

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	91 (1973)
Heft:	43
Artikel:	Zur Neuauflage des Handbuches über elektrische Triebfahrzeuge
Autor:	Gerber, Franz
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-72030

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: 28.01.2026

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

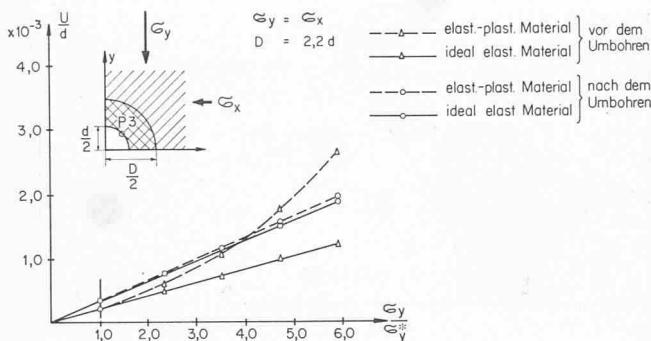


Bild 13. Durchmesseränderungen eines Bohrloches in Funktion des primären Spannungszustandes für elastisches und elastisch-plastisches Material

Seitendruckziffer λ scheint dort zwischen 0,6 und 1,5 zu liegen, also immer noch unerwartet hoch. Das Felsmaterial war dort allerdings erheblich schlechter als im Sonnenberg, was die z. T. grössere Streuung der Werte erklären kann. Auch liegen die Messstellen zu wenig weit ab vom Hohlraum, als dass man streng vom primären Spannungszustand sprechen könnte.

6. Einfluss von plastischen Deformationen

Alle unsere bisherigen Untersuchungen gingen von der Annahme aus, dass sich das Felsmaterial rund um die Messstelle elastisch verhalte. Bei schwachem Fels oder grosser Überlagerung können die Spannungsumlagerungen infolge der Bohrung (teilweise Entspannung) das Material über die Elastizitätsgrenze hinaus beanspruchen und bleibende Deformationen bewirken. Unsere Deformationsmessungen ergeben dann zu grosse Werte. Bild 12 zeigt, wie mit zunehmendem primärem Spannungszustand rund um das Bohrloch immer grössere Gebiete plastifiziert werden.

Mitarbeiter meines Institutes [4] haben an Hand numerischer Spannungsanalysen die Vorgänge in einem elastisch-plastischen Material beim Bohren und Umbohren untersucht und gezeigt, wie bestimmte Messgrössen wegen der Überschreitung der Fließgrenze beeinflusst werden. Als Berech-

nungsmodell wurde eine gelochte Scheibe im ebenen Verformungszustand mit den Materialkennwerten eines mittelfesten Molassesandsteins gewählt.

In Bild 13 sind für den Punkt P3 die absoluten Grössen der Durchmesseränderungen U (bezogen auf den Bohrlochdurchmesser d) in Funktion des primären Spannungszustandes σ_y/σ_y^* dargestellt. Der Wert $\sigma_y = \sigma_y^*$ bedeutet dabei die Elastizitätsgrenze des Systems und beträgt für das gewählte Modell $\sigma_y^* = 42,0 \text{ kp/cm}^2$. Die mit Dreiecken gekennzeichneten Kurven zeigen deutlich, dass beim Erstellen des kleinen Bohrloches (teilweise Entspannung) mit zunehmender Intensität des primären Spannungszustandes die Deformationen für elastisch-plastisches Materialverhalten stark von denjenigen für rein elastisches Material abweichen. Diese Differenz erklärt sich aus der Lage des Punktes im stark plastifizierten Bereich.

Die Verformungen für die vollständige Entlastung durch das Umbohren sind durch die Kurven mit Kreisen dargestellt. Hier zeigt sich für den betrachteten Punkt nur ein geringer Unterschied zwischen plastischem und elastischem Materialverhalten. Die Untersuchungen haben weiter ergeben, dass dieser Unterschied richtungsabhängig ist, jedoch für alle Richtungen mit zunehmendem Umbohrungsradius abnimmt.

