

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 51 (1960)
Heft: 3

Artikel: Schlagkraftmessungen an einer Dreikettenabspannung für Bündelleitungen
Autor: Markt, G.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-917015>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 10.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Schlagkraftmessungen an einer Dreikettenabspannung für Bündelleitungen

Von G. Markt, Innsbruck

621.315.145 : 621.315.176

Der Verfasser hatte im Bulletin des SEV 1949, Nr. 4, unter dem Titel «Drehstromfernleitungen mit erhöhter Übertragungsfähigkeit» über Bündelleiter, deren Vorteile und Verwendung beim Ausbau der Verbundnetze in Schweden, Deutschland und Frankreich berichtet. Die anfänglich gegen die Verwendung dieser Leiterbauart unter Hinweis auf die hierfür notwendig werdenden, angeblich schwierigen und kostspieligen Trag- und Abspannkonstruktionen laut gewordenen Bedenken wurden durch die günstigen Erfahrungen im Betrieb widerlegt. Der Verfasser beschreibt eine im Zuge der Entwicklungsarbeiten von ihm geschaffene bruchsichere Dreikettenabspannung und berichtet über die zum Nachweis ihrer Brauchbarkeit und zwecks Registrierung der bei einem Isolatorbruch entstehenden und in der Abspannung ablaufenden, auf die Isolatoren übertragenen dynamischen Vorgänge ausgeführten systematischen Messungen, Versuche und deren Ergebnisse.

Die Sicherheitsvorschriften für Freileitungen schreiben vor, dass bei Überkreuzungen von Eisenbahnen, Wasserstrassen und Drahtseilbahnen Hochspannungsleitungen an den Kreuzungsabspannmasten «bruchsicher» abzuspannen sind, so dass bei allfälliger Zerstörung eines Isolators immer noch eine entsprechend isolierte Befestigung der kreuzenden Leitung am Tragwerk gewährleistet ist. Die an Fernleitungen bis 100 kV in solchen Fällen bisher verwendeten Abspannungen konnten für schwere Höchstspannungsbündelleitungen nicht befriedigen. Es beträgt z. B. der Leitungszug eines Viererbündels im deutschen Verbundnetz $4 \times 240/40$ bei -5°C und Normaleislast etwa 7 t. Die Bruchlast liegt bei 30 t. Zur bruchsicheren Abspannung eines solchen Bündels sind daher 4, mindestens aber 3 parallel geschaltete Isolatorketten notwendig, von denen bei Bruch einer Kette die verbliebenen den Gesamtleitungszug aufnehmen müssten. Die Erfüllung dieser Forderung wirft eine Reihe von Problemen in der konstruktiven Durchbildung der zwischen den Isolatoren und dem Leiterbündel einzubauenden Armatur auf. Die von der Studiengesellschaft Westtirol entwickelte, nachstehend beschriebene Dreikettenabspannung sollte den gestellten Forderungen genügen, wobei die Konstrukteure die Aufgaben wie folgt formulierten:

1. Der Bündelzug soll unter allen Umständen gleichmässig auf die Isolatorketten aufgeteilt bleiben.
2. Reisst eine der 3 Ketten, so soll der Gesamtbündelzug selbsttätig von den beiden verbliebenen Ketten mit Sicherheit gleichmässig übernommen werden.
3. Die bei Kettenriss infolge der notwendigerweise eintretenden Lageveränderung und damit verbundenen Verlängerung der Armatur ausgelösten, auf die Abspannisolatoren übertragenen, zusätzlichen Schlagkräfte sollen — evtl. durch Verwendung von Dämpfungseinlagen — möglichst klein sein und in den Isolatoren keine unzulässige Überbeanspruchung verursachen.

