber notwendig, eine zahlenmäßige Aussage zu erhalten. Die ermittelte Wahrscheinlichkeit muss dann verglichen werden mit der Versagerhäufigkeit im praktischen Schießbetrieb. Erst daraus kann dann ein Urteil entstehen, in welchem Maße die Nulldurchgänge des Wechselstromes beim Schießen mit O-Stufen zum Versagerproblem beitragen. Wir erkennen die Wechselbeziehung zu den vorausgegangenen Diagrammen über die im Kalibergbau auftretenden Stromstärken, ~~der Diagramme~~, denn für die Nutzanwendung ist andererseits die Kenntnis der tatsächlich benötigten Stromstärke erforderlich.

Für die Erprobung der Wahrscheinlichkeit des Versagens bei bestimmten Zündstromstärken gilt die gleiche Forderung, die schon im vorausgegangenen Abschnitt bei der Ermittlung der Wechselstrom-Grenzstromstärken beachtet werden mußte: Es dürfen nicht Faktoren als Grundlage dienen, die entweder abgeschätzt werden oder deren Absolutbeträge Schwankungen unterworfen sein können, die nicht mehr meßbar sind (s.S.39).

D r e k o p f beendet 1934 [5] die Diskussion über die Versagerhäufigkeit bei der Wechselstromzündung mit folgendem Hinweis: "Nicht berechnen lässt sich jedoch bisher die Lage des Versagerbereiches bei der Zündung mit Wechselstrom. Denn zu dieser Berechnung wäre die Kenntnis der jeweiligen Entzündungstemperatur des Zündsatzes notwendig. Hierüber ist jedoch z.Zt. nichts bekannt. Auch die Grösse des Versagerbereiches lässt sich wegen der mangelnden Kenntnis der Entzündungstemperaturen des Zündsatzes nicht genau berechnen. Daß ein solcher Versagerbereich vorhanden sein muss, geht aber aus den Versuchen von Fritzsche und Giesa unzweifelhaft hervor."

Nachfolgend wird ein Verfahren beschrieben, bei dem es möglich ist, die Lage und Grösse des Versagerbereiches, ausgehend von den meßbaren Größen t_u und ΔK zu bestimmen.

Die Übertragungszeit t_u und der Impuls-Unterschied ΔK der verwendeten Zündersorte kann wieder mit den bekannten Meßmethoden festgestellt werden. Vereinfachend ist vor allem, daß nach den geltenden Vorschriften jeder Bergbaubetrieb nur mit einer gleichbleibenden Zündersorte beliefert werden soll.

Zunächst soll das Maximum der in Abbildung 9 als Arbeitshypothese aufgezeichneten Kurve bestimmt werden. Dieser höchste Punkt entspricht dem erwähnten Versagerpunkt im Einschaltbereich der unmittelbar beim Unterschreiten der Wechselstrom-Grenzstromstärke vorhanden ist. (Abb.10) Aus Diagramm 5 entnehmen wir für die zu

Gezeichnet
von
Freiberg

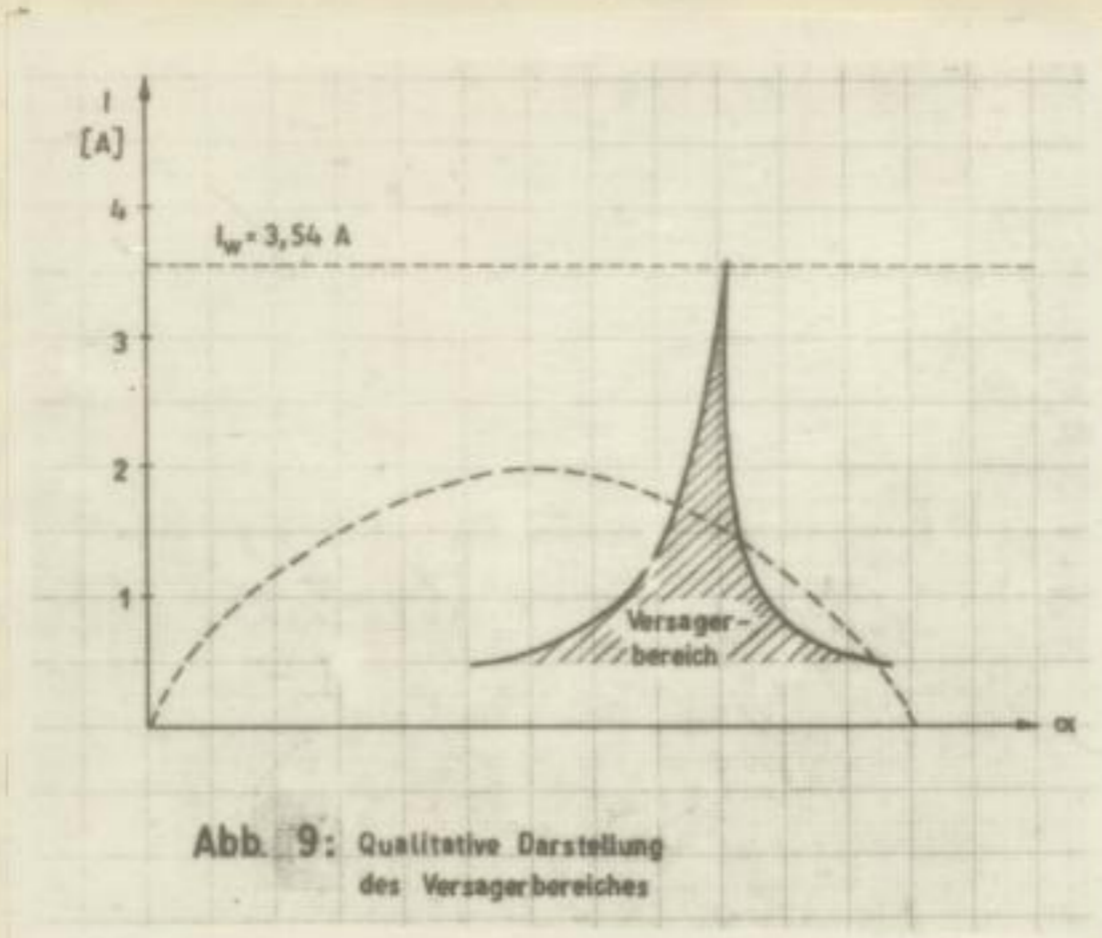


Abb. 9: Qualitative Darstellung des Versagerbereiches

Abbildung 9

betrachtenden Zünder mit $\Delta K = 0,21 \text{ m Ws}/\Omega$ und $t_{\text{Ü}} = 1 \text{ ms}$, die Wechselstrom-Grenzstromstärke $J_{\text{eff}} = 3,54 \text{ A}$.

Die Ermittlung des Versagerbereiches ist möglich durch Bestimmung der Integrationsgrenze α_0 in

$$K = \int_0^{\alpha_0} J_{\text{max}}^2 \cdot \sin^2 \alpha \, d\alpha, \text{ wobei zu beachten ist, daß}$$

$$K = K_{\text{min}} + \frac{\Delta K}{2} = 0,81 + \frac{0,21}{2} = 0,915 \text{ m Ws}/\Omega$$

$$K = 3,18 \cdot (J_{\text{eff}} - 1,4)^2 \cdot 1/2 (\alpha - \cos \alpha \cdot \sin \alpha) \Big|_0^{\alpha_0}$$

$$\alpha_0 - \cos \alpha_0 \cdot \sin \alpha_0 = \frac{2K}{3,18 \cdot J_{\text{max}}^2} = \frac{2 \cdot 0,915}{3,18 \cdot 4,9^2} = 0,026$$

Zur Bestimmung von α_0 wurde in Abbildung 11 die Funktion $\alpha - \cos \alpha \cdot \sin \alpha = C$ dargestellt, insbesondere deswegen, weil sich dieser Rechenvorgang später mehrmals wiederholt.

$$C = 0,026$$

Lage des Maximums $\alpha_0 = 19,5^\circ$

Wird die Zündstromstärke unter die Wechselstrom-Grenzstromstärke erniedrigt, so würden Versager auftreten. Innerhalb $t_{\text{Ü}}$ kann nicht mehr der notwendige Restimpuls ΔK zugeführt

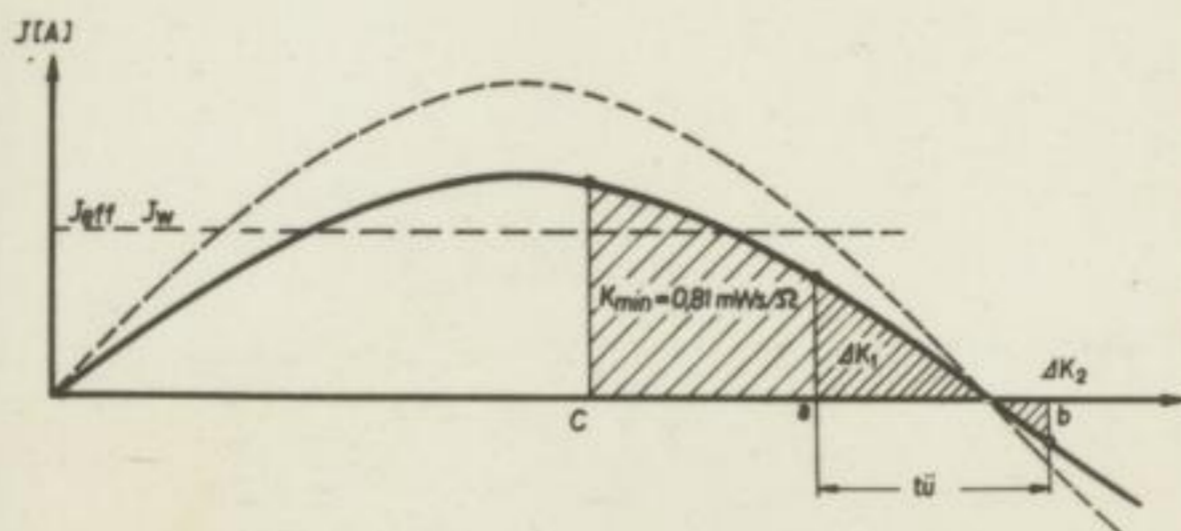


Abb. 12 Bestimmung des Versagerbereiches (Bereichgrenze „C“)

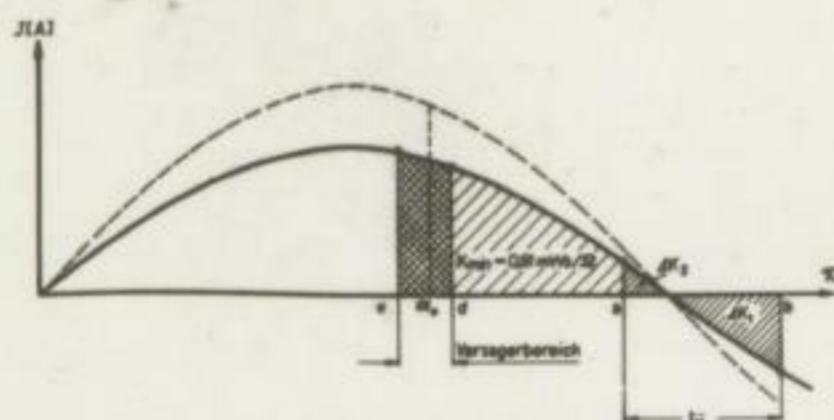


Abb. 14 Bestimmung des Versagerbereiches (Bereichgrenze „d“).

werden. Um dies zu erreichen, muß der Abschnitt t_{ii} asymmetrisch zum O-Durchgang liegen (Abb.12). ΔK_2 wird kleiner, ΔK_1 wird größer, aber die Zunahme von ΔK_1 geht schneller vor sich als die Abnahme von ΔK_2 , daher wird die Summe $\Delta K = \Delta K_1 + \Delta K_2$ bei der Verschiebung grösser. Der Betrag der Verschiebung muß in unserem Falle so groß sein, bis $\Delta K = 0,21 \text{ m Ws}/\Omega$. Im Diagramm 13 (s. Anlagen), Feld I sind die Impulsbeträge für ΔK_1 und ΔK_2 (bei $t_{ii} = 1 \text{ ms} = 18^\circ$) in Abhängigkeit von der Entfernung der Punkte a und b vom Nulldurchgang aufgetragen worden. Aus beiden ergibt sich die Summenkurve ΔK . Deren Schnittpunkt A mit der $0,21 \text{ m Ws}/\Omega$ - Linie legt den Betrag der Verschiebung fest.

Wir ermitteln nun den Punkt c als Beginn des Versagerbereiches. Um aus der Gleichung

$$K = 3,18 \cdot j_{\max}^2 \cdot 1/2 \cdot (\mathcal{L} - \cos \mathcal{L} \cdot \sin \mathcal{L}) \quad \left. \begin{array}{l} c \\ 0 \end{array} \right\}$$

die Grenze c in der oben erwähnten Weise bestimmen zu können, ist zunächst die Kenntnis von K erforderlich.

$$K = K_{\min} + \Delta K_1$$

ΔK_1 ist aus Diagramm 13/I durch Schnittpunkt b zu entnehmen. Der auf der Ordinate abzulesende Betrag stellt den Impulsbetrag von ΔK_1 bei der erforderlichen Verschiebung dar. Auf der Ordinate von Feld II sind die Werte um $K_{\min} = 0,81 \text{ [m Ws}/\Omega]$ überhöht dargestellt. also direkt $K = K_{\min} + \Delta K_1$ (bzw. $K = K_{\min} + \Delta K_2$).

$$\text{Nach } K = 3,18 \cdot j_{\max}^2 \cdot 1/2 (\mathcal{L} - \cos \mathcal{L} \cdot \sin \mathcal{L}) \quad \left. \begin{array}{l} c \\ 0 \end{array} \right\}$$

wurde mittels $(\mathcal{L} - \cos \mathcal{L} \cdot \sin \mathcal{L}) = 0$ die in Feld II eingezeichneten Abhängigkeitskurven $\mathcal{L} = f(K)$ für die zu untersuchenden Stromstärken $< 3,54 \text{ A}$ aufgestellt. Auf der Abszisse ist die gesuchte Entfernung des jeweiligen Punktes vom O-Durchgang abzulesen. Die untere Zahlenreihe stellt die Ergänzung zu 180° dar und gibt demzufolge die Entfernung vom vorausgegangenen O-Durchgang an.

Zur Ermittlung des Punktes d, von dem ab keine Versager mehr auftreten können, ist zunächst die Überlegung maßgebend, daß der Bereich t_{ii} um den gleichen Betrag aus der Symmetrie zum O-Durchgang zu verschieben ist wie bei der Bestimmung von c, jedoch nach der Gegenseite (Abb.14). Von dieser

Lage ab wird $\Delta K_1 + K_2 > \Delta K$.

Die Ermittlung im Diagramm 23 bleibt gleich. Es interessiert der Schnittpunkt C, da die Lage d von $K = K_{\min} + \Delta K_2$ bestimmt wird.

Auf diesem Wege wurde Lage und Breite des Versagerbereiches für die Stromstärke $J_{\text{eff}} = 3,0 \text{ A}$; $2,5 \text{ A}$ und $2,0 \text{ A}$ ermittelt.

Aus Abbildung 13/I ist ersichtlich, daß für die Stromstärke $1,5 \text{ A}$ selbst bei Verschiebung des Punktes a um 18° (d.h. um $t_{\text{ü}}$) $\Delta K = 0,21 \text{ m Ws}/\Omega$ nicht mehr als Summe von $\Delta K_1 + \Delta K_2 = K_1 + 0$ erreicht wird. Die Verschiebung muß $> 18^\circ$ sein. Dies trifft auch für die noch zu untersuchenden Stromstärken $1,0 \text{ A}$; $0,8 \text{ A}$ und $0,5 \text{ A}$ zu. Um noch Zündsicherheit zu gewährleisten, muß die Lage des Punktes a, b und c der Situation in Abbildung 15 entsprechen. (Um die Darstellungen gut übersichtlich zu gestalten, sind die Impulsbeiträge teilweise durch Pfeile dargestellt.)

In der dazugehörigen Abbildung 16 (s. Anlagen) ist in Feld I zu ermitteln, wie weit der Bereich $t_{\text{ü}}$ vom 0-Durchgang entfernt sein muß, um innerhalb $t_{\text{ü}}$ dem unempfindlichsten Zünder noch den Restimpuls ΔK zuzuführen. Der Schnittpunkt der Linie $\Delta K = \Delta K_1 - \Delta K_2$ mit der $0,21 \text{ m Ws}/\Omega$ -Linie ergibt für unseren Fall die gesuchte Lage. Die für die Bestimmung der Lage des Punktes c erforderliche Summe $K_{c-0} = K_{\min} + \Delta K_1$ (s. Abb. 15) ist auf der Ordinate 2 ersichtlich. Die Hilfslinie für K_1 kann in das Feld II verlängert werden. Der Schnittpunkt mit den Kurven $\mathcal{L} = f(K)$ ermöglicht es, auf der Abszisse die gesuchte Lage des Punktes c direkt abzulesen.

Für die Bestimmung der Lage des Punktes c ist gemäß Abbildung 17 Kenntnis der Differenz $K_{c-0} = K_{\min} - \Delta K_2$ erforderlich. ΔK_2 ist in bekannter Weise aus Feld I zu entnehmen. Die Differenz $K_{c-0} = K_{\min} - \Delta K_2$ ist als Ordinate 3 aufgetragen. Um den gleichen Wert auf der für das Feld II gültigen Ordinate 4 aufsuchen zu können, ist die Verbindung mit einer Hilfslinie durch den Punkt M erforder-

Lage ab wird $\Delta K_1 + \Delta K_2$.
 Die Ermittlung im Diagramm 23 bleibt gleich. Es in-
 teressiert der Schnittpunkt C, da die Lage d von $K = K_{min}$
 ΔK_2 bestimmt wird.
 Auf diesem Wege wurde Lage und Breite des Vorrangepo-
 nentes für die Stromstärke $I_{opt} = 3,0 A; 2,5 A$ und $2,0 A$
 ermittelt.
 Aus Abbildung 13.1 ist ersichtlich, daß für die Strom-
 stärke $I_{opt} = 2,5 A$ ein Wert $\Delta K = 0,21$ nicht mehr als Summe von
 $\Delta K_1 + \Delta K_2 = 0$ erreicht wird. Die Verschiebung nach $> I_{opt}$
 sein. Dies trifft auch für die noch zu untersuchenden
 Stromstärken $I_{opt} = 0,8 A$ und $0,5 A$ zu. Um noch zündstärker-
 heit zu gewährleisten, wird die Lage des Punktes a, b und c
 der Situation in Abbildung 13 entsprechend. (Um die Darstel-
 lungen gut übersichtlich zu gestalten, sind die zugehö-
 rigen Teilwerte durch Pfeile dargestellt.)
 In der darauffolgenden Abbildung 13 (e. Anlagen) ist in
 Feld I zu ermitteln, wie weit der Bereich f_{II} von 0 durch-
 gang entfernt sein muß, um innerhalb f_{II} den unvollstän-
 digsten Zündbereich nach den Restspannen K_{min} zu gewährleisten. Der
 Schnittpunkt der Linie $\Delta K = \Delta K_1 - \Delta K_2$ mit der $0,21$ in K_{min}
 -Linie ergibt für diesen Fall die gesuchte Lage. Die
 die Bestimmung der Lage des Punktes c erforderlich ist, wenn
 $K_{min} = K_{min} + \Delta K_1$ (s. Abb. 13) ist auf der Ordinate 2 er-
 zeichnet. Die Mittellinie für K_1 kann in das Feld II ver-
 längert werden. Der Schnittpunkt mit der Kurve $\Delta K = 0$ (K)
 ermöglicht es, aus der Abstand die gesuchte Lage des
 Punktes c direkt abzulesen.
 Für die Bestimmung der Lage des Punktes c ist gemäß
 Abbildung 13 Kenntnis der Differenz $K_{min} = K_{min} - \Delta K_2$
 erforderlich. ΔK_2 ist als bekannter Wert aus Feld I zu
 entnehmen. Die Differenz $K_{min} = K_{min} - \Delta K_2$ ist als Ord-
 nate 3 aufgetragen. Um den gleichen Wert auf der für das
 Feld II gültigen Ordinate 4 ablesen zu können, ist die
 Verbindung mit einer Mittellinie durch den Punkt 4 erfor-

derlich. Der gesuchte Punkt "d" wird wieder durch den Schnittpunkt mit den Linien $\alpha = f(K)$ bestimmt. Das Endresultat der Untersuchung ist in Abbildung 18 dargestellt.

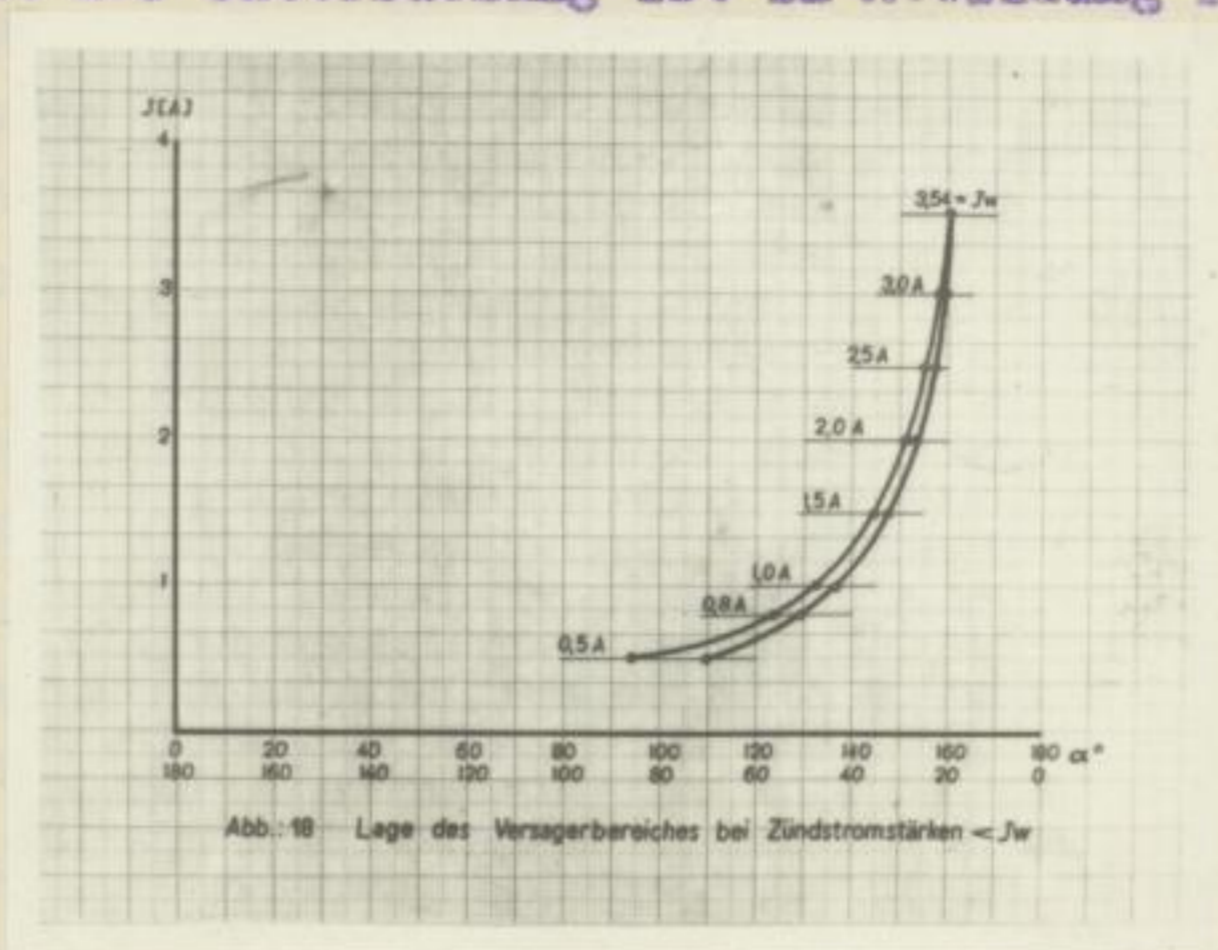


Abbildung 18

Die Prozentwerte der Versagerwahrscheinlichkeit sind aus Tabelle 7 zu entnehmen

Tabelle 7 Ermittelte Versagerwahrscheinlichkeit infolge Nulldurchgang der Stromkurve bei Wechselstromzündung				
J [A]	Lage - Punkt c α°	Lage - Punkt d α°	Breite des Versager- bereiches (Sp. 3 - Sp. 2)	Versager- wahrschein- lichkeit $\frac{Sp. 3 - Sp. 2}{100} \cdot 100\%$
1	2	3	4	5
0,5	(85,6) 94,4	(70,4) 109,6	15,2	8,5
0,8	(56,4) 123,6	(50,6) 129,4	5,8	3,2
1,0	(47,6) 132,4	(43,3) 136,7	4,3	2,4
1,5	(35,4) 144,6	(32,5) 147,5	2,9	1,6
2,0	(29,0) 151,0	(26,7) 153,3	2,3	1,3
2,5	(24,05) 155,15	(22,9) 157,1	1,95	1,1
3,0	(21,05) 159,15	(20,4) 159,6	0,45	0,25

Tabelle 7

Die ermittelten geringen Prozentwerte bestätigen die getroffene Feststellung, daß der Versagernachweis durch Zündversuche mit Wechselstrom sehr leicht zu Fehlurteilen führen kann. Selbst bei Erniedrigung der Stromstärke auf den praktisch noch interessierenden Wert von $J_{\text{eff}} = 0,5 \text{ A}$ ist lediglich mit einer Versagermöglichkeit von 8,5% zu rechnen.

Der Gesuchte Punkt "b" wird wieder durch den
Schnittpunkt mit den Linien $\alpha = \gamma$ (E) bestimmt. Das
Verhalten der Untersuchung ist in Abbildung 18 dargestellt.

Abbildung 18

Die Prozentwerte der Versagerwahrscheinlichkeit sind
aus Tabelle 7 zu entnehmen.

Tabelle 7

Die erhaltenen geringen Prozentwerte bestätigen die
getriebene Feststellung, daß der Versagerwahrscheinlichkeit durch
Zündversuche mit Wechselstrom sehr leicht zu bestimmen
kann. Selbst bei Zündzeitpunkt der Stromstärke auf
den praktisch noch in Betracht kommen darf von $U_{eff} = 0,5$
ist lediglich mit einer Versagerwahrscheinlichkeit von 0,2% zu
rechnen.

Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchung über
das Wechselstromschießen im praktischen Grubenbetrieb
(mit 0-Stufen):

1. Aus der vorliegenden Literatur war bislang nicht in eindeutiger Weise zu entnehmen, welche Zündstromstärke bei der Wechselstromzündung vorausgesetzt werden muß. Es wurde nachgewiesen, daß, von meßtechnisch bestimm- baren Daten der Zünder ausgehend, ein rechnerisch exak- ter Weg zur Bestimmung der Wechselstrom-Grenzstrom- stärke vorhanden ist. Die für die interessierenden Zünder des Sprengstoffwerkes Schönebeck gültige Wechselstrom-Grenzstromstärke wurde mit $J_w = 3,54 \text{ A}$ ermittelt.

2. Um für die Beurteilung der Versagerhäufigkeit eine zu- verlässige Bezugsgröße zu besitzen, wurde die Versager- häufigkeit bei Unterschreitung von J_w errechnet. Auch für diese Rechnung diente als Ausgangspunkt nicht die Annahme zu vermutender Faktoren, sondern die meßbaren Zünd^{er}daten. Die ermittelten Versagerhäufigkeiten für $1,0 \text{ A} = 3,2 \%$, $1,5 \text{ A} = 2,4 \%$, $2,0 \text{ A} = 1,6 \%$ erklären die Erscheinung, daß selbst bei relativ hohen Zünd- stromstärken die Versagerhäufigkeit in Gruben, die vorübergehend mit Eschbachzündern schossen, anstieg. Die geringe Höhe der Prozentzahlen sind für die er- wähnte Erscheinung typisch, daß trotz ordnungsgemäßer Zündanlage scheinbar unerklärliche Versager auftreten, für die auch durch nachträgliche Kontrolle keine Ur- sache gefunden wird.

Es sei zudem noch besonders darauf hingewiesen, daß für die Betrachtungen der ungünstigste Fall berück- sichtigt wurde, demzufolge in der Zünderkette gleich- zeitig der empfindlichste und der unempfindlichste Zünder vorhanden ist; d.h. die tatsächlich auftretende Versagerzahl wird sogar noch unter der errechneten Versagermöglichkeit liegen.

Diese Erkenntnisse sind zu beachten, wenn künftighin Millisekundenzündler im Kalibergbau verwendet werden.

Kennzeichnung der Ergebnisse der Untersuchung über
 die Wechselstrommaschinen im praktischen Betrieb
 (mit 0-21/100)

1. Aus der vorliegenden Literatur vor allem nicht in
 eingehender Weise zu entnehmen, welche Einflüsse
 bei der Wechselstrommaschine vorausgesetzt werden muß.
 Es wurde nachgewiesen, daß, von mathematischen Bestim-
 mungen Daten der Literatur ausgehend, ein technischer
 Fortschritt zur Bestimmung der Wechselstrom-Größen-
 verhältnisse vorhanden ist, die für die Untersuchung
 über den Zusammenhang zwischen den verschiedenen
 Wechselstrom-Größenverhältnisse wurde mit $\lambda = 2,54$ A
 ermittelt.

2. Um für die Beurteilung der Versuchsergebnisse eine an-
 vorläufige Aussagegröße zu besitzen, wurde die Versuch-
 zeit bei Untersuchung von λ ermittelt. Auch
 für diese Rechnung diente als Ausgangspunkt nicht die
 Annahme in vorerwähnter Literatur, sondern die nachher
 ermittelten Versuchsergebnisse für
 $1,0 A = 2,2 \lambda$, $1,5 A = 2,4 \lambda$, $2,0 A = 1,6 \lambda$ erklären
 die Rechnung, daß selbst bei relativ hohen Stö-
 rungsgrößen die Versuchsergebnisse in Ordnung, die
 vorübergehend mit Nachbessern zu versehen, möglich.
 Die geringe Höhe der Prozentzahlen sind für die er-
 wähnte Rechnung typisch, daß trotz unabhängiger
 Störungen scheinbar merkliche Versager auftreten.
 Für die nach dieser nachträglichen Kontrolle keine Er-
 scheinung tritt.

Es sei dabei noch besonders darauf hingewiesen, daß
 für die Bestimmungen der nachträglichen Kontrolle
 möglich war, dasselbe in der Literatur nicht
 möglich ist und deshalb auf der unvollständigen
 Literatur vorzuziehen ist; d.h. die tatsächlich erzielende
 Versuchsergebnisse sind noch unter der gegebenen
 Versuchsergebnisse liegen.
 Diese Ergebnisse sind zu beachten, wenn Klärtig-
 hin Mittelmaßnahmen in Betracht kommen verwendet
 werden.

b) Abschläge ohne 0-Stufen

Bei den bisherigen Veröffentlichungen gehen die Verfasser von der Überlegung aus, daß Abschläge ohne Nullstufen nur als Ausnahmefälle zu betrachten sind. Dies trifft besonders für den Steinkohlenbergbau und dementsprechend für die Untersuchungen der Versuchsstrecke Dortmund/Derne zu, durch die fast alle Arbeiten auf dem Gebiete der elektrischen Zündung ausgeführt worden sind. Im Kaliberbau der DDR wird dagegen z.Zt. der weitaus größte Teil aller Abschläge mit elektrischen Zundsehnurverzogerungszundern, also Zündern ohne Nullstufen gezündet.

Wenn auch die Situation hinsichtlich versagender Schüsse in diesem Falle günstiger ist, so wird nachfolgend bestätigt, daß trotzdem auch dabei Versagerprobleme vorhanden sind, die einer Klärung bedürfen.

Einige Versuchsergebnisse der Zündung von Brückenglühzündern A (ohne Sprengkapseln) des Sprengstoffwerkes Schönebeck wurden bereits im vorausgegangenen Abschnitt angeführt. Die als "sichere Ansprechstromstärke J_{SA} " definierte Grenzstromstärke ergab sich für Gleichstrom mit 0,26 A.

Die Ermittlung der sicheren Ansprechstromstärke wurde auch für Wechselstrom durchgeführt. (Tab.8)

Tabelle 8 Zündversuche zur Ermittlung der sicheren Ansprechstromstärke J_{SA} bei Wechselstromzündung					
J_{SA} [A]	Anzahl Zünd- der je Ket- te	Zahl der geprüfte Ketten	Zahl der geprüfte Zünd- er	Versager bei Kette	Anzahl der Versager
0,15	5	1	5	1	5
0,17	5	1	5	1	5
0,18	5	1	5	1	4
0,19	5	1	5	1	2
0,20	5	2	10	2	3
0,22	5	7	35	7	2
0,24	5	18	90	18	1
0,25	5	42	210	42	1
0,26	5	76	380	-	-

Tabelle 8

b) Abschläge ohne 0-Stufen

Bei den hierhergehörigen Vorrichtungen können die Vor-
 läufer von der Überlegung aus, daß Abschläge ohne Null-
 stufen nur als Ausnahmefälle zu betrachten sind, diese
 trifft besonders für den Stufenübergang und damit
 sprechend für die Ueberwindungen der Versuchsanordnungen
 (und) Dornen an, durch die fast alle Arbeiten mit dem
 Kiste der elektrischen Zündung ausgeführt werden sind.
 In Kältearbeiten der DOR wird dagegen n. 24. der Verlauf
 größte Teil aller Abschläge mit elektrischen Zündungen
 versorgt werden können, eine Lösung ohne Nullstufen
 der.

Wenn auch die Situation hinsichtlich verschieblicher
 Schritte in diesen Fällen günstiger ist, so sind noch folgende
 bestätigt, daß trotzdem auch dabei Versorgungen vor-
 handen sind, die einer Lösung bedürfen.

Einige Versuchsergebnisse der Lösung von Kälte-
 kühler A (ohne Sprengkapseln) der Sprengstoffwerke
 sind beobachtet worden, welche in vorausgesetztem Abstand
 angeführt, die als sichere Anordnungen n. 24. der
 Kiste Grenzwerte ergeben sind für die Distanzen mit
 0,25 A.

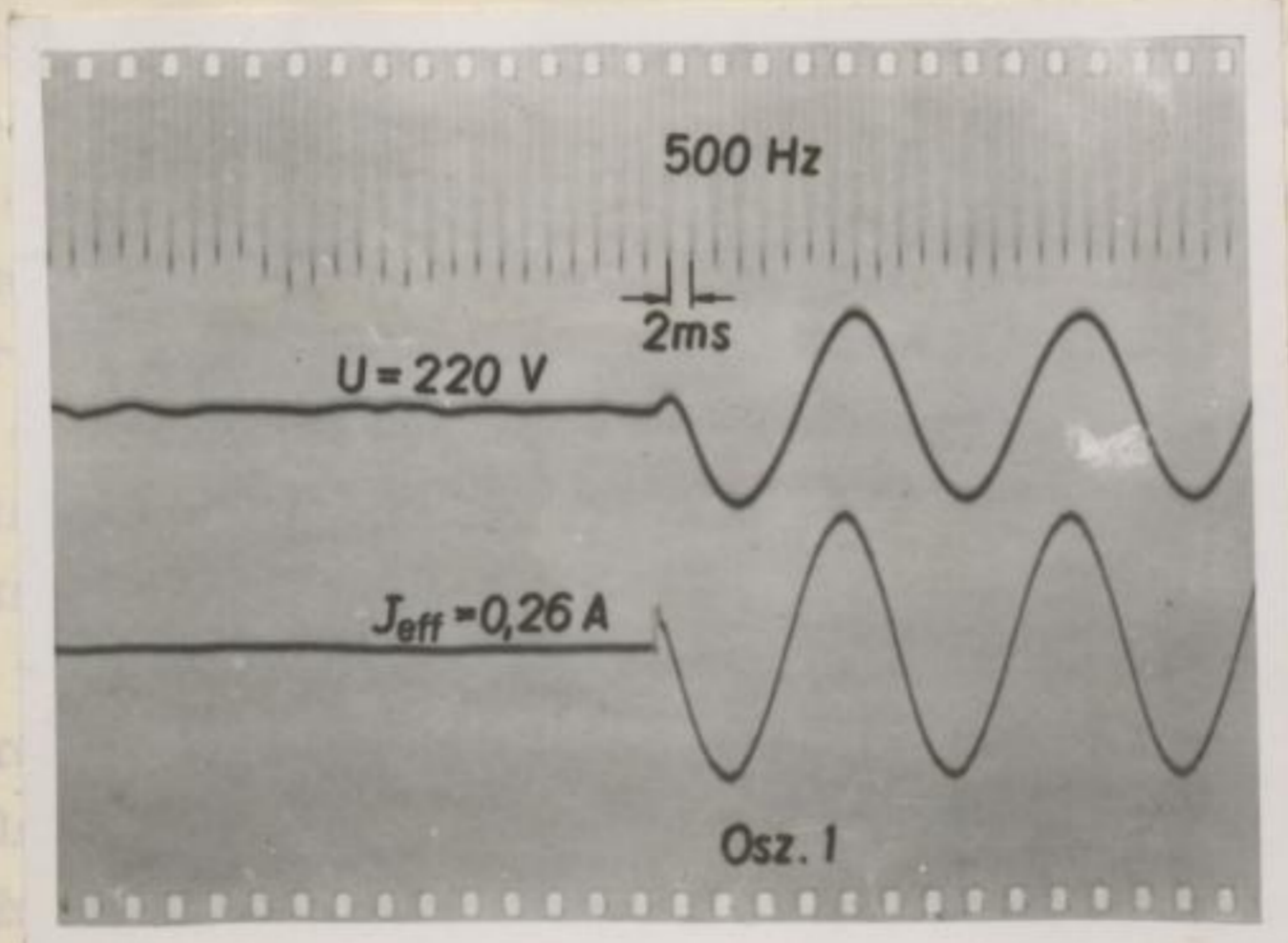
Die Ermittlung der sicheren Anordnungen wurde
 auch für verschiedene andere Fälle (Tab. 8)

Tabella 8

Aus der Tabelle 8 ist ersichtlich, daß die sichere Ansprechstromstärke mit $J_{SA} = 0,26 A_{\sim eff}$ genau so groß ist wie die entsprechende Stromstärke J_{SA} bei Gleichstrom. (s. Tabelle 5). Diese Feststellung ist keineswegs selbstverständlich. Wie nachfolgende Rechnungen ergeben, ist für die Zuführung des benötigten Zündimpulses von max. $1,02 mWs/\Omega$ mehr als eine Halbwelle erforderlich, d.h. der Verlauf des Zündstromes geht bis zur Zuführung des vollen Zündimpulses zunächst wieder durch 0. Da die Wärmezuführung im Zeitraum von [ms] vor sich geht, war zu vermuten, daß infolge des Nulldurchganges dementsprechend auch Wärmeabgabeverluste auftreten könnten. Als erstes Teilergebnis ist also festzustellen, daß die Ansprechstromstärke J_{SA} durch Gleichrichtung des Wechselstromes nicht erniedrigt werden kann. Dieses Ergebnis hat insofern Bedeutung für die Diskussion der Versagerhäufigkeit im Kalibergbau, weil seitens der Werke und der Sicherheitsbehörden wiederholt die Ansicht geäußert wurde, daß eine Gleichrichtung des Wechselstromes die derzeitigen Mängel beheben könnte. Wir sehen jedoch, daß die Tatsache des Nichtansprechens von Zündern infolge der nachgewiesenen zu niedrigen Stromstärken damit nicht behoben werden kann, weil $J_{SA_{\sim}} = J_{SA_{=}}$. Es müssen jedoch weitere Gesichtspunkte untersucht werden, um zu beurteilen, ob die Gleichrichtung des Wechselstromes beim Schießen ohne Nullstufen evtl. anderweitige Vorteile herbeiführen könnte. Die bei dieser Stromstärke abgetanen Zünder wurden anschliessend einer Durchgangsprüfung unterzogen. 5 % der Zünder zeigten keinen Stromdurchgang mehr.

Das Durchschmelzen der Zünder stellt eine bereits bekannte Erscheinung dar. Vorliegende Arbeit befaßt sich jedoch vor allem mit der Frage, welche Sicherheiten unter verschiedenen Voraussetzungen bei der praktischen Durchführung der elektrischen Zündung vorhanden sind. Deshalb genügt die Kenntnis nicht, daß ein Durchschmelzen der Glühbrücken auftritt, sondern es ist notwendig

Aus der Tabelle 5 ist ersichtlich, daß die sinuöse An-
 sprechstromstärke mit $I_{eff} = 0,26 \text{ A}$ genau so groß
 ist wie die entsprechende Stromstärke I_{eff} bei Gleich-
 strom (s. Tabelle 5). Diese Feststellung ist keineswegs
 selbstverständlich, wie nachfolgende Rechnungen ergeben.
 Für die Ermittlung des bestmöglichen Zündimpulses von
 max. $1,02 \text{ A}$ muß als eine Halbwelle erforderlich sein.
 d. h. der Verlauf des Zündstromes geht bis zur Zündung
 des vollen Zündimpulses zunächst wieder durch 0. Da die
 Überströmung im Zeitraum von $[ms]$ vor sich geht, war
 zu erwarten, daß infolge des Halbdurchganges der Zünd-
 strom auch Zündstromverläufe auftraten könnten. Als
 erstes Testergebnis ist also festzustellen, daß die An-
 sprechstromstärke I_{eff} durch Gleichrichtung des Wechsel-
 stromes nicht erniedrigt werden kann. Dieses Ergebnis
 hat theoretische Bedeutung für die Diskussion der Versager-
 häufigkeit im Kaltübertrag, weil letztere der Werte und
 der Sicherheitsabstände wiederholt die Analyse gelehrt
 wurde, daß eine Gleichrichtung des Wechselstromes die
 derzeitigen Mängel beheben könnte. Wir sehen jedoch, daß
 die Tatsache des Nichtansprechens von Zündern infolge



der vorliegenden Versuchsanordnungen bei der praktischen
 Durchführung der elektrischen Zündung vorhanden sind.
 Deshalb genügt die Kenntnis nicht, daß ein Zündstrom-
 von der Gleichstromart auftritt, sondern es ist notwendig

zu wissen, wie groß der Zündimpuls ist, der den Zündern
zugeführt wird, bis das Durchschmelzen eintritt, bzw.
welcher Überschuss über den unbedingt benötigten Zündim-
puls hinaus zur Verfügung steht. Abbildung 19 zeigt die
Untersuchungsgeräte.



Abbildung 19

Nachfolgend diskutierte Oszillogramme gehören zu Zündern, bei denen die Durchgangsprüfung ergab, daß die Glühbrücke durchgeschmolzen war. Von der Anzahl Oszillogramme, bei denen dies gleichermaßen der Fall war, wurden diejenigen mit der kürzesten Stromflußzeit ausgewählt.

Die Versuchsergebnisse werden zunächst für $0,26 A_{\text{eff}}$, $0,5 A_{\text{eff}}$, $0,8 A_{\text{eff}}$ und $1,0 A_{\text{eff}}$ besprochen.

a) $J_{\text{eff}} = 0,26 A = 0,36 A_{\text{max}}$

Berechnung des Zündimpulses einer Halbwelle

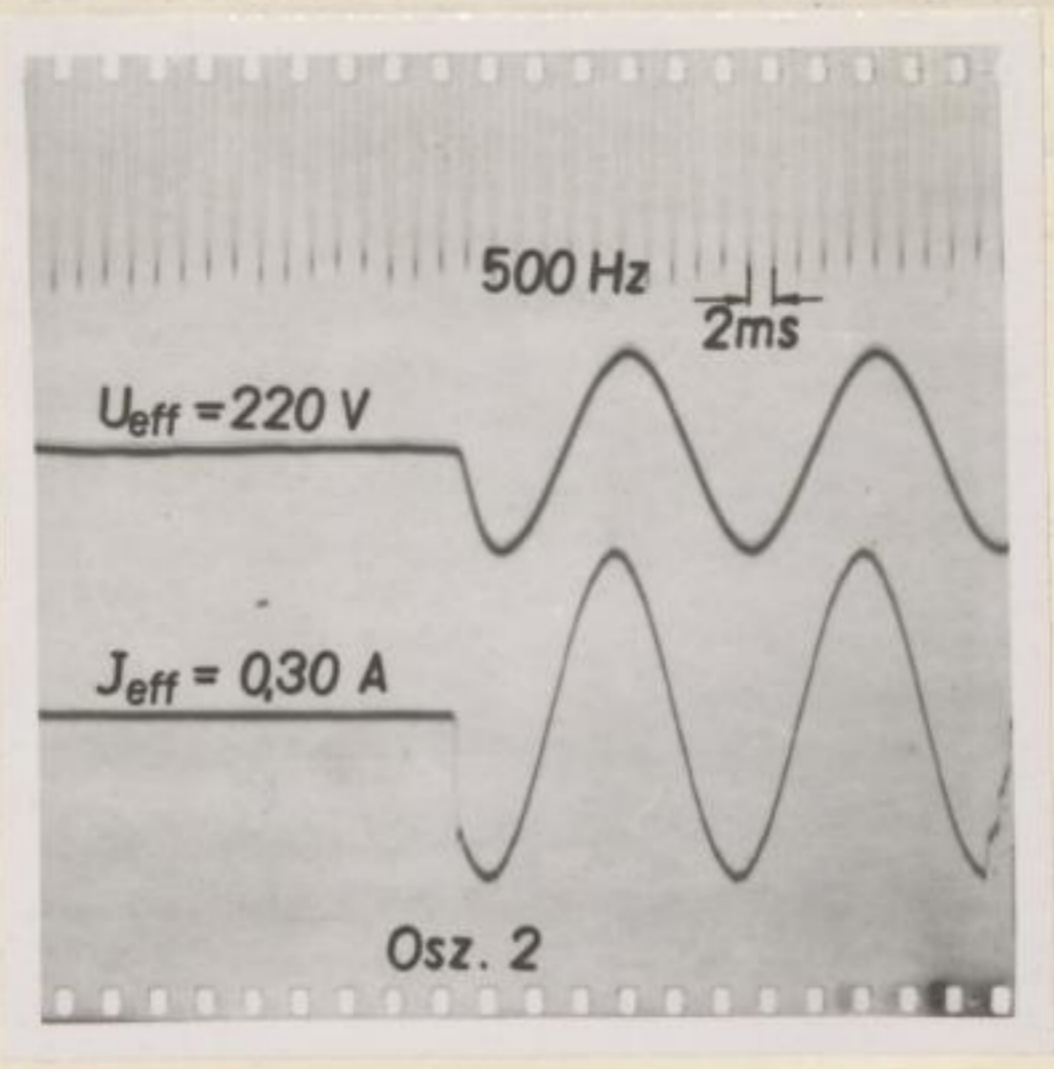
$$K = 3,18 \cdot J_{\text{max}}^2 \left[\frac{1}{2} (\alpha - \sin \alpha \cdot \cos \alpha) \right] \frac{L}{\omega}$$

$$= 3,18 \cdot (1,4 \cdot J_{\text{eff}})^2 \cdot \frac{1}{2} (3,14 - 0)$$

$$= 9,8 \cdot J_{\text{eff}}^2$$

$$= 9,8 \cdot 0,26^2 = \underline{\underline{0,66 \text{ m Ws} / \Omega}}$$

zu messen, wie groß der Wirkungsgrad ist, der bei den
Anschlüssen wird, die die Durchschmelzen elektrisch
lassen können. Es zeigt die



weilcher
pale
Unter

Abbildung 19

Nachfolgend diskutiere die Wirkungsgrade
bei denen die Durchschmelzen
durchgeschmolzen war. Von der Anzahl
denen diese, die kleineren der Fall war,
mit der kürzesten Zeit angeschlossen
Die Vorwärmzeit vor dem Anschluss
0,5 A, 0,5 A, 1,0 A, 1,0 A, 1,0 A

a) $J_{eff} = 0,30 \text{ A} = 0,30 \text{ A}$

Berechnung des Wirkungsgrades ein- und zweipolig

$$I = 3,18 \text{ A} \quad [1/2 \text{ (} \times \text{ - ist ok, cos } \phi \text{)}]$$

$$= 3,18 \cdot (1,4 - 0,7) = 0,77 \text{ S}$$

$$= 0,8 \cdot 0,77 = 0,616 \text{ S}$$

$$= 0,8 \cdot 0,77 = 0,616 \text{ S}$$

Um den Zündern den notwendigen Zündimpuls von $1,02 \text{ m Ws}/\Omega$ zuzuführen, genügen folglich bereits ca. 2 Halbperioden. Wir sehen aus dem Oszillogramm 1 einerseits, daß der Zündimpuls für eine sichere Zündung völlig ausreicht. (Der Durchschmelzpunkt im Oszillogramm 1 liegt mit ca. 10 Halbperioden außerhalb der Bildfläche.) Weiterhin ist festzustellen, daß die Regelmäßigkeit der Wechselstromkurve durch den Glühvorgang der Brücke nicht beeinträchtigt wird. In den Oszillogrammen ist als obere Spur die Zündspannung $220 \text{ V} \sim$ mitgeschrieben. Dadurch wird es möglich, bei kurzer Dauer des Zündstromflusses den Einschaltzeitpunkt zu kontrollieren.

$$b) J_{\text{eff}} = 0,30 \text{ A} = 0,42 A_{\text{max}}$$

$$K = 9,8 \cdot J_{\text{eff}}^2 = 9,8 \cdot 0,3^2 = 0,88 \text{ m Ws}/\Omega$$

Aus Oszillogramm 2 ist zu entnehmen, daß der Stromfluß bis zum Durchschmelzpunkt über ca. 4 Halbperioden erfolgt. Damit steht auch bei dieser Stromstärke noch der ~ 3 -fache Impulsbetrag zur Verfügung.

$$c) J_{\text{eff}} = 0,5 \text{ A} = 0,7 A_{\text{max}}$$

$$K = 9,8 \cdot J_{\text{eff}}^2 = 9,8 \cdot 0,5^2 = 2,45 \text{ m Ws}/\Omega$$

Aus Oszillogramm 5, 6, 7 (s.S. 62) geht hervor, daß der Stromfluß bei $0,5 \text{ A}$ über eine Halbperiode gewährleistet ist und damit gegenüber der Forderung $1,02 \text{ m Ws}/\Omega$ mindestens doppelte Sicherheit vorhanden ist. (Auf den Oszillogrammen 5, 6, 7 ist gleichzeitig aus schaltungstechnischen Gründen $J_{\text{eff}} = 1,0 \text{ A}$ mit aufgezeichnet. Auswertung dieser Stromstärke folgt.)

Aus Oszillogramm 7 läßt sich eine interessante Feststellung ableiten. Wir sehen, daß sich der Kurvenzug aus 2 Viertelperioden zusammensetzt. Die daraus resultierende Halbperiode mit $2,45 \text{ m Ws}/\Omega$ bietet gegenüber den Zündern des Sprengstoffwerkes Schönebeck mit $1,02 \text{ m Ws}/\Omega$ genügend Sicherheit. Die Herstellungsvorschrift erlaubt jedoch den

Um den Ländern den notwendigen Sündigungs von $1,02 \text{ mW}\Omega$ zu gewährleisten, genügen folgende Werte an S Länd-
 perioden. Wir sehen aus dem Oszillogramm 1 einseitige
 das der Sündigungs für eine einseitige Sündigung völlig aus-
 reicht. Der Durchschmelzpunkt im Oszillogramm 1 liegt
 mit ca. 10 Halberleben aufwärts der Bildmitte. Wei-
 terna ist festzustellen, daß die Negativität der
 Wechselstromkurve durch den Sündvorgang der Brücke
 nicht bedingungslos wird. In der Oszillogramm 1 ist als
 obere Spur die Sündspannung 220 V mitgeschrieben. Da-
 durch wird es möglich, bei Kurzer Dauer der Sündstrom-
 flusses den Einschaltzeitpunkt zu kontrollieren.

$$I_{\text{eff}} = 0,30 \text{ A} = 0,42 \text{ A}_{\text{max}}$$

$$k = 2,8 \cdot I_{\text{eff}}^2 = 2,8 \cdot 0,3^2 = 0,88 \text{ mW}\Omega$$

Aus Oszillogramm 2 ist zu entnehmen, daß der Sündstrom
 die zum Durchschmelzpunkt über ca. 4 Halberleben erfolgt.
 Damit steht auch bei dieser Stromstärke noch der ~ 3 -fache
 Impulsbetrag zur Verfügung.

$$I_{\text{eff}} = 0,5 \text{ A} = 0,7 \text{ A}_{\text{max}}$$

$$k = 2,8 \cdot I_{\text{eff}}^2 = 2,8 \cdot 0,5^2 = 2,45 \text{ mW}\Omega$$

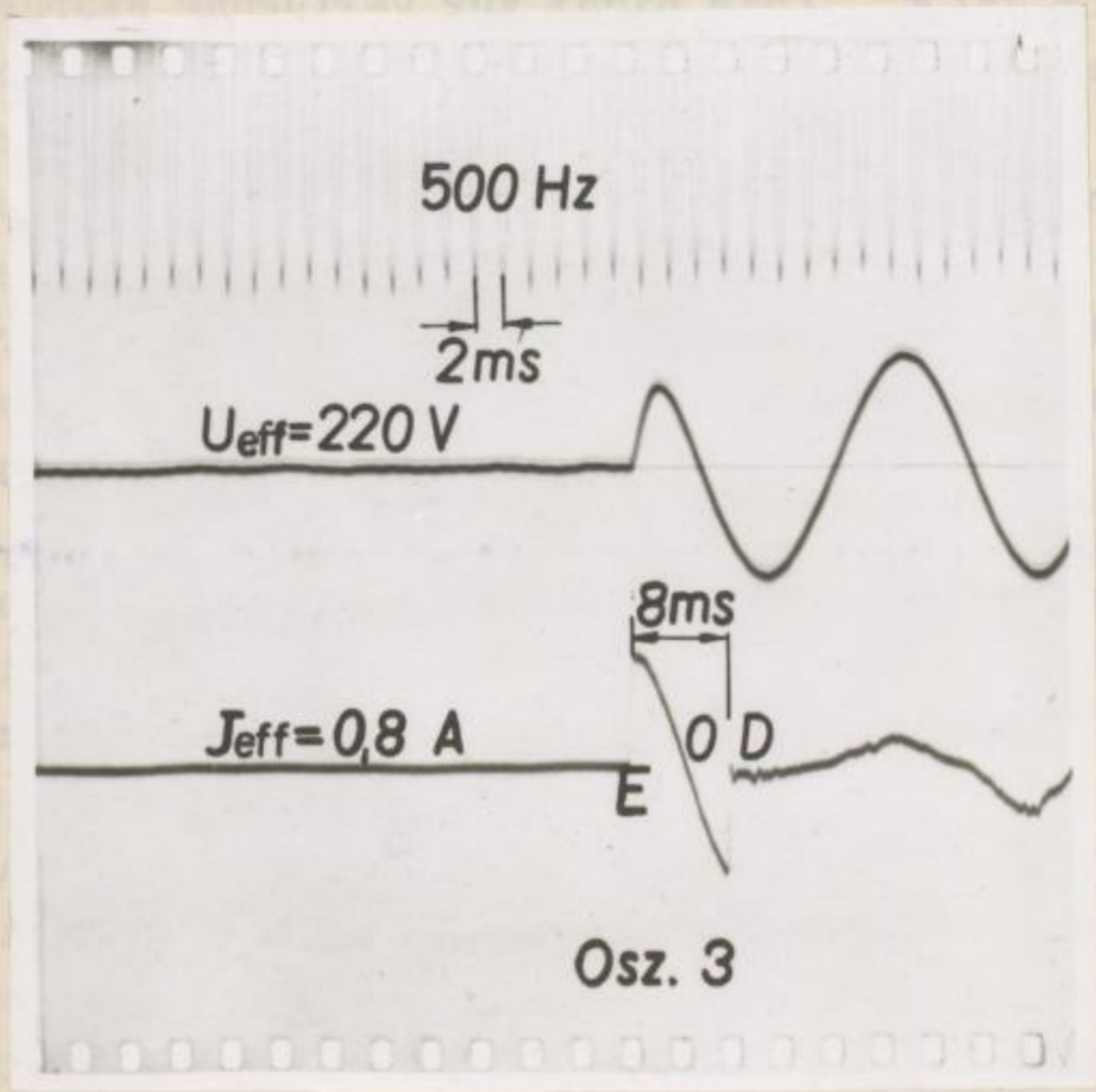
Aus Oszillogramm 2, 6, 7 (s. 2. 62) geht hervor, daß der
 Sündstrom bei $0,5 \text{ A}$ über eine Halberleben gewöhnlicher
 ist und damit gegenüber der Forderung $1,02 \text{ mW}\Omega$ min-
 destens doppelt übersteigt vorhanden ist. (Auf den Os-
 zillogramm 2, 6, 7 ist gleichzeitig aus schaltungs-
 technischen Gründen $I_{\text{eff}} = 1,0 \text{ A}$ mit aufgenommen. Auswertung
 dieser Stromstärke folgt.)

Aus Oszillogramm 1 läßt sich eine interessante Feststel-
 lung ableiten. Wir sehen, daß sich der Kurzstrom aus 2
 Viertelperioden zusammensetzt. Die daraus resultierende
 Halberleben mit $2,45 \text{ mW}\Omega$ bildet gegenüber dem Sündern
 des Spitzwertwertes Schmelzwerk mit $1,02 \text{ mW}\Omega$ genügend
 Sicherheit. Die Herstellungsvorschrift erlaubt jedoch den

Zündmittelfabriken Zünder herzustellen, deren Zündimpuls von $0,8 \text{ mWs}/\Omega$ bis $3,0 \text{ mWs}/\Omega$ betragen darf. Würde in diesem Bereich die obere Grenze gewählt, so könnten tatsächlich bei Verwendung von Wechselstrom bereits bei $0,5 \text{ A}$ Versager, infolge Durchschmelzens der Brücken, entstehen, auch wenn keine 0-Stufen im Abschlag vorhanden sind. Es kann der Einwand erhoben werden, daß bei Zündern mit hohen Zündimpulsen eine größere Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Durchschmelzvorgang vorhanden sein könnte. Die Untersuchungsergebnisse von Zündern im Bereiche $2,45$ bis $3,0 \text{ mWs}/\Omega$, (die nicht zur Verfügung standen), wären aber trotzdem nicht auf alle Zünderarten zu übertragen. Eine Erhöhung des Zündimpulses der Zünder braucht nicht unbedingt durch veränderte Eigenschaften der Glühbrücke hervorgerufen werden. Unter Beibehaltung sämtlicher physikalischer Eigenschaften der Brücken kann der Zündimpuls ebenfalls bis auf $3,0 \text{ mWs}/\Omega$ gesteigert werden, indem der Zündsatz erst bei einer höheren Temperatur anspricht. Es sei deshalb besonders hervorgehoben, daß sich die angegebenen Sicherheiten lediglich auf die interessierenden Zünder des Sprengstoffwerkes Schönebeck mit den niedrigen Zündimpulsen von $0,8 - 1,02 \text{ mWs}/\Omega$ beziehen. Genau wie die Ausnützung der Möglichkeit, daß im Bereich unter $0,8 \text{ A} = \text{Versager}$ auftreten dürfen, zu untragbaren Verhältnissen für die Schießarbeit im Kalibergbau führen würde, so wäre dies auch im Hinblick auf den Durchschmelzvorgang bei Erhöhung des Zündimpulses bis zur erlaubten Grenze der Fall.

Vor einer etwaigen Abänderung der augenblicklichen ~~empfindlichen~~ ~~Zündereigenschaften~~ Zündereigenschaften muß auch aus diesem Grunde dringend gewarnt werden. Dann würde sich die Gleichrichtung des Wechselstromes, die für Zünder ohne 0-Stufen und bei obengenannten Zündereigenschaften wirkungslos bleibt, als erforderlich erweisen.

$$d) J_{\text{eff}} = 0,8 \text{ A} = 1,12 \text{ A}_{\text{max}}$$



b) $J_{\text{eff}} = 0,8 \text{ A} = 1,12 \text{ A}_{\text{max}}$

Da mit steigender Stromstärke die Durchschmelzzeiten kürzer werden, ist eine Auswertung nach vielfachen Beträgen des Zündimpulses einer Halbperiode nicht mehr genügend genau.

Wesentlich ist auch die Untersuchung, ob bei kürzerer Durchschmelzzeit die Lage des Einschaltpunktes von Bedeutung ist. Wir stellten beim Schießen mit O-Stufen fest, daß bei bestimmten ungünstigen Einschaltpunkten auch noch bei anscheinend "normalen" Stromstärken Versager hervorgerufen werden können, weil nur die Übertragungszeit t_u zur Zuführung des Restimpulses ΔK für den unempfindlichsten Zünder zur Verfügung steht. Nachfolgende Oszillogramme zeigen, daß infolge des Durchschmelzvorganges auch beim Schießen ohne O-Stufen nur eine begrenzte Zeit zur Verfügung steht. Deshalb muß speziell für das Wechselstromschießen festgestellt werden, ob diese Zeit noch genügend lang ist, daß trotz Abfall der Stromkurve und Nulldurchgang bei verschiedenen Einschaltpunkten noch der benötigte Zündimpuls zugeführt wird und welche Sicherheit vorhanden ist. Es müssen deshalb Integrationsgrenzen eingeführt werden.

$$K = 3,18 \cdot J_{\max}^2 \left[\frac{1}{2} (L - \sin d \cdot \cos d) \right] \frac{D}{E}$$

- E = Einschaltpunkt
- D = Durchschmelzpunkt
- Oszillogramm 3:

$$\tilde{r} = 13 \text{ mm}, \quad 1 \text{ mm} = \frac{\tilde{r}}{13}$$

$$E - O = 5,5 \text{ mm} = \frac{5,5}{13} \cdot \tilde{r} = 0,42 \cdot \tilde{r} = 0,132 = 76^\circ$$

$$\text{Lagepunkt E} = 180^\circ - 76^\circ = 104^\circ$$

$$O - D = 4 \text{ mm} = \frac{4}{13} \cdot \tilde{r} = 0,307 \cdot \tilde{r} = 0,965 = 56^\circ$$

$$\text{Lagepunkt D} = 180^\circ + 56^\circ = 236^\circ$$

$$K = 3,18 \cdot (0,8 \cdot 1,4)^2 \cdot \frac{1}{2} \left[(\text{arc } 236^\circ - \sin 236^\circ \cdot \cos 236^\circ) - (\text{arc } 104^\circ - \sin 104^\circ \cdot \cos 104^\circ) \right]$$

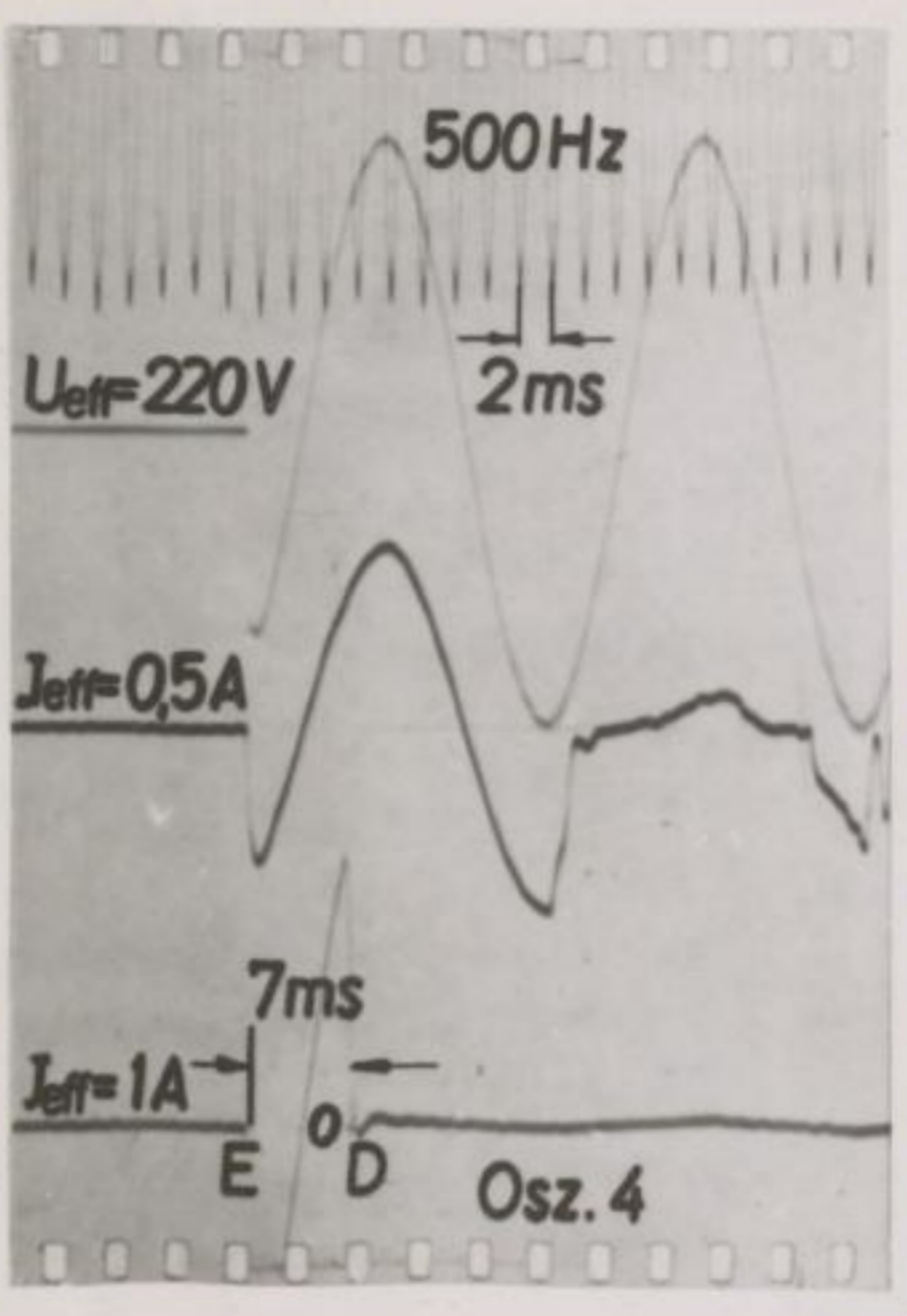
$$K = 3,24 \text{ mWs}/\Omega$$

Bergakademie
Freiberg

Da mit steigender Stromstärke die Durchschmelzzeit kürzer werden, ist eine Anwertung nach vielfachen Betriebs des Zündimpulses einer Halbwelle nicht mehr genügend genau.

Vessentlich ist auch die Untersuchung, ob bei kürzerer Durchschmelzzeit die Lage des Einschaltpunktes von Bedienung ist. Wir stellen beim Schließen mit 0-Steuer fest, daß bei bestimmten bestimmten Einschaltpunkten auch noch

sehr hervor-
gezeigt zu
empfindlichen
allgemeine
es auch beim
ist zur Verfü-
chalestrom-
noch genügend
d. W. d. d. d. d.
bedürftige
nicht vorhanden
eingeführt



bei annehmen
kürzer werden
zur Einführung
Zünder zur Ver-
zeigen, daß in
Schließen ohne
Gang steht. De
schließen fest
lang ist, daß t
bei verschiedenen
Zündimpulse aus
ist. Es müssen
werden.

(100)

E = Einschaltpunkt
D = Durchschmelzpunkt
Oszillogramm 3:

$\tau = 23 \text{ ms}$, $I = \frac{U}{R}$
 $E - 0 = 2,5 \text{ ms} = \frac{2,5}{23} \cdot 100 = 10,87^\circ$
 Lagepunkt E = $180^\circ - 10,87^\circ = 169,13^\circ$
 $O - D = 4 \text{ ms} = \frac{4}{23} \cdot 100 = 17,39^\circ$
 Lagepunkt D = $180^\circ + 17,39^\circ = 197,39^\circ$
 $K = 3,18 \cdot (0,8 \cdot 1,4)^2 = 12,4$ (bei 230° bis 236°)
 (bei 104° bis 104°)
 cos 104°

$K = 3,24 \text{ m Ws}$

Bei einem Vergleich mit der 0,5 A-Linie in Oszillogramm 7 ist festzustellen, daß wohl die Durchschmelzzeit von 10 auf 8 ms herabgemindert wurde, daß aber andererseits durch die quadratisch eingehende, höhere Stromstärke der zugeführte Zündimpuls sogar größer ist. Diese Feststellung ist bei der Beurteilung der Frage, ob das Durchschmelzen der Glühdrähte nach kurzen Zeiträumen unbedingt zu Versagern führen muß, von außerordentlicher Bedeutung. Wir finden die oben angeführte Notwendigkeit bestätigt, daß die Betrachtung der Durchschmelzzeiten allein zu Trugschlüssen führt. Entscheidend ist der zugeführte Zündimpuls, also Durchschmelzzeit und Stromstärke. Damit wird für unseren Untersuchungsfall des Wechselstromes der Verlauf der Wechselstromkurve zwischen Einschalt- und Durchschmelzpunkt in die Betrachtung einbezogen.

$$e) J_A = 1,0 A = 1,4 A_{\max}$$

Oszillogramm 4:

$$T = 11,5 \text{ mm}, \quad 1 \text{ mm} = \frac{T}{11,5}$$

$$E - O = 4 \text{ mm} = \frac{4}{11,5} T = 0,348 T = 63^\circ$$

$$\text{Lagepunkt E} = 180^\circ - 63^\circ = 117^\circ$$

$$O - D = 4 \text{ mm} = \frac{4}{11,5} T = 0,348 T = 63^\circ$$

$$\text{Lagepunkt D} = 180^\circ + 63^\circ = 243^\circ$$

$$K = 3,18 (1,0 \cdot 1,4)^2 \cdot 1/2 [(\text{arc } 243^\circ - \sin 243^\circ \cdot \cos 243^\circ) - (\text{arc } 117^\circ - \sin 117^\circ \cdot \cos 117^\circ)]$$

$$K = 4,35 \text{ m Ws} / \Omega$$

=====

Trotz weiterer Verkürzung der Durchschmelzzeit wurde eine Zunahme des Zündimpulses errechnet. Damit wird die oben angestellte Überlegung nochmals bestätigt.

Die Oszillogramme 5, 6 und 7 wurden nach der gleichen Methode rechnerisch ausgewertet. Die ermittelten Zündimpulse betragen:

Oszillogramm 5 = 3,02 m Ws/Ω

Oszillogramm 6 = 2,8 m Ws/Ω

Oszillogramm 7 = 2,7 m Ws/Ω

Wir stellen aus den Kurvenbildern fest, daß der Einschalt-
punkt in diesen Oszillogrammen in der Nähe des Amplituden-
maximums liegt. Bei den vorher betrachteten Oszillogram-
men lag der Einschaltzeitpunkt vor dem Nulldurchgang. Dabei
wurde ein höherer Impulsbetrag zugeführt wie bei den Os-
zillogrammen 5,6 und 7. Daraus geht hervor, daß auch beim
Zünden von Schüssen ohne O-Stufen der Durchgang der Wechsel-
stromkurve durch den O-Punkt nicht die gefährliche Ein-
schaltstelle im Zündbereich darstellt. Es trifft gerade
das Gegenteil zu. Dies ist bedingt durch die Abnahme des
Zündstromes vor dem O-Durchgang. Wird in diesem Zeitpunkt
eingeschaltet, so bleiben die Glühbrücken längere Zeit
für den Stromfluß erhalten. Damit ist ein weiterer Nach-
weis für die Feststellung gefunden, daß die Verwendung
von technischem Wechselstrom trotz des Durchschmelzvor-
ganges der Brücken keinen Nachteil gegenüber Gleichstrom
bedeutet und somit nicht als Begründung für die große
Versagerhäufigkeit im Kalibergbau herangezogen werden kann.

Diese Untersuchungsergebnisse können als Grundlage für
Gespräche mit den Sicherheitsbehörden dienen.
Verfasser stellte während der Durchführung von Schießar-
beiten in mehreren Grubenbetrieben, vor allem bei Abteuf-
arbeiten, fest, daß den Betriebsleitungen größte Schwie-
rigkeiten bei der Bewilligung von Sondergenehmigungen für
das Wechselstromschießen bereitet werden (mit Ausnahme des
Kalibergbaues). Wir erkannten aus den bisherigen Ergebnissen
dieser Arbeit, daß die Zündung von Abschlägen mit O-Stufen
sogar weitaus höhere Stromstärken für ein absolut versa-
gerfreies Schießen erfordert, als allgemein im praktischen
Grubenbetrieb zur Verfügung steht.
Dagegen könnte die Erlaubnis für das Wechselstromschießen
ohne Bedenken erteilt werden, wenn als einschränkende
Bestimmung dem Betrieb auferlegt wird, daß keine O-Stufen
(Momentzündler) mit im Abschlag vorhanden sind. Wir stellten

fest, daß in diesem Fall durch den Wechselstrom weder eine Benachteiligung infolge Erniedrigung der sicheren Ansprechstromstärke noch Mängel durch den Durchschmelzvorgang und die O-Durchgänge auftreten.

Betrieblich ist diese Einschränkung nur in den Fällen nicht tragbar, wenn bei Verwendung von Eschbachzündern (oder Millisekundenzündern) bereits mit der vorhandenen Zahl der Verzögerungsstufen schwierig auszukommen ist, oder wenn der Einbruch unbedingt mit Momentzündern geschossen werden muss. Interessant war die Feststellung, daß in Streckenvortrieben oft für den Einbruch Zündschnurzündler verwendet werden, bei denen die Verzögerungsschnur unmittelbar an der Zündhülse abgeschnitten wird. Die Hauer beharrten in ihrer Meinung, daß sie damit Momentzündler hergestellt hatten, zumal die Schußwirkung einwandfrei war und eine zeitliche Verzögerung zwischen den Schüssen mit dem Gehör nicht immer wahrnehmbar ist. Die Nachprüfung im Labor ergab, daß der im Zünder noch verbleibende Zündschnurrest eine Streuung der Schüsse von durchschnittlich rd. 300 ms hervorrief. Auf Eschbachzündler übertragen bedeutet dies, daß dann auch die Stufe 1 (500 ms Verzögerung, max. $\Delta t = \pm 250$) der Eschbachzündler für den Einbruch verwendet werden kann, wobei aber zu bemerken ist, daß dieser Weg nicht für alle Fälle, z.B. nicht in außergewöhnlich hartem Gestein zu empfehlen ist.

dass, dass in diesem Fall durch den Verzicht der
 eine vollständige Kausalität der Entstehung der
 Anwesenheit der noch Mängel durch den
 Vorgang und die U-Durchgänge auftreten.
 Betreffend ist diese Einschränkung nur in den Fällen
 nicht fragbar, wenn bei Verwendung von Fachbegriffen
 (oder Missverständnissen) bereits mit der vorliegenden
 Kraft der Vorübergehenden Kenntnis auszureichen ist,
 oder wenn der Ausdruck unbedingt mit Nennungen ge-
 bräuchlich werden muss. Insbesondere war die Feststellung
 der in der Sachverhaltsbeschreibung als für den Zustand
 nicht vorhanden werden, bei denen die Vorübergehenden
 unmittelbar an der Abgrenzung abgegrenzt wird, die
 hier bestritten in ihrer Meinung, dass die damit
 anders hergeleitet werden, wenn die Sachverhalte einand-
 er und eine zeitliche Vorübergehende zwischen den
 Subjekten mit dem Gehör nicht immer wahrnehmbar ist, die
 Hauptwirkung in Labor ergibt, dass der in einem noch vor-
 liegende Sachverhalt eine Störung der Substanz von
 durchgehend ist, die im vorliegenden auf Sachverhalte
 der Übertragung bedeutet dies, dass dann auch die Stufe I
 (500 als Vorübergehende, max. $\Delta t = 250$) der Sachverhalte
 für den Zustand verwendet werden kann, wobei auch
 bewirkt ist, dass dieser Vorgang nicht für alle Fälle, die
 nicht in einem gewissen kurzen Zustand zu erklären ist.

6. Untersuchung extrem hoher Zündstromstärken

In den vorausgegangenen Abschnitten wurde für den Kalibergbau nachgewiesen, daß der in die Zünder gelangende Zündstrom in der Menzzahl der Fälle auch nicht annähernd die vorgeschriebene Stärke erreicht. Es ist gewiß, daß die dadurch hervorgerufene Versagerhäufigkeit gemindert werden kann, wenn die Zündspannung, in diesen Falle die Netzspannung am Schießschalter, allgemein erhöht würde. Dabei ist jedoch zu beachten, daß auch gelegentlich Abbaue mit geringen Schußzahlen gezündet werden. Handelt es sich dabei um Abbaue, deren Schießleitungen in einem (relativ) ordentlichen Zustand sind, so treten dann Stromstärken auf, die abnormal hoch sind.

Diagramm 4 zeigte, daß entgegen den Verhältnissen bei 220 V (Diagr. 3) nach einer Umstellung auf 380 V selbst bei 200Ω Leitungswiderstand und 16 Gängen die Stromstärke nicht mehr unter 0,8 A absinkt.

Angesichts dieser Vorteile ist es notwendig, zu untersuchen, ob möglicherweise andererseits Nachteile durch zu hohe Stromstärken bei geringer Belastung in Erscheinung treten können. Dies gilt gleichfalls auch für die bislang übliche Zündung mit 200 V, denn auch bei dieser Spannung können gemäß Diagramm 1 und 2 hohe Ströme unter entsprechenden Voraussetzungen hinsichtlich R_s und Schußzahl auftreten. Die bereits bis $1,0 A_{\text{eff}} = 1,4 A_{\text{max}}$ angestellten Untersuchungen müssen deshalb weitergeführt werden.

B e y l i n g und D r e k o p f , die anscheinend die Probleme der elektrischen Zündung sehr eingehend behandelt haben, bemerken lediglich, "daß gelegentlich durch zu hohe Zündstromstärken Versager auftreten können." [1]

B l a n a erachtete bereits die Existenz der Tatsache, daß gemäß seinen Versuchen der Durchschmelzvorgang innerhalb kurzer Zeiten verläuft, als hinreichenden Beweis für die Möglichkeit von Versagern [2]. Demnach blieben folgende Untersuchungen noch offen:

1. Praktische Zündversuche mit hohen Stromstärken, die dem unmittelbaren Nachweis von Versagern bei Hintereinanderschaltung mehrerer Zünder dienen müssen.
2. Einbeziehung der wesentlichen Betrachtungen über den Zündimpuls. Es wurde weiter oben bereits angedeutet, daß nicht die Tatsache des Durchschmelzens an sich als Kriterium für die Versagermöglichkeit gelten kann. Entscheidend ist, ob im Zeitraum bis zum Durchschmelzen der zur sicheren Zündung notwendige Zündimpuls zugeführt worden ist.

Zu 1: Versuchsdurchführung

5 Brückenglühzünder A in Hintereinanderschaltung

Zündstromstärken $J_{\text{eff}} = 6 \text{ A}, 10 \text{ A}, 20 \text{ A}$

($J_{\text{max}} = 8,4 \text{ A}, 14 \text{ A}, 28 \text{ A}$)

Die Zünder waren nicht mit Sprengkapseln versehen, da von vornherein vorauszusetzen ist, daß die Durchschmelzzeit kürzer als die Reaktionszeit von Zünder und Sprengkapsel sein muß, um überhaupt Versager hervorzurufen. Die Unterbrechung des Stromkreises wird nicht durch die Sprengkapsel herbeigeführt, sondern durch den Schmelzvorgang (s. Punkt 2). Anzahl der geprüften Zünder: Von jeder Stromstärke wurden 120 Ketten mit je 5 Zündern geprüft. Die Prüfung an weiteren 800 Zündern erfolgte mit 40 Ketten zu je 20 Zündern bei $J_{\text{eff}} = 10 \text{ A}$. Insgesamt wurden also 2400 Zünder untersucht.

Resultat: Zündung erfolgte ohne Versager.

Folgerungen: Selbst für den Fall, daß bei der Prüfung einiger tausend Zünder ein Versager auftreten sollte, wäre dies hinsichtlich des geringen Prozentanteiles nicht von praktischer Bedeutung. Es muß beachtet werden, daß die Arbeit den Nachweis erbringen soll, welche Ursachen die Versagerhäufigkeit von 4 % im untersuchten Werke hervorrufen. Die vorausgegangenen Abschnitte zeigten deutlich, daß die in die Zünder gelangenden Stromstärken zu niedrig sind. Es wäre deshalb von betrieblichen Standpunkt aus gesehen empfehlenswerter mit höheren Zündspannungen zu arbeiten; selbst auf die Möglichkeit hin, daß dabei gelegentlich ein Versager auftreten sollte, zumal dieser Versager noch nicht einmal nachgewiesen werden konnte.

1. Praktische Zündversuche mit hohen Stromstärken, die den unmittelbaren Nachweis von Versagern bei Hinter-einüberschaltung mehrerer Zünder dienen müssen.

2. Klärung der wesentlichen Ursachen über den Zündausfall. Es wurde weiter oben bereits angedeutet, daß nicht die Tatsache des Durchschmelzens an sich als Kriterium für die Versagerfähigkeit gelten kann. Entscheidend ist, ob im Zeitraum bis zum Durchschmelzen der zur sicheren Zündung notwendige Zündimpuls zugeführt worden ist.

Zu 1: Versuchsdurchführung

2. Zündversuch mit A in Hinter-einüberschaltung

$$I_{\text{eff}} = 6 \text{ A, } I_{0 \text{ A}}, 20 \text{ A}$$

$$I_{\text{max}} = 8,4 \text{ A, } 14 \text{ A, } 22 \text{ A}$$

Die Zünder waren nicht mit Sprengkapseln versehen, da vor-herige Versuche zeigten, daß die Durchschmelzzeit durch die Reaktionszeit von Zünder und Sprengkapsel sehr groß, im wesentlichen Versager hervorruft. Die Zünd-ordnung des Zündschleifers wird nicht durch die Sprengkapsel-empfindlichkeit, sondern durch den Umschaltvorgang (s. Punkt 2) beeinflußt. Bei jeder Zündversuch wurden 120 Zünder mit je 2 Zündern getriggert. Die Prüfung an weiter von 500 Zündern erfolgte mit 40 Zündern zu je 20 Zündern bei $I_{\text{eff}} = 20 \text{ A}$. Insgesamt wurden also 2400 Zünder unter-sucht.

Resultat: Zündung erfolgte ohne Versager.

Ergebnisse: Selbst für den Fall, daß bei der Prüfung ei-niger tausend Zünder ein Versager auftreten sollte, wäre dies hinsichtlich des geringen Prozentsatzes nicht von praktischer Bedeutung. Es muß beachtet werden, daß die Zeit des Nachweises sehr gering sein soll, welche Ursachen die Ver-antwortlichkeit von 4 bis im wesentlichen keine Verantwortung die versagereigenen Ausschüsse zeigen könnten, daß die in die Zünder gelangenden Stromimpulse zu niedrig sind. Die Zündung erfolgte ohne Versager. Es muß beachtet werden, daß die Zündung mit höherer Zündspannung zu einem Ausfall führt, daß dabei ein Versager auftreten sollte, zumal dieser Versager nicht einmal nachgewiesen werden konnte.

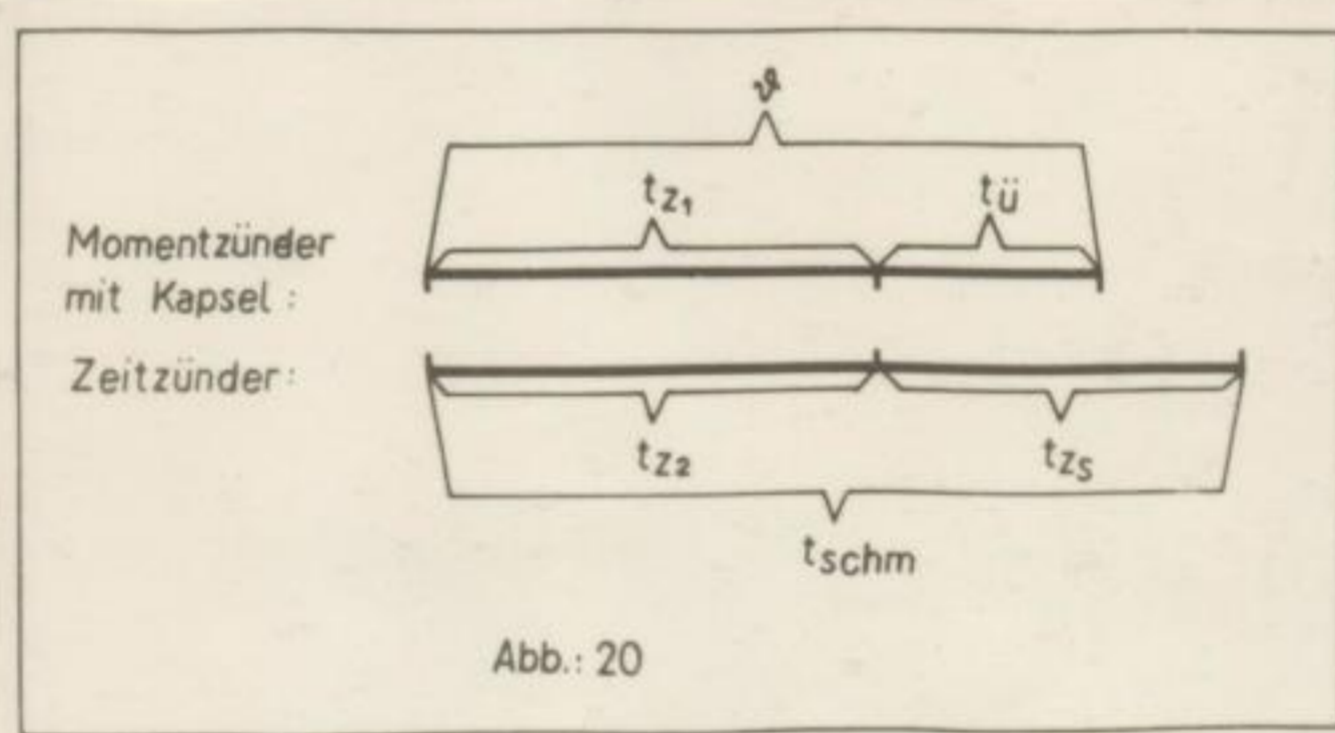
Zu 2: Betrachtungen über den Zündimpuls

Nachfolgend ein Vergleich zwischen einem Momentzünder, dessen Stromfluß durch die detonierende Sprengkapsel unterbrochen wird und einem Zünder, in dem die durchschmelzende Brücke den Stromfluß unterbricht. Es sind 5 Fälle möglich. Für alle Fälle soll gelten:

$$J_1 = J_2 \text{ und } K_1 = K_2, \text{ dann ist auch } t_{z1} = t_{z2}$$

a) Die Zündstromstärke soll vorerst so gering sein, daß noch kein Durchschmelzen eintritt. Für die Zünder des Sprengstoffwerkes Schönebeck ist dies bis $\sim 0,3 \text{ A}$ der Fall. Versager können lediglich durch Unterschreiten der sicheren Ansprechstromstärken auftreten.

b) Reaktionszeit < Schmelzzeit (Abb.20)



Im Schema werden zwei Definitionen t_{schm} und t_{zs} erwähnt, die in der Literatur noch nicht eingeführt sind.

Die Zündzeit t_z ist in ihrer Bedeutung auch bei Zündern ohne Sprengkapsel beizubehalten. Am Ende der Zündzeit t_z ist die zur Entflammung des Zündsatzes erforderliche Temperatur erreicht. Von diesem Zeitpunkt ab beginnt eine Periode des Glühvorganges, die unerwünscht ist. Infolge weiterer Wärmezuführung wird die Brücke zerstört. Diesem Zeitabschnitt t_{zs} entspricht beim Zünder mit Sprengkapsel (0-Stufe) die Zeit $t_{\ddot{u}}$. Es besteht lediglich der Unterschied, daß die Zerstörung nicht durch gesteigerte Wärmezuführung, sondern durch die Detonation der Kapsel hervor-

zu 2. Betrachtungen über den Zustand
Nachfolgend ein Vergleich der beiden
Gassen (Strecken) durch die Betonierarbeiten
untersuchen wird mit einem Kunden, der die
schonende Fläche der Strecke untersucht, so dass
2 Teile möglich, für alle Fälle möglich

$$v_1 = \frac{1}{2} \text{ und } k_1 = k_2, \text{ dann ist nach } v_2 = \frac{1}{2}$$

- a) Die Zugsdruckkräfte soll vorerst so gering sein,
noch kein Durchschneiden eintritt. Die die
Spritzbetonwerke Schmelze für die
Teil. Versager können jedoch durch
der anderen Anordnungen zu vermeiden
- b) Reaktionszeit < Reaktionszeit (Abb. 20)

in diesem werden zwei Definitionen
die in der Literatur noch nicht existieren
die Reaktionszeit t_r ist die Zeit, die
eine Spritzbetonwerk betriebsbereit ist. In
ist die zur Entfernung des Betons
Verfahren anzuwenden. Von diesem Zeitpunkt
bis zum Durchbruch, die Reaktionszeit
weiterhin Reaktionszeit wird die Reaktionszeit
Reaktionszeit t_r entspricht beim Kunden mit
(0-Stufe) die Reaktionszeit. In diesem
sollte, für die Reaktionszeit nicht durch
aufklärung, sondern durch die Betonierarbeiten

gerufen wird. Da sowohl die Zuführung der Wärme im Zeitraum bis zur Entzündung als auch während der Zeit t_{zs} gemeinsam zum Durchschmelzen beiträgt, ist der Ausdruck Schmelzzeit t_{schm} für die Summe beider Zeiten gerechtfertigt. Die Schmelzzeit t_{schm} entspricht dann im übertragenen Sinne der bekannten Reaktionszeit. Für den skizzierten Fall "b" gilt $t_{ü} < t_{schm}$, d.h. $t_{ü} < t_{zs}$. Selbst dann, wenn t_{zs} gegen $t_{ü}$ konvergiert, so ist t_{zs} trotzdem die Zündung t_{zs} sicherer als mit scharfen Momentsündern, da ein Zeitraum $> t_{ü}$ für die Entflammung des trägsten Zünders zur Verfügung steht, bis die Brücke durchgeschmolzen ist. Die Zeit t_{schm} ist oszillographisch meßbar.

t_z ist nach

$$t_z = \frac{K}{J^2} \quad \text{zu errechnen.}$$

t_{zs} ergibt sich aus $t_{schm} - t_z$.

Die Kontrolle auf Versagersicherheit muß lauten:

$$t_{ü} \geq \frac{\Delta K}{J^2}, \quad \text{d.h. in unserem Falle } t_{zs} \geq \frac{\Delta K}{J^2}.$$

c) $t_{ü} = t_{schm}$

$t_{ü} = t_{zs}$

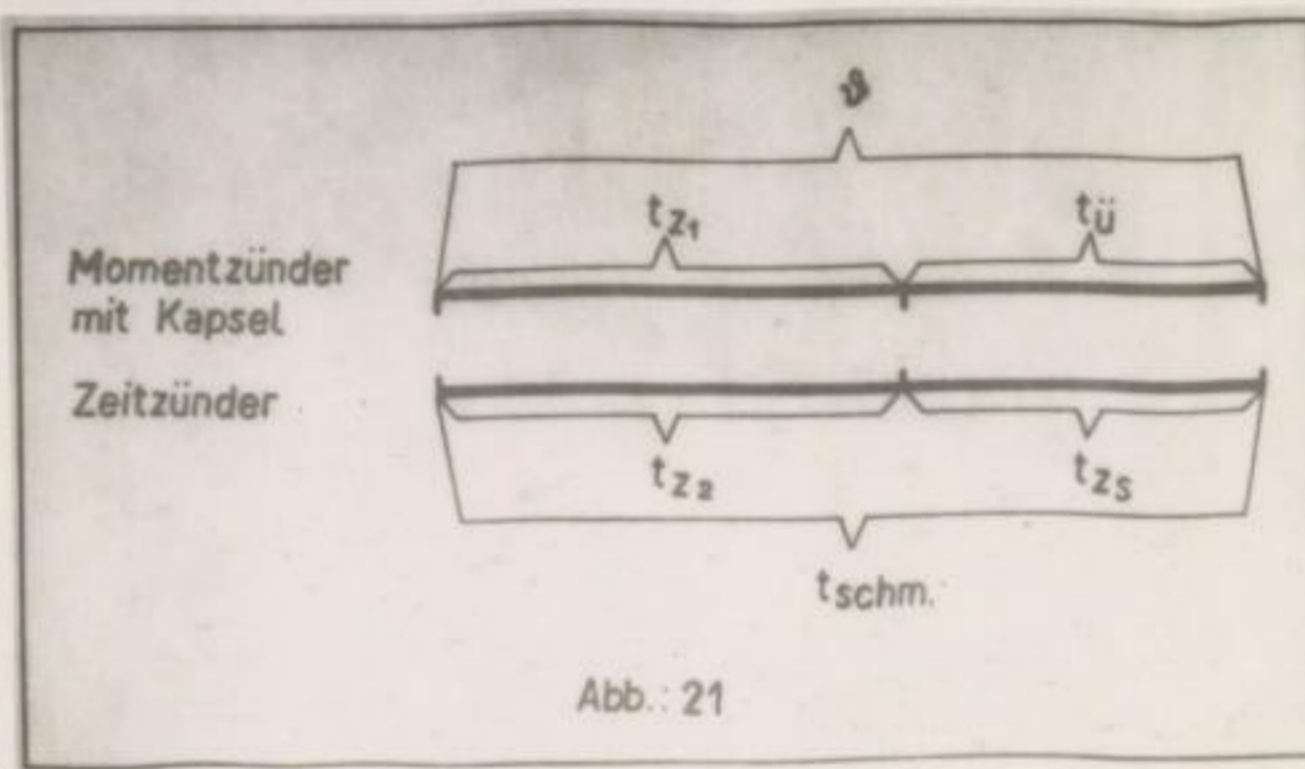


Abb.: 21

Für diesen Fall würden die gleichen Bedingungen zutreffen wie für das Schießen mit O-Stufen.

Gelesen wird. Da sowohl die Fortsetzung der Masse im Zeit-
 raum die zur Entstehung als auch während der Zeit t zu-
 malen aus Gesehensweisen besteht. Ist der Ausdruck
 Schmelzzeit t_s die Summe beider Zeiten gewesen.
 Ist die Schmelzzeit t_s entspricht dann im über-
 tragenen Sinne der bekannten Reaktionszeit. Für den ein-
 zigen Fall $t_s = t$ $\frac{K}{K_0} < 1$ selbst
 dann, wenn t gegen t_s konvergieren, so ist t_s trotzdem
 die Bildung t_s sicherer als mit anderen Momenten.
 da ein Zeitraum $> t_s$ für die Anlieferung des Erzeugnis-
 ses ist. Die Zeit t_s ist die höchste untere Grenze.
 t_s ist nach

$$t_s = \frac{1}{K} \ln \frac{K_0}{K}$$

existiert sich nur $t_s = t$
 Die Kontrolle auf Verengungsstellen auf lautet:

$$t_s = \frac{1}{K} \ln \frac{K_0}{K} \text{ d.h. in unserem Falle } t_s = \frac{1}{K} \ln \frac{K_0}{K}$$

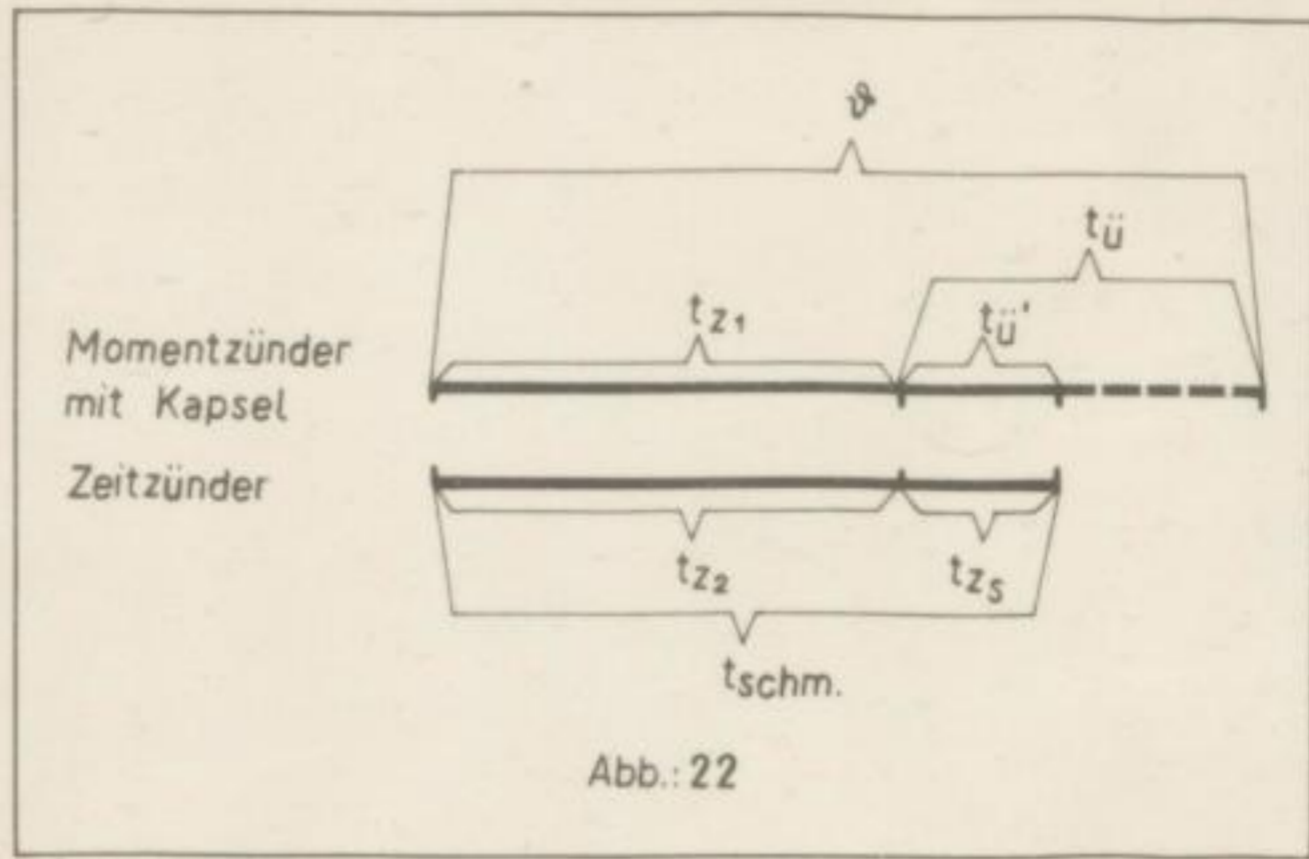
$$c(t) = \frac{K_0}{K} e^{-Kt}$$

$$t_s = \frac{1}{K} \ln \frac{K_0}{K}$$

Für diesen Fall würden die gleichen Bedingungen bestehen
 wie für die Schmelzen mit 0-Strömen.

a) $\mathcal{L} > t_{schm}$

$t_{ü} > t_{z_s}$



Den früheren Darstellungen nach müsste der O-Zünder mit der Reaktionszeit \mathcal{L} sicherer zu zünden sein, da $t_{ü} > t_{z_s}$. Bei gleicher Beschaffenheit der Glühdrähte der verglichenen Zünder ist dies jedoch nicht der Fall. Die Reaktionszeit wird nicht erreicht, da auch die Brücke des scharfen Zünders vor Ende der Übertragungszeit $t_{ü}$ durch Zerschmelzen zerstört wird. Sobald also $t_z < t_{ü}$ wird, besteht keinerlei Unterschied mehr zwischen der Zündung mit O-Stufen und der Zündung mit Verzögerung.

e) Je stärker $t_z = t_{ü} \rightarrow 0$ konvergiert, desto größer wird die Versagerhäufigkeit, wenn die Zündstromstärke nicht in dem Maße wächst, wie nach

$$J = \sqrt{\frac{\Delta K}{t_{z_s}}} \text{ gefordert wird. Dabei ist zu}$$

beachten, daß $t_{z_s} = f(J)$. Ein Ausgleich des Kürzerwerdens der Zeit t_{z_s} durch Erhöhung der Stromstärke, um dennoch den benötigten Restimpuls ΔK zuzuführen, hätte zur Folge, daß t_{z_s} noch kürzer wird.

Allerdings geht J quadratisch in die Impulsgleichung $K = J^2 \cdot t$ ein. Daraus ist zu erklären, daß trotz der hohen Zündstromstärken 10 A bei der praktischen Zündprüfung keine Versager auftreten. Wir sehen, daß die Beziehung

$\tau_{\text{min}} < \tau_{\text{max}}$
 $\tau_{\text{min}} < \tau_{\text{max}}$

Der früheren Darstellung nach müsste der O-Kunden die
 der Reaktionszeit τ_{min} sicherer zu finden sein, da τ_{min}
 Bei gleicher Beschleunigung der Glühdrähte der verhältnis-
 nen Kunden ist dies jedoch nicht der Fall. Die Reaktions-
 zeit wird nicht erreicht, da auch die Brücke des verhältnis-
 Kunden vor Ende der Übertragungszeit τ_{min} durch den
 sen ersetzt wird. Sobald also $\tau_{\text{min}} > \tau_{\text{max}}$ wird, besteht kei-
 neres Unterchied mehr zwischen der Zündung mit O-Kunden
 und der Zündung mit Verzögerung.

in wird

e) Je stärk
 die Verzögerung
 dem Maße

Tabelle 9
 Erforderliche Stromflußzeit (Zeit
 bis zur Glühdrahtzerstörung für
 eine versagerfreie Zündung.)

