

Nachrichtenverkehrstheorie

*Bericht über den „7th International Teletraffic Congress“ vom 13. bis 20. Juni 1973, Stockholm, Schweden**

Der in 3jährigem Abstand seit 1955 stattfindende „International Teletraffic Congress“ wurde dieses Jahr in Stockholm abgehalten. Dieser für die Nachrichtenverkehrstheorie bedeutendste Kongreß wurde 1973 organisiert und unterstützt durch die Fernmeldeverwaltung und die Fernmeldeindustrie in Schweden. Es nahmen rund 340 Wissenschaftler aus etwa 30 Ländern teil; die Zahl der deutschen Teilnehmer betrug etwa 40. In 23 Sitzungen wurden 130 wissenschaftliche Arbeiten vorgetragen bzw. diskutiert, davon 19 aus der Bundesrepublik.

Wie bei früheren Kongressen wurde einige Wochen vor Beginn jedem Teilnehmer das Kongreß-Buch (Proceedings of the Seventh International Teletraffic Congress, Part I, II) mit allen Arbeiten zugesandt, so daß die Möglichkeit zu vorbereiteten Diskussionsfragen bestand.

Die Leitung des Kongresses lag bei Prof. Dr. A. Jensen, Dänemark, als Chairman des International Advisory Council, Dr. Chr. Jacobaeus, Schweden, als Chairman des Organizing Committee und Dr. K. M. Olsson, Schweden, der das Technical Committee leitete.

Während des Kongresses, der hervorragend organisiert war, fanden keine Parallel-Sitzungen statt. Einige Sitzungen wurden eingeleitet durch ausführliche Vorträge („Invited Papers“), in denen bekannte Wissenschaftler Übersichten über den Stand der Wissenschaft eines Themenkreises gaben, sowie neue Ergebnisse vortrugen. Den Abschluß jeder Sitzung bildete eine „Panel Discussion“, die von „Speakern“ eingeleitet wurde durch ein Kurzreferat über nicht vorgetragene Arbeiten (etwa 30%), so daß sich die Diskussion über alle Arbeiten einer Sitzung erstrecken konnte.

Der Kongreß wurde durch Dr. Chr. Jacobaeus eröffnet und durch einen Einführungsvortrag von Prof. Dr. A. Jensen über die verkehrstheoretischen Arbeiten von C. Palm († 1951) eingeleitet.

Im folgenden wird über die Vorträge der verschiedenen Themenkreise zusammenfassend berichtet.

1. Teilnehmerverhalten, Anruf- und Endeprozesse

Für die Planung und Dimensionierung von neuen oder die Erweiterung bestehender Fernsprechvermittlungssysteme sind Daten über die statistischen Eigenschaften des Fernsprechverkehrs dringend erforderlich. Es wurde dazu über verschiedene Messungen berichtet, die Aufschluß geben über den Anrufprozeß, das Wählverhalten, die Art der Verbindungswünsche (z. B. Orts- oder Fernverbindungen), die Belegungsdauern für erfolgreiche und erfolglose Verbindungsversuche und über Anrufwiederholungen bei erfolglosen Versuchen. Bei diesen Messungen wurde zum Teil zwischen Tarifklassen, Privat-, Geschäfts- oder Nebenstellenanschlüssen unterschieden. Zum Problem wiederholter Anrufe, das besonders bei zentralgesteuerten Systemen relevant ist, wurden zwei analytische Modelle für vollkommen erreichbare Bündel vorgestellt.

2. Simulation

Zur Untersuchung komplexer Systeme, für die noch kein Berechnungsverfahren bekannt ist, oder für die der Gültigkeitsbereich eines analytischen Näherungsverfahrens untersucht werden soll, bildet die Simulation auf Digitalrechnern ein unentbehrliches Hilfsmittel. Für die zeitreue Simulation

speziell von Fernsprechsystemen wurde eine neue Simulationssprache (TETRASIM) vorgestellt und über Erfahrungen mit ihr und der Simulationssprache GASP II berichtet. Zur Berücksichtigung von Folgeereignissen bei der Simulation wurde eine Erweiterung der Monte-Carlo-Methode vorgeschlagen. Ferner wurden Genauigkeitsuntersuchungen für ein näherungsweise Simulationsverfahren durchgeführt und ein Verfahren angegeben, wie sich durch die Methode der Sequentialtests Rechnerzeit bei der Simulation einsparen läßt.