Die Konstruktion (Fig. 1) besteht aus Tragscheiten a , welche die Isolatorketten distanzieren und den Leitungszug auf diese übertragen. An den Stirnflächen sind runde Kerben b vorgesehen, welche Bolzen K_1 und K_2 der Zuglaschen c aufnehmen. Die Zug-

Dans le Bulletin ASE 1949, n° 4, sous le titre «Lignes aériennes triphasées à capacité de transport renforcée», l'auteur s'était occupé des conducteurs en faisceaux, de leurs avantages et de leur utilisation pour l'extension des réseaux interconnectés en Suède, Allemagne et France. Les expériences favorables faites en service ont prouvé que les craintes initiales n'étaient guère fondées et que l'emploi de ce genre de conducteurs ne nécessite pas de constructions de supports et d'arrêts aussi compliquées et coûteuses qu'on le pensait. L'auteur décrit un dispositif d'arrêt à trois chaînes d'isolateurs incassable, créé par lui dans le cadre des travaux de développement, et il donne des renseignements sur les mesures et essais entrepris systématiquement et leurs résultats, pour démontrer l'utilité de ce dispositif et dans le but d'enregistrer les processus dynamiques dans le dispositif d'arrêt, résultant d'une rupture d'isolateur et transmis aux autres isolateurs.

laschen und die Zugbänder d sind durch Querbinder e verbunden und laufen im Distanzhalter f in einem gemeinsamen Drehpunkt zusammen. Der Distanzhalter nimmt die Abspannklemmen des Leiterbündels auf. Zur Dämpfung des Fangstosses beim Riss einer Kette dienen Keile g und die Segmentstücke h . Die Stellung der Einzelteile der Abspannung im Normalzustand und beim Riss einer Aussenkette oder der Mittelkette sind aus den Fig. 1, 2 und 3 zu sehen. Reisst z. B. von den 3 horizontal nebeneinander am Mastausleger aufgehängten Isolatorketten die rechte Aussenkette, so kippt das rechte Tragscheit a und die Zuglaschen c mit den Zugbändern d nehmen unter dem Zug des Leiterbündels die in Fig. 1 C gezeichnete Lage ein. Die Zuglasche c stützt sich dabei mittels des Bolzens K_2 an dem Tragscheit a ab, während der in der Normallage vor dem Riss tragende Bolzen K_1 sich von seinem Sitz b abhebt. Die Bolzen K_1 und K_2 sind vom Mittel der Isolatoraufhängung so distanziert, dass der Leitungszug im Normalzustand auf 3 Isolatorketten und ebenso nach dem Bruch einer Kette auf die verbleibenden 2 Isolatoren gleichmässig aufgeteilt wird. Der zwischen 2 nach Art eines Nussknackers ein Maul bildende seitliche Ansätze der Zuglasche und des Zugbandes eingelegte Bleikeil g wird durch das beim Riss infolge des Leitungszuges eintretende Strecken dieser Teile deformiert (verquetscht) und vermindert dadurch die Wirkung des Fangstosses. Beim Riss der Mittelkette senkt sich der gemeinsame Aufhängepunkt der Scheite a im Konstruktionsmittel, bis die beiden Bleieinlagen in den Segmentstücken h an die Zuglaschen c anschlagen und, indem sie infolge des Leitungszuges ebenfalls deformiert (verquetscht) werden, den Fangstoss mildern.

Die zweckentsprechende Durchbildung, Bemessung und Verwendungsmöglichkeit der Dreikettenabspannung, sowie die bei Kettenriss eingeleiteten dynamischen Vorgänge und auftretenden zusätzlichen Stossbelastungen sollten durch eine Reihe von Versuchen nachgewiesen und registriert werden. Die Versuche wurden im Auftrag und nach Weisungen der Studiengesellschaft durch die Technische Versuchs- und Forschungsanstalt der Technischen Hochschule Wien ausgeführt, von der auch das Messverfahren und die Methodik der Auswertung gewählt wurde. Nachdem im Laboratorium

durch Versuche mit einem Modell 1 : 2 unter Verwendung vereinfachter Belastungseinrichtungen das Verhalten der Konstruktion grundsätzlich geprüft

Benützung der Gestänge einer aufgelassenen Übertragungsleitung der Bundesbahn durchgeführt. Zwischen zwei, ein Spannungsfeld von 342,5 m bildenden Ab-