J	τ_{min} $= \frac{K_{\text{min}}}{J}$	τ_{min} $= \tau_{\text{min}} + t_{\text{ü}}$	τ_{max} $= \frac{K_{\text{min}} + \Delta K}{J}$	oszillogra- phisch festge- stellte Strom- flußzeit
[A]	[ms]	[ms]	[ms]	[ms]
1	2	3	4	5
2	0,20	1,2	0,25	0,76
4	0,05	1,05	0,064	0,265
6	0,022	1,025	0,028	0,14
10	0,0081	1,0081	0,01	0,064

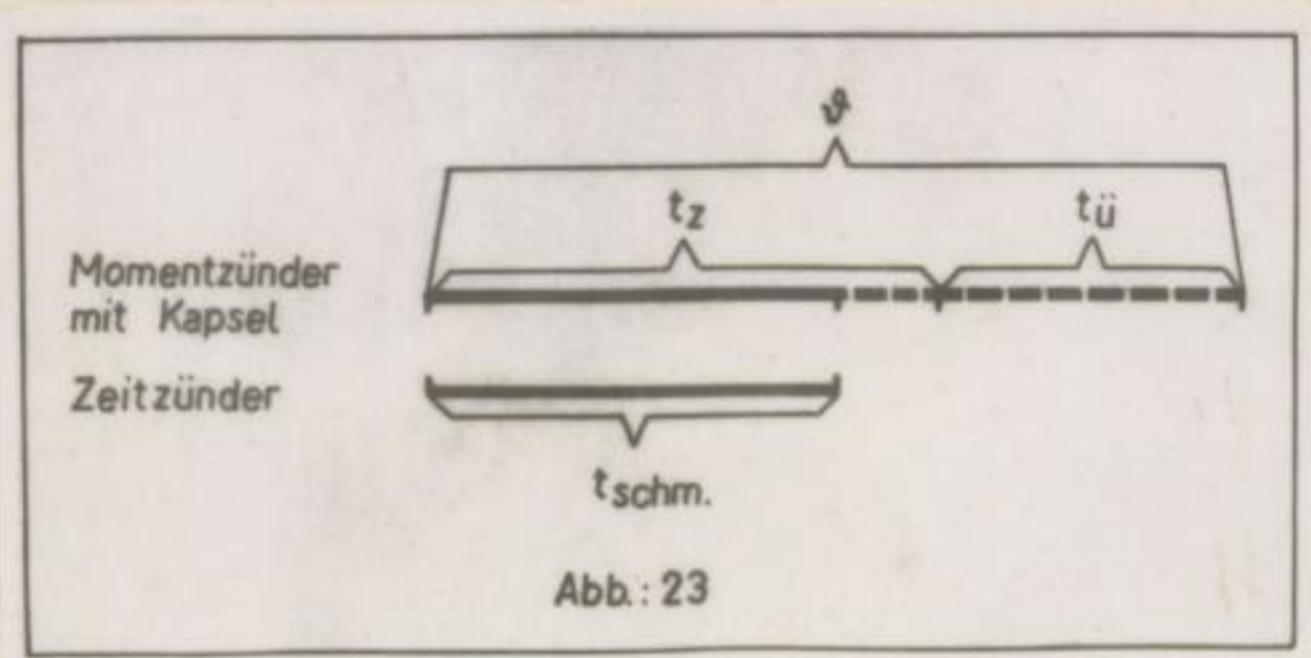
bestehen
 dass der
 noch der
 Folge, das
 Allertage
 1. 1 ein
 Kundstrom

keine Verzöger auftreten. Wir sehen, das die Verzögerung

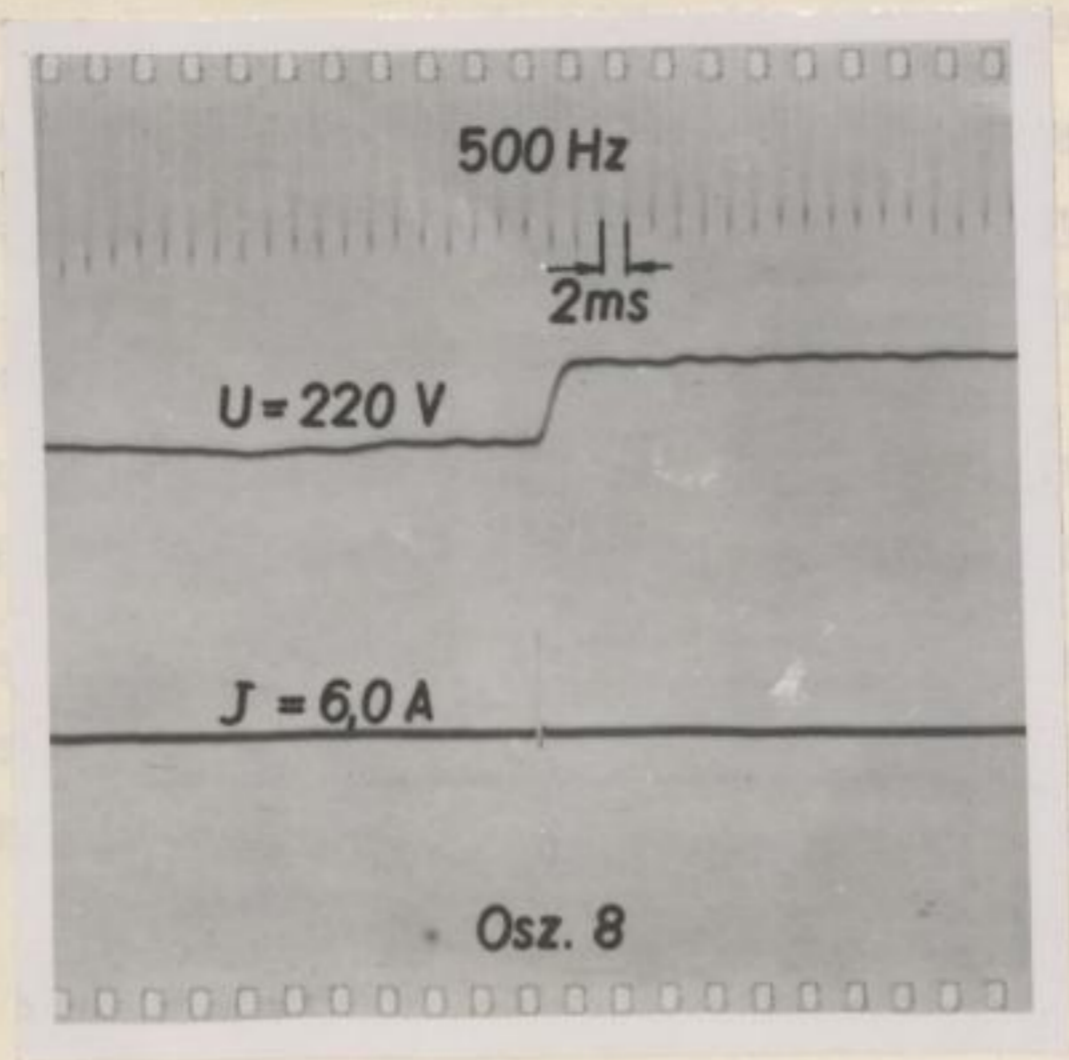
$t_{zs} = f(J)$ einerseits und die Einwirkung von J auf den Zündimpuls andererseits unbedingt bei der Beurteilung des Durchschmelzvorganges hinsichtlich Versagersicherheit berücksichtigt werden müssen. Nach rein theoretischer Überlegung könnte sich sogar der Fall ergeben, der erst bewiesen werden muss, daß mit steigendem J die Zerstörungszeit t_{zs} wohl kürzer wird, aber andererseits der Einfluß von J^2 so groß wird, daß sogar von einer bestimmten Stromstärke ab die Sicherheit der Zündung wieder zunimmt. Nähere Untersuchungen folgen. Der absolute Versagerfall ist dann erreicht, wenn

$$t_{schm} < t_z$$

$$(t_{zs} = 0)$$



Aus Tabelle 9 geht in überzeugender Deutlichkeit hervor, nach welcher kurzen Zeiten die notwendige Wärmeleistung zugeführt ist und wie schnell demzufolge die Brücke zerstört sein darf, ohne eine Versagergefahr hervorzurufen. In Spalte 4 sind die entsprechenden Zeiten aufgeführt, die zur Zündung des unempfindlichsten Zünders ($K = K_{max} = K_{min} + \Delta K$) zur Verfügung stehen müssen.



$\epsilon > \epsilon_0$
 $(\epsilon > \epsilon_0)$

Aus Spalte 5 sind die tatsächlich zur Verfügung stehenden Zeiten ersichtlich.

Oszillographische Aufnahme des Zündvorgangs bei hohen

Zündstromstärken

Die Oszillogramme erlauben einen Vergleich zwischen den ermittelten notwendigen Zündzeiten (Tab.9) und den tatsächlichen Schmelzzeiten der Zünder. Dadurch werden Aussagen über Versagermöglichkeiten oder über vorhandene Sicherheiten möglich.

Am Beispiel eines Oszillogrammes mit 6 A Stromstärke (Osz.8) ist ersichtlich, daß derartige Untersuchungen mit einem Schleifenoszillograph nicht durchführbar sind. Die Begrenzung der Papierlaufgeschwindigkeit erlaubt keine Erhöhung der Zeitdehnung. Die Trägheit der Schleifen geht gleichfalls in die Kurvenaufzeichnung ein. Die nachfolgenden Oszillogramme wurden deshalb mit einem Kathodenstrahl-
oszillographen registriert.

Entsprechend der Meßanordnung nach Abb.24 ist in den Oszillogrammen der Spannungsabfall ΔU an Widerstand R_1 aufgezeichnet, der jeweils proportional dem Zündstromverlauf im Meßkreis ist.

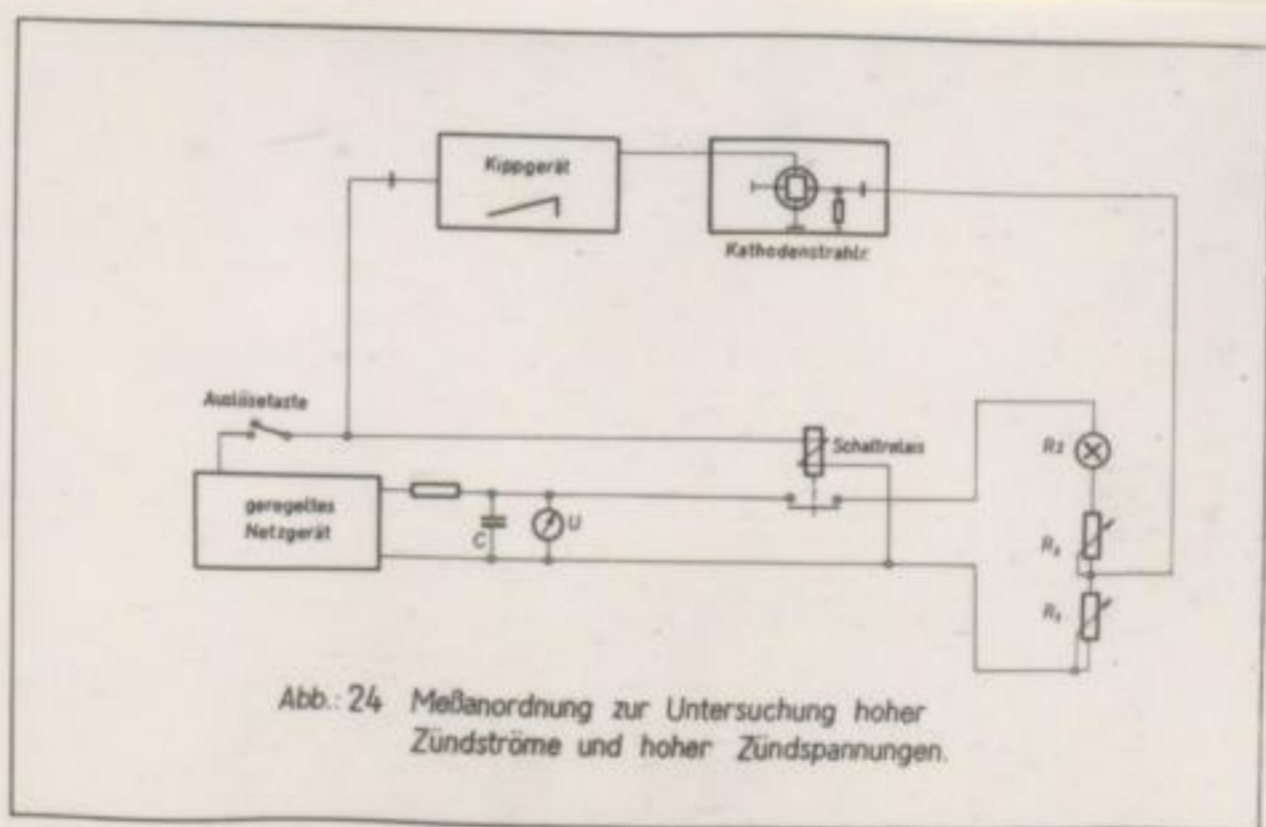
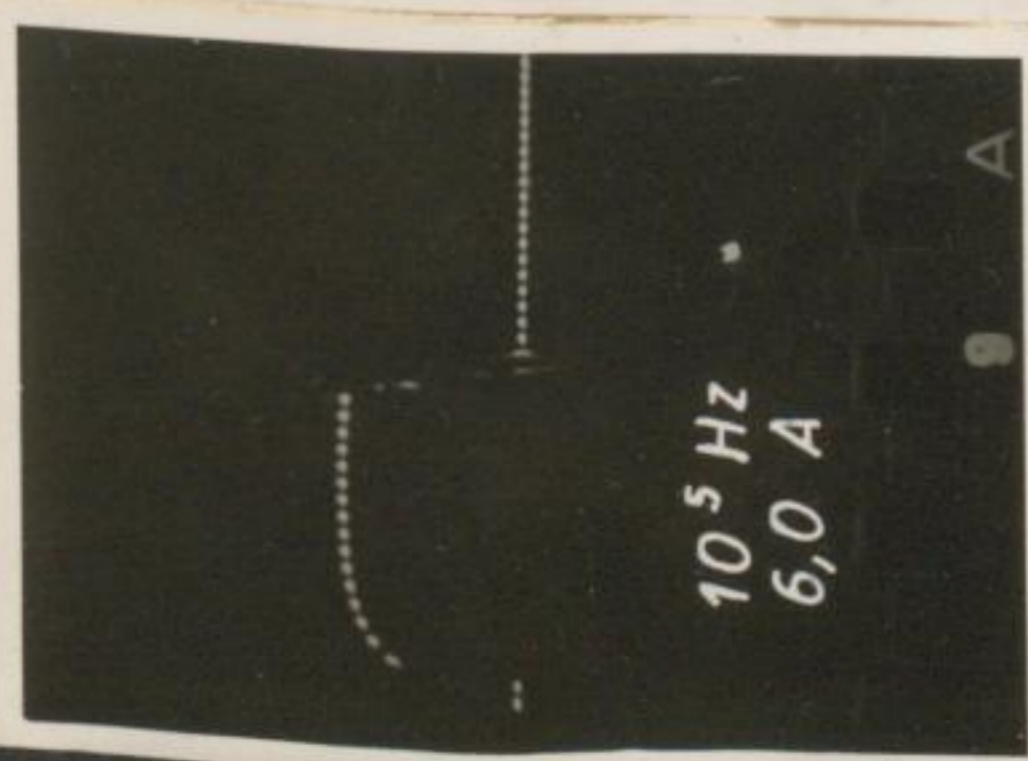
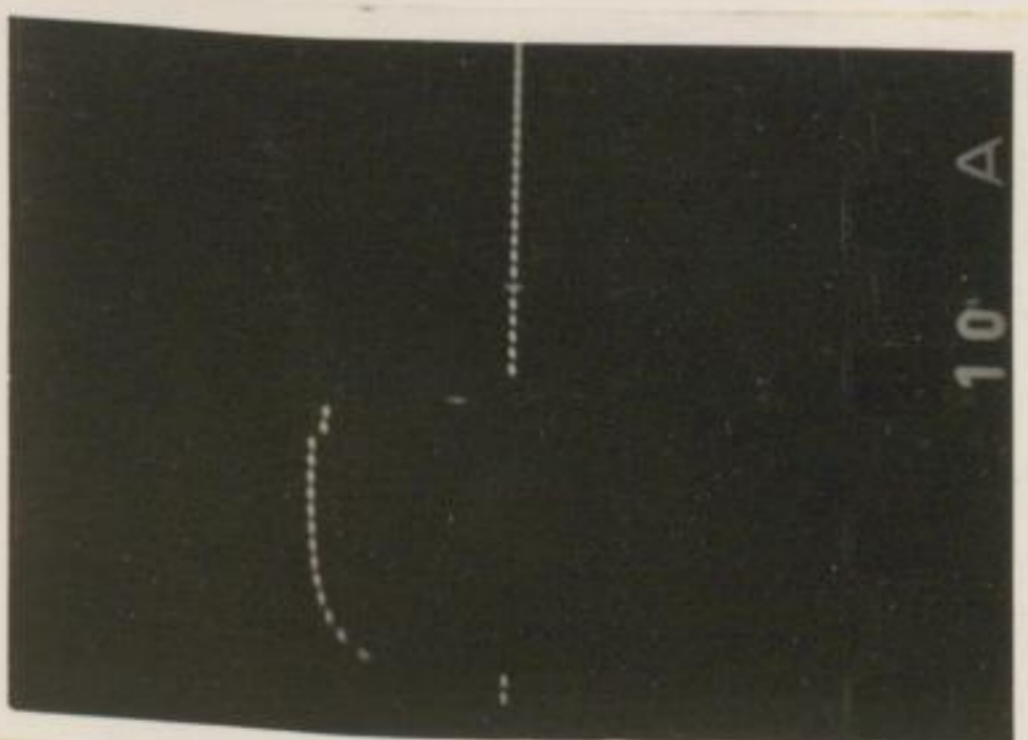
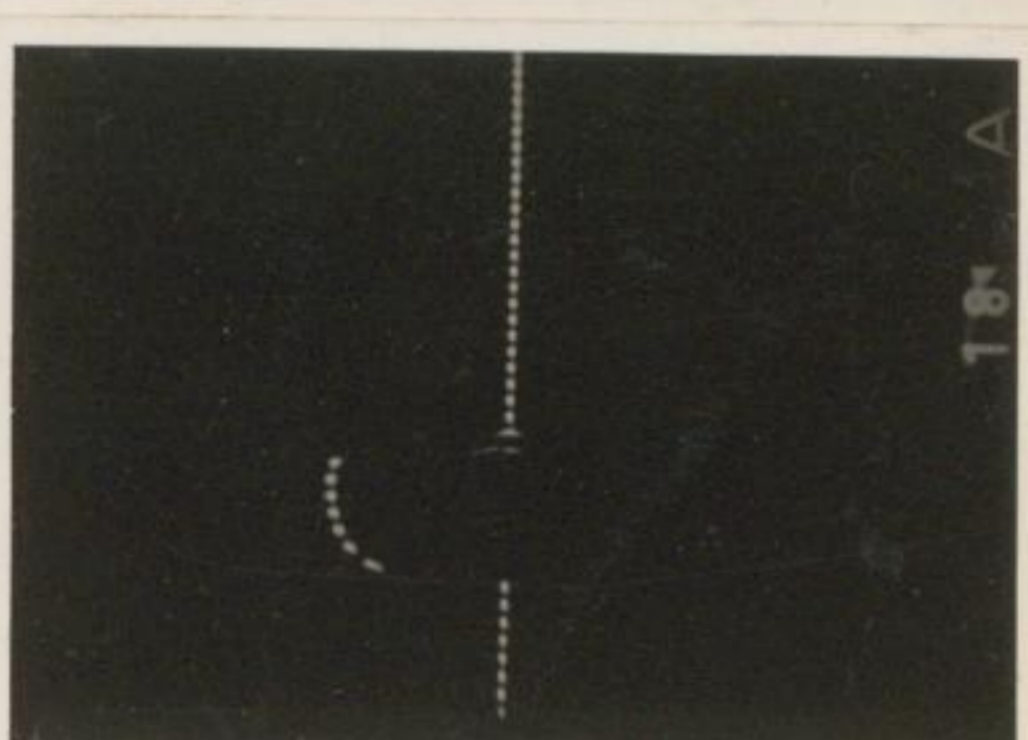
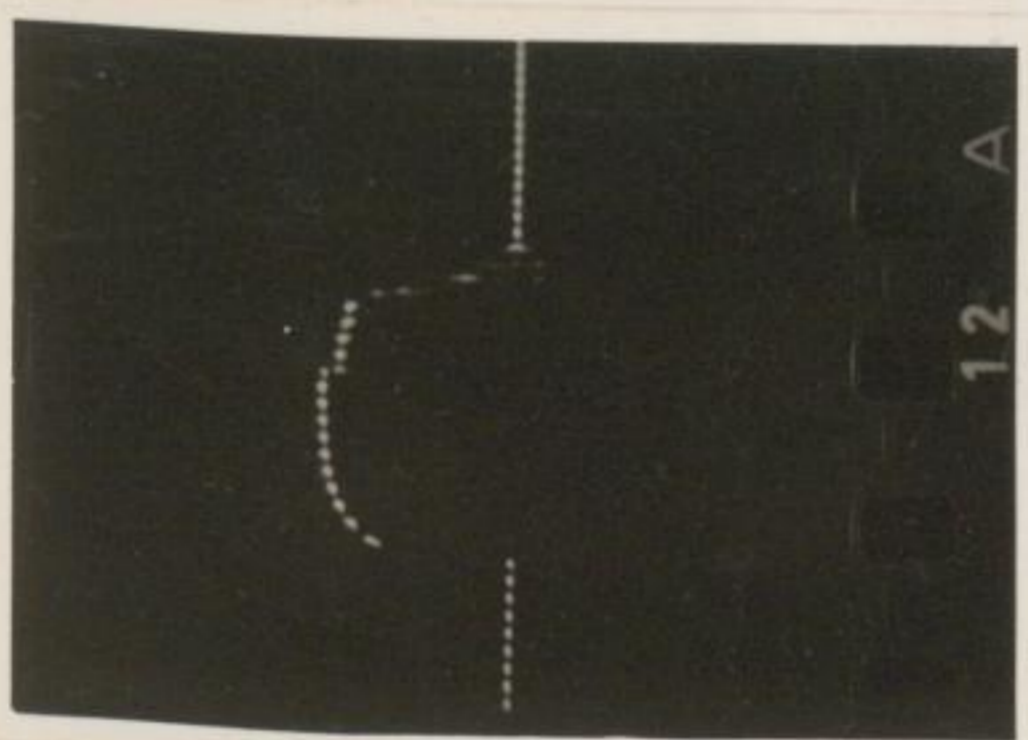
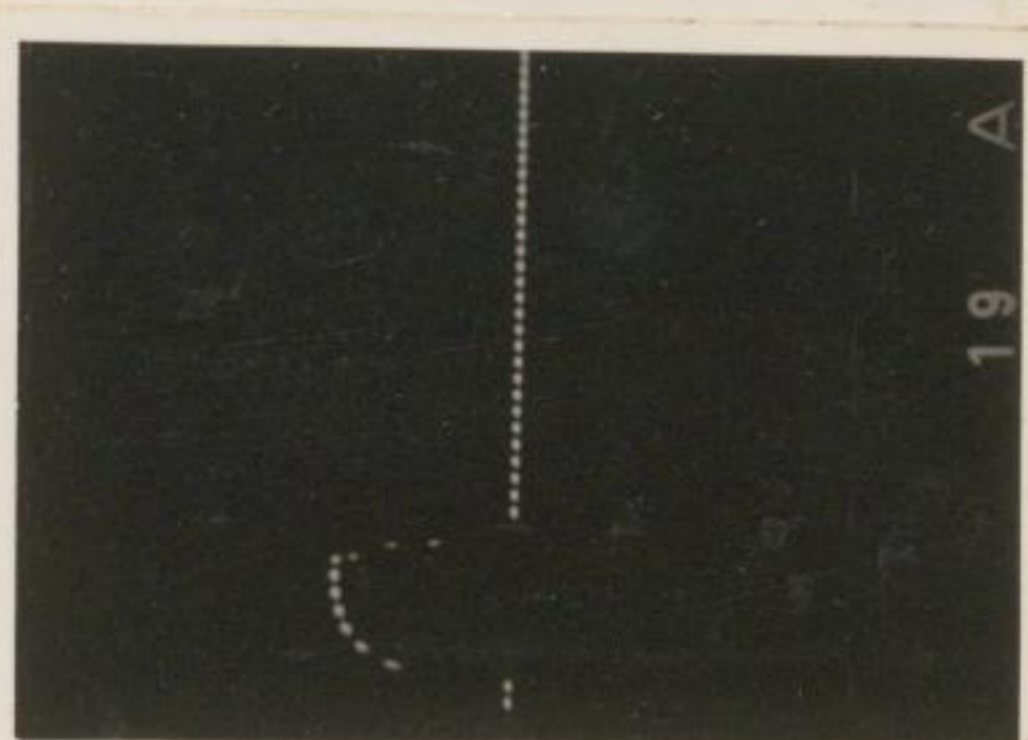
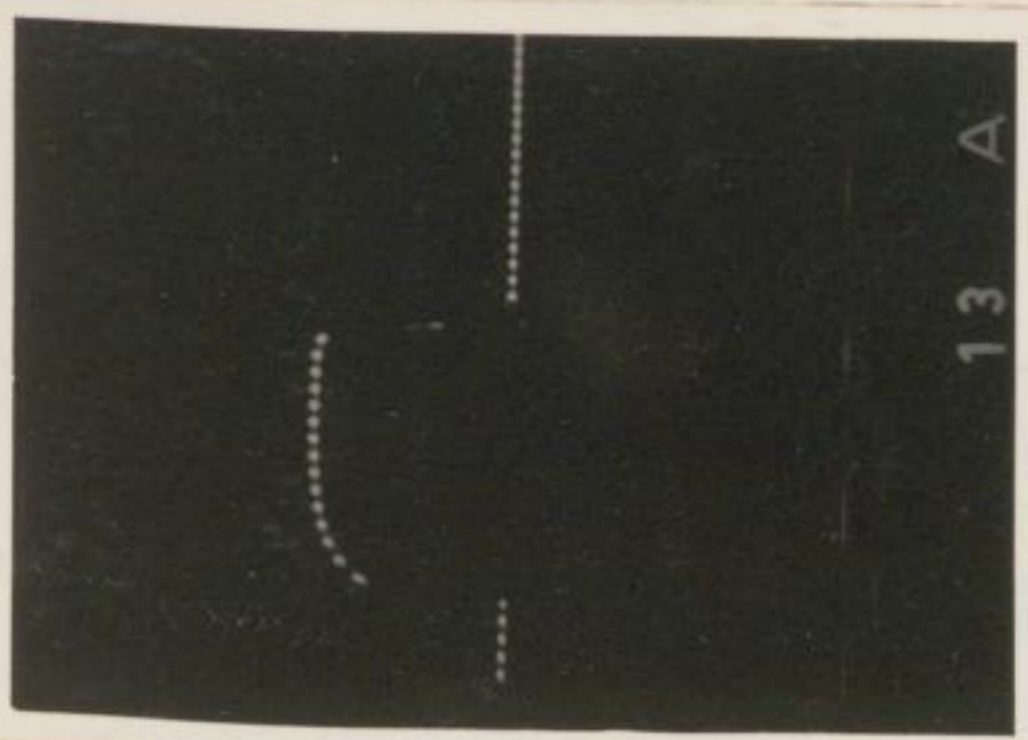
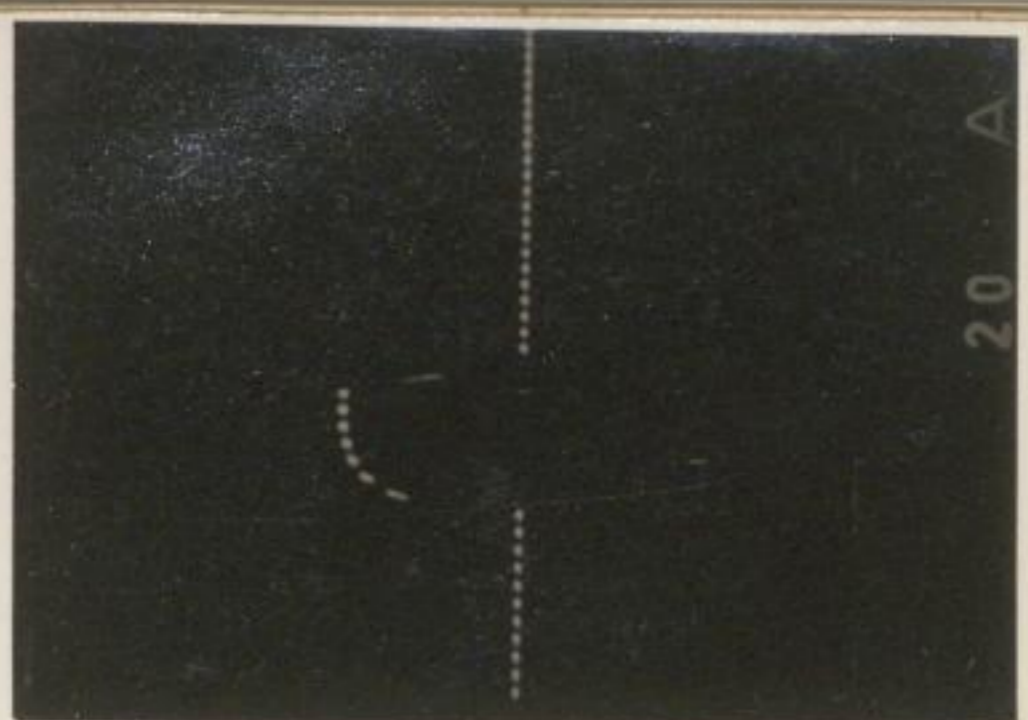
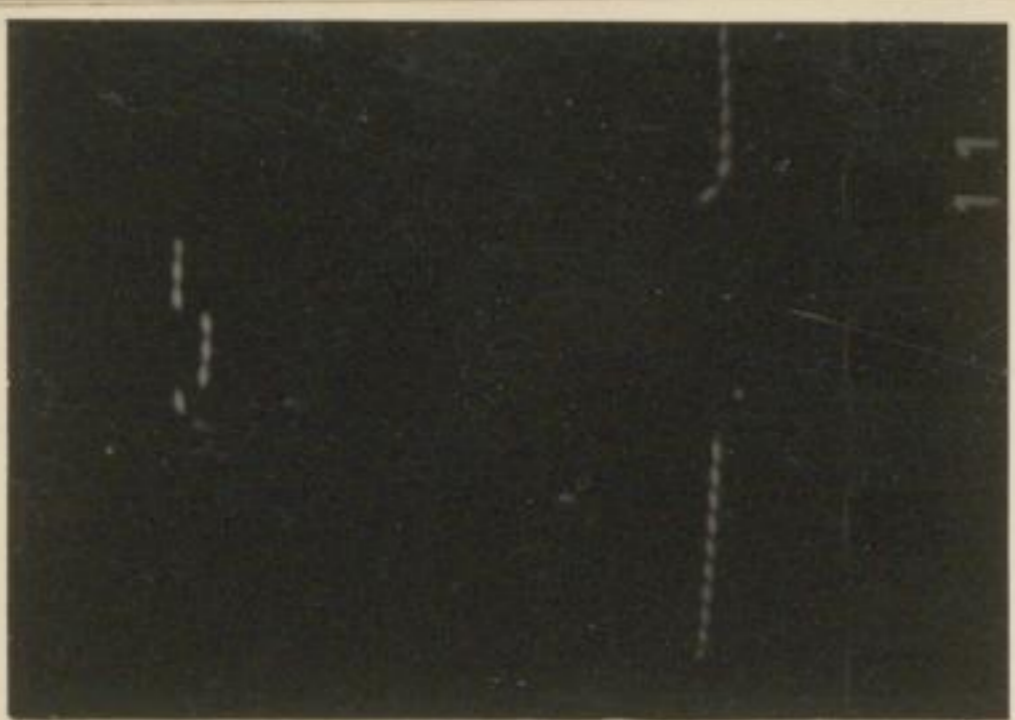


Abb. 24 Meßanordnung zur Untersuchung hoher Zündströme und hoher Zündspannungen.

Die Auswertung der Oszillogramme in Tab.10 bestätigt in überzeugender Weise die vorerst als Vermutung ausgesprochene Möglichkeit, daß bei steigender Zündstromstärke sogar eine Erhöhung der Zündsicherheit eintritt, weil die Durchschmelzzeit wohl abnimmt, die Stromstärke aber quadratisch in die Impulsbestimmung eingeht.





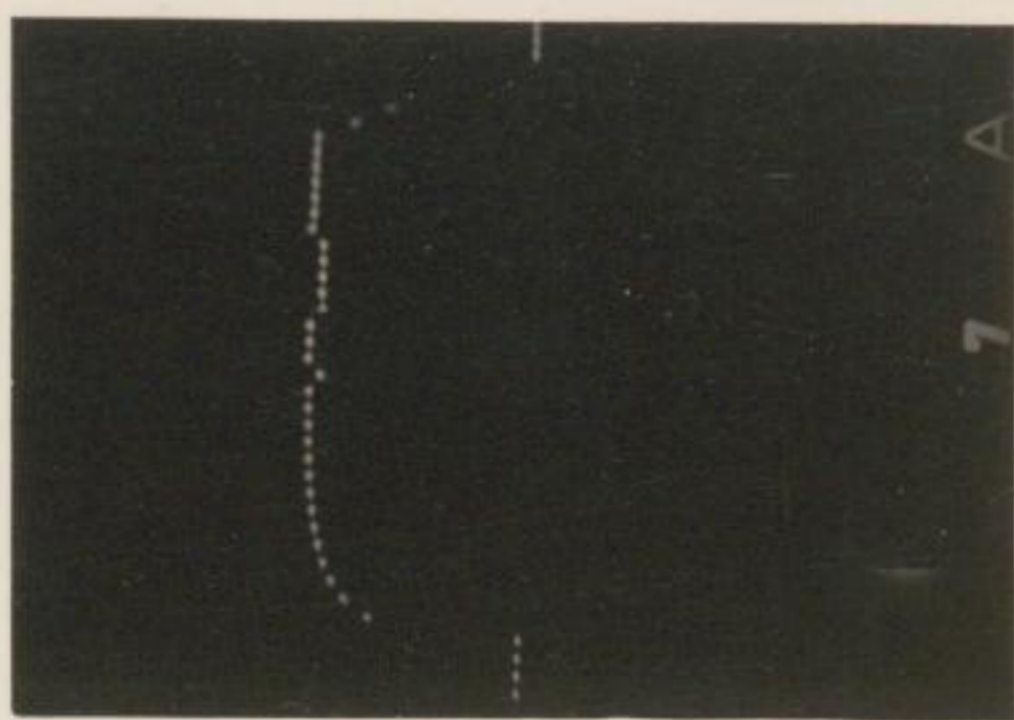
11



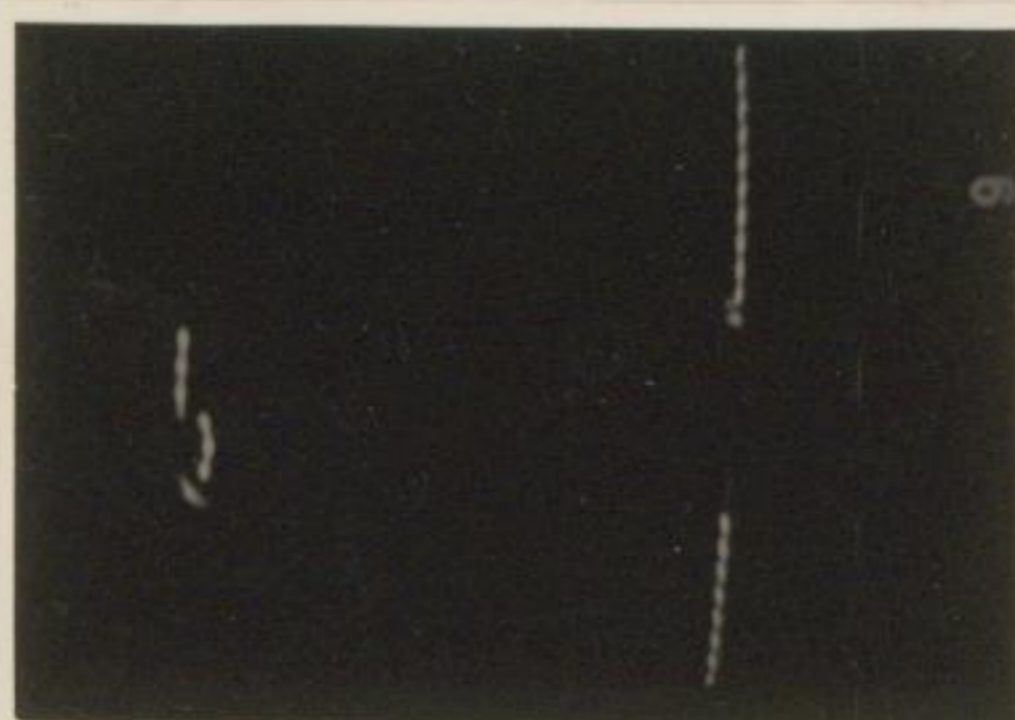
10



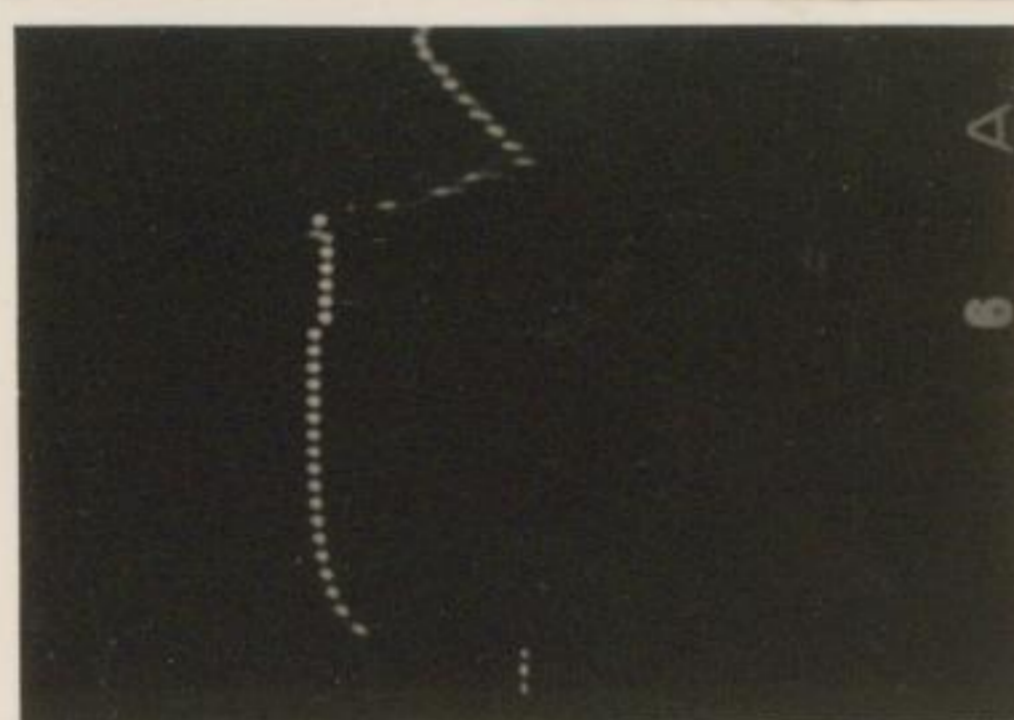
9



8



7



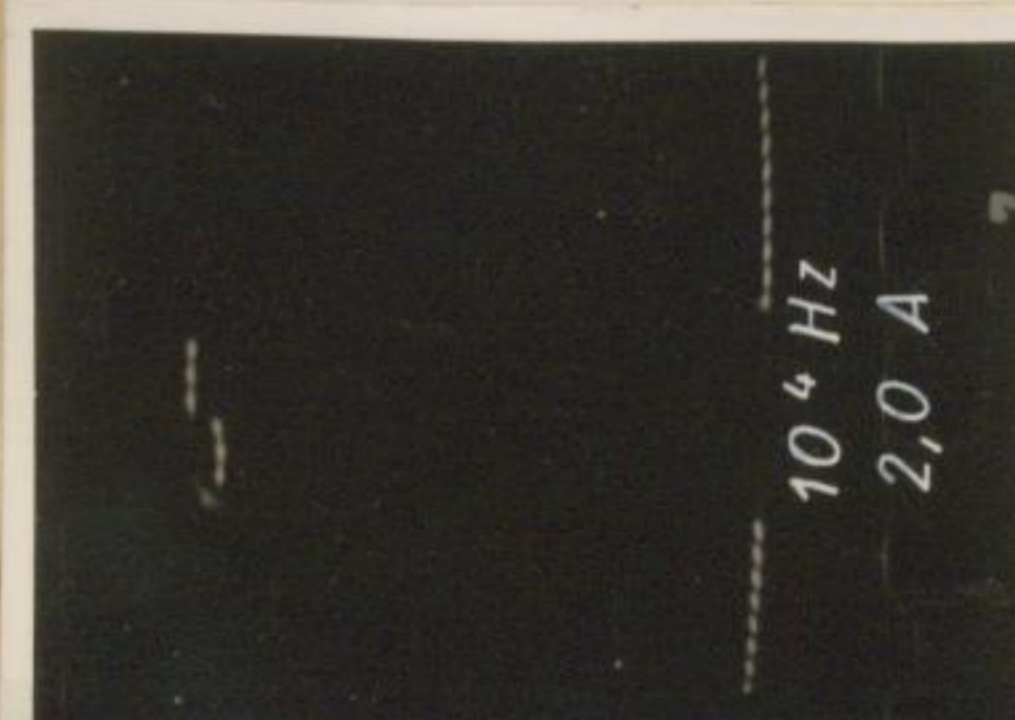
6



5

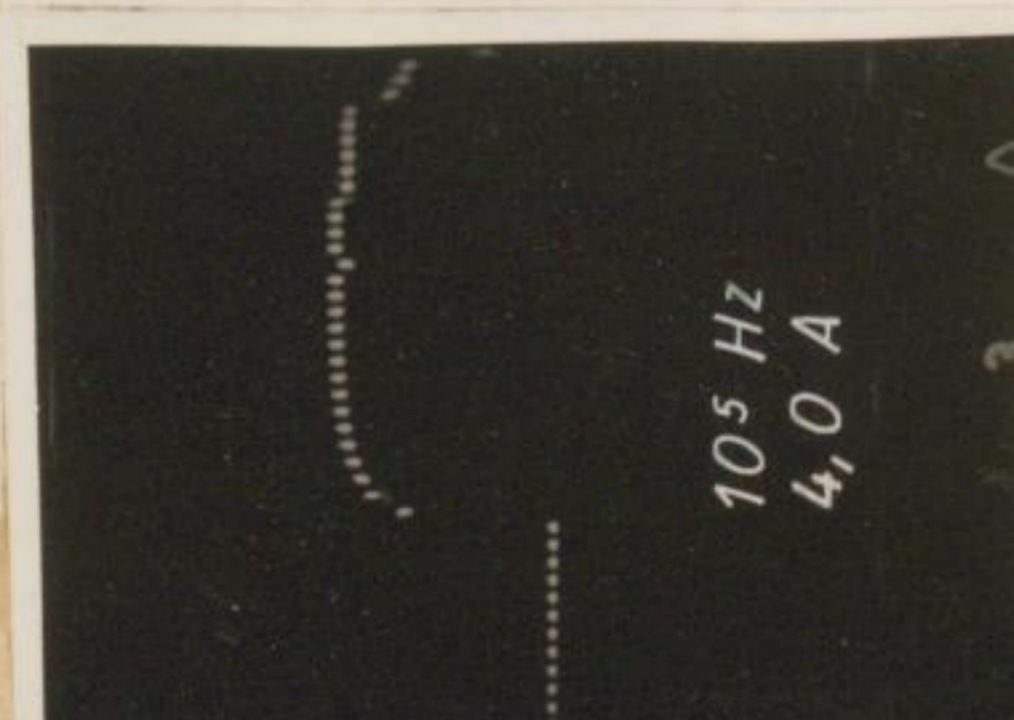


4



10⁴ Hz
2,0 A

3



10⁵ Hz
4,0 A

2

Tabelle 10

Zugeführter Zündimpuls bis zum Zeitpunkt des Durchschmelzens in Abhängigkeit von der Zündstromstärke

Bild- Nummer	Zünd- span- nung [V]	Meßwi- derstand [Ω]	U aus der- stand [V]	Zahl d. Zünder [Stück.]	Gesamt- widerst. im Zünd- kreis [Ω]	Strom- stärke [A]	Zeit- marke [sec/zeit.Stück]	Zahl d. Zeitmar- ken	Schmelzzeit bzw. Zeit- dauer des Lichtbogens [ms]	Mittel- wert [ms]	Aufge- nommener Zünd- impuls $K=J^2 \cdot t$ mWs/ Ω	Bemerkungen
7	235	100	200	5	117,5	2	10 ⁻⁴	8	0,8	0,76	3,04	
8	235	"	"	"	117,5	"	"	7	0,7			
9	235	"	"	"	117,5	"	"	8	0,8			
10	240	"	"	"	120	"	"	7	0,7			
11	238	"	"	"	119	"	"	8	0,8			
3 A	220	25	100	5	55	4	10 ⁻⁵	26	0,26	0,265	4,2	Verstärkung am Oszillographen gegenüber 7 bis 11 um 30 % ver- mindert.
5 A	"	"	"	"	"	"	"	27	0,27			
6 A	"	"	"	"	"	"	"	24	0,24			
7 A	"	"	"	"	"	"	"	29	0,29			
8 A	"	"	"	"	"	"	"	27	0,27			
9 A	220	16,7	100	5	36,7	6	10 ⁻⁵	15	0,15	0,14	5,1	
10 A	"	"	"	"	"	"	"	14	0,14			
12 A	"	"	"	"	"	"	"	15	0,15			
13 A	"	"	"	"	"	"	"	14	0,14			
14 A	"	"	"	"	"	"	"	13	0,13			
15 A	280	10	100	5	28	10	10 ⁻⁵	7	0,07	0,064	6,4	
16 A	"	"	"	"	"	"	"	7	0,07			
18 A	"	"	"	"	"	"	"	6	0,06			
19 A	"	"	"	"	"	"	"	6	0,06			
20 A	"	"	"	"	"	"	"	6	0,06			

Gegenüber einem benötigten Impulsbetrag der geprüften Zünder von $1,02 \text{ m Ws}/\Omega$ steht ein tatsächlich zugeführter Impuls von

3,04	m	Ws/ Ω	bei 2 A
4,2	"	"	" 4 A
5,1	"	"	" 6 A
6,4	"	"	" 10 A

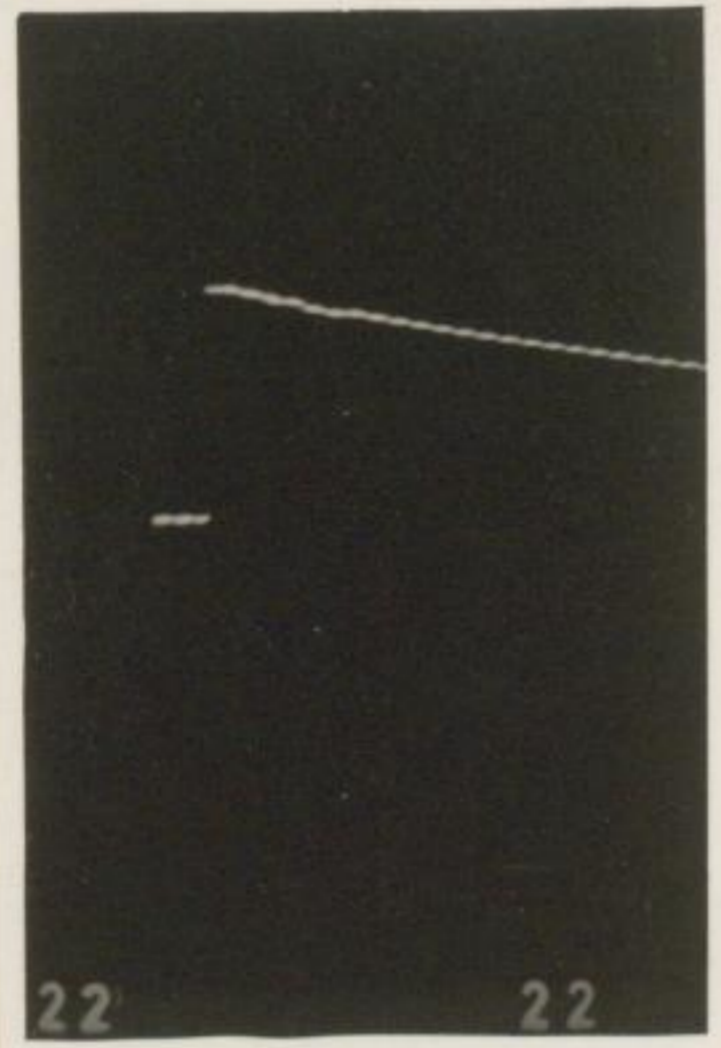
zur Verfügung.

Auf Grund dieses Nachweises stehen einer Erhöhung der Zündspannung im Kalibergbau, die bislang in den Diskussionen der Fachkollegen [9] wiederholt als nachteilig für die Zünder-sicherheit bezeichnet wurde, keine Bedenken entgegen; zumal mit den oszillographischen Untersuchungen die bereits erwähnten praktischen Zündversuche an 2400 Zündern ebenfalls ohne Versager verlaufen sind.

Gegeben: ein rechteckiges Profil der folgenden
Länge von 1,00 m N ist ein rechteckiges Profil
Länge von

1,00	1,00
0,50	0,50
0,25	0,25
0,10	0,10

zur Verfügung.
Auf Grund dieses Nachweise ist eine Prüfung der
Eingangsung in Kalibergbau, die bislang in den
für Techniker (S) wiederholt als nachteilig für die



7. Untersuchungen über den Zündstromfluß infolge Lichtbogenbildung

(Einfluss hoher Zündspannungen)

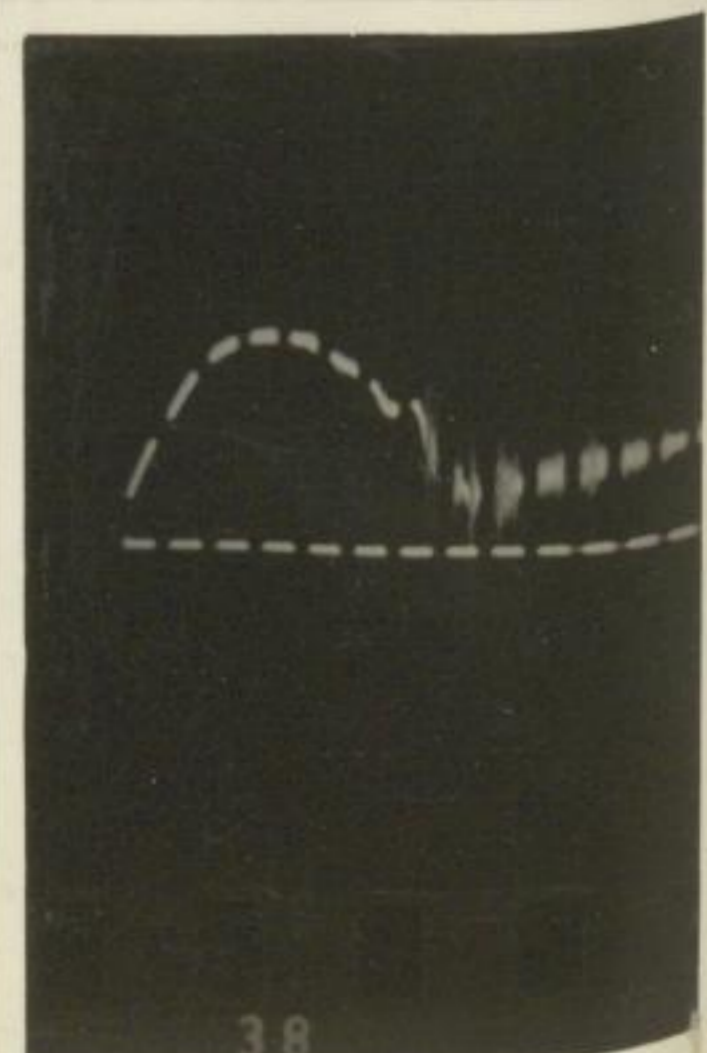
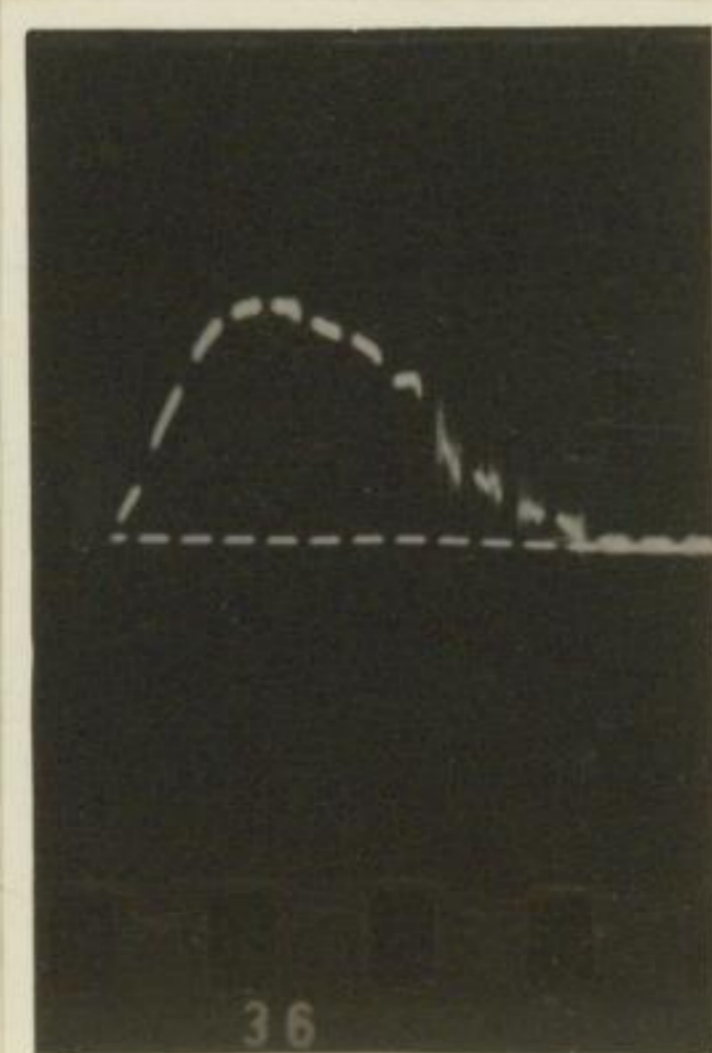
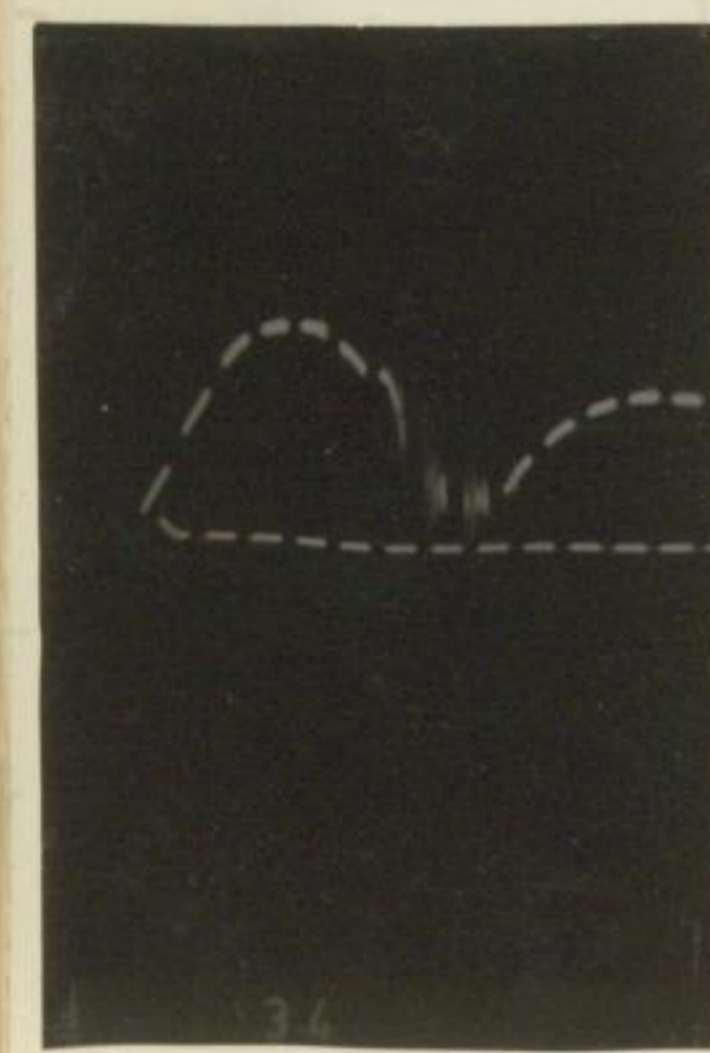
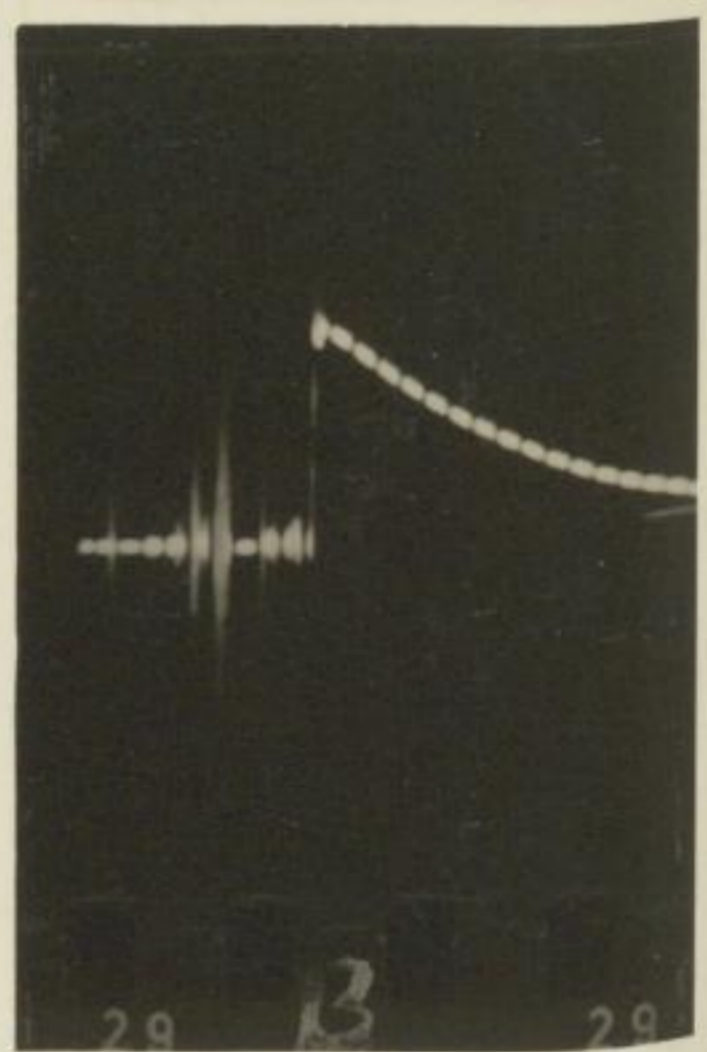
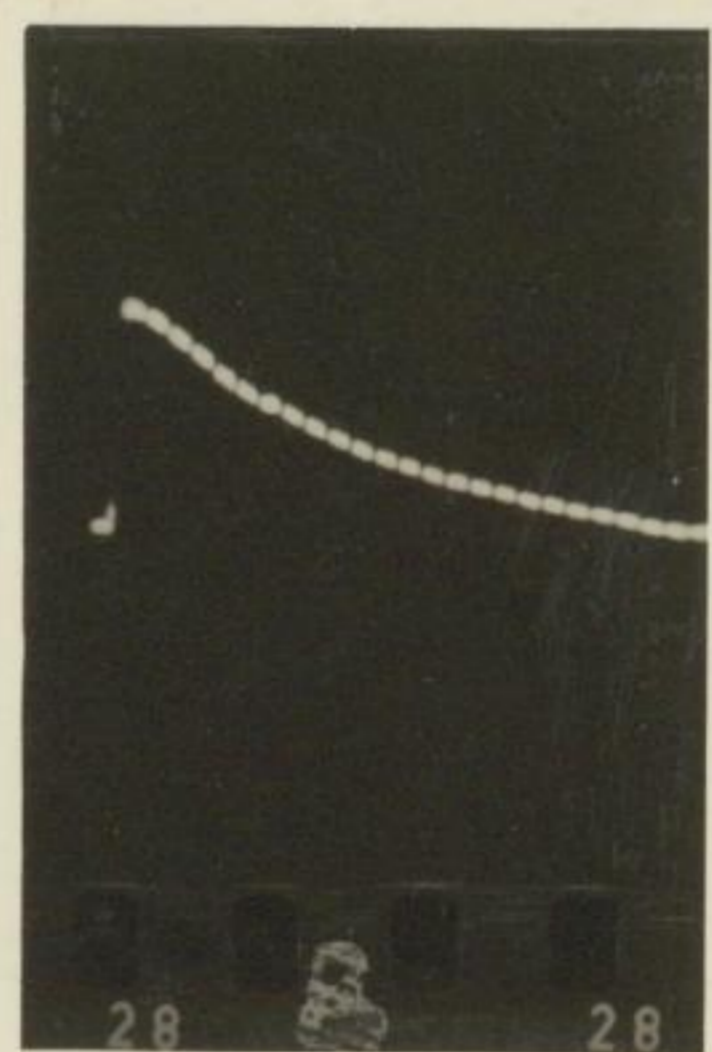
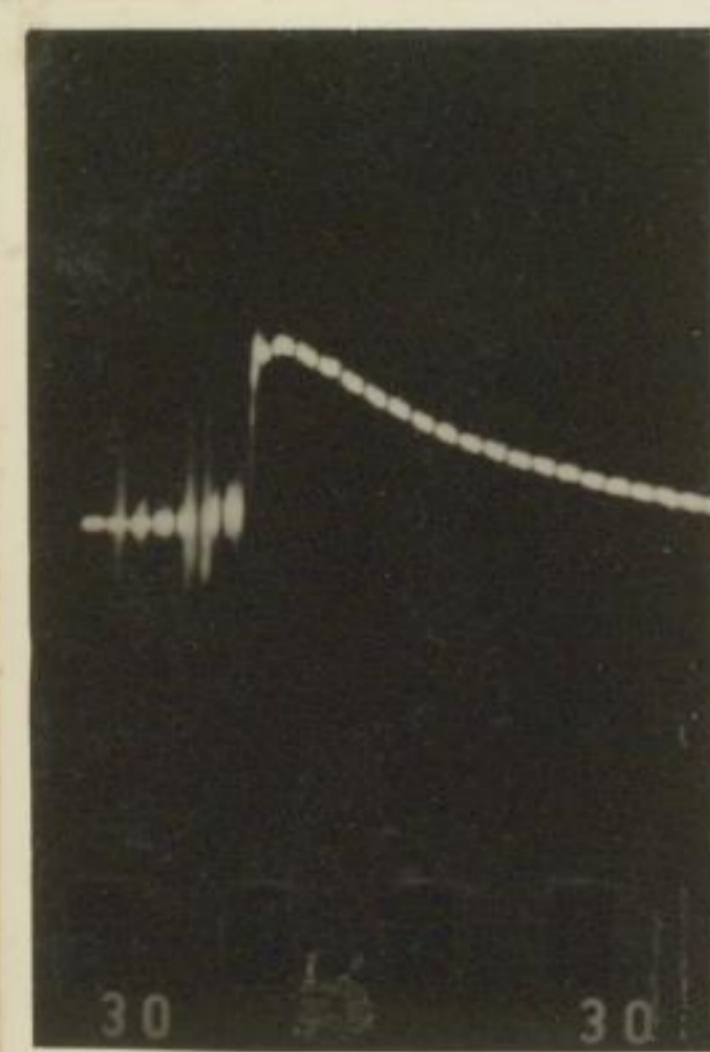
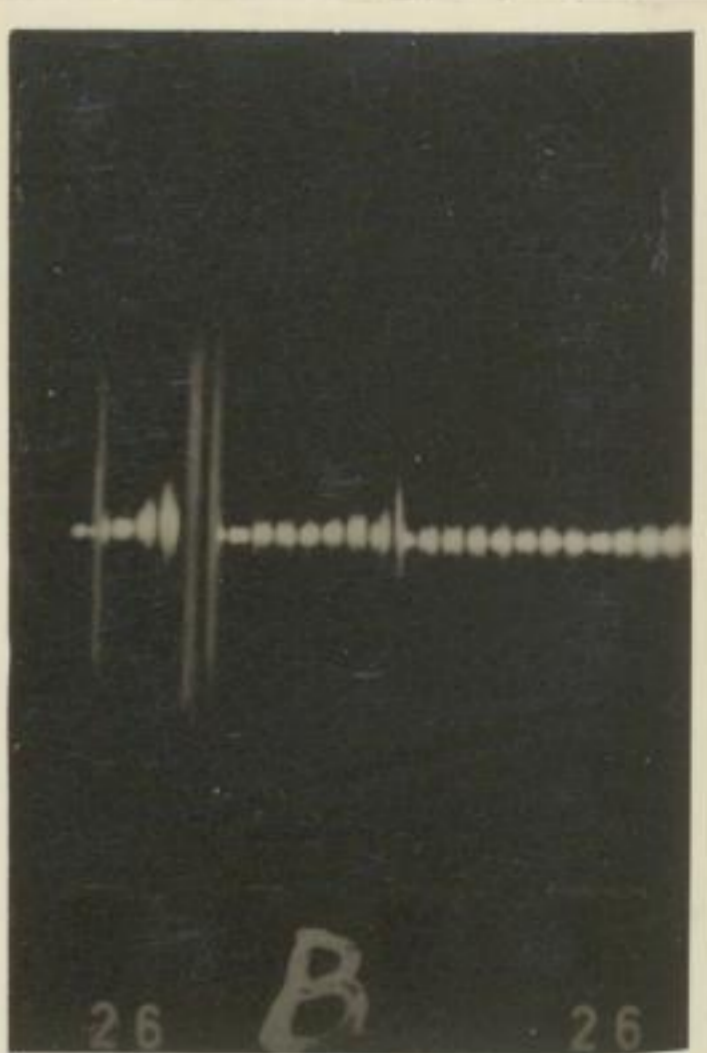
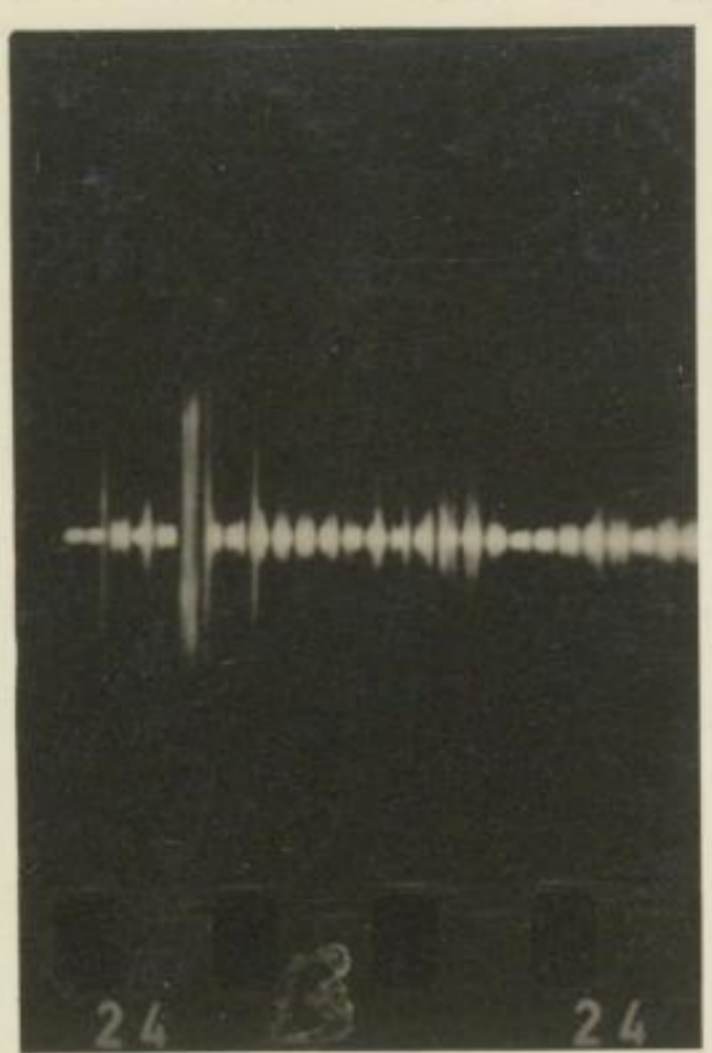
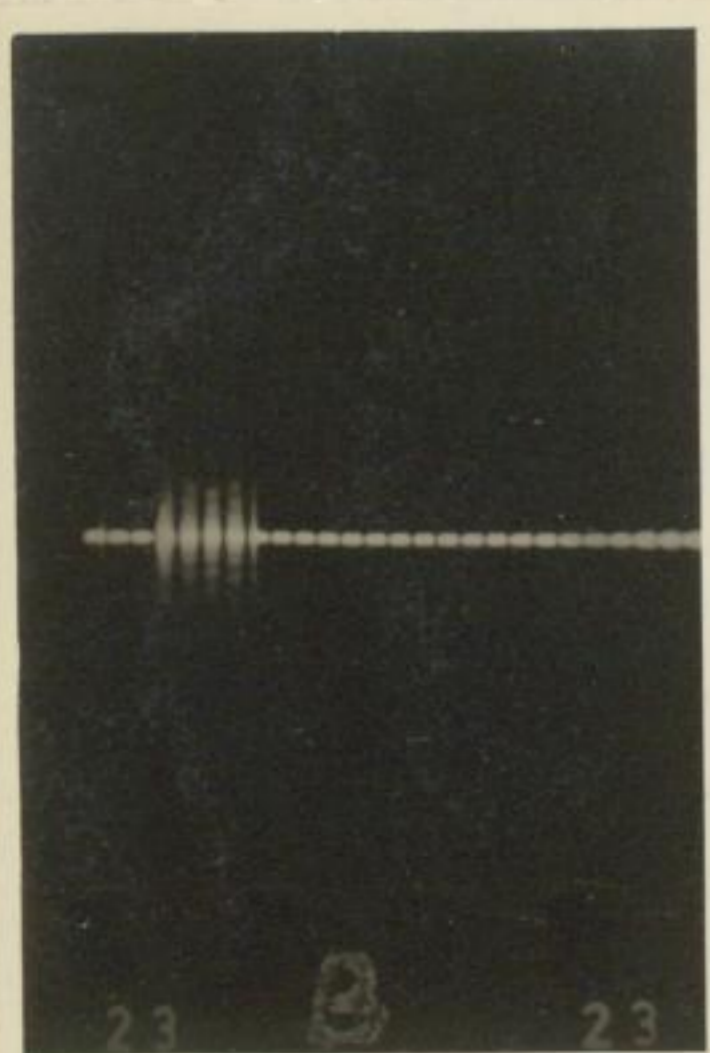
Nach Hinweisen seitens der Zündmaschinenindustrie [9] soll die Zündung mit hohen Zündspannungen (Kondensatorzündmaschinen) mit dem Vorteil verbunden sein, daß der Stromfluß nach dem Durchschmelzen des empfindlichsten Zünders nicht unterbrochen wird, sondern infolge einer Lichtbogenbildung weiter bestehen bleibt. Die Untersuchung, ob diese Erscheinung tatsächlich zur Erhöhung der Zündsicherheit beitragen kann, erschien als Ergänzung zu den Betrachtungen über die Besonderheiten hoher Zündspannungen zweckmäßig.

Um zunächst mit möglichst übersichtlichen Spannungsverhältnissen zu arbeiten, die bei Kondensatorzündmaschinen infolge Schutzwiderständen und inneren Spannungsabfällen in den Funkenstrecken kompliziert werden, erfolgte die Zündung der ersten Versuchsreihen mit dem Kondensator ($12 \mu F$) eines Hochspannungsnetzgerätes. Durch ein elektrostatisches Meßgerät wurde die Zündspannung (1000 V) kontrolliert. Oszillogramm 22 stellt den Stromverlauf bei der Entladung über einen 500Ω -Widerstand ($J = 2 A$) dar. Die Registrierung erfolgte wieder durch den Spannungsabfall an R_1 .

Oszillogramm 23 zeigt den Zündstromverlauf bei Zündung nur eines Zünders. Es ist feststellbar, daß der Zündstrom nach Zerstörung der Glühbrücke tatsächlich weiterfließt. Wenn auch der Zündstromverlauf sehr unregelmäßig ist, so wird doch dem Zünder, im Gegensatz zur sofortigen Beendigung des Zündstromflusses, auf alle Fälle ein höherer Zündimpuls zugeführt.

Dies würde einer Erhöhung der Zündsicherheit gleichkommen.

Lichtbogenbildung tritt bekanntlich dann auf, wenn zwischen zwei Punkten mit hohen elektrischen Potentialunterschieden der Ladungsausgleich über einen Luftspalt erfolgen kann. Wird der Potentialunterschied an einem Leiter



mit mehreren Unterbrechungsstellen gelegt, so werden die Verhältnisse insofern geändert, indem sich die gesamte Luftweglänge erhöht und im Falle des vorübergehenden Abrißes des Lichtbogens (Pkt. a in Osz.23) ein Wiederanstieg der Stromstärke unwahrscheinlicher wird (mögliche Aufeinanderfolge dieser Erscheinung an mehreren Unterbrechungsstellen).

Diese Situation wird beim Zusammenschluß der Zünder zu Zünderketten herbeigeführt. Da für den praktischen Schießbetrieb, bis auf einige Ausnahmefälle, nur dieser Fall infrage kommt, erfolgte die Untersuchung an Ketten mit je 5 hintereinandergeschalteten Zündern. Die oben dargelegte Ansicht wurde durch den Stromverlauf gem. Oszillogramm 26 bestätigt, der bei allen Zündungen dieser Versuchsreihe auftrat. Sofort nach dem Durchschmelzen wird der Stromfluß ohne Lichtbogenbildung beendet.

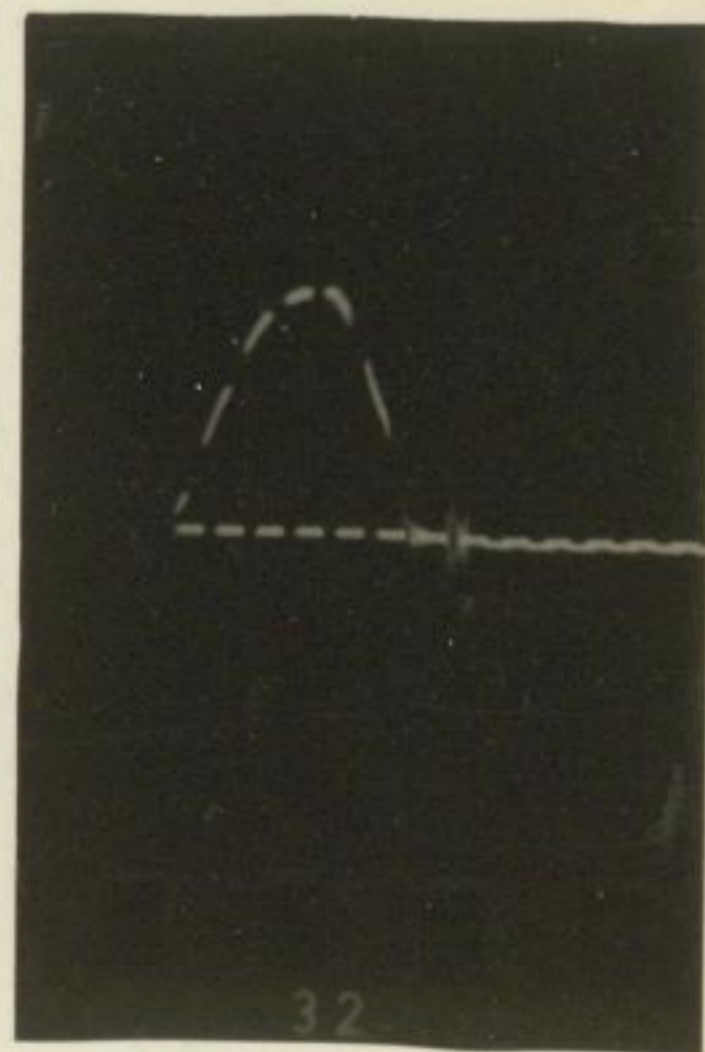
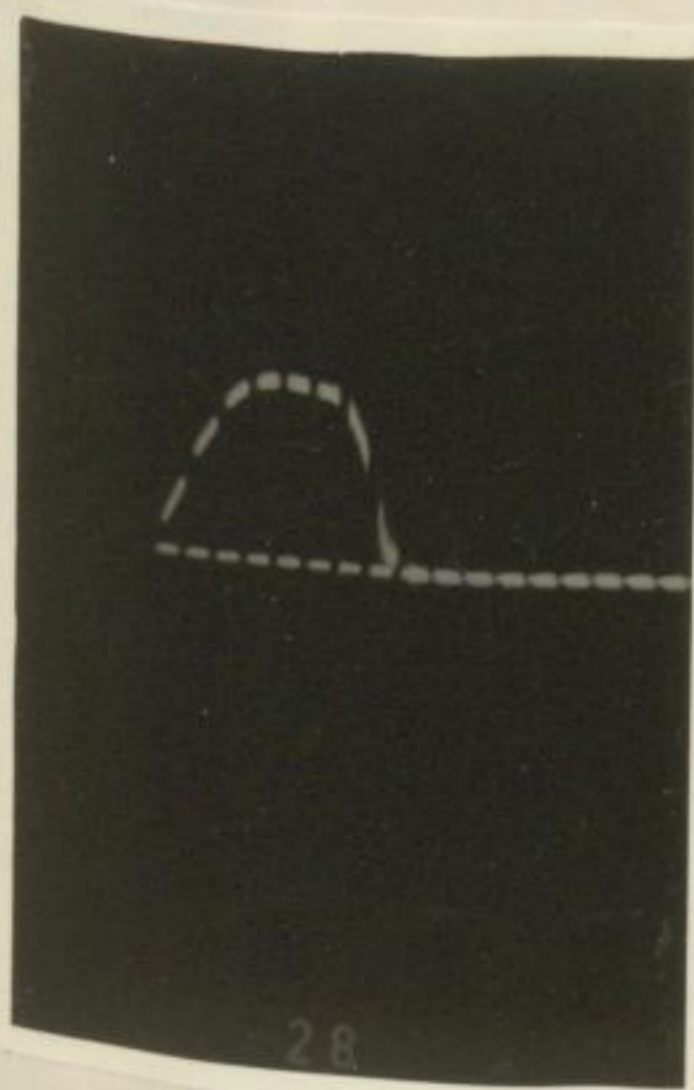
Um die Anteile des Stromflusses durch Leitung in den Glühbrücken einerseits und infolge Lichtbogenbildung andererseits trennen zu können, wurden Zünderketten mit bereits durchgeschmolzenen Glühbrücken untersucht. Bei 5 und 4 hintereinandergeschalteten Zündern (Osz.23 B und 24 B) trat keine Lichtbogenbildung, sondern nur eine Glimmlichterscheinung auf. Der Unterschied zwischen beiden Erscheinungen ist im Oszillogramm deutlich erkennbar. Bei 3 hintereinandergeschalteten Zündern ist sowohl Glimmlicht als auch Lichtbogenbildung festzustellen (Osz.26 B und 30 B).

Erst bei der Verminderung auf 2 Zünder war bei jedem Versuch eine Lichtbogenbildung feststellbar. Unterschiede treten dabei lediglich noch hinsichtlich des Zeitpunktes des Lichtbogenbeginnes auf (Osz.28 B und 29 B).

Die Zündungen mit einer TENA-Kondensatorzündmaschine (1000 V) zeigen Übereinstimmung mit den vorausgegangenen Versuchsreihen. Oszillogramm 34, 36 und 38 stellen den Zündstromverlauf in Einzelzündern dar. Nach dem Durchschmelzvorgang beginnt die Lichtbogenbildung. Oszillogramm 28, 30

und 32 sind Aufnahmen von Zündungen mit Ketten zu je 5 Zündern. Eine Lichtbogenbildung ist darin nicht erkennbar.

Das für den praktischen Schießbetrieb interessante Resultat dieser Versuchsreihe liegt in der Erkenntnis, daß durch eine Spannungserhöhung die Zündsicherheit wohl infolge Steigerung der Stromstärke (bei gleicher Belastung) erhöht werden kann, daß aber mit der Spannungserhöhung keine Sicherheitserhöhung durch längere Impulszuführung verbunden ist. Die Ansicht, daß eine Kondensatorzündmaschine über ihre Leistungsfähigkeit hinsichtlich des Grenzwiderstandes hinaus noch eine wesentliche Steigerung der Zündsicherheit infolge hoher Zündspannung und Lichtbogenbildung besitzt, ist deshalb nicht gerechtfertigt. Im übrigen sei in diesem Zusammenhang allen Stellen, die sich mit der Prüfung von Zündern und Zündmaschinen befassen, dringend von Untersuchungen mit Einzelzündern ohne Sprengkapseln abgeraten, da diese Resultate nicht auf die praktische Schießarbeit übertragbar sind.



und 35 sind annehmen von Störungen mit Ketten an
 7 Kindern. Eine Lichtgegenbildung ist darin nicht erkenn-
 bar.

Das für den praktischen Schließbetrieb interessante Re-
 sultat dieser Versuchsreihe liegt in der Erkenntnis, daß
 durch eine Spannungserhöhung die Zündfähigkeit wohl in-
 folge Steigerung der Stromstärke (bei gleicher Belastung)
 erhöht werden kann, daß aber mit der Spannungserhöhung
 keine Sicherheitserhöhung durch längere Impulsdauer
 verbunden ist. Die Ansicht, daß eine Kondensatorbelastung
 an über ihre Leistungsfähigkeit hinausgeht, ist durch die
 dargestellten Messungen noch eine wesentliche Steigerung der
 Zündfähigkeit infolge hoher Hochspannung und Lichtbogen-
 bildung bestätigt, ist jedoch nicht gerechtfertigt. In
 Übrigen sei in diesem Zusammenhang alle Stellen, die sich
 mit der Prüfung von Zündern und Zündensystemen betreffen,
 dringend von Versuchsungen mit Kinetographen abzurufen
 haben abgesehen, da diese Resultate nicht auf die prak-
 tische Arbeit übertragen sind.

Zusammenfassung 1. Teil

Im Verlaufe der Arbeiten zur Einführung des Millisekundschießens in die Bergbaubetriebe der DDR lernte der Verfasser eine Anzahl Mängel in der Durchführung der Schießarbeit kennen. Die mit stärkerer Anwendung der elektrischen Zündung immer häufiger werdenden Klagen über Schußversager waren der Anlaß, daß die Untersuchungen des ersten Teiles der Arbeit als Beitrag zur Klärung des Versagerproblems durchgeführt wurden. Diese Untersuchungen sind besonders dadurch gekennzeichnet, daß alle Versuche und rechnerischen Nachweise in Übereinstimmung mit den Verhältnissen durchgeführt wurden, die der Verfasser in zahlreichen Gruben verschiedener Bergbauzweige antraf.

In einigen Kaligruben war festzustellen, daß sich die nicht isolierten Eisenleitungen in einem sehr schlechten Zustand befanden. Die Annahme lag nahe, daß die hohen Übergangswiderstände zur Versagerhäufigkeit beitragen. Es wurden entsprechende Messungen vorgenommen, die Aussagen über die Widerstandsbeträge erbrachten.

Der Durchschnittswert für 100 m Eisenleitung betrug im untersuchten Revier 20Ω . Durch zahlreiche Flickstellen war auch für die Cu-Leitungen zwischen Verteilung und Abbau ein relativ hoher Widerstand mit $4,1 \Omega/100 \text{ m}$ zu ermitteln. In einigen Gruben wurden Schießleitungswiderstände von mehreren hundert Ω festgestellt, wobei Extremwerte auch über tausend Ω auftraten. Bereits überschlagsweise war zu ersehen, daß bei einer Zündspannung von 220 V durch die hohen Widerstände Versager auftreten können. Diese Feststellung bildete den Anlaß zur rechnerischen Untersuchung der üblichen Schaltungsarten.

Die in den Gruben des Kalibergbaues übliche Parallelschaltung der Schußgänge erwies sich infolge der hohen Schießleitungswiderstände als sehr nachteilig. Durch den grossen Spannungsabfall auf der Schießleitung wird die geforderte Zündstromstärke in zahlreichen Fällen nachweisbar unterschritten. Besonders grosse Versagergefahr ist vorhanden, wenn ausser den Schußgängen auch noch die Abbaue

Zusammenfassung I. Teil

Im Verlaufe der Arbeiten zur Einleitung der Millimeter-
 skundenschleife in die Bergbaubetriebe der ODK konnte
 der Verfasser eine Anzahl Mängel in der Durchführung
 der Schleifenarbeit feststellen. Die mit dieser Anwendung der
 elektrischen Zündung immer häufiger verbundenen Risiken über
 Schweißarbeiten waren der Anlass, daß die Untersuchungen des
 ersten Teiles der Arbeit als Beitrag zur Klärung des
 Versagensproblems durchgeführt wurden. Diese Untersuchungen
 sind besonders dadurch gekennzeichnet, daß alle Versuche
 und rechnerischen Nachweise in Übereinstimmung mit den
 Verhältnissen durchgeführt wurden, die der Verfasser in
 zahlreichen Gruben verschiedener Bergbauabteilungen
 in einigen Kalibern war festzustellen, daß sich die
 nicht isolierten Elektroden in einem sehr schlechten
 Zustand befinden. Die Annahme lag nahe, daß die hohen
 Übergangswiderstände zur Versagenshaftigkeit beitragen. Es
 wurden entsprechende Messungen vorgenommen, die Aussagen
 über die Widerstandsverhältnisse erbrachten.
 Der Durchschnittswert für 100 m Elektrodenlänge betrug im
 untersuchten Kaliber 20Ω . Dann wurden einzelne Elektroden
 war auch die die Grubenabteilungen zwischen Vorkammer und
 Abzug der Elektroden hoher Widerstand mit $4,1 \Omega$ bis 100Ω m
 ermittelt. In einigen Gruben wurden Schweißleistungswider-
 stände von mehreren 100Ω festgestellt, wobei Extrem-
 werte auch über tausend Ω auftraten. Hierbei überschlags-
 weise war zu erwarten, daß bei einer Zündspannung von
 230 V durch die hohen Widerstände Versager auftreten
 können. Diese Feststellung bildete den Anlass zur rechner-
 lichen Untersuchung der üblichen Schweißarten.
 Die in den Gruben des Kaliberzweiges übliche Parallel-
 schaltung der Schweißzeuge erwies sich infolge der hohen
 Schweißleistungswiderstände als sehr nachteilig. Durch den
 großen Spannungswertfall auf der Schleife wird die
 gelobte Zündstromstärke in zahlreichen Fällen nachweis-
 bar unterschritten. Besonders große Versagergefahr ist
 vorhanden, wenn außer den Schweißzeugen auch noch die Abzug-

parallel geschaltet und an eine gemeinsame Leitung zur Schußverteilung angeschlossen sind. Diese Schaltung, die in der näher untersuchten Grube als Normalfall anzutreffen war, führt der Rechnung zufolge zu Zündstromstärken, die bei den auftretenden Belastungen und Schießleitungswiderständen die vorgeschriebene Stromstärke von 1,0 A und die sichere Grenzstromstärke 0,8 A weit unterschritten und teilweise sogar unterhalb der Ansprechstromstärke der Zünder liegen. Bei parallelgeschalteten Abbauen führt auch die Hintereinanderschaltung der Schüsse zu Stromstärken unter 1,0 A und 0,8 A. Daraus folgt, daß von der Parallelschaltung sowohl der Abbaue als auch der Schußgänge abzugehen ist.

Zum Vergleich wurde in der Rechnung eine Spannungserhöhung von 220 V auf 380 V vorgenommen. Das Resultat zeigte, daß damit eine wesentliche Erhöhung der Zündsicherheit herbeigeführt werden kann. Bis auf wenige Extremfälle liegt die Zündstromstärke dabei über 1,0 A.

Hohe Zündspannungen führen zu sehr hohen Zündströmen, wenn gelegentlich nur wenige Schüsse zu zünden sind. Bislang standen deshalb der Spannungserhöhung Bedenken entgegen, weil Versager infolge vorzeitigen Durchschmelzens der Glühbrücken befürchtet wurden. Die Prüfung von 2 400 Stück Zündern mit Zündströmen im Bereich von 2 A bis 10 A verlief ohne Versager. Die oszillographische Registrierung des Durchschmelzvorganges zeigte, daß die Zerstörung der Glühbrücke tatsächlich in sehr kurzen Zeiten stattfindet. Aus der Beziehung $K = j^2 \cdot t$ war aber andererseits mit den gemessenen Zerstörungszeiten t und den angewandten Zündströmen zu errechnen, daß der benötigte Zündimpuls K mit mehrfacher Sicherheit zur Verfügung steht. Die Zündstromstärke geht quadratisch in die Funktion ein. Es konnte sogar die Gesetzmäßigkeit nachgewiesen werden, daß die Sicherheit, trotz kürzer werdender Zerstörungszeit, mit steigender Zündstromstärke zunimmt.

Seitens der Zündmaschinenhersteller wurde angenommen, daß neben der Erhöhung der Zündströme durch hohe Zündspannungen noch eine zusätzliche Zündsicherheit infolge Lichtbogenbildung nach dem Durchschmelzen der Glühbrücken herbeigeführt werden kann. Die oszillographische Untersuchung

parallel geschaltet und an eine gemeinsame Leitung zur
 Schutzverteilung angeschlossen sind. Diese Schaltung, die
 in der näher untersuchten Gruppe als Normalfall anzusehen
 war, führt bei Rechnung zufolge zu Überspannungen, die
 bei den auftretenden Belastungen und Schließstromänder-
 ständen die vorgeschriebene Stromstärke von 1,0 A und die
 sichere Grenzstromstärke 0,8 A weit unterschritten und
 teilweise sogar unterhalb der Anspannungsstärke der
 Zünder liegen. Bei parallelgeschalteten Abbau führt
 auch die hintereinanderreihung der Zünder zu Strom-
 stößen unter 1,0 A und 0,8 A. Daraus folgt, daß von der
 Parallelschaltung sowohl der Abbau als auch der Sober-
 gänge abzugehen ist.

Zur Vergleich wurde in der Rechnung eine Spannungser-
 höhung von 250 V auf 380 V vorgenommen. Das Resultat zeigt
 so, daß damit eine wesentliche Erhöhung der Zündstärke
 herbeigeführt werden kann. Die auf wenige Zündstärken
 die Zündstärke dabei über 1,0 A.

Diese Zündspannungen führen zu sehr hohen Überspannungen,
 wenn gelegentlich nur wenige Zünder zu zünden sind. Die
 Lage ständen deshalb der Spannungserhöhung bedürftig er-
 gen, weil Verenger infolge vorzeitigen Durchschlusses
 der Zünder betroffen werden. Die Erhöhung von 2 400
 Stück Zündern mit Zündströmen im Bereich von 2 A bis 10 A
 verleiht ohne Verenger. Die oszillographische Registrierung
 des Durchschmelzvorganges zeigte, daß die Zerlegung der
 Glühbirne tatsächlich in sehr kurzen Zeiten stattfindet.
 Aus der Bestimmung $k = \frac{1}{2} \cdot t$ war aber andererseits mit den
 gemessenen Zerlegungszeiten t und den angewendeten Zünd-
 strömen zu erkennen, daß der benötigte Zündstrom k als
 wichtiger Sicherheit zur Verfügung steht. Die Zündstrom-
 stärke geht quadratisch in die Funktion ein. Es konnte
 sogar die Gesetzmäßigkeit nachgewiesen werden, daß die
 Stromstärke, trotz ihrer veränderlichen Zerlegungszeit, mit
 steigender Zündstromstärke zunimmt.

Seitens der Zündschichtenergie wird angenommen,
 daß neben der Erhöhung der Zündströme durch hohe Zündspan-
 nungen noch eine zusätzliche Zündenergie infolge des
 Bogenbildung nach dem Durchschmelzen der Glühbirnen zur
 beigetragen werden kann. Die oszillographische Untersuchung

zeigte, daß dies tatsächlich bei der Zündung von einem Zünder höchstens aber von zwei hintereinandergeschalteten Zündern der Fall ist. Wird eine grössere Anzahl Zünder hintereinandergeschaltet, wie dies im praktischen Schießbetrieb fast ausnahmslos notwendig ist, so tritt keine Lichtbogenbildung mehr auf.

Es war zu untersuchen, ob und in welchem Maße die O-Durchgänge des technischen Wechselstromes zur derzeitigen Versagerhäufigkeit beitragen. Der grösste Teil der Schüsse im Kalibergbau wird z.Zt. mit elektrischen Zündschnurzeitzündern, also ohne O-Stufen gezündet. Deshalb wurden die Vergleichsversuche zunächst ohne Sprengkapseln durchgeführt. Die ermittelte sichere Ansprechstromstärke der untersuchten Zünder lag mit 0,26 A bei Wechselstrom in gleicher Höhe wie bei Gleichstrom. Oszillogramme von der Zündung im O-Durchgang zeigten, daß der benötigte Zündimpuls mit mehrfacher Sicherheit zugeführt wird. Die häufigen Schußversager können also bei Verwendung der üblichen elektrischen Zündschnurverzögerungszünder nicht auf Unzulänglichkeiten des technischen Wechselstromes zurückgeführt werden.

Bei Verwendung von Eschbach- und ms-Zündern mit O-Stufen müssen die effektiven Zündstromstärken wesentlich höher liegen. In den bisherigen Veröffentlichungen wurden sowohl 6,26 A als auch 1,413 A angegeben. Die Angaben blieben jedoch umstritten, weil Faktoren in die Ermittlung eingingen, die keine meßbaren Grössen darstellen. In vorliegender Arbeit wurde ein Rechenverfahren gezeigt, nach dem mittels meßbarer Grössen (Unterschied der Zündimpulse ΔK kürzeste Übertragungszeit t_u) die sichere Wechselstrom-Grenzstromstärke für die jeweilige Zündersorte bestimmt werden kann. Dabei wurde gleichzeitig nachgewiesen, daß kein festes zahlenmässiges Verhältnis zwischen der Gleichstrom-Grenzstromstärke und der Wechselstrom-Grenzstromstärke besteht. Das Verhältnis ist von den K - und t_u -Werten jeder Zündersorte abhängig.

Für die normalen Brückenglühzünder A des Sprengstoffwerkes Schönebeck wurde die sichere Wechselstrom-Grenzstromstärke mit 3,54 A ermittelt. Mit den meßbaren Grössen ΔK und

t_{ij} wurde fernerhin auch ein Weg zur Bestimmung der prozentualen Versagermöglichkeit beim Unterschreiten der sicheren Wechselstrom-Grenzstromstärken angegeben. Die Tatsache, daß z.B. für eine Zündstromstärke von 1,5 A 2,4% Versagermöglichkeit zu ermitteln war, erklärt die Erscheinung, daß trotz scheinbar genügend hoher Zündstromstärken mitunter einzelne Schußversager auftreten.

Die weitere Untersuchung der im Bergbau in der DDR verwendeten Brückenglühzünder A erbrachte den Nachweis, daß die Empfindlichkeit dieser Zünder an der äußersten unteren Grenze des zugelassenen Bereiches von 0,8 bis 3,0 m Ws/ Ω liegt. Die gemessenen Zündimpulse betrugen 0,81 bis 1,02 m Ws/ Ω . Dementsprechend ergab sich auch für die sichere Ansprechstromstärke der niedrige Wert von 0,26 A. In bezug auf fehlerhafte Zünder stellte Verfasser im Verlaufe der Untersuchungen den sehr geringen Anteil von 4 Versagern bei etwa 10 000 geprüften Zündern fest.

Der Überblick über die gesamten Resultate der Versuche erlaubt eine wesentliche Schlußfolgerung:

Die günstigen Zündereigenschaften und der geringe Anteil fehlerhafter Zünder lassen erkennen, daß die grosse Versagerhäufigkeit, die in der näher untersuchten Grube im Untersuchungszeitpunkt 4 % betrug, nicht durch die Zünder hervorgerufen wird.

Andererseits zeigten die Untersuchungen, daß die erforderlichen Mindeststromstärken infolge schlechten Zustandes der Schießleitungen, ungeeigneter Schaltung der Schüsse und Abbaue sowie Nachlässigkeiten in der Durchführung der elektrischen Zündung weit unterschritten werden. Eine Besserung der Situation ist also nur zu erwarten, wenn die nachgewiesenen schlechten Verhältnisse im praktischen Grubenbetrieb verbessert werden.

II. Versuche mit Millisekundenzündung

=====

Die gegenseitige Verzögerung der Schüsse war auch bislang beim grössten Teil der Sprengarbeiten notwendig und üblich. Die Zündschnurverzögerungszündung erlaubt es, entsprechend der gewählten Schnittlänge beliebige Verzögerungszeiten herbeizuführen. Annähernd konstante Verzögerungszeiten zu erzielen, ist dabei schwierig, weil Toleranzen in der Brenngeschwindigkeit der Pulverseele vorhanden sind und die Genauigkeit des Zuschneidens der Verzögerungsschnüre durch den Hauer begrenzt ist. Die Einführung der Schnellzeitzünder mit festen Nennzeiten der Verzögerung (1 sec und 0,5 sec) war ein wesentlicher Schritt zur Vervollkommnung des Verzögerungsschießens. Die Gesamtzeit für die Zündung mehrerer Verzögerungsstufen unterliegt bei diesen Zündern nicht mehr dem Ermessen der Hauer. Die Intervalle zwischen den einzelnen Schüssen sind durch Vorschriften verbindlich festgelegt.

Die Millisekundenzündung stellt noch stärkere Forderungen an die Exaktheit der Zündfolge. *A n s e l m e*, der sich in Frankreich für die Verbreitung des Verfahrens einsetzt, verglich diese Neuerung in der Sprengtechnik mit dem Verdegang in der Entwicklung der Verbrennungsmotore. Die früheren primitiven Motore mit lautkrachenden Einzelexplosionen seien gleichfalls durch eine präzisere Fertigungstoleranz einiger Mikron den neuen hochleistungsfähigen Typen gewichen.

Zur Herbeiführung der besonderen Effekte des Millisekunden-schießens müssen die Intervalle zwischen den Verzögerungsstufen auf einige 1/1000 sec gemindert werden (Wirkungsvolle Verzögerungszeiten: 10 ms bis 50 ms). Die Forderung nach größtmöglicher Exaktheit in der Einhaltung der Verzögerungsintervalle ist bei der Millisekundenzündung in doppelter Hinsicht vorhanden, weil durch die weitgehende Verkürzung der Intervalle gleichzeitig auch die Streuung um die Nennzeiten reduziert werden muss. Sonst treten die nachteiligen Überschneidungen der Zündstufen auf. Die vorteilhafte Spreng-

II. Versuche mit Millierkondensatoren

Die gegenseitige Verzögerung der Schläge war auch die-
 lang beim größten Teil der Sprengarbeiten notwendig und
 ähnlich. Die Beobachtungsverzögerung erlaubte es, erst-
 sprechend der gewöhnlichen schichtförmigen Verzögerung
 gelten in Betracht zu ziehen. Auch wenn konstante Verzögerungs-
 ten zu erzielen, ist dabei notwendig, weil Teilchen in der
 Brunnenschicht der Pulverseele vorhanden sind und die
 Gesamtheit des Kammers des Verzögerungsapparates durch
 den Luftdruck bestimmt ist. Die Entfernung der Schicht
 ist durch die Länge der Verzögerung (1 sec und 0,5 sec)
 war ein wesentlicher Schritt zur Verwirklichung des Versuchs-
 gerätes. Die Gesamtheit für die Länge der Verzögerung
 Verzögerungsapparate unterliegt bei diesen Versuchen nicht nur
 den Massen der Luft, die Intervalle zwischen den einzelnen
 Schichten sind durch Verschieben vorzüglich festgelegt.
 Die Millierkondensatoranlage stellt noch stärkere Verzögerungen
 an die Kraft der Schläge. A n a e i m e , das sich in
 Frankreich für die Verzögerung des Vorlaufs einstellt, ver-
 gleich diese Verzögerung in der Sprengtechnik mit dem Vorlauf
 in der Entwicklung der Verzögerungsapparate. Die Verzögerung
 primitiver Motoren mit lauffähigen Linienexplosionen sollen
 gleichfalls durch eine primitivere Pulvergeschwindigkeit erzielt
 werden können. Die Millierkondensatoranlage stellt noch stärkere Verzögerungen
 an die Kraft der Schläge. A n a e i m e , das sich in
 Frankreich für die Verzögerung des Vorlaufs einstellt, ver-
 gleich diese Verzögerung in der Sprengtechnik mit dem Vorlauf
 in der Entwicklung der Verzögerungsapparate. Die Verzögerung
 primitiven Motoren mit lauffähigen Linienexplosionen sollen
 gleichfalls durch eine primitivere Pulvergeschwindigkeit erzielt
 werden können.

wirkung wird möglich, indem durch die schnelle Schußfolge eine gegenseitige Beeinflussung der Schüsse in Erscheinung tritt. Beim Schießen mit den bislang üblichen Zündern ist dagegen der gesamte Ablösungsvorgang der Vorgabe bereits vorüber, wenn der nachfolgende Schuß gezündet wird.

In der Literatur sind Berichte vorhanden über den zeitlichen Ablauf des Sprengvorganges. Die einzelnen Phasen wurden mit Zeitlupenaufnahmen erfasst. Nach Mittelwerten aus mehreren Untersuchungsergebnissen lassen sich folgende Perioden abgrenzen.

- 0 - 10 ms Rißbildung
- 10 - 20 ms Ablösung der ersten Schalen
- 20 - 90 ms Bewegung der gesamten Vorgabe

Ein Vergleich mit den Verzögerungszeiten der ms-Zündung von 10 - 50 ms zeigt, daß die Zündung des nachfolgenden Schusses zu einem Zeitpunkt erfolgt, in dem sich die Vorgabe des vorausgegangenen Schusses noch im Ablösungsvorgang befindet.

Die in der Praxis allgemein übliche Art, die Millisekundenverzögerungen herbeizuführen, liegt in der Verwendung spezieller Millisekundenzünder, deren Wirkungsweise ähnlich dem Prinzip der normalen Schnellzeitzündung ist. Die erstrebten Intervalle werden durch einen chemischen Verzögerungssatz hervorgerufen, der sich in einem kalibrierten Röhrrchen zwischen dem Zündsatz und der Sprengkapsel befindet (Abb.25).

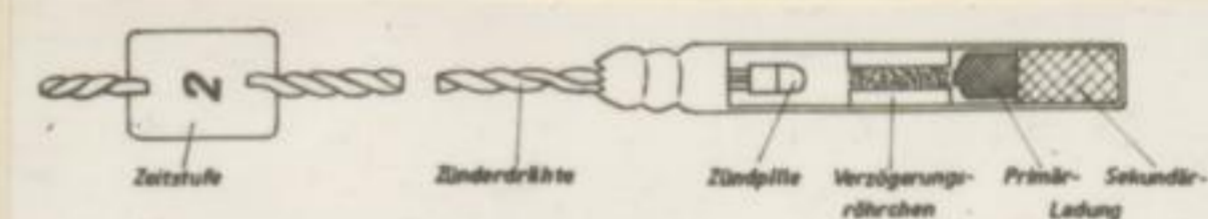


Abb. 25 Schema eines ms-Zünders

Um im weiteren Verlauf der Ausführungen eine klare begriffliche Trennung mit der nachfolgend noch zu beschreibenden zweiten Verzögerungsmöglichkeit zu gewährleisten, werden diese Zünder im folgenden als chemische Millisekundenzünder bezeichnet.

simabewert
- 100 -
10.1.1957

Wirksam wird möglich, indem durch die sonnenleuchtende
 eine gegenwärtige Beschleunigung der Schmelze in Erscheinung
 tritt. Beim Schmelzen ist der Verlauf der Schmelze
 dagegen der bekannte Ablaufvorgang der Vorgänge
 vorhanden, wenn der Schmelzprozess schon vorhanden ist.
 In der Literatur sind bereits verschiedene Beobachtungen
 über den Verlauf des Schmelzvorganges als einzelne Phasen
 worden als Kollapserscheinungen erkannt. Nach Untersuchungen
 aus mehreren Untersuchungsarbeiten lassen sich folgende
 Phasen abgrenzen.

- 1 - 10 m. Abkühlung
- 10 - 20 m. Abkühlung der ersten Schmelze
- 20 - 30 m. Bewegung der zweiten Schmelze

Die Vorgänge sind von 4. Untersuchungen der m. Schmelze
 von 10 - 20 m. zeigt, daß die Schmelze den nachfolgenden
 Schmelze zu einem Zeitpunkt erfolgt, in dem sich die Vor-
 gänge des vorangehenden Schmelzes noch in Abkühlung
 befindet.

Die in der Praxis allgemein übliche Art, die Schmelze
 durch Zugabe von Schmelzmaterialien, liegt in der Vor-
 gänge der Schmelze, dann Schmelze durch
 den Verlauf der Schmelze sonnenleuchtend ist. Die
 stehen Intervalle werden durch einen chemischen Vorgang
 verursacht hervorgerufen, der sich in einem bestimmten
 Zeitraum zwischen dem Schmelzen und der Schmelze
 findet (Abb. 25).

Um in weiteren Verlauf der Untersuchungen eine klare
 geologische Trennung mit der nachfolgenden noch zu besprechen
 werden diese Bilder in folgenden als geologische
 geologisch bezeichnet.