Literatur

- [1] E. R. Leeman: The «Doorstopper» and Triaxial Rock Stress Measuring Instruments Developed by the C.S.I.R., Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy, No 7, 1969.
- [2] K. Kovářík, Ch. Amstad, H. Grob: Ein Beitrag zum Problem der Spannungsmessung im Fels, Berichte des Internat. Symposiums für Untertagbau, Luzern 1972.
- [3] Proc. of Int. Symposium on the Determination of Stresses in Rock Masses, Portugal, 1971.
- [4] H. Hagedorn, K. Kovářík, F. Vannotti: Der Einfluss plastischer Deformationen auf die Messwerte bei Spannungsmessungen, Berichte des Internat. Symposiums für Untertagbau, Luzern 1972.
- [5] E. Beusch und M. Gysel: Felsmechanische Untersuchungen für den Sonnenbergtunnel. Schweizerische Bauzeitung in Vorbereitung.

Adresse des Verfassers: Prof. Hans Grob, Institut für Strassen- und Untertagbau an der ETH Zürich, Clausiusstrasse 33, 8006 Zürich.

Zur Neuauflage des Handbuchs über elektrische Triebfahrzeuge

DK 621.335

Vorbemerkung der Redaktion

Dieses von Prof. Dr. techn. Karl Sachs verfasste Handbuch ist kürzlich in zweiter, neu bearbeiteter und erweiterter Auflage vom Springer-Verlag, Wien, herausgegeben worden¹⁾. Wir danken Dr. h.c. Franz Gerber für die nachfolgende Würdigung dieses monumentalen Werkes, das für den in unserem Lande bestens gepflegten Zweig des Maschinenbaus grundlegend ist.

Zur Vorgeschichte

Unter dem Titel «Elektrische Vollbahnlokomotiven» veröffentlichte Prof. Sachs schon im Jahre 1928 ein erstes Werk. Es war die erste wissenschaftliche Zusammenfassung und Sichtung des technischen Standes der Entwicklung im Bau elektrischer Lokomotiven überhaupt. Das Buch fand in

jeder Hinsicht hohes Lob. Es entsprach einem grossen Bedürfnis. Für die sich damals mit dem Bau, dem Betrieb oder dem Unterhalt von elektrischen Lokomotiven Befassenden wurde «der Sachs» ein häufig verwendetes Nachschlagewerk. Es hatte während Jahren Seltenheitswert: Der Autor wurde von vielen Seiten um eine Neuauflage gebeten; aber die grosse Wirtschaftskrise der dreissiger Jahre und der darauf folgende Zweite Weltkrieg machten ein solches Vorhaben unmöglich.

Während der Krise kam die technische Entwicklung der Triebfahrzeuge begreiflicherweise nur langsam voran. In der Kriegszeit dagegen machte sie in den verschonten Ländern, besonders in der Schweiz, erhebliche Fortschritte. Als nach Kriegsende statt der befürchteten wirtschaftlichen Not eine Blüte einsetzte, wurde sie sogar stürmisch. Alle Konstrukteure förderten die schon zur Kriegszeit entstandene laufachslose Drehgestell-Grenzleistungslokomotive für hohe Geschwindigkeit nach Kräften. Zusätzlich erfuhr in Frankreich, anfänglich zwar zögernd und mit manchen Kinderkrankheiten behaftet, dann rasch, die 50 Hertz-Traktion eine starke Verbreitung.

Damals schuf Prof. Sachs, mit unerhörtem Einsatz und Fleiss, innert weniger Jahre das grosse zweibändige Werk

¹⁾ Elektrische Triebfahrzeuge. Von Prof. Dr. techn. Karl Sachs, Baden. Ein Handbuch für die Praxis sowie für Studierende in drei Bänden, zweite neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Format 19×27 cm. 2 Bände Text, zusammen 2117 Seiten und 2486 Abbildungen, dazu ein Band mit 4 Falztabellen und 42 zum Teil farbigen Falttafeln. Springer-Verlag, Wien, 1973. Gesamtpreis 385 Fr.

«Elektrische Triebfahrzeuge» mit rund 1400 Seiten und 1700 Textabbildungen. Auch diese Arbeit war in jeder Beziehung ein Meisterwerk. Es bestand dafür ein ebensogrosses Bedürfnis wie 1928. Die ganze Auflage war in wenigen Monaten ausverkauft. Der Autor hatte auf ein Honorar und der Schweizerische Elektrotechnische Verein als Herausgeber auf eine Entschädigung für seine Bemühungen verzichtet.

