

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 80 (1988)  
**Heft:** 11-12

**Artikel:** Beurteilung und Verringerung der Staubentwicklung bei Spritzbetonarbeiten im Tunnel- und Stollenbau  
**Autor:** Brux, Gunther  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-940758>

#### **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:** 10.02.2026

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

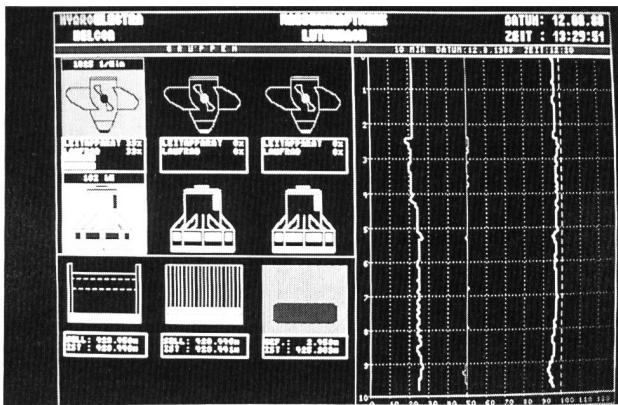


Bild 8. Hauptprozessbild des Helcon-Leitsystems. Alle übrigen Werte und Zustände können auf Knopfdruck angezeigt werden. Die Kurven rechts im Bild zeigen den Verlauf von Wasserstand, Leistung und Gefälle. Die Kurven können auch jederzeit für vergangene Stunden, Tage und Wochen (jeweils auf einer Seite) abgefragt werden. Dieselben Prozessdaten können auch via Fernbedienung überwacht werden.

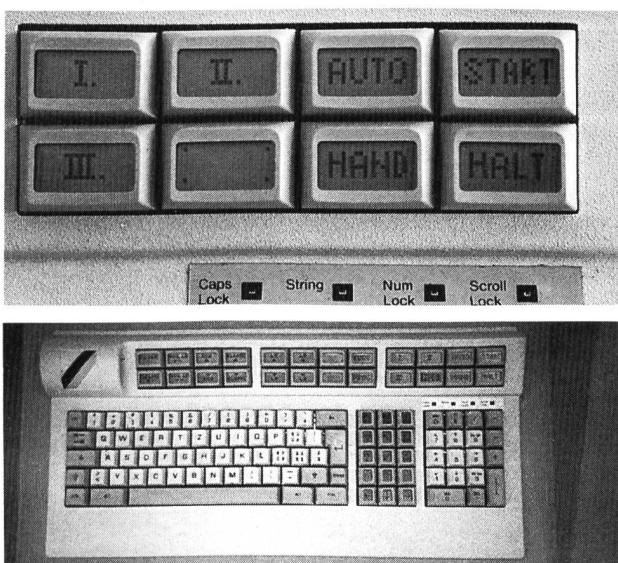
- Zentralspeicher, Festplatte, Disketteneinheit
- Farbbildschirm mit Farbgrafik-Karte
- Schnittstelle RS-232 für Kommunikation mit SPS
- Tastatur mit LED-Tasten und eigenem Prozessor
- Modemkarte für Telefon-Fernkommunikation
- unterbrechungsfreie Stromversorgung, Netzfilter
- Betriebssystem

Für die Alarmzentrale wird normalerweise dieselbe Hardware verwendet wie bei der Kommunikationszentrale, wobei der Schrank nicht notwendig ist. Damit ist auch gleichzeitig jederzeit ein Ersatz für die Kommunikationszentrale vorhanden. Der Computer kann auch für alle Büroarbeiten verwendet werden (Textverarbeitung, Buchhaltung, Fakturierung, Statistik usw.). Wenn die Alarmzentrale besetzt ist, wird von der Kommunikationszentrale automatisch die nächste in der Telefondatei vermerkte Nummer aufgerufen. Sofern dort kein Computer steht, erfolgt der Alarm akustisch über den Telefonhörer.

#### Einsatzbereich

Die Anzahl der zu verarbeitenden Messwerte und Zustände ist nicht limitiert. Die Computer können je nach Grösse und

Bild 9. Über die Tastatur kann in den Prozess eingegriffen werden. Die Tastatur zeigt auf den LED-Steuertasten je nach Prozess an, welche Funktionen ausgeführt werden können. Die Tasten zeigen durch Blinken an, wenn eine Funktion vom automatischen Prozess oder durch Handeingriff aktiviert wurde. Der übrige Tastaturreihe wird für Protokolleintragungen, Programmierung, Datenänderung usw. verwendet.



Anforderung der Applikation ausgebaut werden. Ziel der Entwicklung war, dass der Einsatz bereits für eine Anlagengrösse von 200 bis 300 kW realistisch sein sollte. Die Kosten liegen bei dieser Anlagengrösse etwa im Rahmen einer konventionellen Lösung, wobei der Benutzer dann zusätzlich von den vielen Vorteilen für einen optimalen Betrieb profitiert.