3. Linksysteme

Zur Einsparung von Koppelpunkten werden statt einstufiger häufig mehrstufige Koppelanordnungen (Linksysteme) verwendet, bei denen eine Verbindung jeweils über mehrere Koppelpunkte konjugiert durchgeschaltet wird. Einige Beiträge behandelten die Synthese von „optimalen“ Strukturen, wobei für eine vorgegebene Belastung und Verlustwahrscheinlichkeit die Anzahl der Koppelpunkte (evtl. auch die anteiligen Kosten für die Steuerung) minimal sein sollen. Ein Beitrag gab Rechenverfahren für gemischten Intern- und Externverkehr bei angebotem Zufallsverkehr 2. Art an. Eine andere Arbeit zeigte, daß die Verdrahtungsweise der Zwischenleitungen sowie die Wegesuche (Abfrage der Ausgänge in jeder Stufe des Linksystems) bei strukturell ungünstigen Linksystemen einen spürbaren Einfluß auf die Verlustwahrscheinlichkeit haben kann. In derselben Arbeit wurde zur Simulation sehr großer Linksysteme eine neue Methode entwickelt, welche die Abbildung großer Linksysteme auf belastungs- und verlustäquivalente kleinere Systeme erlaubt.

In einer anderen Arbeit wurde das bekannte Problem der Umordnung von Belegungen (rearrangement) zur Verlustminderung in Zeitmultiplex-Koppelanordnungen behandelt.

4. Mischungen

Mischungen in Verlustsystemen waren in der Vergangenheit schon Ziel vieler Untersuchungen; für die gebräuchlichsten Mischungstypen der Praxis liegen bereits hinreichend genaue Unterlagen zur Bemessung vor. Vier Arbeiten befaßten sich mit der Verlustberechnung von (sehr einfachen) O'Dell-Mischungen bzw. homogenen Mischungen.

In einem der Beiträge über Mischungen in Wartesystemen wurden exakte und approximative Verfahren zur Berechnung der Wartezeiten für unterschiedlich vorteilhafte Mischungstypen und verschiedene Abfertigungsstrategien vorgestellt. Ein anderer Beitrag befaßte sich mit der Dimensionierung von unvollkommen erreichbaren handbedienten Vermittlungsplätzen in Nebenstellenanlagen und den Warteproblemen, die hierbei auftreten. Auch über Simulationsergebnisse bei verschiedenen Absuchverfahren von Codewortempfängern mit begrenzter Erreichbarkeit wurde berichtet.

5. Wartesysteme

Ein Invited Paper von J. W. Cohen (Niederlande) gab einen sehr guten Überblick über die geschichtliche Entwicklung und den neuesten Stand der Warteschlangentheorie. Ausgehend von den ersten Berechnungen A. K. Erlangs für Vermittlungssysteme, schilderte er die Wechselbeziehungen zwischen der Entwicklung der Warteschlangentheorie und den Entwicklungen in der Mathematik und Physik sowie der technologischen Entwicklung von Rechnersystemen. Parallel mit der Entwicklung der Methoden wurden die untersuchten Systeme universeller und damit auch die möglichen Anwendungsgebiete vergrößert. Trotzdem gibt es noch viele offene Probleme, die bislang und in absehbarer Zeit nur näherungsweise berechnet oder durch Simulation untersucht werden können.

*) Verfasser sind:

D. Bazlen, G. Kampe, L. Katzschner, W. Krämer, P. Kühn, M. Langenbach-Belz, W. Lörcher, H. Weisschuh am Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung der Universität Stuttgart (Prof. Dr.-Ing. A. Lotze).

In den weiteren Vorträgen über Warteschlangenprobleme konnte man den Trend zu Anwendungen in Netzen für Datenverkehr, in Allzweckrechnern, sowie in Rechnern für zentralgesteuerte Vermittlungssysteme erkennen. So befaßten sich mehrere Beiträge z. B. mit der Frage der notwendigen Größe der Pufferspeicher innerhalb der Vermittlungsstellen von Datennetzen mit Message- bzw. Packet-Switching. Neben den Wahrscheinlichkeiten für Überlauf bzw. Verlust in Netzknotenpunkten wurden weitere charakteristische Verkehrsgrößen bestimmt, wie Wartewahrscheinlichkeiten, mittlere Wartezeiten, Pufferbelegungen usw. Dabei wurden je nach Anwendung verschiedene Annahmen über die Ankunfts- und Bedienungsprozesse gemacht.