Ein besonders wichtiges Anliegen war für Prof. Sachs, mit diesem 1953 erschienenen Werk einen Beitrag zum Zusammenfinden und zur Versöhnung ehemaliger Kriegsgegner zu leisten. Alle befragten Konstrukteure und Bahnverwaltungen schenkten ihm uneingeschränktes Vertrauen, sandten ihm Pläne und Berechnungsunterlagen ihrer neuesten Triebfahrzeuge und berichteten über ihre Forschungen und Versuche. Er führte viele massgebende Fachleute zusammen und schuf damit berufliche Freundschaften über die Grenzen. Er war schon damals ein geistiges Zentrum und eine Sammelstelle für wissenschaftlich-technische Information im Triebfahrzeugbau. Auch deshalb ist es verständlich, dass er zu einem Ergänzungsband gedrängt wurde. Er begann unverzüglich mit den Vorarbeiten, musste jedoch bald erkennen, dass seit der Inangriffnahme des Manuskripts viele wichtige Neuerungen geschaffen worden waren. Seine Gründlichkeit und sein Autorengewissen verlangten ihre Berücksichtigung. Er entschloss sich daher zu einer vollständigen Neubearbeitung.

Band 1

Die *Einleitung* enthält eine vollständige Definition aller Bauarten der elektrischen Triebfahrzeuge und die Beschreibung der charakteristischen Eigenschaften bezüglich Leistung und Zugkraft – auch im Vergleich zur Dampflokomotive – sowie allgemeine Überlegungen über die Erwärmung der Fahrmotoren.

Im ersten Abschnitt werden die allgemeinen Berechnungsgrundlagen für die Konzeption der Triebfahrzeuge behandelt. Sehr ausführlich und mit vielen Beispielen von Messungen wird dabei über Bahn- und Fahrzeugwiderstände, Zugkraft, Schlupf, Adhäsion, Bremskraft und Fahrdiagramme für Gleichstrom, Wechselstrom und Mischstrom berichtet.

Der ganze übrige Teil des ersten Bandes ist dem *mechanischen Teil* gewidmet (rund 1000 Seiten). Vorerst gibt der Autor eine systematische Darstellung des gesamten Aufbaus und der Bezeichnungen.

Im zweiten Abschnitt, betitelt *Achsdruckänderungen an Drehgestelllokomotiven infolge Zugkraft und Gegenmassnahmen*, überlässt der Autor dem hervorragenden Forscher und Kenner dieses physikalisch und mathematisch anspruchsvollen Gebietes, Dr. ing. Borgeaud, das Wort. Dieser hat die ersten theoretischen Untersuchungen darüber schon im Jahre 1942 durchgeführt, im Zusammenhang mit den Berechnungen für einen damals neuartigen Typ von Bo'Bo'-Lokomotiven. Auf Grund seiner Erkenntnisse hat er gezielte konstruktive Massnahmen vorgeschlagen. Sie wurden verwirklicht, und er konnte ihre gute Wirkung auf Grund ausgedehnter Versuche nachweisen. Der Erfolg gab ihm Anlass, die Forschung fortzusetzen. Die nun hier vorliegenden Darlegungen dürfen als Dokumentation für den heutigen Stand der Erkenntnisse auf diesem Gebiet betrachtet werden. Praktisch ist das Problem des Achsdruckausgleichs wohl weitgehend gelöst. Das kommt schon in der heute praktizierten sehr hohen Ausnutzung der Adhäsion bei Lokomotiven höchster Leistung und Zugkraft zum Ausdruck.

Dr. Borgeaud kommt nochmals beim Unterkapitel «*Die Führung des Fahrzeuges im Gleis und die Vorgänge zwischen Rad und Schiene*» zum Wort (Seiten 266–357). Auch bei diesem sehr komplizierten Forschungsgebiet liegt der Beginn der theoretischen Forschung Borgeauds beim Nachweis, dass bei der Bo'Bo'-Bauart die im Betrieb auftretenden Kräfte

zwischen Rad und Schiene nicht grösser, sondern eher kleiner sein werden als bei bis anhin gebauten Rahmenlokomotiven. Er hat dann seine Forschungen immer weiter ausgedehnt, und es ist zu einem grossen Teil sein Verdienst, dass es durch entsprechende konstruktive Massnahmen gelungen ist, diese Kräfte möglichst klein zu halten, was nun gestattet, Drehgestelllokomotiven ohne Laufachsen und mit hoher Achslast mit erhöhter Geschwindigkeit in den Kurven und Höchstgeschwindigkeit im geraden Gleis fahren zu lassen²⁾.