#### Systemvorteile

- Bedeutende Vorteile zeichnen diese Lösung aus:
- Durch die vollautomatische Steuerung aller Aggregate kann der 24-Stunden-Betrieb ohne Aufsicht funktionieren.
  - Nach einem Netzausfall startet die Anlage automatisch wieder.
  - Eine grosse Anzahl von Zusatzgeräten, die normalerweise verwendet werden, ist bei dieser Lösung überflüssig geworden.
  - Für die Entwicklung der Gesamtlösung waren einige Mannjahre Entwicklungs- und Programmieraufwand notwendig. Durch die Standardisierung der Lösung kann dieser Entwicklungsaufwand auf mehrere Installationen verteilt werden.
  - Der Installationsaufwand konnte gegenüber herkömmlichen Lösungen bedeutend reduziert werden.
  - Der Fernzugriff auf alle Daten ist gewährleistet.
  - Da nur allgemein verwendete, möglichst normgerechte und kompatible Produkte eingesetzt werden, ist keine spezielle Lieferantenabhängigkeit vorhanden.
  - Einfache und übersichtliche Bedienung.
  - Möglichkeit der Bildüberwachung für entfernte Wasserrassungen.
  - Mehrere Anlagen können gleichzeitig von derselben Alarmzentrale überwacht werden.

Adresse des Verfassers: *Leo von Rotz*, Hydroelectra AG, Karl-Völker-Strasse 2, CH-9435 Heerbrugg.

## Beurteilung und Verringerung der Staumbentwicklung bei Spritzbetonarbeiten im Tunnel- und Stollenbau

*Gunther Brux*

Die Spritzbetonverfahren bestimmen heute entscheidend das Auffahren unterirdischer Hohlräume im Tunnel- und Stollenbau. Steigende Anforderungen an die Arbeitssicherheit lassen arbeitshygienische und arbeitsmedizinische Fragen mehr und mehr in den Vordergrund treten. Die Staubemissionen werden dabei als ein vorrangiges Aufgabenfeld bei der Verringerung der Gesundheitsgefährdung angesehen. Dazu müssen die Ursachen der Staumbentstehung und Staumbentwicklung bekannt sein, also die Abhängigkeiten aus der Spritzbetonherstellung im Beschickungs-, Maschinen- und Spritzdüsenbereich, die man durch entsprechende Versuche in der Praxis und auf dem Spritzbeton-Versuchstand der Ruhr-Universität in Bochum überprüft hat (Feinstaubmessungen). Danach haben die Benetzung (Wasserzugabe) und der Strömungsförderdruck (Druckluftzugabe) massgebenden Einfluss auf die Staumbentstehung und Staumbentwicklung; sie tragen zu verfahrenstechnischen, maschinentechnischen, betontechnologischen und materialtechnologischen Kenngrössen bei. Die von *Handke* [1] durchgeführten Untersuchungen

zeigen, dass die Staubentwicklung sowohl beim Trockenspritzverfahren wie auch bei Nassspritzverfahren massgeblich durch das Zusammenwirken kapillarer Haftkräfte und strömungsmechanischer Gegenkräfte bestimmt wird. Nach Gegenüberstellung der drei Verfahrenstechniken entstehen beim Trockenspritzverfahren «trockene» und bei Nassspritzverfahren im Dünstrom wie auch im Dichtstrom «feuchte» Stäube in der Umgebungsluft. Während bei trockenen Stäuben ein lang anhaltender, räumlich stark ausgedehnter Schwebezustand erzeugt wird, stellen feuchte Stäube wegen ihres Absetzverhaltens nur eine kurzfristig auf den unmittelbaren Auftragsbereich bezogene Gesundheitsgefährdung dar. Das Ergebnis dieser Untersuchungen hat Handke in Empfehlungen zusammengefasst. Danach sollte man beim Trockenspritzbetonverfahren mit hoher Eigenfeuchte oder mit Vorbenetzungs-Spritzdüse arbeiten, was im Gegensatz zu früheren Untersuchungsergebnissen von Schreyer steht, und bei den Nassspritzbetonverfahren dagegen mit einem niedrigen Wasser/Zement-Wert. Will man die Gesundheitsgefährdung infolge Feinstaubentwicklung bei allen drei Spritzbetonverfahren entscheidend verringern, so ist als wirkungsvollste Massnahme die Luft-

geschwindigkeit zu verringern, die von der Luftmenge, dem Förderleitungs durchmesser und der Förderleitungslänge abhängt. Da die Luftmenge als massgeblichste Einflussgrösse auf die Luftgeschwindigkeit in den verfahrenstechnischen Anwendungsbereichen zudem nach Hahlhege [2] keinen Einfluss auf die erzielbare Spritzbetondruckfestigkeit besitzt, kann man durch die Minimierung der Luftmenge zu fuhr eine Optimierung der Bereiche Qualität, Humanisierung und Wirtschaftlichkeit (Energieeinsatz, Rückprallverhalten) erreichen.

