Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 60-61 (1992-1993)
Heft: 5

Artikel: Betonbearbeitung mit Druckwasserstrahlen
Autor: Hermann, Kurt
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-153768

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: 07.01.2026

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

CEMENTBULLETIN

MAI 1992 JAHRGANG 60 NUMMER 5

Betonbearbeitung mit Druckwasserstrahlen

Reinigen, Dekontaminieren, Aufrauhen, Abtragen, Bohren und Schneiden von Betonteilen mit Druckwasserstrahlen.

Druckwasserstrahlsysteme werden seit mehr als 50 Jahren in der Industrie und im Bergbau eingesetzt, beispielsweise zur Tankreinigung, zum Entrosten grosser Stahlteile vor dem Anstreichen oder zum Schneiden von Kunststoffen, Glas und Keramik. Im Baubereich haben sie dagegen in der Schweiz erst um 1985 Einzug gehalten, nachdem baustellenkonforme Apparate und Geräte entwickelt worden waren. Diese bewähren sich vor allem bei Instandsetzungsarbeiten an Beton- und Stahlbetonoberflächen.

Ein vielseitiges Hilfsmittel

Für die Qualität von Sanierungsarbeiten an Betonbauteilen ist die gezielte Vorbereitung des Untergrundes entscheidend. Dafür stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, die alle mit Vor- und Nachteilen behaftet sind [1]. Eine unvollständige Liste umfasst

- Druckluftstrahlen (Sandstrahlen)
- Hoch- und Höchstdruckwasserstrahlen
- Dampfstrahlen
- Schleuderstrahlen (Kugelstrahlen)
- Flammstrahlen
- Fräsen
- Schleifen
- Stocken

Es würde zu weit führen, wollte man alle diese Verfahren detailliert behandeln. Im folgenden wird deshalb nur über das Druckwasser-

strahlen berichtet. Dabei sollte nicht vergessen werden, dass es – mindestens teilweise – auch Alternativen zu den beschriebenen Methoden gibt. Unbestritten ist jedoch, dass kaum ein Verfahren eine derart grosse Anwendungsbreite aufweist wie das Druckwasserstrahlen, lassen sich doch damit – je nach Auslegung der Anlage – Betonteile

- reinigen,
- dekontaminieren,
- aufrauhen,
- abtragen,
- bohren,
- schneiden.

Die Einteilung des Druckwasserstrahlens in verschiedene Bereiche geschieht gegenwärtig noch recht uneinheitlich. *Momber* hat sich in den letzten Jahren intensiv mit seinen Anwendungen auf dem Bau befasst [2–5]. Er bevorzugt folgende Unterteilung [2]:

- Niederdruck: $<$ 50 bar
- Mitteldruck: 50 bis 200 bar
- Hochdruck: 200 bis 1000 bar
- Höchstdruck: $>$ 1000 bar

Die Eidgenössische Koordinationskommission für Arbeitssicherheit (Ekas), die 1991 Richtlinien für den Bau und den Betrieb von Druckwasserstrahlgeräten herausgegeben hat [6,7], definiert dagegen Höchstdruckwasserstrahlgeräte (HWG) als «stationäre und mobile Geräte, deren vom Druckerzeuger erreichter Betriebsdruck 400 bar und mehr beträgt oder deren Druckförderprodukt (Produkt aus zulässigem Betriebsdruck in bar und Volumenstrom in l/min) die Zahl 20 000 erreicht oder übersteigt». Wir werden uns im folgenden an die Definition von *Momber* halten.

Hoch- und Höchstdruckwasserstrahlanlagen

Hoch- und Höchstdruckwasserstrahlgeräte bestehen im wesentlichen aus einem Antriebsmotor, einem Druckerzeuger, Rohr- und Schlauchleitungen, Spritz- und Sicherheits- sowie Bedienungseinrichtungen. Je nach Ausführung wird zwischen manuellen und maschinellen Geräten unterschieden.