Es ist offensichtlich, daß die Herstellung dieser chemischen Zünder im Hinblick auf die weitgehende Verkürzung der Verzögerungszeit und des dadurch eng gezogenen Streubereiches äußerste Präzision erfordert. Dementsprechend ist die Ausrüstung der Zünderfabrik mit Spezialmaschinen eine Voraussetzung zur Produktionsaufnahme.

Die Spaltung Deutschlands hatte zur Folge, daß die Spezialfabriken für die Herstellung von Zündmitteln im westlichen Teil unseres Vaterlandes verblieben. Wenn auch das Sprengstoffwerk Schönebeck zur Zeit die benötigten Mengen an elektrischen Momentzündern herstellt, so wird der Weg bis zur Produktion von Millisekundenzündern noch recht schwierig sein.

Bis zu Beginn der nachfolgend beschriebenen Arbeiten im Jahre 1952 waren Einzelheiten über Durchführung und Vorteile des Millisekundenschießens nur Literaturberichten zu entnehmen, die in den westlichen Ländern erschienen.

Die seitens des Institutes für Bergbaukunde an der Bergakademie Freiberg verfolgte Absicht, eigene Versuche zur Beurteilung der Millisekundenzündung durchzuführen, konnte daher nur unter Verwendung normaler Brückenglühzünder A verwirklicht werden. Die Verzögerung zwischen den einzelnen Zeitstufen war durch ein Gerät herbeizuführen, das in getrennte Schießleitungen für jede Zeitstufe Zündimpulse mit kurzzeitiger Verzögerung schickt.

1. Untersuchung der Eignung von Brückenglühzündern A für das ms-Schießen

Dem Beginn der Schießversuche musste eine eingehende Untersuchung der Brückenglühzünder A des Sprengstoffwerkes Schönebeck vorausgehen. Trotzdem diese Zünder die Bezeichnung Momentzünder tragen, ist dennoch die Reaktionszeit als eine Verzögerungszeit zu werten. Dadurch wird auch eine Streuung der Momentzünder hervorgerufen. Entscheidend für die Verwendungsmöglichkeit der Brückenglühzünder A war die Erfüllung der Forderung, daß die Streuung der Reaktionszeit gegenüber der angestrebten Verzögerungszeit genügend gering ist.

Die Messung der Reaktionszeiten wurde mit einem Spezialkurzzeitmeßgerät der Firma Rentsch, Pirna (Abb.26) durchgeführt.

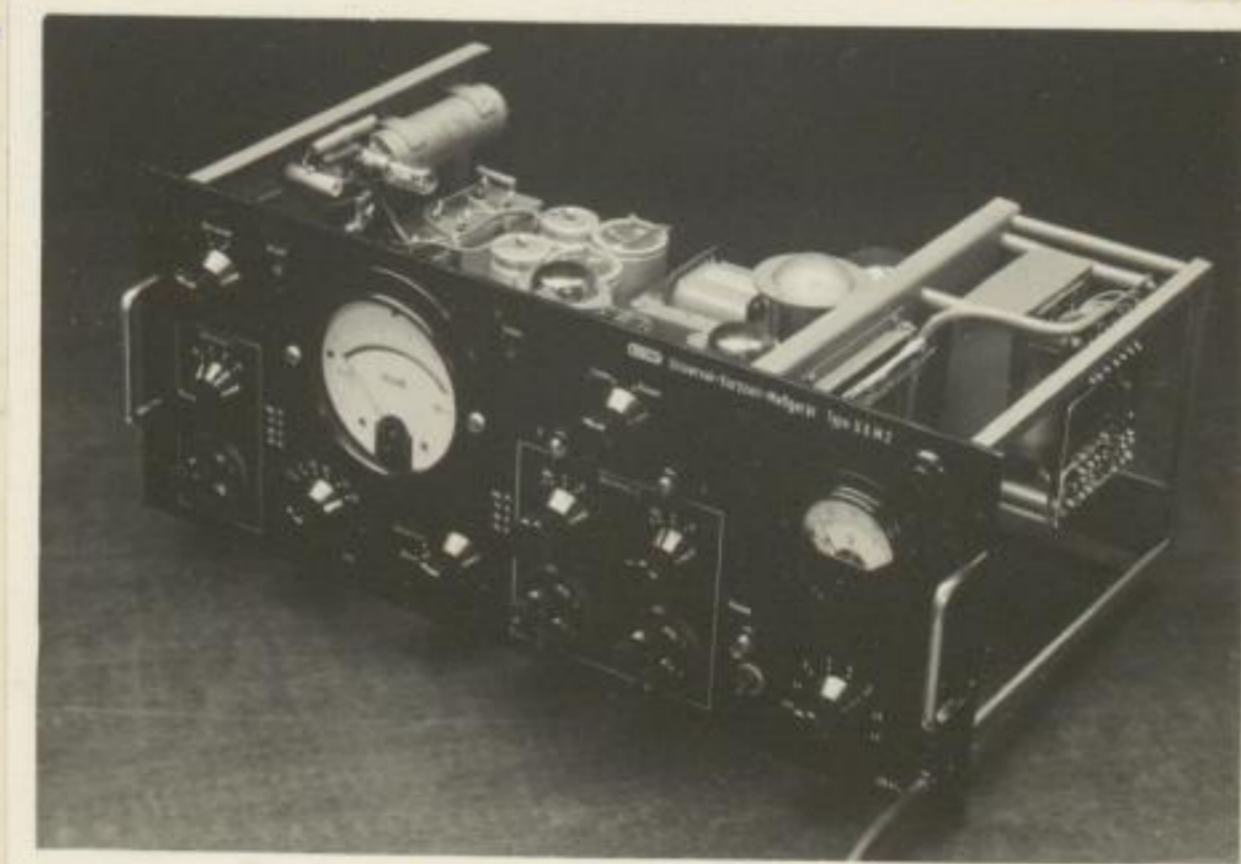


Abbildung 26

Das Ergebnis zeigte, daß die Reaktionszeit in quadratischer Funktion vom Belastungswiderstand gemäß Abbildung 27 abhängig ist. Diese Feststellung läßt sich auch rechnerisch nachweisen:

$$K = J^2 \cdot t_z$$

$$t_z = \frac{K}{J^2}$$

$$t_z = \frac{K \cdot R^2}{U^2}$$

$$J = \frac{U}{R}$$

$$t_R = t_z + t_U$$

t_z = Zündzeit

t_U = Übertragungszeit

Die Messung der Reaktionszeiten wurde mit einem Spezial-
Kurzzeitgerät der Firma Henschel, Pirmas (Abb. 26) durch-
geführt.
ist.

Die Messung der Reaktionszeiten wurde mit einem Spezial-
Kurzzeitgerät der Firma Henschel, Pirmas (Abb. 26) durch-
geführt.

Das Ergebnis zeigt, dass die Reaktionszeit in quadratischer
Funktionsform von der Belastung abhängt (Abb. 27).
Abhängig ist diese Verteilung nicht nur von der
Belastung, sondern auch von der Reaktionszeit.

$$R = a + b \cdot \sqrt{L}$$
$$R = a + b \cdot \sqrt{L}$$
$$R = a + b \cdot \sqrt{L}$$

Die Reaktionszeit ist also eine Funktion der Belastung.
Die Reaktionszeit ist also eine Funktion der Belastung.
Die Reaktionszeit ist also eine Funktion der Belastung.

In dieser Gleichung bleibt U^2 konstant, da bei allen Belastungen mit 200 V geprüft wurde, deshalb $t_z \sim K \cdot R^2$. Die Streuung um den parabolischen Kurvenzug wird in erster Linie durch die Unterschiede des Zündimpulses K bedingt; darüber hinaus sind auch die verschiedenen Übertragungszeiten $t_{\bar{u}}$ wirksam, denn $t_z = t_R = t_{\bar{u}}$

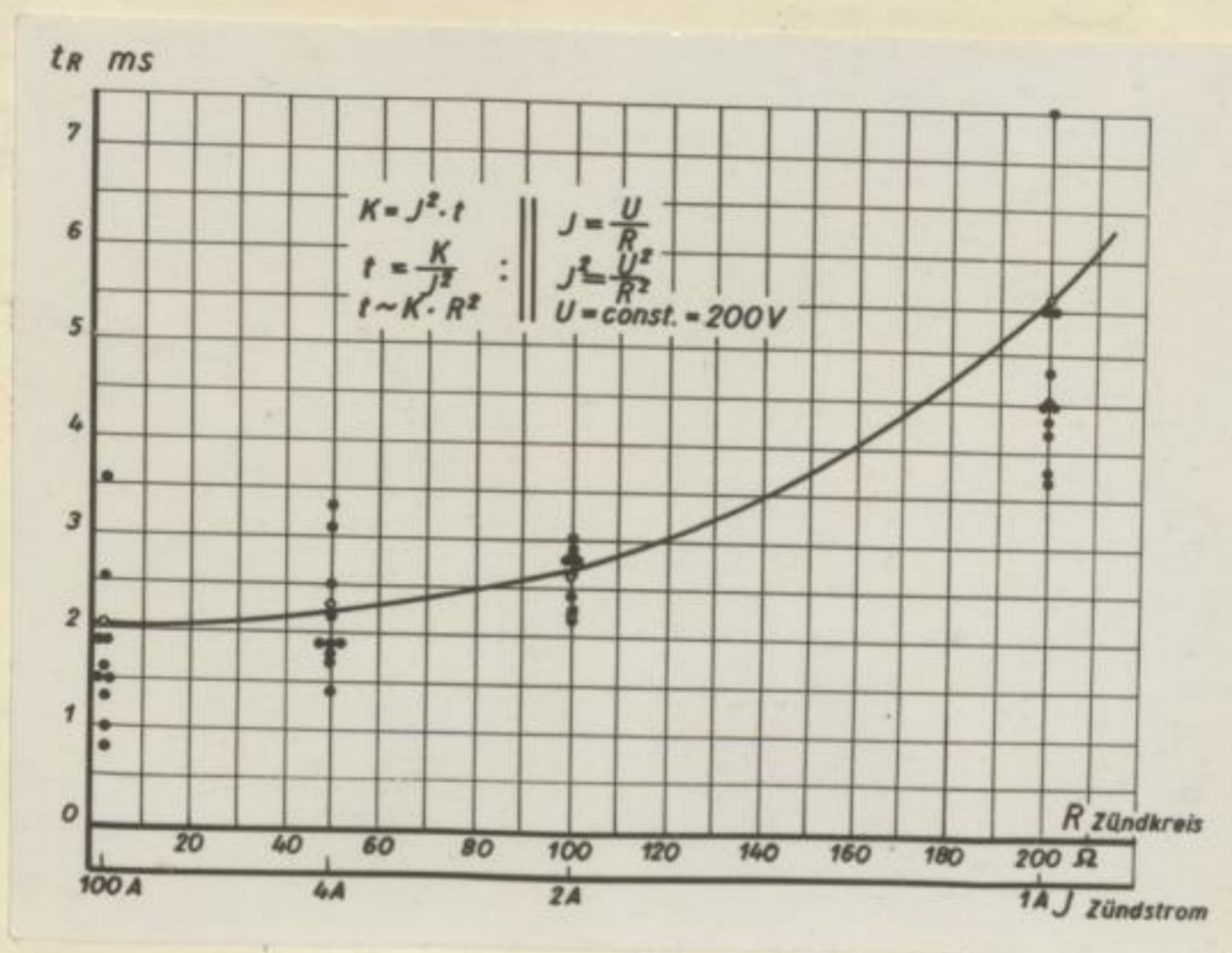


Abb.: 27 Abhängigkeit der Reaktionszeit von der Zündstromstärke

In der Abbildung ist auf der Abszisse der Zündkreiswiderstand und auf der Ordinate die Reaktionszeit t_R in ms dargestellt. Die Zündspannung bei der Prüfung war konstant 200 V. Mithin läßt sich das Resultat auch durch die Abhängigkeit vom Zündstrom ausdrücken. Die durchschnittliche Streuung im Bereich > 1 A betrug 3 ms. Dieser Betrag hat selbst bei der am Millisekundenzündgerät einstellbaren kürzesten Verzögerungszeit von 10 ms noch keinen nachteiligen Einfluß. Auf alle Fälle wird mit Sicherheit eine Überschneidung der Zündfolgen vermieden. Zündströme < 1 A, die eine größere Streuung hervorrufen könnten, sind ohnehin lt. Sicherheitsvorschriften nicht zulässig und scheiden daher aus der Betrachtung aus.

In dieser Gleichung bleibt U konstant, da bei allen Belastungen mit 200 V geprüft wurde, deshalb $t \sim K \cdot R^2$. Die Stromung um den parabolischen Kurzschluss wird in erster Linie durch die Unterschiede des Zündspannes K bedingt; darüber hinaus sind auch die verschiedenen Übertragungszeiten t_{II} wirksam, dann $t = t_R = t_{II}$.

Abb. 27. Abhängigkeit der Reaktionszeit von der Zündstromstärke

In der Abbildung ist auf der Abszisse der Zündkreiswiderstand und auf der Ordinate die Reaktionszeit t_R in ms dargestellt. Die Zündspannung bei der Prüfung war konstant 200 V. Man sieht also das Resultat auch durch die Abhängigkeit vom Zündstrom ausdrücken. Die durchschnittliche Stromung im Bereich $I < 1$ A betrug 3 ma. Dieser Betrag hat selbst bei der am Millisekundenmaßgerät anschließbaren kürzesten Verkümmungszeit von 10 ns noch keinen nachteiligen Einfluss. Auf alle Fälle wird mit Sicherheit eine Überschneidung der Zündfolgen vermieden. Zündströme < 1 A, die eine größere Stromung hervorgerufen hätten, sind ebenfalls in der Sicherheitsvorschriften nicht zulässig und werden daher aus der Betrachtung aus.

2. Vergleichende Kurzzeitmessungen an chemischen ms-Zündern

Um Vergleiche mit den speziellen chemischen Millisekundenzündern anstellen zu können, wurden zwei Typen Millisekundenzündern verschiedener Firmen in die Untersuchung mit dem Kurzzeitmeßgerät einbezogen. Aus den Abbildungen 28 und 29 entnehmen wir, daß die durchschnittliche Streuung

Sollverzögerung 25 ms									
Zündstufe	Nennzeit	Δt %		Δt %		Δt %		Δt %	
0	0	32		36					
1	25	27	-4,8	29	+1,6				
2	50	46	-9	39	-11				
3	75	56	-24	56	-24				
4	100	76	-24	90	+10				
5	125	94	-24	106	+8				
6	150	126	+84	135	+90	118	38	-52	
7	175	136	-24	170	+40	171	15	-40	
8	200	150	-25	205	+2,5	200	29	-16	
9	225	194	-14	205	-10	205	5	-80	
10	250	176	-29	209	+8	229	24	-4	
11	275	210	-24	222	+8	253	24	-4	
12	300	236	-21	256	+8	284	31	-24	

Streuung: - 34,7 %
+ 31,4 %

Gesamt: 66,1 %

Überschneidungen: 2
8. und 9. Stufe

Streuwerte von Millisekundenzündern
mit 25 ms-Verzögerungszeit

Sollverzögerung 50 ms													
Zündstufe	Nennzeit	Δt %		Δt %		Δt %		Δt %		Δt %		Δt %	
0	0	0		0		0		0		0		0	
1	50	35	-30	36	-28	32	-36	44	-12	32	-36	32	-36
2	100	74	-22	68	-32	64	-36	64	-20	64	-24	74	-24
3	150	125	-17	127	-16	124	-18	126	-16	102	-32	144	-5
4	200	115	-43	162	+18	164	-18	180	+10	166	-16	187	+43
5	250	205	+2	196	-22	192	-24	182	-28	174	-30	242	+72
6	300	196	-35	194	-36	206	+10	214	+14	204	-32	246	+82
7	350	260	+51	238	-34	252	+14	254	+16	236	-32	282	+82
8	400	290	+23	286	-14	292	+8	296	+12	284	-4	366	+92
9	450	376	+83	374	-14	346	-24	348	+8	380	+4	422	+92
10	500	450	0	426	-16	448	+16	440	-12	426	-16	446	-10

Streuung: - 42,3 %
+ 34,6 %

Gesamt: 76,9 %

Überschneidungen: 6
1* 3. Stufe
5* 5. Stufe

Streuwerte von Millisekundenzündern mit 50 ms-Verzögerungszeit

Abbildung 28

Abbildung 29

der geprüften 25 ms-Zünder bei 66,1% und der 50 ms-Zünder bei 76,9% lag. Diese Prozentangabe bezieht sich auf die Einhaltung der vom Hersteller angegebenen Nennzeit der Verzögerung zwischen den einzelnen Stufen (25 ms und 50 ms). Gleichzeitig ist auch zu erkennen, daß bei 115 gemessenen Zündern 8 Überschneidungen auftraten.

Besonders interessant sind die zugehörigen Abbildungen 30 und 31. Die Überschneidungen sind dem Kurvenverlauf deutlich zu entnehmen, indem an den betreffenden Stellen der Anstieg der Kurve < 0 wird, d.h. eine Stufe im Diagramm entsteht. Aus der Darstellung ist ferner ersichtlich, daß

2. Vorlesung über die Eigenschaften der
Flüssigkeiten

Die Eigenschaften der Flüssigkeiten sind von großer Wichtigkeit für die Naturwissenschaften. In der Hydrostatik wird die Gleichgewichtsbedingung für eine Flüssigkeitssäule hergeleitet. Die Dichte ρ ist definiert als die Masse m pro Volumen V . Die Gewichtskraft G einer Flüssigkeitssäule der Höhe h ist $G = \rho \cdot g \cdot V$. Die Druckkraft F auf eine Fläche A ist $F = p \cdot A$. Die Druckhöhe h ist $h = \frac{p}{\rho \cdot g}$.

Abbildung 58
Abbildung 59
Die Abbildung zeigt die Eigenschaften der Flüssigkeiten. In der Hydrostatik wird die Gleichgewichtsbedingung für eine Flüssigkeitssäule hergeleitet. Die Dichte ρ ist definiert als die Masse m pro Volumen V . Die Gewichtskraft G einer Flüssigkeitssäule der Höhe h ist $G = \rho \cdot g \cdot V$. Die Druckkraft F auf eine Fläche A ist $F = p \cdot A$. Die Druckhöhe h ist $h = \frac{p}{\rho \cdot g}$.

die Überschneidungen bzw. starken Annäherungen der Intervalle bestimmten Zeitstufen eigentümlich sind.

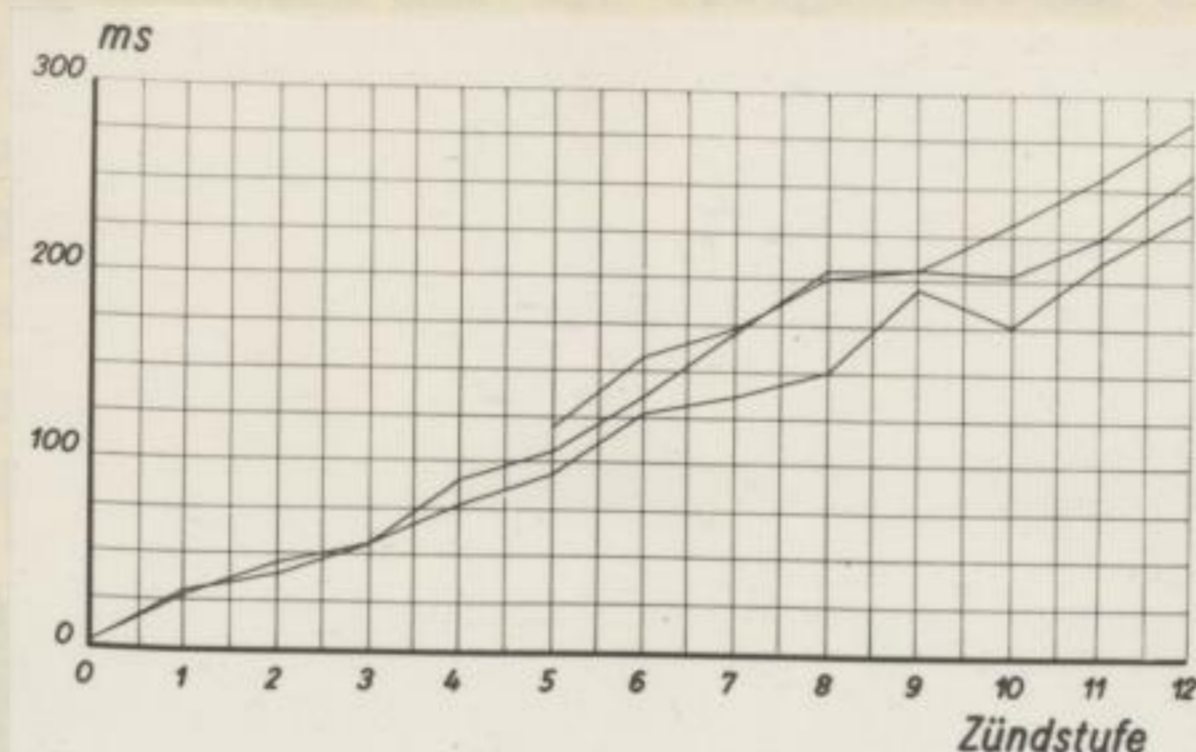


Abbildung 30

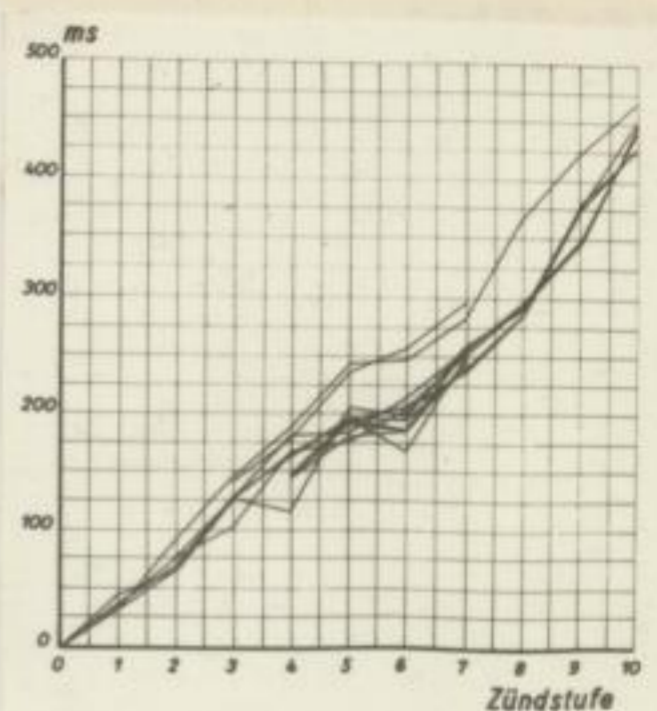


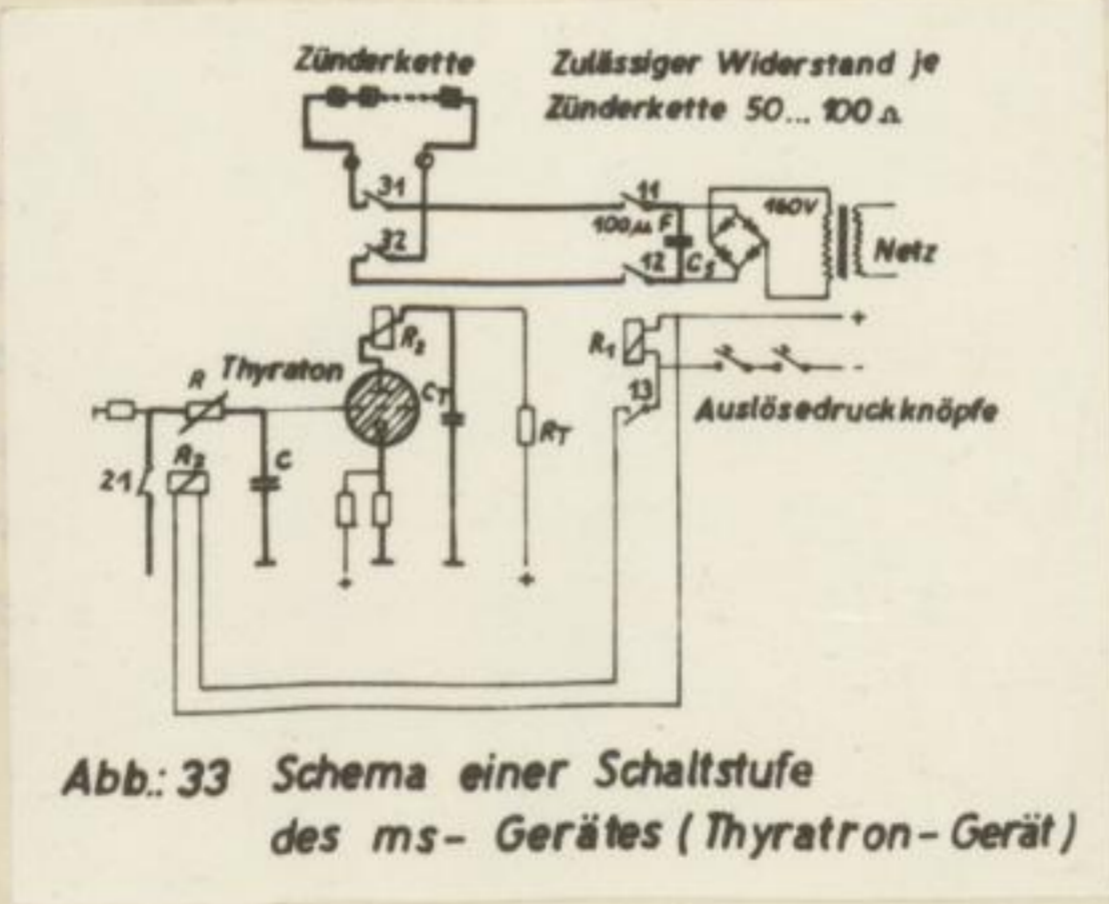
Abbildung 31

Da diese Erscheinungen für beide Zündersorten zutrifft, die in verschiedenen Fabriken hergestellt wurden, scheint es sich um eine zu verallgemeinernde Produktionsstörung bei der Herstellung von Millisekundenzündern zu handeln. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, daß die englische Herstellerfirma die ersten Zündstufen mit Intervallen von 25 ms fertigt, während die höheren Stufen Intervalle bis zu 85 ms erhalten. Damit sollen Überschneidungen der schwieriger herzustellenden höheren Stufen von vornherein vermieden werden.

Aus den Messungen wurde für die Durchführung der Schießversuche die praktische Nutzanwendung gezogen, indem beim Schießen mit 50 ms-Zündern entweder nur Zündstufe 5 oder nur Stufe 6 mit verwendet wurde. Leider ging dabei eine der dringend benötigten Zeitstufen verloren, so daß diese Handhabung nur in Betracht kam, wo das Verzögerungsschema es unbedingt forderte (Kanonenschießen, Einbruchsschüsse aus dem Zwang). Die Betriebe, die ms-Zünder verwendeten, wurden entsprechend unterrichtet.

die Untersuchungen bzw. starken Änderungen der Inter-
 valle bestimmten Zeitstrahlen eigentlich sind.

Abbildung 30
 Die diese Ercheinungen für beide Zündkette tritt,
 die in verschiedenen Zyklen hergestellt wurden, scheint
 es sich um eine zu verallgemeinernde Produktionsstörung
 bei der Herstellung von Hilfsschaltknoten zu handeln.
 In dieser Zusammenhang ist zu erwähnen, das die erlassene
 Herstellertime die ersten Zündkette mit Intervallen die
 25 ms beträgt, während die 25.eren Stufen Intervalle die
 zu 85 ms ergeben. Damit sollen Übermessungen der
 schwächeren Zündkette in diesen Stufen von vornherein
 vermieden werden.



1. Versuchsgerät (Thyratronerät)

Im Hinblick auf die festgestellten starken Abweichungen der ms-Zünder von der Nennzeit erschien es sogar vorteilhaft, speziell für Versuchszwecke mittels Gerät und Momentsünder exaktere Verzögerungszeiten herbeiführen zu können. Dagegen bestand beim eingangs verwendeten Gerät (Abb. 32a, 32b) von vornherein wenig Aussicht auf einen ständigen Einsatz im praktischen Grubenbetrieb.



Abbildung 32a



Abbildung 32b

Die Verzögerung wurde bei diesem Gerät durch gittergesteuerte Entladungsröhren (Thyratron) bewirkt. Diese sprechen für jeden Kreis getrennt in unterschiedlichen Zeitabständen an, weil die erforderlichen Gitterspannungen mit Verzögerung nacheinander erreicht werden. Der Zeitabstand wurde durch Veränderung des Widerstandes R geregelt, der den Entladevorgang eines Kondensators c variiert (Abb. 33). Durch die Lösung des Verzögerungsproblems durch eine Thyratronschaltung ergab sich der wesentlichste Vorteil des Gerätes. Die Verzögerungszeit konnte wahlweise um jeweils 10 ms stufenweise im Bereich von 10 bis 100 ms variiert werden. Damit war gegenüber den chemischen Millisekundenzündern die Möglichkeit gegeben, die Verzögerungszeiten den jeweiligen Gebirgsverhältnissen und dem Bohrschema anzupassen. Ein Vorteil, der sich besonders für die wissenschaftlichen Zwecke als sehr nützlich erwies. Darin ist auch der Grund zu suchen, weshalb man in England trotz der zur Verfügung stehenden Millisekundenzünder diesem Ge-

1. Versuchsaufbau (Physik)

Im Hinblick auf die festgestellten starken Abweichungen der ma-Zähler von der Normzeit erschien es sogar vorteilhaft, speziell für Versuchszwecke mittels Gerät und Momentenlager exaktere Verögerungszeiten herbeiführen zu können. Dagegen bestand beim eingangs verwendeten Gerät (Abb. 32a, 32b) von vornherein wenig Aussicht auf einen ständigen Einsatz in praktischen Größenskalen.

Abbildung 32a

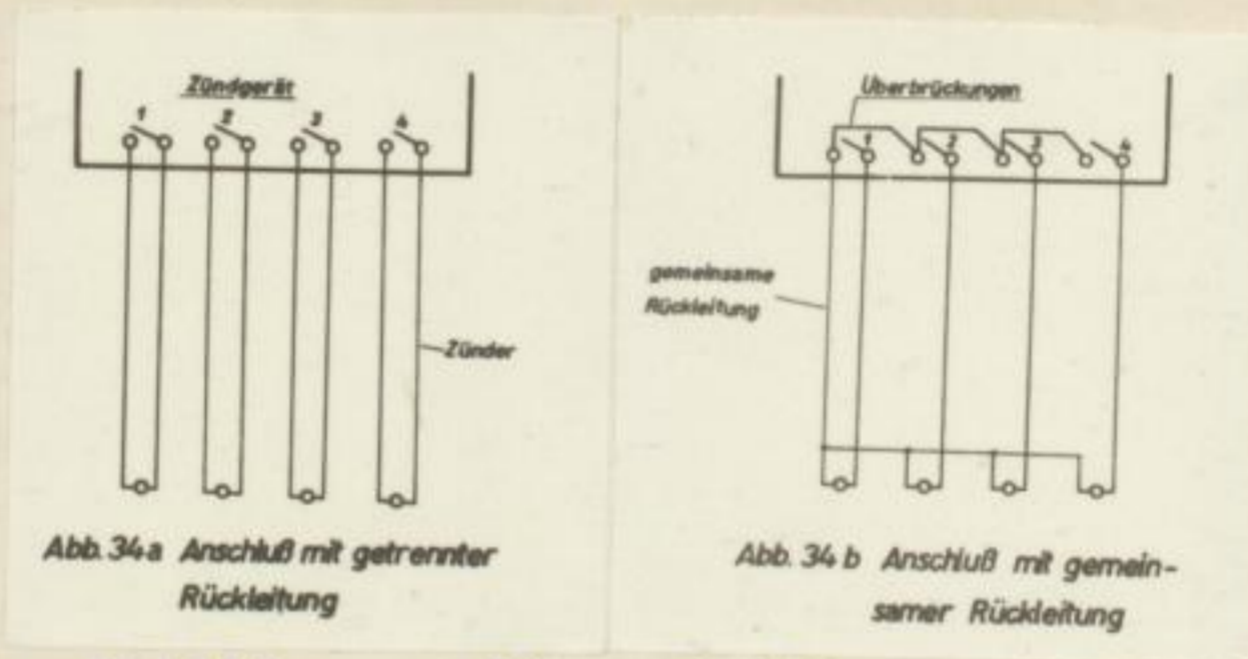
Abbildung 32b

Die Verögerung wurde bei diesem Gerät durch Gittergeräten-
erte Entladungsröhren (Physikon) bewirkt. Diese sprechen für
jeden Kreis getrennt in unterschiedlichen Zeitabständen an,
weil die erforderlichen Gitterspannungen mit Verögerung nach-
einander erreicht werden. Der Zeitabstand wurde durch Verände-
rung des Widerstandes R geregelt, der den Entladevorgang eines
Kondensators e variiert (Abb. 32). Durch die Lösung des Ver-
ögerungsproblems durch eine Thyatronschaltung ergab sich
der wesentlichste Vorteil des Gerätes. Die Verögerungszeit
konnte während des Versuchs in stufenweise im Bereich von
10 bis 100 ns variiert werden. Damit war gegenüber den chemi-
schen Mittelwertschaltern die Möglichkeit gegeben, die Verö-
gerungszeiten den jeweiligen Gitterspannungsverhältnissen und dem
Versuchsaufbau anzupassen. Ein Vorteil, der sich besonders für die
wissenschaftlichen Zwecke als sehr nützlich erwies. Darin
ist auch der Grund zu suchen, weshalb man in England trotz
der zur Verfügung stehenden Mittelwertschalter diesen Ge-

rät Beachtung schenkte und in einem Referat unter der Rubrik "Neuerungen im Bergbau" Schaltskizze und Anwendungsbedingungen veröffentlichte.

Andererseits war die Ausrüstung des Gerätes mit mehreren Thyatronstufen für den rauhen Grubenbetrieb ein Erschwer- nis, da die Röhren sorgsam vor Stößen geschützt werden mussten.

Die Verlegung der Schießleitungen erfolgte entweder für jede Verzögerungsstufe getrennt mit je einer Hin- und Rückleitung (Abb. 34a) oder mit einer gemeinsamen Rücklei- tung (Abb. 34b)



Abbildungen 34a und 34b

Letztere Möglichkeit erwies sich jedoch bei untertägigen Schießarbeiten als weniger zuverlässig, da beim Abschleu- dern der Rückleitung durch einen Schuss der ersten Zeit- stufen sämtliche nachfolgenden Schüsse versagten.

Die Leistungsfähigkeit des Gerätes wurde durch Oszillo- gramme untersucht. Abbildung 35 zeigt ein Oszillogramm mit einer Belastung je Zündkreis von 100Ω .

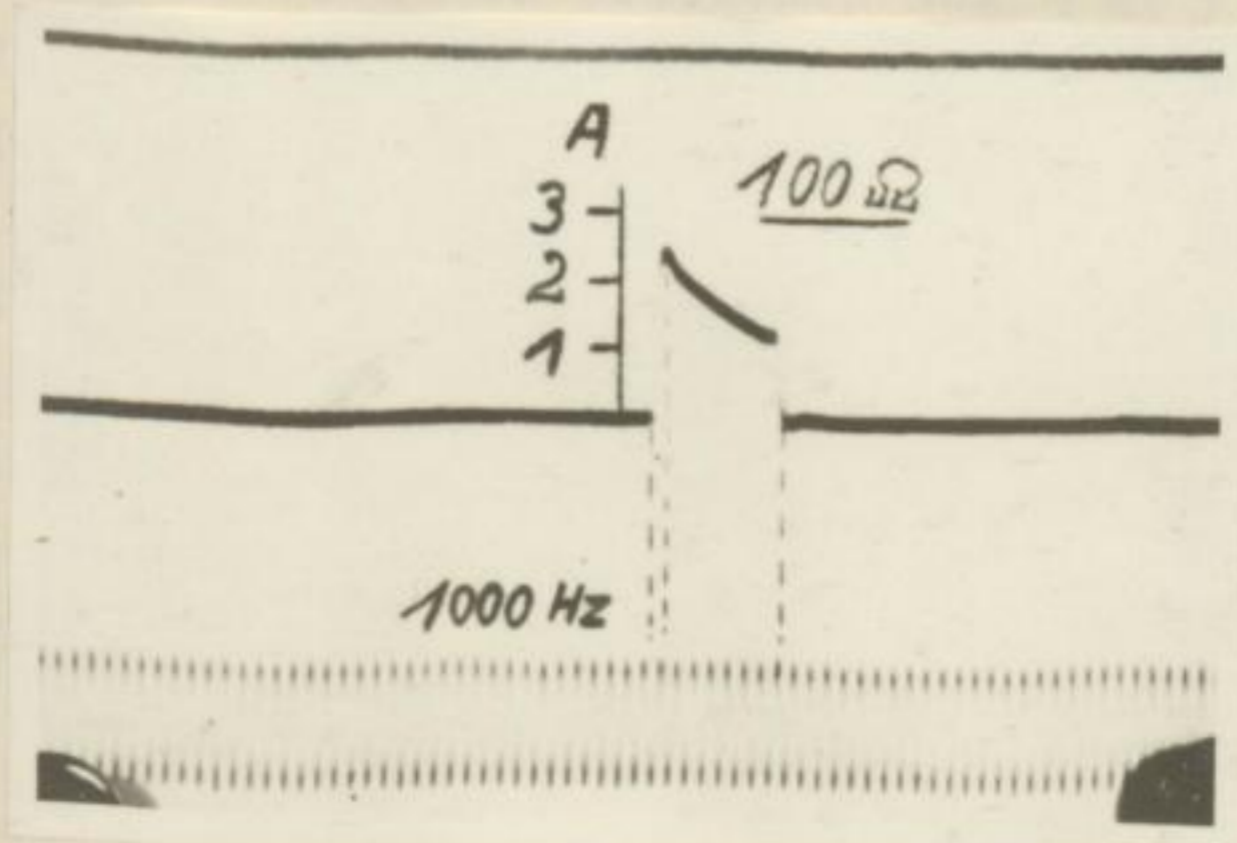


Abbildung 35

3. Ergebnisse der ersten Erprobung im Kalkwerk Hermsdorf

Die Versuche wurden in zwei untertägigen Gewinnungsstrecken mit einem Streckenquerschnitt von $6 \times 2,5$ m durchgeführt. Als Bohrschema wurde der bekannte Fächersatz mit Einbruch an den Streckenstößen angewendet. Bereits nach einigen Abschlägen zeigte es sich, daß die beiden Streckenvortriebe aus dem betrieblichen Förderplan herausgenommen werden mussten, da offenbar kein versagerfreies Schiessen möglich war. Der Anteil der Versager lag zwischen 20 % und 50 % der zu zündenden Schüsse. Für alle Versager war typisch, daß die Schüsse sämtlich mit zerrissenen Zünddrähten im Stoß verblieben. Daß keine unzuverlässige Arbeitsweise des Zündgerätes vorlag, war ausser durch die vorausgegangene sorgfältige Prüfung der Zünder und des Gerätes vor allem an der Erscheinung zu erkennen, daß alle Versager beim nachträglichen Zünden detonierten. Dabei war festzustellen, daß von den versagenden Schüssen bei der zweiten Zündung abermals ein Teil mit zerschossenen Zünddrähten als Versager stehenblieb. Völlige Gewähr für ein versagerfreies Schiessen war nur dann gegeben, wenn die Schüsse einzeln gezündet wurden. Diese unerfreuliche Erscheinung überraschte insofern nicht, weil beim vorausgegangenen Literaturstudium festgestellt wurde, daß der Engländer Lloyd nach einigen Schießversuchen, die gleichfalls mit einer Verzögerungseinrichtung durchgeführt wurden, zu dem Schluß gelangte, daß ein solches Verfahren undurchführbar ist. Lloyd stellte seine Versuche ein, weil trotz einer Verzögerungszeit von 12,5 ms keine Versagerfreiheit zu erreichen war [27]. Während der beschriebenen Versuche im Kalkwerk Hermsdorf wurde eine Verzögerungszeit von 10 ms gewählt.

Aus neuerer Zeit ist besonders eine Mitteilung von Z i r k l e r auf der 8. Sitzung des Arbeitskreises Schießwesen am 29.8.55 in Salzdorfurth beachtenswert. Darnach schlugen Versuche mit einem ms-Zündgerät auf dem Kaliwerk Salzdorfurth fehl, weil die Zündleitungen vorzeitig zerstört wurden.

Zwischen der Zünddrahtzerstörung durch die Sprengwirkung und den in der Literatur vorliegenden Zeitlupenaufnahmen bestand zunächst ein Widerspruch. Unter Berücksichtigung des zeitlichen Ablaufes des Ablösevorganges war es unerklärlich, daß die eingestellte kurze Verzögerung von 10 ms bereits zu einer Zerstörung führen konnte. Nach einem Bericht von Schultze-Rhenhoff löst sich die Vorgabe nicht unter 34 ms. Das Ablösen einzelner Schalen der Vorgabe soll bereits in einem Zeitraum von 10-20 ms erfolgen. Die Drähte der Schüsse werden jedoch üblicherweise ohnehin nicht vor der Vorgabe zerlegt, so daß kein unmittelbarer Beschuß möglich ist.

Die Versager wurden jeweils sorgfältig untersucht, ob eine Gesetzmäßigkeit in bezug auf ihre Lage zu den vorausgegangenen Schüssen festgestellt werden konnte. Aus den Untersuchungen ging hervor, daß tatsächlich eine solche Abhängigkeit besteht. Die Mehrzahl der Beobachtungsfälle zeigte deutlich, daß die Drahtzerstörung im kurzen Zeitraum < 10 ms nicht durch abgelöste Sprengstücke, sondern infolge der Gasdruckwirkung aus den Bohrlochmündungen und aus den sich öffnenden Rissen hervorgerufen wird. (Ausnahmefälle S. 113 Zerstörung durch Schalenablösung an den Mündungen eng benachbarter Bohrlöcher.)

Bekanntlich bewirkt die Brisanz des Sprengstoffes die Zerkrümmung des Gesteines in unmittelbarer Umgebung der Ladesäule, während der Gasdruck in zweiter Phase des Sprengvorganges die Vorgabe des Schusses abwirft. Beide Vorgänge erstrecken sich über unterschiedliche Zeiträume. Die Wirkung der Brisanz eines Sprengstoffes ist an die Detonationsgeschwindigkeit V_g gebunden. Da V_g für die üblichen brisanten Sprengstoffe zwischen 3000 m/sec und 8000 m/sec liegt, ist die Brisanzwirkung des Sprengstoffes innerhalb Bruchteile von ms vorüber. Die Wirkung des Gasdruckes, der infolge der Umsetzung des Sprengstoffes entsteht, hält dagegen an, bis die Vorgabe abgeworfen ist. Bei der Beurteilung über die mögliche Schadenwirkung an den Zünddrähten ist jedoch nicht allein der Ablauf des

Zwischen der Einheitsbestimmung durch die ...
Wirkung und den in der Literatur vorliegenden ...
nahmen bestand zunächst ein Widerspruch. Unter Berücksich-
tigung des zeitlichen Ablaufes des Abfüßvorganges war es
unmöglich, daß die eingestufte Kurve Verkleinerung von
10 ms herab zu einer Herabsetzung führen konnte. Nach einem
Bestand von Schultze-Kronfeld ist also die Vorgabe nicht
unter 75 ms. Das Abfüßen einzelner Schichten der Vorgabe soll
bereits in einem Zeitraum von 10-20 ms erfolgen. Die Größe
der Schichten werden jedoch Blickwinkel ebenfalls nicht vor
der Vorgabe verlegt, so daß kein unmittelbarer Rückschlag mög-
lich ist.

Die Vorgabe wurden jeweils sorgfältig untersucht, ob
eine Bestimmtheit in Bezug auf ihre Lage zu den voraus-
gegangenen Schichten festgestellt werden konnte. Aus den
Untersuchungen ging hervor, daß tatsächlich eine solche
Abhängigkeit besteht. Die Mehrheit der Beobachtungsergebnisse
zeigte deutlich, daß die Druckverteilung in kurzen Zeiträumen
< 10 ms nicht durch abgeleitete Sprungkurven, sondern infolge
der Gedächtniswirkung aus den Fortschreitungen und aus der
einen Erkenntnis können hervorgehoben wird. (Annahme)
2. 113 Zeitverteilung durch Schichtenabhebung an den Wänden
angenehmer Berührung.)
Bekanntlich besitzt die Britanz des Sprungstolles die
Fortbewegung des Bestandes in unmittelbarer Umgebung der
Ladestelle, während der Gedruck in weiterem Maße die
Sprungvergabe die Vorgabe des Bestandes bewirkt. Diese
Vorgabe erstrecken sich über untergeordnete Zeiträume.
Die Wirkung der Britanz eines Sprungstolles ist an die
Belastungswahlmöglichkeit V, gebunden. Da V, ist die
Belastung zwischen Sprungstolle zwischen 3000 N und
3000 N liegt, ist die Britanzwirkung des Sprungstolles
insgesamt günstiger von uns vorher. Die Wirkung des
Geschwindes, der infolge der Umfassung des Sprungstolles
entsteht, hilft dagegen an, die Vorgabe abgeworfen
ist. Bei der Herabsetzung über die mögliche Geschwindigkeit
an der Einheitsbestimmung ist jedoch nicht allein der Ablauf des

Ablösungsvorganges maßgebend. Es sei denn, daß die Schüsse mit "Idealbesatz" versehen sind. Darunter soll ein Besatz verstanden werden, der sich nicht herausschießen läßt, sondern unter der Einwirkung des Gasdruckes eine Verfestigung erfährt und das Bohrloch sicher verdämmt. Diese Eigenschaft besitzt Sand und Letten bei genügend großer Besatzlänge. Nach Angaben von B e y l i n g und D r e - k o p f muß die Mindestlänge betragen:

bei Sand	0,8 m
bei trocknen Letten	1,25 m
bei feuchten Letten	2,50 m

Das Aufbringen von Sand hat sich trotz der schießtechnischen Vorteile nicht allgemein durchsetzen können. Obwohl verschiedene Typen von Geräten für ein beschleunigtes Einbringen entwickelt wurden, empfinden die Schießhauer den Mehraufwand als hemmend. Die Besatzlängen von 1,25 m und 2,5 m für Letten werden in der Praxis auch nicht annähernd erreicht. Noch dürftiger wird der Besatz im Kalibergbau eingebracht. Abgesehen davon, daß immer noch der nun bald historische Streit der Meinungen über die Wirtschaftlichkeit des Besatzes im Kalibergbau anhält, sind die bestenfalls aufgebrauchten zwei oder drei Bohrmehlpatronen nicht für eine feste Verdämmung geeignet. (Der Verfasser lernte zudem bei den Versuchen die Gewohnheiten der Hauer in 9 Kaligruben und damit auch das offene Geheimnis kennen, daß im Kalibergbau entgegen der TBI-Verordnung nur in einer dieser Gruben tatsächlich mit Besatz geschossen wurde.)

Wir ersehen aus diesen Betrachtungen, daß bei den derzeit üblichen Besatzmethoden ein Teil der Sprenggase nicht nützliche Arbeit gegen die Vorgabe leistet, sondern sofort nach der Detonation über den Weg des geringsten Widerstandes mit der Schußflamme aus der Bohrlochmündung herausschlägt.

Daß in dieser Erscheinung die Erklärung für Zünddrahtzerstörungen in sehr kurzen Zeiträumen zu suchen war, wurde besonders bei Schußanordnungen nach Abbildung 36 ersicht-

Abhängigkeitsverhältnisse angedeutet, ist es dann, das die Lösung
 mit "Idealwerten" versehen sind, darunter soll ein Besitz
 verstanden werden, der sich nicht nur hinsichtlich des Besitzes
 sondern auch der Einkünfte der Einkünfte eine Ver-
 leistung ergibt und das Folgende einer verdient, diese
 Abhängigkeit besitzt auch und fallen bei Einkünften großer
 Besitzungen, kann Angaben von 2,5 % bis 1 % und 2 %
 1 p 1 und die Mindestsätze betragen:

- bei 2000 0,8 %
- bei 10000 1,25 %
- bei 20000 2,50 %

Die Einkünfte von 2000 hat also trotz der Abhängigkeit
 schon Vorteile nicht allgemein durchsetzen können. Obwohl
 verschiedene Typen von Einkünften für ein bestimmtes Ein-
 bringen entwickelt wurden, ergaben die Schließung der
 Mehrwert als bemessend. Die Mindestsätze von 1,25 % und
 2,5 % für Einkünfte werden in der Praxis auch nicht annähernd
 erreicht. Noch günstiger wird der Besitz in Kapitalformen
 eingestuft. Abgesehen davon, das immer noch der von bald
 historische Streit der Meinungen über die Wirtschaftlichen
 Zeit des Besitzes in Kapitalformen anhängt, sind die besten
 Fälle aufzuzählen und über drei Einkünfteformen nicht
 für eine feste Verteilung geeignet. Der Verlust der Einkünfte
 zudem bei der Verteilung die Gewinneinheiten der Einkünfte in
 Kapitalformen und damit auch das of one Gesamte können
 das in Kapitalformen angedeutet der III-Verordnung nur in einem
 dieser großen Einkünften mit Besitz zusammenhangt.
 Wir ersehen aus diesen Berechnungen, das bei den der-
 zeitlichen Einkünften ein Teil der Einkünfte nicht
 auf diese Arbeit gehen die Vorgabe liefert, sondern erfolgt
 nach der Verteilung über den Weg der Einkünfte Einkünften
 der mit der Einkünfte aus der Einkünfte Einkünfte
 schließt.

Das in dieser Berechnung die Einkünfte für Einkünfte
 Berechnungen in sehr kurzen Einkünften zu machen war, wurde
 besonders bei Einkünften nach Anbildung zu ersehen.



Abb.: 36 Zerstörung herabhängender Zünddrähte

Abbildung 36

lich. Gemäß Abbildung 36 sollten drei Schüsse eines Ganges nacheinander verzögert werden. Dieses Verzögerungsschema stellt keine willkürliche Versuchsbedingung dar, sondern tritt besonders im Kalibergbau sehr häufig als Normalfall auf. Die Zünddrähte des Schusses 2 hingen in der Nähe der Bohrlochmündung des früher gezündeten Schusses 1 herab und wurden auch bei mehrmaliger Wiederholung regelmässig zerstört. Demgegenüber blieben die Drähte des zuletzt gezündeten Schusses 3 immer heil, obwohl, beurteilt nach der Länge der Gesamtverzögerung gegenüber dem ersten Schuß, der dritte hätte mit doppelter Wahrscheinlichkeit (doppeltes Δt gegenüber Schuß 2) versagen müssen. Abbildung 37 zeigt einen Versagerfall, der häufig auftrat, wenn bei einem Fächersatz die ersten Einbruchgänge sehr weit herungeschwenkt waren.

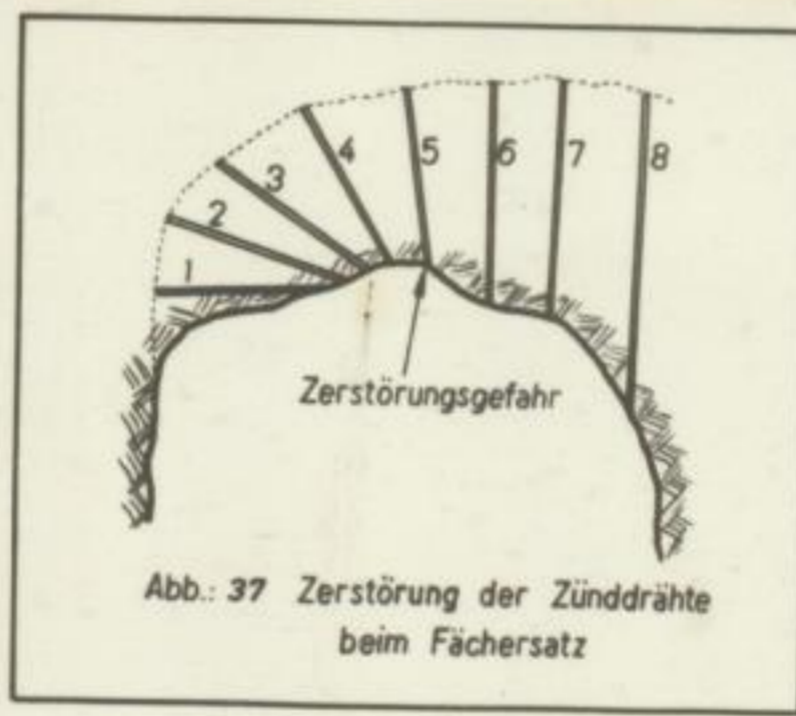


Abb.: 37 Zerstörung der Zünddrähte beim Fächersatz

Abbildung 37

Auch aus dieser Beobachtung konnte die Gesetzmäßigkeit abgeleitet werden, daß der gefährdetste Bereich für die Zünddrähte in der rückwärtigen Verlängerung der Bohrlochachse eines früher gezündeten Schusses liegt.

Diese empirische Ermittlung musste im Hinblick auf ihre Bedeutung für den Einsatz von Millisekundenzündgeräten metstechnisch vervollständigt werden. Dabei interessierte vor allem die Frage, nach welchem Zeitraum die Drähte bei den geeigneten kritischen Bohrlochanordnungen zerstört werden.

Abbildung 36

lich. Gemäß Abbildung 36 sollten drei Schüsse eines Ganges nach-
einander verköhrt werden. Dieses Verköhrungs-schemata stellt keine
wirkliche Verköhrungsbedingung dar, sondern tritt besonders im
Kalibergbau sehr häufig als Normalfall auf. Die Kündbrüche des
Schusses 2 ragen in der Höhe der Bohrlochwandung des früher ge-
stürzten Schusses 1 herab und werden auch bei normaler Wieder-
holung regelmäßig zerstört. Demgegenüber bleiben die Drühte des
untersten gestürzten Schusses 3 immer heil, obwohl, gerichtet nach
der Länge der Gesamtverköhrung gegenüber dem ersten Schuss, der
dritte hätte mit doppelter Wahrscheinlichkeit (doppelter Δ)
gegenüber Schuss 2) versagen müssen. Abbildung 37 zeigt einen
Vergleichsfall, der häufig auftritt, wenn bei einem Fächersta die
ersten Einbrüche sehr weit herumgeschwenkt waren.

Abbildung 37

Auch aus dieser Beobachtung konnte die Gesetzmäßigkeit abgeleitet
werden, daß der gefährdetste Bereich für die Kündbrüche in der
schwierigsten Verköhrung der Bohrlochschneide eines früher verkö-
hrteten Schusses liegt.
Diese empirische Ermittlung musste im Hinblick auf ihre Be-
deutung für den Einsatz von Millimeterwandstärken maßgebend
vervollständigt werden. Dabei interessierte vor allem die Frage,
nach welchem Zeitraum die Drühte bei den gesetzten kritischen
Bohrlochabmessungen zerstört werden.

4. Experimentelle Untersuchungen über die Größe des Zeitraumes bis zur Zünddrahtzerstörung

Die Versuche hatten einem doppelten Zweck zu dienen: Auf Grund der Drahtzerstörungen wurden bereits einige Maßregeln getroffen, die wohl die Zerstörungsgefahr minderten, aber andererseits mit einem zusätzlichen Aufwand an Arbeitszeit verbunden waren, der dem Bemühen entgegenstand, das Gerät im praktischen Grubenbetrieb anzuwenden. Es galt also meßtechnisch die Grenzen der Gefährdung zu bestimmen, um einerseits Versager mit Sicherheit zu vermeiden, andererseits aber auch zu weitgehende Sorgfalt zu unterlassen. Innerhalb der kurzen Zeit von ca. 30 min für die Ladearbeit wirkt sich jeder zusätzliche Handgriff hinderlich aus.

Versuchsdurchführung

Sämtliche 9 Versuchsbohrlöcher wurden horizontal in eine Sandsteinbank mit einer Teufe von 1,3 - 1,5 m gebohrt. Die Anordnung erfolgte so, daß die Schüsse wie bei der Mehrzahl der praktischen Schießarbeiten nach einer freientseitlichen Vorgabe hin wirken konnten. Als Zeitmeßgerät diente wieder das bereits beschriebene Spezial-Kurzzeitmeßgerät. Gleichzeitig mit dem Zündstrom wurde auf einen dünnen Zerreißdraht Spannung geschickt. Die Zerstörung des Zerreißdrahtes erfolgte durch die Sprengwirkung. Am Meßgerät konnte direkt die Zeitspanne in ms abgelesen werden, die zwischen Zündung und dem Zeitpunkt der Zerstörung verging.

1. Schuß und 2. Schuß

Ladung: 5 Patronen Donarit 1 = 500 g

(Lademenge bleibt für die weiteren Versuche gleich)

Besatz: 60 cm Sand

Die Verspannung des Zerreißdrahtes erfolgte gitterförmig zwischen 2 Stempeln, die fest in der Sohle eingedübelt waren (s. Abb. 38).

Die physikalische Untersuchung über die Größe der
Leitfähigkeit der Luft bei verschiedenen Temperaturen

Die Versuche haben einen doppelten Zweck zu dienen:
Auf Grund der Druckmessungen wurden die Luftleitfähigkeit
bestimmt, die bei verschiedenen Temperaturen, die Luft
leitfähigkeit als ein physikalisches Gesetz anzuwenden
ist, das Gesetz in praktischen Größenverhältnissen
zu bestätigen, um einzelne Versuche mit Sicherheit zu ver-
binden, andererseits aber auch zu zeigen, dass die
Luftleitfähigkeit, innerhalb der Grenzen der Genauigkeit
für die Luftleitfähigkeit nicht eine konstante Größe ist,
sondern von der Temperatur abhängt.

Vorbereitung des Apparates

Die physikalische Vorbereitung des Apparates ist eine
wesentliche mit einer Reihe von Vorarbeiten verbunden.
Anordnung erfolgte so, dass die Schläuche wie bei der
Luftleitfähigkeit Messung beschriebenen nach einer Reihe
von Vorarbeiten wie folgt anzuordnen. Die Leitfähigkeit
bestimmt man durch die Messung der Stromstärke
zwischen zwei Elektroden, die in einem bestimmten Abstand
voneinander angeordnet sind. Die Spannung zwischen den
Elektroden wird durch die Stromstärke bestimmt. Die
Messung erfolgt durch die Messung der Stromstärke
zwischen den Elektroden und dem Zeitpunkt der
Messung verglichen.

1. Schritt und 2. Schritt

Induktion: 2. Schritt Schritt 1 = 500 g

(Lebensdauer bleibt für die weiteren Versuche gleich)

Bestand: 50 cm Sand

Die Vorbereitung des Apparates erfolgte durch die Messung

zwischen 2 Elektroden, die fest in der Höhe eingestellt

waren (s. Abb. 1).

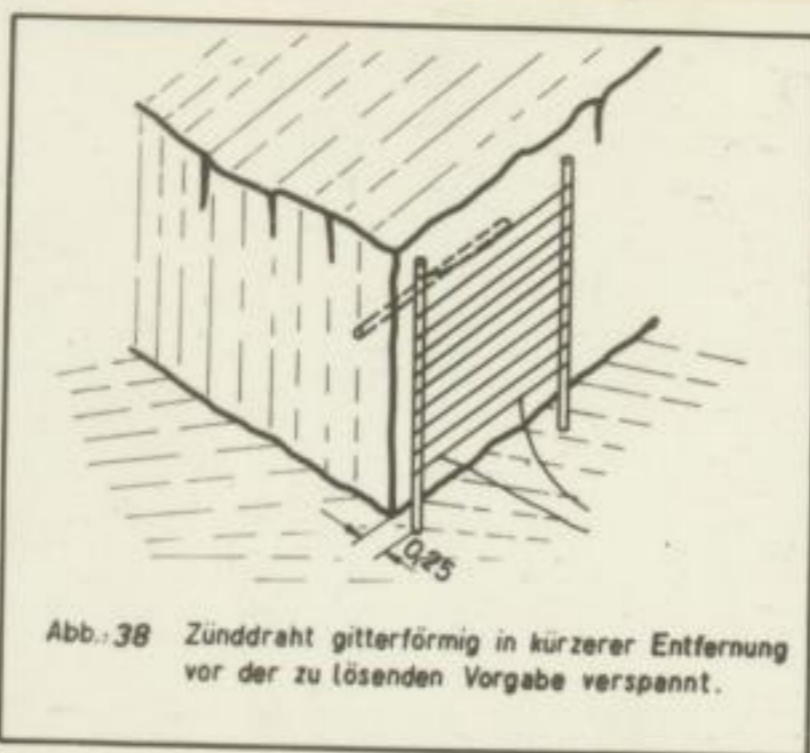


Abb. 38 Zünddraht gitterförmig in kürzerer Entfernung vor der zu lösenden Vorgabe verspannt.

Damit konnten auch kleinere Sprengstücke aufgefangen werden. Es stand eine Fläche von 1,5 x 1,2 m zur Verfügung.

Resultat:

Vorgabe:	1,0 m	1,0 m
Abstand des Drahtes: von der Vorgabe	0,25 m	0,4 m
Zeit bis zur Zerstörung:	35 ms	46 ms

Die ermittelten Zeiten bestätigen die Annahme, daß die Drahtzerstörung in einer Zeit < 10 ms nicht durch abgelöste Sprengstücke herbeigeführt wird.

3. und 4. Schuß

Der Zerreißdraht wurde halbkreisförmig um die Bohrlochmündung verlegt (Abb. 39) und zwar bei Schuß 3 zunächst in einem Abstand, der den häufigsten Vorgaben von 80 cm entsprach.

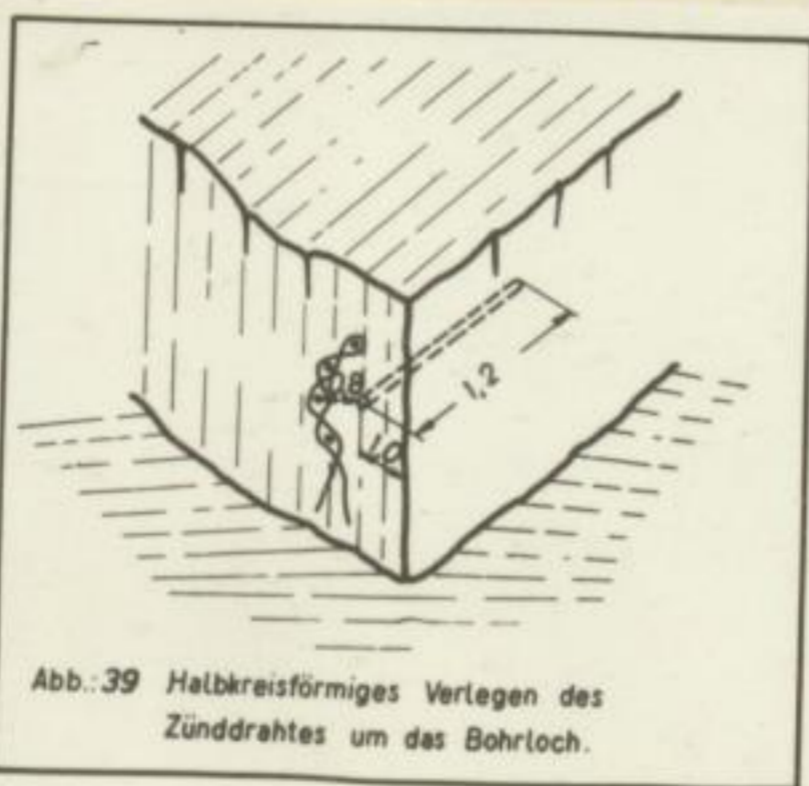


Abb. 39 Halbkreisförmiges Verlegen des Zünddrahtes um das Bohrloch.

Bei Schuß 4 erfolgte die Verminderung des Radius auf 2 cm. Die Befestigung erfolgte an fest eingeschlagenen Holzdübeln.

Dieser konnte auch kleinere Sprengstücke aufsetzen
worden. Es stand eine Fläche von 1,5 x 1,5 m zur Verfü-

Vorgabe:		beurteilt:
1,0 m	1,0 m	
0,4 m	0,25 m	Abstand des Drahtes von der Vorgabe:
46 ms	35 ms	Zeit bis zur Zerstörung:

Die ermittelten Zeiten bestätigen die Annahme, dass die
Drahtzerstörung in einer Zeit < 10 ms nicht durch abgeleitete
Sprengstücke herbeigeführt wird.

37 und 4. Versuch
Der Zerstörungsdruck wurde näherungsweise an die Burstoch-
nung angepasst (Abb. 37) und zwar bei Schritt 3 zunächst
in einem Abstand, der den höchsten Vorgespannen von 80 cm
entspricht.

Bei Schritt 4 erfolgte die Verankerung des Drahtes auf 2 cm.
Die Belastung erfolgte an fest eingespannten Haken.
beim

Resultat:

Abstand von der Bohrlochmündung:	80 cm	2 cm
Zerstörungszeit	keine Zerstörung	> 250 ms (über Meßbereich)

Im Hinblick auf die interessierende Zeit von 10 ms ist demzufolge keine Zerstörungsgefahr vorhanden, wenn die Zünddrähte in einem Abstand von den Bohrlochmündungen verlegt werden, der den normalen Vorgaben entspricht. Zu beachten ist, daß bei diesem Versuch der Zerreißdraht glatt am Stoß anlag. Damit wurde auch die Frage beantwortet, ob gerade die unmittelbare Berührung der Zünddrähte mit dem Gebirgsmassiv zu Zerstörungen infolge Erschütterung durch die Stoßwelle führen kann. Zirkler [56] sprach die Vermutung aus, daß die Zünddrähte bei Versuchen auf dem Kaliwerk Salzdorf furth möglicherweise durch Vibrationswirkung zerstört worden sind.

Es war festzustellen, daß dieser Fall nicht eintrat. Nach speziellen Untersuchungen über die Dauer der Erschütterung ist der Erschütterungsvorgang durch den Detonationsstoß nach 5-10 ms abgeklungen, während die Zerstörungen in unserem Falle erst nach einem Zeitraum > 250 ms erfolgte.

4. bis 7. Schuß

Die Verspannung des Zerreißdrahtes erfolgte in 20 cm (Abb. 40) Entfernung, unmittelbar quer über die Bohrlochmündung. Auf Grund der bereits erläuterten Vermutung, daß die Verdämmung des Bohrloches einen Einfluss auf die Drahtzerstörungszeit ausüben kann, wurden die Sprenglöcher mit verschiedenen Besatzarten und Besatzlängen versehen.

Resultat:

Abstand von der Borlochung	30 cm	2 cm
Kerze	keine Kerze	> 250 mm (über Kerze nicht)

In Hinblick auf die in der Tabelle angegebene Zeit von 10 bis 15 s ist
 demnach keine Kerze vorhanden, wenn die
 Kerze in einem Abstand von der Borlochung von
 30 cm vor dem normalen Vorzeichen entzündet. Zu
 beachten ist, daß bei diesem Versuch der Kerze
 nicht ein Stoß erfolgte. Damit wurde auch die Frage beantwortet
 ist, ob gerade die unmittelbare Berührung der Kerze
 mit dem Göttinger Kerze zu Kerzenentzündung
 führt durch die Stöße. Diese kann, wie in [50]
 sprach die Vermutung aus, daß die Kerze bei
 auf dem Kerze durch die Kerze durch die
 Kerze entzündet werden sind.

Es war festzustellen, daß dieser Fall nicht eintritt.
 Nach anderen Untersuchungen über die Dauer der Kerze
 Kerze ist der Kerze durch die Kerze
 nach 5-10 ms Kerze, während die Kerze
 in einem Falle erst nach einem Kerze > 250 ms erfolgte.

4. die Kerze

Die Verpöpfung der Kerze erfolgte in 30 cm
 (Abb. 40) Kerze, wobei die Kerze
 Kerze. Der Grund der Kerze entzündeten Kerze, daß
 die Verpöpfung der Kerze einen Kerze auf die Kerze
 Kerze Kerze Kerze, wobei die Kerze Kerze
 Kerze Kerze Kerze und Kerze Kerze Kerze.



Abb.:40 Verlegen des Zünddrahtes in 20cm Entfernung unmittelbar vor der Bohrlochmündung.

Resultat:

Besatzart:	0,5 m Sandbesatz	2 Kalibbesatzpatronen	Kalifeinsalz	ohne Besatz
Zeit bis zur Zerstörung	keine Zerstörung	8 ms	3,5 ms	1,5 ms

Dieses Resultat bestätigt die Beobachtung, denen zufolge die Zerstörungsstellen an den Zünddrähten im Zusammenhang mit dem Wirkungsbereich des Gasdruckes standen, der aus den Bohrlochmündungen herausschlägt. Ferner läßt sich die für den Einsatz von Millisekundenzündgeräten bedeutsame Folgerung ableiten, daß ein wirkungsvoller Besatz die Zerstörungsgefahr wesentlich mindert. Beim Aufbringen von 0,5 m Sandbesatz konnte sogar eine Zerstörung völlig unterbunden werden. Die notwendige Länge des Sandbesatzes lag sogar unter der von B e y l i n g und D r e k o p f angegebenen Länge von 0,8 m. Die Differenz ist dadurch begründet, daß für vorstehende Versuche absichtlich Schüsse mit freier seitlicher Vorgabe gewählt wurden. Schüsse aus dem vollen Stoß, denen die Angaben von B e y l i n g und D r e k o p f zugrunde liegen, wirken wesentlich stärker auf den Besatz. Für den Fall, daß der Geräteinsatz an einem Betriebspunkt auch bei sorgfältiger Drahtverlegung infolge wiederholter Zerstörung nicht möglich ist, wäre als Gegenmaßnahme die Besatzart und Besatzlänge zu ändern. Für einen Streckenvortrieb im Kalibergbau, der beispielsweise infolge seiner Dringlichkeit mit einem ms-Gerät geschossen werden sollte, wäre dann zu erwägen, sogar Lettenbesatz zu verwenden.

Bergakademie
Freiberg i. Sa.

Resultat:

Bestandteil:	0,5 m Sandbohrer	2 Kalibersatz-Perforator	Kalibersatz	einige Wasser
Zeit für zur Arbeit-eröffnung	keine Zeit	8 min	3,5 min	1,5 min

Dieses Resultat bestätigt die Beobachtung, dass unter
 die Bohrbohrerarbeiten in der Bohrtiefe im Zusammenhang
 mit dem Wirkungsbereich des Gerätes stehen, das aus
 den Bohrbohrerarbeiten hermanusiert. Ferner in lässt sich
 die für der Klasse von Wirkungsabständen bedeutsame
 Folgerung ableiten, dass ein wirkungsvoller Bohrer die Ver-
 störungsgleichung wesentlich mindert. Beim Aufbringen von
 0,5 m Sandbohrer konnte sogar eine Verstärkung völlig an-
 gefunden werden. Die notwendige Länge des Sandbohrers
 lag sogar unter der von 3,5 m und 2,5 m. Die
 angegebenen Länge von 0,5 m. Die Differenz der Bohrtiefe
 beträgt, das für vorliegende Versuche ebenfalls

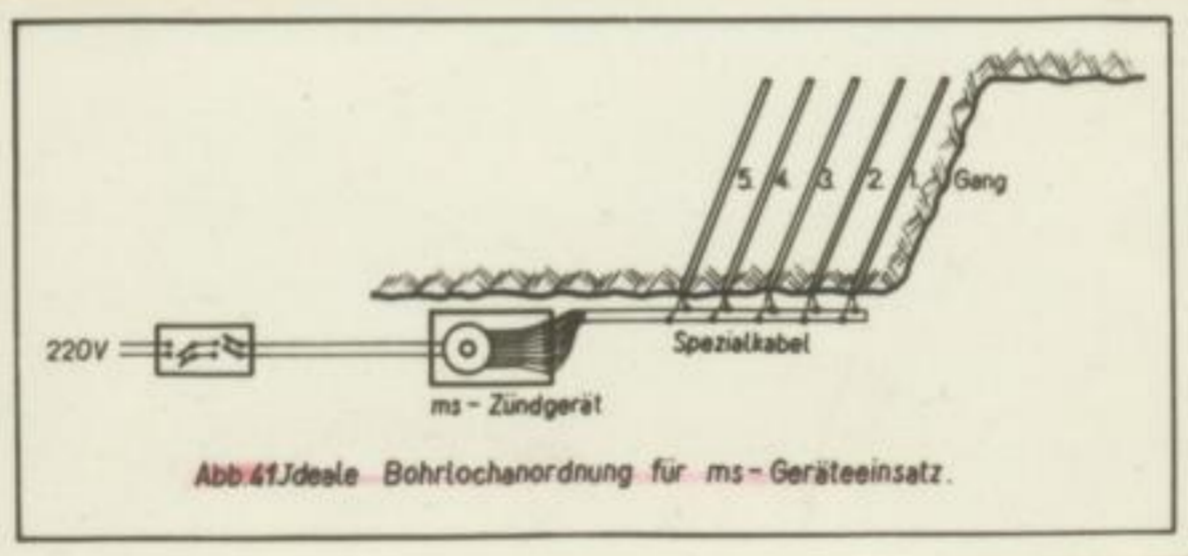


Abb. 41 Ideale Bohrlochbohranordnung für ms-Geräteinsatz.

Entscheidend müsste wie in allen derartigen Fällen ein Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen den erzielten Vorteilen für den Betriebsablauf und dem notwendigen Mehraufwand sein.

(Es sei noch erwähnt, daß der Vorteil eines guten Besatzes sich bekanntlich zudem noch in einer besseren Schußwirkung äußert.) Das Gleiche gilt auch für den Vergleich zwischen dem Einsatz eines Millisekundenzündgerätes und der Verwendung von chemischen Millisekundenzündern, soweit letztere überhaupt verfügbar sind. Wir erkannten als einen der Vorteile der Geräte bereits die präzisere Zündfolge. Weit wesentlicher ist jedoch der enorme Preisunterschied zwischen den verwendeten Momentzündern mit 0,18 Pfg./Stck. (einschl. Kapsel) und 52 Pfg./Stck., teilweise sogar 71 Pfg./Stck. für die chemischen Millisekundenzündern. Der Verfasser stellte anlässlich einer Studienreise in den westdeutschen Kalibergbau starkes Interesse der dortigen Fachkollegen an dem in dieser Arbeit erläuterten Versuch fest. Man sah darin eine Möglichkeit, die starke Belastung der Gewinnungsarbeiten durch die hohen Kosten für Millisekundenzündern zu vermeiden. Alle Vorsichtsmaßregeln, die sich aus den durchgeführten Versuchen über die Zünddrahtzerstörung ergeben, müssen auch von diesem Gesichtspunkt her betrachtet werden. Wenn es gelingt, die Vorteile des Millisekundenschießens auf wesentlich billigere Art herbeizuführen, sind selbst einige zusätzliche Vorkehrungen zu rechtfertigen.

Zusammenfassend kann aus der Untersuchung die ideale Bohrlöchanordnung für den Einsatz von Millisekundenzündgeräten abgeleitet werden. Der Einsatz ist besonders unproblematisch und betriebsmäßig schnell durchzuführen, wenn die Schüsse parallel verlaufen, großen Abstand voneinander haben und gangweise angeordnet sind. Abb. 41 zeigt eine solche Anordnung aus dem Kalibergbau beim Breitaufschießen einer Unterfahrung.

Abb. 42



Abb. 43



Entscheidend
ein Wirtschaft
Vorteilen für
Hauptwand
(Es sei noch
aus sich bei
Wirkung dieser
zwischen den
der Verwendung
weil letztere
als einer der
Zugkräfte zu
unterstützt
0,18 2/3
weise sogar
dennander, die
dienten in
Formen & r
besten erhalt
Sicherheit, die
durch die bei
den, alle Vor
fürten Vor
müssen sich
den, dass es
enthalten zu
sind selbst
ger.
Zusammen
Bauformen
gerien abge
problemat
wenn die Bau
verändern
sich eine
Zwischen

Zur Bestätigung dieser Folgerungen ging vor Beginn der Schießversuche mit dieser Schußanordnung eine Untersuchung der Drahtzerstörungsgefahr speziell für diesen Idealfall voraus.

Die Versuchsanordnung ist aus Abb.42 ersichtlich. Die geladenen Bohrlöcher 1, 2 und 3 entsprechen einem normalen Gang, wie er im Kalibergbau allgemein angewendet wird (Bohrlochlänge ~ 5 m). Um den ungünstigsten Fall zu untersuchen, blieben die 3 Sprengbohrlöcher ohne Besatz.

Aus Abb.43 geht hervor, daß die Zünddrähte nur zwischen den Bohrgestängen zerstört wurden, die mit 0,2 m Entfernung den Sprenglöchern am engsten benachbart waren. Von den übrigen Drähten wurde lediglich noch ein Draht an der Stelle (x) durch ein Salzstück gefährdet. Obwohl sowohl die Zeitlupenaufnahme als auch die beschriebenen Zeitmessungen Aussagen erbrachten, daß die Zerstörungen durch Haufwerksstücke erst in Zeiträumen > 10 und 20 ms wahrscheinlich, also für unsere Belange kritisch sind, ist dennoch eine glatte Verlegung an den Stoß gerechtfertigt. Wir sehen, daß der benachbarte, am Stoß anliegende Draht (xx) außerhalb der Schleuderrichtung des Haufwerkes lag.

Damit ist der Nachweis erbracht, daß eine Zerstörung der Zünddrähte für den Fall, daß die Bohrlochsanordnung in dieser idealen Weise vorgenommen werden kann, nicht zu befürchten ist. In nachfolgenden Ausführungen wird noch mehr auf Beispiele eingegangen, wo Grubenbetriebe, die unbedingt ein Zündgerät zum Einsatz bringen wollen, eine Umstellung auf dieses Bohrschema mit Erfolg empfehlen wurde.

Andererseits ist aus den Untersuchungsergebnissen auch der extrem ungünstigste Fall für einen Geräteeinsatz abzuleiten. Dieser Fall ist vorhanden beim Streckenvortrieb in Hartgesteinen, vor allem dann, wenn der Keileinbruch angewendet wird.

Die Bestimmung dieses folgenden Gang vor Beginn der
Bestimmung der diesen Zusammenhang eine Untersuchung
der Untersuchungsgang ist ein Ideal für diesen Idealist
vorher.

Die Versuchsanordnung ist aus Abb. 42 ersichtlich. Die
gelassenen Punkte der 1, 2 und 3 entsprechen einer normalen
Gang, wie er in der Natur allgemein vorkommt wird
(Bergbaukunde, S. 1). In den unregelmäßigen Teil an unter
anatomischen Abbildung der Bergbaukunde eine Ansicht.

Die Abb. 42 zeigt, dass die Punkte der Bergbaukunde
der Bergbaukunde vorkommen werden, die wie die in der
Natur der Bergbaukunde vorkommen können. Von den
Bergbaukunde vorkommen können, die in der Natur der

Stelle (x) kann die Natur der Bergbaukunde vorkommen
die Bergbaukunde vorkommen, die auch die Bergbaukunde vorkommen
sich können vorkommen, die die Bergbaukunde durch
Bergbaukunde vorkommen, die die Bergbaukunde > 10 und 20 an wahr-

scheinlich, die die Bergbaukunde vorkommen sind, die
sich eine Bergbaukunde vorkommen an der Bergbaukunde vorkommen
die Natur der Bergbaukunde vorkommen, die die Bergbaukunde vorkommen
(x) vorkommen, die die Bergbaukunde vorkommen, die die Bergbaukunde vorkommen

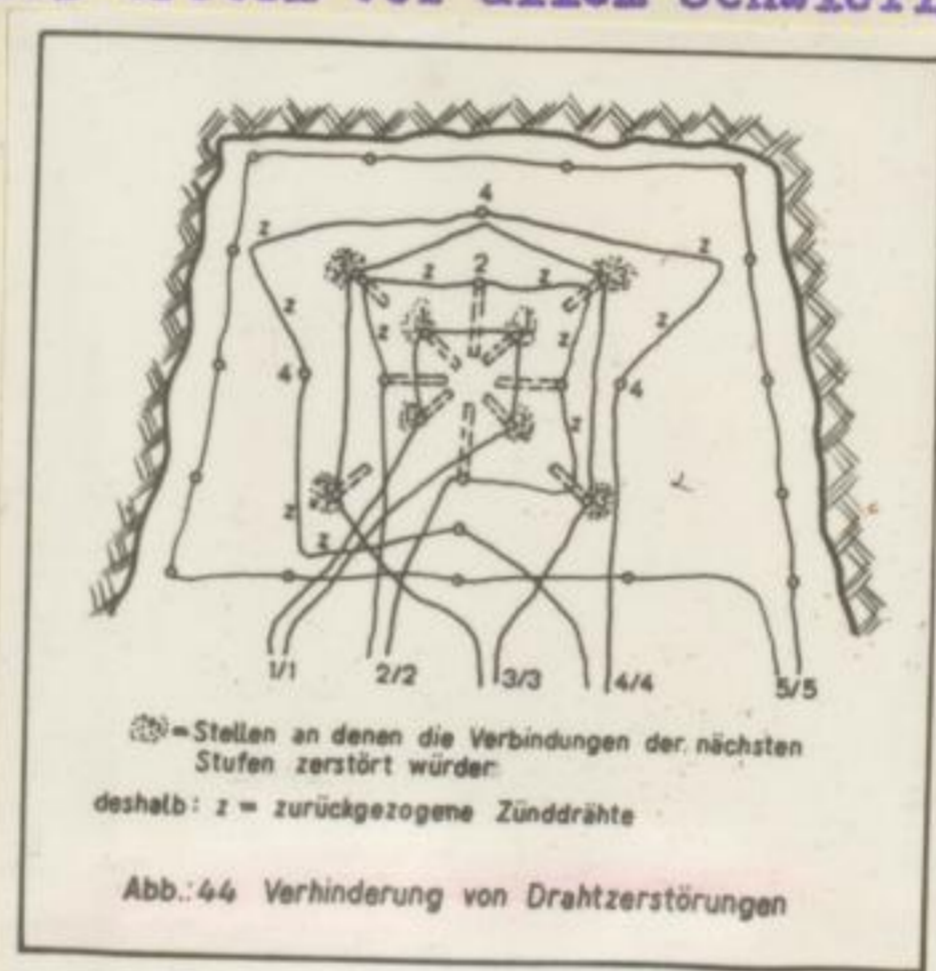
Die Natur der Bergbaukunde vorkommen, die die Bergbaukunde vorkommen
die Bergbaukunde vorkommen, die die Bergbaukunde vorkommen
in der Natur der Bergbaukunde vorkommen, die die Bergbaukunde vorkommen
die Bergbaukunde vorkommen, die die Bergbaukunde vorkommen

Die Natur der Bergbaukunde vorkommen, die die Bergbaukunde vorkommen
die Bergbaukunde vorkommen, die die Bergbaukunde vorkommen
die Bergbaukunde vorkommen, die die Bergbaukunde vorkommen
die Bergbaukunde vorkommen, die die Bergbaukunde vorkommen

Die Natur der Bergbaukunde vorkommen, die die Bergbaukunde vorkommen
die Bergbaukunde vorkommen, die die Bergbaukunde vorkommen
die Bergbaukunde vorkommen, die die Bergbaukunde vorkommen
die Bergbaukunde vorkommen, die die Bergbaukunde vorkommen

Die Natur der Bergbaukunde vorkommen, die die Bergbaukunde vorkommen
die Bergbaukunde vorkommen, die die Bergbaukunde vorkommen
die Bergbaukunde vorkommen, die die Bergbaukunde vorkommen
die Bergbaukunde vorkommen, die die Bergbaukunde vorkommen

1. Die Härte des Gesteins zwingt zu einer grossen Bohrlochzahl im Streckenquerschnitt und damit zu geringem Abstand der Bohrlochmündungen voneinander.
2. Die Einbruchlöcher weichen gegenüber den Stoßlöchern stark aus der parallelen Lage ab.
3. Entgegen der idealen gangweisen Anordnung sind die Löcher, die jeweils zu einer Zündstufe zusammengefasst werden müssen, in ungünstiger Weise über den Streckenquerschnitt verteilt. In dem Bemühen, unbedingt die Bohrlochmündungen der vorher gezündeten Schüsse zu umgehen, muss gemäß Abb.44 die Drahtverlegung mit grosser Sorgfalt und erheblichem Zeitaufwand ausgeführt werden. Dabei treten vor allem Schwierigkeiten bei



der Befestigung der Drähte auf, um das Herabhängen zu vermeiden. Die einzige Möglichkeit besteht darin, daß die Drähte zu den später abzuschießenden Bohrlöchern zurückgezogen und in diesen festgeklemmt werden.

Diese Einzelheiten über Drahtzerstörungsmöglichkeiten wurden deshalb eingehend dargelegt; weil neuerdings auch von ausländischen Firmen Zündgeräte mit mehreren Zündkreisen aus der Serienfertigung angeboten werden. In den Werbeprospekten und in den Firmenveröffentlichungen dieser Hersteller wird entweder aus Unkenntnis oder in bewusster Tendenz zur Belebung des scheinbar geringen Umsatzes sogar gegen die Möglichkeit von Drahtzerstörungen überhaupt gesprochen. [49] Damit wird selbstverständlich dem Abnehmer, besonders wenn dieser den untertägigen Einsatz beabsichtigt, ein schlechter Dienst erwiesen.

Be-

1. Die Härte des Gesteins zwingt zu einer grossen Bohrlochzahl im Streckenquerschnitt und damit zu geringem Abstand der Bohrlochmündungen voneinander.

2. Die Kluftschichten werden zwischen gegenüber den Stößern stark aus der parallelen Lage ab.

3. Wägen der letzten angewiesenen Anordnung sind die Böden, die jeweils zu einer Stütze zusammengefasst werden müssen, in ungleichem Masse über den Streckenquerschnitt verteilt. In dem Bemühen, diese die Bohrlochmündungen der vorher gestützten Stütze zu umgehen, muss gemäß Abb. 44 die Druckverteilung mit grosser Sorgfalt und erheblichem Zeitaufwand ausgeführt werden. Dabei treten vor allem Schwierigkeiten bei

der Befestigung der Brücke auf, um das Herabhängen zu vermeiden. Die einzige Möglichkeit besteht darin, das die Brücke zu den später abzuschiebenden Bohrlochmündungen zurückgezogen und in kleinen festgenietet werden.
Diese Einzelheiten über Druckverteilungsmöglichkeiten wurden deshalb eingehend dargestellt, weil neuerdings auch von ausländischen Firmen Stützgeräte mit mehreren Künftigen aus der Herstellung angebotener werden. In der Verfertigung und in der Druckverteilungsmöglichkeiten dieser Hersteller wird entweder aus Unkenntnis oder in bewusster Tendenz zur Belebung der einzelnen fertigen Umstände sogar gegen die Möglichkeit von Druckverteilungen überhaupt gesprochen. Damit wird selbstverständlich dem Abnehmer, besonders wenn dieser den unterliegenden Kinnast beschafft, ein schlechter Dienst erwiesen.

zeichnenderweise ist zur Zeit in der Literatur kein einziger Bericht über einen fortlaufenden Einsatz im untertägigen Bergbau vorhanden, abgesehen von einigen Erprobungen, die mit entsprechendem Aufwand unter vereinfachten Bedingungen durchgeführt worden sind.

Durch Anwendung der Erkenntnisse über die Zerstörungsmöglichkeiten gelang es, nach der Versagerreihe im Kalkwerk Hermsdorf die zukünftigen Schießarbeiten ohne Versagerstörungen durchzuführen. Allerdings wurde dabei die jeweilige Situation vor Ort vor Beginn der Arbeiten dahingehend geprüft, ob sich evtl. eine Annäherung an den erläuterten ungünstigsten Fall ergab. Eine Abänderung des Bohrschemas wurde dann jeweils angestrebt.

zeichnendweise ist nur Zeit in der Literatur kein ein-
 ziger Bereich über einen fortlaufenden Hinweis in unter-
 tätigen Bereichen vorhanden, abgesehen von einigen Äpio-
 bungen, die als entsprechenden Aufwand unter verschiedenen
 Bedingungen durchgeführt worden sind.
 Durch Anwendung der Erkenntnisse über die Arbeits-
 möglichkeiten gelang es, nach der Vervollständigung im Kalk-
 werk herauszufinden die notwendigen Schleissarbeiten ohne Ver-
 sagerstörungen durchzuführen. Allerdings wurde dabei die
 jeweilige Situation vor Ort vor Beginn der Arbeiten da-
 hingehend geprüft, ob sich evtl. eine Annäherung an den
 erforderlichen ungünstigsten Fall ergab. Eine Abänderung des
 Bauverfahrens wurde dann jeweils angebracht.

5. Weiterentwicklung des Zündgerätes

Für die Fortführung der Versuche erwiesen sich die 4 Verzögerungsstufen am 1. Versuchsgerät als unzureichend, da in den Streckenvortrieben und Abbauen mindestens 7-8 Intervalle erforderlich sind. Demzufolge wurde zunächst unter Beibehaltung des elektronischen Verzögerungsprinzips ein Gerät mit 10 Verzögerungsstufen gebaut (Abb. 45a und 45b).

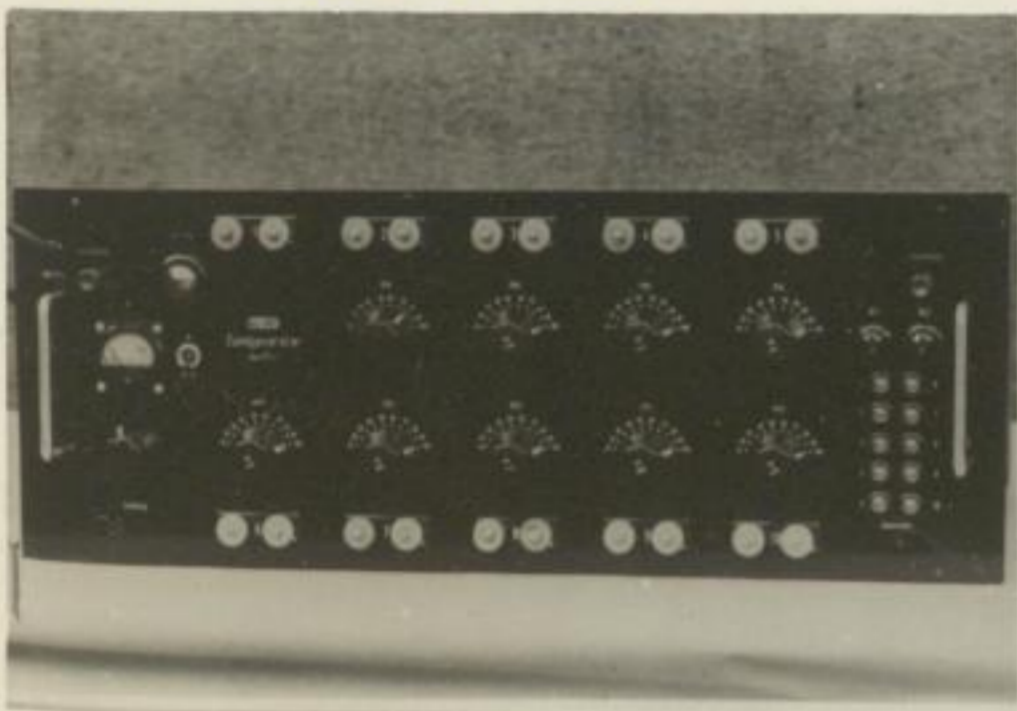


Abbildung 45a

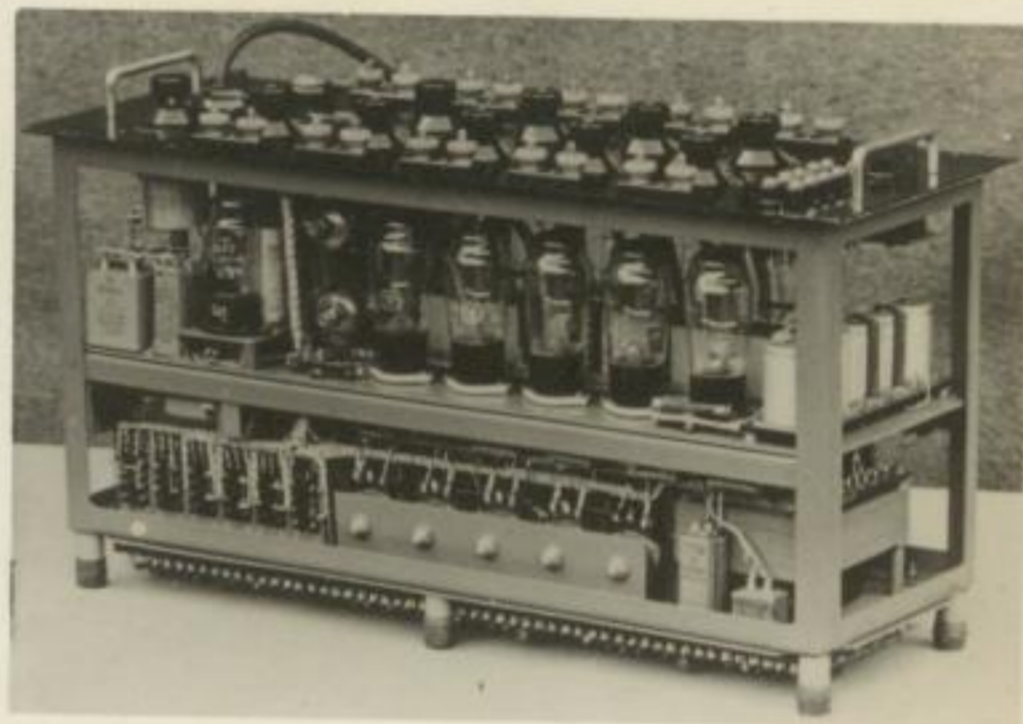


Abbildung 45b

Da diesem Gerät aber noch die Unzulänglichkeit der Verwendung von 10 getrennten Schießleitungen zwischen Sicherheitsstandort und Schußstelle zu eigen war, wurde gleichzeitig noch ein weiterer Gerätetyp mit verändertem Arbeitsprinzip in Entwicklung genommen (Abb. 46). Hersteller



Abbildung 46

dieser Geräte war gleichfalls die Firma Rentsch, Pirna. Mit letzterem Gerät wurde die Mehrzahl der nachfolgend erläuterten Schießversuche im praktischen Grubenbetrieb durchgeführt.

5. Weiterentwicklung des Schweißens

Die Weiterentwicklung des Schweißens ist durch die Fortschritte der Wissenschaften und der Technik bedingt. In der Schweißtechnik sind insbesondere die Erfindungen des Lichtbogens und des Elektroschweißens von großer Bedeutung. Diese Verfahren ermöglichen es, auch schwerere Metalle zu verschweißen und die Schweißarbeiten zu beschleunigen. Die Weiterentwicklung des Schweißens ist ein wichtiger Bestandteil der industriellen Produktion.

Abbildung 43

Die Abbildung zeigt die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Schweißverfahren. Es ist zu sehen, dass die verschiedenen Verfahren in Abhängigkeit von den Schweißbedingungen und den Eigenschaften der Werkstoffe zuordnen lassen. Die Abbildung verdeutlicht die Unterschiede zwischen den verschiedenen Schweißarten und deren Anwendungsbereiche.

Abbildung 44

Die Abbildung zeigt die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Schweißverfahren. Es ist zu sehen, dass die verschiedenen Verfahren in Abhängigkeit von den Schweißbedingungen und den Eigenschaften der Werkstoffe zuordnen lassen. Die Abbildung verdeutlicht die Unterschiede zwischen den verschiedenen Schweißarten und deren Anwendungsbereiche.

Die wesentlichsten Veränderungen bei diesem Gerät lagen in der Anschlußmöglichkeit an die 220 V-Schießverteilung des Kalibergbaues und in der Fernauslösung durch nur eine Zündleitung. Das Gerät kann also unmittelbar in der Nähe der Schüsse aufgestellt werden, während die Betätigung von über Tage aus möglich ist. Durch 2 cm starke Stahlgußplatten ist das mo-Gerät vor dem Baschuß durch Haufwerkstücke gesichert.

Die Auslösungsleitung zwischen Gerät und Netzanschluß kann in Kaligruben direkt an die Schießleitung im betreffenden Ort angeschlossen werden. Infolge des grossen Spannungsabfalles auf den Eisenschießleitungen sprachen die ersten Gerätemuster mitunter nicht an, da die Betriebsspannung 200 V \sim betragen musste. Bei einer weiteren Geräteserie wurde die Spannungsabhängigkeit auf 160 V vermindert. Bei Spannungen über 160 V ist ein zuverlässiges Zünden gewährleistet. Das Gerät hat eine Stromaufnahme von 1 A. Der zulässige Spannungsabfall auf der Schießleitung darf $\Delta U = 220 \text{ V} - 160 \text{ V} = 60 \text{ V}$ betragen. Nach $\Delta U = I \cdot R_s$ ergibt sich ein zulässiger Schießleitungswiderstand von

$$R_s = \frac{60 \text{ V}}{1 \text{ A}} = 60 \Omega .$$

Das Gerät besitzt einen Eigenwiderstand von 24Ω . An der Schießverteilung darf deshalb für den betreffenden Abbau kein grösserer Widerstand als 84Ω gemessen werden. Im Hinblick auf den schlechten Zustand der Schießleitungen im Kalibergbau sei dringend empfohlen, bei Einsatz eines Zündgerätes die geflickten Schießleitungen neu zu verlegen.

Beim Einsatz in einer Grube ohne Schießverteilung ist der direkte Anschluß des Gerätes an das 220 V-Netz nach den Sicherheitsvorschriften verboten. Deshalb gehört zur Ausrüstung noch ein Schaltkasten mit den beiden vorgeschriebenen Schaltern. (Abb.47.) Ein normaler Trennschalter kann dauernd Kontakt herstellen bzw. unterbrechen, ein zweiter Schalter als Federschalter schließt den Stromkreis nur für die Zeit der Betätigung.

Die wesentlichen Vorrichtungen bei diesem Gerät liegen in der Anschlussmöglichkeit an die 220 V-Netzverteilung des Laboratoriums und in der Fernsteuerung durch eine Zündleitung. Das Gerät kann also unmittelbar in der Nähe der Batterie aufgestellt werden während die Zündleitung von über 100 m entfernt ist. Durch 2 cm starke Schutzbleche ist das no-Gerät vor den Versuchsgegenständen geschützt.

Die Ausgabebatterie zwischen Gerät und Netzanschluss kann in Kaliumbromid als die Schaltung in Betrieb setzen. Die angelegten werden. Infolge des grossen Spannungswertes auf den Elektrodenabständen zwischen den Elektroden des Gerätes ist es an die Betriebsspannung 200 V betragen musste. Bei einer weiteren Generierung wurde die Spannungswahlmöglichkeit auf 160 V vermindert. Bei Spannungen über 160 V ist ein zuverlässiges Zünden gewährleistet. Das Gerät vor eine Stromaufnahme von 1 A. Der verlässliche Spannungswahlteil auf der Zündleitung von $\Delta U = 220 \text{ V} - 160 \text{ V} = 60 \text{ V}$ betragen. Nach $\Delta U = 2 \cdot R \cdot I$ ergibt sich ein zulässiger Widerstandswert

$$R \leq \frac{60 \text{ V}}{2 \text{ A}} = 30 \Omega$$

Das Gerät besitzt einen Eigenwiderstand von 24Ω . An der Schalterverteilung darf deshalb für den betreffenden Apparat grösserer Widerstand als 64Ω gemessen werden. In Hinblick auf den schlechtesten Zustand der Schalterverteilung gen im Falle der Zündung sei dringend empfohlen, bei Zündung eines Zündgerätes die gefälligen Schalterstellungen neu zu verlegen.

Beim Zünden in einer Gruppe eine Schalterverteilung ist der direkte Anschluss des Gerätes an das 220 V-Netz nach den Sicherheitsvorschriften verboten. Deshalb gehört zur Auslösung noch ein Isolierkasten mit dem beiden vorgeschriebenen Schaltern. (Abb. 47.) Ein normaler Trennschalter kann durch Kontakt herstellen bzw. unterbrechen ein zweites Schalter als Leberschalter schliesslich den Stromkreis nur zur Zeit der Zündung.



Abbildung 47

Die Wirkungsweise des Zündgerätes wird aus Abb.48a und 48b ersichtlich. Ein Kontaktarm, dessen Umdrehung von einem elektromotorischen Antrieb mit konstanter Umdrehungszahl hervorgerufen wird, schleift mit zeitlicher Verzögerung über entsprechende Gegen-



Abbildung 48a

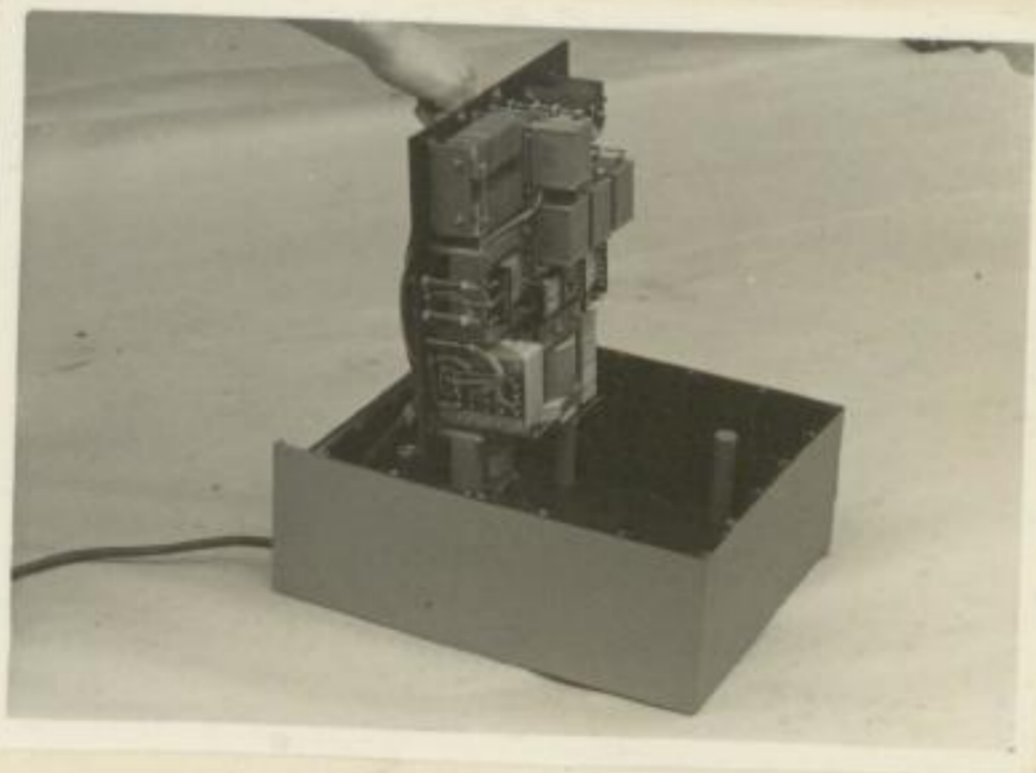


Abbildung 48b

kontakte. Abstand und Breite der Gegenkontakte und die Geschwindigkeit des Kontaktarmes bestimmen die zeitliche Verzögerung zwischen den einzelnen Zündkreisen und die Länge der Stromflußdauer im jeweils unter Spannung stehenden Zündkreis.

Abbildung 49 zeigt ein Oszillogramm des Zündstromflusses bei der als Grenzwiderstand festgelegten Belastung mit 175Ω je Verzögerungsstufe.



Abbildung 49

Abbildung 47

Die Wirkungsweise des Schützenden wird aus Abb. 48a und 48b er-
sichtlich: Ein Kontaktarm, dessen Ueberzug von einem elektris-
chischen Anstrich mit konstanter Ueberzugsdicke hervorgeht,
wird, nachdem die elektrische Verbindung über entsprechende Gegen-

Abbildung 48a

kontakte, Abstand und Breite der Gegenkontakte und die Geschwin-
digkeit des Kontaktarmes bestimmen die zeitliche Verzögerung zw-
ischen dem einzelnen Endkontakt und der Lage der Stromfühler im
Anstrich unter Spannung stehender Kontakte.
Abbildung 48 zeigt ein Schaltbild des Schutzverhältnisses bei der
die Stromfühler sind getriggert verbunden mit IV als Verzögerung

Abbildung 48

Je Verzögerungsstufe können bei einem Rechenwert von 5Ω je Zünder 35 Zünder angeschlossen werden. Insgesamt befinden sich am Gerät 30 Verzögerungsstufen mit je 12,5 ms Zündzeitintervall von Stufe zu Stufe. Es lassen sich folglich $30 \cdot 35 = 1050$ Schüsse in einem Zündgang abschließen, eine Zahl, die nach Kenntnis des Verfassers bislang von keinem Zündgerät erreicht wurde.