Die besondere glückliche Neigung Prof. Sachs' für konstruktive Probleme kommt im übrigen umfangreichen Teil des Kapitels *Laufwerk und Triebwerk* zum Ausdruck. Wie auch in allen andern Abschnitten dieses und des zweiten Bandes, doch ganz besonders hier, ist der hervorragende Didaktiker Sachs augenfällig. Die scheinbare Fülle des Stoffes besteht in Wirklichkeit aus einer sorgfältigen Auswahl jener Konstruktionen, die entwicklungstechnisch besonders wertvoll sind. Diese Auswahl muss ihm oft schwierig fallen sein. Es ist ihm jedoch gelungen, alle massgebenden Konstrukteure zum Wort kommen zu lassen. Es bestätigt sich auch hier, dass – zum mindesten im Triebfahrzeugbau – der technische Fortschritt dem Zusammenwirken aller guten Konstrukteure entspringt.

Beim *Rahmen und Kasten* wird vorerst die klassische Bauart des Kastens mit stark gebautem, selbsttragendem Untergestellrahmen beschrieben und die Berechnung an einfachen Beispielen graphisch und analytisch dargestellt. Anschliessend werden neuere Bauformen von Triebwagenkästen als Beispiele vorgestellt. Die Ausführungen werden ergänzt durch eine grosse Zahl vorzüglicher Zeichnungen neuerer Triebwagen und Triebzüge und von interessanten Einzelteilen.

Das Problem des Massenausgleichs ist kinematisch interessant. Es wird theoretisch dargelegt und dann mit Beispielen verdeutlicht. Der Massenausgleich von Stangenantrieben gehört nun bald der Geschichte an (ausgenommen Rangierlokomotiven).

Nicht behandelt ist die Windschnittigkeit, obschon darüber viel Schweiss vergossen worden ist. Für die Formgebung der Stirnwandpartie und des Daches von Triebfahrzeugen für hohe Geschwindigkeiten müssen aerodynamische Gegebenheiten berücksichtigt werden, zum Beispiel auch hinsichtlich des Anpressdrucks der Stromabnehmer-Schleifstücke am Fahrdräht. Dieser Druck soll bei grösser werdenden Geschwindigkeiten ebenfalls zunehmen.

Die heute allgemein übliche Bauart des Kastens ist auch bei Lokomotiven das selbsttragende vierkantige Rohr aus Walzprofilen und ebenen oder abgekanteten Blechen aus Stahl oder Leichtmetall. Der Kastenrahmen übernimmt zur Hauptsache die Zug- und Stosskräfte. Die statische Berechnung eines solchen Lokomotivkastens ist auch wegen der vielen immer zahlreicher gewordenen Einbauten zum Tragen oder Verschalen von Apparaturen, und weil die spätere Umstellung auf die automatische Zug-Druck-Kupplung berücksichtigt werden muss, sehr kompliziert geworden. Mit modernen theoretischen Methoden ist es aber auch heute möglich, das Problem zu beherrschen, zumal die Messung die Rechnung auch hier unterstützt. Die Materialbeanspruchung der einzelnen Bauteile oder besser einzelner Punkte des belasteten Kastens misst man mittels Dehnungsmessstreifen. Dabei kommen hundert und mehr solcher Messwertgeber gleichzeitig zur Anwendung. Zur Prüfung des dynamischen Verhaltens schwingt man den Kasten mittels Magnetschwingtöpfen. Die Ergebnisse solcher Berechnungen und Messungen haben es ermöglicht, alle Teile von Lokomotivkasten mit kleinstzulässigem Gewicht zu bemessen. Die Einsparung an

²⁾ Beilage zum 80. Jahrgang der «Schweizerischen Bauzeitung» (1962): Zur Laufmechanik der elektrischen Drehgestelllokomotiven.

