

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 109 (1991)  
**Heft:** 33-34

## Sonstiges

### 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:** 22.02.2026

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

# Aktuell

## Bei Aufforstung in Wasserschutzgebieten zu beachten!

(DVWK) Wiederaufforstung der «Brache», landwirtschaftlich ungenutzter Flächen im Wasserschutzgebiet, ist in jüngster Zeit mehr und mehr auf Kritik gestossen. Längerfristig werden von Fachleuten eher nachteilige Folgen für die Grund- und damit auch Trinkwasserqualität erwartet.

Zum Abbau von Agrarüberschüssen sind eine Reihe von EG-Programmen angelaufen mit dem Ziel, bisher ackerbaulich genutzte Flächen aus der landwirtschaftlichen Produktion herauszunehmen. Eine solche Massnahme stellt auch die Aufforstung dar. Mit der Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung entfällt der Einsatz von Düngemitteln und Pflanzenbehandlungsmitteln. Damit sollte auch das Risiko der Grundwasserbelastung abnehmen.

Wasserversorgungsunternehmen erkennen darin eine Chance, solche Flächen in Wasserschutzgebieten zur Aufforstung aufzukaufen, um die Belastung des Grundwassers langfristig zu min-

dern. Grundsätzlich ist es sinnvoll, durch derartige Massnahmen Grundwasserschutz zu betreiben. Nach Auffassung der Fachleute im Deutschen Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK), der sich intensiv auch mit Fragen des Grundwasserschutzes befasst, können jedoch durch die Aufforstung für die Trinkwassergewinnung in den Schutzgebieten längerfristig nachteilige Folgen entstehen, die bei der Planung solcher Massnahmen bedacht und abgewogen werden sollten.

So haben Ackerböden in der regelmässig gepflügten Bodenschicht (0-30 cm) je nach Bodenart, Humusgehalt und Nutzungsintensität einen Stickstoffvorrat zwischen 5000 und 10 000 kg N/ha. Durch die jährliche Mineralisierung der organischen Substanz werden davon etwa 100-250 kg N/ha und Jahr freigesetzt, von denen zwar ein Teil wieder in organische Biomasse inkorporiert wird. Der grösste Teil wird aber langfristig zum Grundwasser verlagert,

wenn keine Pflanzen vorhanden sind, die diesen Stickstoff aufnehmen können. Da Bäume nur jährlich 10-15 kg N/ha aus dem Bodenvorrat aufnehmen, stellen sie keine geeignete Kultur dar, Stickstoffüberschüsse im Boden aus der Mineralisierung abzubauen. Daher sollten solche Böden durch eine extensive mehrjährige Grünlandnutzung, bei der durch das Abernten des stickstoffreichen Erntegutes ein ständiger Stickstoffexport stattfindet, zunächst in ihrem Stickstoffvorrat «abgemagert» werden, bevor sie überhaupt aufgeforstet werden.

Durch die «Auskämmwirkung» der Baumbestände, die Schadstoffe aus der Luft verstärkt ausfiltern, werden in der Folge der Aufforstung Säurebildner und längerfristig verstärkt Stickstoffe aus der Luft, die aus Abgasen des Kraftfahrzeugverkehrs und der Industrie sowie der Massentierhaltung stammen, dem Boden und auch dem Grundwasser zugeführt. Allein die Immission an Stickstoffverbindungen ist um ein Mehrfaches höher als die Stickstoffaufnahme der Bäume. Dieser Zusammenhang wird mit als Ursache erhöhter Nitrateinträge ins Grundwasser unter dem Wald angenommen.

Sorptionsschwache Böden, wie pleistozäne Sande, unterliegen nach der Aufforstung einer verstärkten Versauerung, der nur durch eine regelmässige Kalkung entgegengewirkt werden kann. Sinken die pH-Werte deutlich unter 5 ab, gehen Schwermetalle im Boden in Lösung und werden mit dem Sickerwasser in die Tiefe verlagert.