Neuerdings wird von der Firma Schaffler & Co., Wien, ein ms-Zündgerät angeboten. Es wäre verfehlt, die Vorzüge dieses Gerätes in Abrede stellen zu wollen. Besonders die handliche Beschaffenheit des Gerätes imponiert. Als eines der Hauptresultate der nachfolgenden Untersuchungen ist jedoch die Erkenntnis anzusehen, daß die praktische Anwendung derartiger Geräte überhaupt nur dann diskutabel ist, wenn möglichst eine grosse Anzahl der zu zündenden Schüsse zu einer Verzögerungsstufe zusammengeschlossen werden. (Die Versuchsprengungen sollten u.a. auch Aufschluss darüber geben, ob sich durch diese Notwendigkeit eine Minderung der typischen Effekte des ms-Schießens bemerkbar macht.) Fast alle z.Zt. in praktischer Anwendung stehenden Geräte müssen sichere Zündung bei Zündkreiswiderständen zwischen 50 und 150Ω je Verzögerungsstufe gewährleisten. Ausnahmefall ist lediglich die gangweise Zündung (3 Schuß) bei einem Teil der Schußanordnungen im Kali- und Erzbergbau. Demgegenüber ist das Schaffler-Gerät nur bis zu einem Grenzwiderstand von 15Ω anzuwenden. Für die Versuche auf dem Kaliwerk Salzdorf, die u.a. auch daran scheiterten, daß die zu zündenden Schußzahlen zu groß waren, wurde offenbar eines dieser Geräte eingesetzt. Fernerhin ist die Auslösung nur mit Handbetätigung möglich. Für die Anordnung in den Kaligruben der DDR ist der Anschluß an die 220 V-Schießverteilung nötig, um von über Tage auslösen zu können.

Die Versuchungsergebnisse können bei einer Nachprüfung von
 20 bis 30 Minuten nach dem Verschluss der Versuchung
 belassen oder im Laufe der Versuchungsergebnisse mit 10
 bis 15 Minuten nach dem Verschluss von Stufe zu Stufe zu lassen
 auch möglich sein. Die Ergebnisse sind in einem Protokoll ab-
 zuheften, eine Zahl, die nach dem Abschluss des Versuchs die
 lang von keinem Ergebnis erreicht wurde.
 Außerdem wird von der Firma Schott & Co., Wien,
 ein na-Büchlein angeboten. Es wäre vorzuziehen, die Vorzüge
 dieses Gerätes in Abrede stellen zu wollen. Besonders die
 scheinbare Beschaffenheit des Gerätes imponiert. Als ei-
 nes der Hauptmerkmale der nachfolgenden Untersuchungen
 ist jedoch die Erkenntnis anzusehen, dass die praktische
 Anwendung desartiger Geräte überhaupt nur dann denkbar
 ist, wenn möglichst eine grosse Anzahl der zu untersuchen-
 den Schlässe zu einer Versuchungsergebnisse nach dem Verschluss
 werden. (Die Versuchungsergebnisse sollten z. B. nach
 Abschluss der Probe geben, ob sich durch diese Versuchs-
 zeit eine Änderung der typischen Effekte des nachfolgenden
 bemerkbar macht.) Fast alle z. B. in praktischer Anwendung
 stehenden Geräte können sichere Bindung bei Bindungs-
 widerständen zwischen 20 und 150 kg Versuchsdruck
 gewährleisten. Ausnahmefall ist lediglich die gewöhnliche
 Bindung (2. Band) bei einem Teil der Schössenordnungen in
 Kell- und Treppengängen. Demgegenüber ist das Schottler-Gerät
 nur für ein etwas grösseres Gewicht von 150 kg anwendbar.
 Für die Versuche auf dem Kellwerk sind die Geräte der z. B.
 auch dann geeignet, dass die zu untersuchen Schössen
 zu groß waren, wurde offenbar eine dieser Geräte einzuge-
 setzt. Folglich ist die Anwendung nur mit Handbetätigung
 möglich. Für die Anwendung in den Kellern der DDR
 ist der Anschluss an die 220 V-Schleifverteilung möglich, um
 von über Tage messen zu können.

Für den Fall, daß längere Verzögerungszeiten, z.B. 25 ms herbeigeführt werden sollen, ist beim Anschluss jeweils eine Klemme zu überspringen. Abb. 50 zeigt die Anschlußplatte des Gerätes. Jede Zündstufe ist mit einem

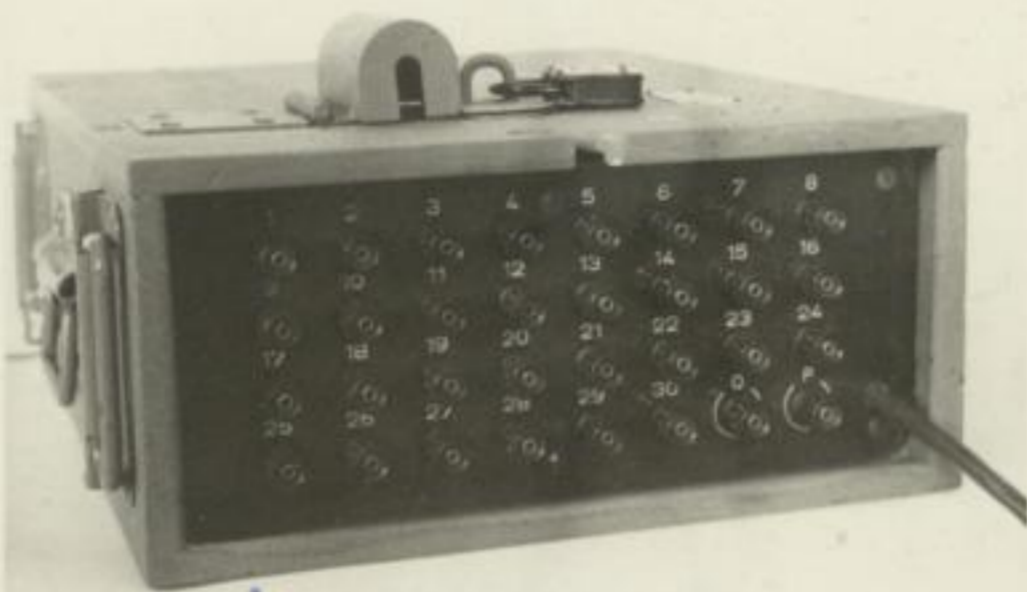


Abb. 50

Pol an eine der fortlaufend numerierten Klemmen anzuschließen. Der zweite Pol wird an die O-Klemme angeschlossen. (Bei Verwendung eines Spezialkabels - s.u. - ist dies der gemeinsame O-Leiter im Kabel.) Unter der Klemme "P" befindet sich ein 525Ω -Widerstand, entsprechend dem 3-fachen Betrag des Grenzwiderstandes. Dieser Widerstandsbetrag wurde auf Grund des Untersuchungsergebnisses festgelegt, daß die sichere Ansprechstromstärke J_{SA} bei 0,26 A liegt. Der vom Gerät abgegebene Zündstrom muß (bei 175Ω) mindestens 0,8 A betragen, wenn beurteilt werden soll, ob aufgetretene Versager auf Störungen am Gerät zurückzuführen sind. Werden probeweise auf der P-Klemme Einzelzünder ohne Sprengkapseln geprüft, wie dies in Zeitabständen von 4 Wochen auf den Werken geschieht, so muss demzufolge der 3-fache Belastungswiderstand noch ohne Versager zu zünden sein.

Es sei noch erwähnt, daß trotz der guten Bewährung des Gerätes bereits ein noch weiter vereinfachter Typ bei der Firma Rentsch in Bau ist, bei dem wahlweise ein Anschluß an das Wechselstromnetz oder die normale Betätigung nach dem Zündmaschinenprinzip möglich ist.

Spezialkabel

Zur wesentlichen Vereinfachung des Anschließens der Schüsse trug auch ein Spezialkabel zwischen den Schüssen und dem Zündgerät bei. Zur Verwendung dieses Kabels veranlassten folgende Gründe:

1. Sollten vor Einführung des Kabels beispielsweise 10 Verzögerungsstufen an das Gerät angeschlossen werden, so führte das Gewirr der Drähte häufig seitens der Hauer, die ja letztthin mit dem Gerät arbeiten müssen, zu Verwechslungen.
2. Das sorgfältige Bemühen, eine Verwechslung auszuschließen, erwies sich als sehr zeitraubend. Dieser Zeitaufwand wurde bei mehreren Gängen dadurch erhöht, daß z.B. bei 8 Gängen mit 8 m Abschlaglänge zum Anschluß der am weitesten vom Gerät entfernten Schüsse jeweils bis zu 8 m Draht gezogen werden mußten.
3. Die Drähte der bereits angeschlossenen Verzögerungsstufen wurden infolge des Drahtgewirrs vor Ort oft mit den Füßen wieder zerrissen.

Das Kabel ist für die untertägige Verwendung mit 12 isolierten Litzen versehen. Als gemeinsame Rückleitung dient eine verstärkte Litze, die in der Kabelmitte liegt. Die Ummantelung der Litzen durch eine Hartgummi-Isolation von 1,5 mm Stärke erwies sich für den Kalibergbau als widerstandsfähig genug, um die Leitungen auch bei direktem Haufwerksbeschuß vor Zerstörung zu schützen. Im Eisenerzbergbau wurde das Kabel zum Schutz gegen die scharfkantigen Haufwerksstücke vorsorglich mit einem halbierten Eisenrohr überdeckt.

In Abständen, die mit den Vorgaben der Schüsse an der Einsatzstelle übereinstimmen sollen, befinden sich Anklemmknöpfe (Abb. 51) zur Befestigung der Zünddrähte jeweils einer Verzögerungsstufe. Von einer Gewindeverbindung wurde für die untertägige Verwendung vorerst abgesehen,

Spezialpapier

Zur wesentlichen Vereinfachung des Anschlusses der
Schnur wird ein Spezialpapier zwischen den Schichten
und dem Zylinder bei der Verwendung dieses Papiers ver-
lassen folgende Grundsätze

1. Halten vor Einführung des Papiers die Schichten so
vorsichtig auseinander an das Gerüst auseinander zu
so führt das Gerüst der Drähte richtig neben der
Haut, die im letzten mit dem Gerüst verbunden wurden
zu Verwendungen.

2. Das sorgfältige Bedienen, eine Verwechslung anderer
schließen, etwas sich als sehr schwierig, dieser
Zustand wurde bei mehreren Gängen dadurch erreicht,
das z.B. bei 8 Gängen mit 8 Abschließungen zur An-
nahme der an letzterem von Gerüst entlasteten Schnur
jeweils bis zu 8 in Draht gezogen werden mussten.

3. Die Drähte der bereits abgeschlossenen Verabfertigung
sollen wieder infolge des Drahtgewirrs vor Ort oft
mit den Fäden wieder zerfallen.

Das Kabel ist für die untertägige Verwendung mit 12 iso-
lierten Litzen versehen, als gemeinsame Abschirmung dient
eine verwickelte Litze, die in der Kabelmitte liegt. Die
Umarmung der Litzen durch eine Hartgummi-Lackierung
von 1,5 mm Stärke erwies sich für den Kalibergang als
widerstandsfähig genug, um die Leitungen auch bei starkem
Zugdruck vor Beschädigung zu schützen. In Klein-
erprobung wurde das Kabel zum Schutz gegen die sonst
häufigen Drahtbrüche verwickelt als ohne halbierten
Kleinrohr überdeckt.

In Abständen, die mit den Vorgaben der Schnur an der
Kleinrohr-Lackierung übereinstimmen sollen, befinden sich An-
schlüsse (Abb. 11) zur Befestigung der Endkabel. Je
weil einer Verabfertigung. Von einer Beschädigung
wurde für die untertägige Verwendung vorerst abgesehen.



Abbildung 51

da zu befürchten war, daß infolge Schlagwirkung der Haufwerksstücke leicht Beschädigungen eintreten können.

Abbildung 51

da zu betrachten war, daß infolge Schlagwirkung der Haut-
verletzungen leicht Beschädigungen eintreten können.

6. Schießversuche in verschiedenen Bergbaugeweißen und in der Übertagesprengtechnik mit Auswertung der Einzelversuche.

Es ist undurchführbar, alle Einzelheiten der Schießarbeiten zu erläutern, die auf dem Gebiete der ms-Zündung innerhalb eines Zeitraumes von 2 1/2 Jahren ausgeführt worden sind. Nachfolgend werden deshalb die wesentlichsten Ergebnisse dargelegt, wobei besonders der Einsatz von Millisekundenzündgeräten hervorgehoben wird, da in der Literatur nur spärliche, teilweise sogar irreführende Mitteilungen vorhanden sind.

Kalibergbau

a) Fächersatz

Erwünschte Veränderungen:

Die eigentliche Tätigkeit der Hauer, die Bohr- und Schießarbeit, wird bei Anwendung des Fächersatzes eingeschränkt, weil das geschossene Salz den Arbeitsstoß bedeckt und die sofortige Wiederaufnahme der Bohrarbeit behindert. In mehreren Fällen konnte festgestellt werden, daß die Hauer die Hälfte der Schicht zu Hilfsarbeiten für den Schrapperbetrieb und zum Freischaufeln des Arbeitsstoßes verwandten. Besonders die Schrapperarbeit wird durch die hochaufgeböschte Lage des Salzes sehr erschwert. Dem Schrapperkasten bietet sich zwischen Haufwerk und Firste keine Angriffsmöglichkeit. Auch an dieser Stelle ist demzufolge oft Schaufelarbeit durch die Hauer erforderlich. Um an Stoß überhaupt Bohrarbeiten ausführen zu können, ist es notwendig, die bekannte abgesetzte Form der Abbaufrent zu wählen, die zum unrationellen häufigen Transport des Bohrgezänes zwingt (Abb. 52). Es galt, durch die Millisekundenzündung eine günstigere Lage des Haufwerkes zu erzielen. Diese Veränderung sollte möglichst auch unter Einsatz eines Millisekundenzündgerätes erreicht werden.

Der Einsatz von ms-Geräten wurde mitunter als Provisorium zum Ersatz nicht vorhandener ms-Zünder betrachtet. Deshalb ist die Veröffentlichung von Meuskens [38] von Bedeutung, aus der hervorgeht, daß selbst im Kaliberg-

6. Schilfergebnisse in verschiedenen Bergbauweisen und
in der Überlagerungsgeologie mit Anweisung der
Klassifizierungen.

Es ist nachzutragen, alle Klassen, die auf der Schilfergebnisse
basieren zu erklären, die auf der Geologie der Umgebung
innerhalb eines Zeitraumes von 1/2 Jahren ausgeführt
worden sind. Nachfolgend werden deshalb die wesentlichen
Ergebnisse angegeben, wobei besonders der Hinweis von Mi-
llier und den anderen hervorzuheben wird, da in der Lite-
ratur nur spärliche, teilweise sogar falsche Angaben
vorhanden sind.

Kalibergbau

a) Flözbergbau

Erwünschte Veränderungen:
Die eigentliche Tätigkeit der Arbeiter, die Bohr- und Scher-
arbeiten, wird bei Anwendung des Flözbergbaus eingeschränkt,
wobei das Kesselformen der Arbeitstätigkeit bedacht und die
notwendige Wiederherstellung der Bohrarbeit bedacht. In meh-
reren Fällen konnte festgestellt werden, daß die Arbeiter die
Hälfte der Bohrer zu Hilfsarbeiten für den Scherbergbau
trieb und aus technischen Gründen des Arbeitstages verwendet.
Besonders die Scherarbeiten wird durch die Hochdruck-
te Lage des Flözes sehr erschwert. Dem Scherbergbau
bleibt sich etwas von Handwerk und Flöz keine Angabe
möglich. Auch an dieser Stelle ist demzufolge die
Sonderarbeiten durch die Arbeiter erforderlich. Um an diese
Überhaupt heranzuführen zu können, ist es notwendig
die die Bohrer abgesetzt vom der Arbeiter, zu wählen,
die von den technischen Mitteln Transport des Bergbaues
hängt (Abb. 21). In der geologischen Untersuchung
eine günstigere Lage des Flözwerkes zu erhalten. Diese Ver-
änderung sollte möglichst nach unter Hinweis eines Milli-
er und den anderen erfolgt werden.
Der Hinweis von Millier wurde nicht als Probe-
arbeit zum Flöz nicht vorzunehmen zu Flöz betrachtet.
Deshalb ist die Verfüllung von Millier (20)
von Bedeutung, was der hervorhebt, daß selbst in Kaliberg-

bau der Bundesrepublik, dem ein starkes Angebot an ms-Zündern zur Verfügung steht, die Anwendung von ms-Geräten erwogen wird. M e u s k e n s begründet die Notwendigkeit entsprechender Versuche in erster Linie mit der Tatsache, daß, seinen Untersuchungen über den Ablösungsvorgang der Vorgabe zufolge, die Verzögerungen der ms-Zünder nicht kurz genug sind. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß im Kalibergbau d-er

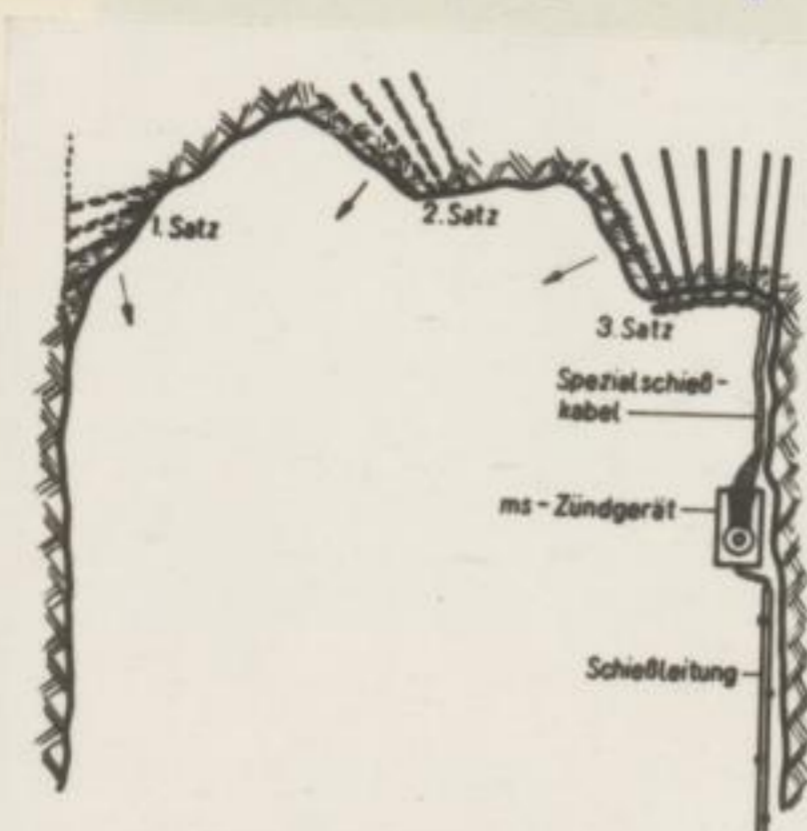


Abb.: 52 Einsatz des ms-Gerätes in einer 20 m-Abbaustrecke mit Fächersatz.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß im Kalibergbau d-er

Bundesrepublik auch der hohe Preis der chemischen ms-Zünder Interesse an den Anwendungsmöglichkeiten von ms-Geräten hervorrief.

Versuchsdurchführung:

Infolge der starken Verbreitung des Fächersatzes im Kalibergbau waren die Arbeiten in 20 m-Strecken, 12 m-Strecken, 8 m-Strecken und 5 m-Strecken, sowohl im Carnallit als auch im Hartsalz durchzuführen.

Der Anschluß der Zünder erfolgte mittels des beschriebenen Spezialschießkabels. Der Anschluß der Gänge unmittelbar an das Gerät ohne Verwendung des Spezialkabels wurde von den Hauern verständlicherweise als undurchführbar erklärt. Das unübersichtliche Gewirr der einzelnen Drähte führte immer wieder zu Verwechslungen, deren Behebung den Arbeitsablauf behinderten. Selbstverständlich ist der Anschluß auch ohne Kabel grundsätzlich möglich, aber es wäre verfehlt, bei der Beurteilung eines Verfahrens hinsichtlich seiner praktischen Anwendungsmöglichkeit die Intelligenz einiger besonders umsichtiger Hauer als Maßstab zu benutzen.

Die 3 Schüsse jedes Ganges wurden hintereinander geschäftet und an die unmittelbar unter dem Gang liegende Anschlußklemme des Kabels angeschlossen (Abb. 53). Jeder Gang bildete somit eine Verzögerungsstufe (12,5 ms-Intervall). Der Anschluß der Schüsse verursachte auf diese Weise keinen zusätzlichen Zeitaufwand.

bei der Handhabung, das ein starkes Angebot an re-
 dem zur Verfügung steht, die
 Anwendung von re-Gezetz er-
 gen wird. *re-Gezetz*
 besteht die Notwendigkeit an
 sprechender Verfahren in erster
 Linie mit der *re-Gezetz*, das
 seinen Untersuchungen über den
 Abflussvorgang des Vorgangs
 zufolge, die Verzögerungen der
 re-Flüsse nicht kurz genug sind
 zu werden bereits darauf hin-
 weisen, dass die Kalkulation der
 Handhabung auch der hohe Preis der chemischen re-Flüsse
 Interesse an den Anwendungsmöglichkeiten von re-Flüssen
 hervorruft.

Vorarbeiten:

Infolge der starken Verzögerung des Phänomens in Kali-
 re-Flüssen waren die Arbeiten in 20 m-Strecken, 12 m-Strecken,
 8 m-Strecken und 5 m-Strecken, sowohl im Ganzen als auch
 in Teilen durchzuführen.
 Der Anschluss der re-Flüsse mittels des beschrie-
 benen Spezialabnehmerkabels, der Anschluss der Gänge mittels
 der an das Gerät ohne Verwendung des Spezialkabels wurde
 von den meisten verständlicherweise als unzulänglich er-
 klärt. Das unzureichende Gewicht der einzelnen re-Flüsse
 führte immer wieder zu Verzögerungen, deren Höhe der
 Arbeitsschritt behinderte. Selbstverständlich ist der re-
 fluss auch ohne Kabel grundsätzlich möglich, aber es
 verbleibt bei der Herstellung eines Verfahrens hinsichtlich
 seiner praktischen Anwendungsmöglichkeit die Intelligenz
 einiger besonders unglücklicher re-Flüsse als Maßstab zu be-
 raten.
 Die 3 Schlässe jedes Ganges wurden hintereinander gesch-
 tet und an die unmittelbar unter dem Gang liegende An-
 schließpunkte des Kabels angeschlossen (Abb. 23). Jeder Gang
 bildete somit eine Verzögerungseinheit (12,5 m-Intervall).
 Der Anschluss der Schlässe verzweigte auf diese Weise
 keinen zusätzlichen Zeitaufwand.

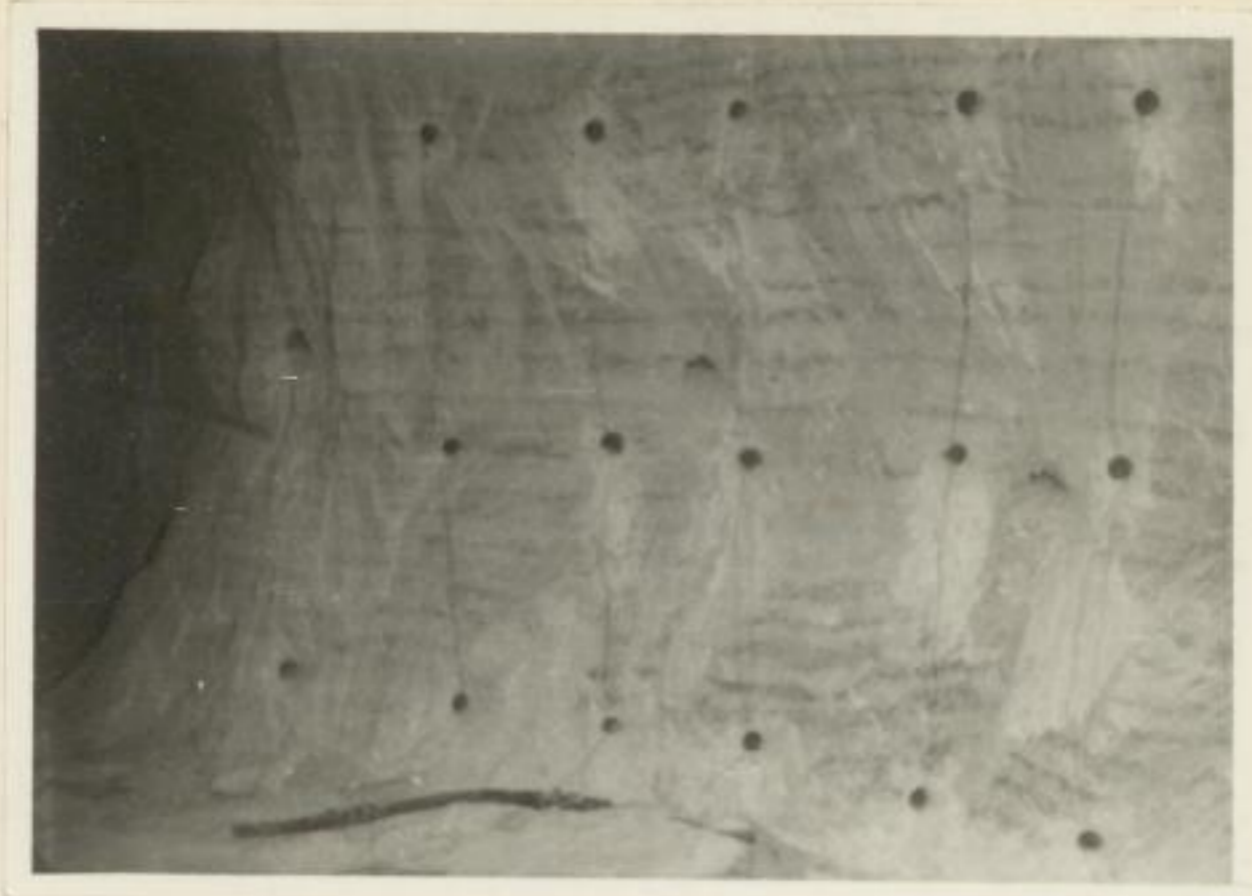


Abbildung 53

Folgende Notwendigkeiten waren dabei zu beachten:

1. Eine Kabelzerstörung trat auf, als sich das Kabel zu sehr in der Nähe der Bohrlochmündung eines Schlenschusses befand. Gegebenenfalls ist mit der Hacke eine kleine Rinne durch das Bohrklein zu ziehen, damit das Kabel ca. 10 cm unter den Bohrlochmündungen liegt (Abb.54).
 2. Schußversager waren dann zu verzeichnen, wenn die Anschlußklemmen sich in der Nähe des vorher gesündeten Ganges befanden.
- Abb.54 zeigt diesen Fall. Die Drähte des 2.Ganges führen in den Gefahrenbereich des 1.Ganges.

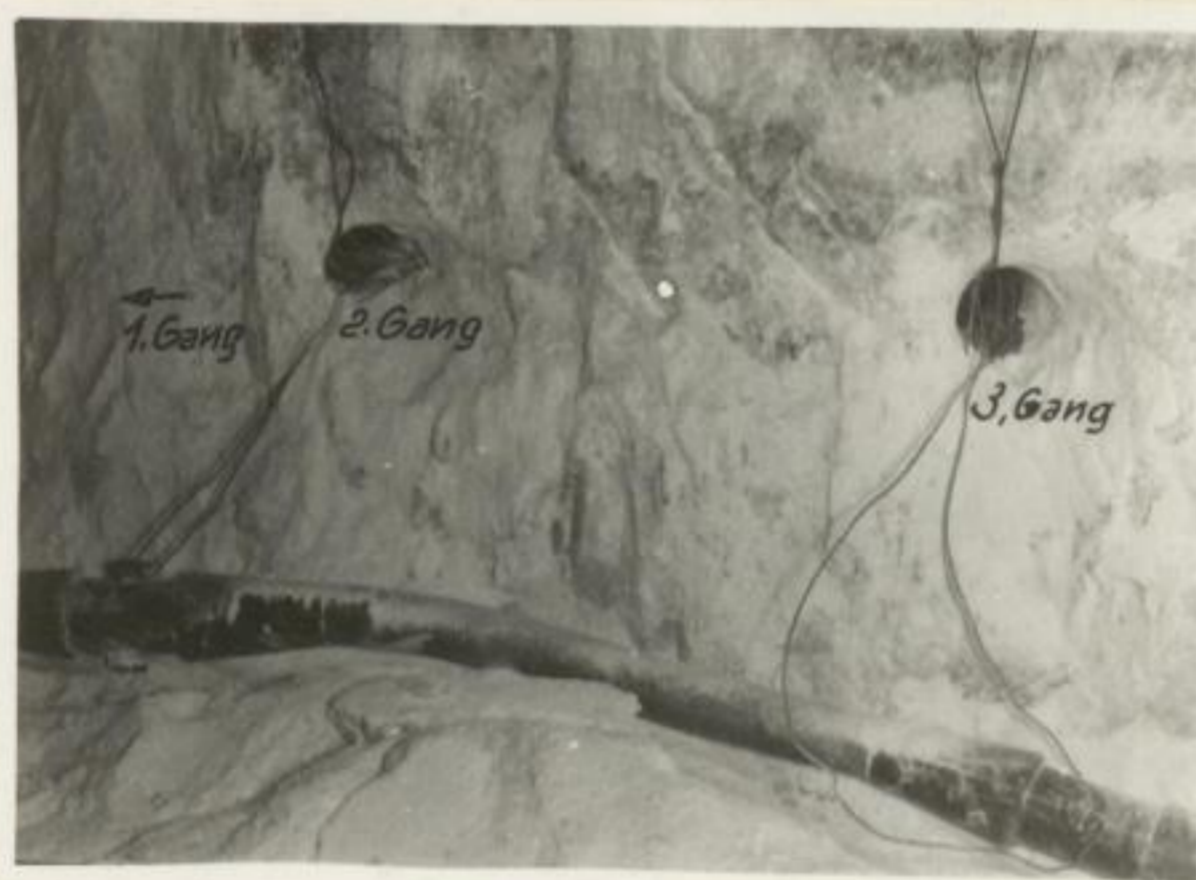


Abbildung 54

Auch vom 3.Gang ist ein Draht an der Stelle x gefährdet (s. Abschnitt über Versagerursachen). Bei der Anfertigung der Kabel müssen daher für die Abstände der Anklemmungen die am Verwendungsort vorhandenen Bohrlochabstände verbindlich sein. In Abb.54 ist der Abstand am Kabel zu groß. Bei Fächersätzen mit unterschiedlichen Abständen der Bohrlochmündungen ist der Abstand der Stoßgänge zugrunde zu legen. Die Drähte der ersten Gänge müssen dann etwas zurückgezogen werden.

An einigen Stellen wurde zum Zwecke des Vergleiches abwechselnd mit chemischen Zündern und mit Millisekundenzündgerät geschossen.

Abbildung 53



folgende Notwendigkeiten waren dabei zu beachten:

1. Eine Kabelverletzung trat auf, als sich das Kabel zu sehr in der Nähe der Bohrlochwandung eines Schmelzschusses befand. Gegebenenfalls ist die Bohrlochwandung durch eine kleine Rinne durch das Bohrloch zu sichern, damit das Kabel ca. 10 cm unter der Bohrlochwandung liegt (Abb. 54).
2. Schmelzverstopfungen waren dann zu vermeiden, wenn die Anschlußstellen sich in der Nähe des vorher geständerten Ganges befanden. Abb. 54 zeigt diesen Fall. Die Drähte des 2. Ganges führen in den Gefahrenbereich des 1. Ganges.

Abbildung 54

Auch vom 3. Gang ist ein Draht an der Stelle zu entnehmen (s. Abb. 54) (s. Schnitt über Versatzversuchen). Bei der Anfertigung der Kabel müssen daher für die Abstände der Anklemmungen die an Verwendungsort vorhandenen Bohrlochabstände verbindlich sein. In Abb. 54 ist der Abstand am Kabel zu groß. Bei Tüchereisten mit unterschiedlichen Abständen der Bohrlochwandungen ist der Abstand der Stützringe anzurufen zu legen. Die Drähte der ersten Gänge müssen dann etwas zurückgezogen werden. An einigen Stellen wurde zum Zwecke des Vergleiches abwechselnd mit chemischen Zündern und mit Millisekundenzündgeräten gearbeitet.

Abb. 26

Abb. 25

Normale Zündung

Abb. 27

Abb. 28

Charakteristische Zündung

Abb. 29

Abb. 30

no-Zündgerät



Abb.55



Abb.56

Normale Zündung



Abb.57



Abb.58

Chemische ms-Zünder



Abb.59



Abb.60

ms-Zündgerät

Resultate:

Die Abbildungen 55 und 56 zeigen die Lage des Haufwerkes bei der sonst üblichen normalen Zündung mit elektrischen Zündschnurverzögerungszündern in einer 20 m-Abbaustrecke. Abbildungen 57 und 58 wurden im gleichen Abbau nach dem Schießen mit chemischen Millisekundenzündern aufgenommen. Die Abbildungen 59 und 60 zeigen das Schießergebnis nach der Zündung mit dem Millisekundenzündgerät. Erfreulich war besonders die Erscheinung, daß bei Einsatz des Gerätes sogar eine noch stärkere Schleuderwirkung auftrat als bei Verwendung von chemischen Millisekundenzündern. (Es wird im folgenden gezeigt, daß allerdings nicht generell für alle Schießarbeiten beim Geräteinsatz eine bessere Schußwirkung in Erscheinung trat).

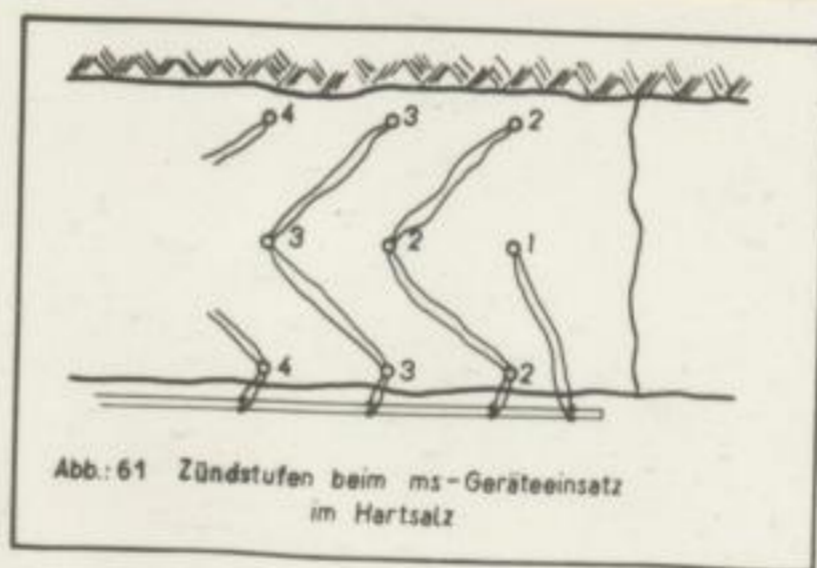
Wir ersen aus dem Vergleich der Bilder 59 und 60 mit den Bildern 55 und 56 die völlig veränderte Lage des Haufwerkes, wobei zu bemerken ist, daß die Vergleichsversuche im Carnallit, also in der ungünstigsten Salzart stattfanden. Das Carnallit-Salz wird durch die Schußwirkung weitgehender zerkleinert als Hartsalz und bleibt deshalb infolge äußerst geringer Schleuderwirkung besonders nah am Stoß liegen.

Besonders zu erwähnen ist, daß die Hauer sofort zur Ausnützung des Vorteils übergangen und für den mit ms-Gerät gezündeten Abschlag die Zahl der gebohrten Gänge von 3 und 4 auf 7 erhöhten. Aus Abbildung 59 oder 60 ist ersichtlich, daß der Abbaustoß auf der gesamten abgebohrten Breite von 9 m bis auf einen für die Schrapperförderung unbedeutenden Rest von Salz vollständig freigelegt war. Aus dem Bild ist auch die Lage des Spezialkabels nach dem Schießen ersichtlich. Es bestanden ursprünglich Bedenken, daß die Salzmassen das Kabel zuwerfen und zerstören. Dies wäre bei den Einbruchschüssen auch zwangsläufig der Fall, da bei diesen Schüssen die Schleuderrichtung rückwärts in die Strecke gerichtet ist. Die Stoßgänge werfen dagegen seitlich ab. Dadurch wird das Kabel geschützt. Es wurde bereits bei der Diskussion der Drahtzerstörungsmöglichkeiten darauf hingewiesen, daß bei den

Einbruchgängen Versagergefahr infolge der Schußflammen-
einwirkung besteht. Beide Zerstörungsmöglichkeiten und
die Tatsache, daß die Schleuderwirkung auch ohne ms-Zün-
dung stärker als bei den übrigen Schüssen auftritt,
führten zur Beschränkung des Geräteeinsatzes auf die
mittleren Gänge (etwa vom 10. Gang ab) und die Stoßgänge.

Schmale Streckenvortriebe erwiesen sich für einen
Geräteeinsatz ungünstiger, da eine Verwendung der Spezial-
kabel nicht möglich ist. Das Kabel wird vom Salz zuge-
worfen und kann durch den Schrapper zerstört werden.

Für den rationellen Einsatz der Zündgeräte ist es
erforderlich, die 3 Schuß jedes Ganges gleichzeitig zu
zünden. Die sonst übliche Reihenfolge: Mittelschuß-
Firstenschuß-Sohlenschuß kann nur unter großem Aufwand
an Zeit und Sorgfalt für die Drahtverlegung erzielt
werden; denn jeder Schuß ist einzeln anzuschliessen.
Zudem dürfen die Drähte des oberen Schusses nicht herab-
hängen, da nach den Versagerbeobachtungen und Zeitmes-
sungen der früher kommende Mittelschuß sonst versagt.
Im Carnallit ist die gangweise Zündung ohne Nachteile
möglich. Im Hartsalz musste dagegen der Mittelschuß des
nachfolgenden Ganges mit Firsten- und Sohlenschuß des
vorausgegangenen Schusses gezündet werden, da bei der
gangweisen Zündung abnormal lange Pfeifen stehen blieben
(Abb. 61).



Die Zündung von Fächersätzen im Hartsalz mittels
Zündgerät führte bei engerer Nachbarschaft der Bohrloch-
mündungen (10-20 cm) wiederholt zu Schußversagern. In-
folge der härteren und spröderen Beschaffenheit dieser
Salzart schleuderte der Detonationsstoss in Bereich der

Bohrlochmündungen Schalen ab. Dies führte zu Drahtzerstörungen (Abb. 62).



Abbildung 62

Die im vorausgegangenen Abschnitt begründete Empfehlung, für den ms-Geräteeinsatz möglichst parallele Gänge zu bohren, bezieht sich infolge der erwähnten Schwierigkeiten besonders auf das Hartsalz.

Der Vergleich der durchschnittl. Mauerleistung im Versuchsabbau (20 m-Strecke, Carnallit) über den Zeitraum von 14 Schichten ergab eine Erhöhung der Mauerleistung gegenüber der sonst üblichen Zündung:

Elektr. Zündschmurverzögerungszünder	130,5 t/Schicht
Chemische ms-Zünder	145,2 (2 Mauer)
Millisekundenzündgerät	148,6 " "

Noch stärker trat der Unterschied bei der Schrapperförderung hervor.

Anteil der Kurzfahrten an der Gesamtzahl der Schrapperfahrten: (20 m-Strecke, Carnallit).

Normale Zeitzündung	57,5%
ms-Gerät	38,5%

Leider konnte dieser Vorteil nur im geringen Maße ausgenutzt werden, da der Engpaß der Grube in einem ständigen Mangel an Leerwagen bestand.

Besonders in den Hartsalz- und Steinsalzstrecken ist die ms-Zündung mit Vorteilen für die Schrapperförderung verbunden. Bei der sonst üblichen hochaufgeböschten Lage des Haufwerkes ist infolge der größeren Stückigkeit die Füllung des Kastens bekanntlich schwieriger als im Carnallit.

Zeitaufwand für das Schrappen eines Abschlages:
(8 m-Strecke, Steinsalz).

Normale Zündung	4 Std. 10 min
ms-Zündung	2 " 30 "

Auch dieser Vorteil blieb völlig ohne Auswirkung auf die Streckenvortriebsleistung, da der Arbeitszyklus nicht abgeändert wurde und zudem der erwähnte Mangel an Leerwagen an dieser Stelle ebenfalls in Erscheinung trat.

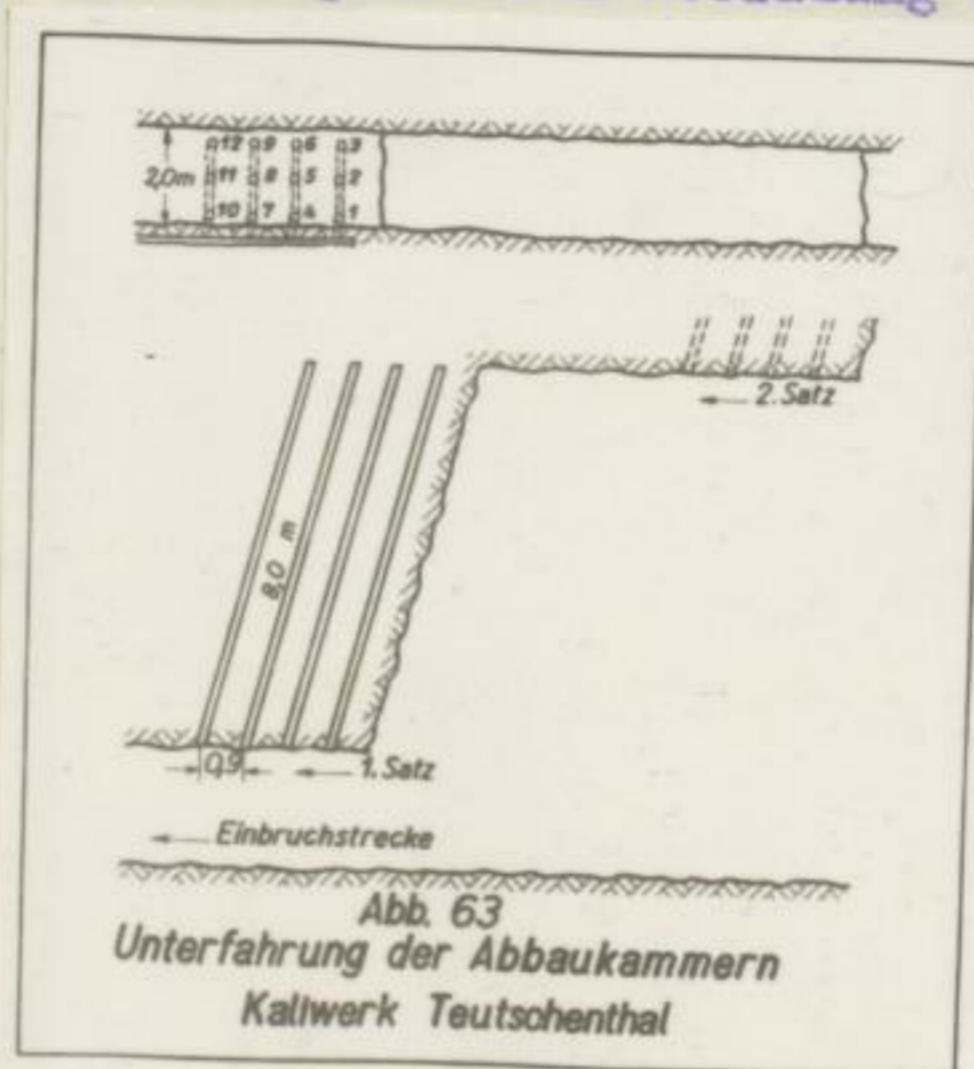
Die Entscheidung darüber, ob ms-Zünder oder Millisekundenzündgerät anzuwenden ist, ist also nicht nur davon abhängig, ob die Effekte des Verfahrens unter den verschiedenen Schießbedingungen vor Ort tatsächlich erreicht werden können. Ist im betreffenden Abbau die Schrapperförderung ohnehin nicht voll ausgenutzt, so wird die Auswirkung des ms-Schiessens weitaus schwächer sein als in einem Abbau oder Vortrieb, dessen Leistungsgrenze durch Schrapperüberlastung gezogen ist. Abbaue, in denen nach der Gewinnungsschicht eine gesonderte Förderschicht folgt und wie in vielen Fällen noch eine Schicht ohne jeglichen Abbau oder Förderbetrieb sind beispielsweise nicht geeignet, Urteile über die wirtschaftlichen Auswirkungen des ms-Schiessens anzustellen. Der Verfasser ist der Ansicht, daß in den bisherigen Veröffentlichungen dieser Tatsache zu wenig Beachtung geschenkt wurde. Wenn festgestellt wird, daß das ms-Schiessen nicht an allen Schußorten mit Zuverlässigkeit Vorteile herbeiführt, so dürfte auch dieser Umstand mitwirkend sein.

Bei sämtlichen Schießversuchen (einschl. der nachfolgenden Versuchsreihen im Erzbergbau) war eine wesentlich bessere Beschaffenheit der Firte festzustellen.

Lockere Schalen, die bei der normalen Zeitzündung teilweise abgelöst an der Firste hängen blieben, wurden durch die gesteigerte Gasdruckwirkung der schnell aufeinander folgenden Schüsse abgefegt.

b) Unterfahung der Firstenkammern (Breitaufschießen)

Die Bohrlochanordnung ist aus Abbildung 63 ersichtlich.



Resultate:

Aus 12 Wiederholungsversuchen liessen sich folgende Besonderheiten erkennen:

1. Während bei Zündschnurzündung das Haufwerk bis unter die Firste den Ortsstoß bedeckte, lag bei der ms-Zündung zwischen Stoß und Salz ein 2-2,5 m breiter Streifen vollständig von Salz frei. Dann begann das Haufwerk in flacher Böschung ($\sim 30^\circ$) anzusteigen. Daraus ergaben sich einige Vorteile:
 - a) Die Bohrsäulen zum Bohren der Löcher für die Schrapperrumlenkrolle konnten sofort aufgestellt werden.
 - b) Der zurückhängende Arbeitsstoß des 2. Satzes wird nicht zugeworfen. Die Bohrarbeit konnte ohne Schau- feldarbeit aufgenommen werden.
 - c) Der Arbeitsstoß des 2. Satzes, der sonst ~ 20 m weit zurückhängt, kann unmittelbar nachgezogen werden. Dies bedeutet Minderung der Unfallgefahr (Arbeit unter der nachhängenden Firste) und Fortfall des umständlichen Gezähetransportes.

lockere Schalen, die bei der normalen Zeitbindung teilweise abgelöst an der Spitze hängen blieben, wurden durch die gesteigerte Gedrückwirkung der Achse aufeinander folgenden Schichten abgelöst.

b) Untersuchung der Faserkammern (Faserkammern) die Bohrlochordnung ist aus Abbildung 6) ersichtlich.

Ergebnisse

Aus 12 Versuchsversuchen liessen sich folgende Beobachtungen erkennen:

1. Während der Sandströmung des Hauptwerk die unter die Spitze des Urlasses bedeckte, lag bei der Sandströmung zwischen 200 und 300 cm ein 2-3 m breiter Streifen vollständig von Sand frei. Dann begann das Hauptwerk in flacher Richtung ($\sim 30^\circ$) anzusetzen. Daraus ergaben sich einige Vorteile:

- a) Die Bohrer zum Bohren der Löcher für die Bohrlochbohrer konnten sofort aufgestellt werden.
- b) Der untere Teil des Urlasses des 2. Satzes wird nicht angefüllt. Die Bohrerzeit konnte ohne Sandverlust ausgenutzt werden.
- c) Der untere Teil des 2. Satzes, der sonst ~ 30 m weit zurückbleibt, kann unmittelbar nachgezogen werden. Dies bedeutet Erleichterung der Untertagearbeit unter dem anhängenden Urlass und Vorteil des unterirdischen Sandtransportes.

2. Durch die gleichzeitige Zündung der 3 Schüsse eines Ganges trat eine tiefere bzw. höhere Schußwirkung in Firste und Sohle auf. Die Höhe der Unterfahrung betrug statt 2 m im Versuchabschnitt 2,2 - 2,3 m. Dies ent-



Abbildung 64

spricht einer Steigerung der Haufwerksmenge um 10-15% ohne jeglichen Mehraufwand an Sprengstoff.

3. Bessere Beschaffenheit der Firste (s.o.).

Das wesentlichste Resultat dieser Versuchsreihe lag in der Erkenntnis, daß für eine erfolgreiche Anwendung von Millisekundenzündgeräten parallelgebohrte Gänge als günstigstes Bohrschema anzusehen sind.

Gegenüber dem Fächersatz treten folgende Vorteile bzw. Vereinfachungen auf:

1. Die Schüsse können ohne Gefahr der Pfeifenbildung auch im Hartsalz, gangweise gezündet werden.
2. Die Drahtzerstörungsmöglichkeit ist bereits unterbunden, wenn die Drähte glatt am Stoß anliegen. Die beim Fächersatz festgestellten Schußversager infolge zerstörter Drähte traten nicht mehr auf, da die Bohrlochmündungen der Schüsse bei parallelen Gängen weiter voneinander entfernt sind.
3. Die Entfernung der Bohrlochmündungen ist konstant, deshalb liegen die Anschlußklemmen bei richtig gewählten Abständen am Spezialkabel immer genau unter den Gängen. Dadurch ist der Anschluß der Schüsse ohne zusätzlichen Zeitaufwand möglich.

Hinzu kommt die bekannte Tatsache, daß parallele Gänge bei der gleichen Anzahl Bohrmeter wesentlich mehr Salz bringen als fächerförmig gebohrte Gänge. Allerdings muss vorerst eine schmale Einbruchsstrecke aufgeföhren werden, um die Stöße seitlich abzuklappen. Diese Notwendigkeit ist die Ursache, daß z.Zt. der unwirtschaftliche Fächersatz stärker in Anwendung steht als die parallel gebohrten Gänge. Eine Abänderung dieses Zustandes setzt aber voraus, die Streckenvortriebsleistung in schmalen Strecken zu erhöhen.

c) ms-Zündung beim Kanonenschießen (Brennereinbruch)

Eine übliche Methode zur Erhöhung der Streckenvortriebsleistung ist bekanntlich das Schießen mit Brenner-einbruch. Dieses Verfahren hat im Kalibergbau bislang nur wenig Verbreitung finden können, da infolge der parallelen Gänge das Arbeitsort völlig zugeschoßen wird. Dadurch erföhrt die Schrapperföhderung eine Behinderung, durch die der Vorteil grösserer Abschlagslängen wieder hinfällig wird. Lediglich in Vortrieben, die mit Ladegeräten versehen sind, verläuft die Abföhderung des Salzes beim Kanonenschiessen ohne diese Schwierigkeit. Es erschien daher zweckmässig, Versuche mit dem Ziel durchzuföhren, die Schleuderwirkung des ms-Schiessens auszunützen.

1. Versuch:

Bohrschema (s. Abb. 65) Kanonenbohrloch: 160 mm \varnothing , 4,40 m tief
Schußbohrlöcher: 36 mm \varnothing , 4,20 "

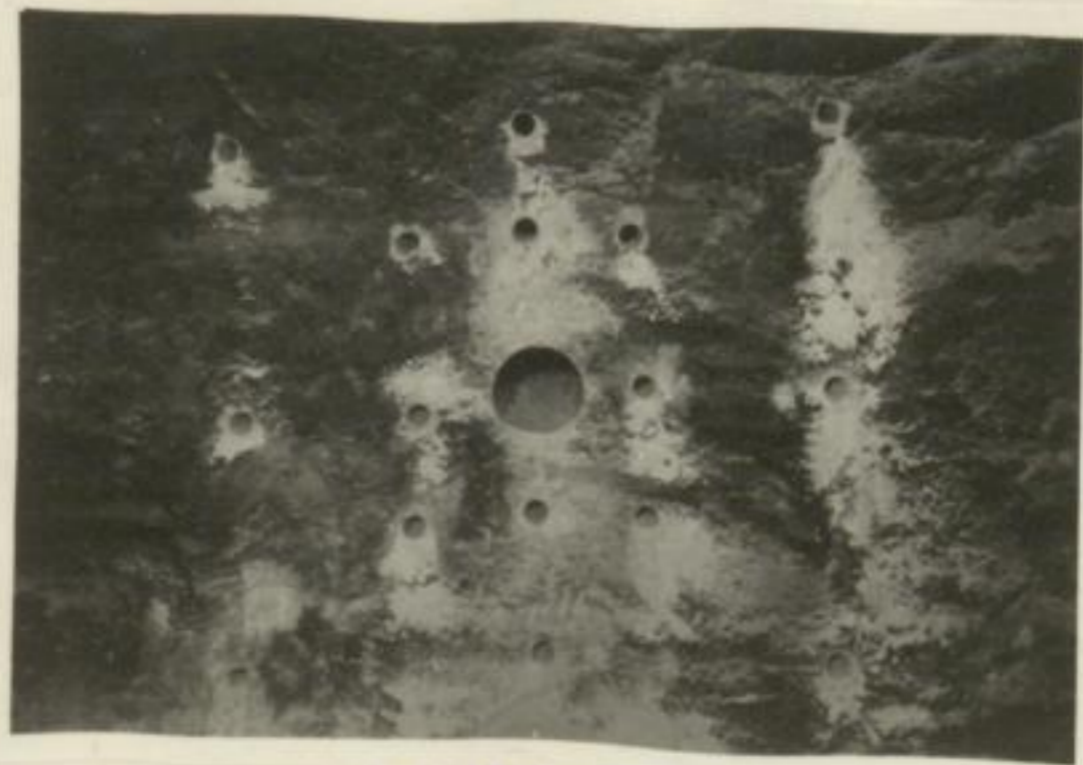


Abbildung 65

Bohrschema
s. Abb. 65
s. 116

Um eine sichere Vergleichsbasis zu erhalten, wurden die Schüsse zunächst mit Zündschnur verzögert. Die Erweiterung der Kanone erfolgte bis auf 1,20 m \varnothing . Die Zündung weiterer Schüsse sollte im Hinblick auf eine rationelle Durchführung der Versuche erst dann durchgeführt werden, wenn nachgewiesen ist, daß die ersten Kränze ordnungsgemäß abgeworfen haben. Bekanntlich liegen die Probleme des Kanonenschießens nicht im weiteren Aufschießen auf die gewünschte Streckenbreite, sondern in der Erweiterung des Brenneinbruchs.

Resultat:

Sämtliche Schüsse mit normaler Pfeifenbildung (5-10 cm) gezündet. Abschlagtiefe dementsprechend 4,10 - 4,20 m. Das geschossene Salz füllte den Hohlraum fast vollständig aus (Abstand zwischen Salz und Firste 5-20 cm, S. Abb. 66).



Abb. 66

2. Versuch

Zündung mit ms-Zündern 50 ms Nennzeitabstand. Das Verzögerungsschema war so aufzustellen (Abb. 67), daß die zur Verfügung stehenden 10 Zeitstufen auch für die anschließende Erweiterung noch ausreichen.



(Ein Versuch, im Hinblick auf den Fall, daß 15 Zeitstufen zur Verfügung stehen, folgt.)

Abbildung 67

Die erste...
 die zweite...
 die dritte...
 die vierte...
 die fünfte...
 die sechste...
 die siebte...
 die achte...
 die neunte...
 die zehnte...

Die erste...
 die zweite...
 die dritte...
 die vierte...
 die fünfte...
 die sechste...
 die siebte...
 die achte...
 die neunte...
 die zehnte...

Die erste...
 die zweite...
 die dritte...
 die vierte...
 die fünfte...
 die sechste...
 die siebte...
 die achte...
 die neunte...
 die zehnte...

Die erste...
 die zweite...
 die dritte...
 die vierte...
 die fünfte...
 die sechste...
 die siebte...
 die achte...
 die neunte...
 die zehnte...

Die erste...
 die zweite...
 die dritte...
 die vierte...
 die fünfte...
 die sechste...
 die siebte...
 die achte...
 die neunte...
 die zehnte...

Die erste...
 die zweite...
 die dritte...
 die vierte...
 die fünfte...
 die sechste...
 die siebte...
 die achte...
 die neunte...
 die zehnte...

Die erste...
 die zweite...
 die dritte...
 die vierte...
 die fünfte...
 die sechste...
 die siebte...
 die achte...
 die neunte...
 die zehnte...

Resultat:

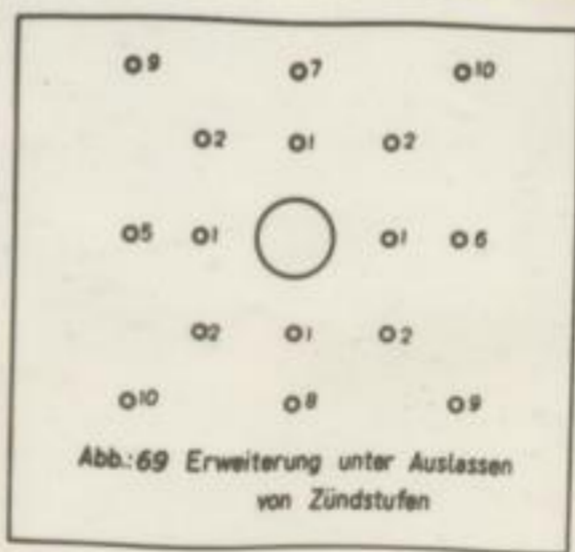
Im Gegensatz zur Haufwerkslage gem. Abbildung 66 wurde das Salz vollständig aus dem Geviert herausgeschossen. Die Schüsse setzten stark ab. Bei 4,15 m Bohrlochtiefe konnten nur 3,2 m Abschlaglänge erzielt werden (Abb. 68).



Abb. 68

3. Versuch

Um dem Haufwerk der einzelnen Schüsse längere Zeit zum Abschleudern zu geben und das von den Schüssen einer Verzögerungsstufe gelöste Haufwerksvolumen zu vermindern, erfolgte die Zündung mit der max. möglichen Anzahl (10) Verzögerungsstufen. Dies entsprach gleichzeitig der Tatsache, daß die Lieferfirma 15 Zündstufen für die Erweiterung in Aussicht gestellt hatte. Zwischen dem ersten Geviert und den folgenden Schüssen wurden die Stufen 3 und 4 ausgelassen (Abb. 69).



Resultat:

Bei 4,30 m Bohrlochtiefe betrug die Abschlaglänge 3,80 m. Auffällig war, daß die Schleuderwirkung infolge des Auslassens der Zündstufen wesentlich abgeschwächt wurde. Das Geviert lag noch zur Hälfte voll Salz (Abb. 70).



Abbildung 70

Besonders aufschlußreich ist die Abbildung 71, aus der die Ursachen der starken Pfeifenbildung ersichtlich sind. Von



Abbildung 71

der Bohrlochpfeife gehen zwei Ablösungsflächen aus, auf denen bereits eine Abtrennung des Salzes erfolgte. Daß dennoch das Abwerfen der Vorgabe ausblieb, ist ein deutlicher



Abb. 72

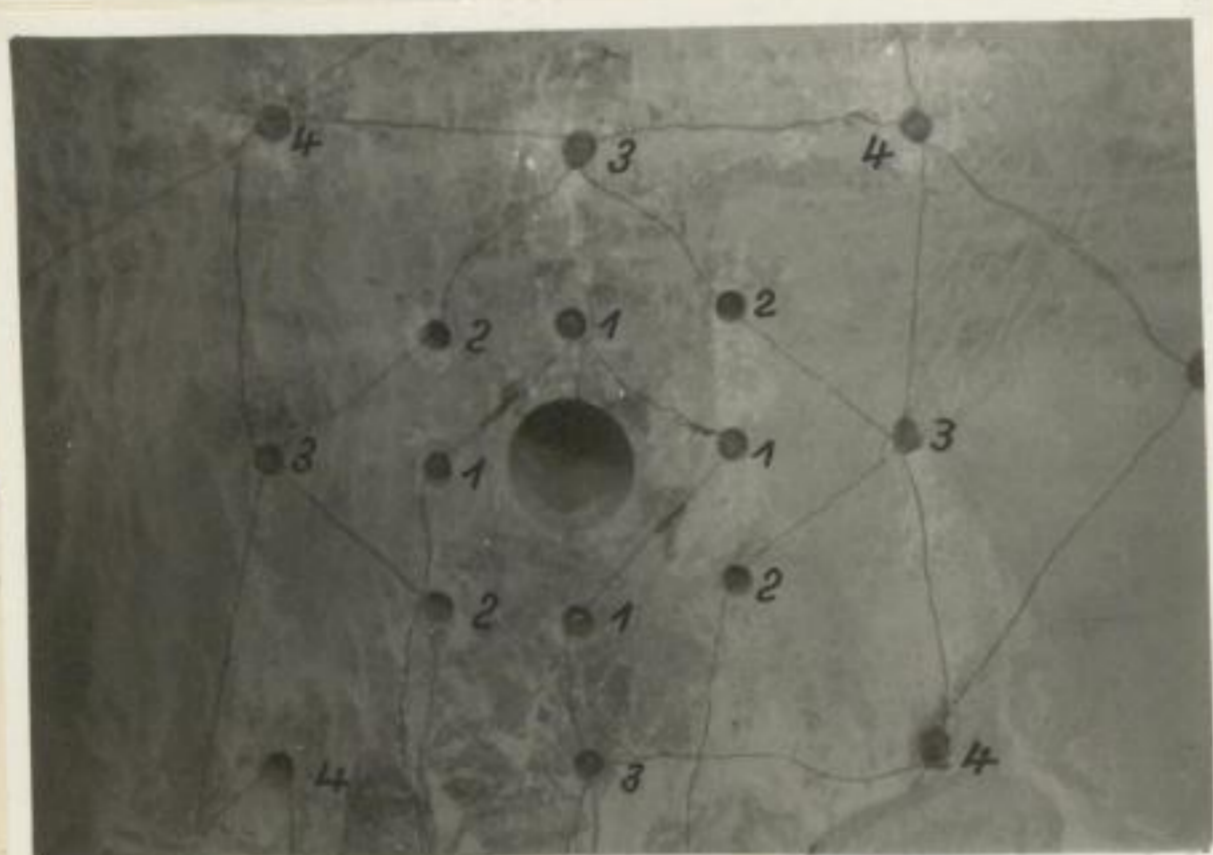


Abb. 73

Besonders aufschluss
 Ursachen der starken



Abb. 74



der Bohrlöcher
 denen bereits eine
 noch das Abwerten

Abb. 75

ler-
 ter

Hinweis darauf, daß eine Gegenwirkung vorhanden war, die dies verhinderte. Die Sprenggase der Schüsse des 1. Geviertes sind innerhalb des kurzen Zeitraumes im Bohrloch-tiefsten noch nicht genügend entspannt und wirken folglich dem Ablösen der nachfolgenden Vorgaben entgegen. Ausserdem ist zu berücksichtigen, daß das geschossene Salz entsprechend dem Auflocker^{ungs}faktor ein grösseres Volumen einnimmt als im anstehenden Gebirge. Die starke Pfeifenbildung weist darauf hin, daß die Möglichkeit des Verstopfens des Brenner-einbruches bei ms-Intervallen und großen Abschlagstiefen besteht.

Diese Erscheinungen bestätigen die Feststellung von M e u s k e n s , daß die Ablösungszeiten der Vorgaben und damit die Entscheidung darüber, wann der nachfolgende Schuß zweckmässigerweise gezündet werden soll, auch von der Anordnung der Schüsse abhängig ist. Bei Beschränkung der Abschlagslängen auf 3 m trat die abnormale Pfeifenbildung nicht mehr auf. Hinsichtlich der Haufwerkslage war auch in den ungünstigsten Fällen zumindest zu erreichen, daß unter der Firste noch genügend Raum für den Zugang des Schrappers verblieb (72). Als nächstes war zu untersuchen, ob sich ms-Zündgeräte für die Zündung von Kanonensätzen eignen. Aus Abbildung 73 ist der Zusammenschluß der Verzögerungsstufen ersichtlich. Bei der Verlegung der Drähte mussten die gewonnenen Erkenntnisse über die Drahtzerstörungsmöglichkeiten angewendet werden. Die Verbindung der Schüsse von Stufe 2 wurde im Bohrloch 3 und die Verbindung der Schüsse 3 in Bohrloch 4 festgeklemmt, usw.

Resultat:

Bereits die Schüsse der ersten Zündstufe zerstörten die Verbindungen aller nachfolgenden Stufen. Aus Abb.74 ist die Ursache der Zerstörung ersichtlich. Die mit Pfeilen umgebene kraterförmige Vertiefung im Ortsstoß ist durch abgeschleuderte Schalen entstanden. Diese zerrissen die Zünddrähte.

wesentlich günstigere Voraussetzungen für eine Anwendung von ms-Zündgeräten sind beim "Schlitzeinbruch" gegeben (Abb.75). (Diese in den Gruben anzutreffende Bezeichnung

Illegible text at the top of the page, possibly a preface or introduction.

Illegible text in the middle section of the page.

Resultat:

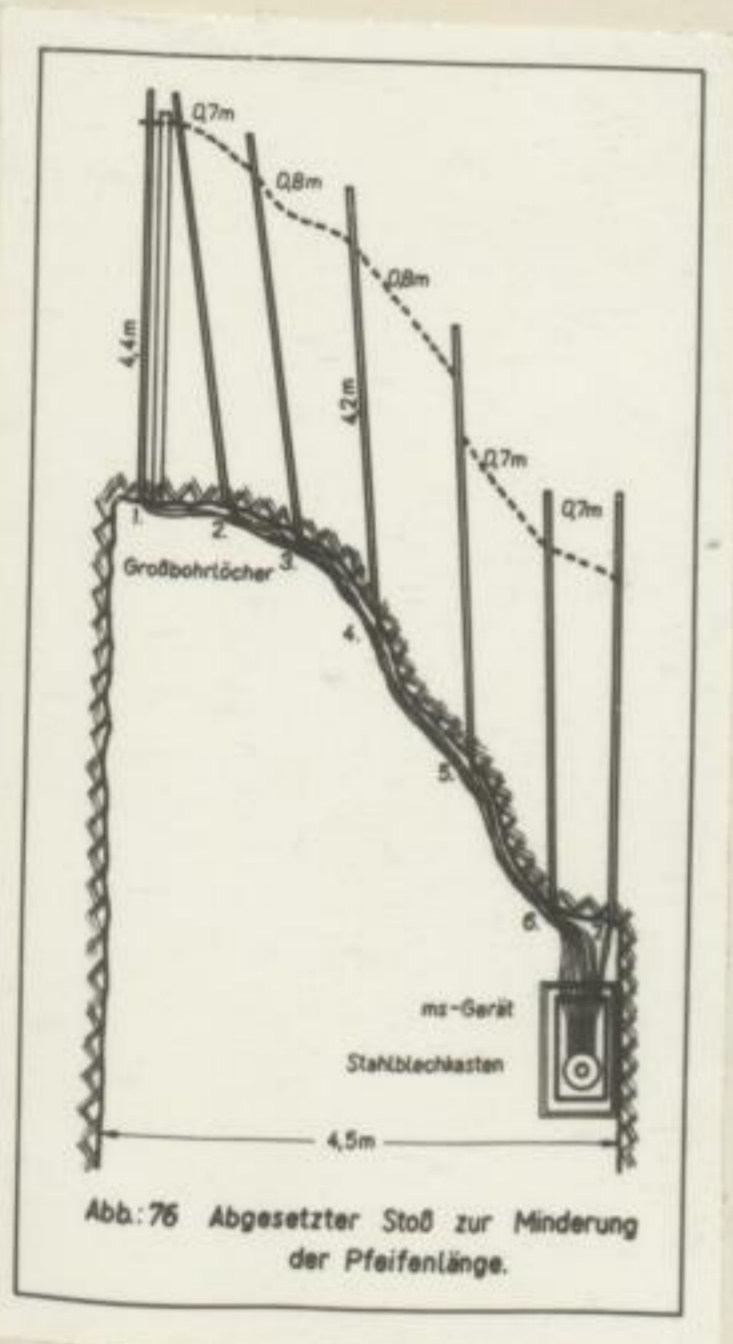
Illegible text following the 'Resultat' header.

Illegible text at the bottom of the page.

kann zu Verwechslungen führen, da Schlitzeinbrüche bislang mit Schlitzmaschinen hergestellt wurden. Die 4 Großbohrlöcher werden erst zu einem Schlitz aufgeschossen.)

Die Kraterwirkung nach Abb.74 tritt bei dieser Bohrloch-anordnung nicht auf, da die Großbohrlöcher mit parallelen Gängen aufgeschossen werden. Die gangweise Anordnung der Schüsse bedeutet für den Zusammenschluß der Schüsse zu den einzelnen Zündstufen zugleich eine Vereinfachung des Geräteinsatzes.

Durch eine von H y l l a , Kaliwerk Unterbreizbach, vorgeschlagene Bohrlochordnung wird die Gefahr der erhöhten Pfeifenbildung vermindert (Abb.76). Die später zu zündenden Gänge sind jeweils nach hinten versetzt.



Fernerhin wurden in der Erkenntnis, daß die zu schnelle Schußfolge der ms-Zündung als Ursache des Absetzens der Schüsse anzusehen ist, die Erweiterungsschüsse der Großbohrlöcher mit Zündschnur gezündet. Erst nach 30 sec, nach Zündung des ersten Schusses dieser Serie sprach das 2. Relais in der Schießverteilung an. Zu diesem Zeitpunkt waren alle Zündschnurschüsse abgetan. An diesem 2. Relais war das ms-Gerät angeschlossen. Entgegen den ursprünglichen Befürchtungen blieben infolge des genügend grossen Abstandes der Bohrlochmündungen (70 cm) und Beachtung der Draht-

verlegungsregeln alle Zünddrähte unversehrt. Wenn auch nicht ein vollständiges Freilegen des Stoßes erzielt werden konnte, so wurde doch das Versuchsziel erreicht, dem Schrapper eine Zugangsmöglichkeit zu verschaffen. Die Anwendung eines werkseigenen Zündgerätes an dieser Stelle läuft z.Zt. in Unterbreizbach weiter.

Kann an Verwundungen (Wunden, die Schilddrüse blutend
 mit Schilddrüsenhormonergie werden. Die 4. Grobstruktur
 werden erst zu einer Schilddrüsenhormon (Schilddrüsenhormon)
 Die Kristallstruktur nach Abb. 14 tritt bei dieser Struktur
 anordnet sich auf, da die Grobstruktur mit parallelen
 Gängen zusammenhängen werden. Die Gänge sind Anordnungen der
 Schilddrüsenhormone für den Ausstrom der Schilddrüsen zu den
 einzelnen Schilddrüsenkugeln eine Verlebung der Gänge
 festhalten.

Durch eine von H. J. A. Kallweit Untersuchungen, vor-
 geschickene Reihenfolge wird die Gefahr der ersten
 Reihenfolge vermieden (Abb. 15). Die Gefahr zu anderen
 Gängen sind jeweils nach hinten vor-
 gesetzt.

Erstere wurden in der Schilddrüsen-
 die, das die zu schnelle Schilddrüsen-
 der ma-Struktur als Ursache der Ab-
 setzung der Schilddrüsenhormone ist.
 die Kugelstruktur der Grobstruktur
 über mit Schilddrüsenhormon, erst
 nach 30 sec, nach Struktur des ersten
 Schilddrüsen dieser Seite sprach das 2.
 Helix in der Schilddrüsenstruktur an.
 Zu diesem Zeitpunkt waren alle Schilddrüsen-
 schnurstränge abgehan. An diesem 2.
 Helix war das ma-Gestüt angeschlossen.
 Käfigen den ursprünglichen Struktur-
 tungen blieben infolge des geringen
 Grobstruktur Abstandes der Schilddrüsen-
 gen (70 cm) und Bestimmung der Struktur-
 veränderungen als Schilddrüsenhormon. Wenn auch nicht
 ein vollständiges Freiliegen des Stages erreicht werden kann
 so, so wurde doch das Verarbeiten erreicht, das den
 eine Zugänglichkeit zu verschaffen. Die Anwendung einer
 vorbestimmten Struktur an dieser Stelle führt zu
 Überstruktur weiter.

d) Drücken der Firste

In der Veröffentlichung von Meuskens wurde bereits über die nützliche Anwendung chemischer ms-Zünder beim Drücken der Firsten im Kalibergbau berichtet. Es verbleibt, die Versuchsreihen mit ms-Geräten zu erwähnen. Deren Anwendung in der Hohen Firste ist auch durch die Ausführungen von Meuskens insofern aktuell geworden, weil empfohlen wird, dabei versuchsweise Zündgeräte einzusetzen. Das Drücken der Firsten ist bekanntlich im hannoverschen Salzbergbau noch immer die verbreitetste Abbaumethode.

Die Versuche wurden im Kaliwerk Teutschenthal beim Drücken einer Carnallitfirste durchgeführt.

Bohrlochanordnung (Hohe Firste):

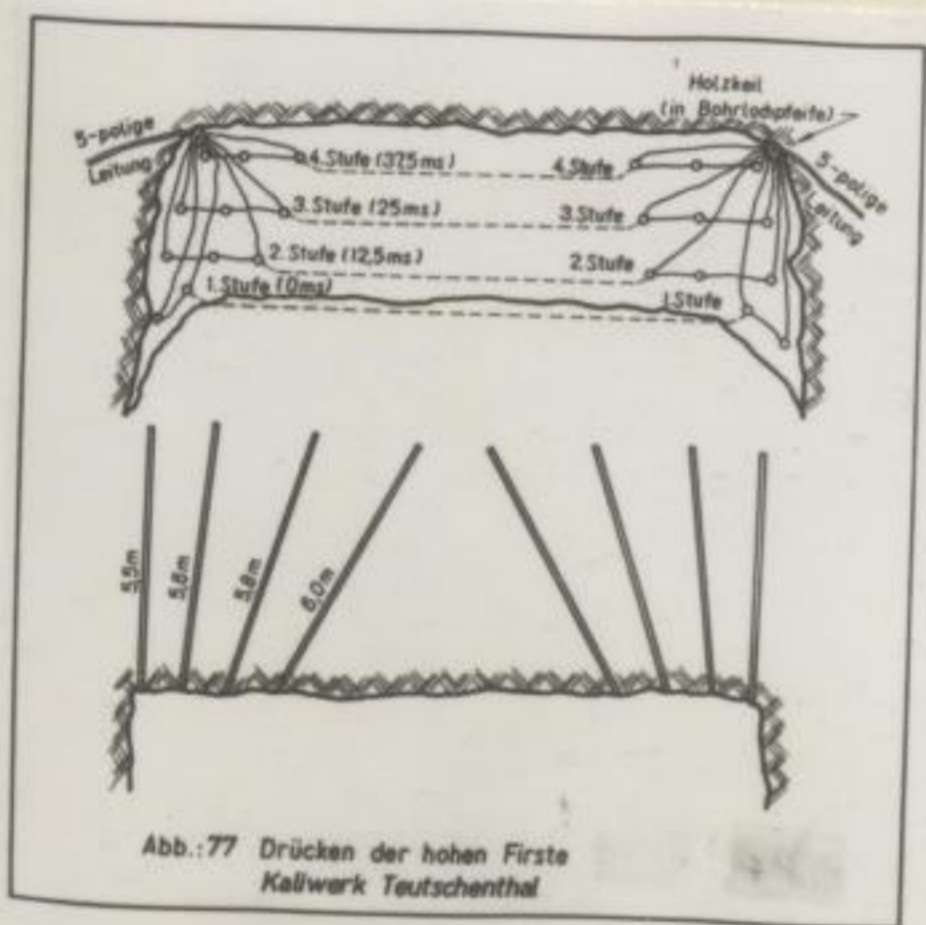


Abb.:77 Drücken der hohen Firste
Kaliwerk Teutschenthal

Infolge der stark gebräuchlichen Firste müssen die Schüsse aus Sicherheitsgründen in dieser Grube von den Abbaustößen zur Abbaumitte gebohrt werden (Abb.77). Allein durch diese Schußanordnung ist bereits eine wesentliche Ursache für die Großstückigkeit gegeben. Die mittleren Salzpartien erhalten zu wenig Sprengstoff. Es ist erklärlich, daß auch die ms-Zündung nicht in der Lage ist, diesen grundsätzlichen Mangel zu beheben. Die vergleichenden Ver-

suche mit chemischen Zündern ergeben, daß es auch bei diesen Zündern nicht gelang, die grossen Stücke in der Kammermitte zu beseitigen, ein Umstand, der werksseitig fälschlicherweise als Versagen der ms-Zündung ausgelegt wurde. Im Hinblick auf die Anwendung von ms-Zündgeräten bedeutete das Bohren von den Kammerstößen aus gleichfalls eine Erschwernis. Ein Geräteinsatz ist rationell nur durchzuführen, wenn möglichst eine grössere Anzahl Schüsse zu einer Zündstufe zusammengefasst werden; in diesem Falle die Schüsse einer horizontalen Schußreihe. Bei einer Firste

d) Drücken der Pistole

In der Veröffentlichung von M e r e n s wurde be-
reits über die nützliche Anwendung chemischer ma-
terien beim Drücken der Pistolen im Kalibergewehr be-
richtet. Es verbleibt, die Versuchsreihen mit ma-
terien in der Anwendung in der hohen Pistole ist auch durch die
Anweisungen von M e r e n s insofern aktuell gewor-
den, voll empfohlen wird, dabei versuchsweise Zündstoffe
einzusetzen. Das Drücken der Pistolen ist bekanntlich im
hannoverschen Kalibergewehr noch immer die verbreitete Ab-
baumethode.

Die Versuche wurden im Kalibergewehr Teutschenthal beim
Drücken einer Gammalithpistole durchgeführt.

Bohranordnung (Horn Pistole):

Infolge der stark gebogenen
Pistole müssen die Schüsse aus
Sicherheitsgründen in dieser
Grube von dem Abwärtigen zur
Abwärtsgehoht werden
(Abb. 77). Allein durch diese
Schubordnung ist bereits eine
wesentliche Ursache für die
Größtlichkeit gegeben. Die
mittleren Salpeterminen erhalten
zu wenig Sprengstoff. Es ist er-
klärlich, daß auch die ma-
terien nicht in der Lage ist, die
ein grundsätzlichen Mangel zu
beseitigen. Die vorgeschriebenen Ver-
suche mit chemischen Zündern ergeben, daß es auch bei die-
sen Zündern nicht gelang, die großen Stücke in der Kammer-
mitte zu beschießen, ein Umstand, der wesentlichlich
sicherweise als Versagen der ma-
terien auf die Anwendung von ma-
terien von den Kammerstößen aus gleichfalls eine Er-
schwerung. Ein Gerüst ist rational nur durch
ten, wenn möglichst eine größere Anzahl Schüsse zu einer
Zündstoffe zusammengefaßt werden; in diesen Fällen die
Schüsse einer horizontalen Schärfe. Bei einer Pistole

mit parallel gebohrten Schüssen würde der Anschluß an das Gerät am besten so vorgenommen, daß auf der einen Abbauseite ein mehrpoliges Kabel zugeführt wird. Auf der Gegenseite können sämtliche horizontalen Reihen zusammen an eine gemeinsame Rückleitung angeschlossen werden (s. Drücken der Firten im Eisenerzbergbau).

Infolge der Anordnung der Bohrlochmündungen an den Abbaustößen wären jedoch lange Querverbindungsdrähte zwischen den linken und rechten Schüssen einer horizontalen Reihe erforderlich, (gestrichelt in Abb. 77), deren Verlegung als Artistenarbeit anzusehen ist. Deshalb wurde vom Gerät aus nach beiden Seiten des Abbaues eine mehrpolige Leitung verlegt. Auf den Klemmen der Verzögerungsstufen am Gerät befanden sich dann jeweils 2 Zuleitungen und an der 0-Klemme 2 Rückleitungen.

Eine versagerfreie Zündung ist nur dann gewährleistet, wenn das mehrpolige Kabel unter der Firte befestigt wird (zweckmäßiger Weise an einem Holzdübel, Abb. 77, der in eine stets vorhandene Bohrlochpfeife eingeschlagen wird). Sämtliche Zuleitungsdrähte müssen von oben zu den Schüssen geführt werden. Jeder herabhängende Zünddraht, ausser denen der ersten Zündstufe, führt zu Versagern. Dies gilt auch für die Querverbindung zwischen den Schüssen. Besonders zu erwähnen ist, daß der notwendige Zusammenschluß der einzelnen Schußreihen entsprechende Anforderungen an die Leistungsfähigkeit des ms-Gerätes stellt. Die von M e u s k e n s erwähnte Schaffler-Zündmaschine mit 3 Schuß je Verzögerungsstufe käme für diese Anwendung nicht in Betracht.

Resultat:

Einzelversuche, die einer längeren Versuchsreihe vorausgingen und vom Verfasser selbst ausgeführt wurden, zeigten in überzeugender Weise die Veränderung der Haufwerksbeschaffenheit durch die ms-Zündung. Bis auf einige Einzelstücke, die auch durch die ms-Zündung nie vollständig zu beseitigen sind, war das Haufwerk förderfähig (Abb. 78a, 78b).

als parallel gebildet werden würde der Ansehen zu dem
Gedacht zu werden so vorzunehmen, das auf der einen Abban-
seite die ursprüngliche Kabel zurückgeführt wird. Auf der Gegen-
seite können ähnliche nachträgliche Arbeiten zusammen zu einer
gemeinsamen Ausführung angeordnet werden (s. Erläuterung
der Erlasse in dieser Zusammenfassung).

Letztere der Änderung der Beschreibungen zu dem
Angehörigen wird jedoch keine Querverbindungen hergestellt mit
den den linken und rechten Schienen einer horizontalen
Röhre entsprechend, (Geometrie in Abb. 17), deren Verbin-
dung als Anzeichen der Annahme ist. Dasselbe wurde von
Gedacht aus nach beiden Seiten des Abbaues eine nachfolgende
Lösung vorgeht. Auf den Röhren der Vorübergangsstellen
am Geis befinden sich dann jeweils 2 Leitungen und an
der O-Röhre 2 Rückleitungen.

Die vorgezeichnete Lösung ist nur dann gewährt, wenn
die nachfolgende Kabel unter der Röhre verlegt wird
(weckmäßiger Weise an einem Holzbock, Abb. 17, der in
eine" statt vorhandene Bohrlochplatte eingeschoben wird).
Sämtliche Leitungsverbindungen müssen von oben zu den Schienen
geführt werden, jeder nach demselben Prinzip, außer
denen der ersten Schichten, durch die Vorübergangsstellen. Dies gilt
auch für die Querverbindungen zwischen den Schienen, wenn
diese zu erreichen ist, das der notwendigen Stromverbindung
der einzelnen Schichten entsprechende Anordnungen an
die Leitungsverbindungen des nachfolgenden stellen, die von
N o r d n a h S ü d e n e r w ä h n t e S o l a r k a b e l n a n s c h l u s s e n s i n d .
Sowohl die Vorübergangsstellen als die Röhren Anwendung nicht
zu betonen.

Beim:
Anzahlvermehrung, die einer längeren Versuchsdauer voraus-
gesetzt hat von Verändern selbst anzufangen werden, werden
in dieser Hinsicht Worte die Veränderung der Hauptwerke
nachfolgend durch die zu Lösung, die auf diese Weise
steht, die auch durch die zu Lösung als vollständig zu
beschließen sind, was das Hauptwerk für die Röhre (Abb. 17a, 17b).



Abbildung 78a



Abbildung 78b

Angesichts der Möglichkeit, daß durch diese Zündmethode das schwierigste Problem im Grubenbetrieb des Kaliwerkes Teutschenthal endlich lösbar erschien, ließ sich der Betrieb von der Fa. Rentsch ein werkseigenes Zündgerät bauen. Neuerdings durchgeführte Reihenversuche, die in einer hohen Firste mehrere Wochen liefen, erbrachten an ca. $\frac{3}{4}$ der Haufwerksmenge den gleichen Zerkleinerungseffekt. Der Vorteil wurde jedoch wieder hinfällig, indem der übrige Haufwerksanteil aus abnormal grossen Schalen mit mehreren m^2 Flächenausdehnung bestand (Abb. 79).



Abbildung 79

Nach Ansicht des Verfassers müssen bei der Beurteilung dieser nachteiligen Veränderung gegenüber den vorausgegangenen Versuchen zwei Besonderheiten beachtet werden:

1. In den benachbarten Abbauen, in denen nicht mit ms-Zündung geschossen wurde, gelang es, die nachbrechende Firste gleichfalls nur mit grösster Mühe zu festigen. Als Grund wurden die besonders schlechten Hangendverhältnisse in diesem Revierteil infolge Tachydriteinlagerungen angegeben.

Abbildung 78a

Angesichts der Mächtigkeit, die durch diese Zündstoffe
 das schwierigste Problem im Grubenbetrieb des Kaliumes
 Teufschachtel endlich lösbar erschien, ließ sich der Betrieb
 von der F.A. Kutsch ein werkseitiges Zündgerät bauen. Wen-
 ordung durchgeführte Heilmittelversuche, die in einer hohen
 Platte mehrere Wochen liefen, ergaben an ca. 3/4 der
 Laufwerkmenge der gleichen Zerkleinerungsergebnisse. Der Vor-
 teil wurde jedoch wieder hinfällig, indem der übrige Lauf-
 werkanteil aus abnormal grossen Schalen mit mehreren 2
 Flächenabnutzung bestand (Abb. 79).

Abbildung 78b

Abbildung 79

Nach Ansicht des Verfassers müssen bei der Beurteilung die-
 ser nachteiligen Verbindung gegenüber den vorausgesetzten
 Versuchen zwei Besonderheiten beachtet werden:
 1. In den benachbarten Abbau, in denen nicht mit ma-
 dung geschossen wurde, gelang es, die nachschiebende
 Platte vollständig nur mit geringer Mühe zu festigen.
 Als Grund wurden die besonders schiefen Hangver-
 hältnisse in diesen Westfeldern infolge Schichtab-
 geringen angegeben.

Diese Ergebnisse wurden durch die folgenden Versuche bestätigt:

2. Bei der nachträglichen Abförderung waren ca. 10 % Versager festzustellen. Die Untersuchung ergab, daß diese Zünder (Schätzung der Gesamtzahl einschl. nicht gefundener Z. mindestens 20 %) durch Feuchtigkeitseinwirkung verdorben waren.

Von Seiten der Grubenleitung wurde dagegen die Ansicht vertreten, daß infolge der schnellen Schußfolge beim ms-Schießen schädliche Erschütterungsüberlagerungen in der Firste infolge Überlagerung der einzelnen Zündstufen eingetreten sind. Dieser Ansicht stand in erster Linie entgegen, daß bei den vorausgegangenen Versuchen gleiche oder ähnliche Erscheinungen nicht auftraten. Besonders sei auf die Versuche beim Firstedrücken im Eisenerzbergbau hingewiesen. Unter annähernder Übereinstimmung hinsichtlich des Bohr- und Ladeschemas wurden dort Firsten in Abbauen gedrückt, deren Hangendes weitaus klüftiger und gebrücher war, ohne daß schädliche Wirkungen auftraten und die Kleinstückigkeit gemindert wurde. Trotzdem war dieser Hinweis seitens der Grubenleitung Anlass, das Erschütterungsverhalten beim ms-Schiessen zu untersuchen, zumal durch diese Einwendungen zwei extreme Ansichten gegenüberstanden, da bekanntlich in den Schilderungen der Vorzüge des ms-Schiessens seitens der Zündmittelfabriken kommentarlos eine Verminderung der Erschütterungswirkung angegeben wird. Es war ohnehin beabsichtigt, über die Verteilung der Erschütterungsintensitäten um bergmännische Sprengladung eingehende Messungen durchzuführen.

Abschliessend sei noch auf die besonders günstige Bohrlochordnung beim Strossen hingewiesen. Hinsichtlich des Einsatzes von ms-Geräten stellt diese Abbaumethode in bezug auf Sicherheit gegen Zünddrahtzerstörung und Aufwand für den Anschluß der Verzögerungsstufen neben dem erwähnten Breitaufschüssen gleichfalls eine Annäherung an den beschriebenen Idealfall dar (Abb.80).

2. Bei der nachträglichen Abklärung waren es die Vorversuche
festzustellen. Die Untersuchung ergab, daß diese Zünd-
(Schüttung der Gesamtzahl einschli. nicht geladener Z.)
mindestens 20 % durch Feuertätigkeit verursacht
waren.
Von Seiten der Grubenleitung wurde dagegen die Ansicht
vertreten, daß infolge der schnellen Schmelze beim ma-
schließen schädliche Erschütterungsüberlagerungen in der
Folge infolge Überlagerung der einzelnen Zündstufen ein-
treten sind. Dieser Ansicht stand in erster Linie entgegen,
daß bei den vorausgesetzten Versuchen gleiche oder ähnliche
Erscheinungen nicht auftraten. Besonders sei auf die Versuche
beim Firtedeboken im Klauerbergwerk hingewiesen. Unter an-
nähernder Überbestimmung hinsichtlich des Bohr- und Lade-
schusses wurden dort Firtes in Abwesen der Zünd-
geräte mittels Kistler und Gebrücker war, ohne daß schäd-
liche Wirkungen auftraten und die Kleinstschüttung
wurde. Trotzdem war dieser Hinweis seitens der Grubenleitung
Anlass, das Erschütterungsverhalten beim ma-schließen zu un-
tersuchen, zumal durch diese Mitwendungen zwei extreme An-
sichten gegenüberstanden, da bekanntlich in den Schüttungen
der Vorzüge des ma-schließens seitens der Schüttungsleiter
kommentarlos eine Vermeidung der Erschütterungswirkung an-
gegeben wird. Es war ohnehin beabsichtigt, über die Verlei-
hung der Erschütterungseinheiten im bergmännische Spreng-
ladung eingehende Messungen durchzuführen.
Abschließend sei noch auf die besondere günstige Beschaffen-
heit der beim Schießen hingewiesenen. Hinsichtlich des Ein-
satzes von ma-Geräten stellt diese Abnahmehöhe in Bezug auf
Sicherheit gegen Zündstörungs- und Aufwand für den An-
schluß der Vorabgerüsteten neben dem erwähnten Vorteil
schließen gleichfalls eine Annäherung an den beschriebenen
Idealfall dar (Abb. 80).

Bergakademie
-Bücherei-
Freiberg i. Sa.

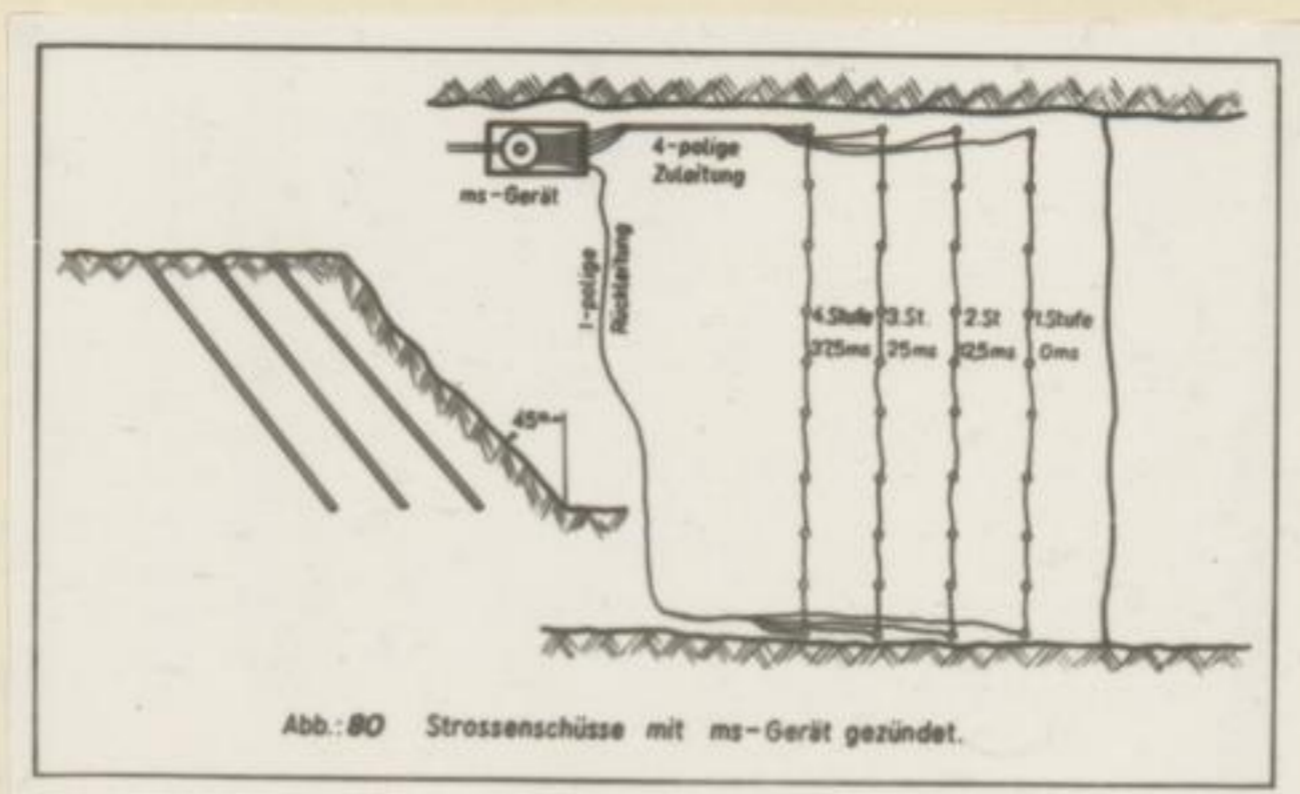


Abb.: 80 Strossenschüsse mit ms-Gerät gezündet.

Abbildung 80

Beim Drücken der flachen Firsten mit schräg nach oben gerichteten Bohrlöchern tritt als Erschwernis hinzu, daß die Zuleitungsdrähte zu den an der Firste befindlichen Bohrlochmündungen wesentlich länger sein müssen. Über die Resultate der z.Zt. noch laufenden Versuche ist zu einem späteren Zeitpunkt zu berichten.

126

Abbildung 80

Beim Brücken der flachen Fässer mit schräg nach oben ge-
 richteten Bohrbohrern tritt als Nachweis hinzu, das die
 Zuleitungsabstände zu den an der Fäße befindlichen Bohrloch-
 mündungen wesentlich länger sein müssen. Über die Bedeutung
 der z. Zt. noch laufenden Versuche ist zu einem späteren
 Zeitpunkt zu berichten.

Messung der Erschütterungsintensität

=====

Die den nachfolgend beschriebenen Messungen anfangs entgegenstehenden Schwierigkeiten wurden durch die anders lautenden Untersuchungsziele gegenüber den Aufgaben der üblichen Sprengseismik hervorgerufen. Die Angewandte Geophysik bedient sich in erster Linie der Sprengseismik, um aus Gesetzmäßigkeiten der Laufzeiten und Form der Schwingungsbilder Kenntnisse über den geologischen Untergrund zu gewinnen.

Demzufolge wird den aufgezeichneten Oszillogrammen der Zeitpunkt des Einsatzes verschiedener Wellenarten entnommen.

Demgegenüber handelte es sich in unserem Falle um Intensitätsmessungen. Es interessierten die Grössen der am Meßpunkt auftretenden Erschütterungskräfte, zumindest die relativen Beziehungen zwischen den Kräften unter verschiedenen Versuchsbedingungen. Damit soll nicht gesagt sein, daß in der Geophysik bislang keine quantitativen Aussagen über Erschütterungswirkungen durchführbar gewesen sind. Die quantitativen Erschütterungsmessungen der Geophysiker gaben sogar den Anlass zur Entwicklung des Millisekundenschiessens in den Steinbruchbetrieben. Zahlreiche Untersuchungen [18] [19] [20] [21] [33] [34] [35] führten zu, allerdings noch sehr umstrittenen, mathematischen Beziehungen zwischen registrierten Bewegungsamplituden oder Beschleunigungswerten und den Schadenswirkungen an Gebäuden. Ferner werden auch bei der Registrierung von Erdbeben Erschütterungsintensitäten gemessen. Wesentlich ist jedoch die Einschränkung der ermittelten Resultate auf Entfernungen von der Energiequelle, die für die bergmännische Schießarbeit nicht verbindlich sind. In Entfernungen weniger m, die den Bergmann in seinen Grubenbauen interessieren, ist die Frequenz der Schwingung wesentlich höher, ausserdem das Schwingungsverhalten unregelmässiger und nicht für die Erfassung durch vereinfachende Sinusfunktionen geeignet. Die schematische Übertragung der Erkenntnisse über Meßgeräte und sonstige Versuchsbedingungen hätte daher zu Fehlergebnissen geführt. In Abhandlungen über die derartigen Erschütterungswirkungen beim ms-Schiessen zeigt sich sogar, daß unkritische Verallgemeinerungen zum Nachweis von Theorien gebraucht

Messung der Erdbitterungsintensität

Die den nachfolgend beschriebenen Messungen anfangs ent-
 gegenstehenden Schwierigkeiten wurden durch die anders
 lautenden Untersuchungsreise gegenüber den Aufgaben der üb-
 lichen Sprengseismik hervorgerufen. Die Angewandte Geophysik
 bedient sich in erster Linie der Sprengseismik, um aus Ge-
 stammsigkeiten der Laufzeiten und Form der Schwingungsabli-
 der Kenntnisse über den geologischen Untergrund zu gewinnen.
 Demzufolge wird den aufgeschichteten Gattigkeiten der
 Zeitpunkt des Hinsetzes verschiedener Wellenarten entnommen.
 Demgegenüber handelt es sich in unserem Falle um Meß-
 ergebnisse. In interessierten die Größen der an Meß-
 punkt auftretenden Erdbitterungsstärke, während die rela-
 tiven Bestimmungen zwischen den Krümmen unter verschiedenen
 Versuchsbedingungen. Damit soll nicht gesagt sein, daß in der
 Geophysik bislang keine quantitative Aussagen über Erdbitter-
 ergebnisse durchführbar gewesen sind. Die quantitative
 von Erdbitterungsmessungen der Geophysiker geben sogar den
 Anlaß zur Entwicklung des Mikroskopischen in den
 Steinbruchbetrieben. Zahlreiche Untersuchungen [18] [19] [20]
 führten zu, allerdings noch sehr unvollständigen
 mathematischen Bestimmungen zwischen registrierten Bewegungs-
 amplituden oder Beschleunigungswerten und den Schwingungs-
 klingen an Gebäuden. Ferner werden auch bei der Registrierung
 von Erdbitteren Erdbitterungsintensitäten gemessen. Wesentlich
 ist jedoch die Einschränkung der ermittelten Resultate auf
 Erfahrungen von der Energiequelle, die für die bergmännischen
 Schwerkraft nicht verbindlich sind. In Erfahrungen weniger
 n, die den Bergbau in seinen Erdbitteren interessieren, ist
 die Frequenz der Schwingung wesentlich höher, besonders die
 Schwingungsverhalten unregelmäßiger und nicht für die Erdbitter-
 ung durch vereinfachende Störfunktionen geeignet. Die genaue
 natürliche Übertragung der Erkenntnisse über Höhepunkte und
 sonstige Versuchsbedingungen hätte daher zu Fehlgeburten
 geführt. In Abänderungen über die derzeitigen Erdbitterungs-
 witzungen beim an-Bestimmen zeigt sich sogar, daß unrichti-
 sche Vergleichsmessungen zum Nachweise von Theorien beitragen

wurden, die mit elementaren Gesetzen der Geophysik im Widerspruch stehen.

Für die Wahl geeigneter Erschütterungsmesser musste daher der Gesichtspunkt gelten, daß die Eigenfrequenz der Seismometer möglichst hoch liegt.

Nach Sprengkapselversuchen im Kalibergbau durch das Institut für Theoretische Physik und Geophysik der Bergakademie Freiberg war mit max. 25 000 Hz zu rechnen.

Die Minderung der Resonanzgefahr hätte am besten durch ein tiefabgestimmtes System erfolgen können, bei dem alle Meßfrequenzen über der Eigenfrequenz liegen. Mathematisch ist jedoch nachzuweisen [40], daß der Erschütterungsmesser dann als Schwingwegmesser arbeitet. Da als Maß für die im Gebirge wirksamen Kräfte jedoch die Beschleunigung zu registrieren war, schied diese Möglichkeit aus. Die einfache Umrechnung zwischen A und b über die bekannte Gleichung $b = 4 \pi^2 \cdot n^2 \cdot A$ ist nur vertretbar, wenn das Schwingungsbild zumindest eine Annäherung an die Sinusform zeigt.

Fernerhin war es notwendig, daß die Befestigung der Seismometer in einem Bohrloch möglich ist (Abb. 81a und 81b).



Abbildung 81a



Abbildung 81b

Diese Forderung war zu stellen, um zur Klärung aller Erschütterungseffekte von verschiedenen Richtungen an die Sprengladung herangehen zu können. Mit der Befestigung im Bohrloch konnte gleichzeitig vermieden werden, daß die Seismometer in zerklüfteten Salzpartien der Stöße Fehlresultate registrieren.

wurden, die mit elementaren Gesetzen der Geophysik im Widerspruch stehen.
 Für die Wahl geeigneter Erschütterungsmesser musste daher der Gesichtspunkt gelten, dass die Eigenfrequenz der Seismometer möglichst hoch liegt.
 Nach Sprengkapselversuchen im Kaliberpaß durch das Institut für Theoretische Physik und Geophysik der Bergakademie Freiberg war mit max. 25 000 Hz zu rechnen.
 Die Minderung der Resonanzgefahr hätte am besten durch ein tiefabgestimmtes System erfolgen können, bei dem alle Meßresonanzen über der Eigenfrequenz liegen. Mathematisch ist jedoch nachzuweisen [40], dass der Erschütterungsmesser dann als Schwingeremitter arbeitet. Da als Maß für die im Gebirge wirkenden Kräfte jedoch die Beschleunigung an erster Stelle war, sollte diese Möglichkeit aus. Die einfache Umrechnung zwischen A und p über die bekannte Gleichung

$$p = A \cdot \tau \cdot \omega$$
 ist nur vertretbar, wenn das Schwingungsbild zunächst eine Annäherung an die Sinusform zeigt. Folglich war es notwendig, dass die Befestigung der Seismometer in einem Bohrloch möglich ist (Abb. 81a und 81b).

Abbildung 81a

Abbildung 81b

Diese Forderung war zu erfüllen, um zur Klärung aller Erschütterungseffekte von verschiedenen Richtungen an die Sprengladung heranzugehen zu können. Mit der Befestigung im Bohrloch konnte gleichzeitig vermieden werden, dass die Seismometer in vertikalen Salparterien der Stöße verletzten resultate registrieren.

Die von der Fa. Rentsch, Pirna, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Theoretische Physik und Geophysik hergestellten Bohrlochseismometer entsprachen diesen Forderungen. (Allerdings war die genaue Höhe der Eigenfrequenz vorerst noch nicht bekannt.)

Die Seismometer arbeiten nach dem Prinzip des Piezoeffektes. Als piezoelektrisches Material wird jedoch statt des üblichen Quarzes Bariumtitanatkeramik mit günstigeren elektrischen Eigenschaften verwendet: (Nähere Angabe [46]).

Abb. 82 zeigt einen Längsseismometer (Anpressung auf der Bohrlochschle; Orientierung zur Sprengladung in Längsrichtung zum Bohrloch).

