XXXV. Geomechanik-Kolloquium

Autor(en): **Brux, G.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **105 (1987)**

Heft 9

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-76523

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

XXXV. Geomechanik-Kolloquium

Der Einladung der österreichischen Gesellschaft für Geomechanik, Salzburg, zum alljährlichen Geomechanik-Kolloquium in Salzburg folgten vom 9. bis 10. Oktober 1986 über 800 Besucher aus 14 Ländern aus Europa, Asien, Nord- und Südamerika. Dieses XXXV. Kolloquium befasste sich in vier Arbeitsgruppen mit Wechselbeziehungen zwischen Talsperren und Untergrund, Erfahrungen mit der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise (NÖT) in aussereuropäischen Ländern, Gebirgsbewegungen und -verformungen im Bergbau und Anker im Hohlraumbau. In 22 Vorträgen berichteten Fachleute aus sechs Ländern und boten die Möglichkeit zum Gedankenaustausch zwischen Forschung und Praxis, sowie vergebender Stellen und der Bauindustrie.

Talsperre und Untergrund

Prof. Dr. *O.-J. Rescher,* Wien, hatte den Vorsitz der ersten Arbeitsgruppe, die sich in sechs Beiträgen mit den «Wechselbeziehungen zwischen Talsperre und Untergrund» befasste. Die Errichtung von bedeutenden Sperrenwerken und Stauräumen erlebt heute geradezu einen Boom; beispielsweise und stellvertretend für viele andere Länder Asiens, Afrikas, Südamerikas sind zurzeit in Japan über 400 Talsperren im Bau oder in fortgeschrittener Planung, in Indien gibt es etwa 80 Grossprojekte. Bei der Planung einer Talsperre hat man es mit Baustoffen zu tun, deren Festigkeits- und Verformungseigenschaften für den Sperrenkörper gut erfasst werden können, während dies für den Sperrenuntergrund auch bei sorgfältig durchgeführten Voruntersuchungen und Aufschlussarbeiten vor und während der Bauzeit nicht im selben Mass möglich ist. Rechnerische und experimentelle Untersuchungen zum Erfassen des wahrscheinlichen Untergrundverhaltens für ein Speicherbekken sind unter diesen Voraussetzungen in den meisten Fällen schwierig, wobei mit der Höhe der Talsperre und der Grösse des Speicherraums diese Einflüsse an Bedeutung zunehmen. Die Beiträge befassten sich vorrangig mit Staumauern und nur allgemein mit Staudämmen, wobei die Fragen der Wechselwirkung von Betonsperren mit ihrem Felsuntergrund anders gelagert sind als jene bei Staudämmen, die auf felsigem Untergrund oder auf konsolidiertem Substratum gegründet werden.

Prof. Dr. *E. H. Weiss,* Wien, nannte die «geologischen Einflusskriterien bei der Gründung von Talsperren» (Tab. 1). Danach ist nicht allein die Vielzahl der geologischen Untersuchungen und begleitende insitu-Versuche für den Bestand einer Talsperre ausschlaggebend, sondern der Naturversuch, d. h. die Untersuchung des Bauwerks bei Vollstau. Dies zeigte auch der Bericht von Dr. *W. Demmer,* Korneuburg, über den «Felszustand unter grossen Talsperren am Beispiel der Kölnbreinsperre», die als 200 m hohe Bogenstaumauer (1902 m ü. A.)zu den höchstbeanspruchten Talsperren gehört. Untersuchungen zur Erkundung der Gründungszone der Sperre nach mehreren Teil- und Vollstaus haben zu Sanierungsarbeiten im Vorboden geführt.

Prof. *C. Fairhurst,* Minneapolis, erläuterte die Ergebnisse einer «theoretischen Untersuchung von Talsperrengründungen als Diskontinuum», Dr. *R. Widmann,* Salzburg, den «Einfluss des Untergrundes auf die Spannungen von Bogenstaumauern nahe der Aufstandsfläche» und Prof. Dr.-Ing. *W. Wittke,* Aachen, die «Berechnung von Bogenstaumauern unter Berücksichtigung der mechanischen Anisotropie des Gebirges sowie der Lasten aus dem Sickerwasser», also ein Berechnungsverfahren für das Tragwerk Sperre/Untergrund, da sein Rechenverfahren (FEM) die Wechselwirkung zwischen Staumauer und Untergrund, den Einfluss der Mauerform, die Anordnung von Abdichtungs- und Drainagemassnahmen berücksichtigt.