Manuelle Hoch- und Höchstdruckwasserstrahlanlagen arbeiten mit Betriebsdrücken zwischen 800 und 3800 bar; typisch sind 2000 bis 2500 bar. Ihr Vorteil gegenüber maschinellen Anlagen liegt in der grösseren Flexibilität. Dieser Vorteil geht allerdings auf Kosten der Leistung: Der vom Geräteführer aufzunehmende Rückstoss darf 250 N («25 kg») nicht übersteigen [7]. Dies bedeutet beispielsweise, dass der Volumenstrom pro Lanze bei 3800 bar maximalem Betriebsdruck nicht mehr als 7,5 l/min erreichen darf; bei 1400 bar

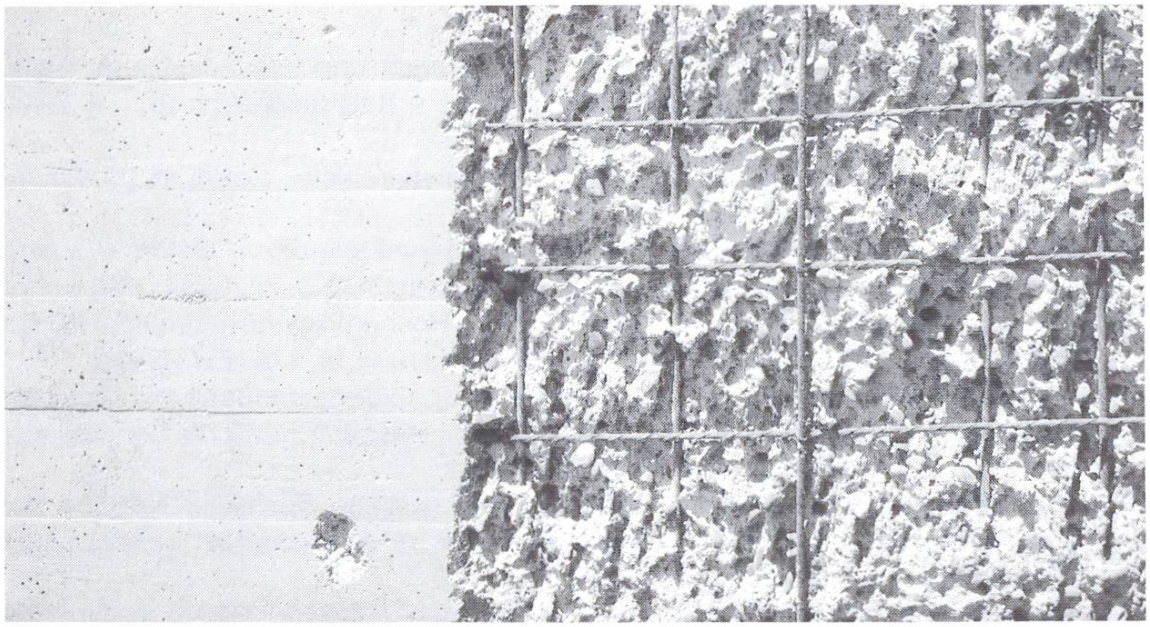

Abb. 1 Im Rahmen von Sanierungsarbeiten infolge ungenügender Überdeckung der Bewehrung an einem Stahlbetonbau mussten etwa 15 mm Beton durch Höchstdruckwasserstrahlen abgetragen werden.

sind es 24 l/min. Um auch mit höheren Leistungen arbeiten zu können, wird auf unterstützte Handführung (Führungs- oder Fixiereinrichtungen) zurückgegriffen.
Maschinelle Hoch- und Höchstdruckwasserstrahlanlagen werden meistens durch Roboter gesteuert. Die Betriebsdrücke liegen häufig um 1000 bar, was Volumenströme von 80 bis 140 l/min erfordert. Gearbeitet wird mit etwa 2 m breiten Lafetten, die erweiterbar sind. Zusatzeinrichtungen erlauben es, auch vertikale und geneigte Flächen sowie Flächen über Kopf zu bearbeiten.