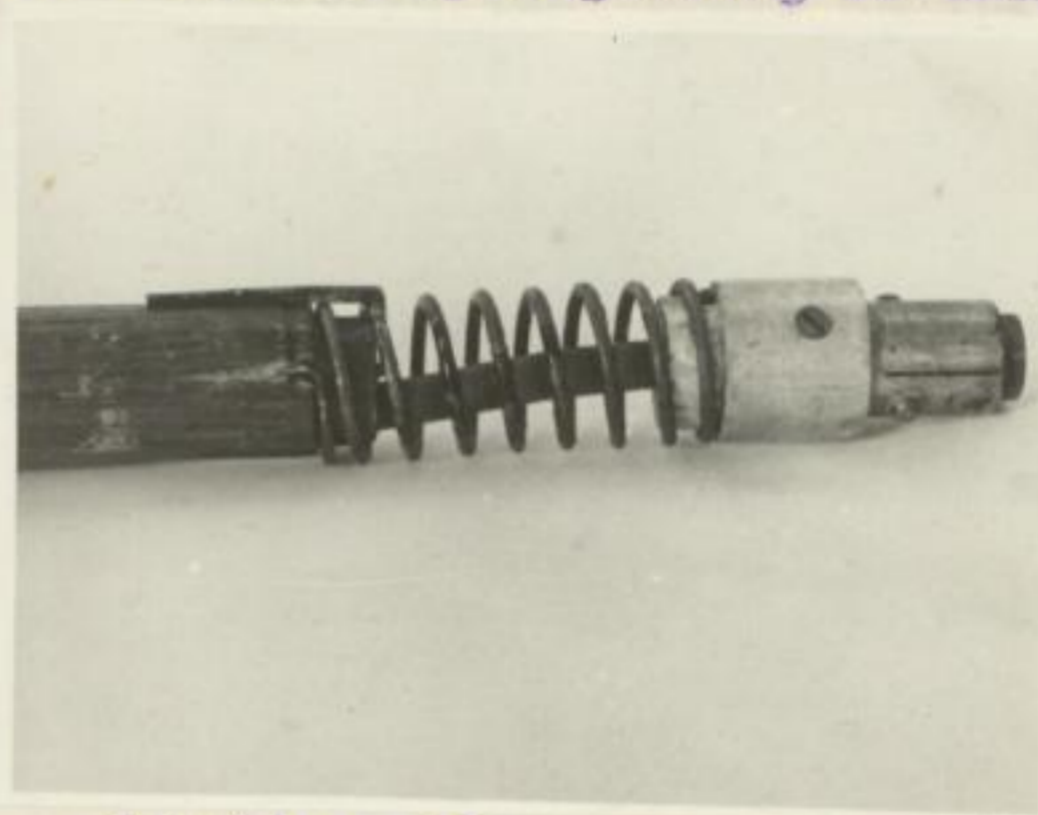


Abbildung 82

In Abb. 83 ist ein Querseismometer abgebildet (Anpressung an der Bohrlochwandung; Orientierung quer zum Bohrloch).

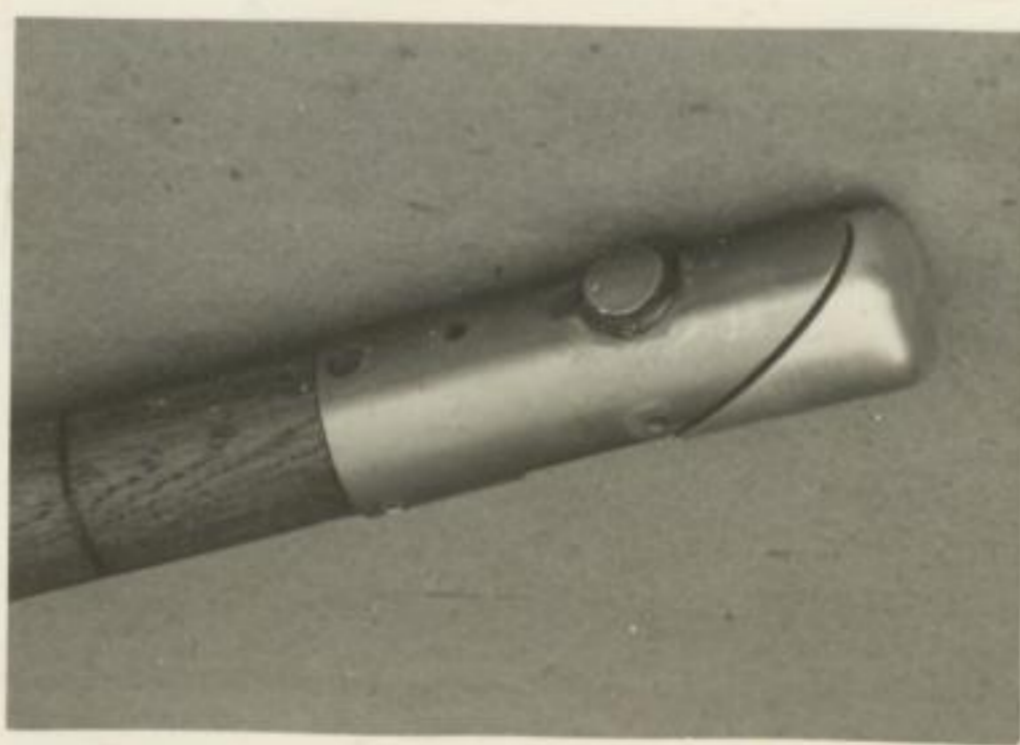


Abbildung 83

Die von der Fe-Natur, Pinn, in Eisenarbeit ist
 dem Institut für theoretische Physik und Geophysik
 seitlich fortgeschrittenen unter dieser Fortschritt
 (Abbildung) war die ganze Höhe der Eisenbahn vor
 nach nicht bekannt.)
 Die Stationen arbeiten nach dem Prinzip der Eisenbahn
 der. Als pleistozänes Material wird jedoch statt der
 letzten Quarze durch Eisenoxide als Hauptbestandteil
 trischen Eisenoxide verwendet: (Nenngröße [42])
 Abb. 82 zeigt einen Längsschnitt (Anwendung auf der
 Bohrbohrloch: Orientierung zur Spinnung in Längs-
 richtung zum Bohrloch).

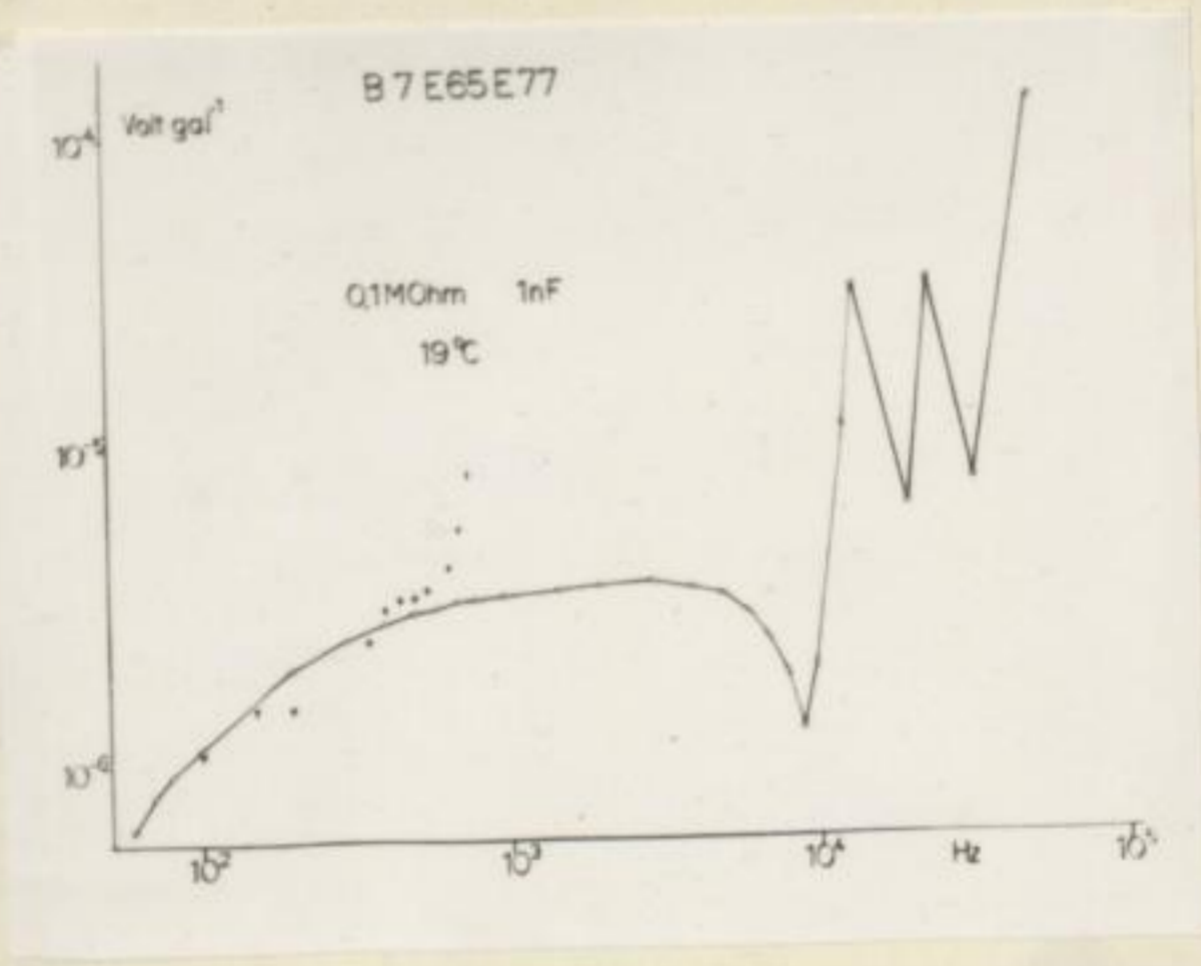


Abb. 84

Abbildung 83

Die ursprüngliche Anwendung dieser Seismometer lag auf dem Gebiete der ^{Laufzeit} ~~Extensiv~~messungen. Während für diese Zwecke die Kenntnis der Resonanzlage und der Eichfaktoren nicht vorausgesetzt wurde, war deren Bestimmung für die Intensitätsmessungen erforderlich.

Dabei trat die Schwierigkeit auf, daß Schütteltische, auf denen diese Ermittlung üblicherweise durchgeführt wird, für KHz-Frequenzen nicht zur Verfügung standen.

Auf einem vom VEB Geräte- und Reglerwerke Teltow (vorm. Askania) entwickelten Schütteltisch war es möglich, eine Absoluteichung im Frequenzbereich von 60-600 Hz vorzunehmen. Innerhalb dieses Bereiches wurde die Abhängigkeit des Quotienten V/gal von der Frequenz bestimmt. Dieser Quotient gibt an, wie hoch die von Bariumtitanatplättchen abgegebenen piezoelektrischen Meßspannungen je Einheit der Beschleunigung ist. Für die Auswertung der Schwingungsbilder war dann jeweils die Kenntnis der mm-Auslenkung des Elektronenstrahles am K-Oszillographen je V nötig, wobei die gewählte Verstärkerstufe am Verstärkerteil zu berücksichtigen war.

Die Anschlußmessungen wurden in dankenswerter Weise im Institut für Theoretische Physik und Geophysik von R. R ö s l e r nach einem von ihm entwickelten Verfahren [43] ausgeführt. Für die Eichung wurde der umgekehrte piezoelektrische Effekt benutzt, indem eine Anregungsspannung eine Bariumtitanatscheibe in schwingungsförmige Deformationen versetzte. Diese Scheiben, auf die Seismometer aufgeklebt, riefen am Seismometer entsprechende Ausgangsspannungen hervor, mit deren Abhängigkeit vom Frequenzgang die Lage der Resonanzstellen nachgewiesen werden konnte. Die in Abb. 84 dargestellten Meßresultate führten zu der wesentlichen Erkenntnis, daß die Gebirgsschütterungen bis zu 10 KHz ohne Gefahr der Verfälschung durch Resonanzüberhöhungen gemessen werden können.

Die ursprüngliche Anwendung dieser Seismometer lag auf dem Gebiete der Maximalmessungen. Während für diese Zwecke die Kenntnis der Resonanzlage und der charakteristischen Voraussetzung wurde, war deren Bestimmung für die Intensitätsmessungen erforderlich.

Dabei trat die Schwierigkeit auf, daß Schwingungsbilder auf denen diese Ermittlung üblicherweise durchgeführt wird für KHR-Preparaten nicht zur Verfügung standen.

Auf einem von VEB Geräte- und Reparaturwerk Teltow (vorm. Akania) entwickelten Schütteltisch war es möglich, eine Absolutmessung im Frequenzbereich von 50-500 Hz vorzunehmen. Innerhalb dieses Bereiches wurde die Abhängigkeit des Quotienten V_{rel} von der Frequenz bestimmt. Dieser Quotient gibt an, wie hoch die von Bariumtitansulfid abgegebene piezoelektrischen Messspannungen je Einheit der Beschleunigung sind. Für die Auswertung der Schwingungsbilder war dann jeweils die Kenntnis der Amplitude der Elektrospannung bei einem K-Oszillographen je V nötig, wobei die gewählte Verstärkung am Vorverstärker zu berücksichtigen war.

Die Anschlußmessungen wurden in dankenswerter Weise im Institut für Theoretische Physik und Geophysik von H. H. S. I. e. r. nach einem von ihm entwickelten Verfahren [43] ausgeführt. Für die Eichung wurde der ungekoppelte piezoelektrische Effekt benutzt, indem eine Anregungsspannung eine Bariumtitansulfidplatte in schwingungsbildige Deformationen versetzte. Diese Scherkräfte, auf die Seismometer aufgebracht werden an Seismometer entsprechende Ausgangsspannungen hervor, mit deren Abhängigkeit von Frequenzgang die Lage der Resonanzstellen nachgewiesen werden konnte. Die in Abb. 10 dargestellten Kurven zeigen die Abhängigkeit der wesentlichen Kenngrößen, daß die Güteerhöhung durch Resonanzüberhöhung der Gefahr der Verflüchtigung durch Resonanzüberhöhung beseitigt werden können.

Registriergeräte

Die von den Bohrlochseismometern abgegebenen piezoelektrischen Spannungen wurden über abgeschirmte Hochfrequenzkabel Typ 418a zum Meßverstärker geführt. Infolge der Eigenkapazität dieser Kabel war es notwendig, die Meßentfernung auf ca. 50 m zu beschränken. Dieser Umstand bedeutete, daß oftmals der Schutz gegenüber abgeschleuderten Sprengstücken schwierig war.

Meßverstärker

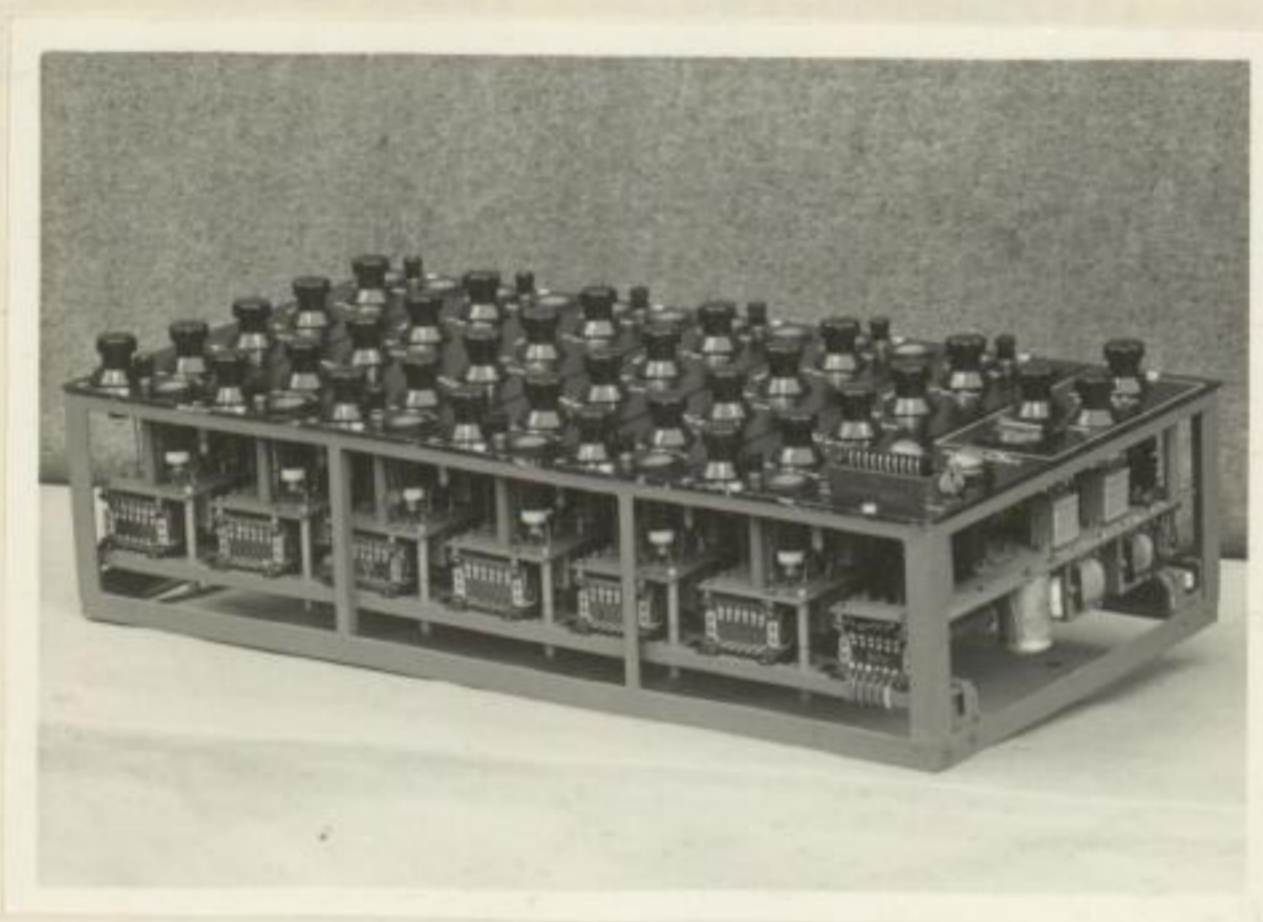


Abbildung 85

Der Meßverstärker (Abb. 85) hat die Aufgabe, die niedrigen Seismometerspannungen auf Spannungsbeträge zu verstärken, die vom Kathodenstrahloszillographen registriert werden können. Die Verstärkung ist in 2 Grobstufen mit 3700-fachem und 260 000-fachem Verstärkungsfaktor schaltbar. Innerhalb dieser Grenzen läßt sich die Verstärkung nochmals mit einem in Prozent geeichten Spannungsteiler verändern.

Insgesamt sind 6 genau gleich aufgebaute Verstärker-teile vorhanden. Es ist also möglich, die Sprengladung mit 6 Seismometern an verschiedenen Meßpunkten zu umgeben. Im Verstärker ist zusätzlich ein Prüfteil untergebracht. Durch einen Schwingungserzeuger werden Prüfspannungen von

Regelkreisgerichte

Nie von den Baufachverständigen abgegebenen
elektrischen Spannungen wurden über abgeschirmte Hoch-
frequenzkabel Typ A16 von Herstellerwerk getührt. Infolge
der Abstrahlung dieser Kabel war es notwendig, die Kab-
elführung mit ca. 50 m zu beschränken. Dieser Zustand
bedeutete, das oftmals der Schutz gegenüber abstrahier-
enden Spannungen nicht mehr gegeben war.

Hersteller

Abbildung 85

Der Hersteller (Abb. 85) hat die Aufgabe, die nieder-
gen Spannungspegel auf Spannungsböhrer zu ver-
stärken, die von Kathodenstrahlröhren registriert
werden können. Die Verstärkung ist in 2 Größen
300-fachen und 600-fachen Verstärkungsfaktor ein-
gerichtet. In beiden Fällen ist die Verstärkung
normalerweise ein Prozent gezeichnet. Spannungsböhrer
vorhanden.

Insgesamt sind 6 Generale gleich aufgebaut. Verstärker-
teile vorhanden. Es ist also möglich, die Spannung
mit 6 Seismometern an verschiedenen Meßpunkten zu messen.
In Verstärker hat zusätzlich ein Prüfbild untergebracht.
Durch einen Schwingungsgenerator werden Prüfspannungen von

0, 1 mV, 1 mV und 100 mV als Schwingungsbild auf den Bildschirm des Kathodenstrahloszillographen gebracht. Damit ist der unmittelbare Vergleich mit den registrierten Schwingungsamplituden der Erschütterungen möglich.

Kathodenstrahloszillograph

Dieses Gerät (Abb.86) enthält 3 Hauptschaltungsgruppen.

1. Netzspannungsgerät mit Kontrollinstrument für die Netzspannung.
2. 6 Braun'sche Röhren mit Stromversorgung und Bedienungselementen für Helligkeit, Schärfe und Bildverschiebung.
3. den Zeitablenkteil. Der Zeitablenkteil besteht aus einer Spezialkippschaltung, die sich durch Impulse auslösen lässt.



Abbildung 86

Einige besondere Zusatzeinrichtungen ermöglichen die spezielle Anwendung des K-Oszillographen für Sprenguntersuchungen. Im Hinblick auf den grossen Zeitaufwand zur Vorbereitung der Sprengungen war für weitgehende Ausschaltung aller Möglichkeiten von Fehleinstellungen zu sorgen. Deshalb ist der K-Oszillograph auf nachfolgende Betriebsarten einzustellen:

0. I. IV. I. V. und 100 in die Schwingungsbild auf dem
Bildschirm des Kathodenstrahl-Oszilloskops gezeichnet. Die
mit fast der unabhängigen Verkleinerung als den registrierten
Schwingungsbildern der Erregerstromungen möglich.

Kathodenstrahl-Oszilloskop

Dieses Gerät (Abb. 86) enthält 3 Hauptschaltungsgruppen.

1. Netzspannungsgerechtes mit Kontrollinstrument für die Netzspannung.
2. 6 Braun'sche Röhren mit Stromversorgung und Bedienungselementen für Helligkeit, Schärfe und Hilfverstarkung.
3. den Zeitablenker. Der Zeitablenker besteht aus einer Spezialkippachse, die sich durch 1000000 Umdrehungen lässt.

Abbildung 86

Kunfte besondere Konstruktionen ermglichen die
stille Anwendung des K-Oszilloskops für Betriebsmessungen
Gen. Im Hinblick auf den grossen Zeitumfang zur Verfertigung
tung der Sprengungen war für weitgehende Anschaulichkeit
Möglichkeiten von Feinmessungen zu sorgen. Deshalb ist
der K-Oszilloskop auf nachfolgende Betriebsarten einzurichten:

"Periodisch prüfen"

Der Zeitablenkteil wird periodisch nach jeweils $1/50$ sec ausgelenkt. Die Prüfspannung kann dadurch als bleibendes Schwingungsbild sichtbar gemacht werden. Diese Möglichkeit erlaubt eine sorgfältige Einstellung aller Variationsmöglichkeiten (Zeitdehnung, Helligkeit, Schärfe, Bildverschiebung usw.).

"Positiver Auslöseimpuls"

Die Zeitablenkung kann durch einen positiven Auslöseimpuls (Stoß, Klopfen) ausgelöst werden.

Praktische Anwendung: Zwischen Sprengladung und Registrierseismometer wird ein "Startseismometer" eingesetzt. Beim Durchlaufen der Erschütterungswelle an dieser Stelle wird die Auslenkung des Kathodenstrahles ausgelöst.

"Periodischer positiver Auslöseimpuls"

Der positive Auslöseimpuls kann mit einer Frequenz von 50 Hz die Zeitablenkung periodisch auslösen.

Praktische Anwendung: Am Abbaustoß wird ein Nickelgeber befestigt, der dem Gebirge periodisch Stoßimpulse zuführt.

Die Seismometer registrieren die geringen Erschütterungswirkungen. Auf dem Oszillographenschirm erscheint ein bleibendes Schwingungsbild, das vorzüglich zu Korrekturen in der Anordnung der Seismometer verwendet werden kann.

Auf diese Weise war es möglich, folgende wichtige Aussagen über die Seismometereigenschaften und über den Einfluß verschiedener Befestigungsbedingungen herbeizuführen:

1. Entgegen ursprünglicher Befürchtungen ist die Beschaffenheit der Bohrlochwandungen in den Seismometer-Bohrlöchern nicht von Einfluss auf die Meßresultate. Die Vergleichsversuche bei unterschiedlicher Güte der Oberflächenglätte zeigten, daß sogar bei Zwischenlage von Bohrklein zwischen Seismometerdruckplatte und Gestein keine Veränderung von Intensität und Form der Schwingungsbilder feststellbar war.

"Periodisch positiv"

Der Zeitabstand wird periodisch nach jeweils 1/20 des
angegeben. Die Zeitgenosse kann dadurch als
Schwingungsbild nicht dargestellt werden. Diese Möglichkeit
erlaubt eine exakte Darstellung aller Verhältnisse möglicher
ketten (Zeitabstand, Helligkeit, Breite, Bildvergrößerung
u.w.)

"positiver Auslöser"

Die Zeitabstand kann durch einen positiven Auslöser
puls (Stoß, Klopfen) ausgelöst werden.
Praktische Anwendung: Zwischen Sprengladung und Registrier
einemeter wird ein "Sprengmometer" eingesetzt. Beim
Durchlaufen der Erschütterungswelle an dieser Stelle wird
die Auslösung des Kathodenstrahles ausgelöst.

"periodischer positiver Auslöser"

Der positive Auslöser kann mit einer Frequenz von
50 Hz die Zeitabstand periodisch auslösen.
Praktische Anwendung: An Apparate wird ein Mikrophon
befestigt, das dem Gebirge periodisch Stöße auslöst.
Die Seismometer registrieren die geringen Erschütterungs-
wirkungen. Auf dem Geolithographen erscheint ein Bild
beim Schwingungsbild, das vorzüglich an Korrekturen in
der Anordnung der Seismometer verwendet werden kann.
Auf diese Weise war es möglich, folgende wichtige Aus-
sage über die Seismometerverhältnisse und über den
Verlauf der Seismometerverhältnisse herbeizuführen.
1. Infolge ungenügender Berechnungen für die Beschaffen-
heit der Bandzeichnungen in den Seismometer-Bereichen
hieß von Anfang an die Berechnung. Die Verhältnisse
versuchen bei unzureichender Güte der Geolithographen
zu zeigen, daß sogar bei Zwischenlage von Seismometern
zwischen Seismometerpunkten und Gestein keine Ver-
änderung von Intensität und Form der Schwingungsbilder
feststellbar war.

2. Der Einbau von Dynamometern in die Zugdrähte der Seismometer, der anfänglich diskutiert wurde, erwies sich als nicht erforderlich. Statistische Erhebungen zeigten, daß die individuellen Unterschiede des Kraftaufwandes für das Festspannen der Seismometer keine nachweisbaren Veränderungen des Schwingungsbildes hervorriefen.
3. Der Vergleich zwischen den verwendeten Seismometern erlaubt es, Seismometer mit gleichen Empfindlichkeiten auszuwählen bzw. durch Korrekturen diese Gleichmässigkeit herbeizuführen.

"Auslösung durch Abriß einer Sonde "

Durch die Sprengladung wird eine dünne Zerreißsonde gesteckt. Im Augenblick der Detonation erfolgt die Zerstörung dieser Drähtchen und damit die Unterbrechung des vorher vorhandenen Stromflusses. Infolge eines induktiven Spannungsimpulses, der durch die Unterbrechung auftritt, erfolgt die Zündung des Auslöse-Thyratrons.

Netzanschlußgerät (Abb. 87)



Abbildung 87

Dieses Gerät enthält 3 getrennte Gleichrichterkreise.

1.-2.Kreis: Gleichrichterröhren SZ 12 zur Versorgung von je 3 Verstärkerteilen.

3.Kreis: Gleichrichterröhre LG 3 für die Betriebsspannung des Prüfteiles.

2. Der Rhythmus von Dynamometern in die Zugkräfte der Seile
motor, der anfänglich direktiert wurde, erwies sich
als nicht erforderlich. Statistische Erhebungen zeigten
das die individuellen Unterschiede des Kraftanstieges
für das Testspannen der Seilometer keine nachweisbaren
Veränderungen des Seilspannungsbildes hervorzurufen.

3. Zur Vergleich zwischen den verschiedenen Seilometer er-
laubt es, Seilometer mit gleichen Empfindlichkeiten
auszuwählen bzw. durch Korrekturen diese Gleichmäßig-
keit herbeizuführen.

"Anleitung zum Gebrauch einer Sonde"

Durch die Sprengladung wird eine dünne Kerze in die
gesteckt. Im Augenblick der Detonation erfolgt die Zer-
rung dieser Kerze und damit die Unterbrechung des vor-
her vorhandenen Stromflusses. Infolge eines induktiven
Spannungssprunges, der durch die Unterbrechung auftritt,
erfolgt die Zündung des Analyse-Thyratron.

Seilometer-Apparat (Abb. 89)



1. 2. Kreis: Gleichstromerhöher 22 12 zur Versorgung von 12
3. Verstärker
3. Kreis: Gleichstromerhöher 10 3 für die Betriebsspan-
nung des Thyristors.

Abb. 89

Da im Grubenbetrieb starke Spannungsschwankungen auftreten, ist ein besonderer Netzregelschalter vorhanden, mit dem die Anpassung an Spannungen zwischen 190 und 250 V möglich wird.

Zeitmarkengerät

Um Aussagen über die Frequenz des Erschütterungsvorganges herbeiführen zu können, war die zusätzliche Anfertigung eines Zeitmarkengerätes erforderlich (Abb.88).

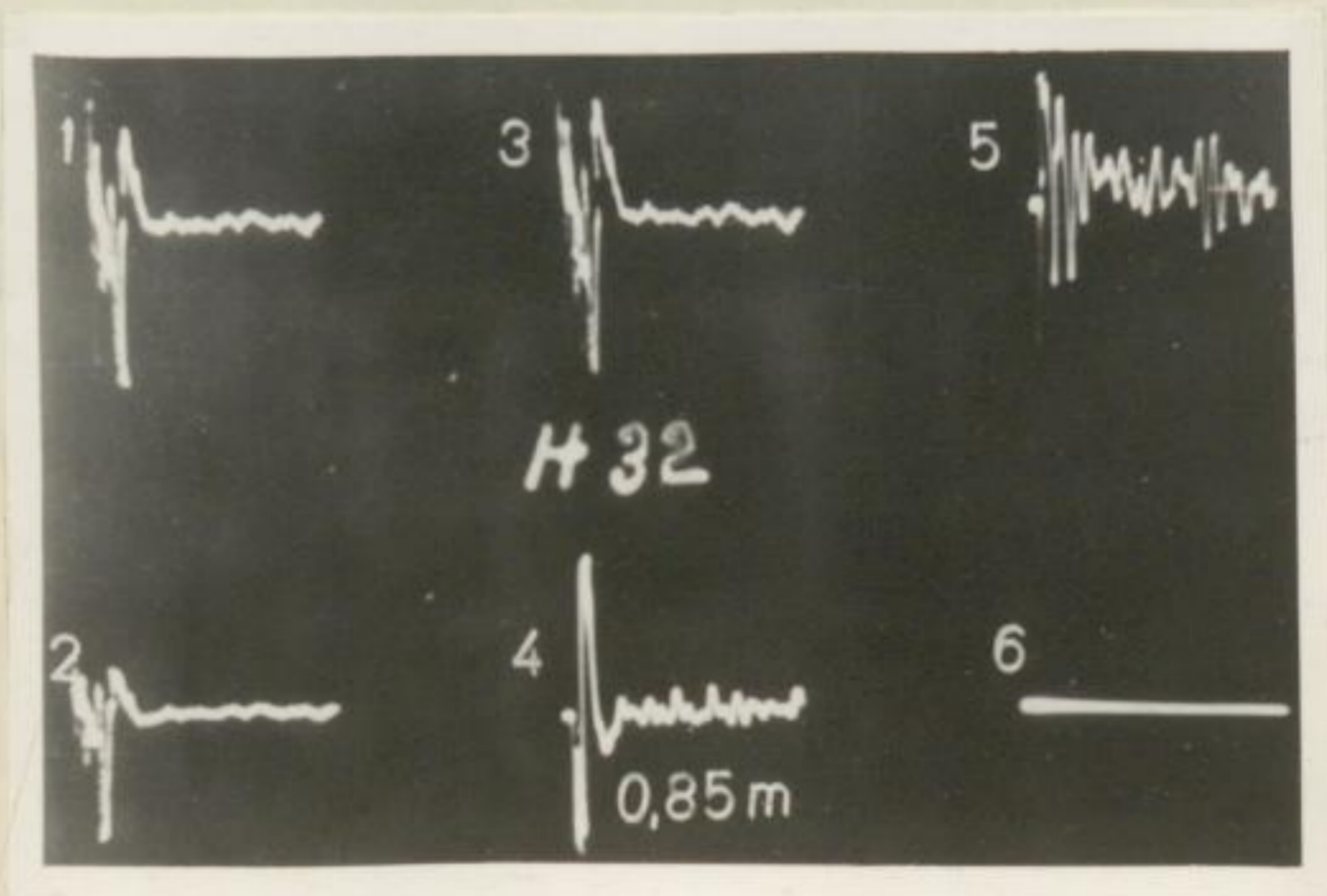
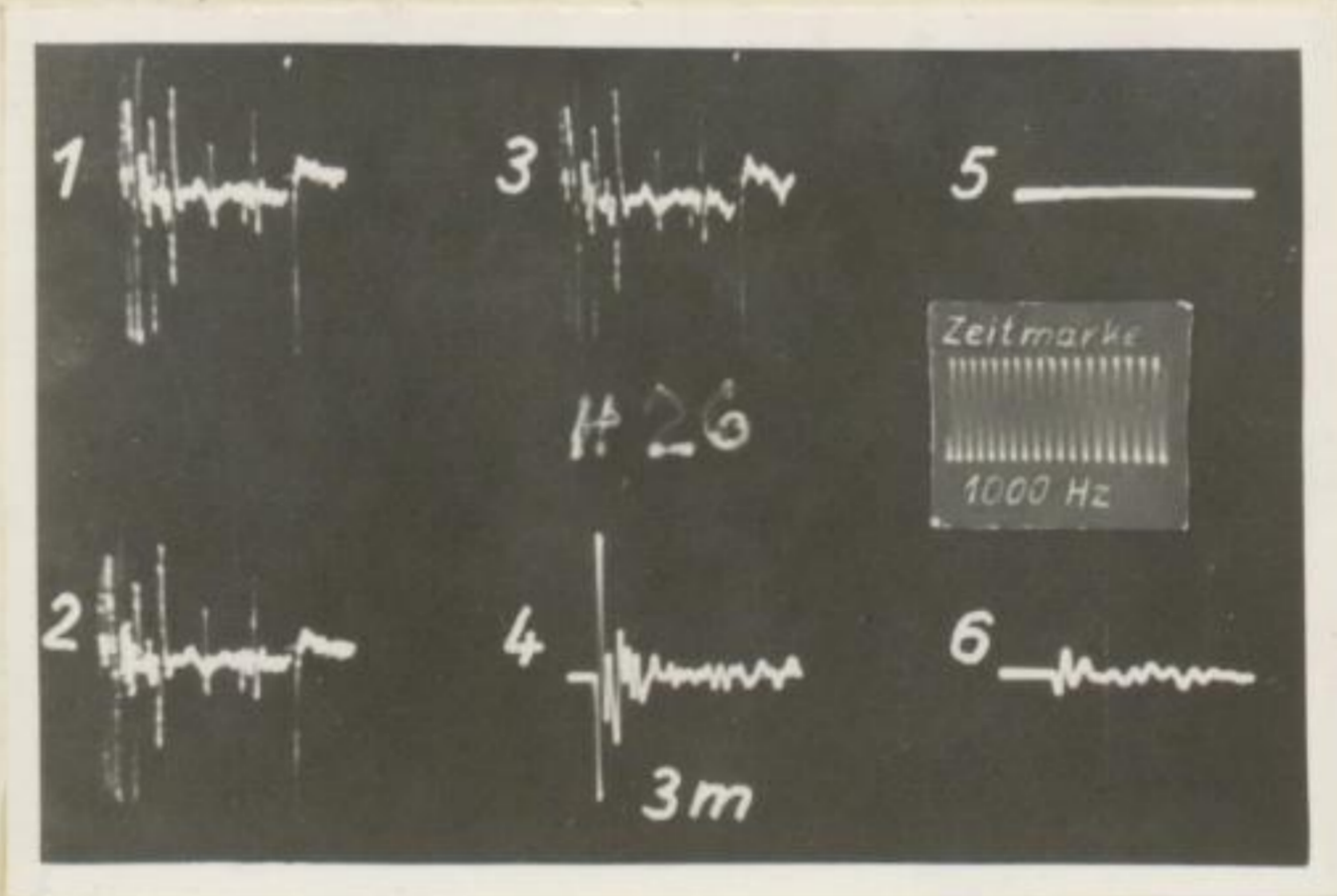
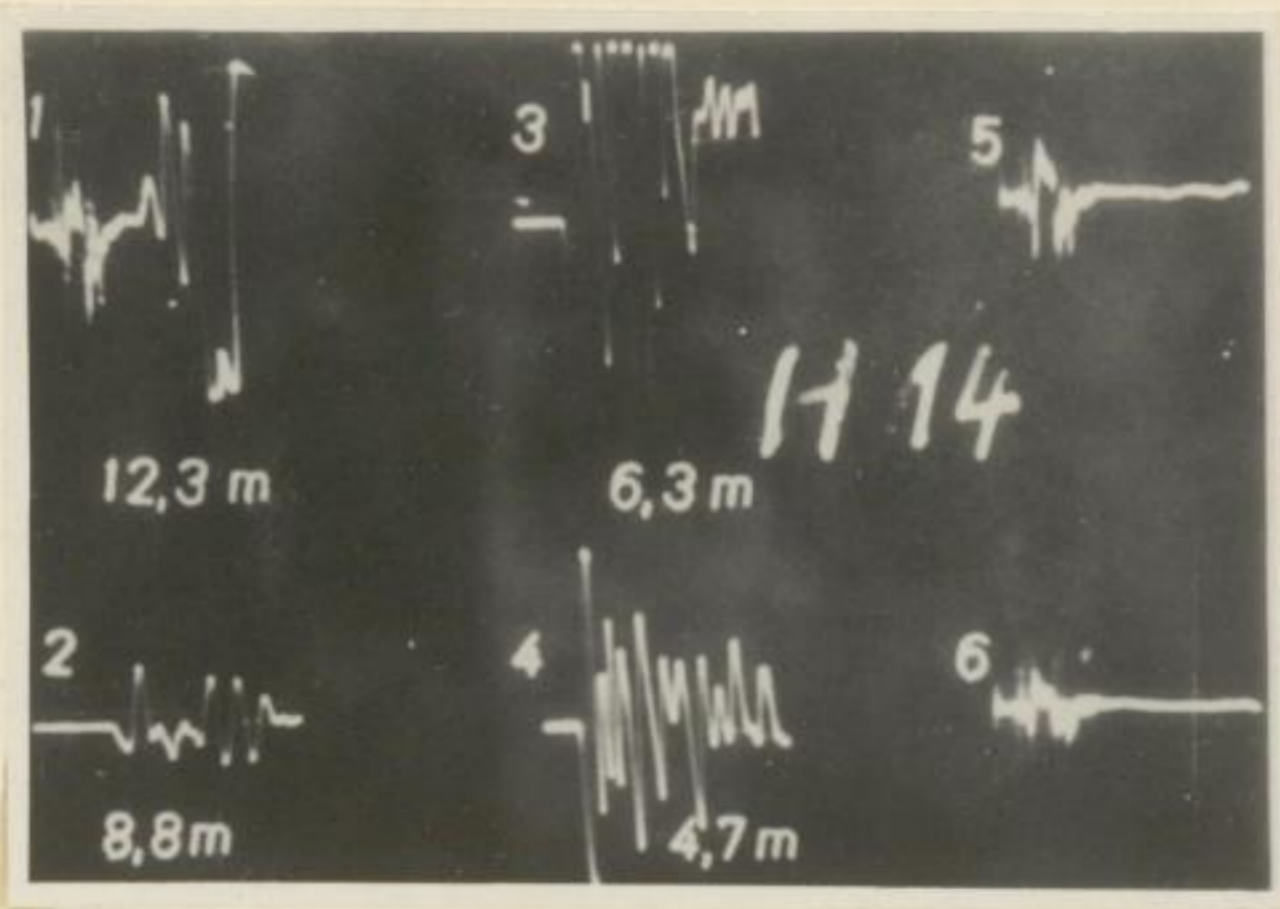


Abbildung 88

Das Zeitmarkengerät erlaubt Zeitmarken von 10^3 Hz, 10^4 Hz und 10^5 Hz aufzunehmen. Für Zwischenstufen wurde gelegentlich ein R-C-Generator mit einem Frequenzbereich von 0-25 KHz verwendet.

Die Registrierung der Zeitmarke kann auf einem der 6 Bildschirme unmittelbar auf jeder Oszillogrammaufnahme erfolgen. Dabei geht jedoch die Einsatzmöglichkeit des 6. Seismometers verloren. Die nachfolgend zu erläuternden Oszillogramme enthalten deshalb zumeist keine Zeitmarke. Die Registrierung nach jeder Neueinstellung erfolgte mit einer gesonderten Zeitmarke.

Abb.89 zeigt die Zusammenstellung der Meßapparatur.



Bergakademie
-Bücherei-
Freiberg i. Sa.

Untersuchung der Frequenz des Erschütterungsvorganges

Wie erwähnt, wurde die Resonanzlage der Bohrlochseismometer mit ca. 10 000 Hz ermittelt. Es musste in Ergänzung zu dieser Feststellung untersucht werden, ob eine evtl. Abänderung des Seismometerprinzipes erforderlich ist bzw. ob die im Gebirge tatsächlich auftretenden Schwingungsfrequenzen unterhalb der Resonanzfrequenz liegen. Dabei galt es besonders, den Bereich der unmittelbaren Umgebung bergmännischer Sprengladungen zu sondieren, da in der Literatur über das Schwingungsverhalten in diesen Entfernungen keine Berichte über systematische Untersuchungen auffindbar waren. Neben den Resultaten, die für die begrenzten Ziele der bergmännischen Versuchsaufgaben interessierten, wird auf andere auffällige Erscheinungen hingewiesen.

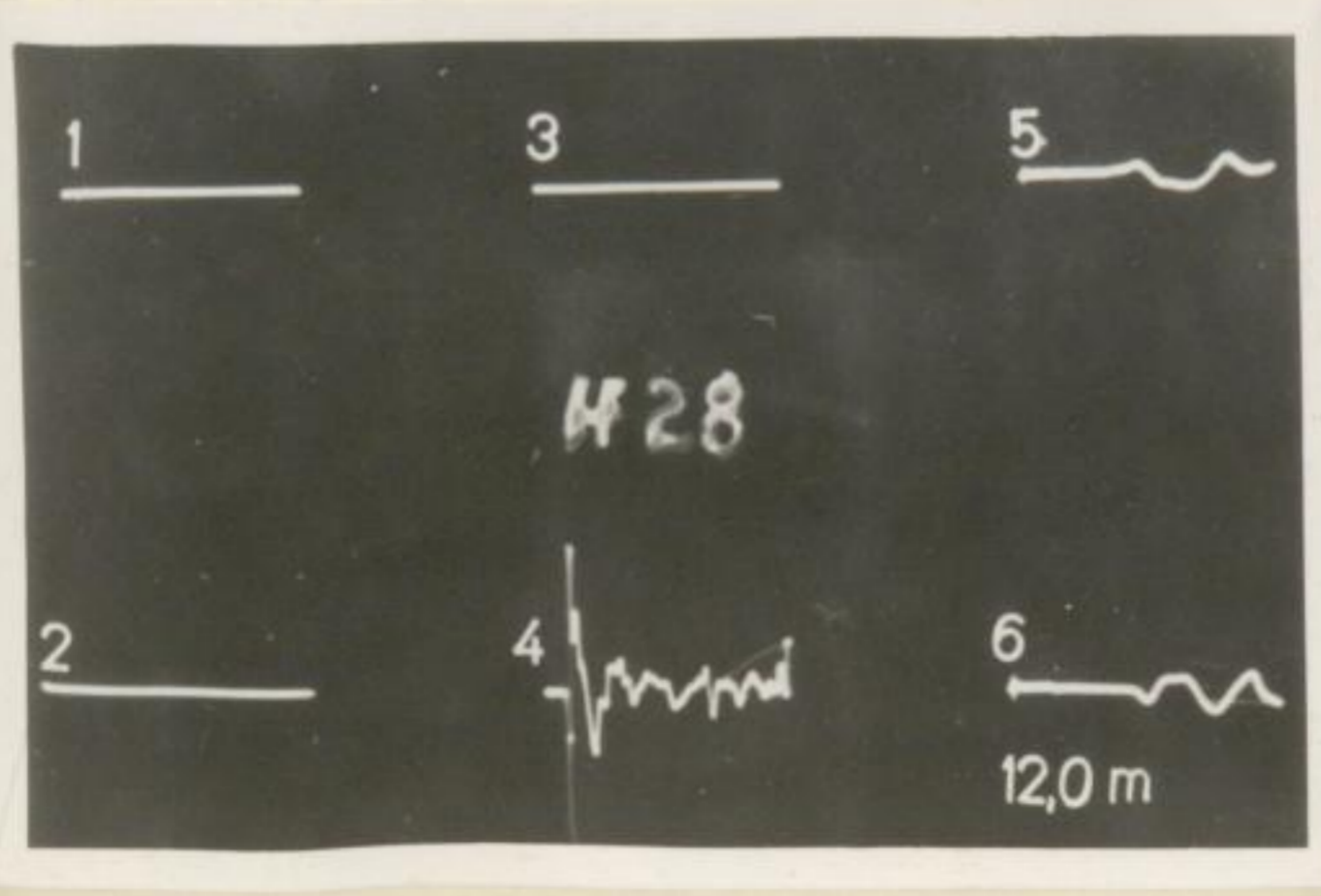
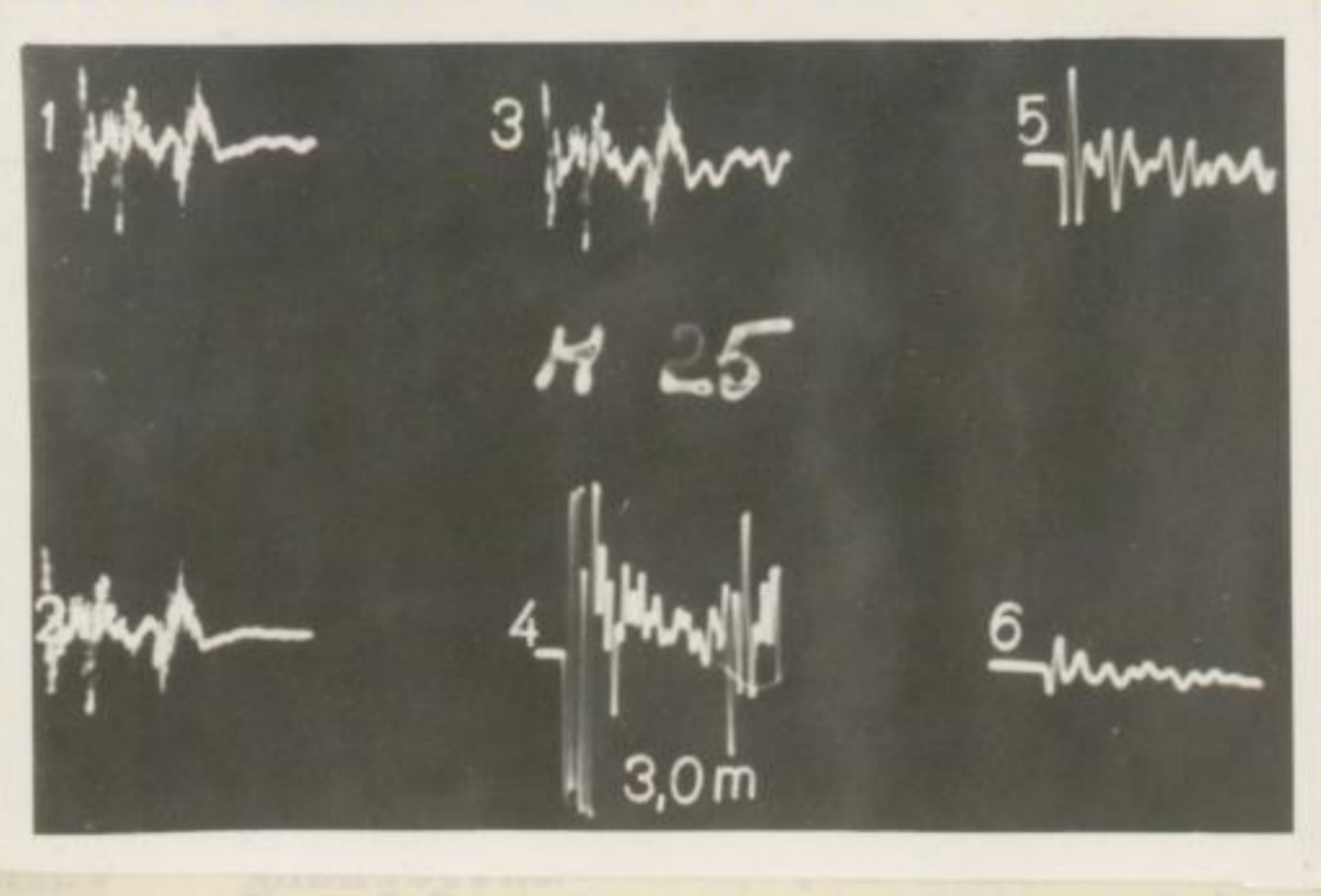
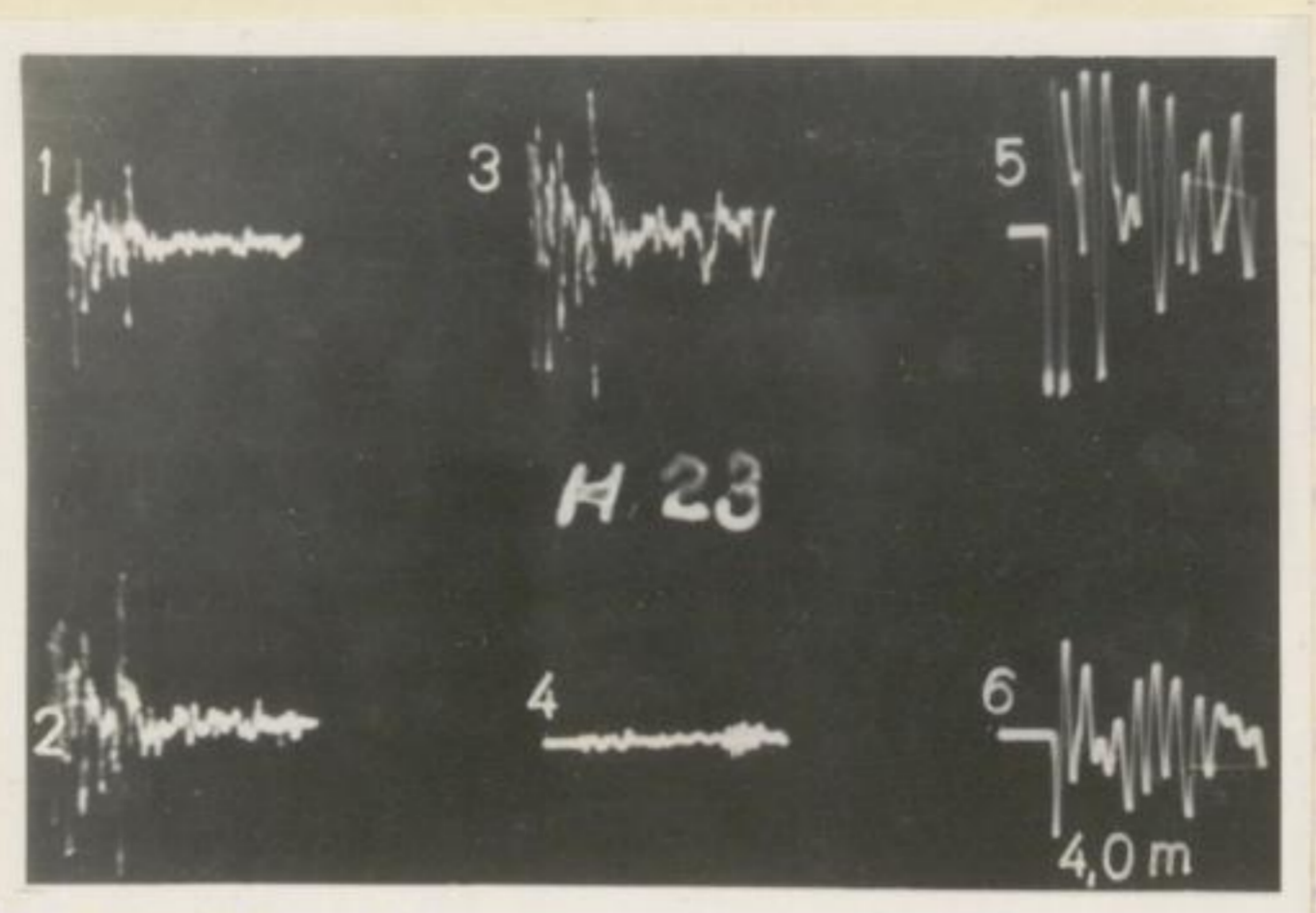
Es wird Aufgabe der Geophysik sein, eine geophysikalisch verbindliche Auslegung der Besonderheiten durchzuführen.

Die wesentlichsten Ergebnisse der Frequenzmessungen im Sandstein

1. Je kürzer die Meßentfernung zur Sprengladung ist, desto grösser wird der erste Einsatz der Longitudinalwelle im Verhältnis zum nachfolgenden Einsatz der Transversalwelle.

Bild-Nr.	Bildschirm-Nr. d.K-Oszillograph	Entfernung [m]	Verhältnis Longitudinal- welle:Trans- versalwelle
H 14	1	12,3	0,6 : 1
	2	8,8	1 : 1
	3	6,3	1,3 : 1
	4	4,7	1,4 : 1
H 26	4	3,0	2,5 : 1
H 32	4	0,85	8 : 1

Diese Gesetzmäßigkeit steht offenbar mit der Existenz von Stoßwellen, deren Auftreten in Form steiler Wellenfronten in unmittelbarer Nähe von Sprengladungen vermutet wird, in Zusammenhang.

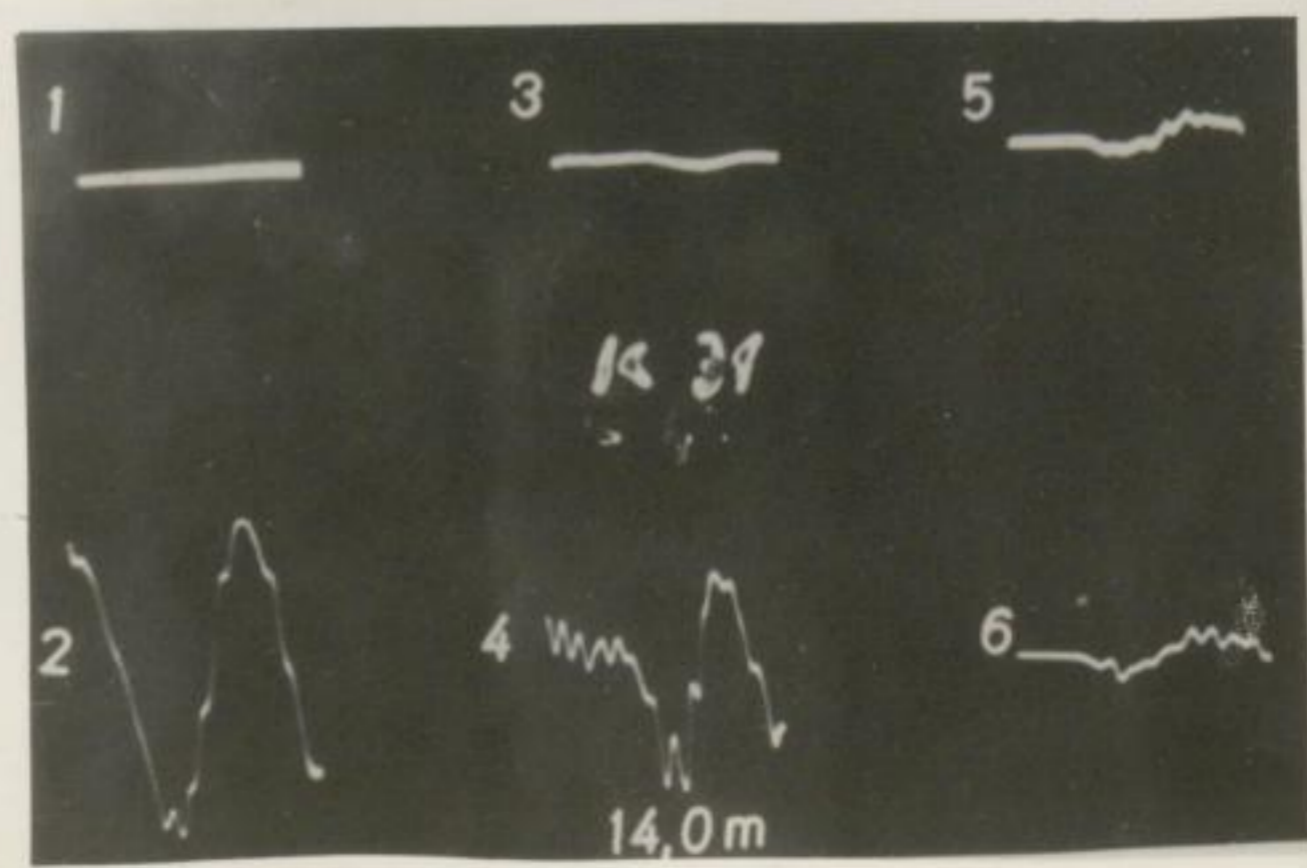
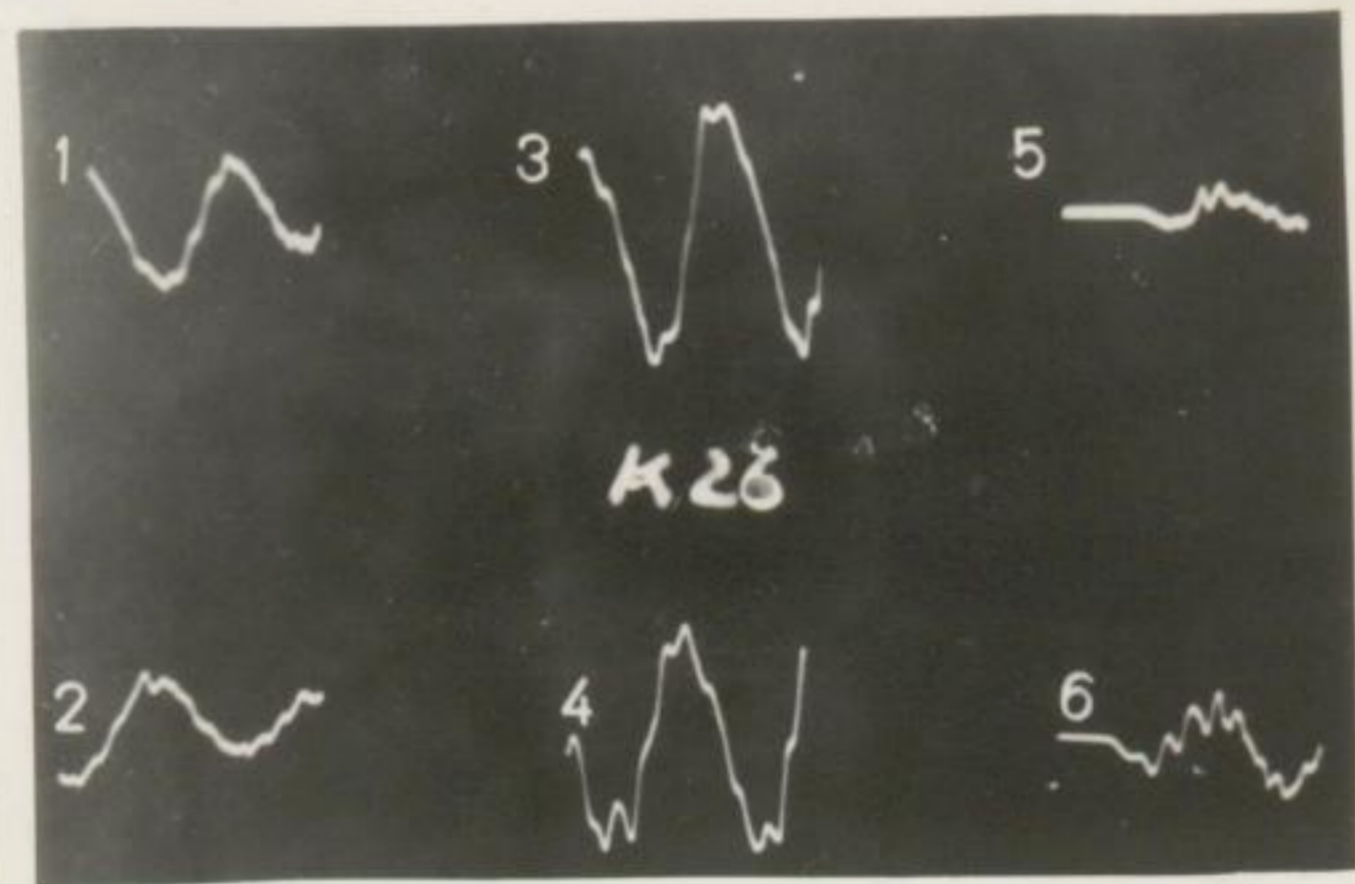
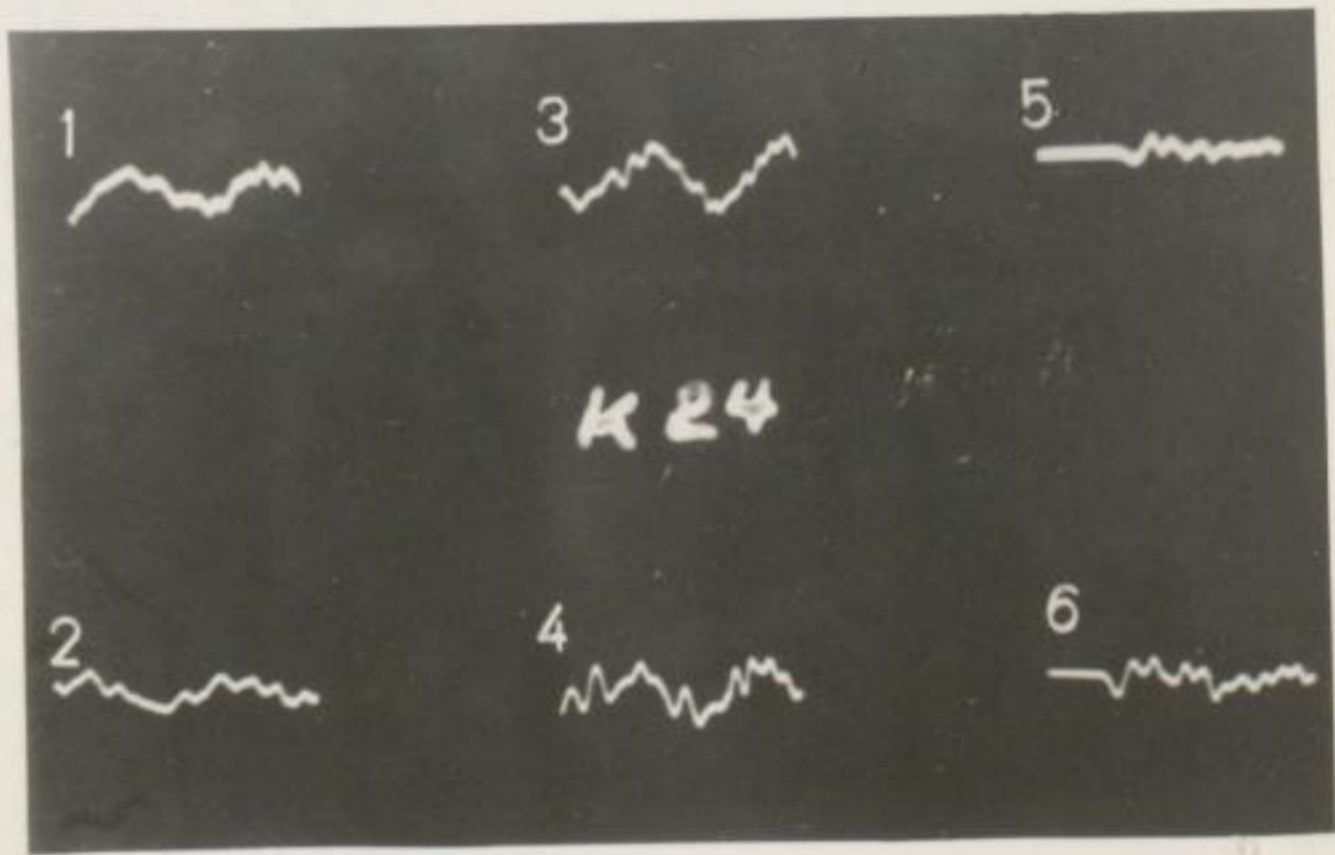
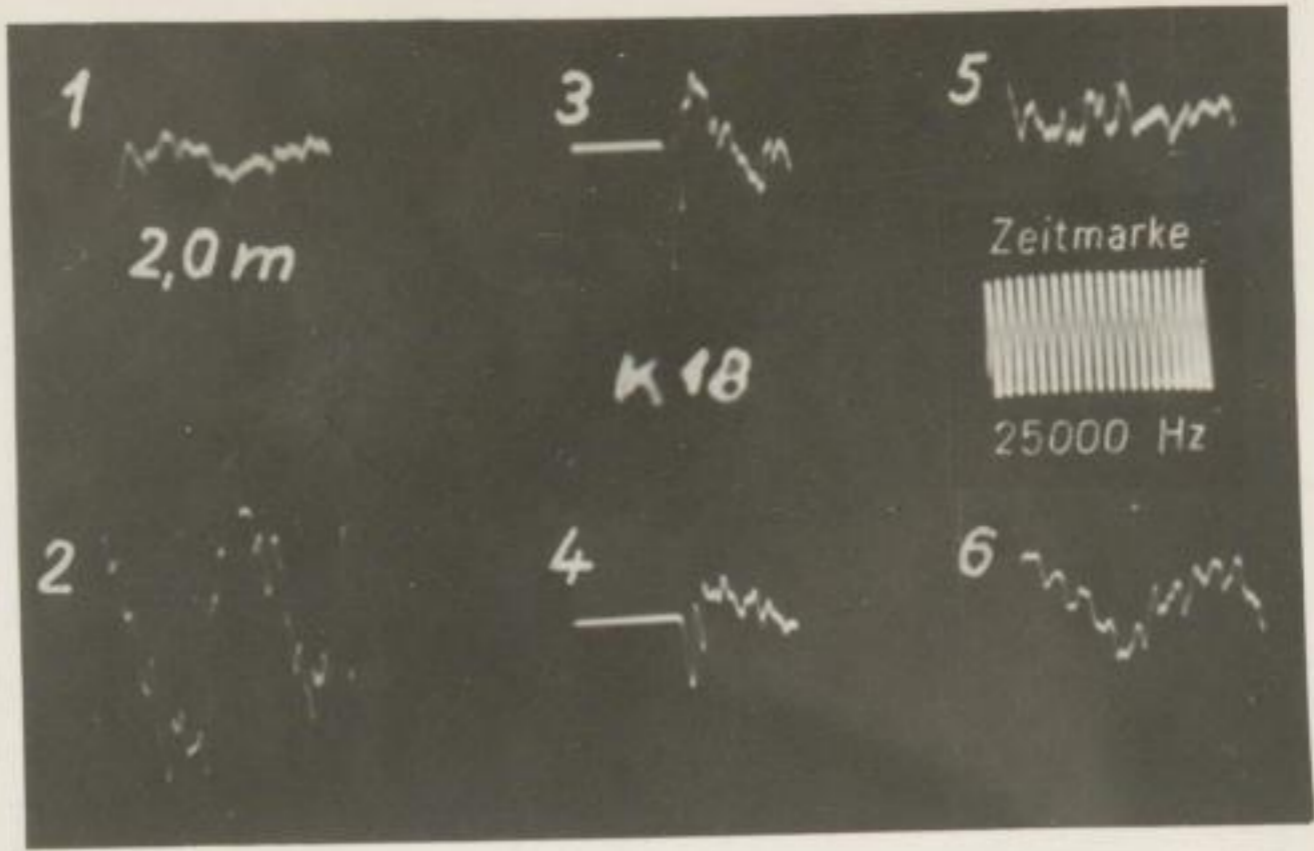


2. Die Frequenz des Erschütterungsvorganges nimmt mit zunehmender Entfernung von der Sprengladung stetig ab.

Bild-Nr.	Bildschirm-Nr. d. K-Oszillograph	Entfernung [m]	Frequenz [Hz]
H 14	1	13,3	1100
	2	8,8	1300
(s. voraus- gegangenes Bild)	3	6,3	1400
H 25	4	3,0	3000

Dieses Untersuchungsergebnis erlaubt folgendes festzustellen:

1. Etwaige Bedenken, daß die Ermittlung der Resonanzfrequenz mit 10 000 Hz auf die geringen Erregungsintensitäten bei der Eichung beschränkt sein könnten, sind für den Bereich 3000 Hz bis 1100 Hz keinesfalls zutreffend. Die Frequenz nimmt stetig ab; Resonanzschwingungen würden dagegen mit der gleichen Frequenz in allen Schwingungsbildern wiederkehren.
2. Die Möglichkeit, daß niedrigere Frequenzen von den Seismometern nicht registriert werden, wird gleichfalls durch die stetige Abnahme unwahrscheinlich.
3. Neben der Frequenz mit 1100-3000 Hz ist noch eine Oberschwingung mit der sehr niedrigen Frequenz von 350 Hz feststellbar (H 23/6; 4 m-Abstand). Bei Zunahme der Meßentfernung tritt diese Frequenz stärker in Erscheinung (H 28/6; 12 m-Abstand). Dies stimmt mit der Gesetzmäßigkeit überein, daß hohe Frequenzen schneller absorbiert werden als niedere. Durch das Auftreten der 350 Hz-Frequenz wird gleichzeitig bestätigt, daß von den Seismometern auch niedrige Frequenzen, falls diese vorhanden sind, mit registriert werden. Die Möglichkeit, daß es sich um eine Eigenresonanzerscheinung handelt, ist insofern unwahrscheinlich, weil eine Grundschwingung auch bei den Schwingungsbildern im Kalisalz, aber mit einem Verhältnis von 2000 Hz zu 25 000 Hz feststellbar ist.



Die wesentlichsten Ergebnisse der Frequenzmessungen im Salz

Die erwarteten hohen Frequenzen zeigten sich nur als Überlagerungsschwingung einer niederfrequenteren Schwingung. Die höchste Frequenz dieser Überlagerung wurde im Abstand von 2 m mit ca. 25 000 Hz registriert (Bild K 18/1), mit zunehmender Entfernung nimmt diese Frequenz ab. 14 m Entfernung = 17 000 Hz (K 31/4).

Die Grundfrequenz beträgt 2000 Hz, unabhängig von der Entfernung (K 31, K 24, K 26).

Die Beschleunigungsamplituden sind ein Maß für die Beanspruchung des Gebirges durch die Energie des Sprengstoffes. Deshalb ist die Feststellung wesentlich, daß die Amplituden der Überlagerungsschwingung nur einen geringen Bruchteil der Grundschiwungsamplitude betragen (K 26). Das Verhältnis zueinander ist von der Stärke der Sprengladung abhängig. Bei gesteigerter Lademenge ist die Grundschiwung stärker ausgeprägt.

Bild K 24 : 4 Patronen Sprengstoff (Chloratit 1)

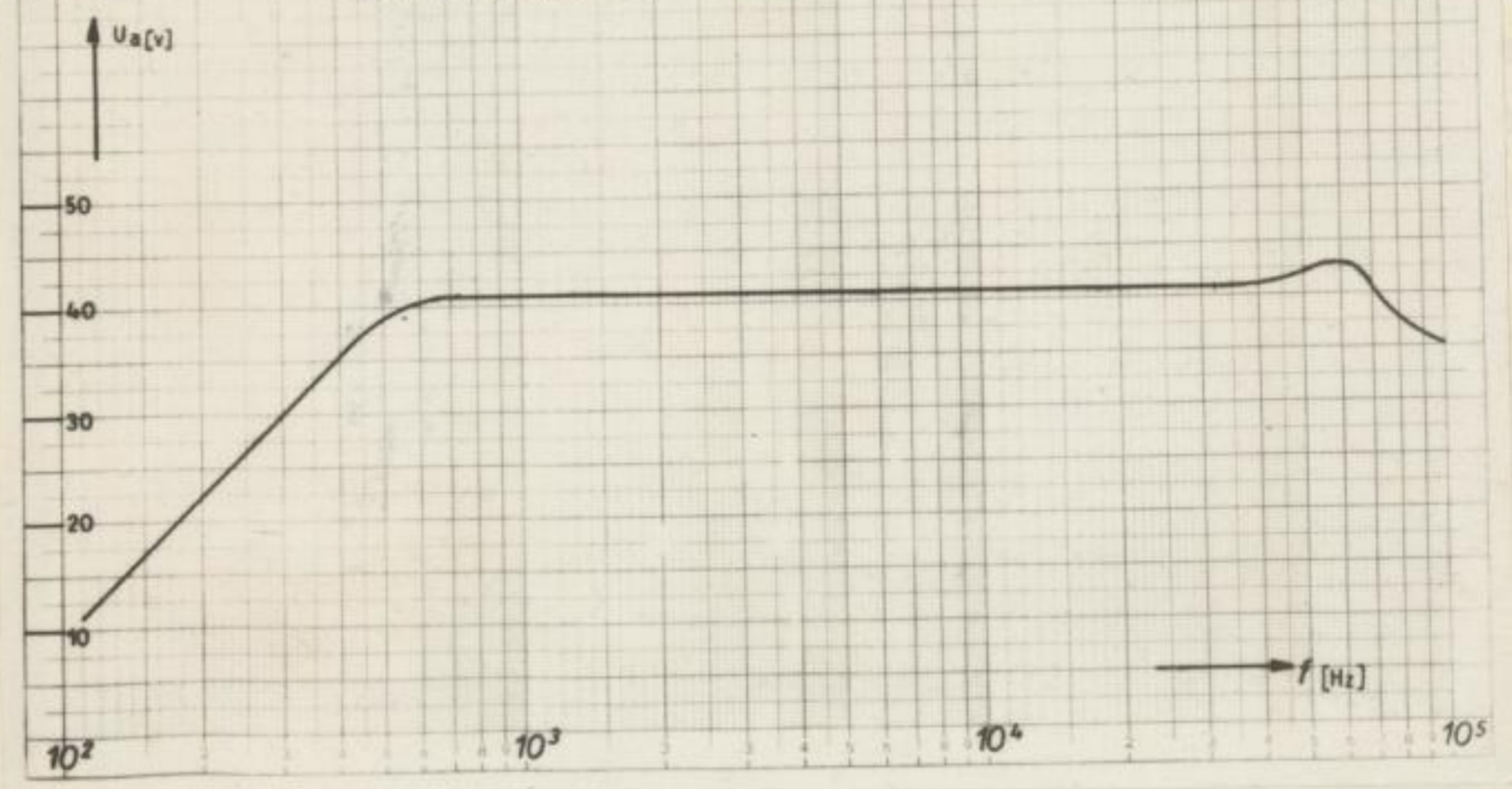
Bild K 26 : 10 Patronen Sprengstoff (Chloratit 1)

In Bild K 26 steht die Intensität der überlagerten hochfrequenten Schwingung gegenüber der Grundschiwung in einem Verhältnis von 1:5 bis 1:10. Dadurch erhält die überlagerte Schwingung sekundäre Bedeutung. Dabei ist zu beachten, daß eine Sprengladung mit 10 Patronen, die im Kalibergbau überhaupt vorkommende niedrigste Lademenge darstellt.

Diese Resultate erlauben es, die Bohrlochseismometer zur Messung von Erschütterungswirkungen zu verwenden, ohne daß bei der Beurteilung der Meßergebnisse Zweifel über evtl. verfälschte Intensitäten infolge Resonanzen auftreten können. Um ganz sicher zu gehen, wurde auf Hinweis von Prof. Dr. M a r t i n , Jena auch noch das Frequenzverhalten des Verstärkers einem Vergleich unterzogen. Abb. 90 zeigt den resonanzfreien Verlauf im fraglichen Frequenzbereich.

Bergakademie
Freiberg i. Sa.

Abb. 90 Frequenzverhalten des Meßverstärkers



Bergakademie
-Bücherei-
Freiberg i. Sa.

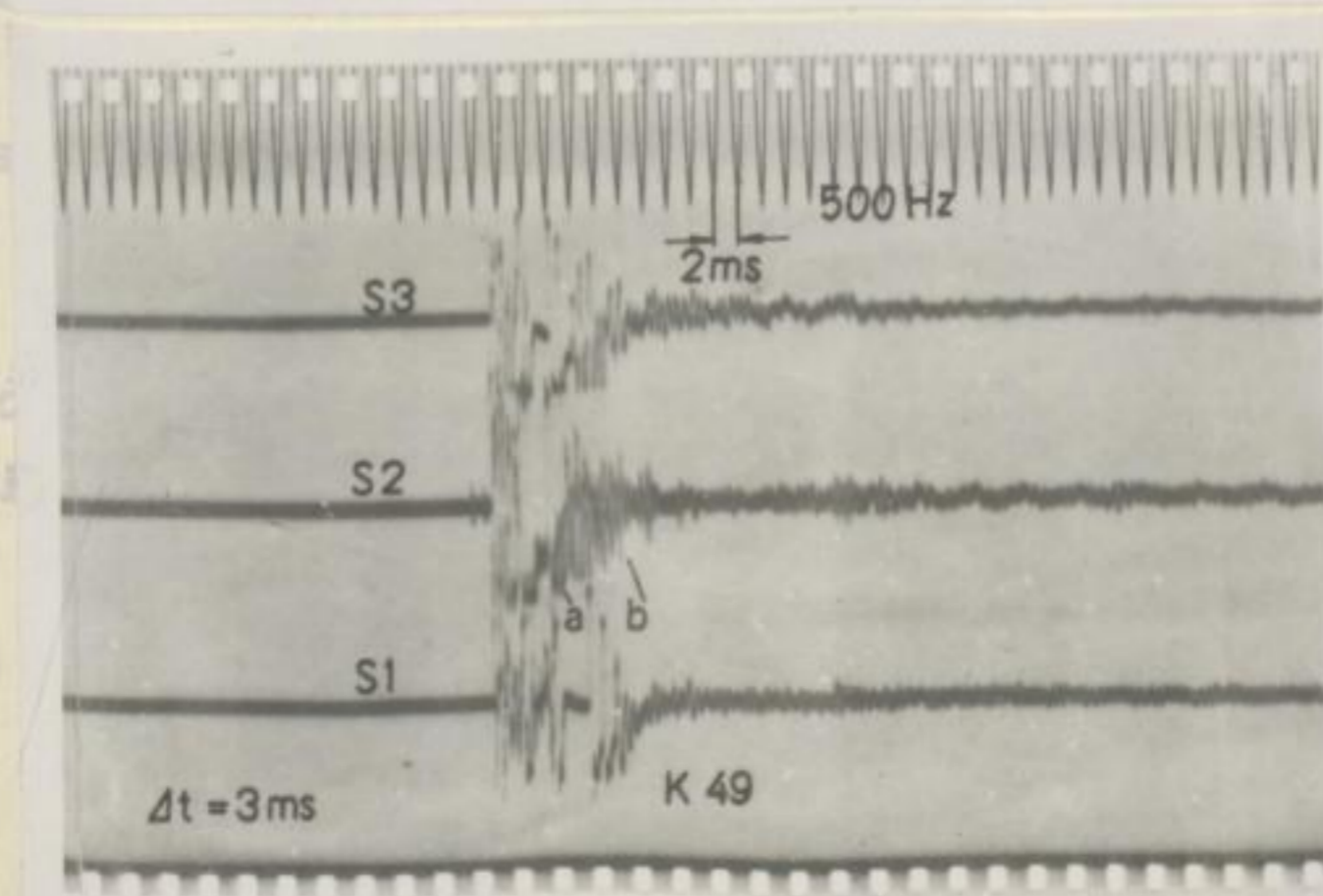
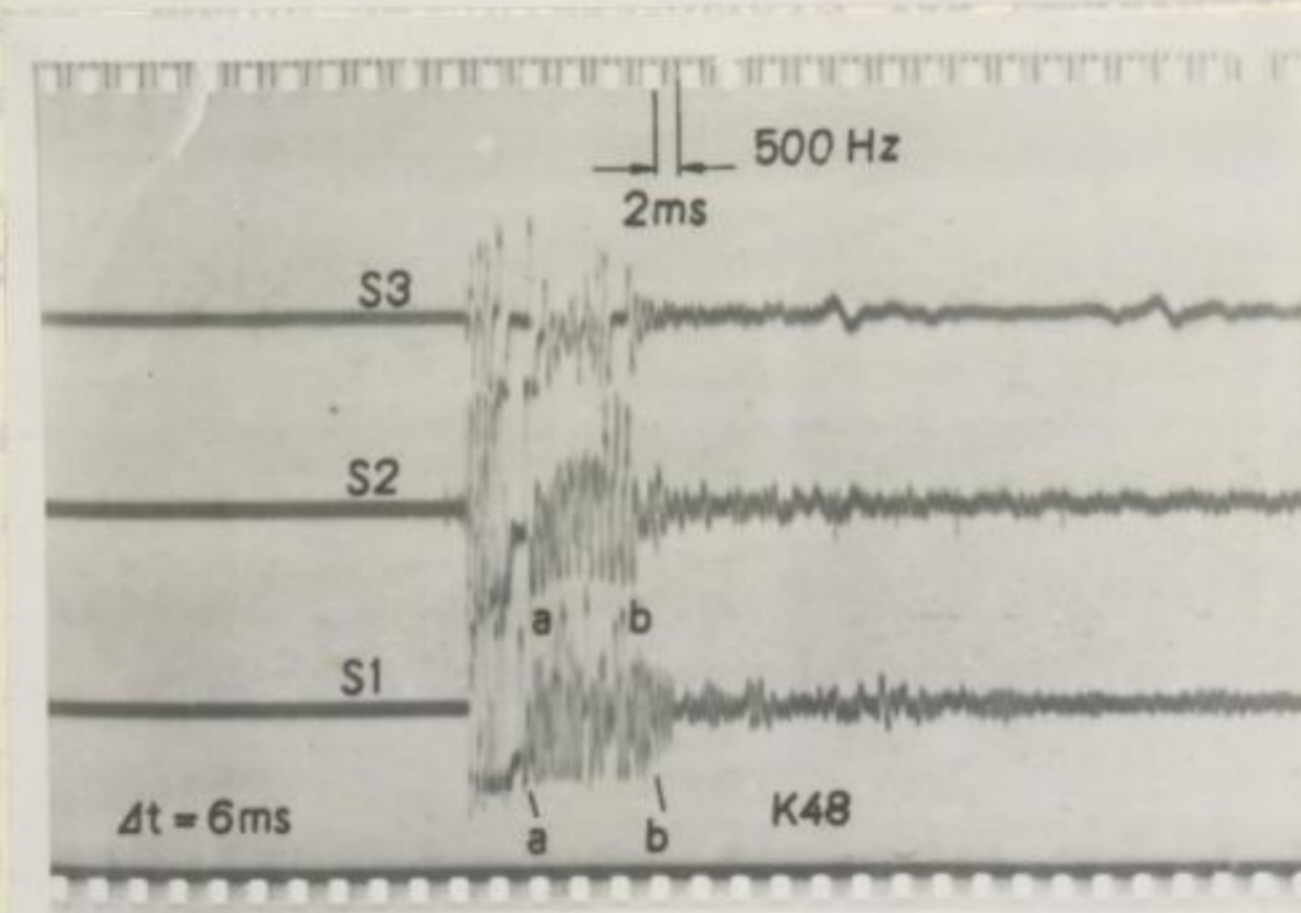
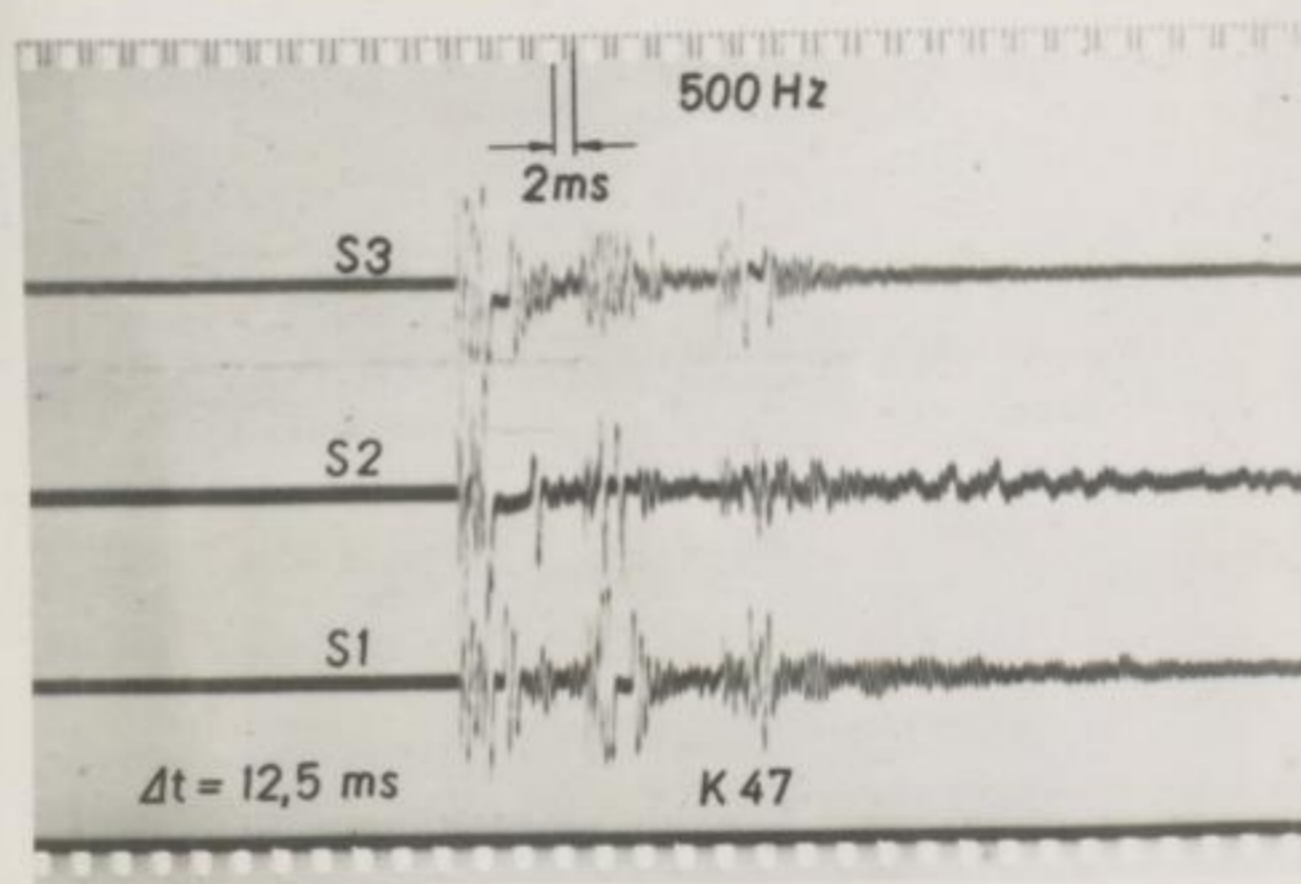
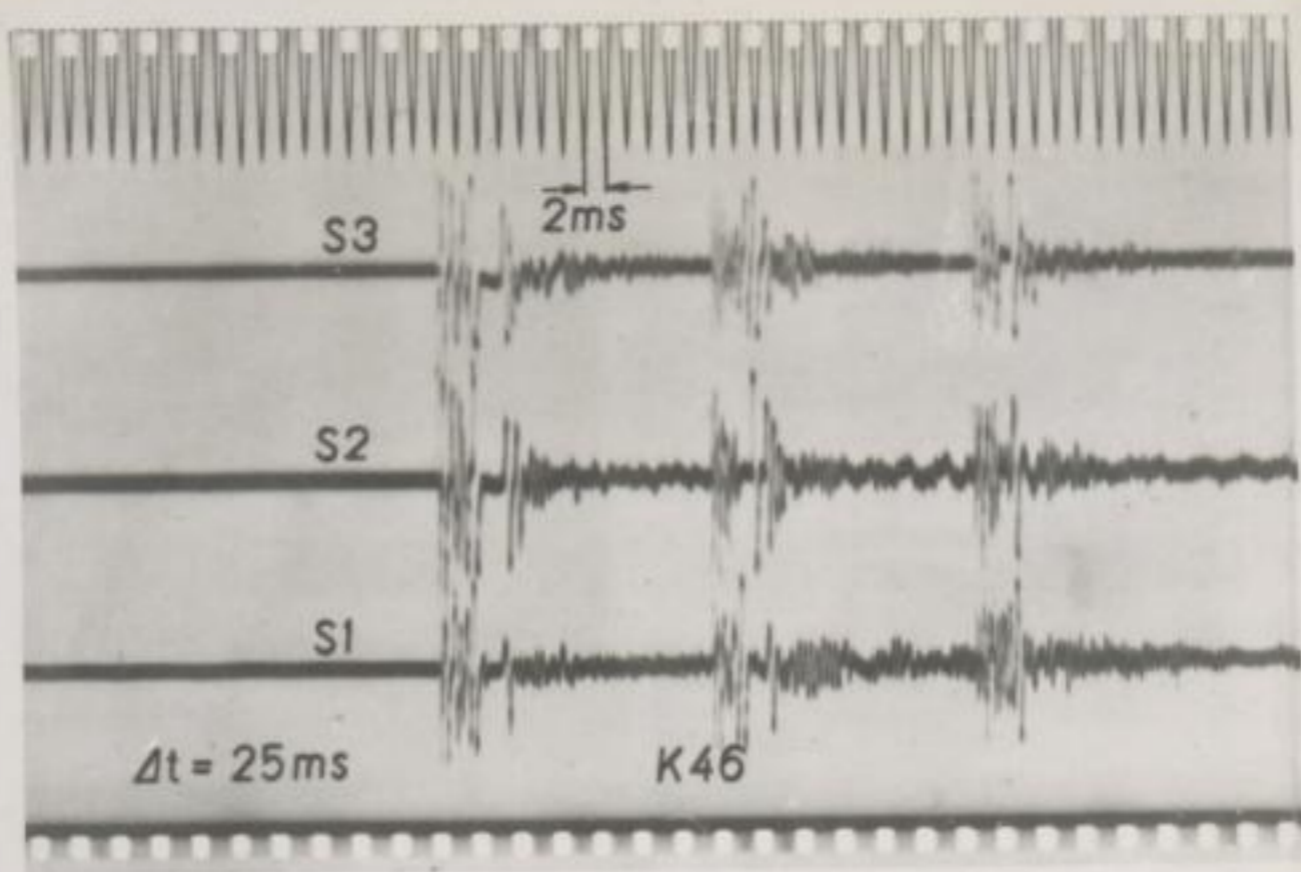
Erschütterungsmessungen beim Millisekundenachießen

Während in den Berichten über Schießversuche mit ms-Zündung hinsichtlich der erreichbaren Vorteile weitgehende Übereinstimmung herrscht, gehen die Ansichten über die Erschütterungswirkung extrem auseinander. Neben der Erschütterungsverminderung wird auch von verstärkter Erschütterungswirkung gesprochen, wobei im letzteren Falle in den Ansichten nochmals zu differenzieren ist, zwischen nützlicher und schädlicher Erhöhung der Intensitäten.

Die ersten Schießversuche mit ms-Zündung wurden in Steinbruchsbetrieben durchgeführt, um die Erschütterungsschäden bei der bis dahin üblichen Momentzündung zu mindern. Die vergleichenden Erschütterungsmessungen führten zu dem verständlichen Resultat, daß die Verzögerung zwischen den Schüssen eine Minderung der Erschütterungswirkung ermöglicht. In einigen Berichten [31] [34] [35] werden Gesetzmäßigkeiten erörtert, denen zufolge bei einer bestimmten Anzahl Schüsse (Großbohrlochsprengungen) noch eine zusätzliche Minderung der Erschütterungen durch Interferenzen auftreten kann. Voraussetzung für diesen Effekt ist jedoch eine annähernd sinus-förmige Schwingungsform, wie sie in grösseren Entfernungen von der Sprengladung anzutreffen ist.

Als die Millisekundenzündung auch im untertägigen Bergbau Eingang fand, versäumte man offenbar, bei den Diskussionen über die Veränderung der Erschütterungswirkung an die völlig andere Ausgangssituation im untertägigen Bergbau zu denken. In der bergmännischen Schießarbeit gehörten bekanntlich auch in der Vergangenheit Abschlüge ohne Verzögerungsintervalle zu Ausnahmefällen. Die in den Vorversuchen besprochenen Schwingungsbilder lassen erkennen, daß in Entfernungen, die für bergmännische Belange interessieren, auch nicht von einem annähernd sinusförmigen Verlauf gesprochen werden kann.

In Werbeschriften der Zündmittelhersteller und auch in Veröffentlichungen [48] [57] [27] wird trotzdem ohne diese notwendigen Vorbehalte hinsichtlich der untertägigen Verwendung allgemein von einer Minderung der Erschütterung gesprochen.



Als weitere unerlässliche Voraussetzung für die gegenseitige Beeinflussung der Erschütterungswirkung ist erforderlich, daß die Erschütterung des vorher gezündeten Schusses noch anhält, wenn der nachfolgende Schuss detoniert.

Für die unmittelbare Umgebung bergmännischer Sprengladungen lagen in der Literatur noch keine Meßergebnisse vor, deshalb wurden die nachfolgend zu erläuternden Untersuchungen durchgeführt. Um für den Bergmann gültige Aussagen zu erlangen, war die Meßentfernung mit 0,8 m zu wählen; einem Abstand, der hinsichtlich der Schadenswirkung auf das Hangende der Abbaue (anstehende Salzbank als Firstenschutz) von Belang ist.

Auch die in der Zwischenzeit von Meuskens [38] veröffentlichten Erschütterungsmessungen mit einem elektrodynamischen Schwingungsmesser wurden in einer Meßentfernung von 49 m durchgeführt, so dass die nachfolgenden Schwingungsbilder einen speziellen Untersuchungsfall darstellen.

Die Anordnung der Schußlöcher, die Lage der Bohrlochseismometer und die Verzögerung der Schüsse gehen aus Abb. 91 hervor. Für die Versuche wurden die normalen Gewinnungsbohrlöcher in einer Unter-

fahrung des Kaliwerkes Teutschenthal verwendet. Demzufolge entsprach die Ladungsstärke der betriebsüblichen Sprengstoffmenge (8 m Loch = 38 Patr. Chloratit 1 je 100 g, 10 Papphülsen).

Die Oszillogramme K 46 - K 49 geben das Schwingungsverhalten des Salzstoßes bei Verzögerungszeiten von 25 ms, 12,5 ms, 6 ms und 3 ms wieder. Aus Oszillogramm K 46 und K 47 ist zu entnehmen, daß sich die Erschütterungen der Schüsse in keiner Weise gegenseitig beeinflussen,

wenn Verzögerungszeiten von 25 ms oder 12,5 ms gewählt werden. Nach max. 8 ms ist die Erschütterung jeweils abgeklungen. (Dies gilt nach Osz. H 26/H 32 auch für die Untersuchungen im Sandstein.)

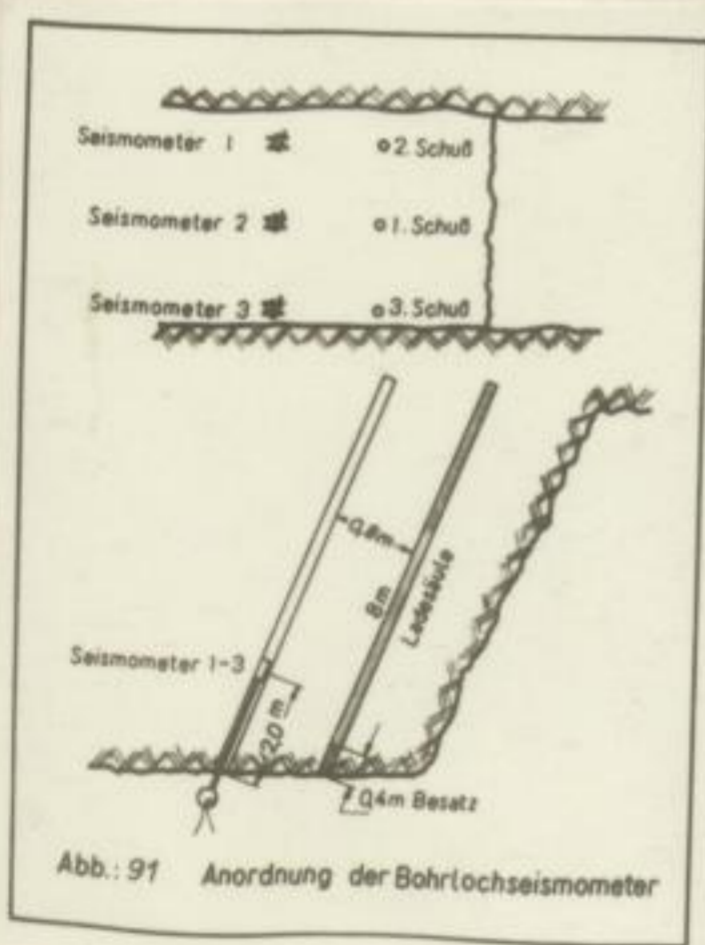


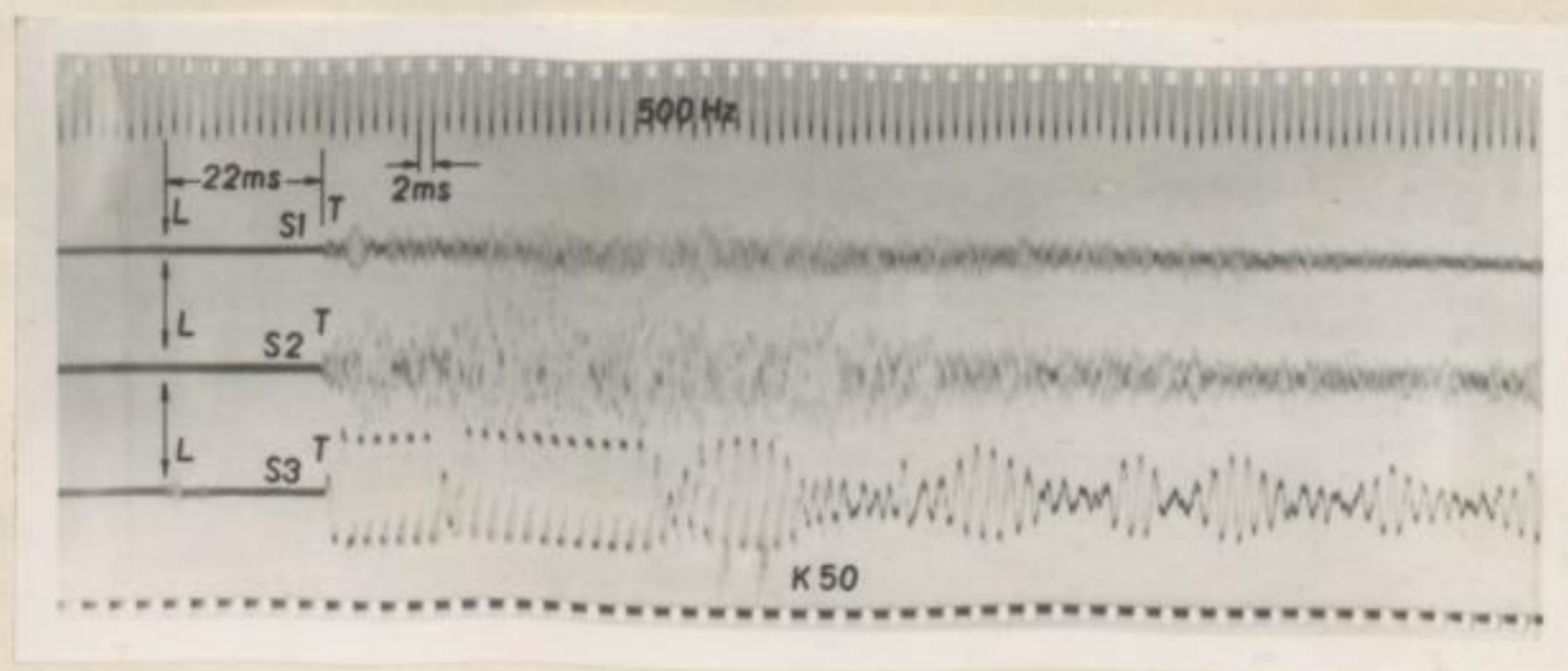
Abb. 91 Anordnung der Bohrlochseismometer

Dem Verfasser wurden bei der Durchführung der Schießversuche Schwierigkeiten entgegengestellt, die sich aus Vorstellungen über evtl. schädliche Einwirkungen des ms-Schießens auf die Firsten der Abbaue ergaben. Deshalb ist diese wesentliche Erkenntnis über das Erschütterungsverhalten im Abbau bereits den Fachkollegen im Vortrag auf dem VI. Berg- und Hüttenmännischen Tag, Freiberg, 1.10.1954 dargelegt worden.

Bei weiterer Verkürzung auf 6 ms und 3 ms gehen die Schwingungsbilder ineinander über. Eine generelle Erhöhung der Amplitudenwerte ist nicht erkennbar, dagegen wird die Frequenz der Schwingung infolge der gegenseitigen Durchdringung der Erschütterungsbilder von 1500 Hz auf max. 3000 Hz erhöht (Bereich a-b). Obwohl bei einem derart unregelmässigen Schwingungsverlauf die Anwendung mathematischer Interferenzrechnungen zwecklos ist, wäre doch der Fall denkbar, daß gelegentlich Amplitudenwerte bei entsprechender Interferenzlage überhöht werden können. Deshalb ist eine Erniedrigung der Verzögerungszeit unter 8 ms nicht ratsam.

Die Oszillogramme K 50 und K 51 wurden in 93 m Entfernung vom Schußort registriert. Die Auswertung zeigt, daß in dieser Entfernung eine völlig andere Erschütterungswirkung auftritt.

Oszillogramm K 50: Einzelschuß



Die verschiedene Amplitudengröße S 1, S 2 und S 3 wurde durch unterschiedliche Verstärkungsgrade hervorgerufen. S 3 ist übersteuert. Durch die Übersteuerung gelang es je-

Dem Verfasser wurden bei der Durchführung der Schall-
versuche Schwierigkeiten entgegengetreten, die sich aus
Vorstellungen über evtl. schädliche Einwirkungen des ma-
schinens auf die Nerven der Arbeiter ergaben. Deshalb ist
diese wesentliche Erkenntnis über das Erschütterungsver-
halten im Abbau bereits den Fachkollegen im Vortrag auf
dem VI. Berg- und Hüttenmännischen Tag, Freiberg, 1.10.1954
dargelegt worden.

Bei weiterer Vertiefung auf 6 m und 3 m gehen die
Schwingungsbilder ineinander über. Eine generelle Erhöhung
der Amplitudenwerte ist nicht erkennbar, dagegen wird die
Erregung der Schwingung infolge der gegensätzlichen Durch-
dringung der Erschütterungsbilder von 1500 Hz auf max.
3000 Hz erhöht (Bereich a-b). Obwohl bei einem Betrag un-
regelmäßigen Schwingungsverlaufs die Anwendung mathemati-
scher Interferenzrechnungen zwecklos ist, wäre doch der
Fall denkbar, daß gelegentlich Amplitudenwerte bei ent-
sprechender Interferenzlage überhöht werden können. Des-
halb ist eine Einschränkung der Vorgangsdauer unter 8 m
nicht ratsam.