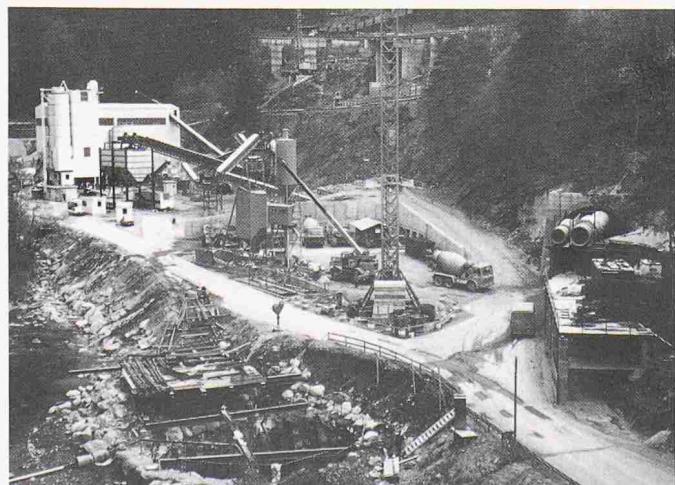
Ehemals intensiv genutzte Ackerstand-

## Auf Graubündens grösster Baustelle

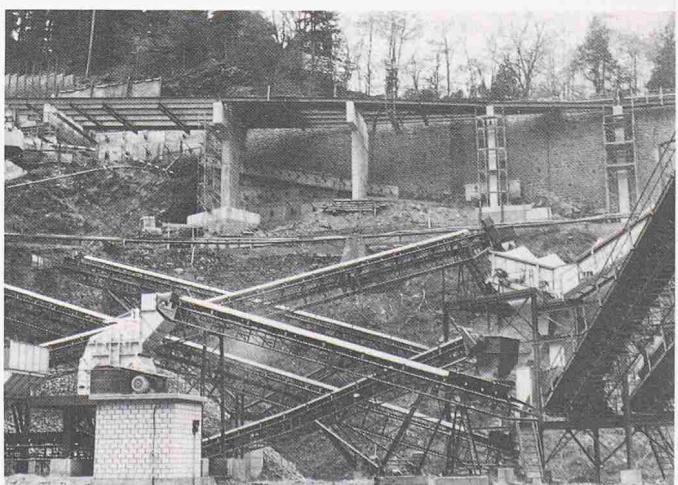
(Com) Für die Schliessung der letzten Lücke der N13 auf Bündner Boden wird gegenwärtig bei Thusis ein baulicher Grossaufwand betrieben. Die eigentliche Schlüsselstelle, der 2,2 km lange Crapteigtunnel zwischen Thusis und Rongellen, wird momentan von Norden her mit grosser Anstrengung durch Sprengen und Bohren vorangetrieben. Das Ausbruchmaterial wird dabei zum grossen Teil zu wiederverwertbaren Materialien aufbereitet.

Der dreispurige Tunnel (zwei Spuren bergwärts, eine talwärts) wird laut Vorschlag Kosten in der Höhe von 146 Mio. Fr. verursachen, welche sich in 126 Mio. für Bauarbeiten und 20 Mio. für elektrische Ausrüstung aufteilen.

Eine weitere Tunnelstrecke, welche den Crapteigtunnel mit dem Julier und dem Albula verbindet, soll von 1997 an gebaut werden.



Baustelleneinrichtung der N13 am Nordportal des Crapteigtunnels der N13



Detail der Aufbereitungsanlage des Aushubmaterials (Bilder: Comet)

## Ganz kurz

### Rund um den Verkehr

(wf) **Leistungssteigerung bei der SBB:** Im vergangenen Jahr beförderten die Bundesbahnen 264 Mio. Personen, 25,4% mehr als 1975. Die Verkehrsleistung erhöhte sich dabei um 38,5% auf 11,1 Mia. Personenkilometer. Auch der Güterverkehr verzeichnete eine ins Gewicht fallende Leistungssteigerung: 1990 wurden 51,8 Mio. t befördert, rund eineinhalb mal so viel wie 1975. Rückläufig war dagegen der Personalbestand der SBB. Er lag mit 37 700 Mitarbeitern rund 7,8% unter jenem von 1975.

(dbp) Als einzige Staatsbahn **weltweit** führen die SBB eine «**Kursbuch-Buchhandlung**». Hier decken sich Reisebüros und interessierte Benutzer mit den – ansonsten schwer erhältlichen – Kursbüchern aus ganz Europa und wichtigen Übersee-Ländern ein. Auch Eisenbahnkarten und Bahnreiseführer sowie Nachdrucke historischer Ausgaben sind erhältlich. (SBB-Verkaufsstelle für ausländische Kursbücher, Postfach 43, 9001 St. Gallen).

(SBB) Die **Panoramawagen der SBB**, deren Auslieferung im Herbst beginnt, werden ab Frühjahr 1992 in Kompositionen mit neuen Eurocitywagen eingesetzt auf den Strecken Chur–Amsterdam, Interlaken–Amsterdam, Zürich–Venedig, Genf–Mailand und Zürich–München.