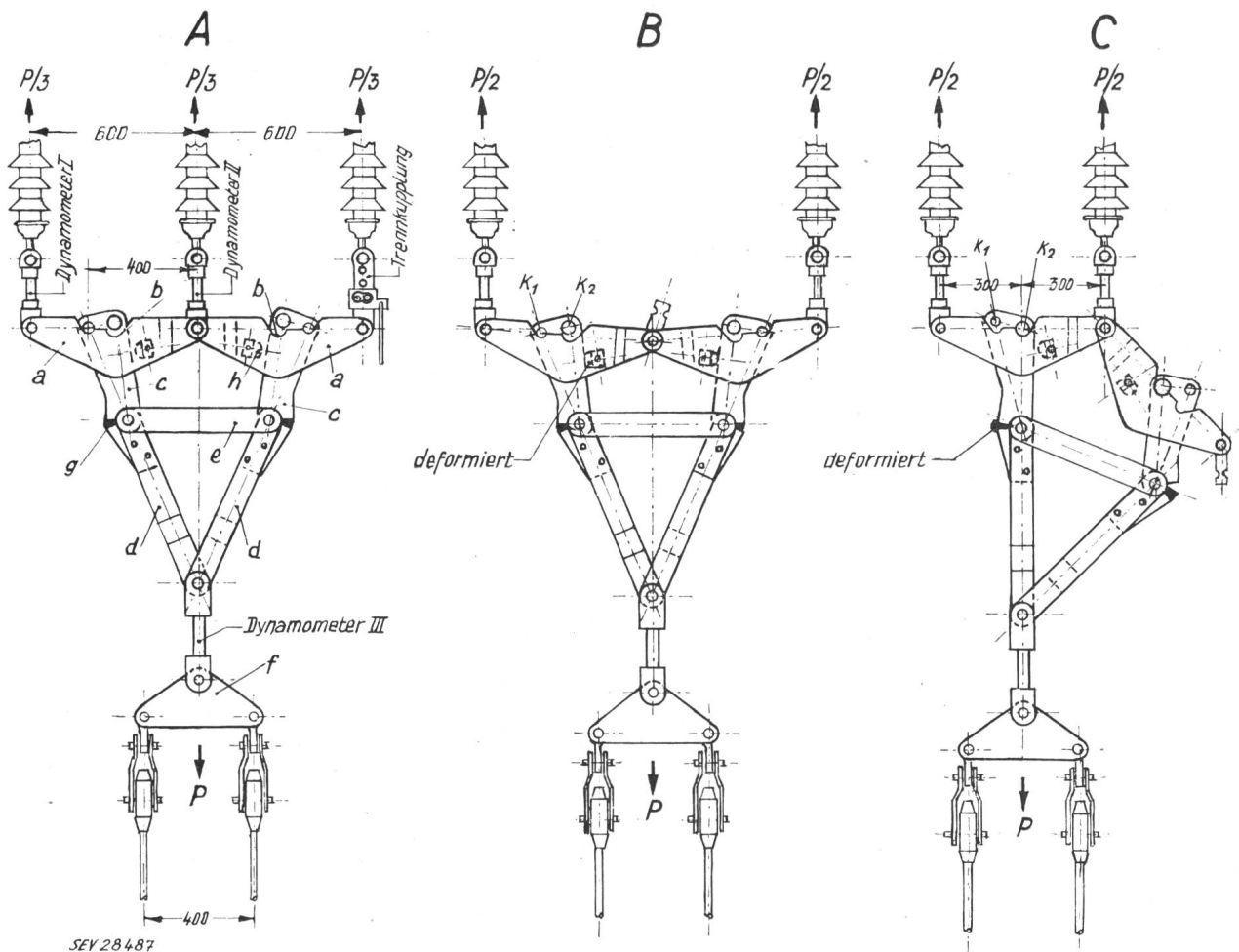


Fig. 1

Bruchsichere Dreikettenabspannung

Die Figur zeigt die für den Versuch eingebauten Dynamometer und die Trennkupplung