Die Versuche mit K 50 und K 51 wurden in 93 m Entfer-
nung vom Schornstein registriert. Die Auswertung zeigt, daß
in dieser Entfernung eine völlig andere Erschütterungswir-
kung auftritt.

Erschütterung K 50; Einzelrechnung

Die verschiedenen Amplitudenbereiche S 1, S 2 und S 3 wurde
durch unterschiedliche Verstärkungsfaktoren hervorgerufen.
S 1 ist überhöht. Durch die Übersteuerung gelang es je-

doch, den Einsatz der Longitudinalwelle sichtbar zu machen, der bei S 2 und S 3 nur ganz schwach angedeutet ist. Der Hauptschwingungszug stellt den Einsatz der Transversalwelle dar:

$$\text{Laufgeschwindigkeit } v = 3000 \text{ m/sec} = 3 \text{ m/ms}$$

$$\text{Laufzeit } t_L = \frac{S}{v} = \frac{93 \text{ m}}{3 \text{ m/ms}} = 31 \text{ ms}$$

$$\text{Laufzeit Transversalwelle} =$$

$$= t_L \cdot 1,73 = 31 \text{ ms} \cdot 1,73 = 53,8 \text{ ms}$$

$$\Delta t = 53,8 - 31 \text{ ms} = \underline{\underline{22,8 \text{ ms}}}$$

Die Besonderheiten gegenüber dem Schwingungsbild in unmittelbarer Schußortnähe sind:

1. Infolge der längeren Laufzeit ist in grösserer Entfernung die Trennung zwischen Long.-Welle und Transv.-Welle deutlich ausgeprägt. Die Transversalwelle tritt gegenüber der Longitudinalwelle in 93 m Entfernung mit mehrfacher Intensität auf. Dies stimmt mit der Feststellung bei den Vorversuchen überein, daß das Verhältnis der Intensität des ersten Einsatzes zum nachfolgenden Schwingungsbild in Schußnähe $\gg 1$ ist, mit zunehmender Entfernung jedoch $\ll 1$ wird.
2. Die Schwingung der Transversalwelle klingt erst nach 100 ms aus.

M e u s k e n s führt in seiner Veröffentlichung [38] Meßergebnisse von B a u l e in 49 m Schußentfernung an: (Abb.92)

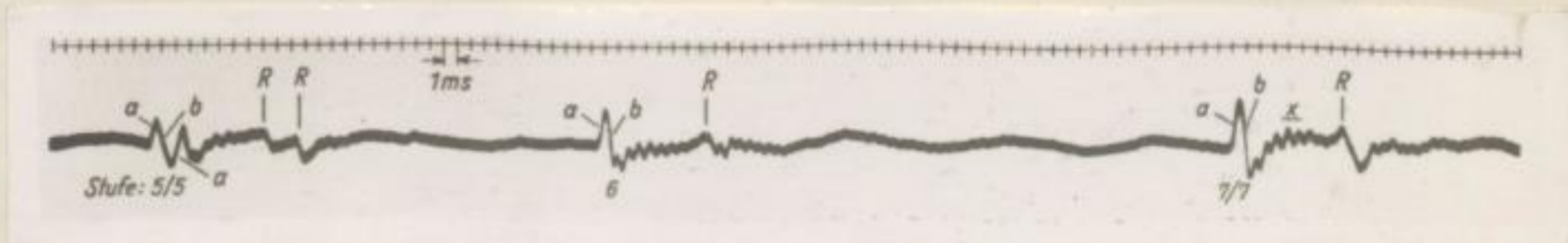
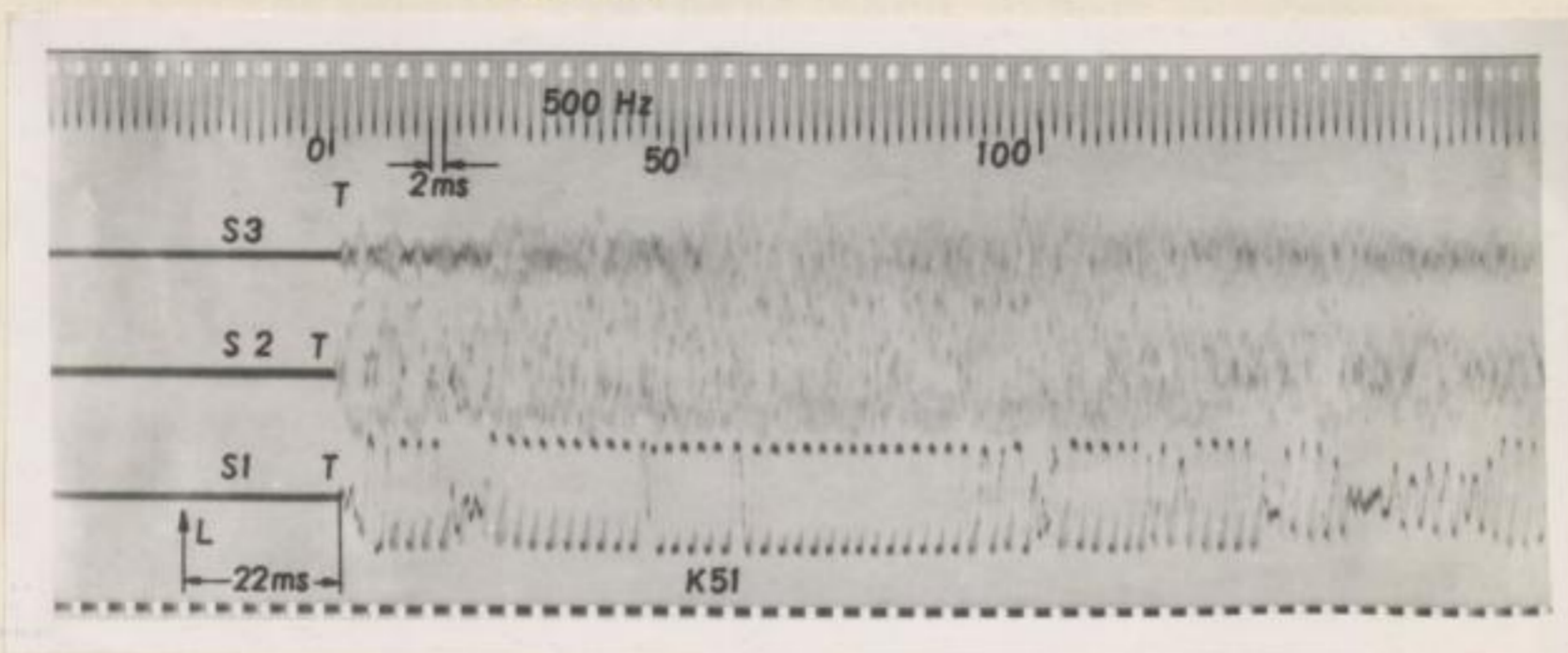


Abbildung 92

Der Einsatz der Transversalwelle, der allerdings als wahrscheinliche Reflexion ausgelegt wird, setzt bei R ein. Der Frequenzgang der Transversalwelle ist nur andeutungsweise aufgezeichnet. Diese Messungen wurden mit einem Schwingwegmesser durchgeführt. Diese Geräte zeigen gegenüber hoch-

frequenten Schwingungen stärkere Trägheit als Beschleunigungsmesser.

Oszillogramm 51: 3 Schüsse mit 50 ms Verzögerungsintervallen



Infolge der langanhaltenden Erschütterungen durchdringen sich die Schwingungsbilder der Transversalwelle. Der Einsatz der Longitudinalwelle ist in diesem Bilde bei S 3 nur als sehr schwache Auslenkung vorhanden. Eine Verstärkung des Maximalbetrages der Amplituden ist nicht festzustellen. Die Schwingungsamplituden S 1 und S 2 zeigen wohl stärkere Annäherung als in Oszillogramm K 50; die Intensität des Einsatzes der Transversalwelle ist jedoch, wahrscheinlich infolge zwangsläufiger Unregelmässigkeiten hinsichtlich Vorgaben und Ladung bereits von vornherein grösser.

Praktisch bedeutsam ist der Vergleich mit den Intensitäten in Schußnähe. S 1 in K 51 registriert gegenüber S 1 in Oszillogramm K 46-49 mit 35-fach erhöhter Verstärkung. Die starke Absorption der Energie lässt erkennen, daß Betrachtungen über die Schädlichkeit der Erschütterungswirkung nur auf die Erschütterungen in unmittelbarer Sprengnähe bezogen sein können, wenn daraus Folgerungen hinsichtlich der Sicherheit der Firsten abgeleitet werden sollen.

Vorgänge in der Vorgabe

H a b b e l [26] äußert die Ansicht, daß beim ms-Schießen die abzulösende Vorgabe mehrmals von Erschütterungswellen der kurzzeitig verzögerten Schüsse durchlaufen wird bis schliesslich die Ablösung erfolgt. Andererseits werden aber gleichfalls von H a b b e l kinomatographische Aufnahmen

frequenten Schwingungen stärker tritt als bei den
niedrigeren.
Geometrisch ist die Schwingung mit 20 mm Vergrößerung
vollständig

Infolge der langanhaltenden Erachtungen durchdringen
sich die Schwingungsbilder der Transversalwellen. Der Ein-
satz der Dämpfungswerte ist in diesem Bilde bei 2 3 nur
als sehr schwache Auslenkung vorhanden. Eine Verstärkung
des Maximalwertes der Amplituden ist nicht festzustellen.
Die Dämpfungswerte sind 1 und 2 folgen wohl anderen
Annahmen als in Geometrisch K 20; die Intensität der
Kinetik der Transversalwellen ist jedoch, wahrscheinlich
infolge zweigleisiger Unterbrechungen hinsichtlich
Vorgaben und Ladung besteht von vornherein Erhöhen.
Praktisch bedeutsam ist der Vergleich mit den Intensitäts-
ten in Schwingung. 2 1 ist 21 registriert gegenüber 2 1 in
Geometrisch K 46-49 mit 35-40 erhöhter Verstärkung. Die
starke Absorption der Energie lässt erkennen, dass betrach-
tungen über die Schwingungsbilder der Erachtungen
nur auf die Erachtungen in unmittelbarer Spannung
bezogen sein können, wenn daraus Folgerungen hinsichtlich
der Kinetik der Röhren abgeleitet werden sollen.

Vorgänge in der Vorlage

H a b e i [20] unters die Ansicht, das beta ma-Schleifen
die abzubildende Vorlage mittels von Erachtungen
der kurzweilig veränderlichen Schwingung durchlaufen wird die
schliesslich die Abbildung erfolgt. Andererseits werden aber
Erscheinung von 1 a b e i kinematographische Aufnahme

über den Ablösungsvorgang angeführt, denen zufolge nach 20 ms bereits Risse in der Vorgabe vorhanden sind.

Die Messung des Gebirgsdruckes wird von Prof. Dr. Buchheim, Institut für Theoretische Physik und Geophysik an der Bergakademie Freiberg nach einem Verfahren durchgeführt, bei dem die Zerklüftung des Gebirges durch stärkere oder völlige Absorption von Erschütterungen angezeigt wird. Es ist also wenig wahrscheinlich, daß die Erschütterung überhaupt in einer zerrissenen Vorgabe übertragen werden kann. Die Frage sollte auf dem Kaliwerk Teutschenthal auf einfachem Wege geklärt werden, indem die Erschütterungsmesser unmittelbar in die Vorgabe eingesetzt wurden. Leider riss gerade bei dieser Aufnahme die Perforation des Oszillographenpapiers. Nach Neuankündigung der Seismometer, die bei diesem Versuch zwangsläufig zerschossen wurden, wird die Messung wiederholt.

Die Ansicht von M e u s k e n s , daß die Verzögerungszeiten im Kalibergbau kürzer als in anderen Bergbauzweigen sein müssen, weil sich die Vorgaben im Salz schneller ablösen, ist nicht ausschliesslich an das Erschütterungsverhalten gebunden und besteht zu recht. Im nachfolgenden Teil werden an mehreren Stellen Beobachtungen angeführt, die nachweisen, daß die Vorgaben der ersten Zeitstufen den Gasdruck der nachfolgenden Schüsse auffangen und dadurch weitgehender zerkleinert werden. Diese Wirkung kann nur dann voll in Erscheinung treten, wenn sich die Vorgaben noch genügend nahe am Stoß befinden und noch nicht zu weit auseinander gerissen sind.

Richteffekt der Erschütterungswirkung

Wir stellten fest, daß die Methode der Verzögerung keinen Einfluss auf die Erschütterungswirkung ausübt, da selbst bei der kurzen Schußfolge mit ms-Zündung eine Verstärkung der Intensitäten nicht feststellbar war. Demgegenüber erschien jedoch die Möglichkeit naheliegend, daß die Anordnung der Bohrlöcher hinsichtlich ihrer Lage zu den erschütterungsgefährdeten Firsten von Bedeutung sein könnte. Zum Zwecke dieser Beurteilung waren Messungen darüber



Abb. 94

monetar, die bei diesem Versuch zweigeteiltig erschienen wurden, wird die Messung 46. abb. zeigt.

Die Ansicht von H e r n e , das die Verzögerung-zeiten in kalibrieren Körner als in anderen Körperweisen sein müssen, weil sich die Vorgänge in Salz schneller ab- lösen, ist nicht ausschließlich an die Erbsenblütenver- halten gebunden und besteht zu recht. In nachfolgenden Teil- werden an mehreren Stellen Beobachtungen angeführt, die nachweisen, daß die Vorgänge der ersten Zellstadien den Ein- druck der nachfolgenden Schlässe aufheben und dadurch weit- gehender verkürzt werden. Diese Verkürzung kann nur dann voll in Erscheinung treten, wenn sich die Vorgänge noch genügend nahe am Stos befinden und noch nicht zu weit auseinander gerissen sind.

Nichtzeit der Erbsenblütenwirkung

Wir stellen fest, daß die Methode der Verzögerung-zeiten keinen Einfluß auf die Erbsenblütenwirkung ausübt, da selbst bei der kurzen Verweilzeit mit na-Verbindung eine Ver- stärkung der Intensitäten nicht feststellbar war. Demgegen- über erscheint jedoch die Möglichkeit nahe liegend, daß die Anordnung der Blättchen hinsichtlich ihrer Lage zu den Erbsenblütenzellen keinen Einfluß von Bedeutung sein kann. Zum Zweck dieser Beurteilung waren Messungen darüber

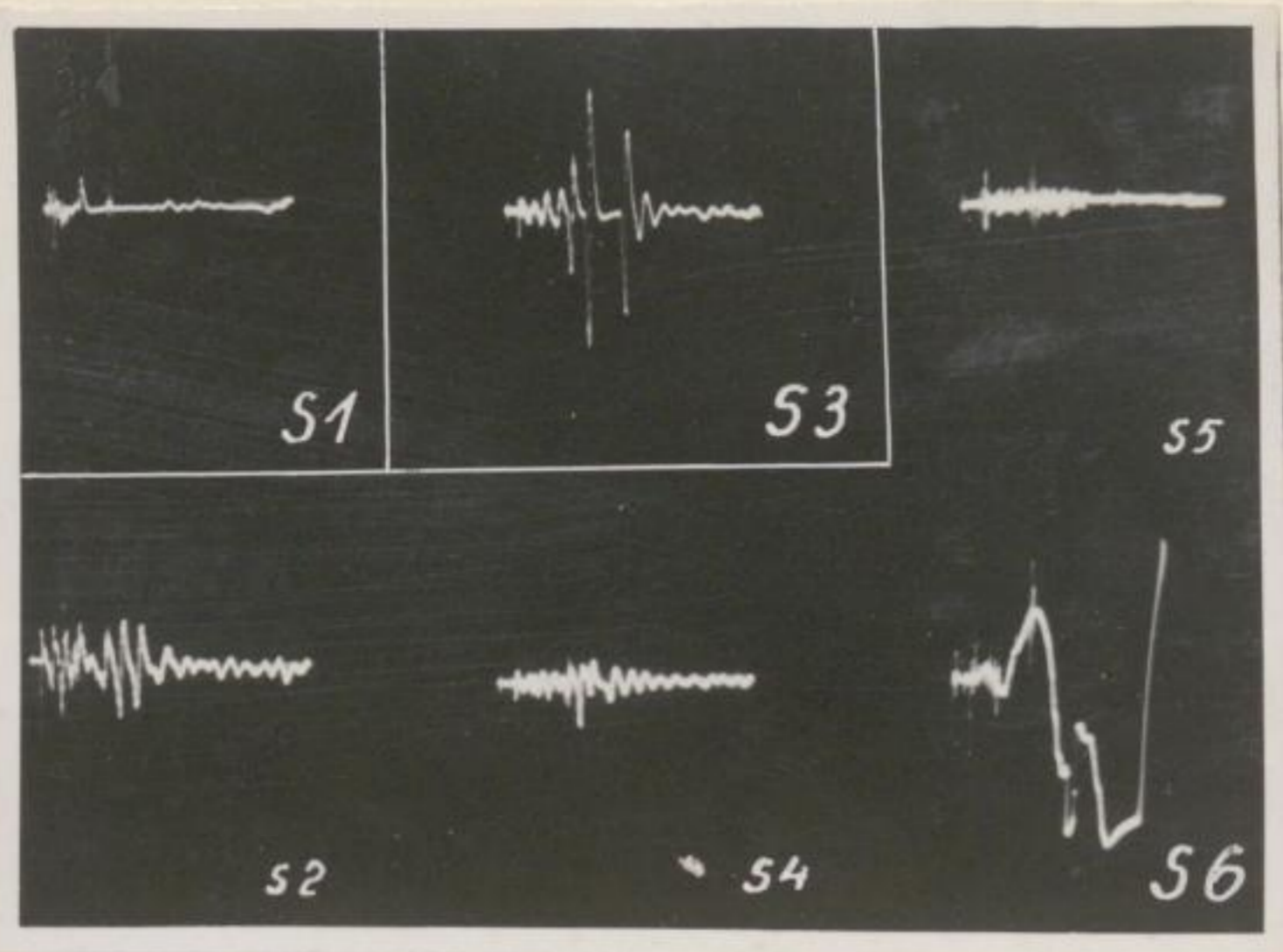


Abb. 96

einsetzen Seismometer S I eine
 weitere stärkere Erschütterung
 S I : 480 g / I cm = 40 000 cm/sec
 40 g

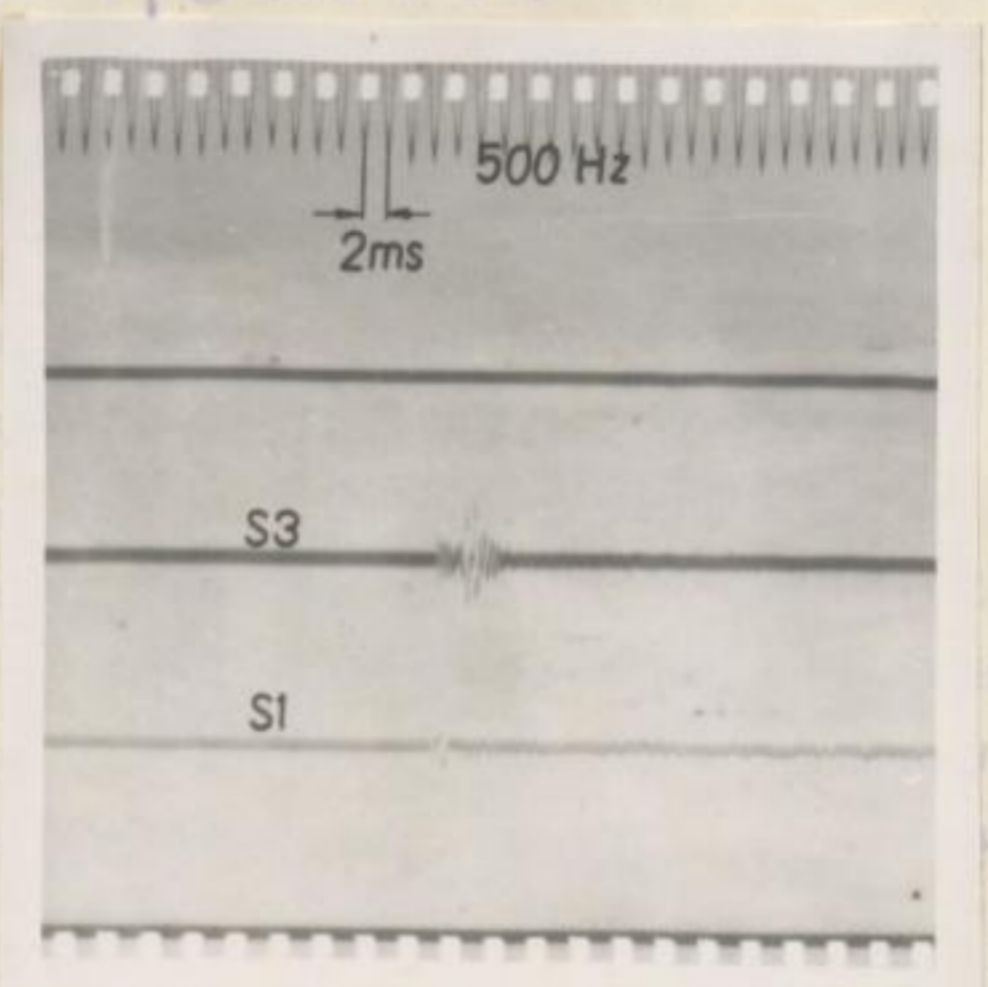


Abb. 97

hörtgen Seismo-
 5 in 1,6 m Ent-
 in geringer
 Höllich. Die
 erung in Bohr-
 ittebare Um-
 ist diese
 erkanlich aus
 ndlichen lan-

Zur Bestätigung der Bohrlöcher- und Seismometeranordnung nach Abb. 95 gelangt.

Bergakademie
 -Bücherei-
 Freiberg i. Sa.

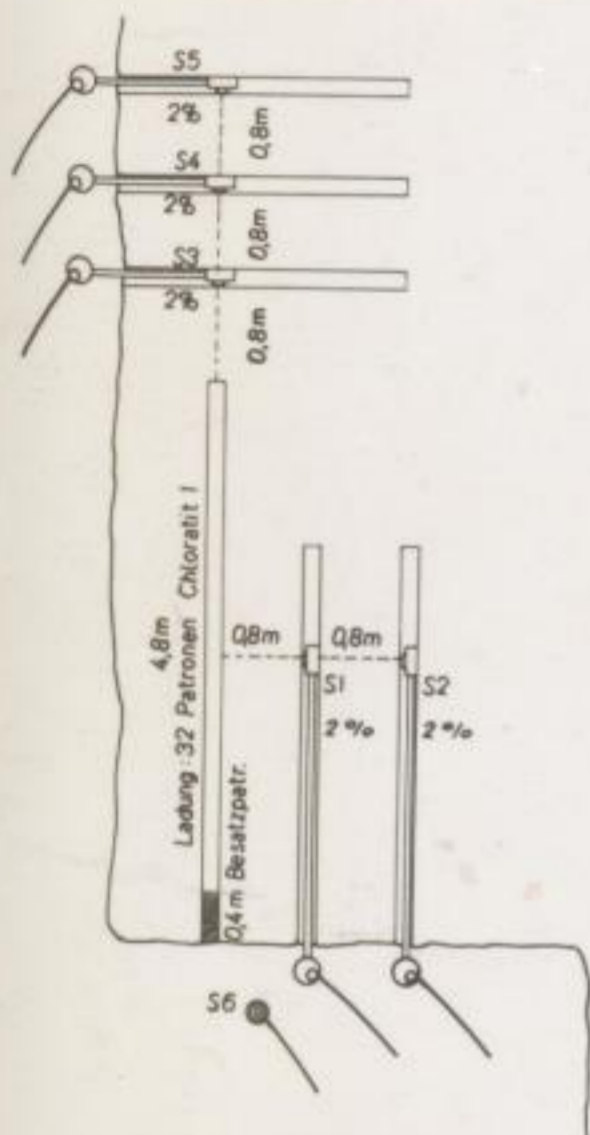


Abb.:95 Richteffekt, 2. u. 3. Schuß

Als Seismometer 1 und 3, deren Schwingungsbilder zu vergleichen sind, wurden die bei Schuß 1 unter S 1 und S 2 eingesetzten Seismometer verwendet, wobei jedoch ein Austausch in der Lage erfolgte, um evtl. Seismometereigenschaften auszugleichen.

Resultat: (Abb.96)

S 1 : 240 g || 1 mm = 40 000 cm/sec²
 S 3 : 840 g || L 40 g

(S 6 ist ein Schwingwegmesser, der in 1 m Entfernung vom Stoß auf der Sohle aufgestellt wurde. Das Schwingungsbild zeigt deutlich das Aufschaukeln des Seismometers in eine Eigenschwingung.)

Um auch alle Zufälligkeiten seitens der Registrierapparatur auszuschalten,

wurde für einen 3.Parallelversuch der Schleifenszillograph für die Aufzeichnung verwendet. S 1 und S 3 entsprechen wieder den Seismometern S 1 und S 3 in Abb.95.

Resultat: (Abb.97)

S 1 : 250 g || 1 mm = 100 000 cm/sec²
 S 3 : 700 g || L 100 g

Die Feststellung, daß im Bereich des Bohrlochtiefsten eine wesentlich stärkere Erschütterung auftritt als neben der Bohrlochspur, hat praktische Bedeutung für den Ansatz der Bohrlöcher beim Drücken der Firsten. Die schräg nach oben gerichtete Anordnung der Bohrlöcher hat nach den Meßergebnissen zur Folge, daß die stärkste Erschütterung ungünstigerweise gerade in den Salzpartien auftreten, die als Firsten der Abbaue vor starken Erschütterungen geschützt werden sollten (früher Verwendung von Sprengsalpeter in den Firstlöchern).

Zur Klärung der unterschiedlichen Erschütterungsverfor-
 lung kann zunächst auf die Tatsache hingewiesen werden,
 daß bekanntlich die Sprengkapsel unbedingt in Bohrloch-
 richtung einzusetzen ist, da infolge der gestreckten Form
 der Kapsel ein Richteffekt der Initiierung vorhanden
 ist. Bei gestreckten primitiven Sprengladungen wäre demun-
 folge die gleiche Voraussetzung für einen Richteffekt ge-
 geben.

Ferner ist zu bedenken, daß in der Umgebung des Bohr-
 lochloches durch die Besonderheiten des Abbaevorganges
 in diesem Bereich zwangsläufig stärkere Erschütterungen
 auftreten müssen. Im Bereich a-b (Abb. 98) beginnt die Tren-
 nung des Gesteins, wenn infolge der Expansionswirkung der
 Sprenggase die Zugfestigkeit σ_z nach dem Hooke'schen Ge-
 setz überschritten wird.

Im Bereich b-c erfolgt die Tren-
 nung dagegen ausschließlich durch
 Scherwirkung. Da für diese Ab-
 löschung ein größerer Aufwand an
 Energie erforderlich ist, die
 andererseits nach dem Gesetz von
 Hooke und Hooke auch zu stärkeren
 von Erschütterungen führt, geht
 aus dem häufigen Auftreten von
 Bohrlochspalten, auch im Falle
 parallel gebrochener Gänge, hervor.
 Im Bohrlochlocher mit der Schuss-
 richtung aus dem Zange wirken "
 wie der Herrmann sagt. Bekanntlich
 führen Schüsse, die vollständig
 aus dem Zange wirken (Kin-
 druckschüsse, Brennerschüsse) zu
 abnormen starken Erschütterungen.

Erzbergbau

Im Erzbergbau wird ein erheblicher Teil der Gewinnungskosten für die nachträgliche Zerkleinerung des hereingeschossenen Erzes aufgewendet. Oftmals sind Nachzerkleinerungsschüsse notwendig. Der Wunsch, dem Bergmann die schwere körperliche Arbeit durch mechanische Einrichtungen zu erleichtern, scheitert häufig an der zu groben Stückigkeit. Dies gilt vor allem für den Abbau von Lagerstätten mit großen Mächtigkeiten. Deshalb wurden die Versuche im Eisenerzbergbau durchgeführt. Die Ergebnisse haben jedoch auch für ähnliche Verhältnisse z.B. für das Drücken der Firsten im Zinnerzbergbau Gültigkeit. Das Bemühen, die Verladung des Haufwerkes durch Lademaschinen in weniger anstrengender Weise durchzuführen, wird hinfällig, wenn die Bergleute trotzdem (oder infolge begrenzter Aufnahmefähigkeit des Gerätes gerade deswegen) mehrere Stunden ihres Arbeitstages mit dem Zerschlagen von Stücken verbringen. Die Millisekundenzündung kann hier in vielen Fällen eine Verbesserung schaffen. Gegenüber der wiederholt angetroffenen Annahme, daß das Millisekundenschießen als Radikalmittel zur Beseitigung jeglicher Schwierigkeiten angesehen wird, sei auf folgende Einschränkungen verwiesen.

1. Besonders im Erzbergbau führten die Schießversuche mit Millisekundenzündung oft zu keinerlei Veränderungen der Haufwerksbeschaffenheit, weil in den betreffenden Abbauen kein Bohrschema üblich war, sondern die Schüsse regellos in die Stöße gebohrt wurden. Dies trifft besonders für den verbreiteten Pfeilerbau mit Drücken der Firsten zu. Beim Drücken der Firste werden die Schüsse nach allen Richtungen mit stark unterschiedlichen Bohrlochabständen gebohrt, je nachdem wie die Firste nach dem vorangegangenen Schießen verblieb. Es wurde in dieser Arbeit bereits wiederholt auf die Notwendigkeit der gegenseitigen Beeinflussung der Schüsse hingewiesen. Diese Voraussetzung ist bei einem derartigen Bohrverfahren nicht gegeben. Die voneinander unabhängigen Schüsse lösen große Schalen aus der Firste ab, ohne daß der benachbarte, mit ms-Zündung verzögerte Schuß einen Einfluß ausüben kann. Als die Eisenerzgruben Hüttenrode, Harz zum Drücken der Firsten ein werkseigenes ms-Zündgerät anschaffen wollten, wurde auf die Notwendigkeit hingewiesen, daß mit einem erfolgreichen Geräteeinsatz unbedingt die Einführung eines Bohrschemas ver-

verbunden sein muss. Abb. 99 stellt dieses Schema beim ersten Zündversuch dar. Für die versagerfreie Zündung waren

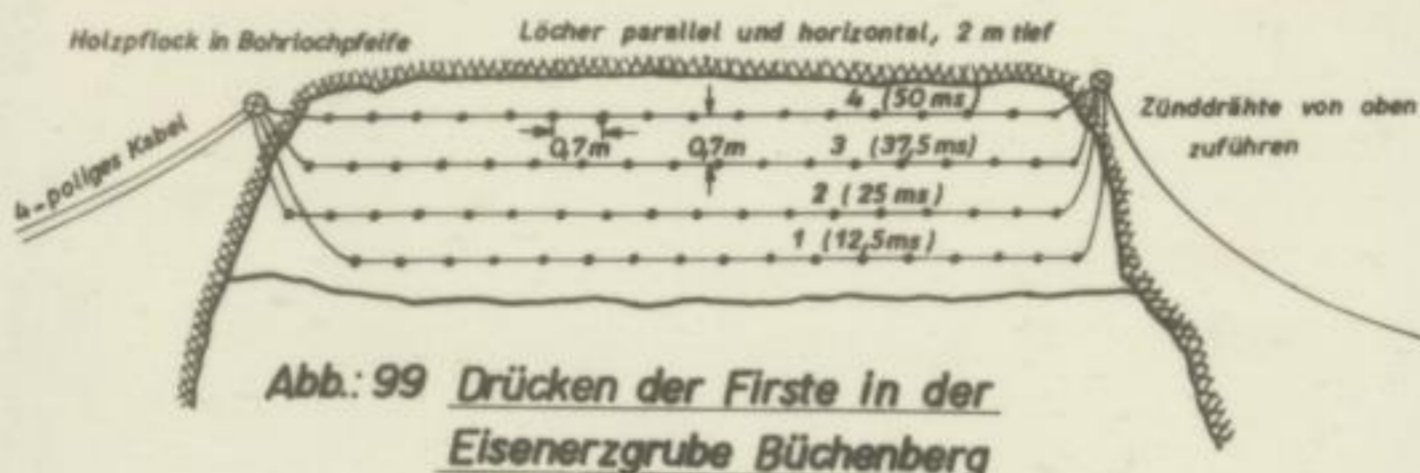


Abb. 99 Drücken der Firste in der Eisenerzgrube Büchenberg

auch bei diesem Schema die bisherigen Erfahrungen über die Zünddrahterstörung zu beachten (Zuführung der Drähte von der Firste aus).

Resultat:

Die Gesamtmasse des Haufwerkes wurde übereinstimmend als förderfähig bezeichnet. Durchschnittliche Stückgröße 15-20 cm, Nachzerkleinerungsschüsse waren nicht erforderlich (sonst durchschnittlich 10 Schuß, max. 20 Schuß). Nachzerkleinerung von Hand an 2-3 % Haufwerksanteil notwendig (sonst ca. 20 %). Einige nachzuzerkleinernde Stücke rührten vom Nachfall am Übergang zum ungeschossenen Stoß her. Es ist ratsam, die Bohrlöcher möglichst tief zu bohren, weil dann der Anteil des Nachfalles im Verhältnis zum Gesamtaufwerk prozentual weniger in Erscheinung tritt. Eine Vergrößerung des Bohrlochabstandes und der Vorgaben wurde für die Weiterführung des Verfahrens in Erwägung gezogen.

Der Einwand ist zu erwarten, daß die Kleinstückigkeit auch ohne ms-Zündung durch entsprechende Annäherung der Bohrlöcher erreicht werden könnte. Es ist selbstverständlich, daß ein Mehraufwand an Bohrmeter beim Abbohren des Stoßes wirtschaftlicher ist als das nachträgliche Anbohren der Stücke oder Auflegeschüsse mit geringer Sprengstoffausnutzung.

Beim Schiessen mit normaler Zündung sind aber der Annäherung der Schüsse Grenzen gesetzt infolge gegenseitigen Abschlagens der Vorgaben (Bohrlochabstand in dieser Grube zwangsläufig 1-2 m). Infolge der schnellen Schußfolge tritt bei der ms-Zündung das gegenseitige Abschlagen nicht mehr auf.

verbunden sein muss. Auch die Verhältnisse dieses Jahres beim
ersten Kündigungsantrag sind die Vertragsverhältnisse-Kündigungs waren

auch bei diesem Schluss die bisherigen Erfahrungen über die
Kündigungsfrist zu beachten (Bekanntmachung der Fristen von
der Fristen aus).

Resultat:

Die Gesamtmasse des Kündigungs wurde übereinstimmend als
für die Fristen bezeichnet. Die Fristen sind 15-
20 ca. Monatsfristensumme waren nicht erforderlich
(sonst durchschnittlich 10 Jahre, max. 20 Jahre). Kündiger-
Kündigung war nach 2-3 % Kündigungsanteil notwendig
(sonst ca. 20 %). Einige Kündigerkündigungen sind für
vom Kündiger im Übergang von ungeschlossenen 20 % vor. Es
ist ratsam, die Kündigungsfrist zu prüfen, weil
dann der Anteil des Kündigers im Verhältnis zum Gesamt-
Kündiger prozentual weniger in Betrachtung tritt. Eine Ver-
größerung des Kündigungsanteils und der Vorgaben wurde für
die Vorförderung des Verfahrens in Erwägung gezogen.

Der Kündiger ist zu erwarten, dass die Kündigungsfrist
auch ohne ein Kündigungs durch entsprechende Annahmen der
Kündiger erreicht werden können. Es ist selbstverständlich
nicht, dass ein Kündiger ein Kündiger sein möchte, das
Stoß wirtschaftlicher ist als die nachträgliche Annahme
der Kündiger oder Aufgeschub mit geringer Sperrfrist-
Kündigung.
Beim Abschluss mit dem Kündiger sind aber der Anbe-
tung der Schluss Grenzen gegen die Kündiger Ab-
schließen der Vorgaben (Kündigungsfrist) in dieser Größe
Kündigungsfrist 1-2 m). Infolge der normalen Kündigungsfrist
bei der Kündigungsfrist die Kündiger nicht mehr auf.

(Erläuterungen nachfolgend). Im Hinblick auf die Tatsache, daß die dringend notwendige Mechanisierung der Grube bislang durch zu großstückiges Haufwerk verhindert wurde, ist die Möglichkeit engerer Bohrlochabstände bei der ms-Zündung unbedingt auszunützen.

Die oben erwähnte versuchsweise Vergrößerung der Bohrlochabstände ist daher nur schrittweise durchzuführen, weil der Sprengstoffverbrauch gegenüber der notwendigen Mechanisierung an zweiter Stelle rangiert.

2. Es wurden im Verlaufe der Schießarbeiten wohl in einzelnen Abbauen Erfolge mit vollständiger Beseitigung der früheren Grobstückigkeit herbeigeführt, vorwiegend war jedoch zu beobachten, daß der Anteil des großstückigen Haufwerkes auf ca. 1/3 der früheren Menge zurückging. Dies bedeutet im Hinblick auf die nachteilige Einwirkung der Grobstückigkeit auf den gesamten Betriebsablauf wohl einen wesentlichen Vorteil. Dagegen ist beispielsweise die Erwartung, daß eine sonst zu projektierende Nachzerkleinerungsanlage völlig entfallen kann, wenn mit ms-Zündung geschossen wird, nicht gerechtfertigt. Derartige Hoffnungen wurden bei Auftragserteilungen an den Verfasser häufig ausgesprochen.

In der Eisenerzgrube Wittmannsgereuth stand einem umfangreichen Mechanisierungsvorhaben gleichfalls die Grobstückigkeit des Haufwerkes entgegen (Abb. 100a, 100b). Die gewählte Bohrloch-



Abbildung 100a



Abbildung 100b

(Erleichterung nachfolgend) In Hinsicht auf die Tatsache, dass die dringende notwendige Wiederherstellung der Grube bislang durch ein großbetriebiges Handwerk verhindert wurde, ist die Möglichkeit einer weiteren Beschäftigung bei der ne-Kündung unbedingt auszunutzen.

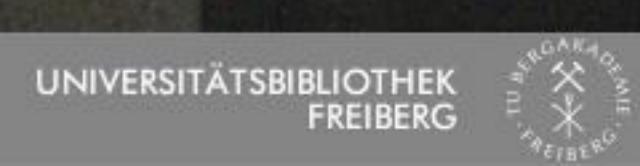
Die oben erwähnte vorgenannte Verbesserung der Bohrlochabstände ist daher nur schrittweise durchzuführen, weil der Sprengstoffverbrauch gegenüber der notwendigen Neuanstellung an zweiter Stelle rangiert.

Es wurden im Verlaufe der Schließarbeiten wohl in einzelnen Abschnitten die vollständige Beseitigung der früheren Grobwerkzeuge herbeigeführt, vorwiegend war jedoch zu beobachten, dass der Anteil des großbetriebigen Handwerks auf ca. 1/3 der früheren Menge zurückging. Dies bedeutet im Hinblick auf die Kosten der Kündung der Grobwerkzeuge auf den gesamten Beschäftigten wohl einen wesentlichen Vorteil. Dagegen ist bei der Kündung die Erwartung, dass eine sonst zu projektierenden Beschäftigtenzahl völlig entfallen kann, wohl nur in geringem Maße geschehen wird, nicht gerechtfertigt. Derartige Hoffnungen werden bei Aufträgen erzielungen an den Verleumdung nicht auszusprechen.

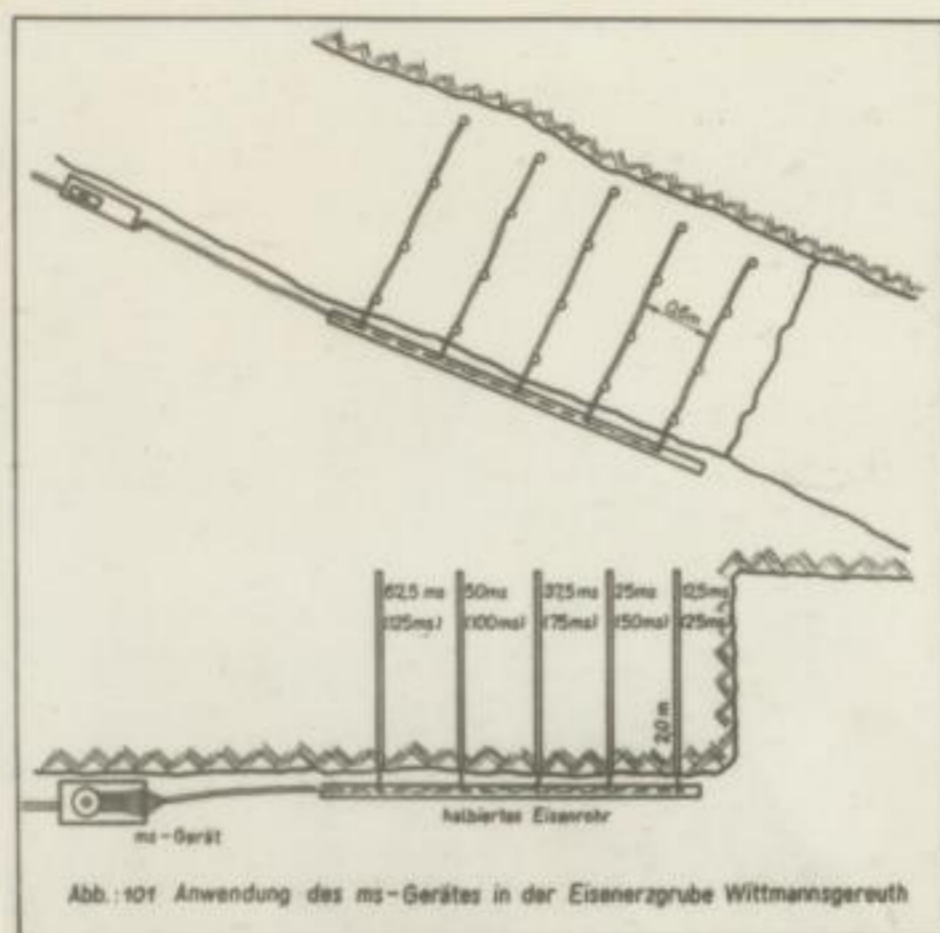
In der Kündungsphase ist zu erwarten, dass ein erheblicher Teil der Beschäftigten die Grubebetriebe des Handwerks verlassen (Abb. 100a, 100b). Die gewählte Bohrlöcher

Abbildung 100a

Abbildung 100b



anordnung gleich dem erläuterten "Idealfall" (Abb.101)



Deshalb war die Einsatzmöglichkeit für ein ms-Zündgerät geboten. Das Ergebnis der Schießversuche ist besonders deshalb interessant, weil eine weitestgehende Zerkleinerung nicht mit Verzögerungszeiten von 50 oder 25 ms (sowohl am Gerät als auch durch Zünder) zu erreichen war, sondern durch die kürzest mögliche Verzögerungszeit mit 12,5 ms. Bei dieser Verzögerungszeit konnte eine Zerkleinerung des gesamten Erzes auf 10-20 cm Stückgrösse erzielt werden. (Demgegenüber war bei der vorher üblichen Zündschnurzündung an 40 % des Haufwerkes mit Stückgrössen von 50-60 cm noch Nachzerkleinerungsarbeit zu leisten.) Die Vergleichsversuche mit 25 ms führten zur Zerkleinerung des Erzes auf ca. 20-30 cm Stückgrössen (Abb.102a, 102b).



Abb. 102 a



Abb. 102 b

anordnung gleich dem erikurten "Idealisi" (Abb. 101)

Deshalb war die Einstandszeit für ein ma-Kundert
 Geboten. Das Ergebnis der Schweißversuche ist besonders bes-
 als interessant, weil eine weitestgehende Zerkleinerung
 nicht mit Verzögerungszeiten von 50 oder 25 ma (sowohl
 an Gieß als auch durch Zünder) zu erreichen war, sondern
 durch die kürzest mögliche Verzögerungszeit mit 12,5 ma.
 Bei dieser Verzögerungszeit konnte eine Zerkleinerung des
 gesamten Erzes auf 10-20 cm Stückgrößen erzielt werden.
 (Demgegenüber war bei der vorher üblichen Stückgrößen
 an 40 cm des Haulwerkes mit Stückgrößen von 50-60 cm noch
 Nachzerkleinerungsarbeit zu leisten.)
 Die Vergleichsversuche mit 25 ma führten zur Zerkleinerung
 des Erzes auf ca. 20-30 cm Stückgrößen (Abb. 102a, 102b).

Abbildung 102a

Abbildung 102b

Von Seiten des Werkes erfolgte die Anschaffung eines eigenen Millisekundenzündgerätes nebst Spezialkabel.

Da ein Zündgerät mit 30 Zündstufen für dieses Bohrlochschema unnützen Aufwand bedeutet hätte, stellte die Firma Kentsch ein Gerät mit 8 Verzögerungsstufen (12,5 ms-Intervalle) her (Abb.103).



Abb. 103

Die Schießversuche in der Grube Wittmannsgereuth boten vorzüglich Gelegenheit, in die Ursachen der besonderen Effekte des ms-Schiessens Einblick zu nehmen. +)

Es ist zwar möglich, im voraus für jeden Schuss annähernd den von ihm zu lösenden Gebirgstheil abzuschätzen, in einfachen Fällen sogar zu berechnen, aber trotzdem schliessen Härteunterschiede, Ablösungsflächen und Unregelmässigkeiten der Bohr- und Ladearbeiten unbeabsichtigt starke Überschneidungen der Schüsse nicht aus. Wenn ein Schuss eine wesentlich grössere Vorgabe ablöst, als ihm zugedacht war, wird die Vorgabe des benachbarten Schusses dadurch im gleichen Maße geschwächt. Im Hinblick auf die Stückigkeit hat dieser Vorgang eine stark unterschiedliche Zusammensetzung des Haufwerkes zur Folge. Die grossen Stücke entstehen durch den erwähnten ersten Schuss, der an einer Ablösungsfläche, die in allen Mineralen auftreten, die besagte unvorhergesehene grosse Vorgabe als mächtigen Block ablöst. Zu dieser Ablösung ist die Sprengkraft noch imstande, nicht aber zur Zerkümmerung des abnormal grossen Stückes.

+)
Die nachfolgenden Betrachtungen haben für alle Bergbauzweige Gültigkeit.

Von Unklarheiten...
eigenen Willens...
Da die...
sich...
wird...
alle (Abb. 10)

Die...
vorbereitete...
Effekte...
Noch...
den...
Lassen...
Körper...
der...
Lungen...
Klein...
die...
Habe...
Vorgang...
Lauter...
einzelnen...
in...
grosse...
muss...
Erklärung...

*) Die...
Körper...

Um diesen Vorgang näher zu untersuchen, wurden bei einem Abschlag mehrere Schüsse einzeln gezündet und nach jeder Schuß eine Untersuchung des Stoßes vorgenommen.

In Abb. 104 ist der Ablösungsvorgang einiger Vorgaben wiedergegeben. Schuß 1 schlug einen Teil der Vorgabe des

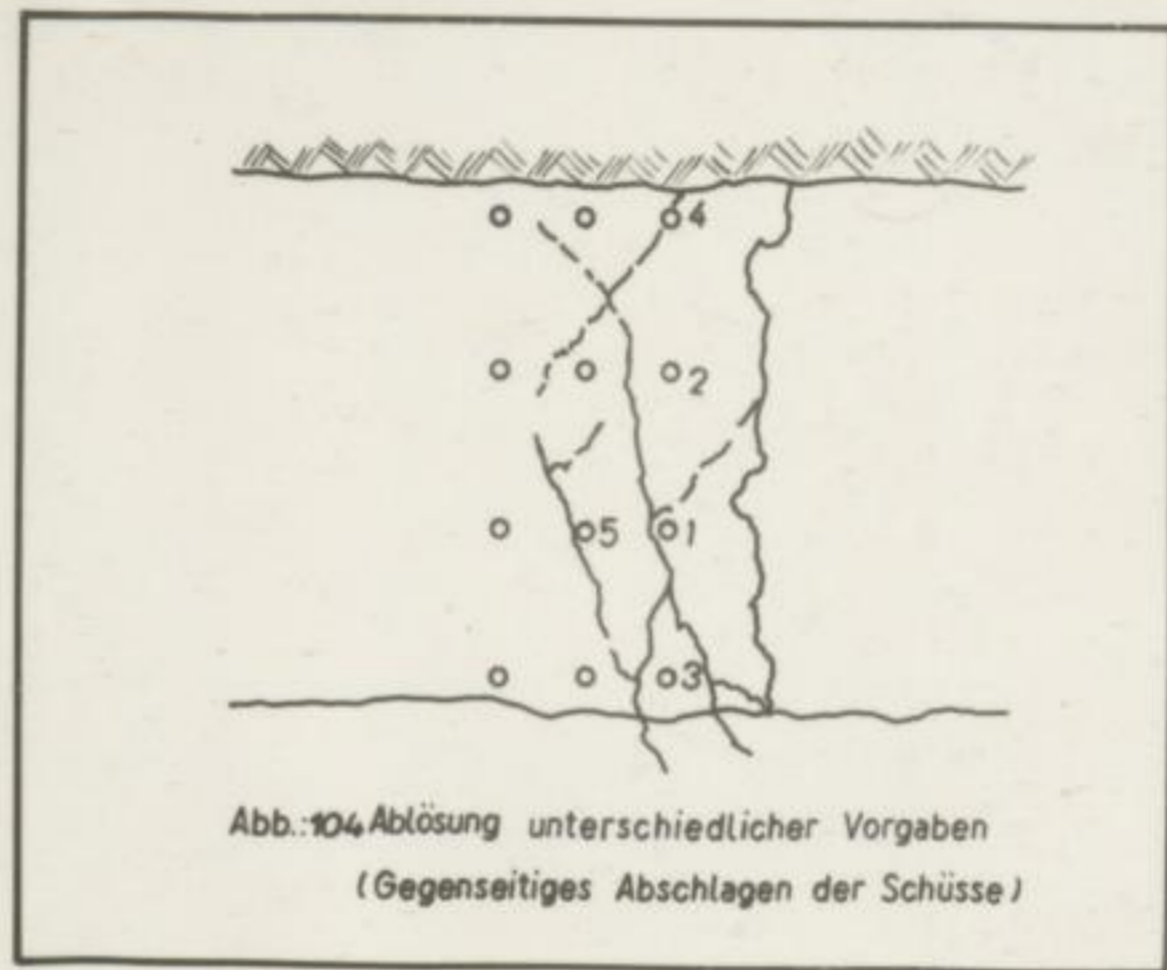


Abbildung 104

Schusses 3 ab. Es fiel neben förderfähigem Haufwerk auch ein von Hand nachzuzerkleinerndes Stück von 50 x 80 cm an.

Schuß 2 trennte auf einer Ablösungsfläche einen grossen Erzblock ab, der mit 2 Stücken von je ca. 80 - 120 cm im Abbau lag. Die Nachzerkleinerung durch aufgelegte Patronen war erforderlich. Die Ladesäule des Schusses 4 wurde von Schuß 2 mit weggeschlagen - eine bei der bergmännischen Schießarbeit bekannte Erscheinung. Schuß 3, dem eine geschwächte Vorgabe verblieb, brachte zu fein zerkleinertes Haufwerk.

Der Gedanke liegt nahe, daß bereits durch Schiessen von je einem Gang mit gleichen Verzögerungsstufen eine Änderung erzielt werden könnte, weil sich dann die 4 untereinander liegenden, gleichzeitig kommenden Schüsse nicht mehr ungleichmässige Vorgaben überlassen. Dieser Versuch wurde auch durchgeführt.

Eine Abnahme der Großstückigkeit konnte damit jedoch nicht erreicht werden. Die Ursache dafür lag in zwei Erscheinungen.

In diesem Versuch über zu untersuchen, wird bei
einem Abbieg der Lichtstrahlen ein Winkel und nach jeder
Schritt eine Unterbrechung des Strahls vorgenommen.
In Abb. 104 ist der Abbiegungsvorgang einiger Vorgänge wie
dargestellt. Schritt 1 zeigt einen Teil der Vorgänge des

Abbildung 104

Schritt 2 ab. Es liegt neben löcherförmigen Hartwerk auch ein
von Hand nachzubereitendes Stück von 50 x 80 cm an.
Schritt 3 trennte auf einer Abbiegungsfäche einen großen Bruch-
block ab, der mit 2 Stücken von je ca. 80 - 120 cm im Abstand
lag. Die Nachbearbeitung durch aufgesetzte Patronen war er-
forderlich. Die Linsen des Schusses 4 wurde von Schritt 2
mit weggeschlagen - eine bei der porzellanischen Schleifarbeit
bekannte Erscheinung. Schritt 5, dem eine geschwächte Vorgabe
vordrief, brachte zu feiner rektifiziertes Hartwerk.
Der Gedanke liegt nahe, daß bereits durch Schneiden von je
einem Gang mit gleichen Versärgungsstufen eine Änderung er-
reicht werden könnte, will sich dann die 4 untereinander lie-
genden, gleichzeitig kommenden Schüsse nicht mehr ungleich-
mäßige Vorgänge überlassen. Dieser Versuch wurde auch
durchgeführt.
Eine Abnahme der Produktivität konnte damit jedoch nicht
erreicht werden. Die Ursache dafür lag in zwei Erscheinungen

1. Bei Nachschüssen werden zwei Schüsse einer
 Zeitweise Intervalle hinter, d. h. das trotz der Ver-
 gung gleicher Schüsse für einen Gang das gegenseitig
 Abschlagen noch möglich ist.

2. Auch bei der Zündung jedes Ganges in getrennten Abschnit-
 ten mit Momentzündung liefern große Stücke an, weil sich
 nicht nur die Schüsse eines Ganges gegenseitig abschla-
 gen, sondern auch die benachbarten Gänge. Außerdem wird
 an kritischen Stellen zu beobachten, daß der nächste Gang
 vor vorher gezündeten vollständig weggeschlagen wurde.
 Bei der Zündung der Schüsse mit dem ma-Zündgerät müssen
 die Schüsse, um den rationalen Einsatz Übermann zu ermög-
 lichen, bekanntlich glatte als gangweise gezündet werden.
 Auch bei diesen Schüssen trat ein Nachfall ein. Allerdings
 zum Unterschied zur gangweisen Zündung mit normalen Inter-
 vallen nur bei den letzten Bohrbohrern eines Abschlags,
 also am Übergang zum stehenden Stoß. In diesem Fall
 len muß darauf geachtet werden, daß möglichst viele Gänge
 in einem Abschlag gezündet werden, weil sich dann der pro-
 zentuale Anteil des unvermeidlichen Nachfalls im Verhältnis
 Gesamtwert weniger bemerkbar macht.

Entscheidend ist jedoch, daß bei der ma-Zündung die
 einzelnen Schüsse und Gänge untereinander die für jeden

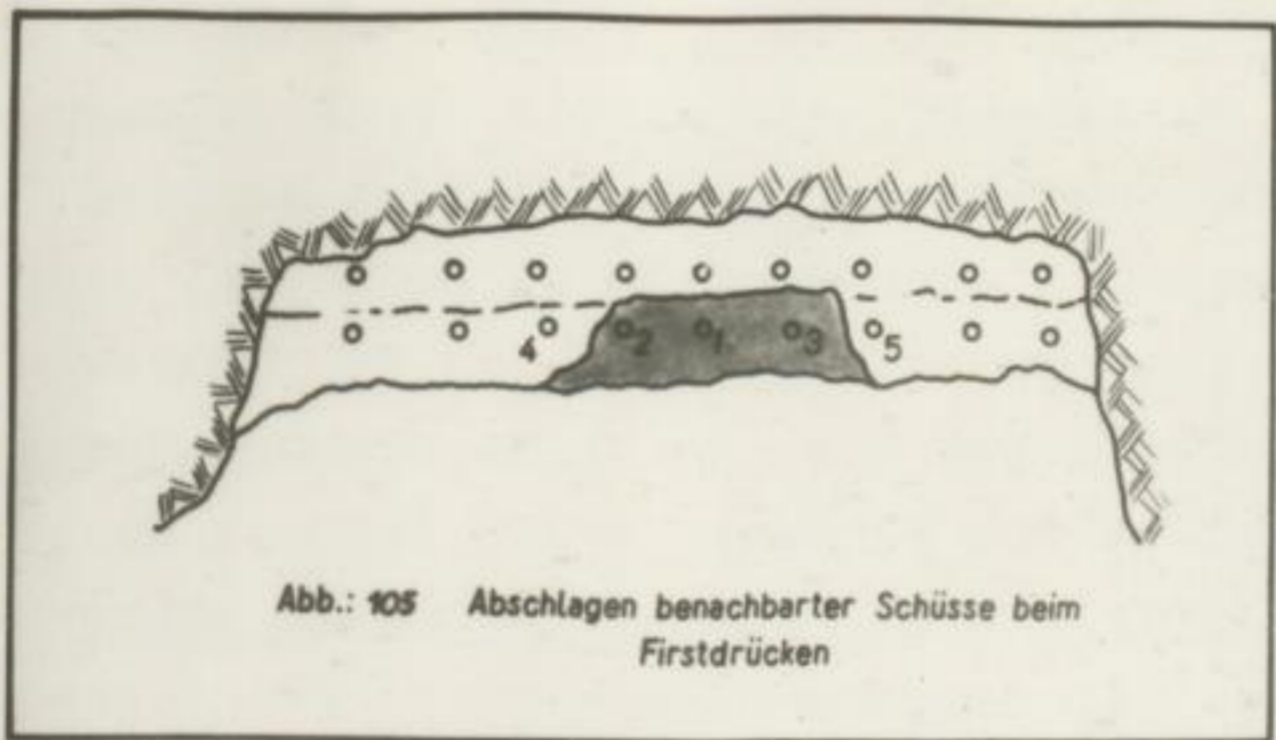


Abb.: 105 Abschlagen benachbarter Schüsse beim Firstdrücken

man... ist
 in Bereich
 der Nach-
 schüsse
 des zuvor
 findet. Die
 in Einzel-
 schuss.
 liegt bei-
 vor... zu klein abgelesen

Schuss bei
 ein Schuss
 des Nach-
 schusses
 eines Ze-
 gezündet
 überschne-
 tung. Da
 der für

Der Verfasser erblickt in dieser Artungsweise die Ursache
 für die Kleinartigkeit des Hauptwerkes bei der Millisekunden-
 zündung. Übrigens geht dieser allgemeine übliche Ausdruck
 "Kleinartigkeit" an der Kennzeichnung der tatsächlichen

1. Bei Eschbachzündern waren zwischen den Schüssen einer Zeitstufe Intervalle hörbar, d.h. daß trotz der Verwendung gleicher Zündstufen für einen Gang das gegenseitige Abschlagen noch möglich ist.

2. Auch bei der Zündung jedes Ganges in getrennten Abschlägen mit Momentzündung fielen große Stücke an, weil sich nicht nur die Schüsse eines Ganges gegenseitig abschlagen, sondern auch die benachbarten Gänge. Wiederholt war an klüftigen Stellen zu beobachten, daß der nächste Gang vom vorher gezündeten vollständig weggeschlagen wurde.

Bei der Zündung der Schüsse mit dem ms-Zündgerät müssen die Schüsse, um den rationellen Einsatz überhaupt zu ermöglichen, bekanntlich gleichfalls gangweise gezündet werden. Auch bei diesen Schüssen trat ein Nachfall ein. Allerdings zum Unterschied zur gangweisen Zündung mit normalen Intervallen nur bei den letzten Bohrlöchern eines Abschlages, also am Übergang zum stehenbleibenden Stoß. In diesen Fällen muß darauf geachtet werden, daß möglichst viele Gänge in einem Abschlag gezündet werden, weil sich dann der prozentuale Anteil des unvermeidlichen Nachfalles im Verhältnis zum Gesamtaufwerk weniger bemerkbar macht.

Entscheidend ist jedoch, daß bei der ms-Zündung die einzelnen Schüsse und Gänge untereinander die für jeden Schuß bzw. jeden Gang vorgesehene Vorgabe zertrümmern. Ist ein Schuß im Begriff, mit seiner Schußwirkung den Bereich des Nachbarschusses zu überschneiden, so wird dieser Nachbarschuß bereits nach z.B. 50 ms gezündet, also innerhalb eines Zeitraumes, während dem sich das Haufwerk des zuvor gezündeten Schusses noch im Ablösungsvorgange befindet. Die Überschneidung der Vorgaben tritt deshalb nicht in Erscheinung. Der nachfolgende Schuss nimmt mit seinem Gasdruck, der infolge der geschwächten Vorgabe sogar gesteigert hervortritt, an der Zerkleinerung der evtl. zu groß abgelösten Vorgabe des vorausgegangenen Schusses teil.

Der Verfasser erblickt in dieser Wirkungsweise die Ursache für die Kleinstückigkeit des Haufwerkes bei der Millisekundenzündung. Übrigens geht dieser allgemein übliche Ausdruck "Kleinstückigkeit" an der Kennzeichnung der tatsächlichen

Beschaffenheit des Haufwerkes nach dem Schiessen mit ms-Zündung vorbei. Bei der Beurteilung der zahlreichen Versuchsergebnisse konnte übereinstimmend festgestellt werden, daß sowohl der Anteil zu grosser Stücke vermindert wurde, andererseits aber auch die extrem feine Haufwerkskomponente wesentlich weniger in Erscheinung tritt. Es müsste deshalb richtiger heissen: Die Millisekundenzündung gewährleistet mittelstückiges Haufwerk. Wir ersehen auch daraus eine Bestätigung für die veränderte Art der Vorgabenablösung, wie sie soeben beschrieben wurde.

Eine Übereinstimmung mit den Darlegungen über die Ursache der weitergehenden Zerkleinerung bei der ms-Zündung zeigt vor allem ein Vergleich der auftretenden Stückigkeit in verschiedenen Mineralien und bei unterschiedlichen Schußanordnungen. Das gleiche Bohrschema, das Abb. 104 zeigt, wurde auch wiederholt im Kalibergbau angewendet. Im Haufwerk konnte jedoch keine Veränderung der Stückigkeit bei der ms-Zündung festgestellt werden. Die Ablösungsflächen und Klüfte, die im Erzbergbau besonders starken Einfluss ausübten, waren im Kalisalz nur schwach ausgeprägt oder fehlten völlig. Dagegen herrschte beim Drücken der Firsten zwischen Kali- und Erzbergbau weitgehende Übereinstimmung. In beiden Bergbauzweigen trat die Erscheinung auf, daß ein Zündschnurschuss in der Firste mitunter mehrere benachbarte Schüsse abschlug (Abb. 105). In den Firsten beider Bergbauzweige ist die Schwerkraft bei der Ablösung der Vorgabe stark wirksam. Die Sprengwirkung eines Schusses reicht oft aus, um selbst bei schwach ausgeprägter Lagenbildung eine Abtrennung über mehrere Schüsse hinweg hervorzurufen, während das eigentliche Abwerfen der Vorgabe durch die Schwerkraft bewirkt wird. Es ist selbstverständlich, daß deshalb gerade beim Drücken von Firsten die in Abb. 104 erläuterten Vorgänge des gegenseitigen Abschlagens gültig sind und demzufolge durch die Millisekundenzündung ein starker Rückgang der Großstückigkeit erreicht wird.

Einige Versuchssprengungen, die gleichfalls Folgerungen für die zweckmäßigste Durchführung der ms-Zündung zulassen, fanden im Eisenerztagebau Schmiedefeld statt.

Die Schießarbeit in diesem Tagebau war bislang mit grössten Schwierigkeiten verbunden, weil die Schleuderwirkung einzelner Haufwerksstücke die angrenzende Ortschaft gefährdete.

Auch an diesem Schußort bestätigen sich die Überlegungen über das veränderte Werfen der Vorgaben zwischen normaler Zündung und ms-Zündung.

Das Herausschleudern des Haufwerkes aus den Abbautrümmern konnte trotz Steigerung der Sprengstoffmenge beim Millisekundenschiessen verhindert werden.

Die Schleuderwirkung bei den normalen Verzögerungen trat infolge des erwähnten unvorherzusehenden Schwächens der Schußvorgaben durch benachbarte Schüsse auf. Um Abhilfe zu schaffen, ging der Tagebau versuchsweise dazu über, sämtliche Schüsse mit Momentzündung zu schießen. Aus Abb. 106a ersehen wir, daß dies zwangsläufig zu einem Verstoß gegen das Grundgesetz der Sprengtechnik führte, demzufolge jedem Schuß freie Vorgabe verschafft werden muss. Bevor nicht die oberen Schüsse abgeworfen sind, müssen die darunter angeordneten Schüsse aus dem Zwange wirken. Die Schleuderwirkung

konnte vermindert, allerdings nicht völlig beseitigt werden, demgegenüber nahm aber die Großstückigkeit infolge Fehlens der freien Vorgabe noch weiter zu.

Zunächst erfolgte die Zündung einiger Abschläge nach den beiden in Abb. 106a eingezeichneten Verzögerungsschemen mit chemischen ms-Zündern. Es galt, danach die Vorteile der völlig veränderten Haufwerkslage und Haufwerksbeschaffenheit (s.u.) auch unter Anwendung eines ms-Gerätes herbeizuführen.

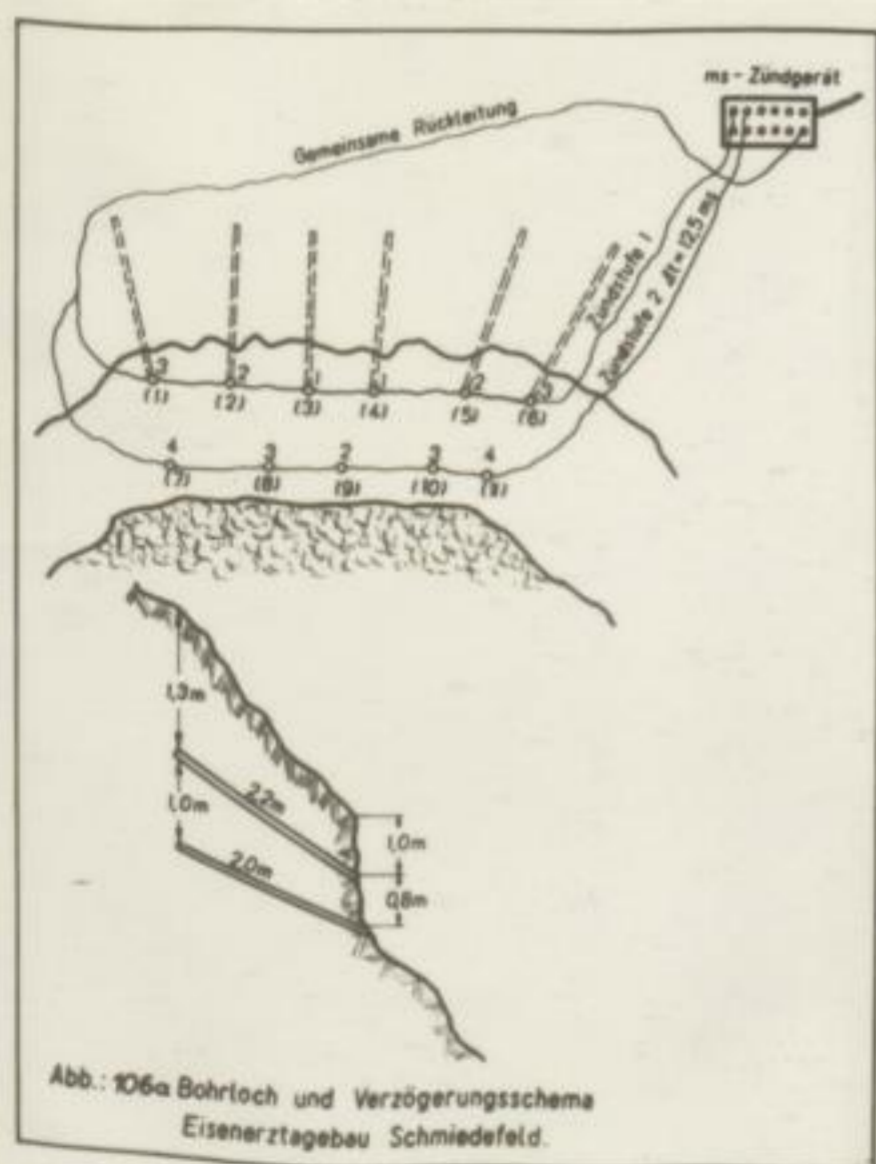


Abb.: 106a Bohrloch und Verzögerungsschema
Eisenerztagebau Schmiedefeld.

Kritische Versuchsergebnisse, die gänzlich die Folgerungen
für die zweckmäßigste Herstellung der Na-Kombi-
sion, finden im Handwörterbuch S. 1010 bestätigt.
Die Schlussfolgerung ist, dass die Na-Kombi-
größen schwerer zu erhalten sind, weil die Na-Kombi-
tion einerseits Hautverfärbungen die nennenswerte Ursache
gefährdet.

Auch an diesen Nachforschungen bestätigt sich die Überzeugung
über das veränderte Verhalten der Vorgabe zwischen normaler
Kombi und Na-Kombi.

Das Heranzuschleppen der Hautstücke aus der Abstrich-
form konnte trotz Steigerung der Spinnstoffmenge beim Mi-
schungsversuchen verhindert werden.

Die Schweißwirkung bei den normalen Versuchsreihen trat
infolge des erwähnten unvorhergesehenen Schwachsens der
Schwefelgaben durch den zu geringen Schwefelgehalt. Um Abhilfe zu
schaffen, ging der Versuch vornehmlich dazu über, statt
liche Schwefel mit Natriumchlorid zu schmelzen. Am 1. April
erwies sich, dass dies zweckmäßig zu einem Vorzug gegen
das Grundgesetz der Spinnstoffherstellung, demzufolge jeder
Schwefelgabe vorzuziehen ist, werden muss. Bevor nicht die
oberen Schmelze abgeworfen sind, müssen die Hautstücke sorgfältig
nach Schmelze aus der Form entfernt werden. Die Schweißwirkung
konnte verhindert, allerdings nicht
gänzlich beseitigt werden, doch ge-
wahrte man eben die Größtmöglichkeit
infolge des Schwachsens der freien Vorgabe
nach weiter zu.

Am 1. April erfolgte die Erhebung
weiterer Nachforschungen nach dem Verhalten
in der Na-Kombi einseitiger Versuch
Vergleichen mit chemischen Na-Kombi-
gaben. Es geht, danach die Vorteile
der völlig veränderten Hautverfärbung
bei der Hautverfärbungsfähigkeit
(2. u. 3.) auch nach Anwendung eines
niedrigeren Natriumgehaltes.

Der Anschluss von 4 bzw. 11 Verzögerungsstufen wäre mit einem Aufwand von Zeit und Sorgfalt verbunden gewesen, der seitens der Schießhauer berechtigterweise als praktisch undurchführbar bezeichnet wurde. Es verblieb nur die Möglichkeit, jeweils eine horizontale Schußreihe zu einer Verzögerungsstufe zusammenzufassen. Dabei war allerdings zu erwarten, daß die Zerkleinerungswirkung, die sonst zwischen den horizontal und vertikal gegeneinander verzögerten Schüssen auftrat, abgeschwächt würde, da nur ein Verzögerungsintervall vorhanden war. Die Tatsache, daß trotzdem keine Minderung der günstigen Auswirkung gegenüber chemischen ms-Zündern eintrat, bedeutete eine wesentliche Erkenntnis für die Vereinfachung des Geräteeinsatzes bei ähnlichen Bohrlochanordnungen. Die günstigste Schußwirkung trat auf, wenn die untere Schußreihe gegenüber der oberen Reihe eine stärkere Ladung erhielt. (1. Reihe = 10 Patronen Gelatine Donarit¹, je Schuß, 2. Reihe = 14 Patronen.) Durch die Überladung der unteren Schußreihe konnte erreicht werden, daß das Haufwerk dieser Schüsse eine stärkere Anfangsbeschleunigung erhielt. Eine zusätzliche Zerkleinerung, die offenbar dem Aufprall des Erzes der unteren Schüsse auf die langsamer abgeworfenen Vorgaben der oberen Schüsse zuzuschreiben ist, konnte durch diese Maßnahme erzielt werden. Nachfolgend anhand des Gesamtergebnisses der Versuchsreihe ein Vergleich.

Momentzündung: 50-80 % des Haufwerkes zerkleinerungsbedürftig; auch im zerklüfteten Erz noch 25 % Stücke. Durchschnittlich 50 Stücke (max. 80 Stücke) je Abschlag, durch Auflegerschüsse nachzuzerkleinern.

ms-Zündgerät: Im zerklüfteten Erz nur an 5-10 Stücken Zerkleinerung erforderlich (entspricht ca. 2-3% Haufwerksanteil). Hauptmasse des Erzes konnte sofort durch die 40 cm-Öffnung des Rollengitters abgezogen werden. Schießarbeit entfiel völlig.

Bergakademie
Freiberg
1928

Der Anschluss von 4 bzw. 11 Verabfolgungswerten wäre mit einem Aufwand von Zeit und Sorgfalt verbunden gewesen, der selbst bei Schließung der Verabfolgungswerte als praktisch unzureichend bezeichnet wurde. Es verblieb nur die Möglichkeit, jeweils eine horizontale Schraube zu einer Verabfolgungswerte zusammenzulassen. Dabei war als Last zu erwarten, dass die Kerkelnerungswirkung, die sonst zwischen den horizontalen und vertikalen gegenüberliegenden Schrauben eintritt, abgeschwächt würde, da nur ein Verabfolgungswert vorhanden war. Die Tatsache, dass trotzdem keine Minderung der günstigen Auswirkung gegenüber chemischen ma-Bündeln eintrat, bedeutete eine wesentliche Erkenntnis für die Vereinfachung des Gerätebaus bei ähnlichen Kerkelnerungen. Die günstige Schraubwirkung trat auf, wenn die untere Schraube gegenüber der oberen Hälfte eine stärkere Ladung erhielt. (I. Reihe = 10 Patronen Gelatine Donarit, je Schuß, 2. Reihe = 14 Patronen.) Durch die Überladung der unteren Schraube konnte erreicht werden, daß das Hauptwerk dieser Schraube eine stärkere Anzugsbeschleunigung erhielt. Eine zusätzliche Kerkelnerung, die offenbar dem Anfall des Risses der unteren Schraube auf die langsamere abgeworfene Vorgabe der oberen Schraube zuzuschreiben ist, konnte durch diese Maßnahme erreicht werden. Nachfolgend an und das Gesamtergebnis der Versuchsreihe ein Vergleich.

Werkstoffdauer: 50-80 % des Hauptwerkes zerkleinerungsbedürftig; auch in zerkleinerbaren bis noch 25 % Stücke. Durchschnittlich 50 Stücke (max. 80 Stücke) je Abschlag, durch Anzugsbeschleunigung nach zerkleinern.

ma-Bündel: In zerkleinerbaren bis nur an 5-10 Stellen zerkleinerung erforderlich (entspricht ca. 2-3% Hauptwerkanteil). Hauptmasse des Risses konnte sofort durch die 40 mm-Öffnung des Hülzenkörpers abgezogen werden. Schließarbeit entfällt völlig.





Abbildung 106b
Im harten, kompakten Erz: 15-25% des Haufwerkes
zerkleinerungsbedürftig, 10-20 Stücke je Abschlag
zu zerschlagen.

Besonders der wesentliche Rückgang der Anzahl nachträglich zu zerschlagender Stücke rechtfertigt die Anwendung eines Zündgerätes in diesem Tagebau. Der Mehraufwand beim Anschliessen der Schüsse betrug etwa 5-10 min, ein Zeitraum, der im Hinblick auf die andererseits erzielten Vorteile bedeutungslos ist. Das Gerät wurde in ca. 20 m Entfernung auf den Trichterrand gestellt. Von da aus führte eine Doppelleitung zu den Schüssen und eine einfache isolierte Litze als gemeinsame Rückleitung wieder zum Gerät (Abb. 106a).

Die Lage des Haufwerkes wurde in vorteilhafter Weise verändert: Bei den Schießarbeiten im Kalibergbau stellte die stark erhöhte Schleuderwirkung einen wesentlichen Vorteil dar. Demgegenüber trat bei allen Abschlägen mit ms-Zündung im Tagebau eine verminderte Schleuderwirkung dann hervor, wenn als Vergleichsmaß die Wurfweite einzelner Stücke des Haufwerkes gewählt wird. Die Wurfweite dieser Stücke ist aber für die Gefährdung der Umgebung maßgebend. Das Haufwerk verblieb bei den ms-Zündungen vollständig im Abbautrichter. Die durchschnittliche Wurfweite der Hauptmasse des Haufwerkes war jedoch grösser als bei der sonst üblichen Zündung. Während sonst die Hauptmasse des Haufwerkes, abgesehen von den weit in das Gelände ge-

Abbildung 100b
In diesen, kompositen Bild 15-25 des Handwerks
sarkofagenbedeutung, 10-20 Stücke je Abteilung
zu sortieren.

Insbesondere der wesentliche Nachtrag der Anzahl kunstvollig
zu berücksichtigender Stücke rechtfertigt die Anwendung eines
Zündgesetzes in diesem Tagbuch. Der Metallwand beim An-
schließen der Schlässe beträgt etwa 5-10 min, ein Zeitraum,
der im Hinblick auf die anderweitig erteilten Vorteile beden-
kenswert ist. Das Gerät wurde in ca. 20 m Entfernung auf den
Triebortens gerichtet. Vor dem Zünden eine Doppelentladung
zu den Schlässen und eine einzelne isolierte Litz als Gemein-
same Rückleitung wieder am Gerät (Abb. 100a).
Die Lage des Handwerks ergibt in vorerwähnter Weise vor-
sichtiger bei den Schließarbeiten zu berücksichtigen stellen die
stark erhöhte Schließleistung einen wesentlichen Vorteil dar.
Gegenüberher trat bei allen Abzählungen mit na-Erhebung im Tage-
buch eine vorübergehende Schließleistung dann hervor, wenn die
Vorgabe nach die wertvolle Einzelstücke des Handwerks
gewährt wird. Die Vorteile dieser Stücke ist aber für die Ge-
klärung der Umgebung vorhanden. Das Handwerk verliert bei den
no-Erhebungen vollständig im Abhandlung. Die durchschnittliche
Wertseite der Hauptmasse des Handwerks war jedoch größer als
bei der sonst üblichen Erhebung. Während sonst die Hauptmasse
des Handwerks, abgesehen von der Zeit in das Gelände ge-

schleuderten Schüssen, am Arbeitsstoß verblieb, wurde das Haufwerk bei der ms-Zündung ca. 10-15 m weit auf die Rolle geworfen. Dadurch trat noch der zusätzliche Vorteil einer bequemen Abförderung auf.

Wir können in bezug auf die Schleuderwirkung eine Parallele zur veränderten Stückigkeit des Haufwerkes bei der ms-Zündung feststellen. In gleicher Weise wie der Anteil mittelgrosser Stücke, bei gleichzeitiger Abnahme grober und feinstückiger Anteile, zunimmt, ist auch eine Zunahme der durchschnittlichen Wurfweite bei gleichzeitiger Minderung des weiten Abschleuderns einzelner Stücke festzustellen. Bemerkenswert für die Schleuderwirkung bei den ms-Sprengungen in Tagebauen ist die geringere durchschnittliche Wurfweite gegenüber den Wurfweiten in untertägigen Grubenbauen, die beispielsweise bei der ms-Zündung in Streckenvortrieben bis 35 m betragen.

Wir stellten bereits anlässlich der Betrachtungen über die verstärkte Schleuderwirkung in Streckenvortrieben des Kalibergbaues fest, daß bei der ms-Zündung die Gasdruckwirkung infolge der kurzen Schußfolge um ein Vielfaches erhöht wird. Die Wirkung der enorm gesteigerten Mengen umgesetzter Sprengstoffgase ist von den Abmessungen des Grubenbaues abhängig. Während sich die Gasdruckwirkung in Abbauräumen infolge Freilegen des Arbeitstoßes vorteilhaft äußerte, war in Streckenvortrieben die Schleuderwirkung nicht in jedem Falle nur von Vorteilen begleitet. Besonders in sehr schmalen Streckenvortrieben traten oftmals verheerende Auswirkungen an Ausbau, Wetterlatten und den Gleisen auf. Dieser Unterschied ist erklärlich, da in Vortrieben mit geringem Querschnitt, der durch die Strecke fegende Druckstoß intensiver ist als in grösseren Abbauräumen. Die Möglichkeiten zur allseitigen Expansion der Sprenggase ohne genau vorgezeichnete Richtung ist in Abbauräumen grösser. Dieser Sachverhalt wird deshalb eingehend erwähnt, weil in neuerer Zeit das Referat über eine Veröffentlichung der Zeitschrift "Ugol" Verwirrung angerichtet hat [23]. In der Veröffentlichung

wurde erwähnt, daß bei einigen Abschlägen in der Versuchsgube Makejewka mit ms-Zündung eine Verminderung der Schleuderwirkung feststellbar war. Betriebe, die ihre schmalen Streckenvortriebe mit Türstockzimmerung ausbauen, hofften auf Grund dieses Berichtes durch geringe Schleuderwirkung eine Schonung des Ausbaues zu erreichen. Die Durchsicht der Einzelheiten des Berichtes zeigt, daß in den *Stößen* größerer Grubenräume Bohrlochsystemen von Streckenvortrieben nachgebildet worden sind.

In gleicher Weise wurde zur Untersuchung des ms-Schießens beim Schachtabteufen ein Abschlag mit dem entsprechenden Bohr schema übertage gezündet.

Während die sonstigen Besonderheiten der ms-Zündung durchaus bei gleichen Gesteinsverhältnissen übertragbar sind, ist dies jedoch hinsichtlich der Schleuderwirkung aus oben dargestellten Gründen keinesfalls möglich.

Die Abhängigkeit der Schleuderwirkung von der Expansionsmöglichkeit der Sprenggase bestätigt überdies die Feststellung, daß die erhöhte Wurfweite nicht durch ein gegenseitiges Aufeinanderschlagen der Haufwerksstücke, sondern durch die Fegewirkung der Detonationsgase hervorgerufen wird.

Die Feststellung, daß ein Abschlag mit zwei horizontalen Schußreihen mit einem ms-Gerät in einfacher Weise mittels zwei Zündstufen gezündet werden kann, wurde auf die Verhältnisse im Eisenerztagebau Badeleben übertragen. Der Unterschied im Bohrlochsystem lag lediglich darin, daß im Tagebau Badeleben jeweils 50 Schuss in einer horizontalen Reihe gezündet werden. Der Schießversuch brachte hinsichtlich der Schußwirkung die Bestätigung der Resultate von Schmiedefeld.

Für den Baggerbetrieb des Tagebaues erwies es sich bis dahin als störend, daß ein Teil des Erzes aus dem Bohrloch-tiefsten der unteren Schußlöcher sehr großstückig anfiel und nachträglich zerschossen werden musste (s. Abb. 107). Diese Erscheinung ist die zwangsläufige Folge der gleichzeitigen Zündung beider Reihen mit Momentzündung. Ein Schiessen mit normalen Verzögerungen erwies sich in der stark zerklüfteten Lagerstätte als unmöglich, da einzelne Klüfte auch die Vorgaben der Nachbarschüsse durchsetzen und somit die Zerstörung

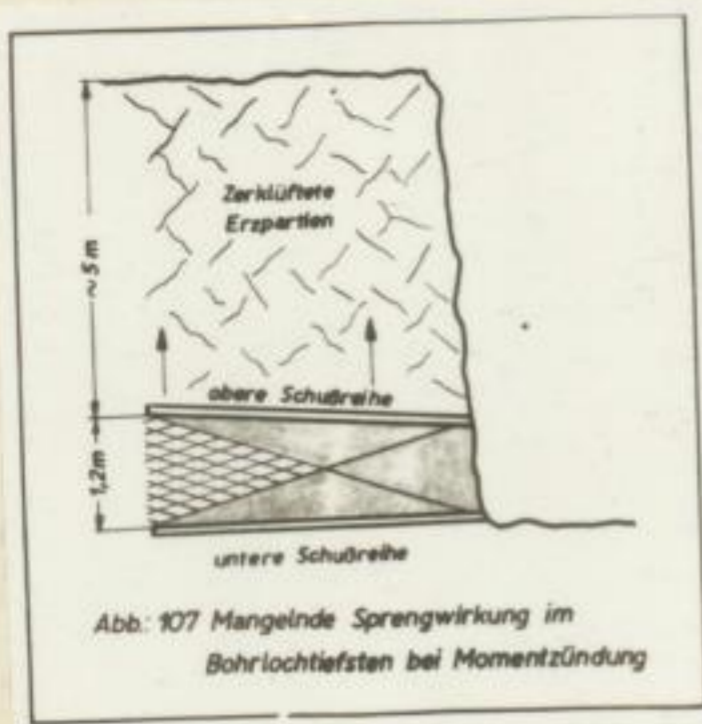
wurde erwähnt, daß bei diesen Abwägungen in der Veranschaulichung der Schweißwirkung festzustellen war, daß die schmalen Streckenverhältnisse mit Streckverhältnissen ausbauen, hoffen auf Grund dieses Verhältnisses durch geringe Belastungswirkung eine Schonung des Ausbaues zu erreichen. Die Durchsicht der Einzelheiten des Verhältnisses zeigt, daß in der größeren Verhältnisse höheren Verhältnissen von Streckenverhältnissen nachfolgend wurden sind.

In gleicher Weise wurde zur Untersuchung des ma-Schweißens beim Schweißarbeiten ein Verhältnis mit dem entsprechenden Verhältnis übertragen wurde. Während die sonstigen Verhältnisse der ma-Schweißung durch aus bei diesen Verhältnissen übertragen sind, ist dies jedoch hinsichtlich der Schweißwirkung aus den dargestellten Gründen keinesfalls möglich.

Die Abhängigkeit der Schweißwirkung von der Expansionsfähigkeit der Sprünge besteht darin daß die erhöhte Drucke nicht durch ein gegenseitiges Aufeinanderweichen der Halbkugeln, sondern durch die Wirkung der Detonationsgas hervorgeht wird.

Die Feststellung, daß ein Abwägung mit zwei horizontalen Schweißlinien mit einem ma-Gas in einer einzelnen Welle mittels zwei horizontalen Verhältnissen übertragen werden kann, wurde auf die Verhältnisse im Eisenwerkstoff übertragen. Der Unterschied im Verhältnis lag lediglich darin, daß im ersten Verhältnis jeweils 50 Verhältnisse in einer horizontalen Welle festgelegt wurden. Der Verhältnis brachte hinsichtlich der Schweißwirkung die Bestätigung der Resultate von Schweißfeld.

Vor dem Verhältnis des Verhältnisses erwies es sich daß das Stören, daß ein Teil des Krises aus dem Verhältnis der unteren Verhältnisse sehr großartig antiel und nachteilig ausgesprochen werden mußte (s. Abb. 107). Diese Ursache ist die zwangsläufige Folge der gleichenzeitigen Verbindung beider Reihen mit Momentenbindung. Ein Schweißen mit normalen Verhältnissen erwies sich in der stark zirkulierten Verhältnisse als unmöglich, da einzelne Kräfte nach der Vorgabe der Nachbarreihen durchsetzen und somit die Verzerrung



benachbarter Ladesäulen auftrat. Die Wirkung der untersten Schüsse ist derjenigen von Schüssen gleichzusetzen, die aus dem vollen Erzstoß geschossen werden. Aus Abb. 107 ist ersichtlich, daß im Tiefsten der Auswurftrichter, die bei Schüssen aus dem vollen Stoß maßgeblich sind, eine Zone verbleibt, die von der Sprengwirkung nur wenig zertrümmert wird.

Die Verzögerung beider Schußreihen mit 12,5 ms schaffte der unteren Schußreihe freie Vorgabe und vermied den Anfall grosser Blöcke.

Das Bemerkenswerte der Versuche war die überraschende Feststellung, daß eine Verwendung von chemischen Millisekundenzündern im Tagebau Baderleben scheiterte. Der Abb. 107 ist zu entnehmen, daß die Schüsse der oberen Schußreihe eine Vorgabe von 5 m abwerfen müssen. Diese starke Überlagerung würde zu einer schlechten Schußwirkung führen, wenn nicht bereits eine natürliche Zerklüftung der Lagerstätte vorhanden wäre. Für diese Schüsse verbleibt somit die Aufgabe, die Erzmassen abzuwerfen. Andererseits ist es erklärlich, daß Einzelschüsse, die nicht von gleichzeitig kommenden Nachbarschüssen unterstützt werden, nicht in der Lage sind, 5 m überlagerndes Erz abzuwerfen. Die Reibungswiderstände zwischen den zerklüfteten Erzstücken sind bei verzögerten Schüssen offenbar schwieriger zu überwinden als dies bei Zündung sämtlicher Schüsse auf einer breiten Front der Fall ist. Beim Schiessen mit chemischen Millisekundenzündern wurde der gesamte Abschlag nur angehoben. Außer dieser Verbreiterung der Klüfte trat am Abbaustoß keine Veränderung ein, obwohl keiner der gezündeten Schüsse als Versager im Stoß verblieb. Zur Verzögerung zwischen den Zeitstufen ist noch der in diesem speziellen Teil nachteilige Einfluss der Streuung zwischen den Zündern einer Stufe hinzugetreten.

Bei der Befahrung weiterer Gruben, in denen die Einführung der Millisekundenzündung beabsichtigt ist, konnte fest-

gestellt werden, daß in der Praxis zahlreiche Schießarbeiten mit diesem einfachen Bohrlochschema durchgeführt werden. Es wäre für Fälle, wo der Einsatz eines ms-Gerätes auf die Zündung von zwei Verzögerungsstufen beschränkt bleibt, abwegig, ein Gerät mit 30 Verzögerungsstufen herzustellen. Dem Zündmaschinenbetrieb "Tewa", Burgstädt, wurde deshalb eine Zündmaschine in Auftrag gegeben, die speziell für diese Zwecke die Zündung von max. 3 Verzögerungsstufen erlaubt (Abb.108). Das Gerät arbeitet nach dem Prinzip ei-



Abbildung 108

ner Kondensatorzündmaschine. Die Entladung erfolgt mit einer Verzögerung von 10 ms über getrennte Funkenstrecken. Jede Verzögerungsstufe kann mit einem Grenzwiderstand von 210Ω belastet werden. Dies entspricht einer max.Schußzahl von 40 Schuss.

Weitere Vereinfachung des Verzögerungsprinzipes

Nachfolgende Gedanken erhielten gleichfalls durch die Feststellung, daß beim ms-Schiessen eine grössere Anzahl Schüsse zu wenigen Zündstufen zusammengefasst werden kann, praktische Bedeutung.

Verzögerung durch Widerstände

Bei der eingangs durchgeführten Untersuchung über die Eignung der Momentzünder des Sprengstoffwerkes Schönebeck zur Millisekundenzündung war festzustellen, daß die Reak-

Gesellschaft werden, das in der Praxis einzelne Mitglieder
 ten mit diesem einzelnen Mitgliedschaften durchgehend ver-
 den. Es wäre für die, wo der Zweck eines von der
 auf die Bildung von zwei verschiedenen Beschränkt
 bleibt, abgesehen von der mit 50 Vermögenswerten kann
 stellen. Dem Zweck der Bildung der "Treu", dergestalt, wurde
 deshalb eine Zinsauszahlung in Höhe gegeben, die speziell
 für diese Zwecke die Bildung von max. 3 Vermögenswerten
 erlaubt (Abt. 108). Das Gesetz arbeitet nach dem Prinzip et-

Abbildung 108

zur Konzernabschlussrechnung, die Bildung erfolgt als et-
 zur Veräußerung von 10 bis zur getrennte Konzernabschluss
 jede Vermögenswerte kann mit einem Grenzwert von
 Zielsetzung werden, dies entspricht einer zur Schaffung
 von 40 Jahren.

Weitere Verfahren zur Vermögensgegenstände

Nachfolgende Geben werden durch die
 Festlegung, das beim Abschluss eine größere Anzahl
 Schluss zu werten können zusammengefasst werden kann
 praktische Bedeutung.

Veräußerung durch Widerstände

Bei der eingangs durchgeführten Untersuchung über die eig-
 nung der Vermögensgegenstände des Sperrwertes Schmecker
 zur Mitbestimmung der Gesellschaften, das die hier-

tionszeit dieser Zünder quadratisch von der Zündstromstärke abhängig ist. In Schweden wird diese Eigenschaft praktisch ausgenützt. Verschiedengrosse Widerstände in den einzelnen Zündkreisen rufen unterschiedliche Zündströme und damit Unterschiede in den Reaktionszeiten hervor. Nachfolgende nähere Untersuchung dieser Verzögerungsmöglichkeit musste die noch offenen Fragen beantworten, ob die in Deutschland vorgeschriebenen Zündereigenschaften eine versagerfreie Zündung erlauben und in welchem Maße dabei von den verbindlichen Forderungen der deutschen Bergpolizeiverordnung hinsichtlich der Zündstromstärke abgewichen werden muss. Zunächst wurden mit dem Kurzzeitmeßgerät die Reaktionszeiten für Zündstromstärken im Bereich < 1 A bestimmt. Aus Abb. 109 ist ersichtlich, daß die Versagergrenze von 0,5 A bereits bei Reaktionszeiten von durchschnittlich 5 ms unterschritten wird.

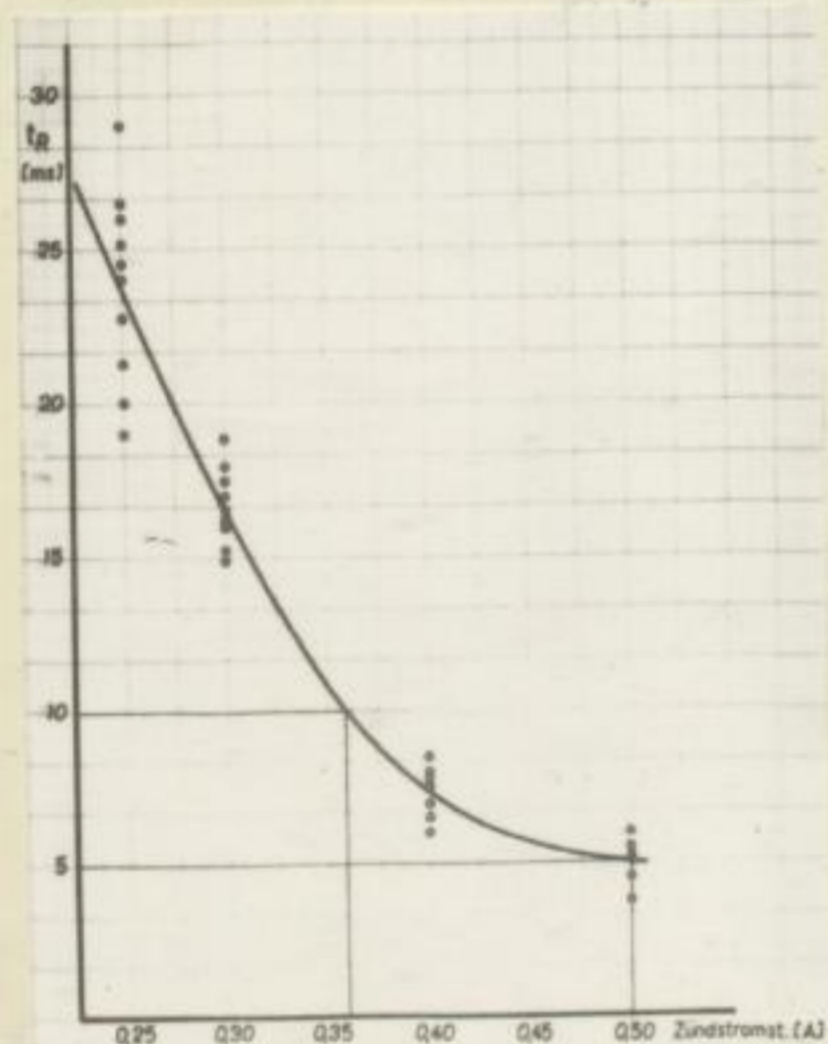


Abb. 109 Abhängigkeit der Reaktionszeit t_R von der Zündstromstärke.

Die in Teil 1 durchgeführten Untersuchungen ergaben, daß die Brückenglühzünder A des Sprengstoffwerkes Schönebeck bei Zündströmen $< 0,5$ A nicht mehr versagerfrei gezündet werden, wenn sie als Momentzünder Verwendung finden.

Um eine Reaktionszeit von 10 ms zu erreichen, müsste die Zündstromstärke auf 0,36 A gemindert werden.

Es folgt vorerst die Berechnung und Erprobung einer Zweistufenschaltung, die für die ms-Zündung mit zwei Bohrlochreihen geeignet wäre. (Bei dem schwedischen Prinzip ist mit Sicherheit für jede Verzögerungsstufe nur 1 Schuß zu zünden. Damit ist von vornherein eine Beschränkung vorhanden, die das Verfahren für die Mehrzahl der Schießarbeiten un-

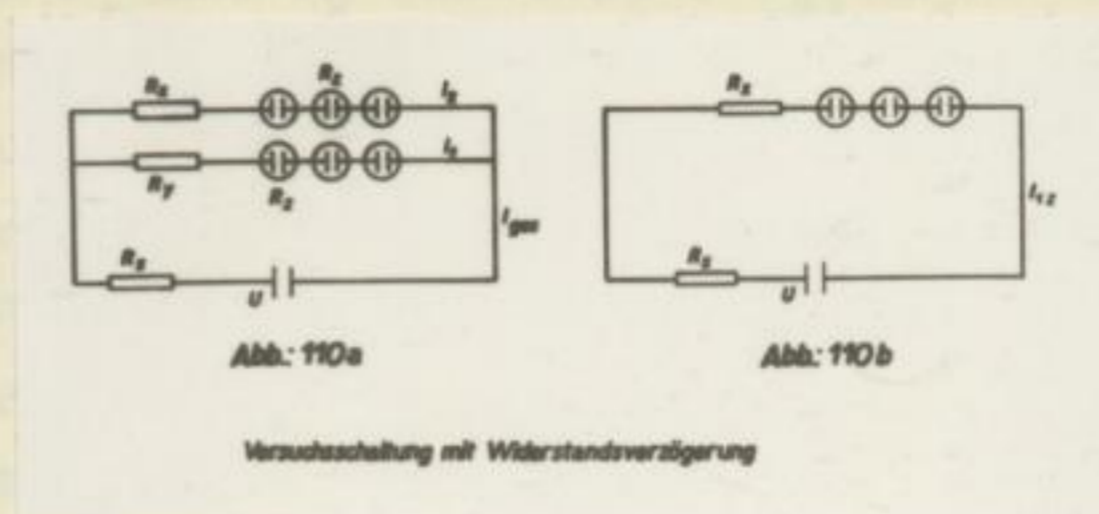
tionen dieser Kinder qualitativ von der Qualität
 stark abhängig ist. In Schweden wird diese Eigenschaft
 praktisch angestrebt. Verschiedene Widerstände zu
 den einzelnen Kindern rufen unterschiedliche Reaktionen
 und damit Unterschiede in den Reaktionszeiten hervor.
 Sprechende höhere Unternehmung dieser Versuchsreihe
 liess es die noch offenen Fragen beantworten, ob
 die in Deutschland vorgeschriebenen Sprechreihen
 eine vorangehende Übung erlauben und in welcher Weise
 dabei von den verbindlichen Forderungen der deutschen
 Sprechreihenverordnung hinsichtlich der Sprechreihen
 abgewichen werden muss. Folgendes wurden mit der Annahme
 bezüglich der Reaktionszeiten für Sprechreihen in De-
 utschland < 1 A bestimmt. Am 1. 1. 1919 ist festgestellt, dass die
 Versuchsreihe von 0,5 A besteht aus Reaktionszeiten von
 durchschnittlich 2 bis 3 Sekunden.

Die in Teil I durchgeführten
 Untersuchungen ergeben, dass die
 Sprechreihen A des Spreng-
 stoffwerkes Schönebeck bei 20
 sekunden $< 0,5$ A nicht mehr vor-
 zuziehen sind. Folgendes werden,
 die als Normalreihen Verwendung
 finden.
 In eine Reaktionszeit von 10 bis
 zu erreichen, muss die Sprech-
 stärke auf 0,3 A geändert
 werden.

Folgt vorerst die Berechnung der Reaktionszeit
 der Reaktionszeit, die für die in Teil I durchgeführten
 Versuche bestimmt wurde. (Bei den verschiedenen Versuchs-
 reihen unterscheidet sich die Reaktionszeit um 1 bis 2
 Sekunden. Diese ist von verschiedenen Faktoren abhängig
 die den Versuchen für die Normalreihen der Reaktionszeiten

geeignet macht.)

Das Schaltbild ist aus Abb. 110 ersichtlich.



Vor der Zerstörung des 1. Zündkreises (J_1) gilt nach Abb. 110a:

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{R_2}{R_1} \quad \parallel \quad R_2 = R_x + R_z \quad R_1 = R_y + R_z$$

$$J_1 = \frac{R_2}{R_1} \cdot J_2 \quad \parallel \quad J_2 = J_{ges} - J_1$$

$$J_1 = \frac{R_2}{R_1} (J_{ges} - J_1)$$

$$J_1 \cdot \frac{R_1}{R_2} = J_{ges} - J_1$$

$$J_1 \cdot \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) = J_{ges}$$

$$J_1 = \frac{J_{ges}}{\frac{R_1}{R_2} + 1}$$

$$J_{ges} = J_1 + J_2 = \frac{U}{R_{ges}}$$

$$R_{ges} = R_s + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Nach der Zerstörung des 1. Zündkreises gilt nach Abb. 110b:

$$J_2 = J_{ges} = \frac{U}{R_{ges}} = \frac{U}{R_s + (R_x + R_z)}$$



Abb. 112

Nach diesen Gleichungen wurden für verschiedene Widerstandsbelastungen R_1 und R_2 die interessierenden Stromstärken J_1 und J_2 errechnet. J_{z1} muss für alle Widerstände konstant 0,5 A bleiben. Daraus ergeben sich für die untersuchten Spannungen (95, 200 und 220 V) bestimmte Widerstände R_1 (185, 395 und 435 Ω). Ein Zündstrom J_2 von ca. 1 A ist völlig ausreichend, da eine weitere Steigerung des Stromes die Reaktionszeit im Zündkreis 1 nicht mehr wesentlich verkürzt (t_R für 1 A \sim 2 ms).

Aus Diagramm 111 ist der Widerstand R_1 zu entnehmen, für den sich bei der jeweiligen Spannung im 1. Zündkreis ein Stromfluß $J_1 = 1$ A ergibt. Mit 95 V sind demnach 86 Ω ; 5 Ω = 17 Brückenglühzünder im 1. Zündkreis zu zünden.