(pd) Für den **19 km langen Vereintunnel** zwischen Klosters und Susch der Rhätischen Bahn begannen im April die Bohrarbeiten. Die Inbetriebnahme ist für das Jahr 2000 vorgesehen.

(SBB) Der ICE der zweiten Generation und ein Zweistrom-«EuroCity Express» werden bei der Deutschen Bundesbahn bereits projektiert. Der **künftige ICE mit 300 km/h** ist für die Strecke Köln–Frankfurt vorgesehen.

(pd) Der **französische TGV-Leitplan**, den die Regierung verabschiedet hat, umfasst 16 Projekte für Neubaustrecken (rund 4700 km). Zwei davon sind in Betrieb (rund 700 km), 560 km sind im Bau. Internationale Verbindungen werden nur nach Vereinbarungen mit den betreffenden Ländern realisiert, insbesondere mit der Schweiz.

orte sollten daher in Wassereinzugsgebieten zunächst nicht aufgeforstet werden, wenn ihr Stickstoffvorrat langfristig hohe Nitratausträge befürchten lässt. Eine extensive Grünlandnutzung solcher Flächen bietet sich besonders an, da bei Grünlandnutzung über die

Ernte ein ständiger Stickstoffexport erfolgt und somit der Nitrataustrag langfristig geringer ist als unter dem Wald. Eine Aufforstung zur Entlastung des Grundwassers mit Schadstoffen erscheint mithin nur dann sinnvoll, wenn alle Emissionen drastisch reduziert werden.

### Neue Bahnstrecken Richtung Osten

(dbp) Die politischen Umwälzungen der letzten beiden Jahre haben die Verkehrsströme erheblich verändert. Der internationale Eisenbahnverband UIC hat reagiert: Die notwendigen Infrastrukturverbesserungen nach Osteuropa wurden zusammengestellt.

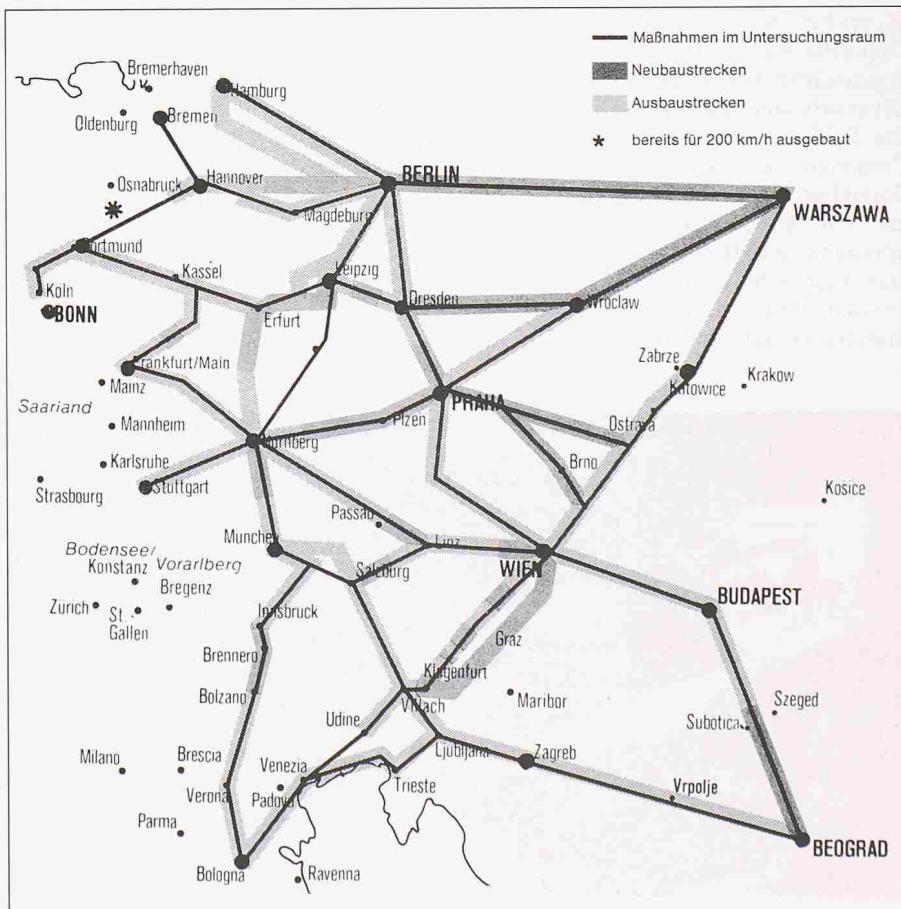
Nicht nur in der Bundesrepublik hat sich der Ost-West-Verkehr seit der Grenzöffnung sprunghaft erhöht, auch die Verkehrsströme in die Tschechoslowakei und nach Polen, Ungarn und Jugoslawien sind deutlich gestiegen.