A Normalstellung; B Riss einer Mittelkette; C Riss einer Aussenkette

Bezeichnungen siehe im Text

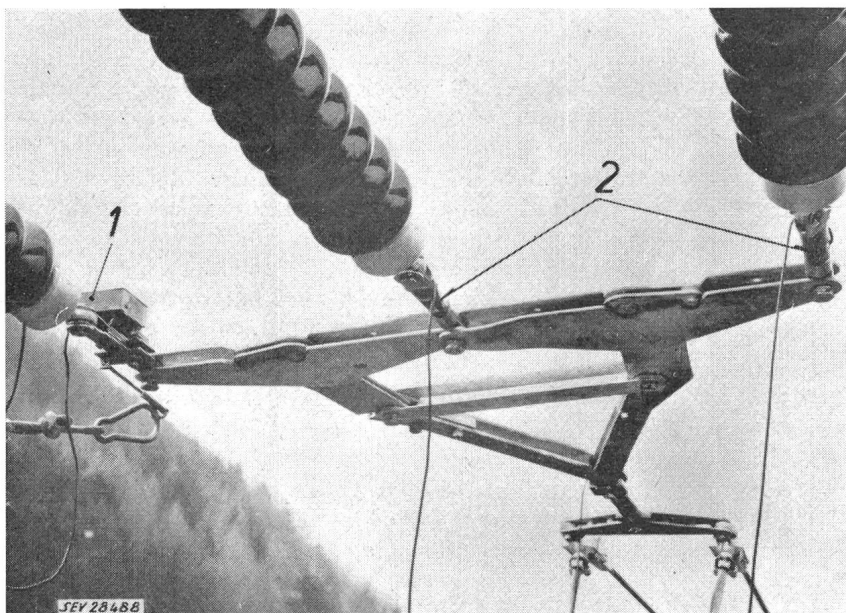


Fig. 2

Dreikettenabspannung prüffertig montiert mit Dynamometer, Messleitungen und Trennkupplung für Rissversuch an Aussenkette

1 Trennkupplung mit Zugseil

2 Dynamometer

und einige Anregungen für die konstruktive Durchbildung gewonnen worden waren, wurde eine Versuchsreihe unter betriebsmässigen Bedingungen mit

waren diese Meßstreifen an eine Dehnmessbrücke angeschlossen, in welcher die infolge der bei Kettenriss in der Konstruktion wirksamen

Schlagzugkraft entstehenden Änderungen des elektrischen Widerstandes der Meßstreifen ermittelt wurden. Die Aufzeichnung des zeitlichen Ablaufes der Schlagzugbeanspruchung der Dynamometerstäbe geschah durch einen Schleifenoszillographen. Alle

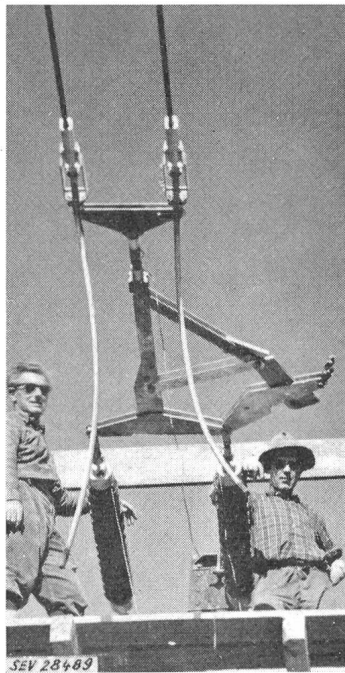
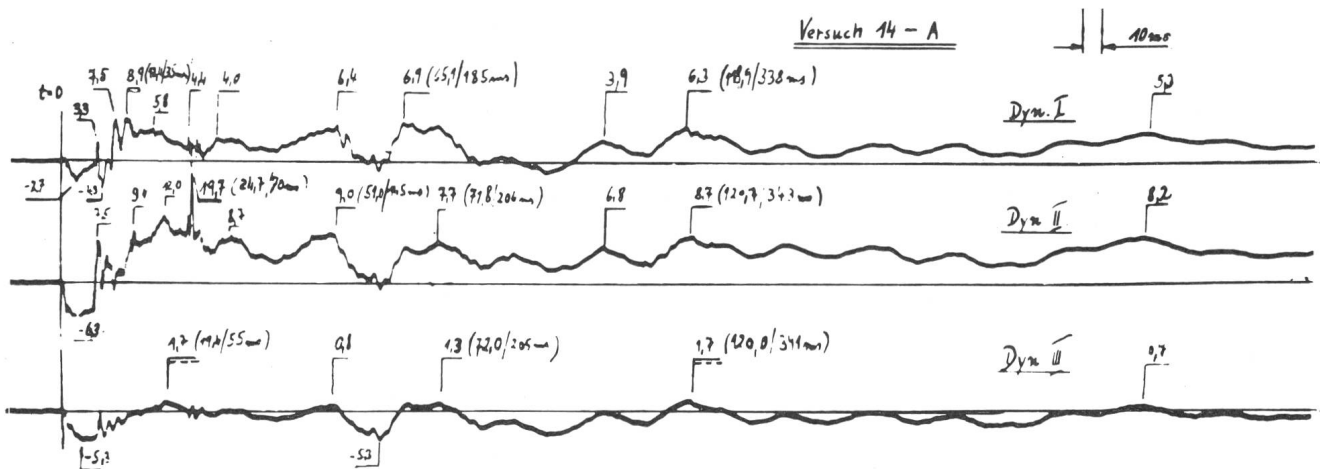