Prof. Dr. Ing. *H. Blind,* München, wies in seinem Vortrag über «Staudämme und ihr Untergrund» darauf hin, dass ihr beider Zusammenwirken wesentlich durch die Art der Dichtung und den Verlauf der Sickerlinie bestimmt wird, also andere Kriterien als bei Staumauern.

Da es nicht möglich ist, eine Talsperre mit ihrem Untergrund mit der bei anderen Tragwerkskonstruktionen gewohnten Genauigkeit zu berechnen, wird der verantwortungsvolle Planer einer Talsperre aus Gründen der Sicherheit für das Sperrenbecken einen gewissen Streubereich im Festigkeits- und Verformungsverhalten des Untergrundes berücksichtigen und künftig aber auch die Felshydraulik und den Einfluss der Staubekkenverformung auf das Sperrenverhalten. Für die Sicherheit einer Talsperre, ihres Untergrundes und des Staubeckens wird künf-

Bild 1. Gebirgsklassifizierung nach Erfordernissen für Ausbruch und Sicherung (Spaun)

Gebirgsklasse	I standfest	II nachbrüchig	III stark nachbrüchig	IV gebräch	V stark gebräch	VI leicht druckhaft	VII stark druckhaft
	I	I	I	I, II	I, II	I, II	I, II, III, IV, V
Ausbruch	← Vollausbruch →			← Kalotte u. Strosse →			
						u.U. Teilausbrüche	od. Teilausbrüche
Angriffstiefe	← unbegrenzt →		← begrenzt →				
Aufgabe der Sicherung		Verhinderung des Nachfalls einzeln. Steine	Verhinderung des Nachfalls von Gesteinsmassen	← Minimierung der Gebirgsentfestigung →			
				Bildung eines Sohloffenen Tragringes		Bildung eines geschlossenen Stützringes	
Zeitpunkt des Einbaues der Sicherung		1-3 Durchmesser hinter der Ortsbrust	← Nach jedem Abschlag bzw. Teilausbruch →				
					← Ortsbrustsicherung →		
						← u.U. vorauseilende Sicherung im Firstbereich →	
						Sohlschluß verzögert	Sohlschluß rasch
Sicherungsmittel: Anker		vereinzelt	—	—	—	—	—
Spritzbeton			- - - -	—	—	—	—
Bewehrung			- - - -	—	—	—	—
Stahlbögen					- - - -	—	—
Spieße						- - - -	- - - -
Dielen							- - - -
Sohlgewölbe						- - - -	—

tig der planende Ingenieur und Ingenieurgeologe über die gesamte Lebensdauer gemeinsam die Verantwortung tragen, wozu eine ständige Überwachung während und nach der Bauzeit gehört.

NÖT ausserhalb Europas

Prof. Dipl.-Ing. Dr. *J. Golser,* Salzburg, und Dr.-Ing. *G. Sauer,* Puch/Hallein, leiteten die Arbeitsgruppe «Erfahrungen mit der NÖT in aussereuropäischen Ländern». Die NÖT ist in Österreich, Skandinavien und der Schweiz verbreitet und wird vor allem in der Bundesrepublik Deutschland beim Bau von Eisenbahntunneln für die Neubaustrecken sowie für S- und U-Bahnen angewendet und weiterentwickelt [1] (NÖT im Lockergestein [2, 3] und bei Druckluftbetrieb [4], automatische Spritzarme [5], Nassspritzverfahren [6] usw.) In anderen Ländern stösst ihre Anwendung teilweise auf Schwierigkeiten, auf die in sechs Beiträgen eingegangen wurde.

A. M. Wood, London, tat einen «kritischen Blick - NÖT oder nicht NÖT» und zeigte Grenzen und Überlappungen der gebräuchlichen Tunnelbautechniken hinsichtlich geotechnischer Eigenschaften, Grundwasserverhältnisse, bestehende Traditionen und Vertragsregelungen auf. Er hält die NÖT für keine Bauweise, sondern für eine Philosophie. - Die Erfahrungen in Japan (400 km Tunnel und Stollen), Korea, Taiwan, Singapur, Brasilien und den USA zeigten nach Dipl.-Ing. *K. Mussger,* Dipl.-Ing. *R. Jahn* und Dipl.-Ing. Dr. *W. Schubert,* Salzburg, ein anderes Verständnis für die NÖT in verschiedenen Ländern, das im Know-how-Transfer, der Mentalität der Völker und ihrer wirtschaftlichen, kulturellen und technischen Entwicklung begründet ist.