Gewicht solcherart gebauter Kästen gegenüber der alten Bauweise hat es – zur Hauptsache – ermöglicht, die installierte spezifische elektrische Leistung (PS/kg) im Vergleich zu den Erstkonstruktionen zu versiebenfachen. Hohe Leistung bei etwa gleich gebliebenem mechanischem und elektrischem Wirkungsgrad bedingte eine entsprechend hohe abzuführende Verlustwärme. Die dazu notwendige grosse Luftmenge wird nicht mehr wie früher direkt in den Maschinenraum eingesogen, sondern in geschlossenen Kanälen den zu kühlenden elektrischen Apparaten und Motoren in angepasster Verteilung zugeführt. Ein geringer Teil gelangt, oft über zusätzliche Staubfilter, in den Maschinenraum, dessen Fenster fest verschlossen sind. Im Maschinenraum herrscht daher ein ständiger kleiner Überdruck; ein Staubniederschlag wird damit vermieden.

Es mag in diesem Zusammenhang interessieren, dass ein Sachverständigenausschuss des von Sachs mehrfach erwähnten Forschungs- und Versuchsamts des internationalen Eisenbahnverbandes (ORE), zusammen mit Forschern von Hochschulen, ein Berechnungsverfahren für Kästen von vierachsigen Personenwagen entwickelt hat. Sie gingen dabei von der allgemeinen Elastizitätsgleichung aus. Praktische Beispiele wurden programmiert und mittels Computer durchgerechnet. Alle berechneten Punkte des Kastens sind hernach durch Messung geprüft worden. Die Übereinstimmung war, mit ganz wenigen Ausnahmen, gut. Die Berechnungsmethode wurde in der Folge weiter verfeinert und an einer Anzahl anderer Bauarten von Wagenkästen erprobt. Dank der guten Ergebnisse konnte das Berechnungsverfahren den Bahnen und Konstrukteuren bekanntgegeben werden. Es wird heute allgemein angewendet.

Die *mechanische Bremse* ist besonders ausführlich behandelt worden. Ein erster Teil umfasst die theoretischen Grundlagen, ergänzt durch praktische Hinweise, Beispiele und Versuchsergebnisse. Dann werden die bekannten Bauarten der Klotz-, Scheiben-, Trommel- und Schienenbremsen sowie der mechanischen Regler und Gestängesteller beschrieben und illustriert. Von den Führerbremsventilen und den Steuerapparaten – den wichtigsten Bestandteilen der Bremsapparatur – sind alle wichtigeren Bauarten der Druckluft- und der Luftsaugbremse beschrieben und bebildert. Eine grosse Anzahl ausgezeichneter Diagramme und Zeichnungen erleichtern auch hier das Studium der komplizierten Apparate. Die Beschreibung der elektromechanischen Bremssteuerungen und der elektrisch gesteuerten Spurkranzschmiereinrichtungen sowie der elektrischen Geschwindigkeitsmesser leitet über zum zweiten Band.

Band 2

In diesem Teil des Werkes werden die elektrischen Ausrüstungen der Triebfahrzeuge und die Spezialfahrzeuge behandelt. Er umfasst ebenfalls über 1000 Seiten und enthält 1276 Abbildungen. Die Einleitung befasst sich mit dem Stromabnehmer als Bauteil, welcher allen elektrischen Triebfahrzeugen zugehört, die die elektrische Energie von aussen beziehen. Die Laufkinematik des am Fahrdrähten gleitenden Stromabnehmers wird beschrieben und eine Auswahl bewährter Konstruktionen vorgestellt.

Die elektrische Ausrüstung der *Gleichstrom-Triebfahrzeuge* hat eine rund 80jährige Entwicklung hinter sich. Der Autor beschreibt, wohl aus didaktischen Gründen, und wo es ihm für das Verständnis neuerer Bauarten und Schaltungen als wichtig erschien, auch frühere Ausführungen. Bei den Gleichstrombahnen reicht das Spektrum der Triebfahrzeuge vom Strassenbahntriebwagen bis zur schnellen Hochleistungslokomotive. Die lange Entwicklungszeit und der grosse Aufgabenbereich führten zu einer Fülle von konstruktiven und schaltungstechnischen Lösungen. Das Kapitel enthält alle wichtigen Entwicklungsstufen einschliesslich neuester Schal-

tungen mit elektronischen Mitteln in den Haupt- und Steuerstromkreisen.