Fig. 3
Dreikettenabspannung nach Riss einer Aussenkette

Messgeräte waren in einer Messhütte untergebracht, von der aus auch das jedesmalige Auslösen einer Trennkupplung und damit die Nachbildung eines Isolatorbruches durch einen Seilzug von Hand (Fig. 2) bei gleichzeitiger Einschaltung des Oszillographen besorgt wurde. Die Dynamometer waren vor Durchführung der Versuche geeicht worden. Es konnten daher aus den Oszillogrammen für jeden Augenblick des Versuches die Höhe der Schlagzugbeanspruchungen bis zum völligen Abklingen der Schwingung abgelesen werden. Waren Dämpfungseinlagen verwendet, so wurde deren Verformung in jedem Falle ermittelt. Ebenso wurde der Rissweg, das ist die durch den Riss einer Kette entstandene Verlängerung der Abspannkonstruktion, gemessen.

Es wurden insgesamt 33 Reissversuche ausgeführt und davon 27 in allen Phasen des Ablaufes von den Messinstrumenten fehlerlos registrierte ausgewertet. 16 Versuche betreffen Riss einer Aussenkette und 11 Versuche Riss einer Mittelkette, abwechselnd je ohne Dämpfung oder mit Weichblei-, Hartblei- und Weichkupferdämpfungseinlagen (*g* und *h* in Fig. 1). Die Auswertung der vom Oszillographen wiedergegebenen Schlagkraft-Zeit-Diagramme der Einzelversuche bestand in der Ermittlung der auftretenden maximalen Schlagkräfte und in der Feststellung des Zeitpunktes ihres Auftretens, beginnend vom Auslösen der Trennkupplung. Die Ordinatenwerte der Oszillogramme entstehen durch Differenz zwischen der beim Riss auftretenden Schlagkraft $P_{dyn.}$ und der vor dem Riss vorhandenen statischen Zugkraft



SEV 28490

Fig. 4
Messwerte und Oszillogramm des Versuches Nr. 14
Ungedämpfter Riss einer Aussenkette

Versuch Nr.	Dämpfung	Dynamometer	Schlagperiode	Zeit <i>t</i> nach Auslösung der Kupplung ms	Maximaler Wert $P_{dyn.}$ kg	Statische Zugkraft $P_{stat.}$ kg	Stossziffer <i>S</i>
14	ungedämpft	I rechts ausen	Stosswelle	35	2487	1465	1,70
			1. Reflexionsstosswelle	185	2257	1465	1,54
			2. Reflexionsstosswelle	338	2188	1465	1,49
		II Mitte	Stosswelle	70	3302	1237	2,67
			1. Reflexionsstosswelle	145	2105	1237	1,70
			2. Reflexionsstosswelle	143	2086	1237	1,68
		III Gesamtzug	Stosswelle	55	4358	3905	1,12
			1. Reflexionsstosswelle	205	4252	3905	1,09
			2. Reflexionsstosswelle	341	4358	3905	1,12