Die Entscheidung, ob der Einsatz maschineller Druckwasserstrahlgeräte – hauptsächlich auf Brücken, Fahrbahnen, Flugpisten sowie auf Parkplätzen und in Tunnels – sinnvoll ist, hängt stark von der zu lösenden Aufgabe ab. Bei einer Abtragtiefe von rund 2 cm lohnt er sich bereits ab etwa 20 m^2.

Die Form der *Strahlwerkzeuge* richtet sich nach ihrer Anwendung. Handlanzen und Handpistolen eignen sich für das Arbeiten an schwer zugänglichen Stellen, während bei grossen Oberflächen mechanisch bewegte oder auf rotierenden Scheiben montierte Düsen eingesetzt werden.
Düsen bestehen aus verschleissfesten Materialien wie gehärtetem Stahl oder Saphir. Verschiedene Aufgaben erfordern verschiedene Ausführungen. *Bauda* [8] unterscheidet beispielsweise zwischen Reinigungsdüsen (Flachstrahldüsen, rotierende Düsen), langkanaligen Schneiddüsen, Abtragdüsen, Injektordüsen (zum Arbeiten mit abrasiven Zusätzen) und Bohrdüsen.

4 Anwendungen des Druckwasserstrahlens

Eine der wichtigsten Eigenschaften des Hoch- und Höchstdruckwasserstrahlens ist der vibrationslose, praktisch riss- und staubfreie Abtrag ohne Störung des darunterliegenden Betongefüges. Dadurch wird der verbleibende Beton für das spätere Anbetonieren, Reprofilieren und Spachteln optimal vorbereitet; seine Haftzugswerte sind hoch [9].

Beim *Abtragen* sind der Strahldruck und der Volumenstrom, die Grösse und Form der Düse, die Anzahl der Übergänge sowie der Winkel, der Abstand und der Vorschub der Düse mitentscheidend für die Leistung. Die Abtragstiefe kann 20 bis 30 cm pro Arbeitsgang erreichen. Gegebenenfalls vorhandene Bewehrungsstähle werden nicht beschädigt oder vom verbleibenden Beton losgelöst, sondern gleichzeitig rundum entrostet (bis Reinheitsgrad Sa 1½ [9]).

Durch Abrasivstoffen wie Granatsand, die dem Wasserstrahl nach dem Verlassen der Düse durch Ejektoren beigefügt werden, lässt sich die Leistung optimieren. Dies bewährt sich vor allem beim *Schneiden* von Beton und Stahlbeton, einer weiteren Anwendung des Höchstdruckwasserstrahlens: Tiefen bis 1000 mm sind erreichbar; Bewehrungsstähle werden durchgetrennt.

Ein letztes bedeutendes Einsatzgebiet des Druckwasserstrahlens ist das *Reinigen* von Oberflächen und das Entfernen von Beschichtungen. Zu diesem Zweck sind spezielle Flachdüsen und Antriebssysteme mit rotierenden Düsen auf dem Markt. Beim Druckwasserstrahlen werden fremde Materialien wie Schmutz entweder zerstört, oder die Haftung zwischen Fremdmaterial und Betonuntergrund wird aufgehoben. Als vorteilhaft hat sich beim Abtragen bestimmter

Abb. 2 Reinigung einer Brückenunterseite mittels einer Handlanze (1000 bar). Man beachte die umfangreichen Massnahmen zum Schutz des Arbeiters.