Von besonderem Interesse für die Anwendung in rechnergesteuerten Vermittlungssystemen war ein Modell mit einer Bedienungseinheit und mehreren parallelen Warteschlangen sowie mit individuellen Bedienungszeitverteilungsfunktionen. Das Gesamtschicksal von Rufen und die Bestimmung von Abhängigkeiten der Teilschicksale beim Durchlauf durch zwei Wartesysteme in Serie war das Thema einer weiteren Arbeit.

Für vollkommen erreichbare Bündel mit endlich vielen Verkehrsquellen und einem Eingangsprozeß aus warte- und nichtwarteberechtigten Rufen wurden unter Markoffschen Voraussetzungen verschiedene Verkehrsgrößen sowohl für einseitig als auch zweiseitig gerichteten Verkehr bestimmt. Ebenfalls Markoffsche Voraussetzungen besaß ein Modell mit beschränkter Zahl von Warteplätzen und Verzicht, das u. a. auf bestimmte Sonderdienste in Vermittlungssystemen angewendet werden kann.

6. Spezielle Verkehrseigenschaften

In einem Invited Paper befaßte sich P. Le Gall (Frankreich) mit allgemeinen Zufallsprozessen in der Verkehrstheorie und bei der Systemplanung.

In Wählnetzen mit mehreren in Serie geschalteten Verbindungsabschnitten oder in Vermittlungsstellen mit alternativer Weglenkung und Überlauf von Restverkehren auf Zweitwege usw. verändern sich die statistischen Eigenschaften des Anrufprozesses: Es wird anstelle von Poissonverkehr „geglätteter“ oder „spitziger“ Verkehr angeboten. Diese unterschiedlichen Eigenschaften können für die Praxis ausreichend genau charakterisiert werden, durch ihre unterschiedlichen Varianz/Mittelwert-Verhältnisse in Verbindung mit für die Berechnung geeigneten Ersatz-Koppelanordnungen, welche solchen Verkehr liefern. Für Überlaufverkehre war dieses Verfahren bekannt. Nun wurde ein analoges Verfahren auch für geglättete Verkehre entwickelt und vorgetragen. Es kann sowohl für Primärangebote mit Zufallsverkehr 1. Art als auch mit Zufallsverkehr 2. Art angewandt werden. Exakte (aufwendige) Rechnungen bewiesen die Genauigkeit der Näherungsmethode.

Eine andere Arbeit stellte ein recht genaues Näherungsverfahren zur analytischen Behandlung von Datennetzen mit Speichervermittlungen und alternativer Leitweglenkung vor. Auch die Durchlaufzeiten von Nachrichten können damit berechnet werden. Die Berechnung spezieller Überlaufanordnungen, deren Sekundärbündel kürzere Belegungsdauern hat, wurde in einer anderen Arbeit gezeigt.

7. Betrieb und Planung von Vermittlungsnetzen

Die Betrachtung ganzer Vermittlungsnetze, z. B. nationaler oder internationaler Fernwählnetze, nahm einen breiten Raum ein. Jede Fernmeldeverwaltung und jede Herstellerfirma für Vermittlungseinrichtungen wünscht handliche Methoden zur sicheren und möglichst wirtschaftlichen Dimensionierung von Vermittlungsstellen und Fernwählnetzen mit vorgeschriebener Verkehrsgüte. Eine größere Anzahl von Beiträgen, teils rein theoretischer, teils anwendungsorientierter Natur befaßte sich mit diesem Fragenkreis. Auch das Problem der Sicherung einer erträglichen Verkehrsgüte trotz starker Überlastung einzelner Netzabschnitte wurde diskutiert.

Das Invited Paper von A. Lotze (BRD) zeigte, wie Planungsunterlagen für die Praxis erstellt werden können. Eingehende, jahrelange theoretische Untersuchungen (an der Universität

Stuttgart) waren unerlässlich. Daraus wurden schließlich einfache Planungsrichtlinien entwickelt, welche es dem Fernmeldeingenieur erlauben, anhand weniger Tabellen eine genaue und wirtschaftlich optimale Bemessung für hierarchisch oder auch nicht-hierarchisch organisierte Netze mit alternativer Leitweglenkung durchzuführen. Auch für die Planung mit Rechnerprogrammen ist das Verfahren sehr gut geeignet. Es ist bei der Deutschen Bundespost bereits eingeführt.