P_{stat} . Die Null-Ordinate des Kraftmaßstabes verläuft also im Oszillogramm beim Wert P_{stat} . Die Stossziffer S ist definiert als $S = P_{dyn}/P_{stat}$. Sie beinhaltet auch jene Steigerung der Zugkraft je Isolator-kette, die durch Änderung der Lastaufteilung von 3 Ketten vor dem Riss auf nur 2 Ketten nach dem Riss bedingt ist. Die Stossziffer 1,5 bedeutet für Dynamometer I und II daher, dass die Kräfteumlagerung

nenden Werte und Oszillogramme der Versuche Nr. 14 und 7 zusammengestellt. In jedem Oszillogramm gibt die obere Linie den zeitlichen Ablauf der Messgrößen des Dynamometers I, die mittlere jenen des Dynamometers II und die untere jenen des Dynamometers III an. Für Versuch Nr. 14 (ungedämpfter Riss einer Aussenkette) zeigt die Ausschwingkurve des Dynamometers I zunächst nach dem Lösen der

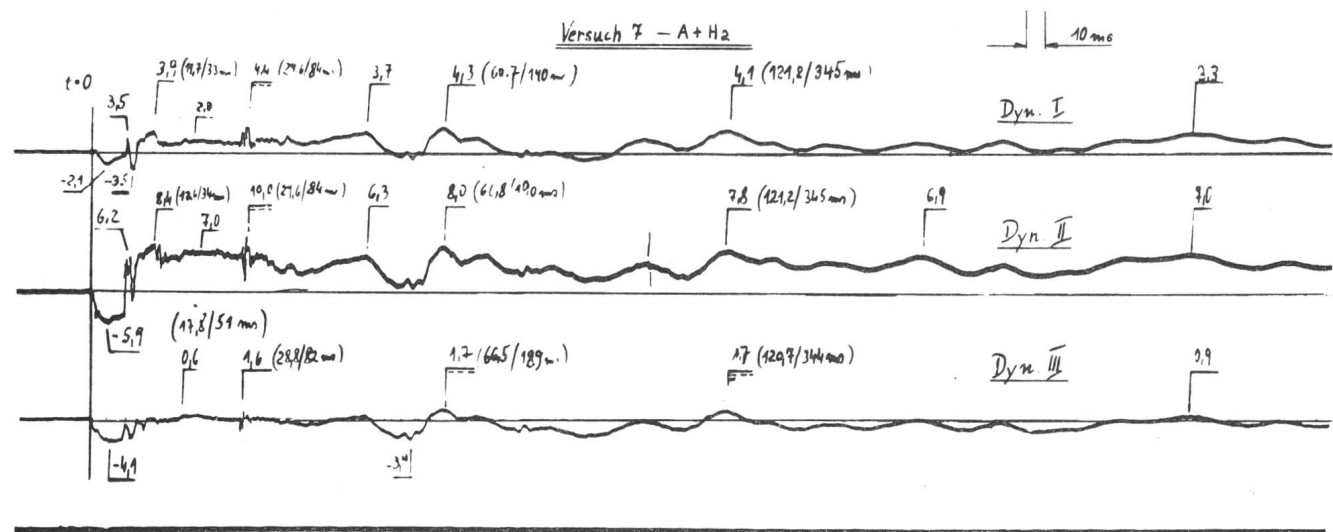


Fig. 5
Messwerte und Oszillogramm des Versuches Nr. 7
Mit Hartblei gedämpfter Riss einer Aussenkette

Versuch Nr.	Dämpfung	Dynamometer	Schlagperiode	Zeit t nach Auslösung der Kupplung ms	Maximaler Wert P_{dyn} kg	Statische Zugkraft P_{stat} kg	Stossziffer S	Rissweg mm
7	Hartblei	I rechts aussen	Stosswelle	84	2201	1465	1,50	55
			1. Reflexionsstosswelle	190	2184	1465	1,49	
			2. Reflexionsstosswelle	345	2150	1465	1,47	
		II Mitte	Stosswelle	84	2287	1237	1,85	
			1. Reflexionsstosswelle	190	2059	1237	1,66	
			2. Reflexionsstosswelle	345	2032	1237	1,64	
		III Gesamtzug	Stosswelle	82	4467	3905	1,14	
			1. Reflexionsstosswelle	189	4502	3905	1,15	
			2. Reflexionsstosswelle	344	4502	3905	1,15	