Ebenso ausführlich wird die elektrische Ausrüstung der *Triebfahrzeuge für Einphasenwechselstrom* mit Direktmotoren behandelt. Diese Bauart überwiegt heute zahlenmäßig noch. Die elektrische Ausrüstung der Direktmotor-Triebfahrzeuge, von der Konzeption her einfach, ist in der Ausführung jedoch immer weiter verbessert worden, und die zusätzliche Apparatur für eine leistungsstarke Nutzbremse ist relativ einfach und wartungsfrei. Der wirtschaftliche Nutzen der Nutzbremse ist in unserem Land bedeutend. In grossen, vorwiegend flachen Ländern kann die Normalfrequenz gegenüber der niedrigen Frequenz ökonomischer sein, weil das Hochspannungsnetz der allgemeinen Landesversorgung über Transformatorenstationen passenden Orts direkt angezapft werden kann. Die Fahrleitungsspannung muss jedoch – für gleichen Energie- und Leistungsbedarf – wegen der frequenzproportionalen, d.h. grösseren, Induktivität höher gewählt werden, was längere Isolierabstände und entsprechend grössere Lichtraumprofile nötig macht. So ist der nördliche, flache Teil Frankreichs mit 25 kV, 50 Hertz elektrifiziert worden. Als Lokomotivstromrichter wurden in den letzten Jahren nur noch Siliziumgleichrichter angewendet. Ob die weitere Entwicklung der Amplitudensteuerung (Spannungsregulierung mit Schaltwerken) oder der Thyristorsteuerung (Anschnittsteuerung) den Vorrang geben oder ob sogar das Umrichterfahrzeug (Einphasen-/Dreiphasenumformung unter Verwendung von Asynchronmotoren) sich durchsetzen wird, ist noch ungewiss. Bei anschnittgesteuerten Triebfahrzeugen ist es heute noch nicht möglich, auf dem Triebfahrzeug alle Störfrequenzen vollständig unschädlich zu machen³⁾. Alle mit Erfolg entwickelten Steuerungstypen werden an Hand ihrer Schaltungen und Charakteristiken beschrieben. Welche Art obenausschwingen wird, kann erst die Zukunft zeigen.

Unter dem Titel *Spezialfahrzeuge* behandelt Prof. Sachs schliesslich die Triebfahrzeuge für Zahnstangenstrecken, die Trolleybusse, die Speicherfahrzeuge und die thermoelektrischen Triebfahrzeuge. Bei den Zahnradtriebfahrzeugen dominiert die schweizerische Technik, denn sie sind zum grössten Teil in unserem Land gebaut worden. Der konstruktiv interessanteste Teil ist der Antrieb. Eine Anzahl vorzüglicher Zeichnungen der verschiedenen Bauarten von Zahnradantrieben veranschaulicht die hochentwickelte Konstruktionstechnik. Leider ist der Bedarf an Zahnradtriebfahrzeugen stark zurückgegangen, weil die meisten Zahnradbahnen ihren Triebfahrzeugpark erneuert haben und fast keine neuen Bahnen mehr gebaut worden sind. Neue Erschliessungs-Bergstrassen und -Seilbahnen, zum Teil mit 100 und mehr Personen «Fassungsvermögen», erschienen zeitgemässer. Demgegenüber erfuhr der *Trolleybus* mancherorts eine Aufwertung gegenüber dem Dieselbus, weil er umweltfreundlicher ist. Das gilt auch für die Stollenlokomotiven, Werklokomotiven, Stapler, Karren und Schlepper mit Batteriebetrieb. Es wird ein interessantes Beispiel für den Bedarf an Ventilationsluft in einem Stollen, bei Verwendung von Diesellokomotiven oder Akkumulatorenlokomotiven, gerechnet. Thermoelektrische Triebfahrzeuge sind auch bei uns in grösserer Zahl vorhanden, zu einem kleineren Teil auch als Zweikraftfahrzeuge, d.h. mit rein elektrischer Ausrüstung zum Dienst unter dem Fahrdrähten und mit dieselelektrischer Ausrüstung auf nicht-elektrifizierten Werk- und Rangiergleisen. Die meisten unserer Diesellokomotiven sind Rangier- und Hilfslokomotiven. Schliesslich wird auch eine konstruktiv interessante dieselelektrische Schneeschleuder der SBB kurz beschrieben.