In einem weiteren Invited Paper von W. B. Macurdy (USA) wurde ausführlich auf die Probleme des Betriebs großer Fernwählnetze in den USA („network management“) eingegangen. U. a. wurde die Frage diskutiert, wie man die Überlastung bestimmter Verkehrsbeziehungen — und dadurch die Überlastung der Steuerungsrechner in (oft vielen) Netzknotenpunkten — künftig schnell erkennen und Schutzmaßnahmen einleiten kann.

In weiteren Beiträgen wurden Methoden diskutiert, wie man aus laufenden Verkehrsmessungen aller Leitungsbündel in Fernwählnetzen Strategien für die Leitweglenkung (Netzsteuerung) gewinnen könnte. Auch die Anpassung der Verkehrslenkung an die unterschiedlichen Hauptverkehrsstunden in einem weltweiten Netz wurde ebenfalls in einigen Beiträgen behandelt.

Nur wenige Beiträge befaßten sich mit verkehrstheoretischen Aspekten der gegenwärtigen und künftigen Fernsprechnetze mit Satelliten.

In einer größeren Untersuchung wurde die wirtschaftliche Optimierung der Vermittlungsstellen eines Ortsnetzes bezüglich der Anzahl, der Lage und des Anschlußbereichs behandelt.

8. Zentralgesteuerte Vermittlungssysteme und Rechner

Bei Vermittlungsstellen muß unterschieden werden zwischen mehr oder weniger stark zentralisierten Hardwaresteuerungen und hochzentralen Rechnersteuerungen (Stored Program Control, SPC).

4 Beiträge befaßten sich mit Problemen, die insbesondere bei Hardwaresteuerungen auftreten, 5 Aufsätze können den SPC-Systemen zugeordnet werden und 2 Vorträge gingen speziell auf Universalrechner ein.

In verschiedenen Beiträgen wurden die Schwierigkeiten diskutiert, welche sich ergeben aufgrund von wiederholten Anrufen, unvollständigem Verbindungsaufbau, Störungen usw., die Zentralsteuerung einer Vermittlungsstelle u. U. stark überlasten, obwohl die Belastung des Sprechwegenetzes sich noch in zulässigem Rahmen bewegt. Durch die Überwachung der Wartezeiten von Anrufen bis zu ihrer Bedienung können evtl. blockierte Geräte ermittelt und freigeschaltet werden. Gegenstand eines diesbezüglichen Beitrags war die Bestimmung einer „optimalen Freischaltzeit“ um Verluste, aber auch Wartezeiten klein zu halten.

3 Beiträge befaßten sich allgemein mit SPC-Systemen, wobei u. a. zur Beschreibung des Verkehrs ein „call mix“ vorgeschlagen und durch statistische Daten belegt wurde. Ferner wurde ein im Betriebssystem implementiertes Verfahren zum Schutz gegen die Überlastung eines Vermittlungsrechners vorgestellt. In 2 Beiträgen wurden Warteschlangenmodelle für SPC-Systeme exakt analysiert, bei denen Anforderungen nur zu ganz bestimmten Takt-Zeitpunkten in Gruppen in der Zentraleinheit ankommen können. Dabei betrachtete der eine Autor ein Modell für die Zentraleinheit allein, während im 2. Vortrag auch die Peripherie im Modell mit berücksichtigt wurde.

Eine der 2 Arbeiten über Universal-Rechner befaßte sich analytisch mit der Auswirkung eines schnellen Pufferspeichers zwischen Hauptspeicher und Zentraleinheit auf den Durchsatz. Dabei wurde auch die Verwendung verschiedener Ersetzungsalgorithmen untersucht, nach denen Programm- bzw. Datenblöcke im Falle einer Nachladung aus dem Pufferspeicher verdrängt werden (Paging). In der zweiten Arbeit wurde ein Warteschlangenmodell vorgestellt, bei dem durch die Wahl zweier Betriebsparameter eine Abfertigungsdisziplin erreicht werden kann, welche zwischen „first in, first out“ (FIFO) und einer beliebigen anderen vorzuschreibenden Abfertigungsdisziplin liegt.