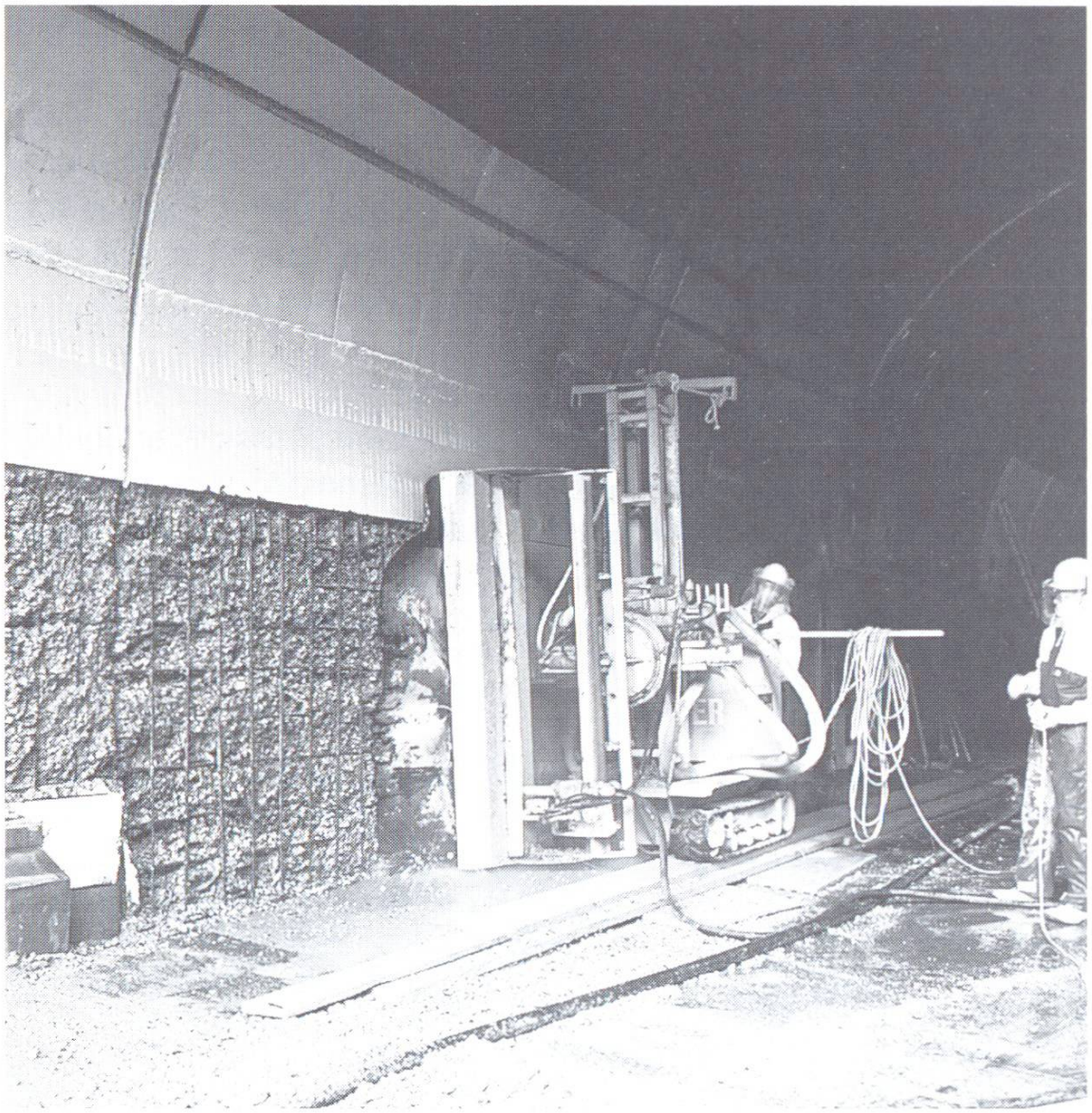

Abb. 3 Betonabtrag in einem Strassentunnel der N 2. Der Höchstdruckwasserstrahl (1150 bar) wird durch einen Roboter oszillierend geführt.

Beschichtungen (beispielsweise Farbanstriche) der Zusatz von Abrasivstoffen erwiesen.