Die Eisenbahnen haben auf die veränderte Situation reagiert. Lange unterbrochene Verbindungen wurden wiederhergestellt und beispielsweise der IC/EC-Verkehr nach Berlin, Dresden, Budapest und Zagreb ausgedehnt. Doch reicht das nicht aus, um auch langfristig den Ansprüchen des künftigen Verkehrsaufkommens in Europa gerecht zu werden.

Um einen ersten Überblick über die notwendigen Infrastrukturverbesserungen zu gewinnen, hat der UIC eine vorläufige Analyse über den neuen West-Ost-Verkehr durchgeführt und damit den Bericht zum Europäischen Infrastruktur-Leitplan (EIL) von 1989 ergänzt.

Bei einer Gesamtstreckenlänge des Untersuchungsraumes von rund 11 000 km ergab sich ein Bedarf von 3500 km Neubaustrecken, ausgelegt für Tempo 250 oder mehr, und 7000 km Ausbaustrecken. Die Ausbauprojekte erfordern in erster Linie Massnahmen zur Anhebung der Streckenhöchstgeschwindigkeit auf 160 bis 200 Stundenkilometer, die Sanierung der Bahnanlagen auf einen zeitgemäßen Standard und Elektrifizierungen.

Die Umsetzung dieser Vorhaben erfordert Investitionen in Höhe von insgesamt etwa 58 Mia. ECU.



Europäischer Infrastruktur-Leitplan/Infrastrukturausbau Ost-West

## Warum der Sturm die Bäume bricht

(KfK) Eine neue computergestützte Analyse der Gestalt von Bäumen und der für sie gültigen Wachstumsgesetze hat gezeigt, dass das zur Aufnahme der «normalen» Umweltbelastungen optimierte Anpassungswachstum auch verdeckte Schwachstellen erzeugen kann, die bei einem unerwarteten Belastungswechsel zum Bruch führen. Dieser sogenannte «Unglücksbalken» besteht aus einem gekrümmten Bündel von Holzfasern, das bei einer lastbedingten Begradigung durch die dann entstehenden Zugspannungen quer zur Faserrichtung aufspaltet. Das führt zur Schwächung der Festigkeit und zum Bruch. Der Mechanismus ist auch Grund für die häufigen, aber bisher unerklärlichen Sturmbrüche weit oberhalb des Wurzelbereichs. Die Schädigung beginnt hier durch Begradigung des «Unglücksbalkens», den die Wurzel mit dem Stamm bildet und dessen stammaufwärts fortgesetzte Längsspalzung zum Bruch des derart geschwächten Stamms führt.

Biomechanische Untersuchungen über das Wachstum der Bäume haben gezeigt, dass das wesentliche Ziel die Schaffung einer Baumgestalt mit einem möglichst homogenisierten Spannungszustand auf der Stammoberfläche ist. Vereinfacht ausgedrückt: Dort wird eine möglichst gleichmässige Verteilung der wirkenden Kräfte angestrebt. Dies ist nämlich Voraussetzung für den von der Natur beim Baumwachstum praktizierten festigkeitsoptimierten Leichtbau.