9. Datenverkehr

In dieser Sitzung wurden sowohl Probleme des Datenverkehrs in öffentlichen Netzen (Telex usw.) behandelt, als auch Probleme des Datenaustausches zwischen Vermittlungsknoten zur Steuerung des Verbindungsauf- und -abbaus über separate Datenkanäle.

In einem Invited Paper berichtete zunächst P. T. E. Kelly (Großbritannien) über die Möglichkeiten der öffentlichen Datendienste in Großbritannien, sowie über Stand und Trend der Teilnehmerzahl und leitete daraus Planungsvorstellungen ab. Weitere Vorträge über öffentliche Datendienste konzentrierten sich auf die Bestimmung von Verteilungsfunktionen für Belegungsdauer, Anrufabstände, Verbindungsaufbauzeiten usw. aus umfangreichen Messungen im internationalen Telexnetz, sowie auf Warteprobleme in Datenkonzentratoren.

10. Zeitvielfach-Vermittlungssysteme

Mit zunehmendem Interesse an der Zeitvielfachvermittlungstechnik (vorwiegend PCM) tauchen auch neue verkehrstheoretische Probleme auf. Im Vordergrund steht das Problem der wirtschaftlichen Dimensionierung von PCM-Koppelnetzen für vorgegebene Verkehrsgüte. In drei Vorträgen wurden für die Blockierungswahrscheinlichkeiten von PCM-Netzen Approximationsverfahren angegeben für den Fall, daß der Zeitkanalumfang nur auf eine beschränkte Anzahl von Kanälen möglich ist. Darüber hinaus wurden Kriterien zur kostenoptimalen Dimensionierung mehrstufiger PCM-Koppelnetze abgeleitet.

In einem Zeitvielfach-Datennetz werden pro Verbindung je nach deren Datenrate eine unterschiedliche Zahl von Zeitlagen innerhalb eines „Rahmens“ benötigt. Bei variabler Zuteilung der momentan freien Zeitlagen an eintreffende Anrufe entstehen für Verkehrsanteile unterschiedlicher Datenraten auch unterschiedliche Verlustwahrscheinlichkeiten. Diese neuartige Fragestellung der Verkehrstheorie wurde in einer Arbeit ausführlich behandelt.

Auch Probleme der fernerer Zukunft wurden betrachtet. So wurde z. B. die Verlustwahrscheinlichkeit in den Verzweigungspunkten eines PCM-Glasfaser-Nachrichtennetzes berechnet. Eine andere Arbeit bestimmte mit Hilfe von Simulationsprogrammen die Blockierungswahrscheinlichkeit einer kompletten Zeitvielfach-Ortsvermittlungsstelle.

11. Messung des Verkehrs und der Verlusthäufigkeit, Vorhersage

Für den Betrieb von Vermittlungssystemen und Netzen sind Verkehrsmessungen unerlässlich. Diese Messungen und deren Auswertungen verursachen zusätzliche Kosten. Deshalb wurden in einer der diesbezüglichen Veröffentlichungen die Kosten für Messungen einerseits mit den Systemmehrkosten durch Überdimensionierung andererseits verglichen. Eine andere Arbeit befaßte sich mit sehr umfangreichen Verkehrsmessungen nach der Abtastmethode und deren vielfältigen Auswertung, z. B. hinsichtlich der Anruf- und Bedienungs-

prozesse. Ferner wurde ein modular aufgebautes Programmsystem vorgestellt zur vielparametrischen Auswertung von Verkehrsmessungen.

Automatisch erzeugte Testanrufe können u. a. zur Abschätzung der relativen Verlusthäufigkeit verwendet werden. Es wurde gezeigt, welche Testbedingungen erfüllt sein müssen, damit der Erwartungswert dieses Verfahrens der tatsächlichen Verlustwahrscheinlichkeit entspricht.

Die Prognosen über den Anstieg von Teilnehmerzahlen und Verkehrswerten, welche die Grundlagen für die langfristige Planung von Netzen und Vermittlungsstellen liefern, sind von zahlreichen Faktoren abhängig, wie z. B. von der wirtschaftlichen Entwicklung verschiedener Gebiete, der unterschiedlichen Anschlußdichte in Privat- und Geschäftshäusern usw. Mit diesen Fragen befaßten sich mehrere Untersuchungen.