beim Kettenriss ohne zusätzlichen Fangstoss abläuft. Das Dynamometer III hat dagegen immer die Gesamtzugkraft aufzunehmen. Der Riss einer Isolator-kette verursacht zunächst eine Verlängerung der Abspannung. Die Dynamometerstäbe werden dabei kurzzeitig entlastet. Das zurückschnellende Spannungsfeld wird aber von der Abspannung aufgefangen, in welche gleichzeitig eine Schlagenergie eingeleitet wird, die eine Fangstosswelle erzeugt. Die Welle durchläuft das Seilspannungsfeld, wird vom Gegenmast reflektiert und verursacht als Reflexionsstosswelle erneut eine Schlagbeanspruchung in der Abspannung. Hierbei ist es möglich, dass die rücklaufende Stosswelle mit dem noch nicht abgeschlossenen Vorgang der Schlagenergieübertragung der vorangegangenen Periode sich überlagert, so dass die Höchstbeanspruchung der Dreikettenabspannung erst bei einer Reflexionswelle auftritt. Die darauf folgenden Perioden sind mehrfache Reflexionswellen, die schliesslich auf die statische Beanspruchung abklingen. In Fig. 4 und 5 sind als Beispiele die kennzeich-

Trennkupplung eine teilweise Entlastung, dann aber das Maximum der Stosswelle nach 35 ms auf Kote 8,9. Im weiteren durch das Auspendeln des Leitungsbündels bedingten Stossverlauf ist die aus dem Spannungsfeld zurückkommende erste Reflexionswelle erkennbar. Bei Kote 6,4 wird die Reflexion der ursprünglichen Entlastung wirksam. Die erste Reflexionswelle baut sich auf und erreicht bei Kote 6,9 nach 185 ms ihr Maximum. Das Oszillogramm des Dynamometers II, das im Kraftfluss der mittleren Kette liegt, zeigt am Beginn des Rissversuches eine zeitlich ausgedehnte Entlastung. Der Einschwingvorgang wird mit einer Kraftspitze bei Kote 7,5 eingeleitet. Die Stosswelle baut sich unter mehrmaligem Schwanken um die gedachte Mittelwertlinie auf und erreicht nach 70 ms mit Kote 19,7 ihr Maximum. Aus den Messwerten und dem Oszillogramm für Versuch Nr. 7 (mit Hartblei gedämpfter Riss einer Aussenkette) in Fig. 5 geht deutlich hervor, dass die beim Dynamometer II durch Kote 10,0 nach 84 ms wiedergegebene Kraftspitze der Risswelle nur etwa

halb so gross ist wie der durch Kote 19,7 ausgedrückte Höchstwert beim ungedämpften Aussenkettenriss. In Tabelle I sind die Stossziffer-Mittelwerte der 27 Rissversuche zusammengestellt.

Mittlere maximale Stossziffern aus 27 Versuchen

Tabelle I

Anzahl der Versuche	Versuchsart	Mittlere maximale Stossziffern		
		Dynamometer I	Dynamometer II	Dynamometer III
6	Ungedämpfter Riss einer Aussenkette	1,66	2,45	1,12
4	Mit Weichblei gedämpfter Riss einer Aussenkette	1,49	1,99	1,13
2	Mit Hartblei gedämpfter Riss einer Aussenkette	1,50	1,85	1,15
2	Mit Weichkupfer gedämpfter Riss einer Aussenkette	1,58	1,92	1,17
2	Mit Weichblei gedämpfter Riss einer Aussenkette, Isolator mitfliegend	1,48	2,25	1,10
6	Mit Weichblei gedämpfter Riss der Mittelkette	2,28	2,39	1,48
3	Mit Hartblei gedämpfter Riss der Mittelkette	1,93	2,09	1,30
2	Mit Weichkupfer gedämpfter Riss der Mittelkette	2,11	2,20	1,34

Abschliessend ist als Ergebnis der Versuche und als Kennzeichnung der geprüften Dreikettenabspan-

