

# TBM-Fortschritte mit Computermathematik

Von W. M. Braun

Das Zeitalter der intelligenten Tunnelbohr-Roboter hat im Dezember '95 im Schloß Hagenberg bei Linz begonnen und ist mit Applaus von internationalen Computerexperten und Konferenzteilnehmern begrüßt worden.

Vielversprechende Voraussagen sind bereits im Ausland gemacht worden. „Die nächsten Computergenerationen werden viel 1000mal schneller sein als die gegenwärtigen“ sagte unlängst der Vorstand des Forschungsinstituts der BRITISH TELECOM Organisation, Prof. Peter Cochrane in einer Vorlesung in der Aston University. Wie aber schon heute das enorme Leistungspotential der Computermathematik sogar auf Tunnelvortriebssituationen anwendbar ist, erläuterte Frau Dr. Sabine Stifter von der Johannes Kepler Universität im österreichischen Forschungszentrum Schloß Hagenberg, wo die

Automatisierung einer Tunnelbohrmaschine rechnerisch und modelltechnisch im Zuge eines Fünfjahresprogramms verwirklicht werden soll. Der Konstrukteur des Robotermodells ist Dipl.-Ing. Hakan Erten von der D2 Consult GmbH, Linz. Die Senior-Ingenieure dieser Organisation, Dr. Harald Wagner und Dr. Alfred Schulter, sind die Initiatoren des Projekts, die auch die 10 Millionen Schilling der Projektfinanzierung im Rahmen eines Firmenkonsortiums organisiert haben.

Die Computerspezialisierung der Universität in Linz ergab sich ursprünglich aus dem dringenden Bedarf vieler Firmen der

Industriezone nach computergeschultem Personal. Eine international anerkannt wissenschaftliche Sonderstellung erreichte man dann im Geomechatronic Center der Uni durch Studienprogramme und Forschungsziele, mit denen Prof. Dr. Günter Swoboda neue Möglichkeiten des Fortschritts aufzeigte. Im Forschungsinstitut für Symbolic Computation erzielten wissenschaftliche Teams gleichfalls internationale Avantgarde-Status, dank dem richtungweisenden Wirken von Prof. DDr. Bruno Buchberger.

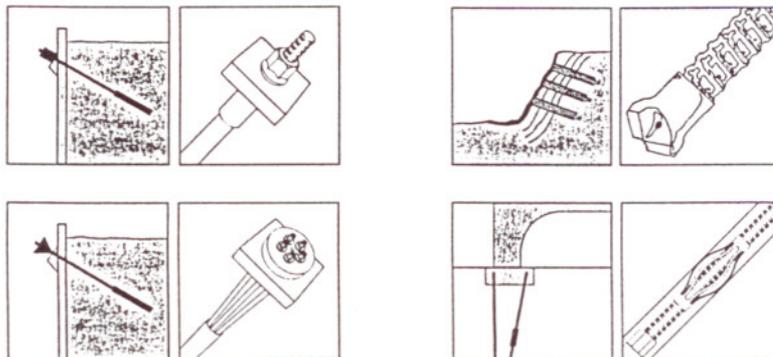
Diese „Schloß Hagenberg Synergy von wissenschaftlicher Brillanz und dem Industriell-realisierbaren“ wurde im Ausland als einmaliges Universitätskonzept für besonders begabte Lernbeflissene begrüßt. Nicht nur den ausländischen Kollegen zuliebe wird hier in Oberösterreich Englisch als internationale Computersprache benützt - Englisch ist auch unerläßlich für die

## DAS DSI - GEOTECHNIK PROGRAMM

Hergestellt und überprüft nach ÖNORM, DIN und deutscher Zulassung



Neu: Ausbaubarer Dywidag Litzenanker mit einer im Boden verbleibenden Verankerungslänge von 1,5 m.



DYWIDAG-SYSTEMS INTERNATIONAL Ges.m.b.H • Telefon: 0 662 / 62 57 97  
Christophorusstraße 12, A-5061 ELSEBETHEN • Telefax 0 662 / 62 86 72

Kommentare der Wissenschaftler, die aus der Computermathematik auf den Bildschirmen die Nutzenwendungen für Ingenieure verdeutlichen müssen. Die Sprache ist seinerzeit mit den Geräten importiert worden. Nun sollen bereits die Resultate wissenschaftlicher Arbeit in Form von technisch-nützlichen Systemen weltweit exportiert werden, wofür Englisch ebenso unerlässlich ist.