³⁾ S. Diss. 1973 ETH 4945 P. Winter: Einfluss der Glättungs- und Kommutierungsreaktanzen auf das Netzverhalten von mehrfachfolgesteuerten Stromrichtern in einphasiger halbsteuerbarer Schaltung.

Prof. Sachs widmet sich auch den Spezialfahrzeugen mit aller Gründlichkeit. Bei manchen sind technisch schwierige Probleme in ingenöser Art gelöst worden. Die Vielfalt der Lösungen kommt auch hier zum Ausdruck.

Beide Bände enthalten als Fussnoten zusammen über 2000 Hinweise auf sachbezügliche Veröffentlichungen und Patente, und das Autorenverzeichnis am Schluss des zweiten Bandes umfasst rund 1300 Positionen. Ebenso vollständig ist das Sachverzeichnis.

Der *dritte Band* ist, wie unter dem Titel dieses Aufsatzes erwähnt, eine Sammlung von 4 Faltaffalen und 42 Faltaffeln. Die Tabellen sind Beilagen zum Kapitel in Band 1 über «Achtdruckänderungen an Drehgestelllokomotiven infolge Zugkraft und Gegenmassnahmen». Sie umfassen in der Hauptsache den mathematischen Aufbau der Formeln für die Steifigkeit bei verschiedenen Federanordnungen und Drehgestellbauarten. Die Faltaffalen enthalten Zusammenstellungszeichnungen von besonders interessanten Bauarten von Triebdrehgestellen, je ein Beispiel von graphischen Berechnungen eines dreiachsigen und eines zweiachsigen Triebdrehgestellrahmens, 25 mehrfarbige Schemata von Bremssteuerapparaten und Führerbremsventilen, Zusammenstellungs- und Schnittzeichnungen von Bremssteuerapparaten und eine mehrfarbige, axonometrische Darstellung des Steuerapparates

im Führertisch der SBB-Ae 6/6-Lokomotiven. Die Faltaffeln sind – wie auch viele Figuren in den Hauptbänden – zeichnerische und drucktechnische Kunstwerke. Der grössere Zeichnungsmassstab auf den Faltaffeln ermöglicht einen guten Aussagewert der durchwegs vielgestaltigen Gebilde.

Prof. Sachs hat während 20 Jahren ununterbrochen, mit unermüdlichem Fleiss und einer unerhörten Schaffenskraft an diesem einzigartigen Mammutwerk über elektrische Triebfahrzeuge gearbeitet. Er deutet im Vorwort an, dass es wegen der «immer mehr nach Spezialgebieten ausfächernden Entwicklung» in Zukunft kaum mehr möglich sein werde, das ganze grosse Stoffgebiet in einem Werk vereinigt darzustellen. Ihm ist der grosse Wurf noch gelungen, dank seiner gewaltigen Erfahrung als einziger noch lebender Pionier der Bahnelektrifikation, und weil er sein Leben der Entwicklung dieses technischen Fachgebietes gewidmet hat. Er hat kürzlich das siebenundachtzigste Lebensjahr vollendet. Seine geistige Frische, die enorme Wissenskapazität und sein phänomenales Gedächtnis sind ihm bis in dieses hohe Alter erhalten geblieben. Wenn wir sein Werk in die Hand nehmen und es durchgehen, erfüllen uns ehrfürchtige Bewunderung und tiefe Dankbarkeit.

Adresse des Verfassers: Dr. h. c., dipl. Ing. Franz Gerber, Gossetstrasse 30, 3084 Wabern.