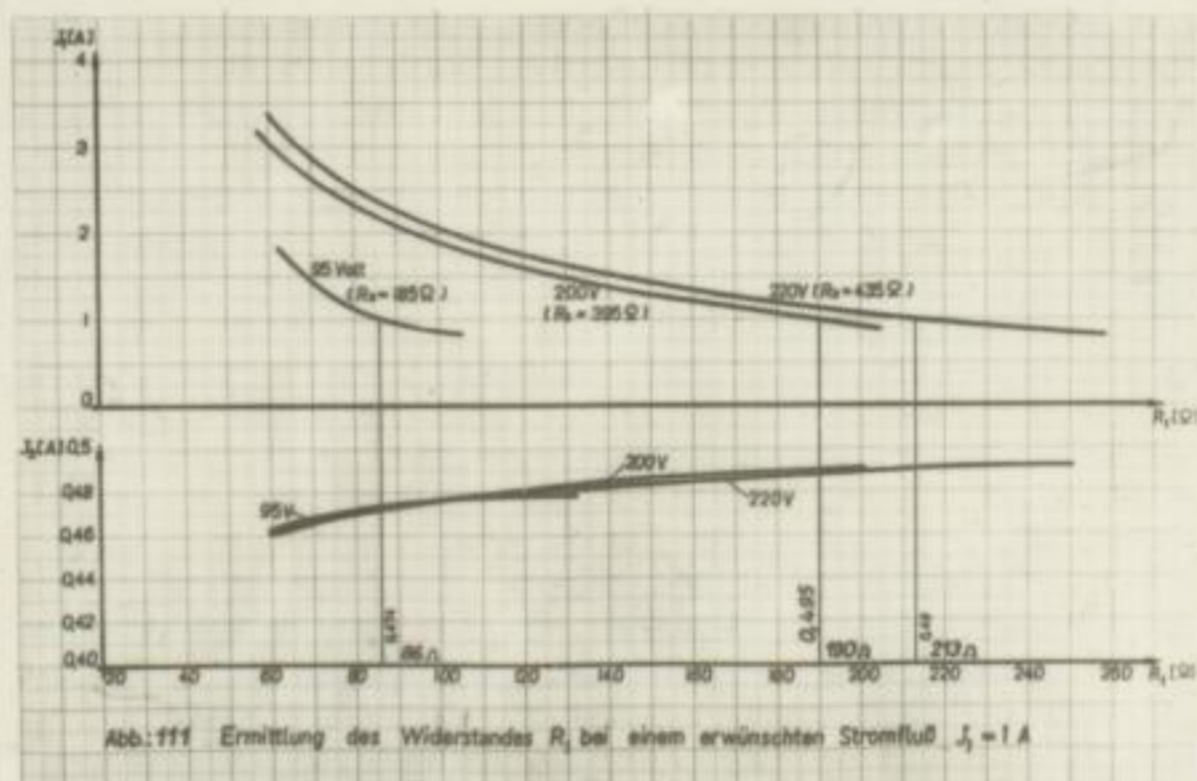


Abb. 111 Ermittlung des Widerstandes R_1 bei einem erwünschten Stromfluß $J_1 = 1$ A

(Die Spannung 95 V wurde durch den inneren Spannungsabfall in einer Anodenbatterie von 100 V bedingt.) Soll eine größere Schußzahl gezündet werden, so muß die Spannung auf 220 oder 200 V erhöht werden. Für die Durchführung der Schießversuche stellte die Firma Kentsch, Pirna, ein spezielles Batteriezündgerät her (Abb. 112). Eine Anodenbatterie lädt in diesem Gerät einen Kondensator auf. Der Zündstrom stellt den Entladestrom des Kondensators dar. Infolge der hohen Kapazität von 1000 μ F ist die Zeitkonstante des Abklingvorganges entsprechend groß. Demzufolge kann der Entladestrom als ein Gleichstrom angesehen werden. (Das Gerät konnte deshalb auch für nachfolgend noch zu erörternde Zündversuche Verwendung finden, bei denen Gleichstrom über einen Zeitraum von mindestens 100 ms erforderlich war.)

Nach diesen Gleichungen wurden für verschiedene Wider-
 standswerte R_1 und R_2 die interessierenden Strom-
 stärke I_1 und I_2 errechnet. I_1 muss für alle Widerstände
 der Konstante 0,5 A bleiben. Daraus ergeben sich für die
 unterschiedlichen Spannungen (95, 200 und 220 V) bestimmte Wi-
 derstände R_1 (185, 392 und 432 Ω). Ein Widerstand R_2 von
 ca. 1 A ist völlig ausreichend, da eine weitere Steige-
 rung des Stromes die Reaktionszeit im Zündkreis I nicht
 mehr wesentlich verkürzt (I_1 für 1 A \sim 2 ms).
 Aus Diagramm III ist der Widerstand R_1 zu entnehmen,
 für den sich bei der jeweiligen Spannung im I. Zündkreis
 ein Stromfluss $I_1 = 1$ A ergibt. Mit 95 V sind demnach 385
 Ω in I. Zündkreis zu wählen.

(Die Spannung 95 V wurde durch den inneren Spannungsabfall
 in einer Anodenbatterie von 100 V bedingt.) Soll eine
 größere Schusszahl gezündet werden, so muss die Spannung
 auf 220 oder 200 V erhöht werden. Für die Durchführung
 der Schießversuche stellte die Firma Kensch, Pilsen, ein
 spezielles Batterieständgerät her (Abb. III). Eine Anoden-
 batterie lädt in diesem Gerät einen Kondensator auf. Der
 Zündstrom stellt den Entladestrom des Kondensators dar.
 Infolge der hohen Kapazität von 1000 μ F ist die Zünd-
 ströme des Applikationsorgans entsprechend groß. Demzufolge
 kann der Entladestrom als ein Gleichstrom angesehen wer-
 den. (Das Gerät konnte deshalb auch für nachfolgend noch
 zu erörternde Zündversuche Verwendung finden, bei denen
 Gleichstrom über einen Zeitraum von mindestens 100 ms
 erforderlich war.)

Zündkreis 2 erhält bis zur Zerstörung den Zündstromfluß J_2 . Die Zündstromstärke J_2 wurde absichtlich dem Wert für J_{z2} angenähert. Eine niedrigere Stromstärke J_2 hätte nach den früheren Untersuchungen die Gefahr einer Phlegmatisierung des Zündsatzes hervorgerufen. Die Gesamtwiderstände der beiden Zündkreise R_1 und R_2 setzen sich aus dem Widerstand der Zünder (R_z) und den als Ergänzung zum errechneten Widerstand R_1 bzw. R_2 dienenden Vorschaltwiderständen R_x und R_y zusammen. Für die Zündversuche wurden in jeden Zündkreis 15 mit Sprengkapsel versehene Brückenglühzünder A geschaltet. Die Ergänzung durch Vorwiderstände erfolgte mit einfachen Drahtwiderständen.

Resultat:

Mit dem ms-Kurzzeitmeßgerät wurden zwischen den Zündkreisen 1 und 2 Verzögerungszeiten im Bereich von 4,2 bis 5,4 ms gemessen. Zum Zwecke des Vergleiches erfolgte die oszillographische Aufnahme des Zündstromverlaufes in der Schießleitung. Abb. 113 zeigt den Abfall der Zündstromstärke nach der Zerstörung des 1. Zündkreises und den Verzögerungsintervall.

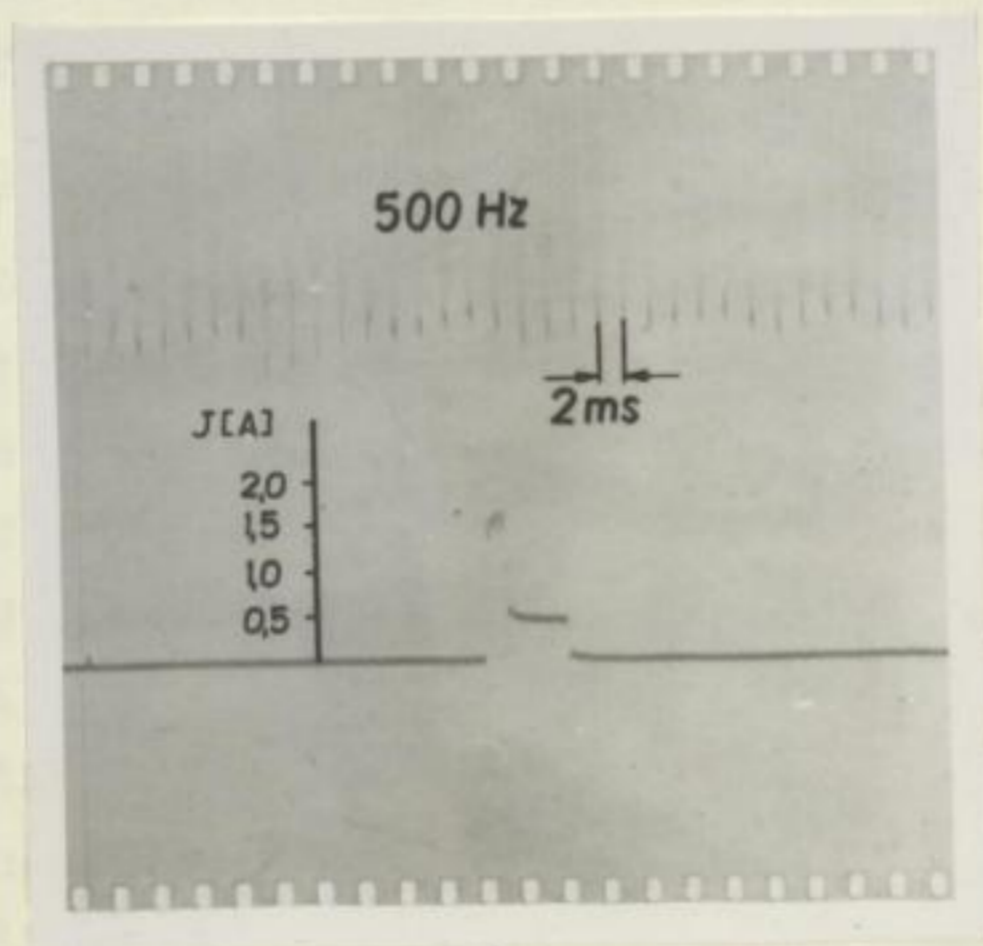


Abbildung 113

Allerdings ist die Zeitbestimmung mit dem Kurzzeitmeßgerät zuverlässiger, da in den Oszillogrammen Fehler infolge des Durchschmelzvorganges der Glühbrücken auftreten können.

Bergakademie
Freiberg i. Sa.

Kündigte 2 ergibt die zur Zerlegung des Kündigten
 Fluß 2. Die Kündigungsverhältnisse 2, wurde stattdessen dem
 Wert für 2₂ zugeordnet. Eine niedrigere Stromstärke 2₁
 hätte nach den früheren Untersuchungen die Gefahr einer
 Polarisierung des Kündigen hervorgezogen. Die Gesamt-
 widerstände der beiden Kündigte 2₁ und 2₂ setzen sich
 aus dem Widerstand der Leiter (R_l) und den als Ergänzung
 zum errechneten Widerstand R₁ bzw. R₂ bestehenden Vorwider-
 widerständen R₁ und R₂ zusammen. Für die Kündigungsverhältnisse
 den in jeder Kündigte 12 mit Sprungpunkt versehenen Kündi-
 gungskontakten A geschaltet. Die Erklärung durch Vorwider-
 stände erfolgte mit anderen Grundwiderständen.

Resultat

Mit dem Kündigungsverhältnis wurden zwischen den Kündigten
 1 und 2 Verhältnisse in der Reihenfolge von 1 bis 2, 2 bis 1
 gemessen. Zum Zweck des Vergleiches erfolgte die gleiche
 experimentelle Annahme des Kündigungsverhältnisses in der Reihen-
 folge. Abb. 113 zeigt den Verlauf der Kündigungsverhältnisse
 der Zerlegung des 1. Kündigen und den Vergleichswert
 voll.

Abbildung 113

Allerdings ist die Zeitbestimmung mit den Kündigungsverhältnissen
 zuverlässiger, da in den Zeitmessungen Fehler infolge des
 Durchschaltvorganges der Kündigten auftreten können.

Bergakademie
 - Bücherei -
 Freiberg i. Sa.

Von insgesamt 660 verwendeten Zündern waren 6 Versagerfälle festzustellen.

Folgerungen:

Die mit dem Widerstandsverfahren erreichbare Verzögerungszeit ist wesentlich kürzer als die Intervalle der chemischen ms-Zünder und die mit ms-Geräten zu erzielenden Verzögerungen. Für bergmännische Schießarbeiten sind die festgestellten Verzögerungen zu kurz. (Bei Schießversuchen mit Verzögerungen von 0 bis 5 ms wurden sehr grosse Haufwerksstücke abgeworfen.) Für Übertagesprengungen (Fundamente, Bauwerke, Gräben) eignen sich jedoch nach Literaturangaben [34] derartige Verzögerungen. Allerdings stehen einer Anwendung des Verfahrens vom sicherheitlichen Standpunkt aus Bedenken entgegen, da die Zündstromstärke von 0,5 A unmittelbar an der Versagergrenze liegt. Eine Erhöhung der Verzögerungszeit und Erniedrigung der Versagergrenze auf 0,20 A (J_{SA}) wäre möglich, wenn in jeder Verzögerungsstufe nur 1 Zünder angeschlossen wird. Es wurde bereits erwähnt, daß diese Handhabung hinsichtlich Drahterstörungsgefahr und Zeitaufwand für die Anschlußarbeiten im bergmännischen Schießbetrieb praktisch undurchführbar ist.

Induktive Verzögerung

In der Elektrotechnik gehört die Erscheinung, daß die Induktivität eines Stromkreises dem Strom Trägheitseigenschaften verleiht, zu den bekannten Gesetzmäßigkeiten. Angeregt durch den Wunsch, die einschränkenden Schwierigkeiten der Widerstandsverzögerung zu beheben, erwog der Verfasser die Möglichkeit, diese Trägheitseigenschaften für Verzögerungszwecke auszunutzen. In der Literatur wurde bislang von dieser Absicht noch nicht berichtet.

Eine Induktivität im Stromkreis hat bekanntlich zur Folge, daß der Strom im Einschaltmoment noch nicht sofort seine max.Größe annimmt. Die Annäherung an den Maximalwert erfolgt mit einer zeitlichen Verzögerung nach der Exponentialfunktion (Abb.114).

Von insgesamt 600 verwendeten Zählern waren 6 Versager-
teile festzustellen.

Folgerungen:

Die mit dem Widerstandsverhältnis erhaltene Versagerungs-
zeit ist wesentlich kleiner als die Intervalle der chemischen
na-Zähler und die mit me-Geräten zu erzielenden Versagerun-
gen. Für bergmännische Schließarbeiten sind die festgestell-
ten Versagerungen zu kurz. (Bei Schließversuchen mit Versä-
gerungen von 0 bis 5 m wurden sehr grobe Antwortkurven
abgeworfen.) Für Überlagerungen (Fundamente, Bauwerke,
Gräben) eignen sich jedoch nach Literaturangaben [34] der-
artige Versagerungen. Allerdings stehen einer Anwendung
des Verfahrens von akzeptierbaren Standpunkt aus Bedenken
entgegen, da die Zählstromstärke von 0,5 A unmittelbar an
der Versagerzone liegt. Eine Erhöhung der Versagerzone
sollte und Kündigungszeit der Versagerzone auf 0,20 A (L_{2A})
wäre möglich, wenn in jeder Versagerzone nur 1 Zähler
angeschlossen wird. Es wurde bereits erwähnt, daß diese
Handhabung hinsichtlich Drahtströmungslehre und Zeitent-
wert für die Anschlußarbeiten im bergmännischen Schließ-
praktisch undurchführbar ist.

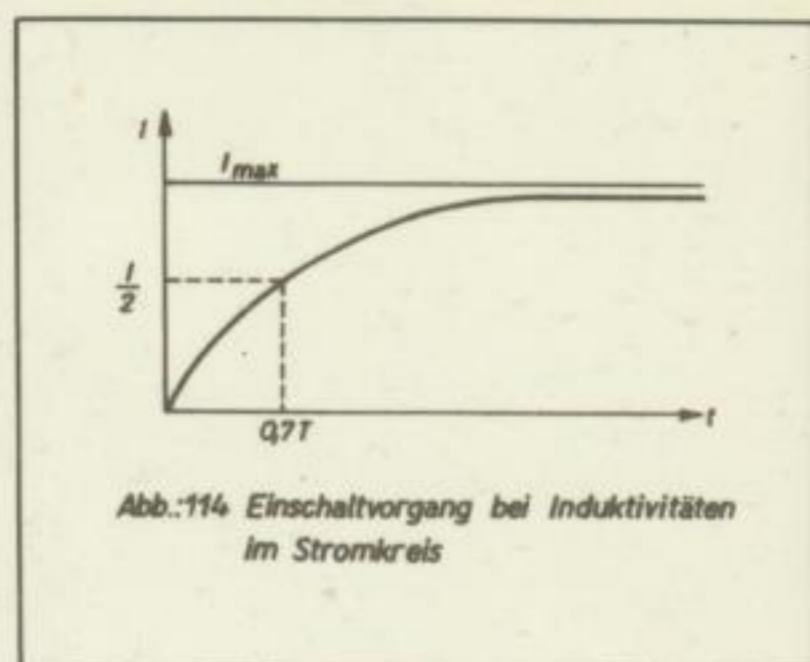
Induktive Verzögerung

In der Elektrotechnik gehört die Erscheinung, daß die in-
duktive eines Stromkreises dem Strom Trägheitseigenschaften
ten verleiht, zu den bekanntesten Gesetzmäßigkeiten. Angeregt
durch den Wunsch, die einflussreichsten Schwirkeigenschaften der
Widerstandsverzögerung zu beheben, erwegt der Verfasser die
Möglichkeit, diese Trägheitseigenschaften für Verzögerungs-
zwecke auszunutzen. In der Literatur wurde bislang von die-
ser Ansicht noch nicht berichtet.

Eine Induktivität in Stromkreise hat bekanntlich zur
Folge, daß der Strom im Einschaltmoment noch nicht sofort
seine max.Größe annimmt. Die Annäherung an den Maximalwert
erfolgt mit einer zeitlichen Verzögerung nach der Exponential-
funktion (Abb. 11A).

$$J = \frac{E}{R_{\text{ges}}} (1 - e^{-\frac{t}{T}})$$

- E = Gleichspannung [V]
 R_{ges} = Gesamtwiderstand [Ω]
 t = Zeit [s]
 T = Zeitkonstante = $\frac{L}{R_{\text{ges}}}$
 L = Induktivität [H]



Der wesentliche Vorteil gegenüber der Widerstandsverzögerung mit verminderten Zündstromstärken besteht darin, daß wohl eine Verzögerung des Stromanstieges stattfindet, aber schliesslich die volle Höhe des erforderlichen sicheren Zündstromes erreicht wird. Zündstromstärken, die sich mit 0,5 A oder 0,3 A weit unter der geforderten Höhe bewegen, brauchen bei diesem Verfahren demzufolge nicht verwendet werden. Die Zündversuche nach dieser Verzögerungsmethode verliefen völlig ohne Versager.

Zunächst war zu errechnen, ob die für eine wirkungsvolle Verzögerung des Stromanstieges erforderliche Induktivität überhaupt innerhalb der praktisch durchführbaren Möglichkeiten lag.

Obwohl erst die experimentellen Untersuchungen die Bedingungen über die tatsächlich zu erreichende Verzögerungszeit zuverlässig nachweisen konnten, war als überschlägig zu fordern:

Die sichere Stromstärke von 0,8 A soll nach 20 ms erreicht sein.

$$J = \frac{E}{R_{\text{ges}}} (1 - e^{-\frac{t}{T}})$$

$$e^{-\frac{t}{T}} = 1 - J \frac{R_{\text{ges}}}{E}$$

$$e^{+\frac{t}{T}} = \frac{1}{1 - J \frac{R_{\text{ges}}}{E}}$$

$$T = \frac{t}{\ln \left(\frac{1}{1 - J \frac{R_{\text{ges}}}{E}} \right)}$$

$$R_{\text{ges}} = 100 \Omega$$

$$E = 100 \text{ V}$$

$$I = \frac{U}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

- [V] = Gleichspannung
- [R] = Gesamtwiderstand
- [t] = Zeit
- $\tau = \frac{L}{R}$ = Zeitkonstante
- [U] = Induktion

Der wesentliche Vorteil gegenüber der Widerstandsveränderung mit verminderten Zündstromstärken besteht darin, dass wohl eine Verzögerung des Stromanstieges stattfindet, aber schließlich die volle Höhe des erforderlichen Stromes einströmen erreicht wird. Zündstromstärken, die sich mit 0,5 A oder 0,3 A weit über der geforderten Höhe bewegen, brauchen bei diesem Verfahren demzufolge nicht verwendet werden. Die Zündversuche nach dieser Verzögerungsmethode verlaufen völlig ohne Versager.

Zunächst war zu erörtern, ob die IUR eine wirtschaftliche Verzögerung des Stromanstieges erforderliche Induktivität überhaupt innerhalb der praktisch durchführbaren Möglichkeiten lag. Obwohl erst die experimentellen Untersuchungen die Bedingungen über die Tatsachen zu ersiehenden Verzögerungszeit zuverlässig nachweisen konnten, war als Überwachungsmaßnahme zu fordern:

Die spätere Stromstärke von 0,8 A soll nach 20 ms erreicht sein.

$$I = \frac{U}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

$$e^{-\frac{t}{\tau}} = 1 - \frac{I R}{U}$$

$$\frac{t}{\tau} = -\ln \left(1 - \frac{I R}{U} \right)$$

$$\tau = \frac{t}{-\ln \left(1 - \frac{I R}{U} \right)}$$

$$\tau = \frac{L}{R} \Rightarrow L = \tau R$$

$R_{ges} = 100 \Omega$
 $U = 100 V$

$$T = \frac{0,020}{\ln \frac{1}{(1 - 0,8 \cdot \frac{100}{100})}}$$

$$T = \frac{0,020}{\ln 5}$$

$$T = 0,0125 \text{ sec}$$

=====

$$L = T \cdot R = 0,0125 \cdot 100 = 1,25 \text{ H}$$

=====

Die genaue Berechnung von Spulen, die als Induktivitäten verwendet werden können, stösst auf Schwierigkeiten, wenn es sich dabei um Spulen mit einem Eisenkern handelt. (Die Abmessungen von Spulen ohne Eisenkern mit $L = 1 \text{ H}$ wären für unseren Zweck zu gross.) In der Berechnungsformel für Spulen mit geschlossenem Eisenkern

$$L = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot w^2 \cdot q_{Fe}}{l}$$

$w =$ Windungszahl [wdg]
 $q_{Fe} =$ Eisenquerschnitt [cm²]
 $l =$ Länge des Eisenkernes [cm]
 $\mu =$ Induktionskonst. =
 $1,256 \cdot 10^{-8} \left[\frac{\text{Vs}}{\text{A cm}} \right]$
 $\mu_0 =$ rel. Permeabilität

ist die relative Permeabilität μ_0 keine Konstante, sondern es besteht eine Abhängigkeit von der Kraftflußdichte:

$\mu \cdot \mu_0 = f(B)$. Da aber $B = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{A \cdot w}{l}$, ist es nicht möglich, für alle Spulenabmessungen (l ; w) und Stromstärken (A) über einen konstanten Wert $\mu \cdot \mu_0$ die genaue Induktivität L der Spule zu errechnen. Hinzu kommen noch die Verluste durch das gestreute Magnetfeld. Es kam jedoch zunächst auch nur darauf an, die Forderungen über die angenäherte Windungszahl kennenzulernen, um für die experimentellen Untersuchungen eine geeignete Spule herstellen zu können.

$$T = \frac{0,020}{1} \cdot \frac{100}{100} \cdot (1 - 0,8) = 0,004$$

$$T = \frac{0,020}{1} = 0,020$$

$$T = 0,0125 \text{ sec}$$

$$I = T \cdot H = 0,0125 \cdot 100 = 1,25 \text{ H}$$

Die genaue Berechnung von Spulen, die als Induktivitäten verwendet werden können, stößt auf Schwierigkeiten, wenn es sich dabei um Spulen mit einem Eisenkern handelt. Die Abmessungen von Spulen ohne Eisenkern mit $I = 1 \text{ H}$ wären für unseren Zweck zu groß. In der Berechnungsformel für Spulen mit geschlossenen Eisenkern

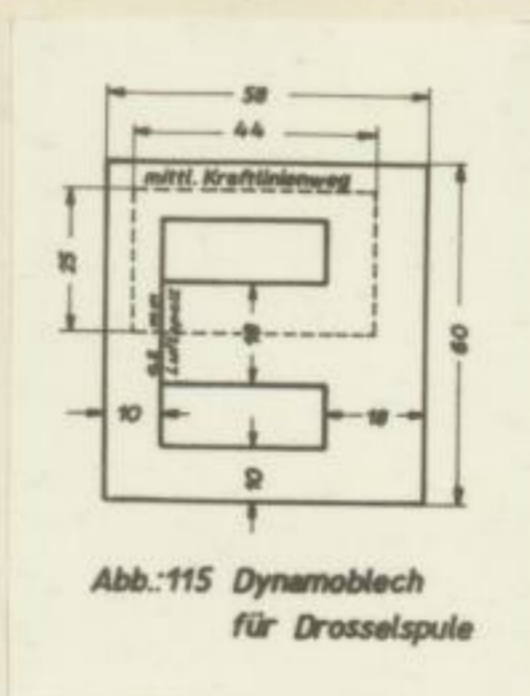
$$L = \frac{\mu_r \mu_0 N^2}{l} \cdot w^2$$

μ_r = rel. Permeabilität
 $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Vs}}{\text{A cm}}$
 N = Windungszahl [Wdg]
 l = Länge des Eisenkerns [cm]
 w = Drahtquerschnitt [cm²]

Ist die relative Permeabilität μ_r keine Konstante, sondern es besteht eine Abhängigkeit von der Kraftliniendichte:

$\mu_r = f(B)$. Da aber $B = \mu_r \mu_0 \cdot \frac{N}{l} \cdot I$, ist es nicht möglich, für alle Spulenmessungen (l ; w) und Stromstärken (A) über einen konstanten Wert μ_r die genaue Induktivität L der Spule zu errechnen. Wenn man noch die Verluste durch das gestaute Magnetfeld, so kann jedoch zunächst auch nur darauf an, die Forderungen über die angehörte Windungszahl kennenzulernen, um für die experimentellen Untersuchungen eine geeignete Spule herstellen zu können.

Von den verfügbaren genormten Dynamoblechen kam der skizzierte Typ (Abb.115) in Betracht. Die Induktivität der damit gefertigten Spule war in nachfolgender Weise zu berechnen:



Wickelfläche : $2,5 \text{ cm} \cdot 0,6 \text{ cm} = 1,5 \text{ cm}^2$
 Windungszahl : $1,5 \text{ cm}^2 \cdot 770 \text{ Wdg/cm}^2 = 1150 \text{ Wdg}$
 (lt. Tabelle)
 Durchflutung : $D = J \cdot w = 1 \cdot 1150 = 1150 \text{ A Wdg}$
 Magn. Feldstärke : $H = \frac{D}{l} = \frac{1150}{13,8}$ $l = \text{mittl. Kraftlinienweg}$
 $= 83 \frac{\text{A}}{\text{cm}}$ $= 13,8 \text{ cm (s. Skizze)}$

$$\mu_{\text{Fe}} \cdot \mu_0 = \frac{B}{H} = \frac{17000 \cdot 10^{-8}}{83} = 205 \cdot 10^{-8} \left[\frac{\text{Vs}}{\text{Acm}} \right]$$

$$B = 17000 \cdot 10^{-8} \left[\frac{\text{Vs}}{\text{cm}^2} \right]$$

(s. Magnetisierungskennl. f. norm. Dynamoblech)

Magn. Widerstand:

$$R_{\text{Fe}} = \frac{l}{\mu_{\text{Fe}} \cdot \mu_0 \cdot q} = \frac{13,8}{205 \cdot 10^{-8} \cdot 1,8^2} = 2,08 \cdot 10^6 \left[\frac{\text{A}}{\text{Vs}} \right]$$

$$R_{\text{L}} = 12,8 \cdot 10^5 \cdot \frac{1}{q_{\text{Fe}}} = 12,8 \cdot 10^5 \cdot \frac{1}{1,8^2} = 0,39 \cdot 10^6 \left[\frac{\text{A}}{\text{Vs}} \right]$$

$$R_{\text{m}} = R_{\text{Fe}} + R_{\text{L}} = 2,47 \cdot 10^6 \left[\frac{\text{A}}{\text{Vs}} \right]$$

$$L = \frac{w^2}{R_{\text{m}}} = \frac{1150^2}{2,47 \cdot 10^6} = 0,6 \text{ H}$$

Von den verfügbaren gewählten dynamischen kann der stärkste Typ (Abb. 112) in Betracht. Die Induktivität der Spule mit fertigsten Spule war in nachfolgender Weise zu berechnen:

Wickelhöhe : 2,5 cm = 0,5 cm = 1,5 cm²
Wicklungsanzahl : 1,5 cm² · 770 Wdg/cm² = 1150 Wdg
(14. Tabelle)

Durchführung : D = 5 · w = 1 · 1150 = 1150 A Wdg

Magn. Feldstärke : $H = \frac{D}{l} = \frac{1150}{13,8} = 83 \frac{A}{cm}$
l = mitt. Kreislängenweg = 13,8 cm (s. Skizze)

$$M_{70} \cdot \gamma_{70} = \frac{B}{H} = \frac{17000 \cdot 10^{-8}}{83} = 205 \cdot 10^{-8} = \left[\frac{Vs}{Acm} \right]$$

$$B = 17000 \cdot 10^{-8} \left[\frac{Vs}{cm^2} \right]$$

(s. Magnetisierungskennl. & Norm. Dynamische)

Magn. Widerstand:

$$R_{70} = \frac{l}{M_{70} \cdot \gamma_{70}} = \frac{13,8}{205 \cdot 10^{-8} \cdot 1,8^2} = 2,08 \cdot 10^6 \left[\frac{A}{Vs} \right]$$

$$R_{11} = \frac{l}{M_{11} \cdot \gamma_{11}} = \frac{13,8}{12,8 \cdot 10^2 \cdot 1,8^2} = 0,39 \cdot 10^6 \left[\frac{A}{Vs} \right]$$

$$R_H = R_{70} + R_{11} = 2,47 \cdot 10^6 \left[\frac{A}{Vs} \right]$$

$$I = \frac{W}{R_H} = \frac{1150}{2,47 \cdot 10^6} = 0,46 \text{ H}$$

Der vorausgegangenen Rechnung zufolge war bei Verwendung dieser Spule eine Verzögerungszeit zwischen 10 ms und 20 ms zu erwarten.

Versuchsdurchführung:

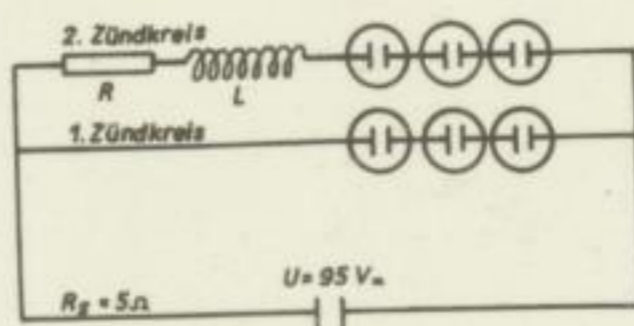


Abb. 116 Versuchsschaltung mit induktiver Verzögerung

Spule 1 $R = 24 \Omega$, Spule 2 $R = 28 \Omega$. Zum Zwecke der Parallelbestimmung wurde eine Trafospule (Spule 2) mit annähernd gleichen Dimensionen in die Untersuchung einbezogen.

- Zündwiderstand :
1. Versuchsreihe 5 Zünder = ca. 20Ω
(je Versuchsreihe 10 Wiederholungen)
 2. Versuchsreihe 10 Zünder = ca. 40Ω
 3. Versuchsreihe 25 Zünder = ca. 100Ω

Die Messung der interessierenden Verzögerungszeit zwischen dem 1. und 2. Zündkreis erfolgte wieder mit dem ms-Kurzzeitmeßgerät. Zusätzlich wurde die verzögernde Wirkung der Induktivität des 2. Kreises mittels Schleifenoszillograph in der Zündleitung oszillographiert.

Resultat:

Sowohl die direkte Zeitmessung als auch die Oszillogramme zeigten, daß der Gedanke, mittels Induktivitäten ms-Verzögerungen zu erreichen, durchführbar ist.

Unter den 450 abgeschossenen scharfen Zündern trat kein Versager auf.

Zeitmessung Spule 1: Streuung im Bereich 12,2-14,5 ms
 " " " 2: " " " 14,0-16,8 ms

Trotz der unterschiedlichen Belastung mit 5; 10 und 25 Zündern war keine Abhängigkeit der Verzögerungszeit von der Zünderzahl festzustellen. Dies widerspricht offenbar dem Gesetz $T = \frac{L}{R}$. Danach wird die Zeitkonstante und damit die Verzögerungszeit mit grösserem R kürzer. Bei grösserer Belastung wird aber andererseits auch die Zündstromstärke erniedrigt und damit die Reaktionszeit vergrössert. Es findet also ein Ausgleich statt.

In diesem Zusammenhang interessiert die maximal mögliche Schußzahl:

$$\begin{aligned} \text{Gesamtwiderstand } R_g &= R_{\text{Spule}} + R_s + R_z \\ R &= R_g - R_{\text{Spule}} - R_s \\ &= 95 \Omega - 28 \Omega - 5 \Omega \\ &= 62 \Omega = 12 \text{ Zünder je Stufe} \end{aligned}$$

Demnach war bei der Zündung mit 25 Zündern die Stromstärke $< 1,0 \text{ A}$. (Beim Widerstandsverfahren musste dies stets der Fall sein.) In dem Bestreben, die mögliche Zünderzahl zu erhöhen und für den praktischen Einsatz mehrere Verzögerungsstufen schießen zu können, erfolgte demzufolge ein Umbau des Batteriezündgerätes. Ein wahlweiser Betrieb mit Netzanschluß $220 \text{ V} \sim$ ermöglicht es nunmehr, den Kondensator über einen Gleichrichter auf $220 \text{ V}_=$ aufzuladen.

Bemerkenswert ist die Form der Stromkurve im Oszillogramm 117. Es ist eine starke Abweichung vom Kurvenverlauf festzustellen, der sich nach der Funktion

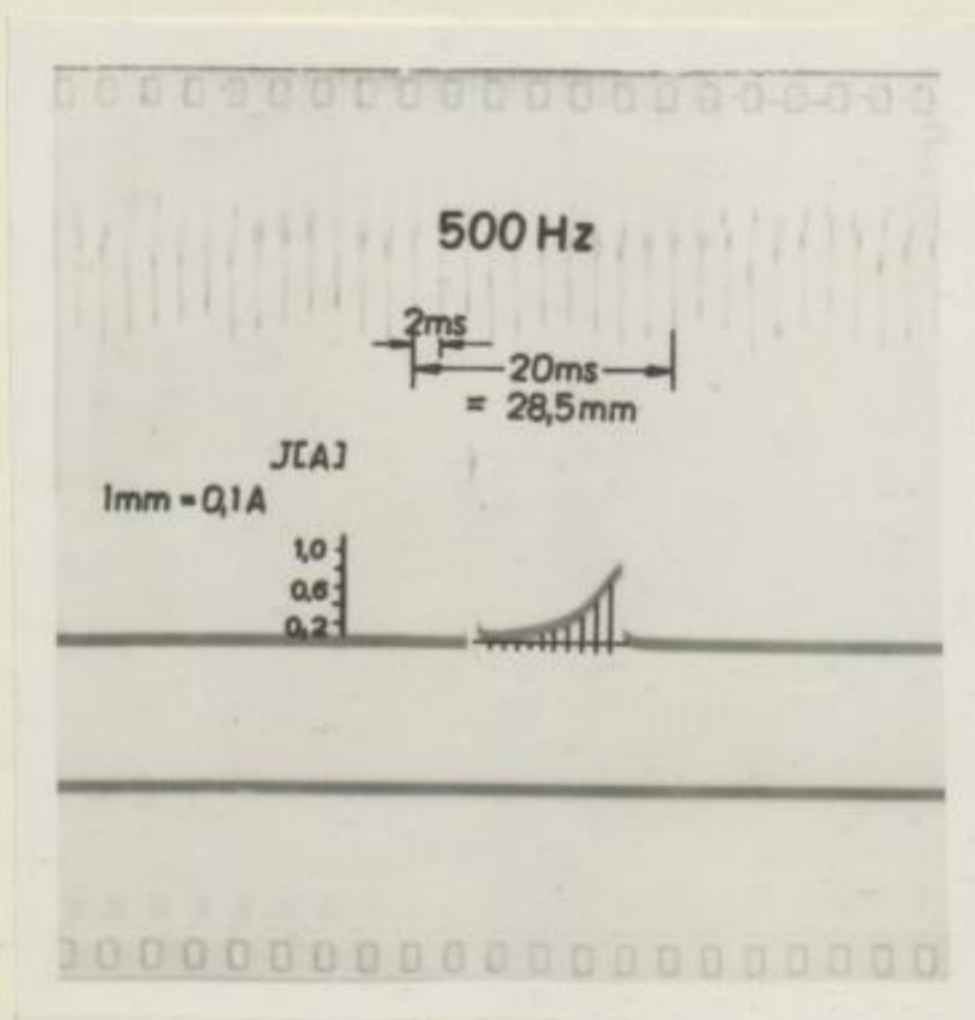


Abbildung 117

$$J = \frac{E}{R_{\text{ges}}} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) \text{ ergeben müsste (s. Abb. 114).}$$

In dieser Richtung ist die nächste Aufgabe

Die Aufgabe ist die, die in der ersten

Die Aufgabe ist die, die in der ersten

Die Aufgabe ist die, die in der ersten

Die Aufgabe ist die, die in der ersten

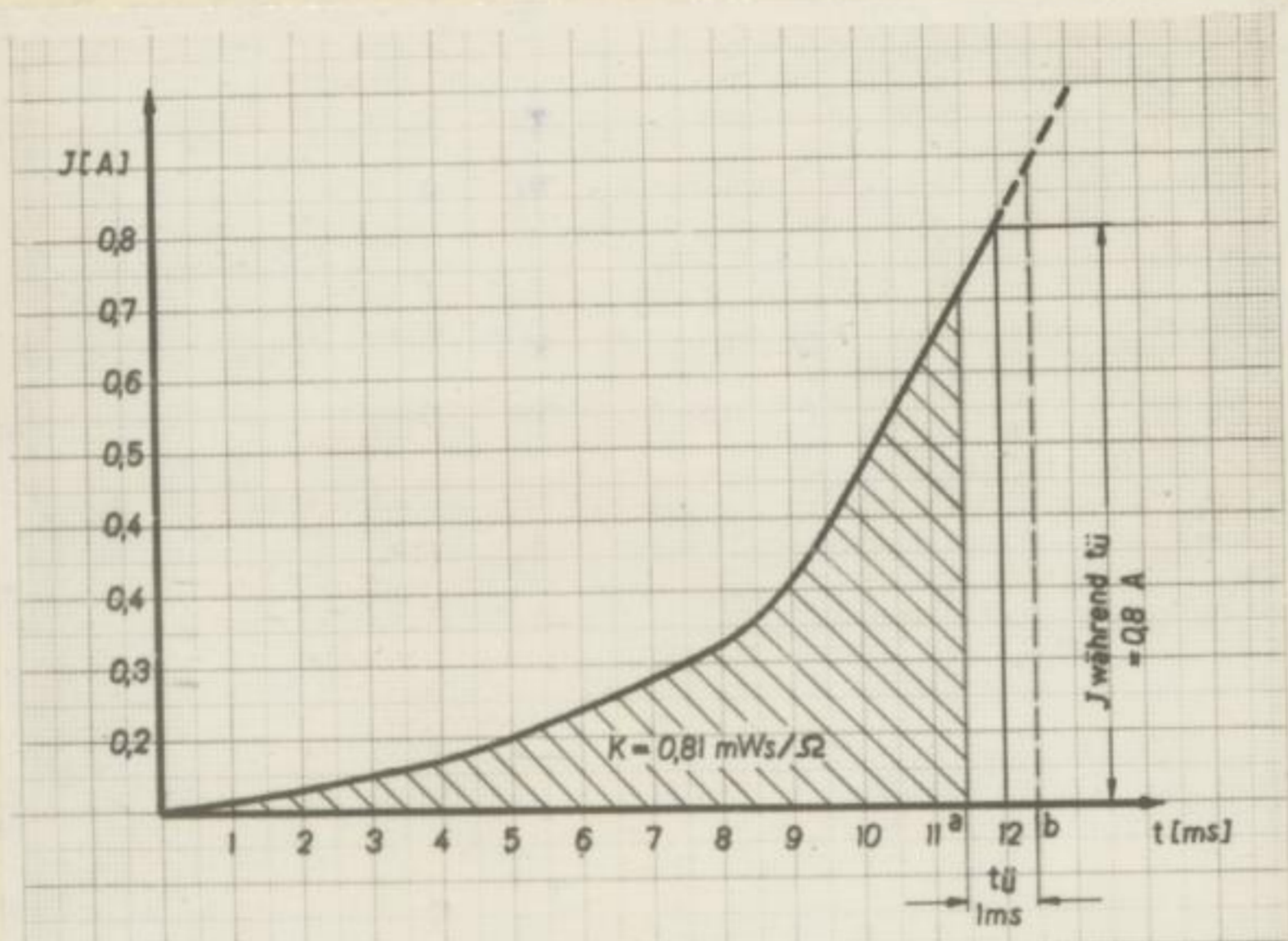
Bei der Spulenberechnung wurde bereits erwähnt, daß die Induktivität von Drosselspulen mit Eisenkern nicht konstant ist. Bei einer geringen Durchflutung ist die rel. Permeabilität μ und damit L grösser als bei einer stärkeren Durchflutung am Ende des Einschaltvorganges. Deshalb ist bei Beginn des Stromanstieges die Trägheit besonders groß. Im Kurvenbild entsteht demzufolge statt einer e-Funktion ein parabolischer Verlauf. Diese Überlegung stimmt überein mit den Resultaten der meßtechnischen Ermittlung der Induktivitäten beider verwendeten Spulen.

$$U \sim R_w \quad J \quad R_s = \frac{U}{J} \quad X = \sqrt{R_s^2 - R_w^2} \quad L = \frac{X}{\omega} = \frac{X}{314} \quad (\omega = 2 \hat{v} \cdot \pi)$$

[V]	[Ω]	[A]	[Ω]	[Ω]	[H]
<u>Spule 1:</u>					
210	24	0,5	440	438	1,39
240	24	1	240	239	0,76
<u>Spule 2:</u>					
100	40	0,021	4760	4760	15,1
220	40	0,145	1520	1520	4,84
250	40	0,27	928	926	2,9
300	40	0,75	400	398	1,3
320	40	1,0	320	318	1,01
340	40	1,5	227	226	0,72

Besonders aus den Meßwerten der Spule 2 geht deutlich die Abnahme der Induktivität von 15,1 H bei 0,021 A auf 0,72 H bei 1,5 A Stromfluß hervor.

Es könnte der Einwand erhoben werden, daß das Verfahren mit Versagermöglichkeiten verbunden sein kann, weil der Stromanstieg wesentlich langsamer als bei Zündmaschinen erfolgt. Zunächst sei darauf hingewiesen, daß der Kalibergbau als Hauptsprenstoffverbraucher in der DDR fast ausschliesslich mit Wechselstrom zündet. Den Untersuchungen im



t_1-t_2 [ms]	J_m [A]	Δt [ms]	ΔK [mWs/Ω]	$K_{(t_1-t_2)}$ [mWs/Ω]
0-1	0,01	1	0,0001	0,0001
1-2	0,03	1	0,0009	0,001
2-3	0,04	1	0,0016	0,003
3-4	0,06	1	0,0036	0,006
4-5	0,08	1	0,0064	0,013
5-6	0,11	1	0,0121	0,025
6-7	0,15	1	0,0225	0,047
7-8	0,20	1	0,04	0,087
8-9	0,26	1	0,068	0,155
9-10	0,38	1	0,145	0,30
10-11	0,55	1	0,3	0,60
11-a	0,675	0,46	0,21	0,81
11-12	0,72		0,52	1,12

Abb.:118 Auswertung des Oszillogrammes Nr. 117

1. Teil dieser Arbeit war zu entnehmen, daß dabei die kritischen Einschaltpunkte nicht, wie irrtümlicherweise oft angenommen, in den Nulldurchgängen, also nicht vor dem langsamen Stromanstieg, liegen, sondern sogar in der Nähe des Amplitudenmaximums.

Nachfolgend die rechnerische Betrachtung über die trotz langsamen Anstieges der Stromkurve vorhandene Sicherheit der Zündung: (Abb. 117 und 118).

Der Verlauf des Zündstromes bis zum Zeitpunkt an dem die Zünderkette den niedrigsten auftretenden Zündimpuls ($0,81 \text{ m Ws}/\Omega$) erhalten hat (Pkt. a), ist für die Versagerbetrachtung bedeutungslos. Entscheidend ist lediglich, welche Höhe der Zündstrom in diesem Augenblick erreicht hat. Der Zündstrom muss mindestens so hoch sein, daß auch der trägste Zünder den ihm fehlenden Restbetrag $\Delta K = K_{\max} - K_{\min}$ in unserem Falle

$\Delta K = 1,02 \text{ m Ws}/\Omega - 0,81 \text{ m Ws}/\Omega = 0,21 \text{ m Ws}/\Omega$ im nachfolgenden Zeitraum $t_{\text{ü min}}$ (1 ms) noch erhält. Nach $t_{\text{ü}}$ unterbricht die Sprengkapsel des empfindlichsten Zünders den Stromfluss. Die Zündstromstärke, die während der Zeit a - b (1 ms) zur Verfügung stehen muss, ist nach $\Delta K = J^2 \cdot t_{\text{ü}}$ $J = \sqrt{\frac{\Delta K}{t_{\text{ü}}}}$ erreichbar. $J = \sqrt{\frac{0,21}{1}} = 0,45 \text{ A}$. Die zur Verfügung stehende Stromstärke von 0,8 A bedeutet demzufolge fast die doppelte Sicherheit. Die bei der Versuchsdurchführung erreichte, völlig versagerfreie Zündung beruht also nicht auf Zufälligkeit bei evtl. gleichzeitig weitgehender Annäherung an die Versagergrenze. Zusammenfassend ist festzustellen, daß der langsame Stromanstieg bei der induktiven Verzögerung keine Gefahr darstellt, da im kritischen Zeitpunkt eine genügend hohe Zündstromstärke erreicht ist.

Die Auswertung des Oszillogramms 117 ist gleichzeitig eine weitere Bestätigung der in Teil 1 vertretenen Ansicht, daß hohe Zündstromstärken nicht mit einer Steigerung der Versagermöglichkeiten verbunden sind. Der Stromfluß wird durch die Sprengkapsel frühestens nach 12,4 ms unterbrochen. Im Oszillogramm ist der Stromfluß jedoch bereits nach 12,0 ms beendet. Aus der Vielzahl der Oszillogramme über den Durchschmelzvorgang war zu entnehmen, daß das Durchschmelzen sowohl bei niedrigen als auch bei hohen Stromstärken auftritt, aber den rechnerischen Auswertungen

1. Teil dieser Arbeit war zu entnehmen, dass dabei die kritischen Punkte nicht, wie kritischen Punkte, als nicht vor dem langsame Stromanstieg, liegen, sondern sogar in der Nähe des Anstiehsmaximums.

Während die rechnerische Bestätigung über die trotz langsame Anstiege der Stromkurve vorhandene Stabilität der Erhaltung (Abb. 117 und 118).

Der Verlauf des Stromes bis zum Zeitpunkt an dem die Änderungsrate der Stromkurve aufsteigend ist (Abb. 117) (0,81 n \sqrt{R}) enthält hat (Pkt. a), ist für die Vorgangsbestimmung bedeutungsvoll. Entsprechend ist lediglich, welche Höhe der Strom in diesem Augenblick erreicht hat. Der Strom wird mindestens so hoch sein, dass auch der größte Fehler den im folgenden Bestimmung $\Delta R = R_{max}$

in unserer Linie

$\Delta R = 1,02 n \sqrt{R} - 0,81 n \sqrt{R} = 0,21 n \sqrt{R}$ ist nachfolgenden Bestimmung ΔR (1 m) nach Abb. 117. ΔR unterhalb des Wertes $\Delta R = 0,21 n \sqrt{R}$ ist "den Strom" die Stromkurve, die während der Zeit $t = 0$ (Pkt. a) von der Zeit $t = \Delta R$ ist $\Delta R = 0,21 n \sqrt{R}$ die Zeit $t = 0$ bis $t = \Delta R$ bedeutet den Verlauf der Stromkurve. Die bei der Bestimmung der Stromkurve, völlig verlässliche Lösung ist also nicht mit Sicherheit bei $t = 0$ gleichmäßig weitergehender Änderung in die Vorgangsbestimmung. Zusammenfassend ist festzustellen, dass der langsame Stromanstieg bei der induktiven Vorgangsbestimmung keine Gefahr darstellt, da in kritischen Zeitpunkt also genügend neue Stromwerte erreicht ist.

Die Auswertung des Galvanogramms IV ist gleichmäßig eine weitere Bestätigung der in Teil I vorgetragenen Ansicht, dass hohe Stromänderungen nicht mit einer Störung der Vorgangsbestimmung verbunden sind. Der Strom wird durch die Sprengspule Erhalten nach 12,4 m unterbrochen. In Galvanogramm IV der Stromkurve jedoch bereits nach 12,0 m beendet. Aus der Vielzahl der Galvanogramme über den Vorgangsbestimmung war zu entnehmen, dass die Durchschneidung ist lediglich als auch bei hohen Stromänderungen erfüllt, auch den rechnerischen Auswertungen

Bergakademie
- Bü:herel -
Freiberg Sa.

zufolge erst dann, wenn der benötigte Zündimpuls zugeführt worden ist. Dies ist auch im Oszillogramm 117 der Fall. Während der max. vorkommende Zündimpuls der Zünder-sorte $1,02 \text{ m Ws}/\Omega$ beträgt, werden $1,12 \text{ m Ws}/\Omega$ bis zur Zerstörung zugeführt.

Die praktische Anwendung des Verfahrens mit 3 Zündstufen erfolgte bei einer Sprengung an einem Stahlbetonbunker. Die angestrebten besonderen Effekte der ms-Zündung traten in gleicher Weise ein, wie bei Anwendung des ms-Zündgerätes. Für die Weiterentwicklung ist vorgesehen, den Stahlblechkern der Spulen durch μ -Metall oder Permaloy mit 5-fach höherer Permeabilität zu ersetzen. Der Wicklungswiderstand kann dadurch erniedrigt bzw. die Zünderzahl erhöht werden.

Die Anfertigung von Verzögerungseinrichtungen mit einigen Spulen würde eine wesentliche Minderung des grossen elektro-mechanischen Aufwandes, der für die derzeitigen ms-Geräte erforderlich ist, bedeuten und damit die Herstellungskosten verringern.

Die Schwierigkeit für die Einführung ist nicht in technischen Belangen zu suchen, sondern im zu erwartenden Einspruch der Sicherheitsbehörden, weil die Vorschrift im Hinblick auf den Stromanstieg nicht erfüllt wird. Es sei dazu bemerkt, daß in Schweden 150 Apparate mit Widerstandsverzögerung in Betrieb sind. Fernerhin ist bezeichnend, daß im deutschen Steinkohlenbergbau die ms-Zündung im Abbau noch nicht zugelassen ist, während der belgische Steinkohlenbergbau in Erkenntnis der erhöhten Schlagwettersicherheit die Zünder seinen Betrieben empfiehlt. Etwas schnellere Anpassung an die fortschreitende technische Entwicklung, die selbstverständlich auch die Diskussionen über bislang notwendige Sicherheitsforderungen beeinflusst, wäre dringend wünschenswert. Daneben erscheint es grotesk, wenn im 1. Teil dieser Arbeit nachgewiesen werden muss, daß im Kalibergbau der DDR die Zündstromstärken hart an der Versagergrenze $0,5 \text{ A}$, in häufigen Fällen auch darunter liegen.

Anwendung der ms-Zündung in Betrieben der Steine u. Erden

Durch die Fortschritte auf dem Gebiet der Bohrtechnik hat sich in den letzten Jahren das Großbohrlochverfahren als Gewinnungsmethode in den Kalksteinbrüchen immer mehr durchgesetzt. Nach der Begriffsbestimmung werden darunter alle Sprengungen mit Bohrlöchern von mehr als 12 m Tiefe verstanden.

Gegenüber den in der Vergangenheit üblichen Gewinnungsverfahren (Strossensprengungen, Kammersprengungen, Pfeilerbauverfahren) sind mit den Großbohrlochsprengungen einige wirtschaftlich und sicherheitlich bedeutsame Vorteile verbunden:

1. Größere Sicherheit gegenüber Steinfallgefahr aus der Bruchwand. Im Vergleich gegenüber anderen Sprengverfahren wird durch die Großbohrlochsprengung eine glatte Bruchwand geschaffen. Die gefährliche Beräumarbeit fällt weg. Der Aufenthalt von Leuten in der Bruchwand entfällt völlig.
2. Kontinuierlicher Ablauf der Gewinnungsarbeiten. Bei den Kammersprengungen und beim Wandsturzverfahren wird der gesamte Betrieb einschliesslich der nachgeschalteten Verarbeitungsanlagen über einen langen Zeitraum hin gestört, wenn die Sprengung nicht ordnungsgemäss verlaufen ist.
3. Gleichmässigerer Haufwerksbeschaffenheit. Die ungleichmässige Stückigkeit bei Kammersprengungen wird durch die Beschränkung der unmittelbaren Einwirkung des Sprengstoffes, vor allem der Brisanz, auf die unteren Partien der Bruchwand hervorgerufen. Unmittelbar über dem Laderaum findet, durch die Konzentration des Sprengstoffes an wenigen Punkten, eine zu weitgehende Zertrümmerung statt. Die mittlere Zone bringt die angestrebte Kleinstückigkeit, während etwa im oberen Drittel nur noch eine Auflockerung stattfindet. In noch stärkerem Maße tritt die mangelnde Sprengstoffeinwirkung beim Pfeilerbauverfahren auf, weil bei dieser Methode lediglich die Pfeiler unter der Bruchwand weggeschossen werden.

Anwendung der im Bergbau in Betracht der Steine u. Erden

Durch die Fortschritte auf dem Gebiet der Bohrtechnik hat sich in den letzten Jahren das Großbohrlochverfahren als Gewinnungsmethode in den Kalksteinschiefern immer mehr durchgesetzt. Auch der Begriffbestimmung werden darunter alle Sprengungen mit Bohrlochern von mehr als 12 m Tiefe verstanden.

Gegenüber den in der Vergangenheit üblichen Gewinnungsverfahren (Stromsprengungen, Kammerprengungen, Pfeilerbauverfahren) sind mit dem Großbohrlochverfahren einige wirtschaftlich und sicherheitlich bedeutsame Vorteile verbunden:

1. Größere Sicherheit gegenüber Steinfallgefahr aus der Bruchwand. Im Vergleich gegenüber anderen Sprengverfahren wird durch die Großbohrlochsprengung eine glatte Bruchwand geschaffen. Die gefährliche Brucharbeit fällt weg. Der Aufwandsunterschied in der Bruchwandentlastung ist völlig.

2. Kontinuierlicher Ablauf der Gewinnungsarbeiten. Bei den Kammerprengungen und beim Wandsturzverfahren wird der gesamte Betrieb einschließlich der nachgeschalteten Vorarbeitenanlagen über einen langen Zeitraum hin gestört, wenn die Sprengung nicht ordnungsgemäß verlaufen ist.

3. Gleichmäßigere Haftwerksbeschaffenheit. Die ungleiche Stützkraft bei Kammerprengungen wird durch die Beschränkung der ungleichen Einwirkung des Sprengstoffes, vor allem der Wärmeeinwirkung, auf die unteren Partien der Bruchwand hervorgerufen. Unmittelbar über dem Ladestum findet durch die Konzentration des Sprengstoffes an wenigen Punkten, eine zu weitgehende Zerkleinerung statt. Die mittlere Zone bringt die engste Körnung kleinste Stützkraft, während erst in oberen Drittel nur noch eine Anlockerung stattfindet. In noch stärkerem Maße tritt die mangelnde Sprengstoffeinwirkung beim Pfeilerbauverfahren auf, weil bei dieser Methode lediglich die Pfeiler unter der Wirkung weggeschoben werden.

Die grossen Blöcke müssen nachträglich durch unwirtschaftliche Auflegerschüsse zerkleinert werden. Trotzdem gelangen noch zahlreiche zu grosse Stücke in die Zerkleinerungsanlagen und rufen dort fortwährend Störungen hervor, die die gesamte Wirtschaftlichkeit des Betriebes beeinflussen. Der Hauptvorteil des Großbohrlochverfahrens mit ms-Zündung liegt darin, daß die Großstückigkeit auf einen praktisch unbedeutenden Anteil vermindert wird. Aus den Betrieben der Rheinischen Kalksteinwerke liegen bereits Angaben über Dauer- versuche vor. S t u m p f [52] gibt für die Korngrößen- anteile im Vergleich zur Kammer Sprengung wie folgt an:

	Kammer- sprengung	Großbohrloch- sprengung
Kornanteil		
2000 bis 4000 mm	4%	0%
1400 bis 2000 mm	12%	1%
1000 bis 1400 mm	13%	6%
Anteil der Nebenarbeiten beim Baggern	14%	4%
Anteil der Reparaturstunden an der Ladezeit	10%	5%

Um die Unfallsicherheit und die Vorteile des Verfahrens im vollen Umfange herbeiführen zu können, wird mit Millisekundenintervallen gezündet.

Für die Anwendung der Millisekundenzündung liegen folgende Gründe vor:

1. Die gleichzeitige Zündung aller Schüsse mit Momentzündern ruft die gefürchteten starken Erschütterungswirkungen hervor. Die Erschütterungen können zu Böschungsrutschungen an der Bruchwand führen und verursachen oftmals Schäden an benachbarten Bauwerken, z.B. an nahegelegenen Aufbe- reitungsanlagen und Zementfabriken. Es wurde bereits er- wähnt, daß die Millisekundenzündung ihren Ursprung nicht im untertägigen Bergbau, sondern in den Steinbruchbetrie- ben hatte. Man suchte und fand darin ein Mittel, um den fortwährenden Schadenersatzklagen der Anlieger zu begegnen zu können.
2. Langzeitige, normale Verzögerungen, etwa mit 1/2 sec-Ab- ständen der Eschbachzünder oder Zündschnurverzögerungen führen in den klüftigen Kalksteinbänken zum gegenseitigen Abschlagen der Sprengladungen. Deshalb hat die Steinbruchs- berufsgenossenschaft der Bundesrepublik im Merkblatt über Großbohrlochsprengungen die Anordnung erlassen, daß die Verzögerung nur mit Millisekundenintervallen erfolgen darf.

3. Die etwa mittlere Gewandigkeit des Großschlamm-
verfahrens lassen durch die bessere Stoffigkeit aus-
gleichen werden. Die Mittelschwebung ist bekannt-
lich geringer, diese Mangelerscheinungen sind aber
klein.

Die Hauptverweilzeit des Schlammes beträgt für die
Kalkwasserwerke der DOK 24 Stunden. Die Verweilzeit
in der für die fortlaufenden Sprengungen in großen
Mengen erforderlichen Mittelschwebung sind jedoch
nicht zur Verfügung, es war ein ähnlicher Zustand, das
gerade zu diesem Zeitpunkt das erste Muster des praktischen
einseitigen na-Kübelverfahrens fertiggestellt werden konnte.
So geschah es, daß der erste Einsatz nicht in unterfertigen
Bergbau, wohl in eigentlich aussehenden vorgehen
war, sondern in einem Standversuch erfolgreich.

Vergleichsversuch:

Abb. 120 zeigt die Bohrlochordnung und ein ähnliches Lage-
schema. Es wurde an anderer Stelle bereits erwähnt, daß die

praktische Anwendungsmöglichkeit von na-Kübelverfahren nahe-
liegt an eine zeitliche Verteilung der Zufuhr angeordnete
zu den einzelnen Verfüllungsstellen gebunden ist. Deshalb
gibt dem VAB Kalkwerk besondere besondere Anerkennung, daß
es den angefallenen Sonderwunsch zur Herstellung der jeweils
60 m langen Spezialbohrung durch Förderung der normalen Produkt-

tion unverzüglich nachgekommen ist. Nach der Behebung einiger Mängel bewähren sich diese Kabel in gleicher Weise wie die ms-Zündgeräte nunmehr in Betrieben der Kalksteinindustrie. Zweckmässig ist jedoch noch eine Anpassung an die Winterperiode durch Schraubverbindungen.

Die Bohrlochabstände wurden für die ersten Sprengungen mit ca. 3 m festgelegt. Um jedoch mit den gesammelten Erfahrungen evtl. Bohrlochabstände und Vorgaben noch erhöhen zu können, werden die Anklemmknöpfe mit 4 m-Entfernungen eingesetzt. Das Kabel liegt dann in etwas gewundener Form einige Meter hinter den Schüssen. Der Anschluss der Schüsse kann dadurch ohne jeglichen Aufwand an Drahtverlängerungen mit wenigen Handgriffen vorgenommen werden.

Selbst bei Verwendung einer gemeinsamen Rückleitung wären ohne das Spezialkabel noch 24 Anschlußleitungen zu ziehen, deren max. Längen zu den äussersten Schüssen $3 \times 12 = 36$ m betragen müssten. Die Betriebe, die das Kabel nicht rechtzeitig zum Beginn der Großbohrlochsprengungen erhalten konnten, hatten bei der Durchführung der ms-Sprengungen erhebliche Zeitverluste. Falls keine Cu-Leitung, sondern der übliche isolierte Verschleißdraht aus Eisen verwendet wird, kämen zum Zünderwiderstand nochmals \sim max. 40Ω Widerstand hinzu.

Die einzelnen Litzen sind vom Betrieb zweckmässigerweise mit Kabelschuhen zu versehen, auf denen Zahlen eingeschlagen werden. Dadurch geht auch der Anschluß der beiden Kabel an das Gerät schnell und ohne Verwechslung vor sich.

Um die Zündung mit größtmöglicher Sicherheit durchzuführen, ist es zweckmässig, in jede Ladezone 2 Zünder einzubringen. Die neuesten Untersuchungen über den Einfluß der Sprengkapsellage auf die Detonationsgeschwindigkeit [3] lassen erkennen, daß es zweckmässig ist, die beiden Zünder nicht unmittelbar nebeneinander anzuordnen, sondern über die Länge der Ladezone zu verteilen. Die mit zunehmender Entfernung von der ersten Sprengkapsel abnehmende Detonationsgeschwindigkeit erfährt durch die zweite Kapsel eine Verstärkung.

Abgelesen
am 12. 11. 1957

tion unverzüglich reorganisiert werden soll. Nach der Behebung ei-
 niger Mängel bestehen also diese Kabel in gleicher Weise
 wie die an- und abgehenden in der Betriebs- und Betriebs-
 industrie. Zweckmäßig ist jedoch noch eine Anpassung an
 die Verhältnisse durch Schwebepflichten.
 Die Betriebsverhältnisse werden für die ersten Sperrzeiten
 mit ca. 2 in festgelegt. Da jedoch mit den Gesamtergebnis-
 fahrungen evtl. Betriebsverhältnisse und Vorgaben noch erörtern
 zu können, werden die Anstellungsverhältnisse mit 4 in-
 eingesetzt. Das Kabel liegt dann in etwas geringerer Form
 einige Meter hinter den anderen. Der Anschluss der Anlagen
 kann dadurch eine gewisse Zeit an Dienstverhältnissen
 mit weniger festgestellten vorgenommen werden.
 Selbst bei Verwendung einer gemeinsamen Inbetriebnahme
 von ohne das Spezialkabel noch 2 Anschlussstellen zu
 stehen, deren Verhältnisse zu den anderen Stellen 2 x 12
 20 in betragen müssten. Die Betriebs- und Betriebs-
 rechtzeitig zum Beginn der Betriebsverhältnisse erörtern
 ten könnten, hätte bei der Inbetriebnahme der Anlagen
 erhebliche Nachteile. Falls keine Gr-Lösung, sondern
 der übliche feste Verschiebepunkt mit einer Vorrichtung
 wird, können zum Betriebsverhältnis nochmals - max. 40 in
 Widerstand stehen.
 Die einzelnen Stellen sind von rechts zweigleisig
 mit Kabelschienen zu versehen, auf denen Kanten einzu-
 gen werden. Dadurch geht auch der Anschluss der beiden Kabel
 an das Gerät schnell und ohne Verweilzeit vor sich.
 Um die Abhängigkeit der Betriebsverhältnisse zu beseitigen
 können, ist es notwendig, in zwei Anlagen 2 Kanten ein-
 zuordnen. Die neuesten Verhältnisse über den Betrieb
 der Sperranlagen mit der Betriebsverhältnisse [3]
 lassen erkennen, dass es notwendig ist, die beiden Kanten
 nicht unmittelbar nebeneinander anzuordnen, sondern über
 die Länge der Anlagen zu versetzen. Die mit einander
 verbundenen von der ersten Sperranlage abgehende Betriebs-
 stromschleifen werden durch die zweite Kabel eine
 Vorrichtung.

Bergakademie
 -Bücherei-
 Freiberg i. Sa.

Die günstigste Lösung wäre selbstverständlich die Verwendung von detonierender Sprengschnur, weil dann an der Mündung jedes Bohrloches nur ein Zünder an die Sprengschnur angelegt würde. Für die Herstellung oder Beschaffung besteht z.Zt. aber in der DDR noch keine Möglichkeit. Die Anwendung des ms-Gerätes würde damit noch weiter vereinfacht. Von S t e i n k e wurde vorgeschlagen, Doppelzünder zu verwenden. Die zwei Zuleitungsdrähte sollen statt einen Zünder, wie es dem Normalfall entspricht, jeweils zwei Zünder mit Zündstrom versorgen. Die Einsparung von annähernd 50 % Leitungsdraht ist offensichtlich. Dagegen kann die beabsichtigte doppelte Sicherheit gegenüber Schußversagern nicht erreicht werden, wie es durch diese Maßnahme angestrebt wird. Der Anteil versagernafter Zünder ist gering. (Verfasser registrierte 4 fehlerhafte von 10 000 verwendeten Zündern.) Wenn von einer Versagergefahr bei den Großbohrlochsprengungen überhaupt gesprochen werden kann (Verfasser hat bei den Sprengungen, an denen er mit beteiligt war, keinen Versager festgestellt), so könnte sich dies in erster Linie nur auf die Möglichkeit beziehen, daß durch unvorsichtige Lade- und Besatzarbeit Drähte im Bohrloch zerstört werden. Gegen derartige Folgen unsachgemäßen Arbeitens stellen aber nur zwei Zünder mit eigenen Zünderdrähten eine zusätzliche Sicherheit dar.

An den Verfasser sind wiederholt nachfolgende Fragen gerichtet worden:

1. Ist für den speziellen Fall der Anwendung eines ms-Gerätes bei Großbohrlochsprengungen die Hintereinanderschaltung oder die Parallelschaltung günstiger ?
2. Ist auch bei tiefen Bohröchern (max. 60 m) im Hinblick auf die doppelte Zünderzahl und die langen Zünderdrähte noch Sicherheit der Zündung vorhanden ?

Die Mehrzahl der Kalkbrüche kommt mit Bohrlochtiefen bis zu 30 m aus. Für die Berechnung der Leistungsanforderung an das ms-Gerät legen wir eine Verteilung der Zünder in 5 m, 10 m, 15 m, 20 m und 25 m Tiefe zugrunde.

Zünddrahtwiderstand: $0,9 \Omega/m$, für beide Drähte (in der Rechnung $1 \Omega/m$)

Brückenwiderstand: 2Ω

$$R_{\text{ges}} = (5 \Omega + 10 \Omega + 15 \Omega + 20 \Omega + 25 \Omega) + 5 \Omega \text{ (von Bohrlochmündung bis zum Kabel)}$$

$$= 80 \Omega + 5 \cdot 2 \Omega = \underline{\underline{90 \Omega}}$$

Der Grenzwiderstand für eine Gerätestufe beträgt 175Ω . Für die Parallelschaltung besteht demzufolge keine Notwendigkeit. Der Vorteil der Hintereinanderschaltung liegt in einer zuverlässigen Kontrolle sämtlicher hintereinandergeschalteten Zünder des Bohrloches. Jede Drahtunterbrechung kann sofort mit dem Ohmmeter festgestellt werden. Bei der Parallelschaltung ist dies nur über dem Wege der Berechnung möglich, wobei infolge verschiedener Übergangswiderstände der Drahtverbindungsstellen Trugschlüsse möglich sind.

Besonders in den Kalkwerken des Harzes, die in mächtigen Ablagerungen bauen, wäre es dringend wünschenswert, die Bohrlochtiefen auf 60 m erhöhen zu können, weil damit die Wirtschaftlichkeit der Gewinnung nach Wegfall der Zwischenstrosse gesteigert werden könnte. Bislang ist seitens der Sicherheitsinspektionen in der DDR jedoch die Grenze bei 30 m gezogen worden. U.a. werden auch Bedenken erhoben, daß die Leistung des ms-Gerätes für grössere Teufen nicht ausreicht.

Für die rechnerische Nachprüfung sollen auf die Bohrlochtiefe von 60 m 8 Zünder im Abstand von 6 m verteilt werden:

$$R_{\text{ges}} = 12 \Omega + 18 \Omega + 24 \Omega + 30 \Omega + 36 \Omega + 42 \Omega + 48 \Omega$$

$$+ 54 \Omega + (5 \Omega + 8 \cdot 2 \Omega) = 285 \Omega.$$

Die Leistung der Zündmaschine ist für eine Hintereinanderschaltung nicht hoch genug. Bereits die gruppenweise Parallelschaltung würde eine sichere Zündung ermöglichen.

Zündkreiswiderstand: $0,2 \Omega$ für beide Drähte (in der Rechnung 1Ω)

Brückenwiderstand: 2Ω

$R_{ges} = (2 \Omega + 10 \Omega + 15 \Omega + 20 \Omega + 25 \Omega) + 2 \Omega$ (von Bohrlochabstand bis zum Kabel)

$= 80 \Omega + 2 \Omega = 82 \Omega$

Der Grenzwiderstand für eine Gerätestufe beträgt 175Ω . Für die Parallelanordnung besteht demzufolge keine Notwendigkeit. Der Vorteil der Hintereinanderschaltung liegt in einer zuverlässigen Kontrolle sämtlicher hintereinanderschalteten Zähler des Bohrloches. Jede Driftuntersuchung kann sofort mit dem Ölmeter festgestellt werden. Bei der Parallelschaltung ist dies nur über den Weg der Messung möglich, wobei infolge vornehmender Übergegenwärtstände der Richtverbindungswerteigenen Transistoren möglich sind.

Besonders in den Kalibrieren des Messes, die in nützlichen Ablagerungen dienen, wie es dringend wünschenswert, die Bohrlochleiter auf 60 m erhöhen zu können, weil damit die Wirtschaftlichkeit der Gewinnung nach Verfall der Zwischenstrosse gesteigert werden könnte. Hinsichtlich der Sicherheitsexpositionen in der DDR jedoch die Grenze bei 30 m gezogen worden. U.a. werden auch Bedenken erhoben, daß die Leistung des me-Gerätes für größere Tiefen nicht ausreicht.

Für die rechnerische Nachprüfung sollen auf die Bohrlochleiter von 60 m Zähler im Abstand von 6 m verteilt werden:

$R = 12 \Omega + 18 \Omega + 24 \Omega + 30 \Omega + 36 \Omega + 42 \Omega + 48 \Omega + 54 \Omega + (2 \Omega + 2 \Omega) = 282 \Omega$

Die Leistung der Zählmaschine ist für eine Hintereinanderschaltung nicht hoch genug. Lediglich die Gruppenweise Parallelschaltung würde eine stärkere Zündung ermöglichen.

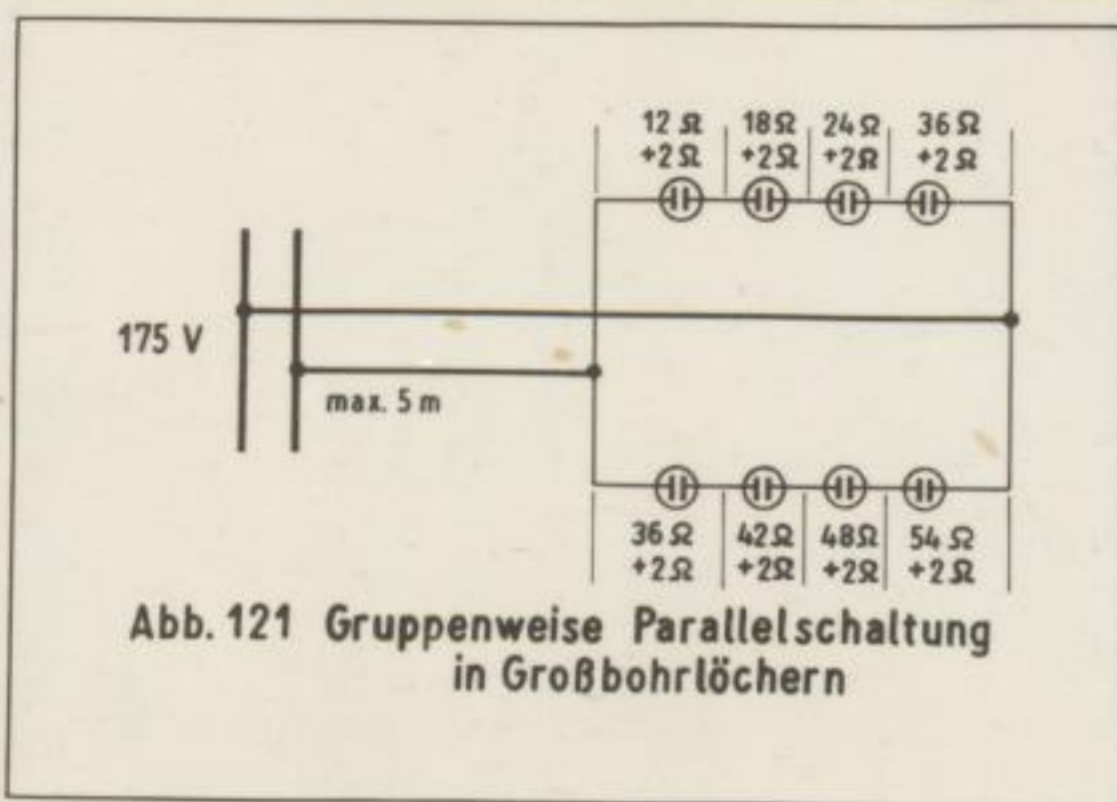


Abb. 121 Gruppenweise Parallelschaltung in Großbohrlöchern

Bei 175 V wird 1 A mittlerer Stromfluß nach Vorschrift gewährleistet. Demnach Zündspannung $U = J \cdot R = 175 \cdot 1 = 175 \text{ V}$

Abb. 121 zeigt den ungünstigsten Fall

$$R = 5 \Omega + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 5 \Omega + \frac{92 \cdot 188}{92 + 188} = 5 \Omega + 61,8 \Omega = 66,8 \Omega$$

$$J_{\text{ges}} = \frac{175 \text{ V}}{66,8} = 2,63 \text{ A} \quad J_1 = \frac{J_{\text{ges}}}{\frac{R_1 + 1}{R_2 + 1}} = \frac{2,63}{\frac{188 + 1}{92 + 1}} = 0,87 \text{ A}$$

$$J_2 = 1,76 \text{ A}$$

Noch höhere Stromstärken ergibt die Parallelschaltung sämtlicher Schüsse.

$$R_{\text{ges}} = 5 \Omega + R_{\text{parall.}} \quad \left\| \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_8} \right.$$

$$= \frac{1}{12} + \frac{1}{18} + \frac{1}{24} + \frac{1}{30} + \frac{1}{36} + \frac{1}{42} + \frac{1}{48} + \frac{1}{54} = 0,307$$

$$R_{\text{parallel}} = 3,3 \Omega$$

$$R_{\text{ges}} = 5 \Omega + 3,3 \Omega = 8,3 \Omega \quad J_{\text{ges}} = \frac{175 \text{ V}}{8,3 \Omega} = 21,2 \text{ A}$$

$$\Delta U_1 = 21,2 \text{ A} \cdot 5 \Omega = 106 \text{ V} \quad (\text{Spannungsabfall an der Zuführung zum Kabel})$$

$$\Delta U_2 = 21,2 \text{ A} \cdot 3,3 \Omega = 69 \text{ V} \quad (\text{Spannungsabfall an den parallelgeschalteten Zündern})$$

$$J_{\text{min}} = \frac{U_2}{R_{\text{max}}} = \frac{69 \text{ V}}{54 \Omega} = 1,28 \text{ A}$$

Aus den Rechnungen ist ersichtlich, daß selbst die max. denkbaren Zündkreiswiderstände, die bei Großbohrlochsprenungen auftreten könnten, noch innerhalb der Leistungsgrenzen des Zündgerätes liegen.



Abb.122a: Nachzerkleinerungsschüsse beim bisherigen Wandsturzverfahren



Abb.122b: Bruchwand vor der Sprengung mit Großbohrlöchern u. ms-Zündung.



Abb. 123



Abb. 124



Abb. 125



Abb. 126

Abb.123-126: Baggerfähiges Haufwerk bei einer Großbohrlochsprengung mit ms-Zündung.

Bergakademie
- Bücherei -
Freiberg i. Sa.

Verzögerungszeiten:

Um die Zerkleinerungswirkung voll auszunützen, werden alle Sprengungen in Kalkgestein mit 12,5 ms ausgeführt. In dieser kurzzeitigen Verzögerungsmöglichkeit liegt einer der Vorteile des Einsatzes von ms-Geräten bei Großbohrlochsprengungen gegenüber den chemischen ms-Zündern. Vergleichsprengungen mit chemischen ms-Zündern durchzuführen, wie bei früheren Versuchen im Hartgestein, waren nicht möglich. Ohne Sprengschwarz ist die Verzögerung durch chemische Zünder mit Versagergefahren verbunden. In jedem Loch müssen mehrere Zünder untergebracht werden. Wir stellten bei den Zeitmessungen fest, daß die Streuung durchschnittlich 66 % betrug. Werden mehrere Zünder der gleichen Zeitstufe in einem Bohrloch gezündet, so ist die Möglichkeit gegeben, daß der früher kommende Schuß die andere Ladesäule im gleichen Bohrloch beschädigt. Nach den Zeitmessungen über die Auswirkung des Gasdruckes auf den Besatz reicht die Zeit von $50 \text{ ms} \cdot 0,66 = 33 \text{ ms}$ dazu aus.

Resultate der Sprengungen:

Bereits die ersten Versuchsprengungen im Kalkwerk Rüdersdorf zeigten die erwünschten Erfolge (Abb.123-126). Das Haufwerk war wesentlich feinstückiger als bei den vorausgegangenen Wandsturzverfahren. Der gesamte hereingeschossene Kalkstein stellte mit einer Stückgröße von 30-50 cm baggerfähiges Fördergut dar. Demgegenüber wies das Haufwerk einer benachbarten Sprengung durchschnittliche Stückgrößen von 0,8 - 1,2 m auf (Abb.122a). Nachzerkleinerungsschüsse waren nur noch an einzelnen Stücken erforderlich, die vom Nachfall herrührten. Der Durchsatz grosser Stücke durch den Backenbrecher bewirkte beim bisherigen Sprengverfahren Betriebsstörungen infolge Verstopfung, die bis zu 3 Std. täglichen Stillstand führten. Der Durchsatz des Haufwerkes der Großbohrlochsprengung mit ms-Zündung ging dagegen ohne jegliche Störung vor sich. Bei der Beurteilung der Großbohrlochsprengungen mit ms-Zündung wird oft angeführt, daß die Gewinnungskosten höher liegen als bei dem bislang üblichen Abbauprodukt. In Rüdersdorf stieg der Sprengstoffverbrauch

von 38 g/t auf 80 g/t. Trotzdem ergeben sich im Hinblick auf den gesamten Betriebsablauf wesentliche Einsparungen.

Für das Jahr 1955 wurden diese für das Werk auf ca. 1 Mill DM veranschlagt. Neben der erwähnten vorteilhaften Auswirkung der Kleinstückigkeit auf Baggerbetrieb, Fördermittel, Brecheranlagen und die nachfolgende Weiterverarbeitung, kommt in dieser Summe besonders die Verminderung der Anzahl mit Nebenarbeiten beschäftigten Personen zum Ausdruck. Die Zahl der benötigten Arbeitskräfte verringert sich von 92 auf 27 Personen.

Sowohl im Kalkwerk Rüdersdorf, als auch bei Beginn der Großbohrlochsprengungen in den anderen Kalkwerken wurden mitunter die Vorgaben einzelner Schüsse nicht ordnungsgemäß abgeworfen. Die nachträgliche Überprüfung ergab, daß die Vorgaben mit starken Abweichungen eingemessen wurden. In einem Falle waren Bohrlochvorgaben auf dem Riss mit 3,5 m eingetragen, im Bohrlochtiefsten betrugen aber die tatsächlichen Vorgaben 7 bis 12 m. Interessant war, daß zunächst in allen Fällen eine fehlerhafte Arbeitsweise des Zündgerätes als Ursache angenommen wurde. Um diesem Trugschluß vorzubeugen, ist neuerdings dem ms-Gerät eine Prüfeinrichtung beigegeben (Abb.127). Die Lämpchen des Prüfkoffers leuchten



Abbildung 127

durch den Zündstrom der einzelnen Verzögerungskreise kurzzeitig auf.

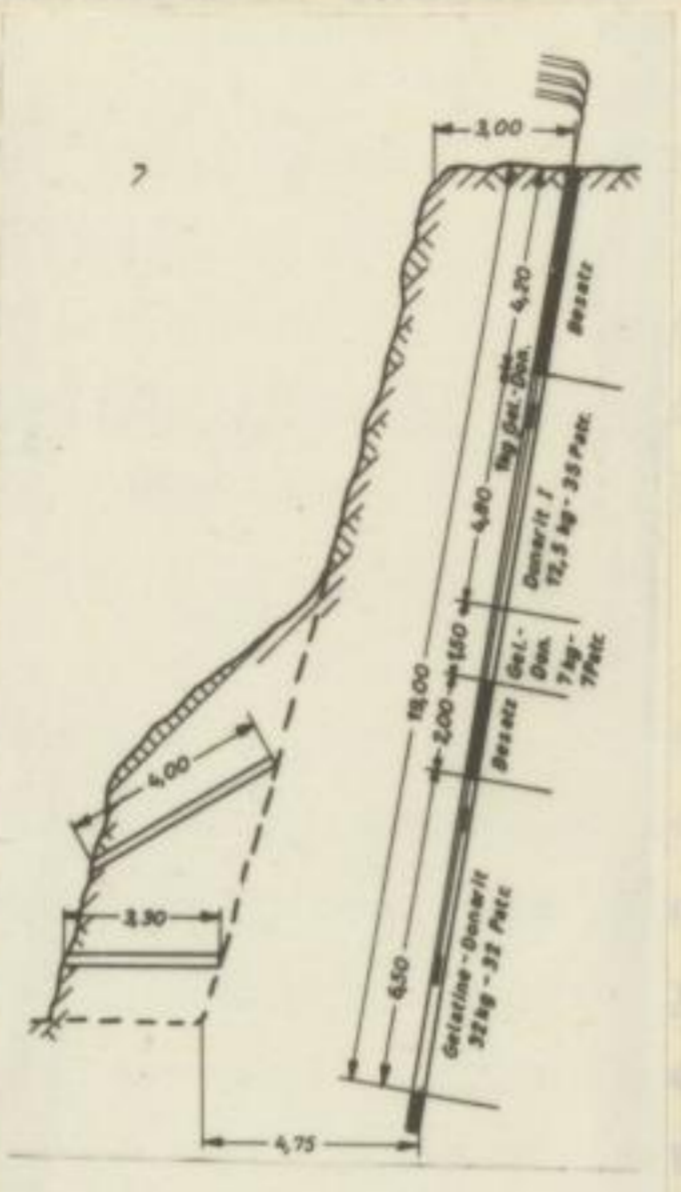


Abb.:129 Ungünstige Vorgabenverhältnisse für eine Großbohrlochsprengung

Zum Problem des Überganges zur Großbohrlochsprengung sei noch bemerkt, daß die gleichzeitige Zündung von waagerechten Sohlenschüssen zum Zwecke der Bruchwandbegradigung zu Fehlschlägen führt. Abb.129 zeigt die Situation, die vor der ersten Versuchssprengung in einem Kalkwerk im Magdeburger Bezirk vorgefunden wurde.

Der abzusprengende Gebirgstheil wurde zwar abgetrennt, blieb aber im wesentlichen unverändert in seiner Lage (Abb.128a, 128b).



Abbildung 128b

Das Haufwerk der horizontalen Schüsse, die einige Zeitstufen früher gezündet wurden, versperrte der brisanten Sprengladung im Bohrlochtiefsten die Schleudermöglichkeit (Stelle H in Abb.128b). Es ist erforderlich, zunächst entweder durch gesondete Strossenschüsse oder durch Großbohrlöcher, die nur zur Beseitigung der Vorsprünge auf der Bruchsohle angesetzt werden, eine glatte Bruchwand zu schaffen. Das dabei anfallende Haufwerk muss restlos abgefördert sein. Erst dann ist die Gewähr für genaue Einmessung und freie Schleudermöglichkeit vorhanden. Dieser Hinweis wurde angeführt, weil in der Literatur üblicherweise die Mißerfolge gegenüber den Erfolgsberichten in den Hintergrund treten. Damit ist den Betrieben, die das Verfahren übernehmen wollen, nicht gedient. Dies war daran ersichtlich, daß der Verfasser die geschilderten ungünstigen Voraussetzungen wiederholt antraf.

Den Großbohrlochsprengungen mit ms-Zündung bieten sich für die Zukunft noch stärkere Verbreitungsmöglichkeit. Für das Gebiet der DDR wäre besonders auf eine Einführung

in die Eisenerztagebaue hinzuweisen. Während die Betriebe der Kalkindustrie sofort bereit waren, die Investitionsmittel für den Import der H 60 Maschinen und die Anschaffung der ms-Geräte aufzubringen, hat der Eisenerzbergbau bislang noch nicht auf diese offensichtlich bedeutungsvolle Möglichkeit zur Rentabilitätssteigerung reagiert.

Anwendung der ms-Zündung bei Stahlbetonsprengungen

Die Versuchsberichte über die Sprengungen an Betonfundamenten und Bunkern mit Stahlbewehrung sollen deshalb mit angeführt werden, weil sich diese Sprengarbeiten als ein ideales Anwendungsgebiet für ms-Zündgeräte erwiesen. Gleichzeitig stellen die bei dieser Versuchsreihe festgestellten Beobachtungen einen interessanten Beitrag zur Diskussion der besonderen Effekte des ms-Schiessens dar.

Neben anderen Erschwernissen bestand bislang die grösste Schwierigkeit bei Stahlbetonsprengungen darin, daß wohl der Beton durch die Schußwirkung zertrümmert wird, aber nachträglich unter grossem Arbeitsaufwand durch Handarbeit aus der Stahlbewehrung herauszuschlagen ist. Mit der ms-Zündung sollte versucht werden, eine bessere Trennung des Betons von der Bewehrung zu erreichen. Die Versuche verliefen in 3 Schwierigkeitsgraden.

1. Versuch:

Stampfbetonfundament mit geringer Stahlbewehrung

Bohr- und Ladeschema:

- 9 Bohrlochreihen mit je 12 senkrechten Löchern = 108 Schüsse
Bohrlochabstand: 0,4 m
Vorgabe: 0,4 m (gleich Abstand der Bohrlochreihen)
Bohrlochtiefe: 1,30 m und 1,10 m (innerhalb einer Reihe abwechselnd)
1. Ladezone: 70 g Gelatine-Donarit im Bohrlochtiefsten
60 cm Zwischen-Sandbesatz
2. Ladezone: 50 g Gelatine-Donarit

Verzögerung:

Zwischen jeder Bohrlochreihe 12, 5ms Verzögerung. Der

in die Eisenbetondecke einzuweisen, während die Bewehrung der Kalkbetondecke sofort bereit war, die Investitionskosten für den Import der H 60 Maschinen und die Anschaffung der Maschinen auszuführen, hat der Eisenbetondeckbau nicht auf diese wirtschaftlich begründete Möglichkeit zur Kostenreduzierung reagiert.

Anwendung der ma-Zündung bei Stahlbetondeckungen

Die Versuchsberichte über die Sprengungen an Betonfundamenten und Bunkern mit Stahlbewehrung sollen dem Verfasser mitgeteilt werden, weil also diese Sprengarbeiten als ein ideales Anwendungsgebiet für die ma-Zündung erwiesen. Gleichzeitig stellen die bei dieser Versuchsreihe festgestellten Beobachtungen einen interessanten Beitrag zur Klärung der besonderen Effekte des ma-Schusses dar.

Neben anderen Erkenntnissen bestand nämlich die größte Schwierigkeit bei Stahlbetondeckungen darin, daß wohl der Beton durch die Schmelzwirkung zerstört wird, aber gleichzeitig unter großer Arbeitswand durch Handarbeit aus der Stahlbewehrung herauszuschlagen ist. Mit der ma-Zündung sollte versucht werden, eine bessere Trennung des Betons von der Bewehrung zu erreichen. Die Versuche verliefen in 3 Schwierigkeitsstufen.

1. Versuch:

Stahlbetondeckung mit geringer Bewehrung

Bett- und Decken:

9 Bohrlochräume mit je 12 vertikalen Bohern = 108
Schüsse

Bohrlochabstand: 0,4 m

Vorgabe: 0,4 m (gleicher Abstand der Bohrlochräume)

Bohrlochtiefe: 1,30 m und 1,10 m (innerhalb einer Helix
abwechselnd)

1. Ladung: 70 g Gelatine-Donarit in Bohrlochtiefen

50 g Zwischen-Sandbest

2. Ladung: 50 g Gelatine-Donarit

Vergleichen:

Zwischen jeder Bohrlochräume 12, 2ma Vergrößerung. Der

zusätzliche Aufwand für das Anschliessen der 9 Verzögerungsstufen betrug ca. 15 min. Das Spezialkabel wurde hinter die letzte Bohrlochreihe gelegt.

Resultat:

Der Vergleich zwischen Abb.130 (bisher übliche Momentzündung) und Abb.131 (ms-Zündung) zeigt die völlig veränderte Schußwirkung. Besonders die letzten Schußreihen werfen bei der Momentzündung die Vorgaben nur teilweise



Abbildung 130



Abbildung 131

ab (Abb.130). Je Abschlag sind deshalb durchschnittlich 14 Arbeitsstunden zur nachträglichen Beräumung erforderlich. Bei der ms-Zündung warfen dagegen auch die Bohrlöcher der letzten Reihe bis zum Bohrlochtiefsten ab, zudem wurde durch die bekannte Schleuderwirkung der abgesprengte Beton vollständig vom Fundament abgeschleudert. Die Beräumarbeit betrug demzufolge nur 2 Arbeitsstunden. Besonders interessant war die Beobachtung des Ablösevorganges. Während bei den bisherigen Sprengungen ein Auseinanderbersten des Betons eintrat, das eine regellose Streuung in die ganze Umgebung zur Folge hatte (max.70 m) wurden bei der ms-Zündung die Vorgaben seitwärts abgeschoben. Das Haufwerk lag konzentriert an einer Stelle neben dem Schußort. (Die nachfolgenden Versuche zeigen, daß die Veränderung nicht auf dem Wechsel zwischen Momentzündung und ms-Zündung beschränkt bleibt, sondern daß der Vergleich auch gegenüber Eschbach- oder Zündschnurzündern gilt.)

ausdrückliche Aufwands für das Anschließende der 2 Versuchs-
versuchen betrug ca. 12 Min. Das Spezialrohr wurde
hinter die letzte Bohrstufe des Bohrers

Abbildung 130

Der Vergleich zwischen Abb. 130 (Wasser-Wasser-Bohrer) und
Abbildung und Abb. 131 (Luft-Bohrer) zeigt die völlig ver-
änderte Schweißform, besonders die letzten Schweiß-
stellen bei der Montage der Vorlagen zur Zeitweise

Abbildung 131

Abbildung 130

Ab (Abb. 130) ... die Abschiebung durch die Bohrstufen
in Arbeitstunden zur bestmöglichen Bestimmung erforder-
lich. Bei der in-Kündung waren dagegen auch die Bohr-
löcher der letzten Bohrstufe des Bohrstückes ab-
gelesen wurde durch die bekannte Schweißform der aus-
geprägten Beton verfahren von Handarbeit ausgehend.
Die Bestimmung der Bohrstufen erfolgte nur 2 Arbeitstunden.
Besondere Interesse war die Bestimmung der Ablesvor-
ganges während bei der Bohrstufen Spannungen ein Aus-
scheidungspunkt des Bohrer wurde, die eine regelmäßige
Streuung in die Bohrstufen mit Folge hatte (max. 70 m)
wurden bei der in-Kündung die Vorlagen teilweise exponen-
ten. Das Häufigkeit lag konstant auf einer Stelle oben
dem Schweiß. (Die Bohrstufen wurden versucht, das die
Veränderung nicht auf der Bohrstufen Momentenänderung
und in-Bündung beobachtet wird, sondern das der Vergleich
auch gegenüber Bohrer- oder Bohrstufenänderung gilt.)

Zum Vergleich der Stückigkeit des Betons:

Beschaffenheit:	Momentzündung	ms-Zündung
ladefähig (20-30 cm)	35 %	65 %
Zerkleinerung mit Hammer u. Eisen (30-70 cm)	20 %	-
Nachzerkleinerungs- schüsse nötig (> 70 cm)	45 %	35 %

Trotz der sonst getroffenen Feststellung, daß die Abnahme der grössten Stücke am stärksten in Erscheinung tritt, verbleiben bei diesem Versuch noch 35 % Stücke für Auflegerschüsse. Diese Stücke rührten offensichtlich von den Kantenschüssen der 1. Schußreihe her. Von der sonstigen Wirkung abweichend, hatten diese Schüsse den Beton noch bis 1,2 m unterhalb des Bohrlochtieftes abgeschlagen.

Im Hinblick auf den Arbeitsaufwand für die Nachzerkleinerung mit Hammer und Eisen von 18 Std./m³ Haufwerk stellt die Veränderung der Stückigkeit einen bedeutenden Vorteil dar. (Der PreBlufthammer ist infolge Festklemmens nicht anwendbar.)

2. Versuch:

Bunker mit starker Stahlbewehrung

Bohr- und Ladeschema:

4 Bohrlochreihen mit je 12 senkrechten Löchern = 48 Schüsse
(4 Reihen entsprechen der bislang max. möglichen Zahl).

Bohrlochabstand: 0,4 m

Vorgabe: 0,4 m

Bohrlochtiefe: 2 m

Lademenge: je Schuß 500 g Gelatine-Donarit + 2 Sprengsünder hintereinandergeschaltet.



Abb. 132 - 137

Linke Bildreihe:
Normale Verzögerung

Rechte Bildreihe:
ms-Zündung

Bergakademie
- Bücherei -
Freiberg i. Sa.

Verzögerung:

25 ms und 12,5 ms (alle nachfolgend beschriebenen Veränderungen traten bei 12,5 ms deutlicher hervor. Die Angaben beziehen sich deshalb auf 12,5 ms). Zur bislang üblichen Zündung wurden Eschbachzünder mit 0,5 s Verzögerungszeit verwendet.

Für den Anschluß der 4 Zündstufen wurde als gemeinsame Zuführung vom Zündgerät zur Schußstelle (15 m Entfernung) ein 4-poliges Kabel verwendet. Als Rückleitung diente eine normale isolierte Schießleitung. Infolge dieses einfachen Anschlussschemas waren die Schießmeister bereits beim ersten Wiederholungsversuch selbst imstande, den Anschluß der Stufen innerhalb von 10 min vorzunehmen.

Resultat:

Die Abbildungen 132-137 zeigen die unterschiedliche Schußwirkung. Mit der bisherigen Zündmethode war lediglich eine Auflockerung des Betons zu erreichen. Die Entfernung der Betonstücke ist eine beschwerliche Arbeit. Die Schichtnorm je Mann für diesen Arbeitsvorgang beträgt $1,5 \text{ m}^3$. Nach dem Schießversuch mit ms-Zündung lag der gesamte abzusprengende Beton ohne jegliche zurückbleibende Reste ausserhalb der Stahlarmierung. Es war nur noch die Arbeit des Aufladens und das Abschneiden der Armierung mit dem Brenner erforderlich.

Statt 0,36 DM für einen Eschbachzünder sind nur 0,18 DM für einen Momentzünder einschl. Kapsel aufzuwenden. Der Betrieb verbraucht auf seinen Sprengstellen jährlich DM 83.000,-- für Eschbachzünder. Allein diese Ersparnis beläuft sich demzufolge auf DM 41.500,--. Beim Wiederholungsversuch wurde die Sprengstoffmenge von 500 g auf 400 g erniedrigt, ohne daß eine Minderung der vorteilhaften Auswirkung der ms-Zündung zu beobachten war. In Hinblick darauf, daß die Betonstücke bis 30 m weit abgeworfen wurden, ist eine Verringerung der Lademenge bei der künftigen ständigen Anwendung des Verfahrens durchführbar. Dadurch kann die Beschränkung der Gasdruckwirkung auf das Herausschlagen des Betons aus der Armierung erreicht werden.

Auch bei diesem Versuch war festzustellen, daß jegliche Schleuderwirkung in das benachbarte Wohngebiet unterbunden wurde.

Die Beobachtungen bestätigen in vortrefflicher Weise die Ansicht, daß die besonderen Effekte des Millisekunden-schiessens auf die bessere Ausnützung der bei Einzelschüssen mit weniger Wirkung expandierenden Sprengstoffgase zurückzuführen ist.

Die Zertrümmerung des Haufwerkes wurde auch bei der langzeitigen Verzögerung in zufriedenstellender Weise erreicht. Von einer stärkeren Ladung der Schüsse wurde daher abgesehen, weil dies einen zwecklosen Mehraufwand an Sprengstoff bedeutet hätte. Eine stärkere Ladung rief nur ein verstärktes Abschleudern einzelner Haufwerkstücke hervor. Die Steigerung der Detonationswellenintensität durch Erhöhung der Lademenge, die nach geäußerten Vermutungen bei der ms-Zündung auch infolge Interferenzwirkung auftreten könnte, führte den erwünschten Effekt also nicht herbei.

Es verbleibt auch nach dieser Überlegung das wirkungsvolle Abfangen der Gasdruckwirkung der nachfolgenden Schußreihe, die gezündet wird, wenn sich die Vorgabe der vorausgegangenen Reihe ablöst. Die Abb. 132 bis 137 zeigen diesen Vorgang in einer anschaulichen Weise, wie dies bei keiner anderen Sprengarbeit der Fall war.

Seitens der Sprengfachleute im Bauwesen wurden Bedenken geltend gemacht, daß die überzeugenden Veränderungen gemindert oder ganz ausbleiben könnten, wenn besonders ungünstige Voraussetzungen hinsichtlich Bewehrungsart und Betonhärte angetroffen werden. Verfasser hat deshalb einen Wiederholungsversuch am schwierigsten Bunker der DDR in Warnemünde durchgeführt.

Versuchsbedingungen:

Betonklasse "C" (härtester Beton)

Diagonalbewehrung (schwierigste Bewehrung für Sprengungen).

Der Bunker grenzte unmittelbar an einen Wohnblock, deshalb musste die geringe Sprengstoffmenge von 150 g/m^3 geladen werden. Bei der bisherigen Sprengarbeit konnte bei jeder Sprengung nur eine Schußreihe mit Erfolg gezündet werden. Beim Versuch mit ms-Zündung wurden 5 Schußreihen mit 12,5 ms

Die Beobachtungen bestätigen in vorerwählter Weise die Ansicht, daß die besondere Wirkung des Milliarde- schusses auf die bessere Anwendung der bei Klassen lassen mit weniger Wirkung expandierenden Sprengstoffes zurückzuführen ist.

Die Verformung des Kollimator wurde auch bei der langzeitigen Verzögerung in unterschiedlicher Weise erreicht. Von einer stärkeren Ladung der Schiene wurde daher abgesehen, weil dies einen zwecklosen Materialwaste an Sprengstoff bedingt hätte. Eine stärkere Ladung rief nur ein verstärktes Absinken einzelner Hauptknotenpunkte hervor. Die Steigung der Betonstahlgewölben durch Erhöhung der Ladung, die nach geübten Vermutungen bei der ma-Zündung auch infolge Interferenzwirkung auftreten könnte, führt zu dem erwünschten Effekt also nicht herbei.

Es verbleibt auch nach dieser Überlegung die Wirkungsvolle Abfeder der Gashauptwirkung der nachfolgenden Schüsse, die gestundet wird, wenn sich die Vorgänge der vorausgegangenen Reihe abspielt. Die Abb. 132 bis 137 zeigen diesen Vorgang in einer anschaulichen Weise, wie dies bei keiner anderen Sprengarbeit der Fall war.

Seitens der Sprengfachleute im Bauwesen wurden Bedenken geltend gemacht, daß die überragenden Verbindungen gemindert oder ganz unbrauchbar könnten, wenn besonders ungünstige Voraussetzungen hinsichtlich Bewehrungsart und Betonart anzutreffen werden. Versuche sind deshalb einen Wiederholungsversuch am schwerksten Bunker der DDR in Warnemünde durchgeführt.

Versuchsbedingungen:

Betonklasse "C" (härtester Beton)
Diagonalbewehrung (schwerste Bewehrung für Sprengungen).
Der Bunker konnte unmittelbar an einen Wohnblock, deshalb mußte die geringe Sprengstoffmenge von 150 g/m² geladen werden. Bei derartigen Sprengarbeit konnte bei jeder Sprengung nur eine Schutzhülle mit Erfolg gestundet werden.
Beim Versuch mit ma-Zündung wurden 2 Schutzhüllen mit 12,5 ma

Verzögerung gezündet.

58 Schüsse, 0,4 m Vorgabe, 0,4 m Bohrlochabstand.

Resultat:

Wie Abb.139 zeigt, wurde der abgebohrte Block (s.Abb.138) vollständig auseinandergerissen, während sonst das Haufwerk einer Schußreihe in bereits geschilderter Weise mühsam aus der Bewehrung zu entfernen ist.



Abbildung 138



Abbildung 139

Auf Grund der radikalen Veränderung des gesamten Arbeitsablaufes bei Stahlbetonsprengungen sind von den Tiefbau- und Baustoffbergungsbetrieben der DDR 5 Geräte in Auftrag gegeben worden.

Veränderung gestaltet

58. Tabelle 0,4 in Vorzeichen 0,4 in Schriftzeichen

Resultat

Die Abb. 139 zeigt, welche für verschiedene Stoffe (Abb. 138) vollstän- dige Umwandlungsgleichungen, während eines der Haupt- werk einer Umwandlung in mehrere verschiedene Stoffe sein kann aus der Tabelle zu ersehen ist.

Abbildung 139

Abbildung 138

Auf Grund der vertikalen Veränderung des gesamten An- teilens bei Umwandlungen sind vor dem Auf- bau und Umwandlungsgleichungen der DGR 2. Größe in Auf- stieg gegeben worden.

Koordinierung der Einzelergebnisse des 2. Teils und ihre allgemeine Auswertung

=====

Im 2. Teil der Arbeit sind die Erkenntnisse niedergelegt, zu denen der Verfasser durch Versuchsreihen mit ms-Zündung gelangte. Gegenüber den bisherigen Veröffentlichungen über dieses Gebiet unterscheiden sich die Versuchsergebnisse in folgender Hinsicht:

1. Durch das umfassende Versuchsprogramm im Erz- und Kalibergbau sowie in der Steinbruchs- und Bauindustrie war es einer Person möglich, vergleichende Betrachtungen über die Auswirkungen der besonderen ms-Effekte anzustellen. Daraus konnten Hinweise zur Klärung der Frage abgeleitet werden, weshalb bei einigen Schießarbeiten die erwünschten Vorteile ausbleiben.
2. Die ständige Anwendung der ms-Zündung für die untersuchten Schießarbeiten mußte zwangsläufig mit ms-Geräten erreicht werden, da keine grösseren Mengen spezieller ms-Zünder zur Verfügung standen. Die Versuche wiesen einerseits die Vorteile derartiger Geräte nach, andererseits wurden jedoch auch die einschränkenden Bedingungen für den Einsatz von ms-Zündgeräten erkenntlich.

Mit einem speziellen Kurzzeitmeßgerät wurden die Reaktionszeiten der Brückenglühzünder A des Sprengstoffwerkes Schönebeck untersucht. Die Streuung bei Zündstromstärken > 1 A betrug 3 ms. Damit war nachgewiesen, daß diese Zünder auch zur Zündung mit kürzesten ms-Intervallen, z.B. 10 ms geeignet sind.