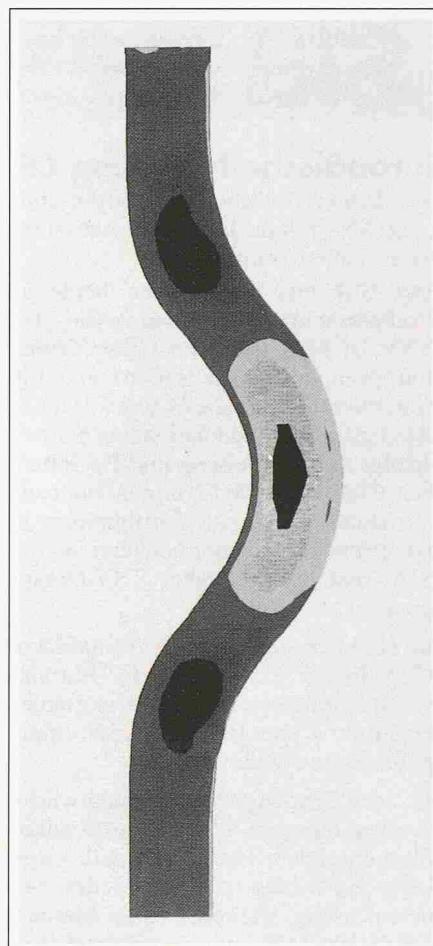
Bäume können sich im dichten Bestand wegen des Wettbewerbs um grösste Lichtaufnahme keine unnötigen Sicherheitsfaktoren in ihrem biologischen Tragwerk leisten. Ein solcher Sicherheitsfaktor, d.h. mehr Dickenwachstum als im Regelfall notwendig, würde wegen der natürlichen Begrenzung des jährlichen Zuwachses eine reduzierte Höhe und Kronenauslage und damit weniger Lichtausbeute im Vergleich mit schlankeren Bewerbern ergeben. Bei diesem Wachstumswettbewerb wird Material an denjenigen Stellen angelagert, bei denen hohe Belastungen auftreten. Dieses Anpassungswachstum begegnet wegen der begrenzten Reaktionszeit biologischer Systeme natürlich nur quasistatischen, d.h. den «normalen» Umweltbedingungen, wie zum Beispiel dem Kronengewicht, dem

Winddruck, aber auch Fremdkörperkontakte und Baumwunden.

Daneben richtet der Baum seine Äste auch nach optimaler Lichtausbeute aus. Im Zuge dieses Anpassungswachstums werden zwangsläufig gekrümmte Strukturen – «Unglücksbalken» – hergestellt, deren gewaltsame Begradigung durch seltener Spaltenbelastungen wie Sturm oder Schneelast zur Spaltung des Faserbündels führen kann. Besonders gefährlich ist für den Baum, dass er Spannungsüberhöhungen nur an seiner Oberfläche im Wachstumsring (Kambium) «bemerkt» und auch nur dort darauf reagieren kann. Inneren Spannungen kann der Anpassungswuchs daher nicht begegnen.

Die somit grundsätzlich nicht ganz vermeidbaren Axialspaltungen schwächen den gesamten betroffenen Ast- oder Stammbereich, da im Augenblick der Spaltung (Delamination) die Anpassungsoptimierung zusammenbricht und an der Oberfläche – besonders im Bereich der Spaltungsenden – Spannungsüberhöhungen entstehen. Die Experten aus dem KfK glauben, dass dieser Mechanismus die grossflächigen Sturmschäden an Fichtenbeständen, insbesondere auch das dabei häufig beobachtete Brechen der Bäume weit oberhalb des Wurzelbereichs erklärt.

Gestützt wird diese Erkenntnis durch eine Simulation dieser Verhältnisse im Computer. Dazu wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem die Formgebung hochbelasteter Bauteile im Hinblick auf ihre Festigkeit durch Anwendung der natürlichen Wachstumsgesetze optimiert werden kann. Diese CAO (Computer Aided Optimization) getaufte Methode zerlegt zunächst das Bauteil in eine Vielzahl separater zu berechnender Einzelstücke – sogenannte finite Elemente. Entsprechend der äusseren angelegten Belastung wird in diesem Gitternetz Material an denjenigen Stellen angelagert, an denen hohe Belastungen auftreten. Anschliessend wird die Verteilung der Spannungen im Material geprüft und gegebenenfalls durch weitere Materialanlagerung vergleichmässigt. Die Anwendung dieses Verfahrens beginnt sich gegenwärtig im Maschinenbau durchzusetzen. Sie hat aber auch, wie aus nachstehenden Abbildungen hervorgeht, gezeigt, dass die Vorstellungen zu dem wirtschaftlich wichtigen grossflächigen Versagen von Waldbeständen richtig sind.



Computeranalyse der Querzugsspannungen im gekrümmten «Unglücksbalken». Die Querspannung hat im Zentrum der Krümmung bei einer gewaltsamen Begradigung ein Maximum, das die Axialspaltung auslöst



Fichtenstammbruch weit oberhalb der Wurzel: Die durch Spaltung des «Unglücksbalkens» im Wurzelbereich stammaufwärts laufende Axialspaltung führt dort zu einer den Bruch auslösenden Spannungsüberhöhung