F.T. Gay, Washington, berichtete über «Erste Erfahrungen mit der NÖT in den Vereinigten Staaten» [7], und zwar beim Tunnelbau für die Hafenbahn und S-Bahn. Anfänglich traten Schwierigkeiten beim Herstellen der Gitterträger [8] und bei der Messtechnik auf, ebenso bei den Verträgen, Versicherungen usw.

Dipl.-Ing. *K. Angerer,* Wien, sprach über «Erfahrungen mit der NÖT bei einem Kraftwerksbau in Venezuela» und Dr. *A. Marulanda,* über «Erfahrungen mit NÖT-Konzepten in Kolumbien» (Projekte Colegio, Chingaza, Salvajina und Cuavio).

Prof. Dr. *G. Spaun,* München, schilderte «Verkehrsprobleme bei der Anwendung der NÖT in Übersee» und machte Vorschläge zur Risikominderung. Die technischen und wirtschaftlichen Vorteile der NÖT können nur dann zum Tragen kommen, wenn Planung und Ausschreibung auf die besonderen Erfordernisse dieser Bauweise abgestimmt werden und wenn vor allem eine jeweils projektbezogene Klassifizierung für Ausbruch und Sicherung (Bild 1) gewählt wird, die die Wechselwirkung von Gebirge, Querschnittsform, Ausbruch- und Sicherungsmethode berücksichtigt. Den Unterschied zwischen erwarteten und tatsächlich angetroffenen Gebirgsverhältnissen zeigt Bild 2; derartige Abweichungen erhöhen das Risiko und die Kosten. Bei vertrauensvoller Zusammenarbeit zwischen Planer und Ausführenden,

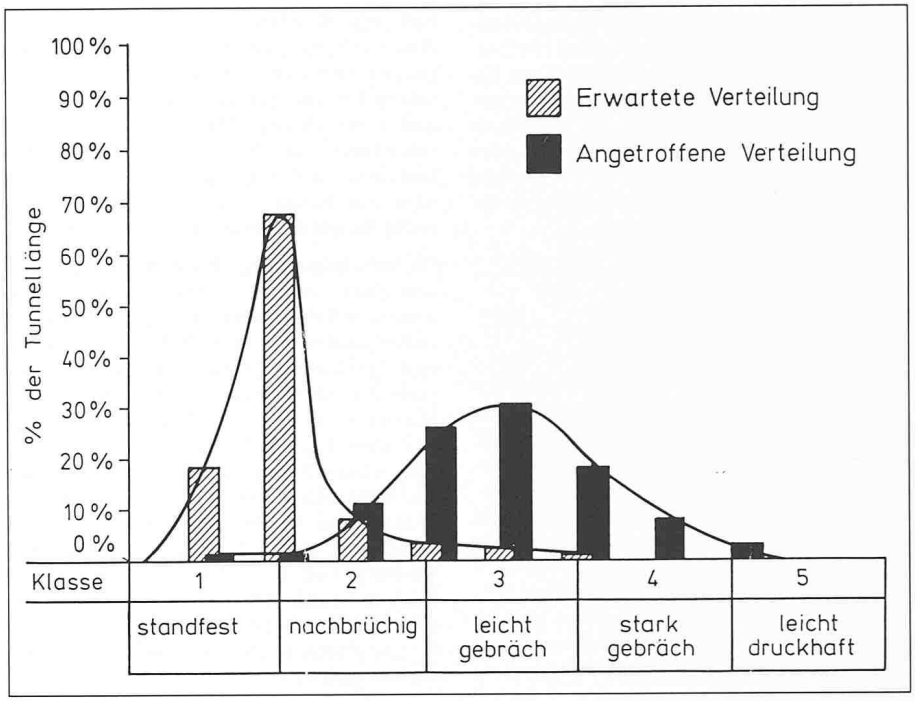

Bild 2. Vergleich zwischen erwarteter und angetroffener Gebirgsklassenverteilung in einem 13 km langen Eisenbahntunnel (Spaun)

Bauherren und Baufirma sowie Bauingenieur und Baugeologen lassen sich diese Risiken wesentlich verringern.