Internationale Experten waren durch die Tunnelbauerfolge der patentierten D2 Consult-Systeme auf die einmaligen technischen und linguistischen Ressourcen aufmerksam gemacht worden, die es den Linzer Ingenieuren attestiert haben, daß computer-intelligente Systeme für Tunnelvortriebe durchaus realisierbar sind. Als 1995 D2 Consult und die Computerinstitute der Universität einer Anzahl interessierter Persönlichkeiten die Teilnahme an einem Vortragszyklus in Linz/Schloß Hagenberg nahelegte, returnierten viele Computerexperten ihre Zusagen gleich

mit Angeboten von Vortragsmanuskripten.

Das Thema „TBM Tunnelling Trends“ hat allgemein gefallen und man begrüßte es, das Englisch für Manuskripte und für Diskussionen obligatorisch sein müsse. Diese Maßnahme erwies sich als sinnvoll im Hinblick auf die internationale Beteiligung und aus publizistischen Gründen, weil der A. A. Balkema Verlag die Arbeiten der Computerspezialisten in Buchform weltweit verfügbar machen wird.

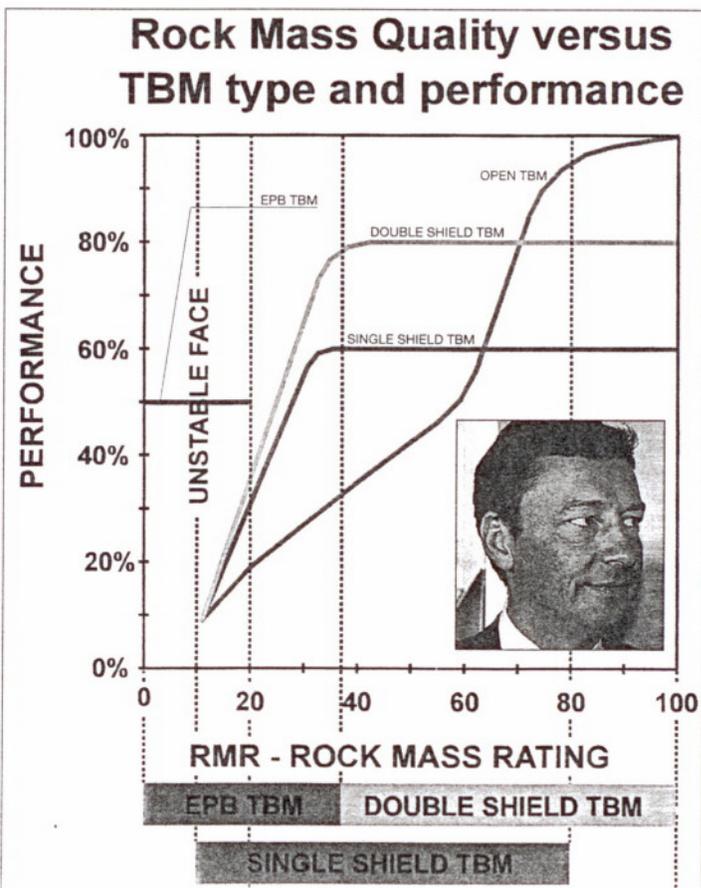
Zum Erfolg der Hagenberg-Veranstaltung haben die Vortragenden und die fachkundigen Teilnehmer jene fortschrittsorientierten Ideen beigetragen, für deren Relevanz der Sammelband bürgt. Erst die Publikation der angewandten Mathematik und der Computer- bzw. Maschinenfunktionen macht die Roboter-TBM-Entwicklung allgemein verständlich und realisierbar.

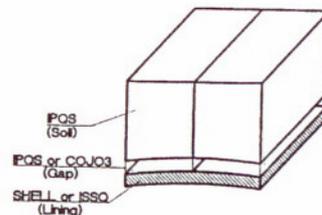
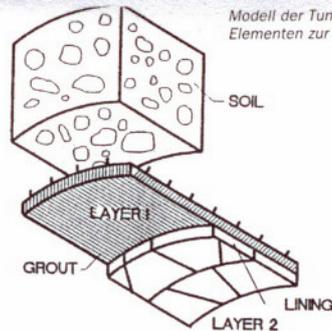
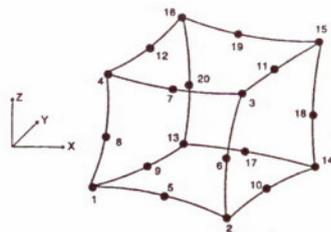
Der besondere Kontakt zwischen Universitätsinstituten der Alten und der Neuen Welt bzw. den österreichischen Wissen-