12. CCITT und ITC

Der Zusammenarbeit des ITC mit dem CCITT wurde eine spezielle Sitzung gewidmet. C. W. Pratt (Australien) und I. Tänge (Schweden) berichteten über die Studien des Nachrichtenverkehrs innerhalb des CCITT mit den Fragengruppen Netz-Management, Verkehrsmessungen, Prognosen des zukünftigen Bedarfs, Überlaufverkehre, unterschiedliche Hauptverkehrsstunden und Netzplanung, wiederholte Anrufversuche, sowie Einsatz von Rechnern zur Netzplanung. A. Jensen (Dänemark) ging auf Probleme der Zusammenarbeit zwischen ITC und CCITT ein unter spezieller Berücksichtigung von Forschung, Verwaltung, Entwicklung und Planung. Das Ziel der CCITT-Studiengruppe XIII ist die Erarbeitung von einheitlichen Empfehlungen zu den obengenannten Fragen; hierzu könnte der ITC mit neuen Methoden und Verfahren beitragen. Allerdings sollten hierfür die Problemstellungen noch genauer umrissen werden.

13. Schlußdiskussion über den Ablauf des Kongresses

J. A. Povey (British Post Office) forderte, in Zukunft noch mehr die anwendungsbezogene Seite zu betonen. Sein Hauptanliegen dabei war die verstärkte Berücksichtigung der Interessen der Teilnehmer bei der Planung und Auslegung von Systemen (Dienstgüte).

L. A. Gimpelson (ITT New York) unterstrich die Bedeutung von Vermittlungssystemen mit Zentralsteuerung durch speicherprogrammierte Rechner (SPC-Systeme). Er forderte außerdem anwendungsorientierte Planungsmethoden, die auf die Probleme der Entwicklungsländer zugeschnitten seien.

Einen Überblick über die Beiträge des 7. ITC vom Standpunkt des Nachrichteningenieurs und Systemplaners gab Prof. H. Inose (Universität Tokio). Insbesondere erwähnte er auch die steigende Zahl von Beiträgen, die sich mit Problemen des Datenverkehrs befassen. Außerdem betonte er sehr die Notwendigkeit der anwendungsorientierten verkehrstheoretischen Forschung und wandte sich gegen die immer noch häufige Anwendung veralteter Approximationsmethoden (der 20er- und 30er Jahre) trotz Vorhandenseins neuerer und besserer Verfahren.

Buchbesprechung

Vierpoltheorie. Von W. Klein. Mannheim: Bibliographisches Institut, 1972. 159 Seiten, zahlr. Bilder. 12 cm × 19 cm. Kart. Preis: DM 10,—.

(3023)

Netzwerke aus linearen, zeitinvarianten und konzentrierten Elementen lassen sich bei sinusförmiger Erregung im stationären Betrieb unter Verwendung von Zeigergrößen mit Hilfe linearer algebraischer Gleichungen beschreiben. Man spricht von einem Mehrtor, wenn das Netzwerk keine starren Quellen enthält und mit seiner Umgebung über Klemmenpaare (Tore) verbunden ist. Die Verknüpfung der Torgrößen kann algebraisch durch Matrizen erfolgen, und zwar in linearer Weise. Für praktische Anwendungen sind die Zweitore (Vierpole) von besonderer Bedeutung. Diesem Umstand wird durch eine aus-

führliche Darstellung der Vierpoltheorie im vorliegenden Büchlein in vorbildlicher Weise getragen.

Im ersten Kapitel über die Matrizenmethode des Vierpols werden zunächst die verschiedenen Möglichkeiten zur Darstellung des Vierpols und dann vor allem die hieraus resultierenden Beziehungen für die Betriebsgrößen behandelt. Im zweiten Kapitel zeigt der Verfasser, wie sich Schaltelemente mit drei oder vier Anschlußklemmen (Transistoren, Übertrager usw.) netzwerktheoretisch beschreiben lassen. Das letzte Kapitel ist der Wellenparametertheorie des Vierpols gewidmet. Das mit viel Sorgfalt verfaßte Buch darf Studenten der Nachrichtentechnik, aber auch Ingenieuren der Praxis empfohlen werden.

R. Unbehauen