Bergbau

Die Arbeitsgruppe «Gebirgsbewegungen und -verformungen im Bergbau» leiteten Dipl.-Ing. *H.J. Weber,* Salzburg, und Prof. *P. Egger,* Lausanne. Für den Bauingenieur, den Ingenieurgeologen oder den Geowissenschaftler sind die Gebirgsbewegungen und -verformungen im Bergbau als 1:1-Versuche deshalb interessant, weil er dort sehen kann, was er im eigenen Aufgabenbereich verhindern sollte. Die Beiträge bezogen sich auf den Kleinbergbau und auf den Grossbergbau sowie auf die Abbaumethoden Bruchbau, Abbau mit losem und zementverfestigtem Versatz und Abbau mit stützenden Pfeilern und deckenartigen Schweben. Die dargestellte Tätigkeit der Rohstoffgewinnung ist einerseits verknüpft mit Tagbrüchen und Gebirgsbewegungen innerhalb des Grubengebäudes, verbunden mit klastischem Bruchfliessen, wobei das Gebirge in den Firsten nur mehr Restfestigkeiten aufweist, und anderseits verknüpft mit festigkeitserhaltenden plastisch-viskosen Gebirgsverformungen, kleinräumig um Stollen sowie grossräumig im Bereich von Abbaufeldern (Laugwerkern).

Dipl.-Ing. *H. Schmidt,* Lassing, zeigte in seinem Beitrag über «Tagbrüche beim Talkbergbau Lassing», wie sich aus wirtschaftlicher Zwangslage begangene bergbautechnische Sünden (1900/80 Bruchbau), die das Gebirge ertragen und mehr oder weniger verheimlicht hat, nach Jahrzehnten auswirken können. Durch Innovation, bergtechnische Anstrengungen, Massnahmen zum Schutz der Geländeoberfläche und des Grubengebäudes (Vollversatz der Abbaukammern 60/4/3 m in 170 m Teufe mit Magerbeton B 80) und einer neuen wirtschaftlichen Grundlage war es möglich, die drohende Einstellung des Talkbergbaus (20 000 t/g) zu verhindern.

Dipl.-Ing. *Ch. Rainer,* Bad Bleiber, erläuterte die «Langzeitüberwachung eines Grossraumabbaues im Bergbau Bleiberg/Kreuth». Mehrfaches grossflächiges Unterschneiden eines seitlich von grosstektonischen Bruchflächen abgeschnittenen Gebirgs- und Erzkörpers - beim Erzkörper im Abbaufeld «Kalkscholle» mit Abbauscheiben (0,17 Mio. t/J, ab 1980 120 m/d) - hatte schwer beherrschbare Gebirgsbewegungen ausgelöst, die heute mit zementgebundenem Vollversatz und Anwendung von Erkenntnissen des Salzburger Arbeitskreises für Geomechanik im alpinen Bergbau Bleiberg beherrscht werden; durch Messungen zu verschiedenen Zeiten lässt sich der Einfluss des Gebirgsgefüges auf die Bewegungsvorgänge darstellen.

Prof. Dr. *G. Feder,* Leoben, und Dipl.-Ing. Dr. *H. Hoscher,* Hallstatt, bestimmten die «Bruchsicherheit der Firste von Lösungskavernen des Sazbergbaus Hallstatt unter Berücksichtigung der Langzeitdeformation». Sie nutzten Untertag-Erfahrungen, makroskopische Beobachtungen, gebirgsmechani-

Tabelle 1. Geologische Einflusskriterien bei der Gründung von Talsperren (Weiss)

Topographie und Talgenese
Petrographie des Untergrundes
Verwitterungserscheinungen
Lagerung der Gesteine zum Sperrenkörper
Trennflächengefüge
Tektonische Zonen
Erdbebenzonen - Plattentektonik
Kriterium des Bergwassers
Verkarstung
Massenbewegungen im Sperrenbereich
Bemerkungen zur Einschätzung der Kennwerte von Gestein und Gebirge
Zum Verformungsverhalten des Gebirges

sche Untersuchungen, Material-Kennwertermittlungen und langzeitliche Überwachungsmessungen und entwickelten ein Bemessungsverfahren für Lösungskavernen (Laugwerker) im Haselgebirge (Einzelsonden mit 60 bis 65 m∅ und 110 m Höhe oder Reihensonden von 150/40 ∅/110 m Grösse) und von Gebirgsfesten bzw. Sicherheitsschweben.