#### Literatur

- [1] Handke, Dieter: Kriterien zur Beurteilung und Verminderung der Staubentwicklung bei Spritzbetonarbeiten im Tunnelbau. Techn.-Wiss. Mitteilung Nr. 87-3, 230 Seiten A4 mit 66 Bildern, 7 Tabellen und 121 Quellen; geheftet DM 30.50. Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, Ruhr-Universität Bochum, Postfach 102143, D-4630 Bochum, 1987.
- [2] Hahlhege, Reinhold: Zur Sicherstellung der Qualität von Spritzbeton im Trockenspritzverfahren. Techn.-Wiss. Mitteilung Nr. 86-9, 140 Seiten A4 mit 53 Bildern, 33 Tabellen und 27 Quellen; Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, Ruhr-Universität Bochum, Postfach 102143, D-4630 Bochum, 1986.

Adresse des Verfassers: Gunther Brux, Schreyerstrasse 13, D-6000 Frankfurt 70.

#### Bibliographie zum Thema

## Dotation/Mindestabfluss/ Restwasserführung in wasser kraftbedingten Ausleitungsstrecken

Ausgewählt und bearbeitet von Reinhard F. Schmidtke und Andreas Ottl

Die nachfolgende Bibliographie wurde aus Anlass des Internationalen Symposiums «Wasserwirtschaft und Naturhaushalt – Ausleitungsstrecken bei Wasserkraftanlagen» zusammengestellt, das am 19. und 20. Januar 1989 im Europäischen Patentamt in München stattfindet. Über die Literaturhinweise in den 24 Fachbeiträgen der Tagungspublikation hinaus sollen mit dieser Veröffentlichung ein erweiterter Überblick über Arbeiten zur Restwasserproblematik und gegebenenfalls Arbeitshilfen für eine vertiefte Beschäftigung mit bestimmten Fragestellungen gegeben werden. Vorrangig wurden in die Auswahlbibliographie Publikationen aufgenommen, die sich den Gesamtzusammenhängen widmen.

Aschwanden, H., Schädler, B.: Die Abflussmenge  $Q_{347}$  als Grundlage zur Bestimmung der Restwassermenge. Möglichkeiten der Berechnung in Gebieten ohne Messungen. «Gas – Wasser – Abwasser», 68 (1988), H. 9

Bachfischer, R.: Zum Problem der Bestimmung ökologischer Belastung. «Raumforschung und Raumordnung», 37 (1979), H. 1, S. 49–53

Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft: Nutzen-Kosten-Untersuchung zur Teilrückleitung der oberen Isar. München, Dezember 1983

Becker, M.: Anforderungen an die Mindestwasserführung. «Wasserbau-Mitteilungen der Technischen Hochschule Darmstadt», Nr. 26, S. 109–120, Darmstadt, Februar 1987

Blaschke, H., Miksch, R., Pammer, F.: Zum Restwasserproblem bei Kleinkraftwerken. «Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich», Heft 49, S. 3–24, Wien 1981

Braukmann, U.: Biologischer Beitrag zu einer allgemeinen regionalen Bachtypologie. Inaugural-Dissertation, Naturwissenschaftliche Fakultät der Justus-Liebig-Universität Giessen, 1984

Broggi, M. F., Reith, W. J.: Beurteilung der Restwasserfrage nach ökologischen und landschaftsästhetischen Gesichtspunkten. Broggi und Wolfinger AG, Zürich 1983

Broggi, M. F.: Wasserkraftnutzung – Unterschätzte Auswirkungen auf die Landschaft? Institut für Raumplanung und Agrarische Operationen an der Universität für Bodenkultur Wien, Reihe «extracts», Nr. 6, S. 14–21, Wien 1983

Broggi, M. F., Reith, W. J.: Beurteilung von Wasserkraftprojekten aus der Sicht des Natur- und Heimatschutzes. Eidgenössisches Departement des Innern, Bundesamt für Forstwesen (Hrsg.), Bern 1984

Buck, H.: Ausbau- und Unterhaltungsmassnahmen an Kleingewässern in ihrem Einfluss auf die Käferfauna. Daten und Dokumente zum Umweltschutz, Sonderreihe Umwelttagung, Heft 35, Dokumentationsstelle der Universität Hohenheim, Institut für Landeskultur und Pflanzenökologie, Hohenheim 1983

Chiang, S. L., u.a.: Low-flow criteria for diversions and impoundments. «Journal of Water Resources Planning and Management Divison, ASCE», 102 (1976), Nr. WR2, S. 227–238

Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (Hrsg.): Merkblatt zur Beurteilung der Niedrigwasser aufhöhung aus der Sicht der Wassergüte wirtschaft. DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft, Heft 109, Kommissionsvertrieb Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin 1979

Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (Hrsg.): Beitrag zur statistischen Analyse von Niedrigwasserabflüssen. Schriftenreihe des DVWK, Heft 46, Teil I, Kommissionsvertrieb Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin 1980