schaftlern und dem Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Amerika ist seinerzeit von den Professoren Karl Terzaghi und Arthur Casagrande, den Vätern von Bodenmechanik und Grundbau begründet worden. Als Beweis, daß die gegenseitige Wertschätzung weiterbesteht, applaudierte man in Hagenberg ganz besonders enthusiastisch dem Professor of Civil Engineering, Herbert H. Einstein, der in seinem Vortrag die neuesten MIT-Forschungsergebnisse erläuterte. Sein Bericht betraf eine als Computersystem formulierte Entscheidungshilfe für Tunnelbauvorhaben (DAT), an der eine Anzahl amerikanischer Kollegen und Schweizer Forschungs-institute mitgewirkt haben. Dieses System erlaubt Vergleiche der Vortriebsmaßnahmen von TBMs verschiedenster Bauart anzustellen, wobei man sogar verschiedene Tunneldurchmesser und Auskleidungstypen in Betracht ziehen kann. Es ergänzt das eingangs genannte Roboter-Computersystem, das die maschinentechnische Arbeitsweise von TBMs in Modellform zu kontrollieren vermag, für das Prof. Swoboda und sein Team die 3-dimensionalen Computer-Rechenkonzepte erfunden hat, die ISSQ und die COJO3 genannt werden. Diese Notierungen sind für die mathematische Definition der vielfältigen Tunnel-Kurvengeometrie vorzüglich geeignet. Die „Computer News“ in Hagenberg gab auch wertvolle Ergänzungen zu den 44 Vorträgen „Weltneuheiten im Tunnelbau“ der STUVA-Tagung in Stuttgart, an der 1600 Delegierte aus 39 Nationen teilgenommen haben. Die Wichtigkeit der neuen Information ist durch die Teilnahme der STUVA-Spitzenleute Dr. Alfred Haak und Dr. Jörg Schreyer bestätigt worden, deren besondere Computerinteressen überdies durch STUVA-Forschungsberichte nachhaltig dokumentiert wurden.

Die Sprecher der Firmen Herrenknecht, Atlas Copco/Robbins und Alpine Westfalia - namhafte Hersteller von TBMs verschiedenster Typen - betonten das Interesse der Industrie an Computertechnik und Automatisierung. So bewies z.B. Mr. Rick P. Lovat, der erfolgreiche Tunnelequipment-Gewerke aus Kanada, Computerenthusiasmus und Kompetenz als Vorsitzender eines Halbtagszyklus von Vorträgen.

In eigener Sache plädierte der deutsche Industrielle Dipl. Ing. Martin Herrenknecht - seit 1977 ein aktiver Förderer von Forschungs- und Entwicklungsideen auf dem Gebiet der mechanisierten Tunnelvortriebe. Er konnte als Vortragender seine Zuhörer mit zahlreichen Beispielen überzeugen, daß es in Zukunft mehr und mehr





automatisierte Tunnelvortriebe geben wird, die auch entsprechend intelligente Sensoren und Datenrekorder haben werden.

Mr. Hans Janzon berichtete über technische Details von Robbins-TBMs in Australien, und lobte ganz besonders den Anteil, den das Förderbandsystem zur Weltrekord-Tunnelvortriebsleistung beigetragen hat, durch den die ganze Welt auf das Drainageprojekt in den „Blue Mountains“ bei Sydney aufmerksam gemacht worden ist. Seine Grafik von statistisch erfaßten Erfahrungen mit verschiedenen TBM-Typen zeigte genauso deutlich wie Dr. Karl Heinz Gehrigs Vortrag über Vortriebsverfahren mit Alpine Westfalia TBMs die Bandbreiten menschlicher Beurteilungskraft ohne Computer-Raffinements. Auch in Dr. Siegmund Babendererdes Vortrag dominierte die langjährige Tunnelbauerfahrung des Ingenieurkonsulenten. Er befürwortete Computer und Robotereinsatz, um für alle menschlich zumutbare Arbeitsbedingungen und Sicherheit vor Ort garantieren zu können.

Das große Belt Tunnelprojekt mit seinen mannigfachen Schwierigkeiten zeigte in Dipl. Ing. Rupert Sternaths Vortrag auch den Wert internationaler Kooperation an und den Beitrag zum Erfolg, den die Dyckerhoff & Widmann AG damals geleistet hat. Von den weiteren Aufzählungen von interessanten Beiträgen muß hier aus Platzgründen Abstand genommen werden, aber alle an den englischen Vortragstexten interessierten Ingenieure werden in Bände die Informationen in Wort und Bild im Balkema-Vortragsbuch erhalten können.