Zum Vergleich wurden chemische ms-Zünder mit 125 ms und 50 ms ^Wennverzögerung untersucht. Bei einer durchschnittlichen Streuung von 66,1 % bzw. 76,9 % (Abweichung von den Δt 25 ms bzw. 50 ms) traten bei 115 geprüften Zündern 8 Überschneidungen der Zündstufen auf.

Mit einem elektronischen Verzögerungsgerät, das wahlweise Intervalle von 10 bis 100 ms herbeiführen konnte, wurden zunächst in einer Kalkgrube die grundsätzlichen Anwendungs-

bedingungen geprüft. 20 bis 50 % der zu zündenden Schüsse blieben mit zerrissenen Zünddrähten im Stoß. Die Zerstörungen traten auch bei Verzögerungsintervallen von 10 ms auf.

Nach veröffentlichten Filmaufnahmen sollen sich die Vorgaben nicht unter 34 ms ablösen. Die Zerstörung in Zeiträumen < 10 ms stellte demgegenüber einen Widerspruch dar. Eine besondere Versuchsreihe erbrachte den Nachweis, daß die Zerstörungen der Zünddrähte im Zeitraum < 10 ms von der Schußflamme und dem Gasdruck zerstört werden, die aus den Bohrlöchern herauschlagen. Diese Erkenntnis war maßgebend für die nachfolgende erfolgreiche Anwendung von ms-Geräten bei zahlreichen Schießarbeiten.

Die Weiterentwicklung der Zündgeräte führte zu einem Gerätetyp, der besonders für den praktischen Schießbetrieb geeignet ist, weil das grosse Leistungsvermögen (35 Schuß je Verzögerungsstufe) den rationellen Zusammenschluß einer grossen Anzahl Schüsse zu einer Verzögerungsstufe ermöglicht. Für den Kalibergbau ist die Anschlußmöglichkeit des Gerätes an die 220 V-Schießverteilung und die Fernauslösung von über Tage aus besonders vorteilhaft.

Bei Vergleichsversuchen zwischen ms-Zündern und ms-Gerät konnten die Vorteile des ms-Verfahrens - Kleinstückigkeit, veränderte Lage des Haufwerkes, glatte Firsten - mit Gerät zumindest in gleichem Maße wie mit ms-Zündern, in besonderen Fällen sogar deutlicher herbeigeführt werden. Als günstigste Bohrlochanordnung für den ms-Geräteeinsatz erwiesen sich parallel gebohrte Schüsse mit möglichst grossen Bohrlochabständen in horizontalen oder senkrechten Reihen. Dabei konnte neben genügender Sicherheit gegen Zünddrahtzerstörung ein schneller Anschluß der einzelnen Verzögerungsstufen an ein mehrpoliges Spezialkabel erzielt werden. Den ungünstigsten Extremfall stellt andererseits das Bohrlochschema mit den eng benachbarten Löchern eines Einbruches im Streckenvortrieb dar. Den Werken wurde empfohlen, zur Annäherung an den Idealfall von der fächerförmigen Anordnung der Bohrlöcher abzugehen.

Die gleichzeitige Zündung mehrerer senkrecht untereinander angeordneter Schüsse (Gänge) führte im Hartsalz zu Pfeifenbildung. Der Mittelschuß des nachfolgenden Ganges ist in diesem Fall mit First- und Sohlenschuß des vorher zu schießenden Ganges zu zünden.

bedeutungen gewahrt. So die 20 % der zu mündigen Schichten
 Bildung mit verlassener Grundbildung in 1905. Die Fortschritt-
 gewinnung kann bei vorangehenden Jahren von 10 % an
 nach vorliegenden Filialnahmen sollen sich die Vor-
 geben nicht unter 14 % zu lassen. Die Fortschritt in Fortschrit-
 von 10 % zu stellen demgegenüber eine Verbesserung dar. Eine
 besondere Voraussetzung der Erziehung der Kinder, das die Fort-
 schritte der Schichten im Zeitraum 1905 bis von der Schicht-
 tinnen und dem Gebrauch erfasst werden, die aus den Fort-
 schritten herauszuheben. Diese Kenntnisse war notwendig für
 die anschließende erfolgreiche Anwendung von Fortschritten bei
 ähnlichen Schichten.

Die Weiterentwicklung der Schichten führte zu einem
 Gerättyp, der besonders für den praktischen Schichtenbetrieb
 geeignet ist, weil das große Leistungsvermögen (25 Schicht-
 te Verfügungsstufe) den rationalen Zusammenbau einer
 großen Anzahl Schichten zu einer Verfügungsstufe ermöglicht.
 Für den Kalkulation ist die Anschaffungskosten des Gerätes
 an die 200 V-Schichtverteilung und die Fernverteilung von über
 1000 m besonders vorteilhaft.

Bei Vergleichsverfahren zwischen mündigen und mündigen
 können die Vorteile des mündigen - Kleinleistung.
 veränderte Lage des Hauptwerkes, gleiche Forderungen - mit Gerät
 zunächst in gleichen Maße wie mit mündigen, in besonderer
 Fällen sogar darüber herbeizuführen werden. Als günstigste
 Hochschonung für den mündigen Schichten erweisen sich
 parallel gebaute Schichten mit möglichem großen Schichten-
 ständen in horizontaler oder vertikaler Reihen. Dabei konnte
 neben genügend Sicherheit gegen Schichtenverformung ein
 schneller Ausbau der einzelnen Verfügungsstufen an ein
 mögliches Spezialmodell erreicht werden. Den ungenutzten
 Schichten stellt andererseits das Schichtenwerk auf den
 angrenzenden Schichten einen Hinweis im Eisenwerk
 dar. Der Nutzen wurde erhalten, zur Annäherung an den Ideal-
 fall von der leistungsfähigen Anwendung der Schichten aus-
 gehen.

Die gleichzeitige Zündung mehrerer Schichten untereinander
 angeordneter Schichten (Gänge) führte in Fortschritt zu Fortschritt
 Bildung. Der Mittelbau des nachfolgenden Ganges lag in
 diesem Fall mit Fortschritt und Schichtenbau des vorher an
 den Gängen zu bilden.

Beim Drücken der Firsten im Salz und Erzbergbau war darauf zu achten, daß die Zünddrähte von der Firste her zu den Schüssen geführt werden. Jeder herabhängende Zünddraht ruft Zerstörungen hervor.

Um den Einfluß der Erschütterungen auf die Hangendschichten zu klären, wurden Messungen in unmittelbarer Umgebung der Sprengladungen durchgeführt. Die in 0,8 m Entfernung vom Schußort registrierten Oszillogramme wiesen nach, daß auch bei den am Gerät einstellbaren kürzesten Verzögerungszeiten von 12,5 ms keine gegenseitige Beeinflussung der Erschütterungen stattfindet. Die Messungen erbrachten weiterhin den praktisch bedeutsamen Nachweis, daß die Erschütterungsintensität in der Umgebung des Bohrlochtiefsten grösser ist als in rechtwinkliger Richtung zum Bohrloch. Die Bohrlöcher sind demnach nur parallel zur Firste anzusetzen.

Die Beobachtungen des Ablösevorganges der Vorgaben zeigten, daß Einzelschüsse bzw. Schüsse mit langzeitiger Verzögerung die Vorgaben gegenseitig abschlagen oder zumindest ungleichmässig schwächen können. Die daraus resultierende Großstückigkeit einerseits und der zu feine Kornanteil andererseits tritt bei der ms-Zündung nicht mehr auf, weil infolge der schnellen Schußfolge jeder Schuß die ihm zugeordnete Vorgabe ablöst. Der Verfasser sieht darin die Ursache für die besondere Wirkung der ms-Zündung. Für die übertägige Anwendung der ms-Zündung ergab sich daraus auch der Vorteil, daß das Abschleudern einzelner Haufwerksstücke von stark geschwächten Vorgaben unterblieb.

Hinsichtlich der Schleuderwirkung an der Gesamtmasse des Haufwerkes war ferner festzustellen, daß diese besonders in untertägigen Grubenbauen verstärkt auftrat.

Die Tatsache, daß die Wurfweite mit abnehmendem Streckenquerschnitt zunahm, weist darauf hin, daß die verstärkte Schleuderwirkung nicht durch Aufeinanderschlagen der Haufwerksstücke hervorgerufen wird. Durch das gesteigerte Gasvolumen der schnell aufeinanderfolgenden Sprengschüsse wird das Haufwerk vom Stoß weggefegt.

Im Erzbergbau reichen in vielen Fällen bereits 2 Verzögerungsstufen zur Herbeiführung der ms-Effekte aus. Um bei wenigen Zündstufen mit möglichst einfachen Verzögerungseinrichtungen auszukommen, wurde untersucht, ob die Verzögerungsintervalle mittels unterschiedlicher Vorwiderstände in den Zündkreisen erreicht werden können. Selbst bei 5 ms Intervallzeit traten noch Versager auf. Dagegen war es möglich, mit Induktivitäten (Drosselspulen) Verzögerungszeiten von 12 ms bis 17 ms ohne jegliche Versagererscheinungen herbeizuführen.

Von besonderem Erfolg war die Anwendung von Zündgeräten bei Großbohrlochsprengungen in den Kalksteinwerken. Die Besonderheit, daß mit sehr kurzen Intervallen von 12,5 ms die Zerkleinerung am stärksten hervortritt, stellte einen wesentlichen Vorteil der Verwendung von ms-Geräten bei diesem Sprengverfahren dar. Der Anschluß der Schüsse konnte durch Verwendung von zwei 60 m langen, 13-poligen Spezialschießkabeln in einem betrieblich tragbaren Zeitraum ausgeführt werden.

In sehr überzeugender Weise konnten die Vorteile der ms-Zündung an Stahlbeton bei Bunkersprengungen demonstriert werden. Während bei Moment- oder normaler Zeitzündung der Beton nach dem Sprengen mühselig aus der Stahlbewehrung entfernt werden musste, wurde bei der ms-Zündung durch die erwähnte besondere Gasdruckwirkung der gesamte Beton restlos aus der Bewehrung herausgeschleudert. Durch die Anwendung von ms-Geräten werden die Zündmittelkosten auf weniger als die Hälfte des früheren Betrages erniedrigt.

Durch die Versuche gelang es, in 14 Betrieben des Bergbaues und der Steinbruchindustrie ms-Geräte zum ständigen Einsatz zu bringen. Für 5 weitere Betriebe befinden sich Geräte im Bau. Trotzdem wird diese Entwicklung nicht zu einem vollständigen Ersatz der chemischen ms-Zündung führen. In der Arbeit wurde nachgewiesen, daß die Vorzüge der ms-Geräte nur unter bestimmten Voraussetzungen zur Auswirkung kommen.

An diesen Stellen sollten es aber die Betriebe nicht versäumen, sich die Vorteile unter Beachtung der gegebenen Anwendungsregeln zunutze zu machen.

Zusammenfassung:

Durch die Untersuchungen über Versagerursachen im I. Teil der Arbeit wird die Tatsache berücksichtigt, daß die Einführung der ms-Zündung nur dann auf sicherer Grundlage möglich ist, wenn derzeitige Mängel in der Durchführung der elektrischen Zündung insbesondere im Kalibergbau, behoben werden.

Prüfungen der verwendeten Brückenglühzünder A führten zu einem Versageranteil der gegenüber der in den Gruben verzeichneten Versagerhäufigkeit unbedeutend ist.

Demgegenüber war nachzuweisen, daß unter den im praktischen Grubenbetrieb des Kalibergbaues üblichen Verhältnissen zu geringe Zündstromstärken in die Zünder gelangen.

Die Untersuchung der Wechselstromzündung führte zur Erkenntnis, daß Nachteile des Wechselstromes nur in besonderen Fällen auftreten. Ferner wurde der Nachweis erbracht, daß, entgegen der Feststellung in der Literatur, das Durchschmelzen der Brückendrähte bei hohen Zündstromstärken nicht als Versagerursache gelten kann.

Die Durchführung von Schießversuchen mit ms-Zündung in verschiedenen Bergbauzweigen und bei Anwendung in der überträgigen Sprengtechnik erlaubte es, aufschlußreiche Vergleiche anzustellen. Damit kann die in der Literatur oft aufgeworfene Frage beantwortet werden, weshalb die ms-Zündung nicht bei allen Sprengarbeiten zu Erfolgen führte.

Als weitere Besonderheit der Untersuchungen ist die Tatsache anzusehen, daß es gelang, das ms-Schiessen in 14 Betrieben mittels spezieller Verzögerungsgeräte einzuführen.

Die Schwierigkeiten die besonders im Ausland bislang der ständigen Anwendung derartiger Geräte entgegenstanden wurden näher untersucht und weitgehend gemindert.

Zusammenfassung:

Durch die Untersuchungen über Versagerursachen im I. Teil der Arbeit wird die Tatsache betont, daß die Einwirkung der ma-Zündung nur dann auf sicherer Grundlage möglich ist, wenn derartige Mängel in der Durchföhrung der elektrischen Zündung insbesondere in Kalibergang, behoben werden.

Prüfungen der verwendeten Brückensystemer A führten zu einem Versageranteil der gegenüber der in der Graben verzeichneten Versagerhäufigkeit unbedeutend ist.

Demgegenüber war nachzuweisen, daß unter den im praktischen Grubenbetrieb des Kaliberganges üblichen Verhältnissen zu geringe Zündstromstärken in die Zünder gelangen.

Die Untersuchung der Wechselstromzündung führte zur Erkenntnis, daß Nachteile des Wechselstromes nur in besonderen Fällen auftreten. Ferner wurde der Nachweis erbracht, daß entgegen der Feststellung in der Literatur, das Durchschmelzen der Brückendrähte bei hohen Zündstromstärken nicht als Versagerursache gelten kann.

Die Durchführung von Schießversuchen mit ma-Zündung in verschiedenen Bergbauweisen und bei Anwendung in der üblichen Sprengtechnik erlaubte es, einschlägige Vergleichsergebnisse zu erhalten. Damit kann die in der Literatur oft aufgeworfene Frage beantwortet werden, weshalb die ma-Zündung nicht bei allen Sprengarbeiten zu günstigen Erfolgen führt.

Als weitere Besonderheit der Untersuchungen ist die Tatsache anzusehen, daß es gelang, das ma-Schleusen in 14 Betriebe mittels spezieller Vorrichtungen einzuführen.

Die Schwierigkeiten die besonders im Ausland bei der ständigen Anwendung drahtloser Geräte entgegenstanden wurden näher untersucht und weitgehend beseitigt.

L i t e r a t u r - V e r z e i c h n i s

I. Teil: Allgem. elektr. Zündung

- - - - -

1. Beyling und Drekopf: Sprengstoffe und Zündmittel,
Springer-Verlag 1936
2. Blaha: Untersuchungen an Brückenzündern und
Zündmaschinen zwecks Erhöhung der
Sicherheit gegen das Auftreten von
Versagern
Dissertation Freiberg 1947
3. Drekopf: Über die Zündung von Brückenglühzün-
dern durch Gleichstrom oder durch
Wechselstrom
Der Bergbau 1930, S.413/421, S.429/432
4. Fritsche und Giesa: Untersuchungen über die Zündung von
hintereinandergeschalteten Brückenzün-
dern durch Gleich- und Wechselstrom
Glückauf 1931, S.1373/1381
5. Drekopf: Untersuchungen über den Zündvorgang in
elektrischen Brückenzündern
Zeitschrift f.d.ges.Schieß-u.Spreng-
stoffwesen, März 1934, S.71/74
6. Drekopf: Neuere Erkenntnisse und beachtenswerte
Gesichtspunkte auf dem Gebiet der
elektr. Zündung
Zeitschrift f.d.ges.Schieß-u.Spreng-
stoffwesen, Mai 1935, S.129/45
7. Drekopf: Neuere Untersuchungen über elektr.Zünd-
maschinen,
Zeitschrift f.d.ges.Schieß- u.Spreng-
stoffwesen, August 1936, S.245/48;
Sept.1936, S.281/84
8. Wehner: Über das versagerfreie Abtun grosser
Schußzahlen bei hoher Nebenschlußgefahr
Nobel-Hefte März 1954, S.19/60
9. Protokolle des Fachausschusses Spreng-
mittelwesen der Kammer der Technik,
1953 - 1955

Ältere Literatur

1. Teil: Physik, Chemie, Biologie

1. Physik und Biologie: ...

2. Biologie: ...

3. Biologie: ...

4. Physik und Chemie: ...

5. Biologie: ...

6. Biologie: ...

7. Biologie: ...

8. Vohner: ...

9. ...

II. Teil: ms - Zündung

- - - - -

10. Anselme, J.: Le tir à micro - retard
Revue de l'industrie minerale, Juli 1953
S.510/518
11. Anselme, J.: Quelques precisions complementaires sur
le tir à micro - retard
Revue de l'industrie minerale, Juni 1954
S.623/634
12. Arnold, W.: Untersuchungen über das Verhalten der
Detonationsgeschwindigkeit beim Schießen
in verschiedenen Gesteinen
Dissertation Freiberg 1953
13. Agnew; Wing, C.: Blasting Raise Rounds with millisecond
Delay
Mining Congress Journal, April 1949,
S.70/71
14. Cormick, R.F.: Millisecond Delay Blasting in Rippings
and Drifts
Hancock, J.: Trans. Instn. Mining Engrs. 113, S.427/444;
458/464; 626/629
15. Dvorak, O.; 'milisekundevé' odpalování v hnedouhelném
Kohout, lozu
L. Pokusne Uhli, Juni 1955, S.199/202
Cernik, B.:
16. Fish, B.G.: Short Delay Blasting
Hanceck: Mine a. quarry Engineering, November 1949
S.339/344
17. Mc Farland, Some Applications of Millisecond Delay
D.M.: Blasting Caps in Mining
Mining Engineering, S.1123/25
18. Fish, B.G.: Fundamental Considerations of Seismic
Vibrations from Blasting
Mine a Quarry Engineering, April 1951,
S.111/114
19. Fish, B.G.: Effect on Installations of Seismic
Vibrations from Blasting
Mine a Quarry Engineering, Mai 1951
S.145/148

III. Year of ...

- 10. ...
- 11. ...
- 12. ...
- 13. ...
- 14. ...
- 15. ...
- 16. ...
- 17. ...
- 18. ...
- 19. ...
- 20. ...
- 21. ...
- 22. ...
- 23. ...
- 24. ...
- 25. ...
- 26. ...
- 27. ...
- 28. ...
- 29. ...
- 30. ...

20. Fish, B.G.:
Reduction by Means of Short
Delay Initiation - Seismic Vibrations
from Blasting
Mine a Quarry Engineering, Juni 1951,
S.189/192
21. Fish, B.G.:
Selution of the Problem in Spezific
Cases
Mine a Quarry Engineering, Juli 1951
S.217/222
22. Fischer, C.:
Betrachtungen zur Schießarbeit im Ge-
steinsstreckenvortrieb
Glückauf 1954, XI, S.1111/1120
- X 23. Galadshiy, F.M.:
Lobrow, J.W.:
Einige Versuchsergebnisse mit Millisekun-
denverzögerung
Ugol, Mai 1954, Heft 5, Seite 7
24. Graham, L.B.:
Description of Machine for Sequential
or Delyaction Blasting
The Quarry Managers Journal, April 1949,
S.532/533
25. Gold; Hall;
Mc Cormick:
Application of Short-delay Blasting
te longwall Faces
Iron and Coal Tr. Rev., Mai 1955, S.1087/98
26. Habbel:
Theorie über das Schießen mit Millisekun-
denzündern
Geologie en Mijnbauw, April 1954, S.118-19
27. Hancock, Taylor
Crimshaw:
Application des Detonateurs à micro-
retards en mines grisouteuses et poussie-
reuses
Revue de l'industrie minerale, Januar 1953
S.105-113
28. Heidrich, A.:
Großbohrloch-Sprenganlagen bei schwierigen
Gebirgsverhältnissen
Nobel-Hefte, Juli 1953, S.72/78
29. Heidrich, A.:
Der Stand der Großbohrlochgewinnungsver-
fahren in den Betrieben der Steinindustrie
Nobel-Hefte Mai 1955, S.49/88

20. Vlah, B.O.:
Reduction by Means of Short
Delay Intervals - Static Vibrations
from Blasting
Mine & Quarry Engineering, July 1951,
S. 189/192

21. Vlah, B.O.:
Solution of the Problem in Specific
Cases
Mine & Quarry Engineering, July 1951
S. 217/222

22. Fischer, C.:
Beobachtungen zur Schallempfindung
beim Sprengarbeiten
Zeitschrift für Bergbau und Hüttenwesen
1954, XI, S. 111/112

23. Galabentz, V.M.:
Исследования по вопросу
о влиянии на человека
Угол, 1954, № 2, Seite 7

24. Graham, L.B.:
Description of Machine for Sequential
or Delayed Blasting
The Quarry Managers Journal, April 1949,
S. 232/233

25. Gold; Kall;
Mc Cormick:
Application of Short-delay Blasting
to Longwall Faces
Iron and Coal Tr. Rev., Mai 1952, S. 108/109

26. Habel:
Theorie über das Schließen mit Millisekunden-
geschwindigkeit
Geologie an Mynshaw, April 1954, S. 118-19

27. Hancock, Taylor
Grimsshaw:
Application des Detonateurs à micro-
secondes à mines expérimentales et pratiques
Revue de l'industrie minière, Janvier 1953
S. 102-112

28. Heitrich, A.:
Großbrunn-Sprenganlagen betriebsmäßig
geprüften
Hörschall, Juli 1953, S. 72/78

29. Heitrich, A.:
Der Betrieb der Großbrunn-Sprenganlagen
in den Betrieben der Steinindustrie
Hörschall, Mai 1952, S. 49/58

30. Härtig, H.;
Weigelt, H.G.: Die Gewinnung fester Steine unter Anwendung von Großbohrlochsprengungen
Silikatechnik 1955, Nr.1, S.21-25
31. Johansson, C.H.
Langefors.: Short Delay Blasting in Sweden
Mine & Quarry Engineering, Sept.1954,
S.287/293
32. Kairies: Aus der Praxis des Großbohrlochspreng-
verfahrens
Nobel-Hefte, Januar 1953, S.21/24
33. Kota, J.: Milisekundevé' odpalovanic
Uhlí, Heft 7/8, 1953
- X 34. Langefors: Sprengungen mit Kurzintervallzündungen
(Handbuch für Sprengarbeiten)
Atlas - Diesel, Stockholm
35. Leet, L.D.: Blasting Vibrations Effects
The Explosives Engineering, Januar 1950,
S.176/178; 1951, S.12/16; 42/44
36. Leet, L.D.: Vibrations studies-Blasting and Reck
Bursis
Trans. Canad. Inst. Mining Metallurg. Mining,
Sec. Nova Scotia 54, 1951, S.267/270
37. Lathan: Sprengstoffe und Zündmittel im Erzberg-
bau
Fachbuchverlag Leipzig 1953
38. Meuskens, W.: Über das Schießen mit Millisekundenzündern
im Kali- und Steinsalzbergbau
Kali und Steinsalz 1955, Heft 10, S.22/31
39. Merkblatt für die Unfallverhütung bei
Großbohrlochsprengungen
Nobel-Hefte, Juli 1953, S.69/70
40. Meißer, O.: Praktische Geophysik für Lehre, Forschung
und Praxis
Steinkopff-Verlag, Dresden und Leipzig 1943
41. Otto;
Neuber: Versuche mit Millisekundenzündung
Bergbautechnik, September 1953, S.437/441

30. Hertz, H.: Die Gewinnung letzter Steine unter Ab-
 wandlung von Glimmerhochspannungen
 Zinnbergbau 1955, Nr. 1, S. 21-25

31. Johnson, C.H.: Die Gewinnung letzter Steine unter Ab-
 wandlung von Glimmerhochspannungen
 Zinnbergbau 1955, Nr. 1, S. 21-25

32. Jost, L.D.: Die Gewinnung letzter Steine unter Ab-
 wandlung von Glimmerhochspannungen
 Zinnbergbau 1955, Nr. 1, S. 21-25

33. Jost, L.D.: Die Gewinnung letzter Steine unter Ab-
 wandlung von Glimmerhochspannungen
 Zinnbergbau 1955, Nr. 1, S. 21-25

34. Jost, L.D.: Die Gewinnung letzter Steine unter Ab-
 wandlung von Glimmerhochspannungen
 Zinnbergbau 1955, Nr. 1, S. 21-25

35. Jost, L.D.: Die Gewinnung letzter Steine unter Ab-
 wandlung von Glimmerhochspannungen
 Zinnbergbau 1955, Nr. 1, S. 21-25

36. Jost, L.D.: Die Gewinnung letzter Steine unter Ab-
 wandlung von Glimmerhochspannungen
 Zinnbergbau 1955, Nr. 1, S. 21-25

37. Jost, L.D.: Die Gewinnung letzter Steine unter Ab-
 wandlung von Glimmerhochspannungen
 Zinnbergbau 1955, Nr. 1, S. 21-25

38. Jost, L.D.: Die Gewinnung letzter Steine unter Ab-
 wandlung von Glimmerhochspannungen
 Zinnbergbau 1955, Nr. 1, S. 21-25

39. Jost, L.D.: Die Gewinnung letzter Steine unter Ab-
 wandlung von Glimmerhochspannungen
 Zinnbergbau 1955, Nr. 1, S. 21-25

40. Jost, L.D.: Die Gewinnung letzter Steine unter Ab-
 wandlung von Glimmerhochspannungen
 Zinnbergbau 1955, Nr. 1, S. 21-25

41. Jost, L.D.: Die Gewinnung letzter Steine unter Ab-
 wandlung von Glimmerhochspannungen
 Zinnbergbau 1955, Nr. 1, S. 21-25

Freiburg i. Br.
 Bergakademie

42. Polthner, Z.: Die Mikroverzögerung und das Verhalten des Besatzes
Explosivstoffe, Nr. 56/1954, S. 68/79
43. Rösler, R.: Eichung von Körperschallmikrophonen mit einer unteren Eigenfrequenzgrenze von 10 - 40 kHz
Bergakademie 10/1954, S. 433/437
44. Reinhard, A.: Etado precedes geophysiques des chramlements de terrains a l' occasion des tirs et des degagements instantares
Revue de l' Industrie Minerale XXXVI 1955, S. 226/33
45. Rentsch, W.: Anwendung neuerer elektronischer Meßmethoden im Bergbau
Nachrichtentechnik 1953, Nr. 5, S. 218/221
46. Rentsch, W.: Elektronisch gesteuerter Zündgenerator zur Auslösung von Sprengungen in Abständen von Millisekunden
Bergbau-technik, September 1953, S. 442/444
47. Scguiti, T.: Il brillamente di mine volonta con intervalli di millisecondi
L' Industrie mineraria 5, 1953, S. 565 ff., 1954 S. 197/204
48. Santorius, R.:
Trouzeau, C.: Sensibilite electrique des Detonateurs et resistance limite des liques de tir
Carbomages de France 1953, S. 16/53
49. Schaffler, H.: Spezialapparate zum Schiessen mit Millisekundenverzögerung
Monten-Rundschau, Juni 1955, S. 114/15
50. Schultze-
Rhonhoff: Zeitdauer-aufnahmen von Sprengschüssen
Pachttagung Leoben 1952
51. Steinke, E.: Großbohrlochsprengungen für den Wandsturz in Kalksteinbrüchen
Silikattechnik 1955, S. 26/29

Die Mikrostruktur und das Verhalten
des Bleies
Explorativ, 2. 1952, S. 50/51

Untersuchung der Kristallstruktur von
einem neuen Ligandkomplex von
Ni - 40 mg
Bezeichnung 107984, 0433/431

Stoffwechselvorgänge des Organ-
ismus bei der Wirkung von Iod in der
Form von organischen Jodverbindungen
Rover de l'Industrie Minière LXVI 1952,
S. 26/27

Änderung der elektrischen Leit-
fähigkeit in Kupfer
Bezeichnung 107985, Nr. 2, S. 218/221

Elektrische Leitfähigkeit von Kupfer
bei verschiedenen Temperaturen in Abhän-
gigkeit von der Kristallstruktur
Bezeichnung 107986, September 1952, S. 442/444

Die Kristallstruktur des Minerals
von der Kristallstruktur
Bezeichnung 107987, 2. 1952, S. 265 ff.,
1952, S. 137/138

Die Kristallstruktur des Minerals
von der Kristallstruktur
Bezeichnung 107988, 2. 1952, S. 16/17

Die Kristallstruktur des Minerals
von der Kristallstruktur
Bezeichnung 107989, Juni 1952, S. 114/15

Die Kristallstruktur des Minerals
von der Kristallstruktur
Bezeichnung 107990, 1952

Die Kristallstruktur des Minerals
von der Kristallstruktur
Bezeichnung 107991, 2. 1952

42. Polster, E.

43. Böcher, R.

44. Heilmann, A.

45. Henschel, W.

46. Henschel, W.

47. Schmitt, E.

48. Gantner, R.
Toussaint, C.

49. Schellier, H.

50. Schellier,
Hennrich

51. Straube, E.

52. Stumpf: Vergleichende Betrachtung der in einem großen Kalksteinbruch angewandten Sprengverfahren
Nobel-Hefte, Juli 1953, S.78/88
53. Volejnik, B.: Pokusy s Milisekundovym roznetnym strojken DMDERS/54 v horniach
Uhli 3/1955, S.80/85
54. Wright, E.V.: Forschung auf dem Gebiet der Schießarbeit unter besonderer Berücksichtigung der Gewinnungs-Schießarbeit
South African Mining Engng. J. 1953, S.361/65
55. Weichelt, F.: Handbuch der gewerblichen Sprengtechnik
Marhold Verlagsbuchhandlung Halle 1953
56. Zirkler, F.: Bericht vor dem Arbeitskreis "Schießwesen" in Bad Salsdethfurt am 29. u. 30.8.1955
Erzmetall 1955, Heft 9, S.450
57. Prospekt der Dynamit-AG. Werk Troisdorf über "Troisdorfer Zündmittel"

52. Stumpf, H.:
 Die Entwicklung der Technik der
 Hochdruck-Verfahren
 Metall-Verfahren, Juli 1957, S. 187-188

53. Vojtech, B.:
 Die Entwicklung der Technik der
 Hochdruck-Verfahren
 Metall-Verfahren, Juli 1957, S. 187-188

54. Wright, E.V.:
 Die Entwicklung der Technik der
 Hochdruck-Verfahren
 Metall-Verfahren, Juli 1957, S. 187-188

55. Weichelt, F.:
 Die Entwicklung der Technik der
 Hochdruck-Verfahren
 Metall-Verfahren, Juli 1957, S. 187-188

56. Zickler, F.:
 Die Entwicklung der Technik der
 Hochdruck-Verfahren
 Metall-Verfahren, Juli 1957, S. 187-188

57.
 Die Entwicklung der Technik der
 Hochdruck-Verfahren
 Metall-Verfahren, Juli 1957, S. 187-188

Tab. 4a



A	G	R_{gSH}	R_{Fe}	α	R_g	$\alpha \cdot R_g$	R_{Fe}^+ $\frac{R_{Fe}^+}{\alpha \cdot R_g}$	R_{gSH}^+ $\frac{R_{gSH}^+}{\alpha \cdot R_g}$	R_{gSH}^+ $\frac{R_{gSH}^+}{\alpha \cdot R_g}$	R_{gSH}^+ $\frac{R_{gSH}^+}{\alpha \cdot R_g}$	U	$\frac{J_{gSH}}{U/R_{gSH}}$	$\frac{J_{Fe}}{J_{gSH}}$	J_{Fe}	$\frac{J_{Fe}}{J_{gSH}}$	J_{Fe}	
		$[\Omega]$	$[\Omega]$		$[\Omega]$	$[\Omega]$	$[\Omega]$	$[\Omega]$	$[\Omega]$	$[\Omega]$	V	$[\Lambda]$	$[\Lambda]$	$[\Lambda]$	$[\Lambda]$	$[\Lambda]$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2	16	10	10	3	5	240	250	125	135	220	580	0,815	0,815	2,815	2,815	1,408	1,408
			20				260	130	140			0,78	0,78	2,715	2,715	1,358	1,358
			40				280	140	150			0,734	0,734	2,53	2,53	1,265	1,265
			80				320	160	170			0,647	0,647	2,235	2,235	1,118	1,118
			120				360	180	190			0,58	0,58	2,0	2,0	1,0	1,0
			200				440	220	230			0,477	0,477	1,65	1,65	0,825	0,825
2	16	20	10	3	5	240	250	125	145			0,758	0,758	2,62	2,62	1,31	1,31
			20				260	130	150			0,734	0,734	2,53	2,53	1,265	1,265
			40				280	140	160			0,687	0,687	2,375	2,375	1,188	1,188
			80				320	160	180			0,611	0,611	2,11	2,11	1,055	1,055
			120				360	180	200			0,55	0,55	1,9	1,9	0,95	0,95
			200				440	220	240			0,458	0,458	1,585	1,585	0,793	0,793
4	4	5	10	3	5	60	70	17,5	22,5	220	380	2,44	2,44	16,9	16,9	4,225	4,225
			20				80	20	25			2,2	2,2	15,2	15,2	3,8	3,8
			40				100	25	30			1,825	1,825	12,65	12,65	3,163	3,163
			80				140	35	40			1,37	1,37	9,5	9,5	2,375	2,375
			120				180	45	50			1,22	1,22	8,45	8,45	2,115	2,115
			200				260	65	75			0,735	0,735	5,07	5,07	1,27	1,27
4	4	10	10	3	5	60	70	17,5	27,5			2,0	2,0	13,8	13,8	3,45	3,45
			20				80	20	30			1,825	1,825	12,65	12,65	3,163	3,163
			40				100	25	35			1,58	1,58	10,85	10,85	2,713	2,713
			80				140	35	45			1,22	1,22	8,45	8,45	2,115	2,115
			120				180	45	55			1,0	1,0	6,92	6,92	1,73	1,73
			200				260	65	75			0,735	0,735	5,07	5,07	1,27	1,27
4	4	20	10	3	5	60	70	17,5	37,5	220	380	1,46	1,46	10,13	10,13	2,533	2,533
			20				80	20	40			1,37	1,37	9,5	9,5	2,375	2,375
			40				100	25	45			1,22	1,22	8,45	8,45	2,115	2,115
			80				140	35	55			1,0	1,0	6,92	6,92	1,73	1,73
			120				180	45	65			0,847	0,847	5,85	5,85	1,463	1,463
			200				260	65	85			0,648	0,648	4,47	4,47	1,118	1,118
4	8	5	10	3	5	120	130	32,5	37,5			1,46	1,46	10,13	10,13	2,533	2,533
			20				140	35	40			1,37	1,37	9,5	9,5	2,375	2,375
			40				160	40	45			1,22	1,22	8,45	8,45	2,115	2,115
			80				200	50	55			1,0	1,0	6,92	6,92	1,73	1,73
			120				240	60	65			0,847	0,847	5,85	5,85	1,463	1,463
			200				320	80	85			0,648	0,648	4,47	4,47	1,118	1,118
4	8	10	10	3	5	120	130	32,5	42,5	220	380	1,295	1,295	8,95	8,95	2,238	2,238
			20				140	35	45			1,22	1,22	8,45	8,45	2,115	2,115
			40				160	40	50			1,1	1,1	7,6	7,6	1,9	1,9
			80				200	50	60			0,92	0,92	6,35	6,35	1,588	1,588
			120				240	60	70			0,78	0,78	5,43	5,43	1,358	1,358
			200				320	80	90			0,611	0,611	4,22	4,22	1,055	1,055
4	8	20	10	3	5	120	130	32,5	52,5			1,05	1,05	7,24	7,24	1,81	1,81
			20				140	35	55			1,0	1,0	6,92	6,92	1,73	1,73
			40				150	40	60			0,92	0,92	6,35	6,35	1,588	1,588
			80				200	50	70			0,78	0,78	5,43	5,43	1,358	1,358
			120				240	60	80			0,69	0,69	4,75	4,75	1,188	1,188
			200				320	80	100			0,505	0,505	3,8	3,8	0,95	0,95
4	12	5	10	3	5	180	190	47,5	52,5	220	380	1,045	1,045	7,25	7,25	1,81	1,81
			20				200	50	55			1,0	1,0	6,92	6,92	1,73	1,73
			40				220	55	60			0,92	0,92	6,35	6,35	1,588	1,588
			80				260	65	70			0,78	0,78	5,43	5,43	1,358	1,358
			120				300	75	80			0,69	0,69	4,75	4,75	1,188	1,188
			200				380	95	100			0,55	0,55	3,8	3,8	0,95	0,95
4	12	10	10	3	5	180	190	47,5	57,5	220	380	0,954	0,954	6,6	6,6	1,65	1,65
			20				200	50	60			0,92	0,92	6,35	6,35	1,588	1,588
			40				220	55	62			0,85	0,85	5,85	5,85	1,463	1,463
			80				260	65	75			0,734	0,734	5,07	5,07	1,268	1,268
			120				300	75	85			0,647	0,647	4,47	4,47	1,118	1,118
			200				380	95	105			0,525	0,525	3,62	3,62	0,905	0,905

Tab. 4a



A	G	R_{NSH}	R_{Fe}	a	R_z	$a \cdot R_z$	$a \cdot R_z + R_{NSH} + G$	$R_{Fe} + a \cdot R_z + G$	$R_{Ges} + R_{NSH} + R_{Fe} + a \cdot R_z + G$	U	$\frac{J_{NSH}}{U/R_{Ges}}$	$\frac{J_{Fe}}{J_{NSH}/A}$	J_{Fe}	U	$\frac{J_{NSH}}{U/R_{Ges}}$	$\frac{J_{Fe}}{J_{NSH}/A}$	J_{Fe}	$\frac{J_{Fe}}{J_{NSH}/A}$	J_{Fe}
		[Ω]	[Ω]		[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]		V	[A]	[A]	[A]	V	[A]	[A]	[A]	[A]	[A]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
4	12	20	10	3	5	180	190	47,5	67,5	220	3,26	0,815	0,815	380	5,63	1,408	1,408		
			20				200	50	70		3,14	0,78	0,78		5,43	1,358	1,358		
			40				220	55	75		2,935	0,734	0,734		5,07	1,268	1,268		
			80				260	65	85		2,59	0,647	0,647		4,47	1,118	1,118		
			120				300	75	95		2,317	0,58	0,58		4,0	1,0	1,0		
			200				380	95	115		1,913	0,48	0,48		3,3	0,825	0,825		
4	16	5	10	3	5	240	250	62,5	67,5		3,26	0,815	0,815		5,63	1,408	1,408		
			20				260	65	70		3,14	0,78	0,78		5,43	1,358	1,358		
			40				280	70	75		2,935	0,734	0,734		5,07	1,268	1,268		
			80				320	80	85		2,59	0,647	0,647		4,47	1,118	1,118		
			120				360	90	95		2,317	0,58	0,58		4,0	1,0	1,0		
			200				440	110	115		1,913	0,48	0,48		3,3	0,825	0,825		
4	16	10	10	3	5	240	250	62,5	72,5	220	3,84	0,76	0,76	380	5,24	1,31	1,31		
			20				260	65	75		3,94	0,735	0,735		5,07	1,268	1,268		
			40				280	70	80		2,75	0,69	0,69		4,75	1,188	1,188		
			80				320	80	90		2,442	0,61	0,61		4,22	1,055	1,055		
			120				360	90	100		2,2	0,55	0,55		3,8	0,95	0,95		
			200				440	110	130		1,832	0,458	0,458		3,17	0,793	0,793		
4	16	20	10	3	5	240	250	62,5	82,5		2,665	0,665	0,665		4,61	1,153	1,153		
			20				260	65	85		2,59	0,647	0,647		4,47	1,118	1,118		
			40				280	70	90		2,442	0,61	0,61		4,22	1,055	1,055		
			80				320	80	100		2,2	0,55	0,55		3,8	0,95	0,95		
			120				360	90	110		2,0	0,5	0,5		3,46	0,865	0,865		
			200				440	110	130		1,693	0,423	0,423		2,92	0,73	0,73		
6	4	5	10	3	5	60	70	11,67	16,67	220	13,2	2,2	2,2	380	22,8	3,8	3,8		
			20				80	13,33	18,33		12,0	2,0	2,0		20,7	3,45	3,45		
			40				100	16,67	21,67		10,14	1,69	1,69		17,5	2,917	2,917		
			80				140	23,33	28,33		7,77	1,29	1,29		13,42	2,237	2,237		
			120				180	30,00	35,00		6,3	1,05	1,05		10,85	1,808	1,808		
			200				260	43,33	48,33		4,56	0,76	0,76		7,86	1,31	1,31		
6	4	10	10	3	5	60	70	11,67	21,67		10,14	1,69	1,69		17,5	2,917	2,917		
			20				80	13,33	23,33		9,45	1,575	1,575		16,3	2,72	2,72		
			40				100	16,67	26,67		8,25	1,375	1,375		14,23	2,372	2,372		
			80				140	23,33	33,33		6,61	1,1	1,1		11,8	1,967	1,967		
			120				180	30,00	40,00		5,5	0,916	0,916		9,5	1,585	1,585		
			200				260	43,33	53,33		4,14	0,69	0,69		7,13	1,188	1,188		
6	4	20	10	3	5	60	70	11,67	31,67		6,95	1,16	1,16	380	12,0	2,0	2,0		
			20				80	13,33	33,33		6,61	1,1	1,1		11,4	1,9	1,9		
			40				100	16,67	36,67		6,0	1,0	1,0		10,35	1,725	1,725		
			80				140	23,33	43,33		5,1	0,85	0,85		8,78	1,493	1,493		
			120				180	30,00	50,00		4,4	0,734	0,734		7,6	1,266	1,266		
			200				260	43,33	63,33		3,48	0,58	0,58		6,0	1,0	1,0		
6	8	5	10	3	5	120	130	21,67	26,67		8,23	1,37	1,37		14,25	2,375	2,375		
			20				140	23,33	28,33		7,77	1,295	1,295		13,43	2,238	2,238		
			40				160	26,67	31,67		6,95	1,16	1,16		12,0	2,0	2,0		
			80				200	33,33	38,33		5,75	0,96	0,96		9,92	1,653	1,653		
			120				240	40,00	45,00		4,89	0,815	0,815		8,45	1,408	1,408		
			200				320	53,33	58,33		3,78	0,63	0,63		6,52	1,087	1,087		
6	8	10	10	3	5	120	130	21,67	31,67	220	6,95	1,16	1,16	380	12,0	2,0	2,0		
			20				140	23,33	33,33		6,61	1,1	1,1		11,4	1,9	1,9		
			40				160	26,67	36,67		6,0	1,0	1,0		10,35	1,725	1,725		
			80				200	33,33	43,33		5,1	0,85	0,85		8,78	1,493	1,493		
			120				240	40,00	50,00		4,4	0,734	0,734		7,6	1,267	1,267		
			200				320	53,33	63,33		3,48	0,58	0,58		6,0	1,0	1,0		
6	8	20	10	3	5	120	130	21,67	41,67		5,28	0,88	0,88		9,1	1,517	1,517		
			20				140	23,33	43,33		5,1	0,85	0,85		8,78	1,463	1,463		
			40				160	26,67	46,67		4,72	0,786	0,786		8,14	1,377	1,377		
			80				200	33,33	53,33		4,14	0,69	0,69		7,13	1,188	1,188		
			120				240	40,00	60,00		3,67	0,61	0,61		6,35	1,058	1,058		
			200				320	53,33	73,33		3,0	0,5	0,5		5,18	0,863	0,863		

Tab. 4a



SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG



A	Q	R_{MSH}	R_{Fe}	a	R_z	$a \cdot R_z$	$\frac{a \cdot R_{Fe} + R_{MSH}}{a \cdot R_z + G}$	$\frac{R_{Fe} + R_{MSH}}{a \cdot R_z + G}$	U	$\frac{J_{MSH}}{U/R_{ges}}$	$\frac{J_{Fe}}{J_{MSH}/A}$	$J_z = \frac{J_{Fe}}{J_{Fe}}$	U	$\frac{J_{MSH}}{U/R_{ges}}$	$\frac{J_{Fe}}{J_{MSH}/A}$	$J_z = \frac{J_{Fe}}{J_{Fe}}$	U	$\frac{J_{MSH}}{U/R_{ges}}$	$\frac{J_{Fe}}{J_{MSH}/A}$	$J_z = \frac{J_{Fe}}{J_{Fe}}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
6	12	5	10	3	5	180	190	31,67	36,67	220	6,0	1,0	380	10,35	1,725	1,725	1,725	380	10,35	1,725	1,725
			20				200	33,33	38,33	↓	5,75	0,958	↓	9,92	1,653	1,653	1,653		9,92	1,653	1,653
			40				220	36,67	41,67	↓	5,29	0,88	↓	9,1	1,517	1,517	1,517		9,1	1,517	1,517
			80				260	43,33	48,33	↓	4,56	0,76	↓	7,86	1,31	1,31	1,31		7,86	1,31	1,31
			120				300	50,00	55,00	↓	4,0	0,666	↓	6,92	1,153	1,153	1,153		6,92	1,153	1,153
			200				380	63,33	68,33	↓	3,22	0,536	↓	5,56	0,927	0,927	0,927		5,56	0,927	0,927
6	12	10	10	3	5	180	190	31,67	41,67	↓	5,28	0,88	↓	9,1	1,357	1,357	1,357		9,1	1,357	1,357
			20				200	33,33	43,33	↓	5,08	0,847	↓	8,78	1,225	1,225	1,225		8,78	1,225	1,225
			40				220	36,67	46,67	↓	4,72	0,786	↓	8,14	1,117	1,117	1,117		8,14	1,117	1,117
			80				260	43,33	53,33	↓	4,14	0,69	↓	7,13	1,0	1,0	1,0		7,13	1,0	1,0
			120				300	50,00	60,00	↓	3,67	0,61	↓	6,0	0,905	0,905	0,905		6,0	0,905	0,905
			200				380	63,33	73,33	↓	3,00	0,5	↓	5,18	0,762	0,762	0,762		5,18	0,762	0,762
6	12	20	10	3	5	180	190	31,67	51,67	220	4,26	0,71	380	7,35	1,225	1,225	1,225		7,35	1,225	1,225
			20				200	33,33	53,33	↓	4,14	0,69	↓	7,13	1,185	1,185	1,185		7,13	1,185	1,185
			40				220	36,67	56,67	↓	3,89	0,648	↓	6,7	1,117	1,117	1,117		6,7	1,117	1,117
			80				260	43,33	63,33	↓	3,48	0,58	↓	6,0	1,0	1,0	1,0		6,0	1,0	1,0
			120				300	50,00	70,00	↓	3,14	0,523	↓	5,43	0,905	0,905	0,905		5,43	0,905	0,905
			200				380	63,33	83,33	↓	2,645	0,44	↓	4,57	0,762	0,762	0,762		4,57	0,762	0,762
6	16	5	10	3	5	240	250	41,67	46,67	↓	4,72	0,786	↓	8,14	1,357	1,357	1,357		8,14	1,357	1,357
			20				260	43,33	48,33	↓	4,56	0,76	↓	7,86	1,31	1,31	1,31		7,86	1,31	1,31
			40				280	46,67	51,67	↓	4,26	0,71	↓	7,35	1,225	1,225	1,225		7,35	1,225	1,225
			80				320	53,33	58,33	↓	3,78	0,63	↓	6,53	1,088	1,088	1,088		6,53	1,088	1,088
			120				360	60,00	65,00	↓	3,382	0,564	↓	5,85	0,975	0,975	0,975		5,85	0,975	0,975
			200				440	73,33	78,33	↓	2,81	0,468	↓	4,85	0,808	0,808	0,808		4,85	0,808	0,808
6	16	10	10	3	5	240	250	41,67	51,67	220	4,26	0,71	380	7,35	1,225	1,225	1,225		7,35	1,225	1,225
			20				260	43,33	53,33	↓	4,14	0,69	↓	7,13	1,188	1,188	1,188		7,13	1,188	1,188
			40				280	46,67	56,67	↓	3,89	0,648	↓	6,7	1,117	1,117	1,117		6,7	1,117	1,117
			80				320	53,33	63,33	↓	3,48	0,58	↓	6,0	1,0	1,0	1,0		6,0	1,0	1,0
			120				360	60,00	70,00	↓	3,14	0,523	↓	5,43	0,905	0,905	0,905		5,43	0,905	0,905
			200				440	73,33	83,33	↓	2,645	0,44	↓	4,57	0,762	0,762	0,762		4,57	0,762	0,762
6	16	20	10	3	5	240	250	41,67	61,67	↓	3,57	0,591	↓	6,15	1,025	1,025	1,025		6,15	1,025	1,025
			20				260	43,33	63,33	↓	3,48	0,58	↓	6,0	1,0	1,0	1,0		6,0	1,0	1,0
			40				280	46,67	66,67	↓	3,3	0,55	↓	5,7	0,95	0,95	0,95		5,7	0,95	0,95
			80				320	53,33	73,33	↓	3,00	0,5	↓	5,18	0,863	0,863	0,863		5,18	0,863	0,863
			120				360	60,00	80,00	↓	2,75	0,458	↓	4,75	0,792	0,792	0,792		4,75	0,792	0,792
			200				440	73,33	93,33	↓	2,36	0,393	↓	4,07	0,678	0,678	0,678		4,07	0,678	0,678

Tab. 4a

Bergakademie
-Bücherei-
Freiberg i. Sa.



SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG



Tabulle 4b1 Abbuue parallel geschaltet, Gänge parallel geschaltet

A	Q	R _{THH}	R _{Te}	a	R _B	$\frac{a \cdot R_E}{U}$	$\frac{R_{Te} + a \cdot R_E}{U}$	$\frac{R_{Te} + a \cdot R_E}{U} \cdot \frac{R_{THH}}{a}$	R _{ges}	U	$\frac{J_{NHH}}{U/R_{ges}}$	$\frac{J_{Po}}{J_{NHH}/A}$	$\frac{J_a}{J_{NHH}/A}$
		[Ω]	[Ω]		[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[V]	[A]	[A]	[A]
1	3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	4	5	10	3	5	3,75	13,75	6,87	11,87	220	18,5	9,25	2,312
			20				23,75	11,87	16,87		13,9	6,5	1,625
			40				43,75	21,87	26,87		8,16	4,08	1,02
			80				83,75	41,87	46,87		4,7	2,35	0,587
			120				123,75	61,87	66,87		3,29	1,65	0,412
			200				203,75	101,87	106,87		2,06	1,05	0,297
2	4	10	10	3	5	3,75	13,75	6,87	16,87		13,9	6,5	1,625
			20				23,75	11,87	21,87		10,03	5,015	1,252
			40				43,75	21,87	31,87		6,9	3,45	0,862
			80				83,75	41,87	51,87		4,25	2,125	0,551
			120				123,75	61,87	71,87		3,06	1,53	0,382
			200				203,75	101,87	111,87		1,97	0,985	0,246
2	4	20	10	3	5	3,75	13,75	6,87	26,87	220	8,13	4,09	1,02
			20				23,75	11,87	31,87		6,9	3,45	0,862
			40				43,75	21,87	41,87		5,26	2,63	0,657
			80				83,75	41,87	61,87		3,56	1,78	0,445
			120				123,75	61,87	81,87		2,69	1,345	0,336
			200				203,75	101,87	121,87		1,805	0,9025	0,225
2	8	5	10	3	5	1,875	11,875	5,938	19,938		20,1	10,5	2,25
			20				21,875	10,938	15,938		13,8	6,9	0,862
			40				41,875	20,938	25,938		8,5	4,25	0,55
			80				81,875	40,938	45,938		4,8	2,4	0,3
			120				121,875	60,938	65,938		3,34	1,67	0,21
			200				201,875	100,938	105,938		2,08	1,04	0,13
2	8	10	10	3	5	1,875	11,875	5,938	15,938	220	13,8	6,9	0,862
			20				21,875	10,938	20,938		10,5	5,25	0,655
			40				41,875	20,938	30,938		7,1	3,55	0,445
			80				81,875	40,938	50,938		4,32	2,16	0,27
			120				121,875	60,938	70,938		3,11	1,56	0,195
			200				201,875	100,938	110,938		1,985	0,99	0,125
2	8	20	10	3	5	1,875	11,875	5,938	25,938		8,5	4,25	0,53
			20				21,875	10,938	30,938		7,1	3,55	0,445
			40				41,875	20,938	40,938		5,37	2,685	0,335
			80				81,875	40,938	60,938		3,51	1,755	0,22
			120				121,875	60,938	80,938		2,72	1,36	0,17
			200				201,875	100,938	120,938		1,83	0,915	0,115
2	12	5	10	3	5	1,25	11,25	5,625	19,625		20,7	10,35	0,86
			20				21,25	10,625	15,625		14,1	7,05	0,625
			40				41,25	20,625	25,625		8,57	4,285	0,357
			80				81,25	40,625	45,625		4,41	2,205	0,201
			120				121,25	60,625	65,625		3,35	1,655	0,138
			200				201,25	100,625	105,625		2,08	1,04	0,086
2	12	10	10	3	5	1,25	11,25	5,625	15,625		14,1	7,05	0,59
			20				21,25	10,625	20,625		10,6	5,3	0,44
			40				41,25	20,625	30,625		7,2	3,6	0,3
			80				81,25	40,625	50,625		4,35	2,175	0,18
			120				121,25	60,625	70,625		3,15	1,56	0,13
			200				201,25	100,625	110,625		1,99	0,995	0,083
2	12	20	10	3	5	1,25	11,25	5,625	25,625	220	8,57	4,285	0,355
			20				21,25	10,625	30,625		7,2	3,6	0,3
			40				41,25	20,625	40,625		5,02	2,51	0,225
			80				81,25	40,625	60,625		3,64	1,82	0,152
			120				121,25	60,625	80,625		2,73	1,365	0,114
			200				201,25	100,625	120,625		1,83	0,915	0,077
2	16	5	10	3	5	0,937	10,937	5,468	19,468		21,0	10,5	0,655
			20				20,937	10,468	15,468		14,2	7,1	0,445
			40				40,937	20,468	25,468		8,64	4,32	0,27
			80				80,937	40,468	45,468		4,85	2,425	0,15
			120				120,937	60,468	65,468		3,36	1,68	0,105
			200				200,937	100,468	105,468		2,09	1,045	0,055

Tab. 4b

Tab. 4b Seite 2

A	Q	R _{MH}	R _{Fe}	a	R _a	$\frac{a \cdot R_a}{U}$	$\frac{R_{Fe} + a \cdot R_a}{U}$	$\frac{R_{Fe} + a \cdot R_a}{U}$	$\frac{R_{Fe} + a \cdot R_a}{U}$	U	$\frac{J_{MH}}{U/R_{Geo}}$	$\frac{J_{Fe}}{J_{MH}/A}$	$\frac{J_z}{J_{MH}/A}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	16	10	10	3	5	0,937	10,937	5,468	15,468	220	14,2	7,1	0,444
		20	20				20,937	10,468	20,468		10,75	5,375	0,336
		40	40				40,937	20,468	30,468		7,23	3,615	0,226
		80	80				80,937	40,468	50,468		4,37	2,185	0,135
		120	120				120,937	60,468	70,468		3,115	1,555	0,0975
		200	200				200,937	100,468	110,468		1,932	0,995	0,062
2	16	20	10	3	5	0,937	10,937	5,468	25,468		8,64	4,32	0,27
		20	20				20,937	10,468	30,468		7,23	3,615	0,225
		40	40				40,937	20,468	40,468		5,45	2,725	0,17
		80	80				80,937	40,468	60,468		3,065	1,532	0,095
		120	120				120,937	60,468	80,468		2,74	1,37	0,086
		200	200				200,937	100,468	120,468		1,65	0,815	0,057
4	4	5	10	3	5	3,75	13,75	3,44	8,44	220	26,05	6,51	1,63
		20	20				23,75	5,94	10,94		20,1	5,02	1,255
		40	40				43,75	10,94	15,94		13,8	3,45	0,865
		80	80				83,75	20,94	25,94		8,5	2,12	0,53
		120	120				123,75	30,94	35,94		6,15	1,54	0,385
		200	200				203,75	50,94	55,94		3,95	0,99	0,25
4	4	10	10	3	5	3,75	13,75	3,44	13,44		16,48	4,12	1,03
		20	20				23,75	5,94	15,94		13,8	3,45	0,865
		40	40				43,75	10,94	20,94		10,6	2,65	0,66
		80	80				83,75	20,94	30,94		7,2	1,8	0,45
		120	120				123,75	30,94	40,94		5,43	1,36	0,30
		200	200				203,75	50,94	60,94		3,64	0,91	0,23
4	4	20	10	3	5	3,75	13,75	3,44	23,44	220	9,37	2,34	0,585
		20	20				23,75	5,94	25,94		8,5	2,12	0,53
		40	40				43,75	10,94	30,94		7,2	1,8	0,45
		80	80				83,75	20,94	40,94		5,43	1,36	0,34
		120	120				123,75	30,94	50,94		4,32	1,08	0,27
		200	200				203,75	50,94	70,94		3,1	0,78	0,197
4	8	5	10	3	5	1,875	11,875	2,719	7,719		20,6	7,65	0,952
		20	20				21,875	5,469	10,469		21,-	5,25	0,655
		40	40				41,875	10,469	15,469		14,2	3,75	0,44
		80	80				81,875	20,469	25,469		8,64	2,16	0,27
		120	120				121,875	30,469	35,469		6,2	1,55	0,19
		200	200				201,875	50,469	55,469		3,97	0,99	0,12
4	8	10	10	3	5	1,875	11,875	2,719	12,719	220	17,3	4,32	0,58
		20	20				21,875	5,469	15,469		14,2	3,75	0,44
		40	40				41,875	10,469	20,469		10,75	2,65	0,335
		80	80				81,875	20,469	30,469		7,23	1,875	0,235
		120	120				121,875	30,469	40,469		5,45	1,362	0,17
		200	200				201,875	50,469	60,469		3,065	0,766	0,095
4	8	20	10	3	5	1,875	11,875	2,719	22,719		9,7	2,425	0,305
		20	20				21,875	5,469	25,469		8,63	2,16	0,27
		40	40				41,875	10,469	30,469		7,23	1,81	0,225
		80	80				81,875	20,469	40,469		5,45	1,36	0,17
		120	120				121,875	30,469	50,469		4,37	1,09	0,135
		200	200				201,875	50,469	70,469		3,115	0,78	0,0975
4	12	5	10	3	5	1,25	11,25	2,812	27,812	220	28,2	7,05	0,625
		20	20				21,25	5,212	10,312		21,3	5,32	0,445
		40	40				41,25	10,312	15,312		14,35	3,6	0,3
		80	80				81,25	20,312	25,312		8,24	2,175	0,18
		120	120				121,25	30,312	35,312		6,24	1,56	0,13
		200	200				201,25	50,312	55,312		3,98	0,995	0,083
4	12	10	10	3	5	1,25	11,25	2,812	12,812		17,13	4,28	0,355
		20	20				21,25	5,312	15,312		14,35	3,59	0,3
		40	40				41,25	10,312	20,312		10,81	2,702	0,225
		80	80				81,25	20,312	30,312		7,25	1,812	0,151
		120	120				121,25	30,312	40,312		5,45	1,362	0,1135
		200	200				201,25	50,312	60,312		3,65	0,912	0,075

Tab. 4b



SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG



A	G	R_{NHSH}	R_{Fe}	n	R_g	$\frac{e \cdot R_g}{G}$	$\frac{R_{Fe} + n \cdot R_g}{G}$ [Ω]	$\frac{R_{Fe} + n \cdot R_g}{A}$ [Ω]	$R_{Ges} = \frac{R_{NHSH} + \frac{n \cdot R_g}{G}}{A}$ [Ω]	U	$\frac{U_{NHSH}}{U/R_{Ges}}$ [Λ]	$\frac{J_{Fe}}{J_{NHSH}/A}$ [Λ]	$J_g = \frac{J_{NHSH}}{A \cdot G}$ [Λ]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4	12	20	10	3	5	1,25	11,25 21,25 41,25 81,25 121,25 201,25	2,812 5,612 10,512 20,512 30,512 50,512	22,812 25,512 30,512 40,512 50,512 70,512	220	9,87 8,7 7,25 5,45 4,57 3,15	2,467 2,175 1,812 1,562 1,09 0,782	0,205 0,18 0,15 0,1135 0,09 0,065
4	16	5	10	3	5	0,937	10,937 20,937 40,937 80,937 120,937 200,937	2,734 5,234 10,234 20,234 30,234 50,234	7,734 10,234 15,234 25,234 35,234 55,234	30,85 21,5 14,45 8,71 6,25 3,99	7,712 5,775 3,612 2,18 1,562 0,997	0,845 0,735 0,625 0,515 0,405 0,295	
4	16	10	10	3	5	0,937	10,937 20,937 40,937 80,937 120,937 200,937	2,734 5,234 10,234 20,234 30,234 50,234	12,734 15,234 20,234 30,234 40,234 60,234	220	17,25 14,45 10,85 7,28 5,47 3,135	4,512 3,612 2,712 1,82 1,37 0,912	0,27 0,226 0,17 0,115 0,0855 0,055
4	16	20	10	3	5	0,937	10,937 20,937 40,937 80,937 120,937 200,937	2,734 5,234 10,234 20,234 30,234 50,234	22,734 25,234 30,234 40,234 50,234 70,234	220	9,68 8,71 7,28 5,47 4,38 3,135	2,42 2,18 1,82 1,37 1,095 0,784	0,15 0,135 0,115 0,0855 0,0685 0,05
6	4	5	10	3	5	3,75	13,75 23,75 43,75 83,75 123,75 203,75	2,291 3,958 7,292 13,82 20,625 33,958	7,291 8,958 12,292 18,82 25,625 38,958	220	30,2 24,58 17,9 11,7 8,68 5,56	5,033 4,09 2,983 1,95 1,447 0,927	1,25 1,02 0,745 0,49 0,36 0,23
6	4	10	10	3	5	3,75	13,75 23,75 43,75 83,75 123,75 203,75	2,291 3,958 7,292 13,82 20,625 33,958	12,291 13,958 17,292 23,82 30,625 43,958	220	17,9 15,78 12,72 9,24 7,18 5,01	2,983 2,63 2,12 1,54 1,197 0,835	0,795 0,66 0,53 0,385 0,3 0,208
6	4	20	10	3	5	3,75	13,75 23,75 43,75 83,75 123,75 203,75	2,291 3,958 7,292 13,82 20,625 33,958	22,291 23,958 27,292 33,82 40,625 53,958	220	9,88 9,2 8,06 6,5 5,42 4,08	1,647 1,533 1,343 1,083 0,903 0,68	0,41 0,385 0,335 0,27 0,225 0,15
6	8	5	10	3	5	1,875	11,875 21,875 41,875 81,875 121,875 201,875	1,969 3,646 6,969 13,646 20,312 33,646	6,969 8,646 11,969 18,646 25,312 38,646		31,6 25,45 18,38 11,8 8,7 5,7	5,267 4,262 3,063 1,967 1,45 0,95	0,655 0,53 0,38 0,245 0,18 0,12
6	8	10	10	3	5	1,875	11,875 21,875 41,875 81,875 121,875 201,875	1,969 3,646 6,969 13,646 20,312 33,646	11,969 13,646 16,969 23,646 30,312 43,646	220	18,38 16,15 12,99 9,3 7,27 5,04	3,063 2,69 2,165 1,55 1,21 0,84	0,38 0,335 0,27 0,195 0,15 0,105
6	8	20	10	3	5	1,875	11,875 21,875 41,875 81,875 121,875 201,875	1,969 3,646 6,969 13,646 20,312 33,646	21,969 23,646 26,969 33,646 40,312 53,646		10,03 9,3 8,18 6,54 5,46 4,1	1,72 1,55 1,36 1,09 0,91 0,68	0,215 0,195 0,17 0,135 0,115 0,085

Tab. 4b



SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG



A	G	R_{HSH}	R_{Fe}	a	R_z	$\frac{a \cdot R_z}{U}$	$\frac{R_{\text{Fe}} + a \cdot R_z}{U}$ [Ω]	$\frac{R_{\text{Fe}} + a \cdot R_z}{U}$ [Ω]	$R_{\text{Geo}} = \frac{R_{\text{HSH}} + \frac{a \cdot R_z}{U}}{\lambda}$ [Ω]	U	$\frac{J_{\text{HSH}}}{U/R_{\text{Geo}}}$ [Δ]	$\frac{J_{\text{Fe}}}{J_{\text{HSH}}/A}$ [Δ]	$\frac{J_z}{J_{\text{HSH}}/A \cdot G}$ [Δ]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	12	5	10	3	5	1,25	11,25 21,25 41,25 81,25 121,25 201,25	1,875 3,542 6,875 13,542 20,208 33,542	6,875 8,542 11,875 18,542 25,208 38,542	220	32,0 25,8 18,52 11,566 8,71 5,71	5,33 4,3 3,16 1,976 1,45 0,95	0,449 0,36 0,26 0,165 0,12 0,079
6	12	10	10	3	5	1,25	11,25 21,25 41,25 81,25 121,25 201,25	1,875 3,542 6,875 13,542 20,208 33,542	11,875 13,542 16,875 23,542 30,208 43,542		18,52 16,25 13,05 9,35 7,26 5,05	3,1 2,71 2,25 1,56 1,21 0,842	0,26 0,225 0,19 0,13 0,10 0,070
6	12	20	10	3	5	1,25	11,25 21,25 41,25 81,25 121,25 201,25	1,875 3,542 6,875 13,542 20,208 33,542	21,875 23,542 26,875 33,542 40,208 53,542	220	10,05 9,25 8,2 6,56 5,47 4,11	1,75 1,56 1,368 1,095 0,912 0,685	0,145 0,13 0,114 0,091 0,076 0,057
6	16	5	10	3	5	0,937	10,937 20,937 40,937 80,937 120,937 200,937	1,823 3,489 6,823 13,489 20,156 33,489	6,823 8,489 11,823 18,489 25,156 38,489		32,25 25,95 18,6 11,9 8,77 5,72	5,42 4,33 3,1 1,985 1,46 0,95	0,3365 0,27 0,195 0,125 0,091 0,059
6	16	10	10	3	5	0,937	10,937 20,937 40,937 80,937 120,937 200,937	1,823 3,489 6,823 13,489 20,156 33,489	11,823 13,489 16,823 23,489 30,156 43,489	220	18,6 16,32 13,05 9,37 7,21 5,07	3,1 2,72 2,25 1,56 1,22 0,845	0,194 0,17 0,14 0,0975 0,076 0,053
6	16	20	10	3	5	0,937	10,937 20,937 40,937 80,937 120,937 200,937	1,823 3,489 6,823 13,489 20,156 33,489	21,823 23,489 26,823 33,489 40,156 53,489		10,07 9,37 8,18 6,77 5,47 4,12	1,785 1,56 1,36 1,095 0,91 0,685	0,11 0,0975 0,085 0,07 0,0506 0,0428

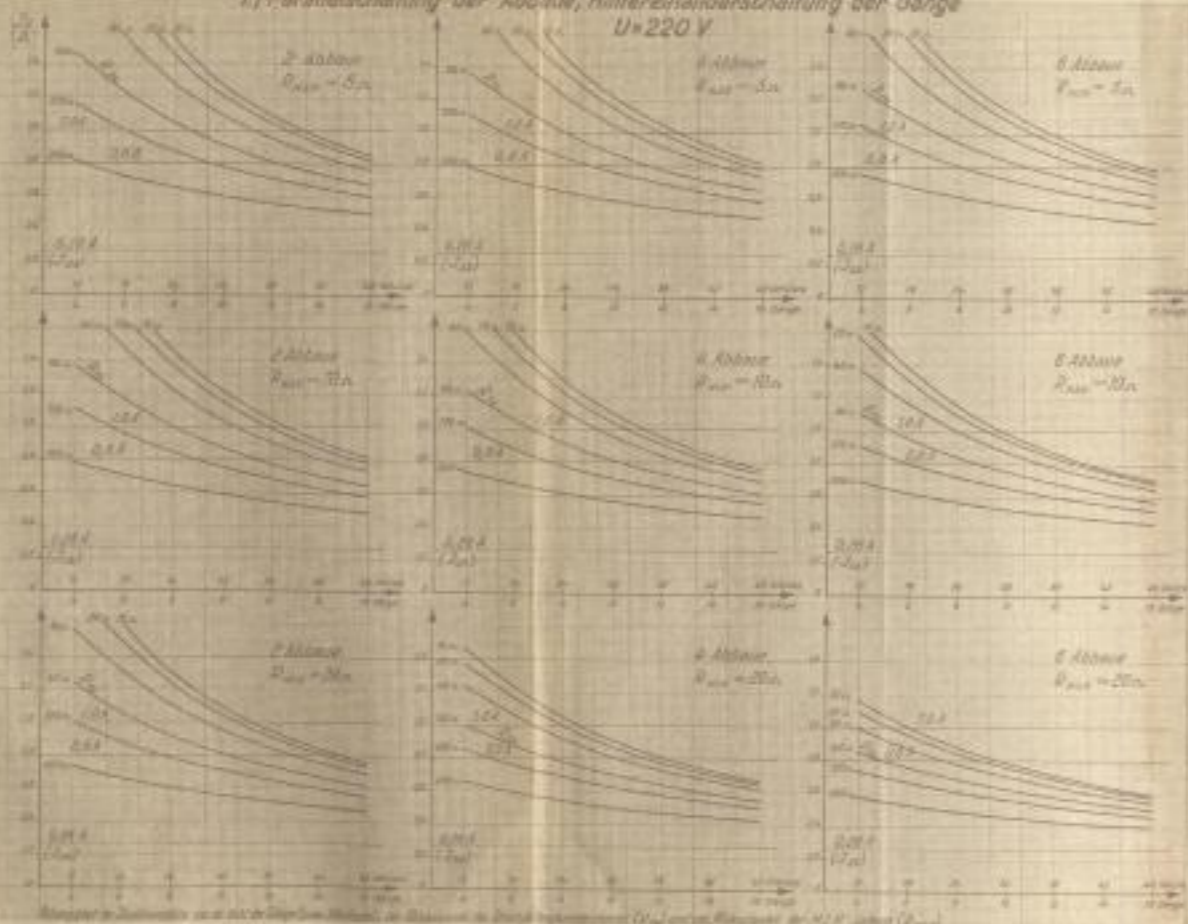
Tab. 4b

16

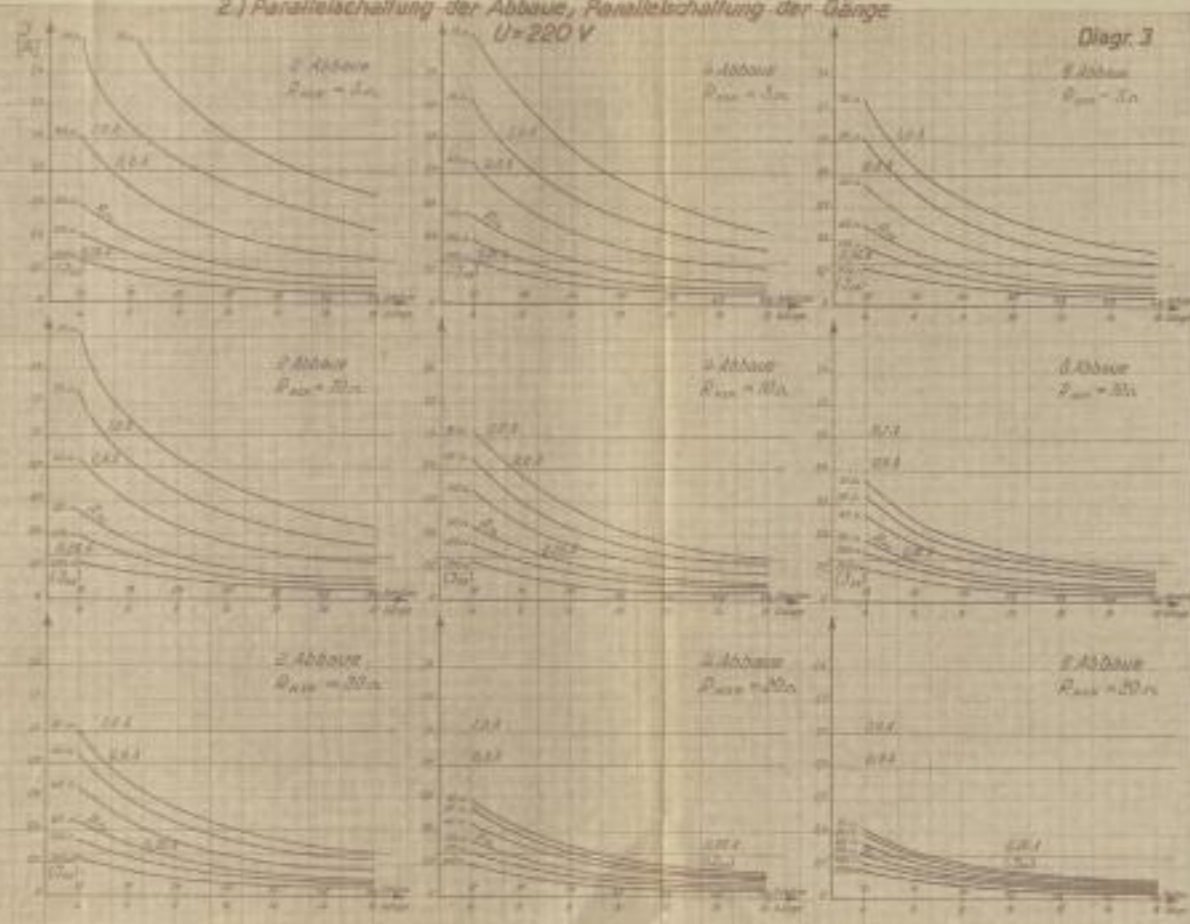
Bergakademie
-Bücherei-
Freiberg i. Sa.

Bergakademie
-Bücherei-
Freiberg i. Sa.

1.) Parallelschaltung der Abbaue, Hintereinanderschaltung der Gänge
 $U=220\text{ V}$



2.) Parallelschaltung der Abbaue, Parallelschaltung der Gänge
 $U=220\text{ V}$



Diagr. 3

2 Abbaue
 $R_{\text{Abbau}} = 5\Omega$

4 Abbaue
 $R_{\text{Abbau}} = 10\Omega$

6 Abbaue
 $R_{\text{Abbau}} = 20\Omega$



Diagr. 3



SLUB

Wir führen Wissen.

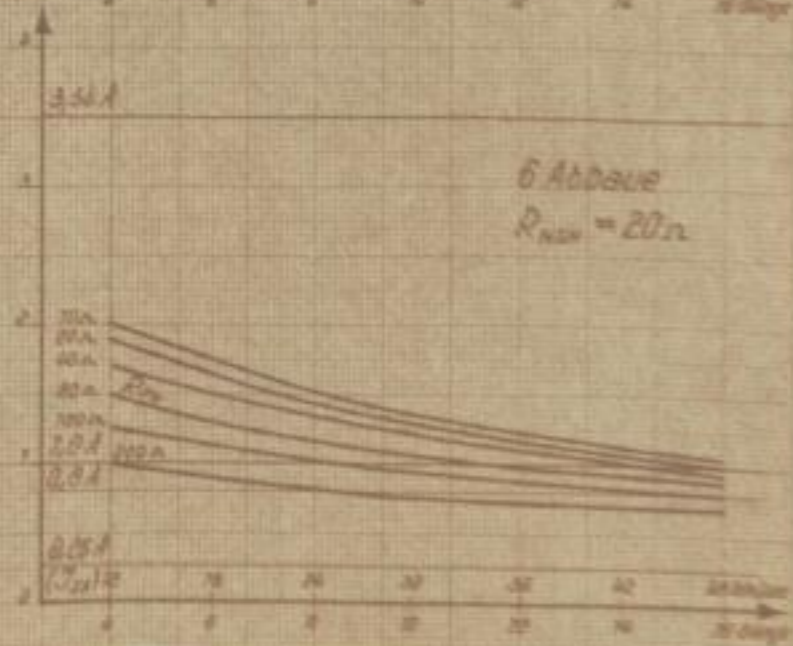
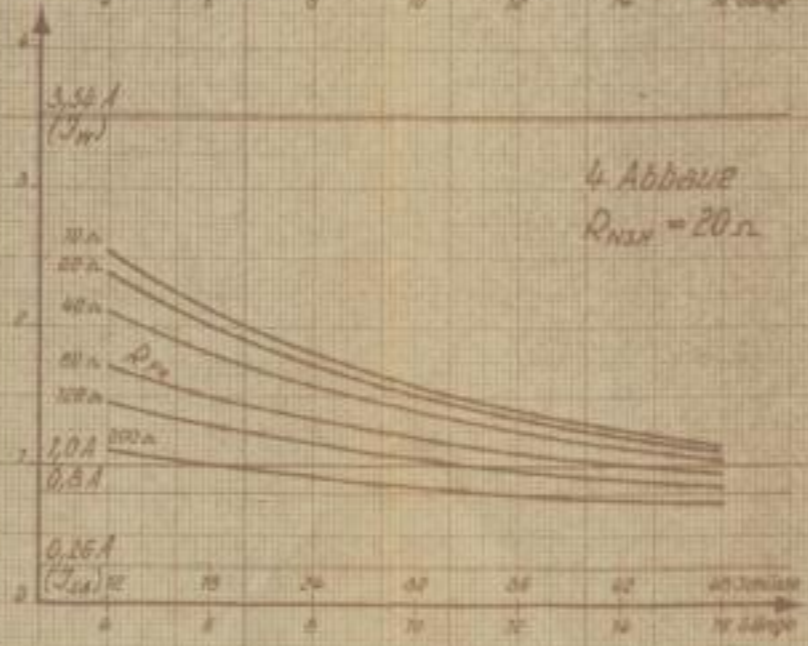
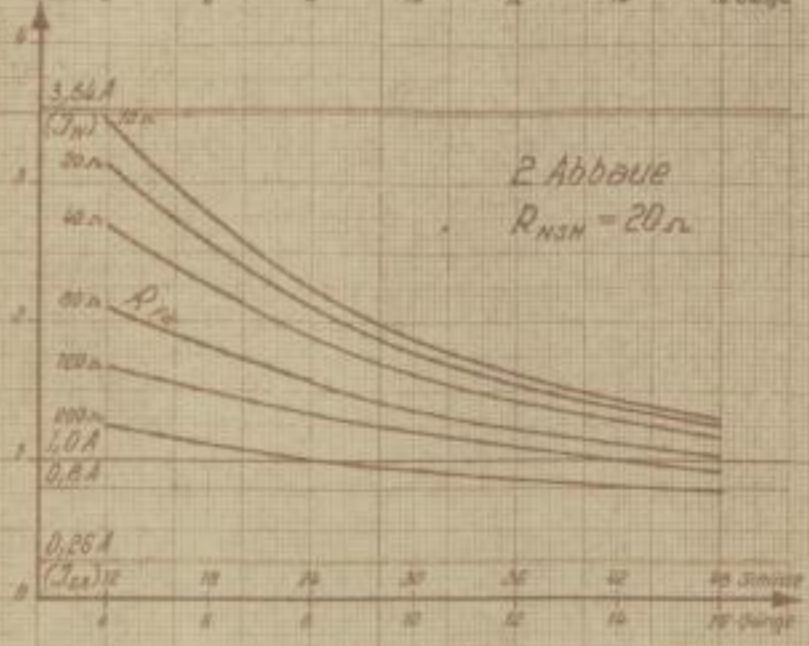
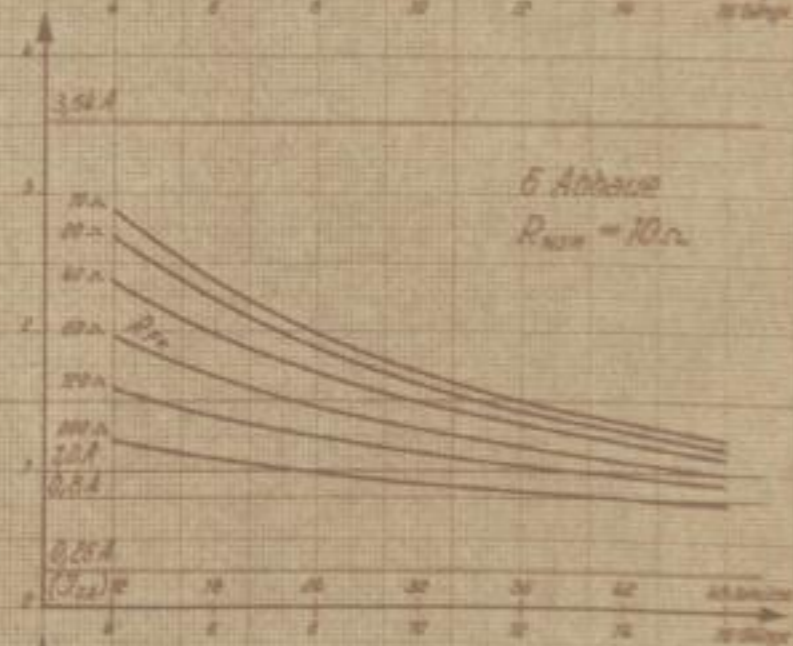
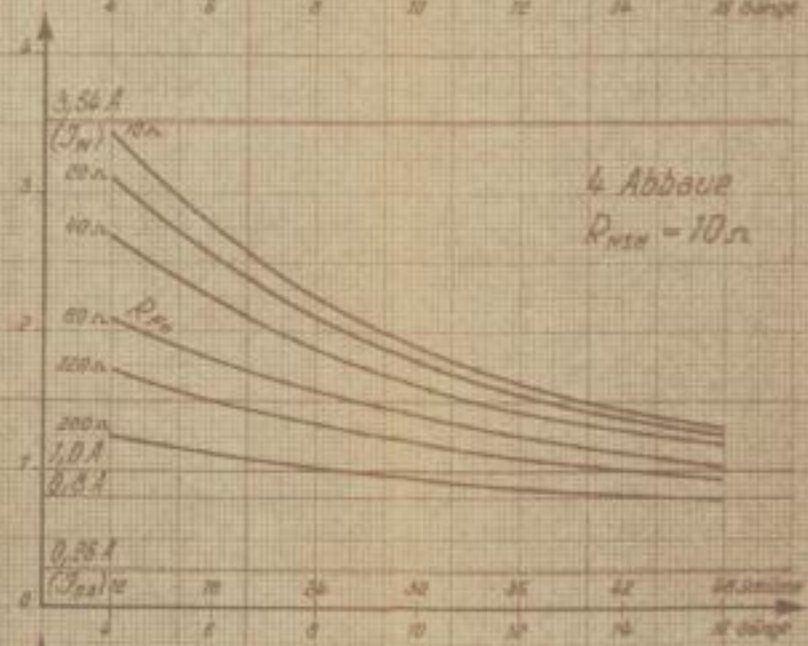
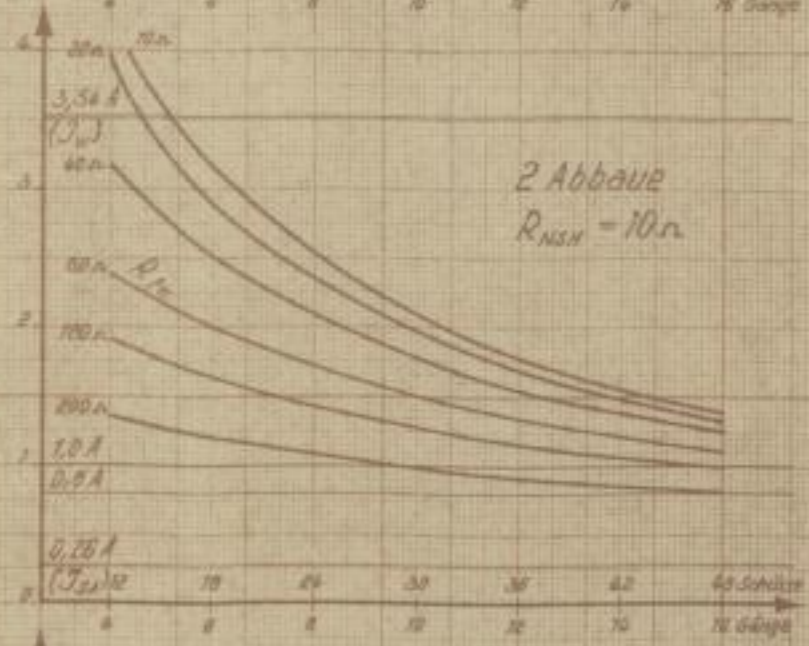
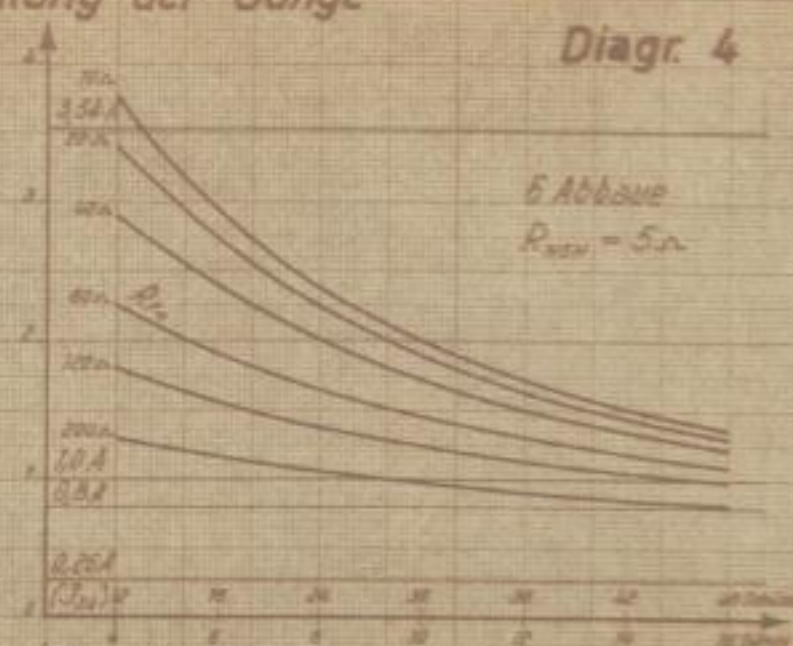
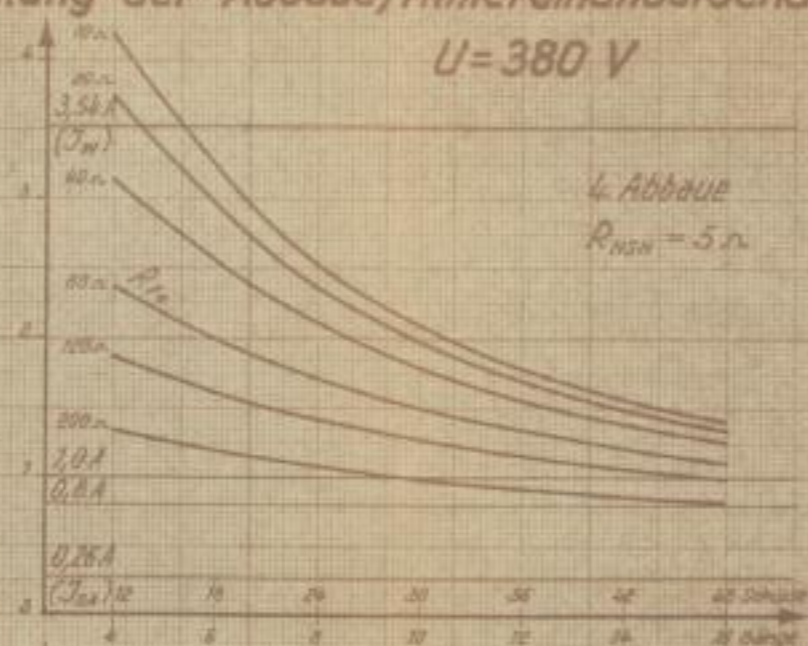
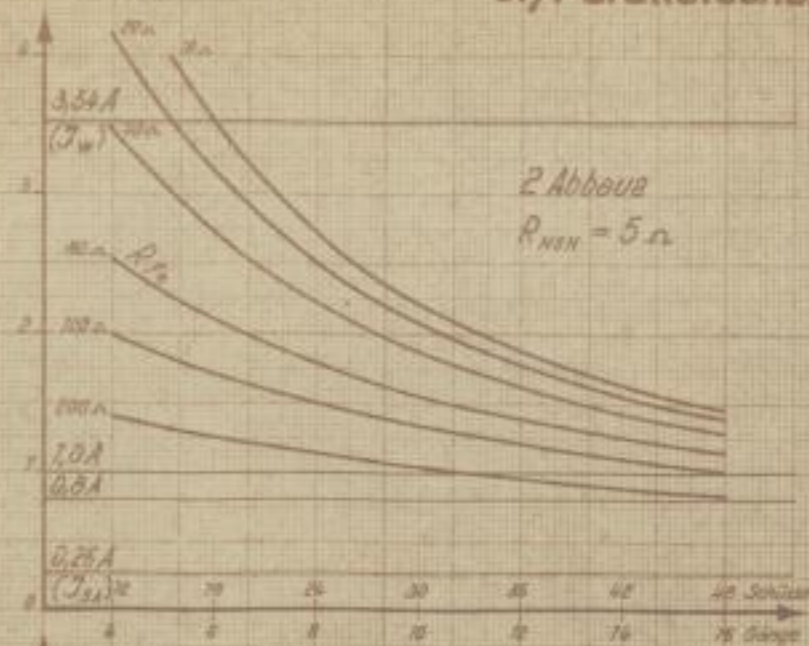
UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG



3.) Parallelschaltung der Abbaue, Hintereinanderschaltung der Gänge

$U = 380\text{ V}$

Diagr. 4



Diagr. 4



SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG



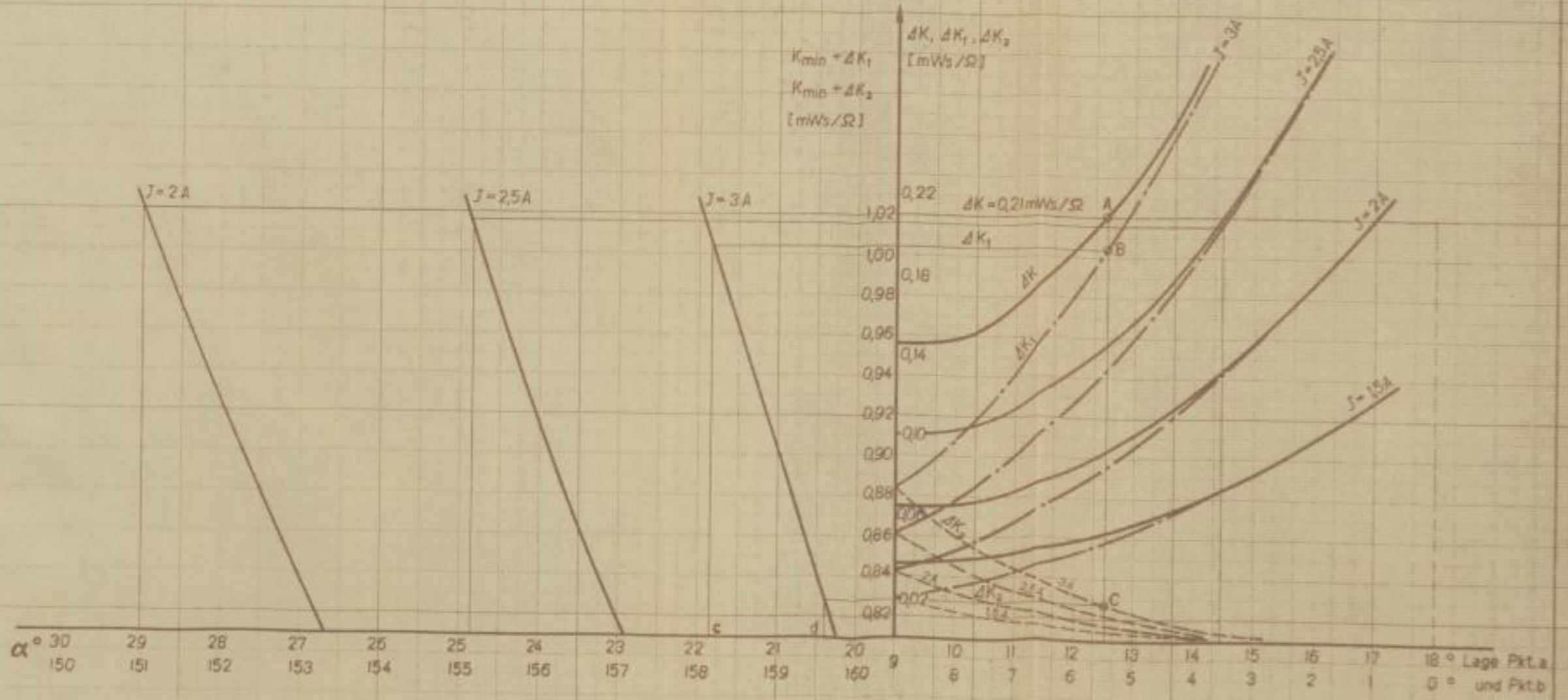
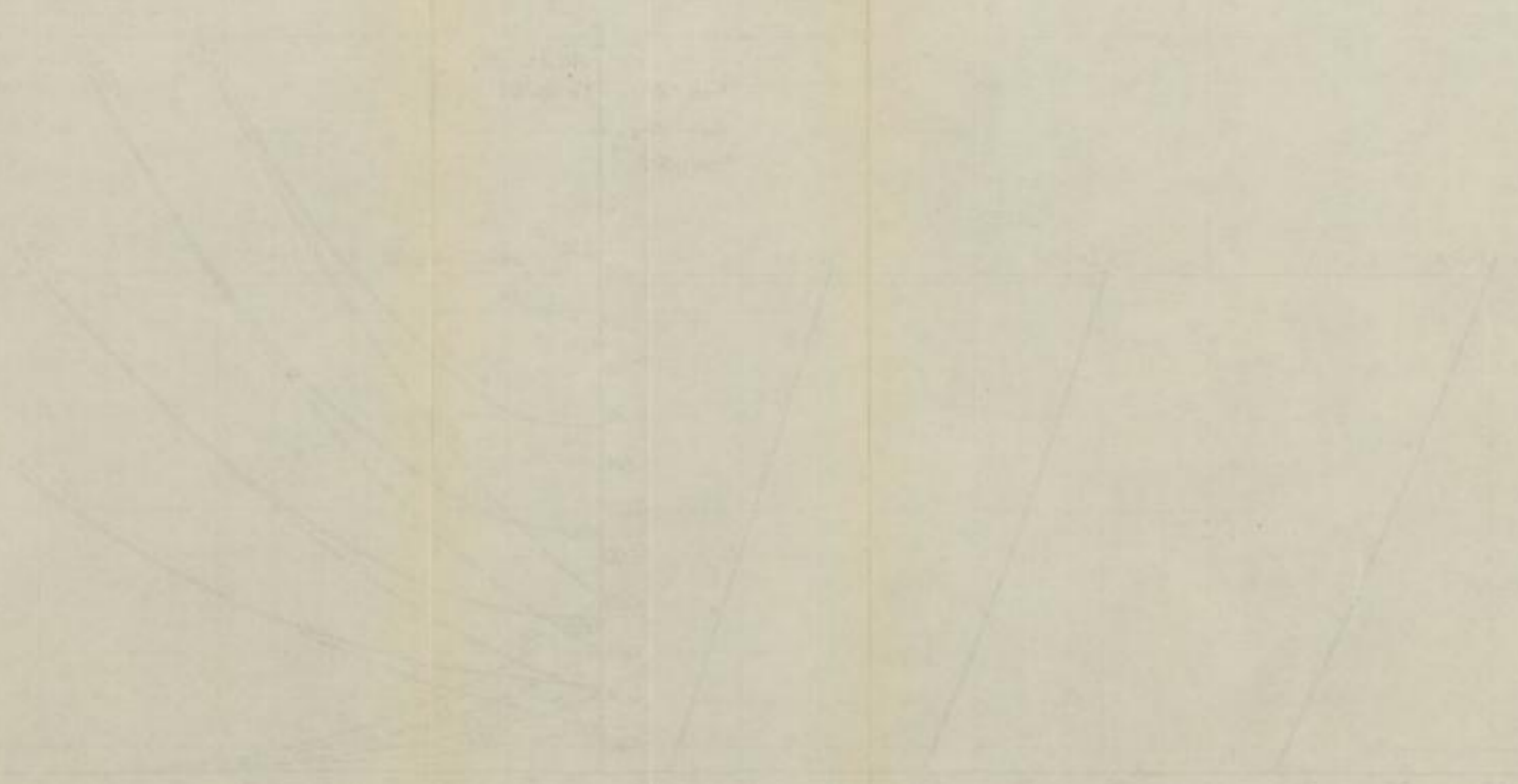


Abb. 13 Lage des Versagerbereiches in Abhängigkeit von der \sim -Zündstromstärke.

Abb. 13



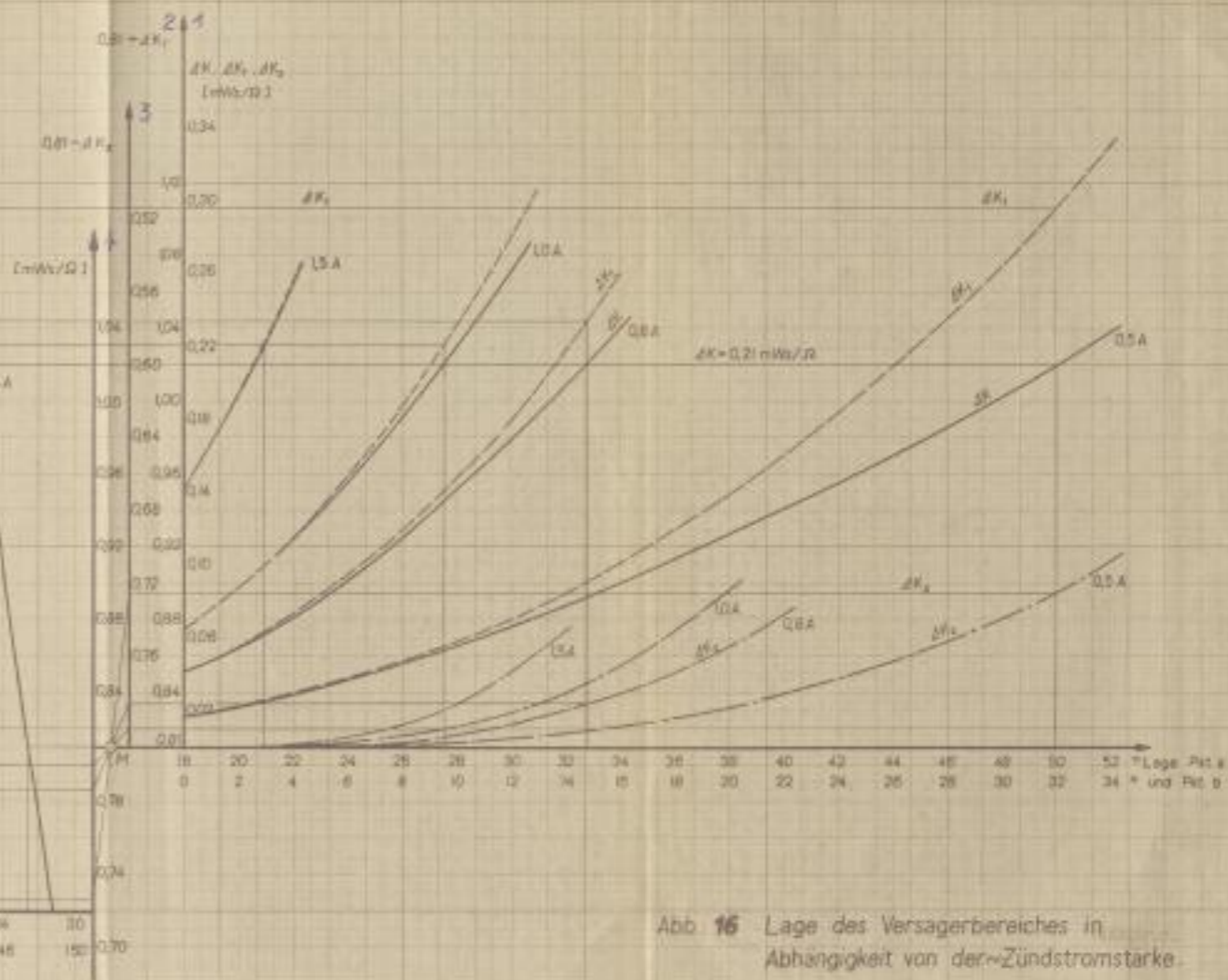
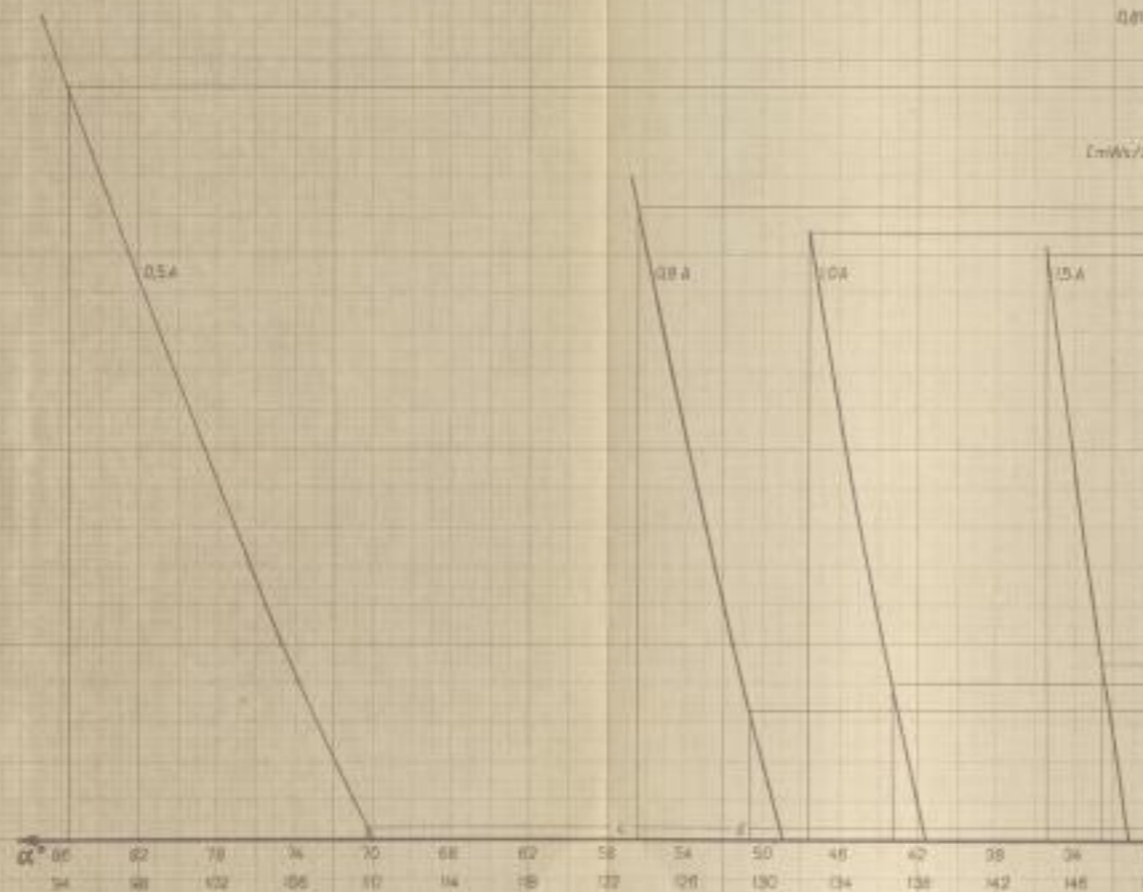


Abb 16 Lage des Versagerbereiches in Abhängigkeit von der Zündstromstärke.

Abb. 16

Bergakademie
Freiberg i. Sa.

Bergakademie
Freiberg i. Sa.



SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG



Bücher
Bergakademie
Freiberg i. Sa.