Anker im Hohlraumbau

Diese Arbeitsgruppe leitete Prof. *P. Egger*, Lausanne. Ihre drei Beiträge brachten Grundsätzliches, denn es gibt noch kein allgemein geltendes Berechnungsverfahren für Ankerung für die NÖT oder zur Felssicherung. Prof. *R.E. Goodman*, Berkeley, erläuterte «die Anwendung der Block-Theorie auf den Entwurf von verankerten Tunnelauskleidungen»; dieses einfache Verfahren nutzt ein geometrisches, kinematisches Modell mit räumlicher Wirkung und berücksichtigt die Eigenschaften des Baugrundes, ist jedoch ausserhalb der USA bisher wenig bekannt.

Dipl.-Ing. *G.-M. Vavrovsky*, Salzburg, sprach über «die Bedeutung der Ankerung bei Tunnelvortrieben mit geringer Überdeckung und setzungsempfindlicher Überlagerung». Bei oberflächennahen Tunneln sollen Anker die Eigentragwirkung des Gebirges aktivieren, z. B. genügend lange Kämpferanker - bei geringer Überdeckung aber vorgespannt - oder SN-Anker mit Schnellzement vermörtelt. Eine Überschätzung der Ankerwirkung kann ähnlich teuer kommen wie der Verzicht auf dieselben.

Völlig anders stellt sich die Aufgabe bei der «Ankerung im Felsenkavernenbau», worüber Dipl.-Ing. *W. Kaltenegger*, Salzburg, und Dipl.-Geol. Dr. *G. Reix*, Rheinstetten, berichteten. Mit zunehmender Grösse der Kavernenhohlräume werden Anker nicht mehr allein zum Bewältigen akuter, lokaler Stabilitätsprobleme eingesetzt, sondern sind heute vor allem dort, wo auf einen Innenausbau mit Stahlbeton verzichtet wird, als Hauptsicherungselement anzusehen. Eingegangen wurde auf vorgespannte Dauer-Freispielanker und auf deren Korrosionsschutz und Überprüfung. Die Funktion der verschiedenen zum Einsatz kommenden Ankertypen im Gesamtsystem der Sicherung wird am Beispiel einer Grosskaverne im leicht nachbrüchigen Gebirge erläutert.

Danach folgten drei Podiumsdiskussionen, und zwar über «Kriterien für die Anwendung von Ankern im Untertagebau» (Tab. 2) unter Leitung von Prof. *P. Egger*, Lausanne, und Dr.-Ing. *B. Fröhlich*, Karlsruhe, über «schlaffe oder vorgespannte Anker» unter Vorsitz von Prof. Dr. *J. Golser*, Salzburg, und Dipl.-Ing. *H. Pöchhacker*, Wien, sowie über «Dauerhaftigkeit, Einbaubedingungen und Kontrolle» (Tab. 3)), verbunden mit der Frage «Sind Anker eine (Dauer)Lösung?», unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. *F. Pacher*, Salzburg, und Prof. Dr. *G. Feder*, Leoben. Nach den zahlreichen offenen Fragen zu urteilen, haben sich auch die kommenden Geomechanik-Kolloquien noch mit Felsankern zu befassen. *G. Brux*

Tabelle 2. Kriterien für die Anwendung von Ankern im Untertagebau (Egger)

Entscheidungshilfen

1. Ist Sicherung überhaupt erforderlich?
2. Verwendung von Ankern allein oder in Verbindung mit anderen Sicherungsmitteln für die Sicherung oder den Ausbau.
3. Wahl der Ankerart
   schlaff, angespannt, vorgespannt
   Art des Verbundes
   (mechanisch, verklebt, verpresst, voll vermörtelt)
   Freispiel - blockiert
   Sonderbauart
4. Bemessung der Verankerung
   Länge, Dichte, Ausbauwiderstand, Richtung
5. Überwachung des verankerten Bauwerks

Kurzanker als Daueranker
Werkstoff und Konstruktion

Vorgespannte Tiefenanker
Werkstoff und Konstruktion
- Stahlzugglied
- Hüllrohr und seine Anschlüsse
- Hüllrohrinjektionsmassen in der
  - Freispielstrecke
  - Verankerungsstrecke
- Ankerkopf
- Gebirge und Anker