Spannbetondruckbehälter für Leichtwasserreaktoren

DK 621.039.536

Als Alternative zu den bisher für kommerzielle Kernkraftwerke verwendeten Stahldruckbehältern arbeitet Krupp zur Zeit an einem neuen Spannbetondruckbehälter. Dieser Behälter ist für Leichtwasserreaktoren bestimmt und ähnelt hinsichtlich des Tragkörpers dem Spannbetondruckbehälter, den die Firma als Konsortialführer für das 300-MWe-Kernkraftwerk mit Thorium-Hochtemperaturreaktor in Schmehausen plant und baut. Die neue Entwicklung wird von der Bundesrepublik Deutschland gefördert.

Aufbau des Druckbehälters

Erstmals zur diesjährigen Hannover-Messe wurden ein Modell des Spannbetondruckbehälters für Leichtwasserreaktoren im Massstab 1:30 und ein Wandausschnitt des Behälters im Massstab 1:1 ausgestellt. Von innen nach aussen besteht die Konstruktion aus heissem Liner (Dichthaut), keramischer Isolierung hoher Druckfestigkeit, kaltem Liner, Kühlung und Spannbeton (s. Bilder 1 und 3). Dabei übernimmt der heiße Liner, der mit dem Primärkühlmittel Leichtwasser in unmittelbarem Kontakt steht, die Dichtfunktion. Zusammen mit dem Kühlungssystem sorgt die Isolierung für den Wärmeschutz des Betons. Der kalte Liner wirkt als Schalung beim Betonieren und überträgt die Verlustwärme auf das Kühlungssystem. Der Betonteil wirkt als Druck haltender

Körper und schirmt das Reaktorcore biologisch von der Außenwelt ab.

Gegenüber Stahldruckbehältern ergeben sich beim Spannbetondruckbehälter die folgenden Vorteile:

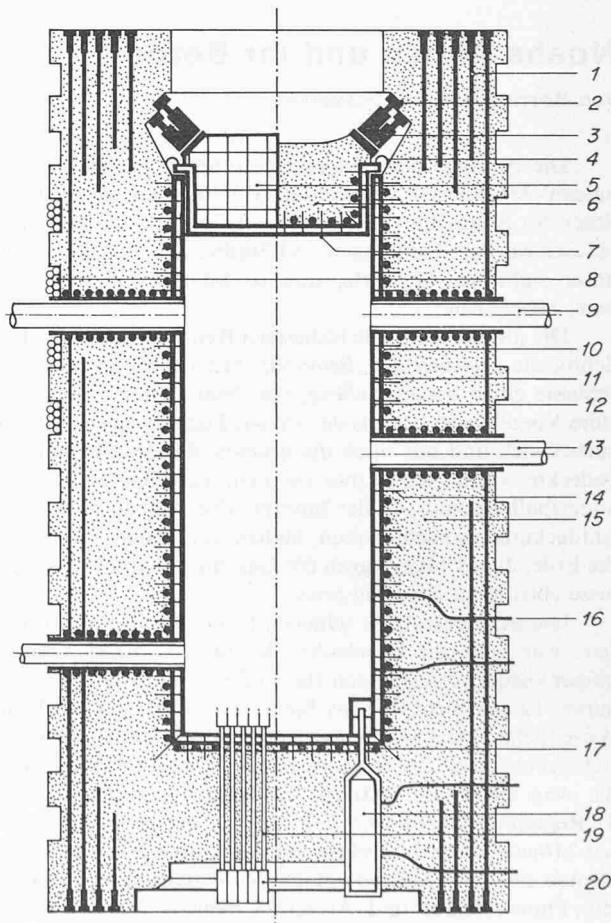


Bild 1 (rechts). Schnitt durch den neuen Spannbeton-Druckbehälter für Leichtwasserreaktoren

- | | |
|---|----------------------------|
| 1 Spannglieder | 10 Äusserer (kalter) Liner |
| 2 Hydraulische Elemente | 11 Keramische Isolierung |
| 3 Stützelement | 12 Innerer (heisser) Liner |
| 4 Dichtung | 13 Speisewassereintritt |
| 5 Stahldeckel | 14 Bolzen |
| 6 Betondeckel | 15 Beton |
| 7 Liner, Isolierung und Kühlung am Deckel | 16 Linerkühlung |
| 8 Wickeldraht | 17 Bodenkühlung |
| 9 Frischdampfaustritt | 18 Umwälzpumpe |
| | 19 Steuerstabführung |
| | 20 Steuerstabantrieb |