Die Qualität des Betons hat einen grossen Einfluss auf das Resultat des Hochdruckwasserstrahlens [10]. (Selbstverständlich nimmt beispielsweise die Zugfestigkeit des Altbetons durch die Bearbeitung nicht zu.) Der Angriff des Wasserstrahls erfolgt an Schwachstellen wie Kiesnestern, Rissen, Gefügelockerungen und Schlämmen. Die dabei ablaufenden Vorgänge sind noch unvollständig geklärt.

Der «selektive Abtrag» mittels maschinell geführter Düsen bewirkt, dass Partien mit Schwachstellen tiefer abgetragen werden als solche mit intakter Struktur. Dies führt oft zu Diskussionen über die erreichbare Ebenheit bzw. Rauhigkeit. Der Toleranzbereich kann bei einem guten Beton – als Faustregel – dem Grösstkorndurchmesser gleichgesetzt werden.

Niedrige Strahlenergien (Handlanzenbetrieb) erzeugen nach *Werner* [10] mit grosser Wahrscheinlichkeit keine neuen Risse im Traggrund. Entgegen einer weitverbreiteten Meinung ist der oberflächennahe

Bereich des Betons bei nicht horizontalen Flächen auch nicht stark durchfeuchtet.

Beim Aufrauhen von Betonoberfläche dominiert nach *Momber* [4] die Erosion, das heisst, die Strahlflüssigkeit dringt in das Porensystem des Zementsteins ein und drängt porenbegrenzende Partikel aus dem Verbund; der Arbeitsdruck ist deshalb so einzustellen, dass das Herausspülen der Zuschläge vermieden werden kann.

Arbeitssicherheit und Umgebungsschutz

Das Arbeiten mit Hoch- und Höchstdruckwasserstrahlgeräten ist nicht ohne Gefahren. Die Ekas [7] schreibt deshalb in ihren detaillierten Richtlinien vor, dass nur speziell ausgebildetes Personal eingesetzt werden darf. Verlangt werden auch nicht weiter definierte «geeignete persönliche Schutzmittel». Zudem sind im Umkreis von

Abb. 4 Horizontaler Abtrag von Beton mit robotergesteuertem Höchstdruckwasserstrahlgerät (Druck 1000 bar, Volumenstrom 138 l/min). (Fotos: Locher & Cie AG, Zürich)

10 m des Wasserstrahls und des Druckerzeugers Gehörschutzmittel zu tragen.

Zahlreiche weitere Schutzmassnahmen beziehen sich auf die eingesetzten Geräte und Geräteteile. Darauf wird hier nicht eingegangen. Erwähnt sei dagegen, dass sich kein Baupersonal im Umkreis von 10 m des Lanzenführers und in unmittelbarer Nähe von Hochdruckleitungen aufhalten soll [11]. (Das Versagen einer Kupplung oder das Platzen eines Hochdruckschlauches birgt tödliche Gefahren in sich.) Von 60 auf 90 cm verbreiterte Gerüste erhöhen die Sicherheit ebenfalls und erleichtern das Arbeiten.

Bei der Baustellenvorbereitung ist zu berücksichtigen, dass Wasser durch Fugen und Ritzen ins Gebäude eindringen und elektrische Leitungen beschädigen kann. Angrenzende Bauteile, Pflanzen, Sträucher und Rasenflächen sind abzudecken [11]. Wenn in unmittelbarer Nähe von Fahr- und anderen offenen Leitungen gearbeitet wird, müssen ebenfalls Schutzmassnahmen getroffen werden, denn Wassernebel sind elektrisch leitend [9].

Beim Hochdruckwasserstrahlen fallen grosse Wassermengen an, die mit Fremdpartikeln und gegebenenfalls gelösten giftigen Stoffen kontaminiert sind. Im Normalfall wird das Wasser in Absetzbecken gesammelt. Die dort abgetrennten Betonpartikel werden deponiert, und das Wasser wird in die Kanalisation eingeleitet. Wenn das Wasser giftige Bestandteile wie Schwermetallionen enthält oder einen erhöhten pH-Wert aufweist, sind aufwendigere Reinigungsverfahren notwendig. Beispielsweise kann das Wasser direkt abgesaugt und anschliessend in transportierbaren Anlagen aufgearbeitet werden. Dies macht es auch möglich, das Wasser mehrfach zu nützen. Gelegentlich genügt es bereits, das Wasser durch ausgelegte Vliese zu filtrieren und dann ins Kanalisationssystem abzuleiten.