Prüfverfahren für Tiefenanker
- Vor und kurz nach dem Einbau
- Während der weiteren Lebensdauer

Reparatur und Ersatz schadhafter Anker
- Vorbeugende Planung
- Vorbeugende Baumassnahmen

Vorliegende Langzeiterfahrung

Tabelle 3. Dauerhaftigkeit von Ankern (Feder/Pacher)

Literatur

[1] *Schreyer, J.*: Stand der Spritzbetontechnik. 3. Tunnelbau-Fachtagung, 1986, Tiefbau-Berufsgenossenschaft

[2] *Laabmayr, F., Swoboda G.*: Grundlagen und Entwicklung bei Entwurf und Berechnung seichtliegender Tunnel. Felsbau 4 (1986) Nr. 3, S. 138-143

[3] *Distlmeier, H.*: Kriterien für die Anwendung von Spritzbetonbauweisen im Lockergestein. 3. Tunnelbau-Fachtagung, 1986, Tiefbau-Berufsgenossenschaft

[4] Die sichere Anwendung der Spritzbetonbauweise unter Druckluft. Tiefbau-Berufsgenossenschaft 1986, Nr. 793.1

[5] Unterirdischer Hohlraumbau. Tiefbau-Berufsgenossenschaft, 1983/799

[6] *Brux, G.; Linder, R.; Ruffert, G.*: Spritzbeton Spritzmörtel, Spritzputz; Herstellung, Prüfung, Ausführung. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln-Braunsfeld

[7] *Treichl, H.*: U-Bahnbau in den USA mit der NÖT. Zement + Beton 39 (1986) Nr. 3, S. 163-165

[8] Gitterträger als Stützsystem im Tunnelbau. Unterirdischer Hohlraumbau. Tiefbau-Berufsgenossenschaft 3 (1983) Nr. 799, S. 105-111

Umschau

Digitale Musik von der Tonbandkassette

(dpa) Musikfreunde können bald Tonbandkassetten mit der hohen Qualität hören, die die digitale Aufnahme und Wiedergabe bietet. Japanische Unternehmen haben nach einem Bericht der Wissenschaftszeitschrift «New Scientist» (v. 24. April) Tonbandkassetten und Rekorder entwickelt, mit denen Töne nicht als stetige elektrische Signale (analog), sondern digital gespeichert werden. Die Firma Sony hat bereits Prototypen der Geräte vorgestellt.

Die digitale Tonbandkassette ist etwas kleiner als die herkömmliche. Sie bietet mehrere Stunden Musik, deren Klang dem der ebenfalls digital bespielten Compact Disc gleichkommt. Im Gegensatz zur Compact Disc kann der Benutzer eine digitale Musikkassette selbst bespielen. Während bisher die Teilchen der Bandbeschichtung beim Abspielen ein Hintergrundrauschen verursachen, bleibt die Klangqualität einer digitalen Aufnahme von den Partikeln unberührt. Systeme zur Rauschminderung wie Dolby oder dbx sind überlüssig.

Um möglichst viele Informationen auf einer kleinen Fläche des Kunststoffbandes zu speichern, brachten die Techniker immer kleinere Teilchen auf die Kunststoffbänder auf. Je kleiner die Partikel sind, die bei der Aufnahme magnetisiert werden, desto leichter beeinflussen sie sich aber gegenseitig. Herkömmliche Tonbandkassetten eignen sich deshalb nicht für die digitale Technik.

Die japanischen Unternehmen lösten das Problem, indem sie auf die Bänder Metall, z. B. Eisen oder eine Legierung aus Kobalt und Nickel, aufbrachten. Bisher sind die Musikkassetten mit Chromdioxid oder Eisenoxid beschichtet. Die magnetischen Eigenschaften sowie die geringere Grösse der Metallpartikel ermöglichen es, eine höhere Zahl von Signalen auf einer Fläche zu speichern.

Für die neuen Tonbänder haben die Unternehmen zwei Abspielsysteme entwickelt. Bei einem ist der Tonkopf starr, das Band bewegt sich schnell an ihm vorbei. Bei der zweiten Variante rotiert der Aufnahme- und Wiedergabekopf mit 2000 U/s, während das Band langsam an ihm vorübergleitet. Bei beiden Verfahren werden Daten mit einer Rate von etwa 2,4 Mbit pro Sekunde übertragen.