Eine Ausnahme ist hier nur dem Referat von Dr. Tetsuya Hanamura der technologischen Entwicklungsabteilung der Taisei Corporation vorbehalten, weil sowohl seine Beherrschung der englischen Sprache als auch sein Wissen um die Details der neuesten Japanischen TBM-Typen höchst bewundernswert waren. Die Genialität der japanischen TBM-Ingenieure ist von Dr. Hanamura vorzüglich dokumentiert worden, obwohl der im Saal verfügbare Projektor die Vielzahl der in schneller Reihenfolge aufgerufenen Lichtbilder nur mühsam bewältigen konnte.

Das überreiche Informationsangebot von 27 Vorträgen könnte unter Umständen von

noch einmal besonders auf die Bedeutung der Segmentgeometrie und auf die Erfindung der konischen Steckbolzen aus Kunststoff - das CONEX-System - verwiesen. Die D2 Innovationen sind ausführlich im Vortrag von Dr. Alfred Schuler und in der Poloplast-Firmenpräsentation von Dr. Eduard Zenker beschrieben worden. Ohne diesen zwei unerläßlichen Elementen, der Ringsegmentformgebung und Kontaktprecision bei der Einbausequenz, wäre das TBM Simulatormodell bzw. die Tunnelroboter-Zielsetzung nicht realisierbar. Was gemacht werden kann und wird, erläuterten die Konstrukteure Erten und Kriegl in ihrem 5 Jahre-Arbeitsplan, zu dessen Gelingen die weiteren Vervollkommnungen der Computermathematik und -Technik wesentlich beitragen werden. Durch D2 Consult-Initiative ist auch das EUREKA Forschungsvorhaben Nr. 1079 „Contun“ zustande gekommen, an dem die Firmen Herrenknecht GmbH, Phoenix AG und

Dätwyler Gummiwerke AG mitarbeiten und die STUVA für die wissenschaftliche Beratung und diverse Materialtests sorgt. Die Forschungsziele sind: Weiterentwicklungen von nachgiebigen aber dichten Bewegungsfugensystemen im Verband der automatisch einzubauenden Ringsegmente zukünftiger Tunnels; desgleichen sind die Stahlkonstruktionen zukünftiger TBMs mit einer gewissen Verformbarkeit auszurüsten, durch die geologisch bedingte Vortriebsstockungen vermeidbar sind. Dazu gaben Dipl.-Ing. Siegfried Strohhäusl, Dr. Werner Grabe und Dipl.-Ing. Norbert Herwegh fachtechnische Kommentare mit interessanten Details. Einer der maßgeblichsten Befürworter und Mitbestimmer der technischen Fortschritte des Schloß Hagenberg-Teams war Mr. Daniel J. Gunaratnam, der Senioringenieur für Bewässerungsprojekte der Weltbank in Washington und Kommittent der D2 Consult Organisation. Er präsentierte eine technische Studie von den Was-

die auch D2 Consult Ingenieure vergleichende Kostenberechnungen ermittelt haben. Er verwies in seinem Vortrag u. a. darauf, daß beim grandiosen Yellow River-Wasserversorgungsvorhaben, dessen Phase II von der Weltbank mit 748 Mio US-Dollar finanziert wird, 98 Tunnel-Kilometer vorgetrieben werden müssen. Im Vergleich mit dem landesüblichen Bohr- und Sprengbetrieb konnte nachgewiesen werden, daß TBM-Technologie für 89 km der Tunnelstrecke am wirtschaftlichsten und auch am sichersten sei. Überdies sind auch vier Pumpstationen und Anschlußbauten der Weltbank finanzierten Phase zugeordnet. Durch internationale Zusammenarbeit von Beamten der Provinz Shanxi und der Zentralregierung mit der Weltbank und durch den Einsatz modernster TBM-Technologie wird die Wasserversorgung der Menschen und Industrien der auf Hochebenen gelegenen Städte Datong und Taiyuan endgültig sichergestellt werden. ■

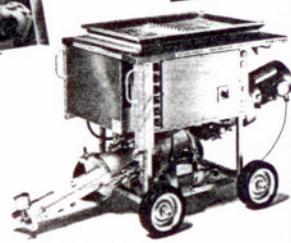
# No.1

- ▶ in der Systemvielfalt bei selbstbohrenden Anker
- ▶ bei Hochdruck Verbund-Schneckenpumpen



NEU

Die Pfeil-Bohrkrone  
Dieser Pfeil trifft bei Kostensenkung und Produktivität garantiert ins Schwarze.



NEU

Hochdruck-Systempumpe  
mit bis zu 150 bar Betriebsdruck.

International Partners:

Germany: GD-Anker GmbH

Switzerland: GD-Anker AG



**GD ANKER** GRUBER DÜBEL

Italy: Bellodi Italia S. r. l.

USA: A.B. Chasco Company

Canada: CON-Tech Systems LTD.