Kurt Hermann

8 Literatur

[1] *Schröder, M.*, «Untergrundvorbereitung für Schutz- und Instandsetzungsmassnahmen an Betonbauteilen», Bautenschutz + Bausanierung **10**, 162–170 (1987).

[2] *Momber, A.*, «Betonbearbeitung mit Druckwasserstrahlen», Beton **41** [1], 22–26 (1991).

[3] *Momber, A.*, und *Bendix, S.*, «Hochdruckwasserstrahlen von Beton – ausrüstungstechnische Aspekte», BMT Baumaschinen-Technik **5**, 227–232 (1991).

[4] *Momber, A.*, «Anwendungsgrundsätze beim Hochdruckwasserstrahlen in der Betoninstandsetzung», Bautenschutz + Bausanierung **14**, 130–133 (1991).

[5] *Moritz, J.*, und *Momber, A.*, «Ergebnisse einer Expertenumfrage zur Auswahl geeigneter Verfahren zum Abtrag von Beton», Wissenschaftliche Berichte der Technischen Hochschule Leipzig, **1990** [7], 2–12.

[6] «Bau von Höchstdruck-Wasserstrahl-Geräten (HWG)», Richtlinie Nr. 6504 der Eidgenössischen Koordinationskommission für Arbeitssicherheit (Ekas), Ausgabe 7. 91.

[7] «Betrieb von Höchstdruck-Wasserstrahl-Geräten (HWG)», Richtlinie Nr. 6505 der Eidgenössischen Koordinationskommission für Arbeitssicherheit (Ekas), Ausgabe 7. 91.

[8] *Bauda, A.*, «Entwicklungsstand und Tendenzen der Betonbearbeitung mittels Druckwasserstrahlen», Wissenschaftliche Berichte der Technischen Hochschule Leipzig, **1990** [7], 29–37.

[9] «Hydrodynamik am Bau – Betonabtrag mit Höchstdruck-Wasserstrahl», Merkblatt des Schweizerischen Fachverbands für Hydrodynamik am Bau (1988).

[10] *Werner, M.*, «Einflussparameter und Wirkungsmechanismen beim Abtrag von Mörtel und Beton mit dem Hochdruckwasserstrahl», Dissertation TH Aachen (1991).

[11] *Kaufmann, R.*, «Untergrundvorbehandlung», Referat anlässlich eines Ausbildungskurses der VKI-Fachgruppe Bautenschutz in Wildegg (1989).

Dem Schweizerischen Fachverband für Hydrodynamik am Bau (SFHB) gehören um die 20 Firmen an, die sich dem Arbeiten mit Hoch- und Höchstdruckwasserstrahlen verschrieben haben. Beim SFHB (Postfach 71, 5303 Würenlingen; Telefon 01 322 97 70) können technische Unterlagen, Ausschreibungsunterlagen, Musterdevis sowie der Videofilm «Wasser als Werkzeug» angefordert werden.

Korrektur zu CB 4/92
Die Legende zur Abbildung auf Seite 1 lautet richtig:
Mörtelprismen aus PCHS (*links*) und PC (*rechts*) nach längerer Lagerung in einer Lösung mit hohem Sulfatgehalt: Das Sulfattreiben ist nur beim Prisma aus PC zu beobachten.

TFB

Zu jeder weiteren Auskunft steht zur Verfügung die
TECHNISCHE FORSCHUNGS- UND BERATUNGSSTELLE DER SCHWEIZERISCHEN ZEMENTINDUSTRIE
Postfach — Telefon 064 57 72 72
Lindenstrasse 10 — 5103 Wildegg — Telefax 064 53 16 27