nung im Sinne der eingangs formulierten Aufgabenstellung folgendes festzustellen: Die gleichmässige Kräfteaufteilung auf die Isolatorketten und der selbsttätig einsetzende Ausgleich bei einem Kettenriss ist — richtiger Einbau der Armatur vorausgesetzt — gewährleistet. Der nach einem Kettenriss vorübergehend auftretende Fangstoss ist in den beiden verbleibenden Ketten ungleich gross. Die verbleibende Aussenkette wird nur in dem Mass zusätzlich beansprucht, als dies durch Aufteilung des Gesamtseilzuges auf nur zwei Ketten bedingt ist (entsprechend einer Stossziffer 1,5, bezogen auf die statische Ausgangsbeanspruchung). Die mittlere Kette hingegen hat vorübergehend eine zusätzliche Fangstossbeanspruchung aufzunehmen, deren Höhe durch die Stossziffern zwischen 1,85 und 2,45 je nach Art des Dämpfungswerkstoffs gekennzeichnet ist. Die Stossziffer 2,45 ergab sich als Mittelwert aus den sechzehn ungedämpften Aussenkettenrissversuchen, jene von 1,85 als Mittelwert bei Verwendung von Hartblei-Dämpfungseinlagen. Hartblei erwies sich vorteilhafter als Weichblei, weil es sich weniger deformiert, einen kleineren Rissweg ergibt und daher eine kleinere Schlagenergie in die Konstruktion einziehen lässt. Die beim Mittelkettenriss sich ergebenden Stossziffern liegen durchwegs innerhalb des für den Aussenkettenriss angegebenen Stossziffernbereiches, sind also für die Bemessung der Konstruktionsteile nicht entscheidend.

Adresse des Autors:

Prof. Dr. G. Markt, Museumsstrasse 28/III, Innsbruck (Österreich).

Anwendungen von Digitalmaschinen in einem Grossbetrieb

Vortrag, gehalten an der 18. Schweiz. Tagung für elektrische Nachrichtentechnik am 17. September 1959 in Aarau, von A. Schärer, Bern

518.5 : 681.142 - 523.8 : 656.2(494)

Die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) haben im Februar 1959 eine elektronische Datenverarbeitungsanlage mit Magnetbändern in Auftrag gegeben. Es handelt sich dabei um eine der grössten und modernsten bisher in der Schweiz bestellten Einheiten, so dass eine Darstellung der Überlegungen und Gründe, die zu diesem Entschluss führten, von Interesse sein dürfte.

I

Die heutigen Unternehmungen benötigen in zunehmendem Masse für Geschäftsführung und Disposition laufende Informationen, für deren Bereitstellung Daten erfasst, bearbeitet und weitergeleitet werden müssen. Auf die mannigfaltigen, dabei auftretenden bekannten Probleme soll hier nicht näher eingetreten werden. Es sollen jedoch einige spezielle und für die SBB im Vordergrund stehende Aspekte hervorgehoben werden.

Im Rahmen der ausgedehnten Rationalisierungsarbeiten der SBB nimmt die bauliche und betriebliche Planung eine erste Stelle ein. Um die angestrebte Verbesserung der Leistungen für die Kunden bei möglichster Kostensenkung erreichen zu können, studieren und realisieren die SBB planmässig alle in Frage kommenden Massnahmen technischer

und organisatorischer Art. Zur Illustration des Ausmasses und der Vielfalt dieser Arbeiten seien einige Beispiele aus dem Bereich des betrieblichen Planungssystems erwähnt.

Der Fahrplan im Reiseverkehr ist zwar, verglichen mit dem der Vorkriegszeit, ständig ausgebaut worden, doch konnte die Reisegeschwindigkeit nicht genügend erhöht werden. Eine Verbesserung der Reisezeiten gelingt u. a. durch den Einsatz von Pendelzügen (Wegfall der zeitraubenden und teuren Rangierarbeiten), Entlastung der Reisezüge von Nebenaufgaben (Expressgut, Post, Milch usw.) und systematische Bestimmung der Anzahl Zugshalte nach der Haltwertigkeit der Bahnhöfe.

Im Güterverkehr wird die Erreichung des Zieles «Heute aufgegeben — morgen ausgeliefert» angestrebt. Dies dürfte für die wichtigeren Verbindungen möglich sein, wenn die Wagen am Tage be- und entladen werden und nachts rollen. Damit hängt die Frage der Konzentration der Rangierarbeiten durch Zentralisierung der Zugbildung auf einige grosse Rangierbahnhöfe eng zusammen, eine Massnahme, von der sich die SBB auch eine Senkung der hohen Rangierkosten versprechen.

Die Fortschritte in der Übermittlungs- und Signaltechnik erlauben eine intensivere Automatisierung