

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 92 (2001)

Heft: 23

Artikel: Personen- und Brandschutz bei Impedanzbehafteten Isolationsfehlern

Autor: Haag, Jean / Lehrer, Reiner / Stanzel, Erwin

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-855788>

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: 15.04.2026

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

Personen- und Brandschutz bei Impedanz-behafteten Isolationsfehlern

In der Regel wird beim Personen- und Brandschutz von elektrischen Betriebsmitteln davon ausgegangen, dass ein Isolationsfehler einen vernachlässigbaren Widerstand von nahezu 0Ω aufweist. Die Praxis hat allerdings gezeigt, dass auch bei $0\text{-}\Omega$ -Fehlern der Personenschutz nicht immer gewährleistet ist, weil der Auslösestrom der Überstromschutzeinrichtungen nicht erreicht wird.

Der Personen- und Brandschutz kann im einleitend erwähnten Fall nur durch den Einsatz von Fehlerstromschutzeinrichtungen (FI-Schutz) und Betriebsmitteln der Schutzklasse 1 erreicht werden.

In bestimmten Bereichen sind solche Schutzeinrichtungen bereits vorgeschrieben, um den Isolationsfehlerschutz (300 mA, Brandschutz) in Feuer gefähr-

Jean Haag, Reiner Lehrer, Erwin Stanzel

deten Bereichen oder den zusätzlichen Personenschutz (30 mA) zum Beispiel in Bädern zu gewährleisten. Das gilt insbesondere bei der Installation elektrischer Heizleitungen und Flächenheizelementen, denen sich der folgende Beitrag widmet.

Fehler in Heizgeräten, Flächen- und Begleitheizungen

Bild 1 zeigt den fehlerhaften Stromkreis eines defekten Heizgerätes der Schutzklasse 1. Durch den Restwiderstand R_R ist der Fehler Impedanz-behaftet. Eine Überhitzung des Heizwiderstandes mit Brandgefahr ist die Folge. Dank der Erdung des Gehäuses ist zwar der Schutz bei Berührung von unter Spannung stehenden Teilen erhalten. Das Überstromschutzorgan wird wegen des konstruktionsbedingten Restwiderstands jedoch nicht notwendigerweise auslösen.

Diese Betrachtung trifft auch auf Begleit- und Flächenheizungen mit in Reihe geschalteten Heizleitungen zu. Bei diesen

besteht der Heizwiderstand aus einer isolierten Ader (Bild 2). Ein Schutzgeflecht über der Isolierung dient als Schutzleiter. Anwendungsbeispiele sind Rohrbegleitheizungen für Frostschutz und Prozesstemperaturhaltung, Dachrinnenheizungen sowie Fussboden- und Freiflächenheizungen.

Lichtbögen, hervorgerufen durch Elektrolyte wie beispielsweise Wasser, das an beschädigten Stellen der Isolierung eingedrungen ist, stellen ebenfalls Impedanz-behaftete Fehler dar. Als Beispiel für die Betrachtung Impedanz-behafteter Fehler mit Lichtbögen lassen sich auch Heizleitungen mit Parallelwiderstand heranziehen, die für die gleichen Anwendungen, wie oben beschrieben, eingesetzt werden.

Verschiedene Typen von Heizleitungen

Man unterscheidet so genannte Zonenheizleitungen und Heizleitungen mit selbstregelnder/selbstbegrenzender Charakteristik. Bei den Zonenheizleitungen

wird eine von den Versorgungsleitern isolierte Heizwendel in regelmässigen Abständen von etwa 1 m an die Versorgungsleiter mittels Schweissen oder Löten angeschlossen (Bild 3).

Die Versorgungsleiter von selbstregelnden/selbstbegrenzenden Heizleitungen sind in leitenden, mit Kohlenstoff dotiertem Kunststoff eingebettet. Dieser Kunststoff stellt eine unendliche Anzahl von parallel geschalteten PTC-Widerständen¹ dar (Bilder 4 und 5).

Lichtbögen können bei Parallelheizleitungen sowohl zwischen den Leitern (L, N) und Erde oder zwischen den Leitern selbst auftreten. Letzteres führt dann zum Durchschlag gegen Erdpotential, soweit dieses über die ganze Längenausdehnung mitgeführt ist (Bild 6).

Schutz bei Impedanz-behafteten Fehlern

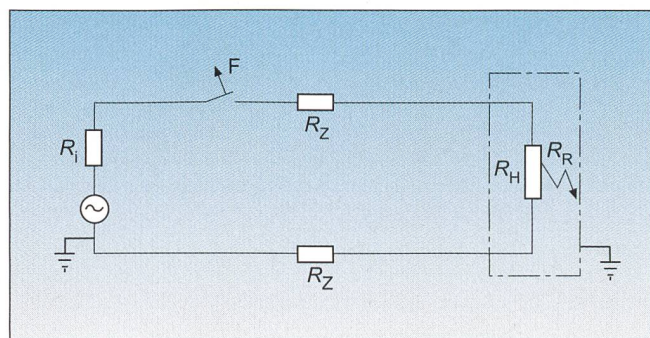
Ein wirksames Mittel für Personen- und Brandschutz bei Impedanz-behafteten Fehlern ist der FI-Schutz. Hier löst das Schutzorgan bereits bei Fehlerströmen im mA-Bereich aus.

In Anlagen mit Betriebsmitteln der Schutzklasse 1 wird der Schutzleiter über die ganze Ausdehnung des Betriebsmittels mitgeführt. Der Fehlerstromschutzschalter gewährleistet den Brandschutz und den Schutz bei indirektem Berühren.

Die FI-Schutzeinrichtung bei Betriebsmitteln der Schutzklasse 2 – mit doppelter Isolierung ohne Schutzleiter – dient naturgemäss nur zum Schutz bei Berühren unter Spannung stehender Teile und bietet keinen Brandschutz. Auf Grund dieser Tatsache sollte gerade bei räumlich ausgedehnten Betriebsmitteln wie Begleit- und Flächenheizungen immer ein FI-Schutz vorgesehen werden.

Bild 1 Fehlerhaftes Heizgerät

F: Überstromschutzorgan;
 R_N : Netzzinnenwiderstand;
 R_Z : Zuteilungswiderstand;
 R_H : Heizwiderstand;
 R_R : Restwiderstand



Vorteile eines Schutzgeflechts

Überprüfung der Installation

- Eine mechanische Beschädigung oder fehlende Endstücke können erkannt werden
- Überprüfung des Zustandes der Temperaturhaltebänder (THB) möglich
- Beschädigte Stellen können lokalisiert werden

Nachträgliches Ausmass der montierten Längen

- Bei der Berechnung der Betriebskosten ist die angeschlossene Menge der THB überprüfbar
- Die Überschreitung der maximal zulässigen Heizkreislänge kann bei der Inbetriebnahme auch auf warmen Rohrleitungen erkannt werden

Personen- und Brandschutz

- Der Stromkreis wird automatisch abgeschaltet. Es bleibt keine gefährliche Berührungsspannung bestehen
- Die THB mit Abschirmung können sich kaum entzünden (siehe Expertise SEV-Prüfbericht A.-Nr. 00-IK-0567.01)
- Elektromagnetische Felder werden teilweise abgeschirmt
- Höhere mechanische Festigkeit

Einsatz in Ex-Zonen

- Es dürfen laut geltenden Normen nur Bänder der Schutzklasse 1, also nur mit Schutzgeflecht, eingesetzt werden

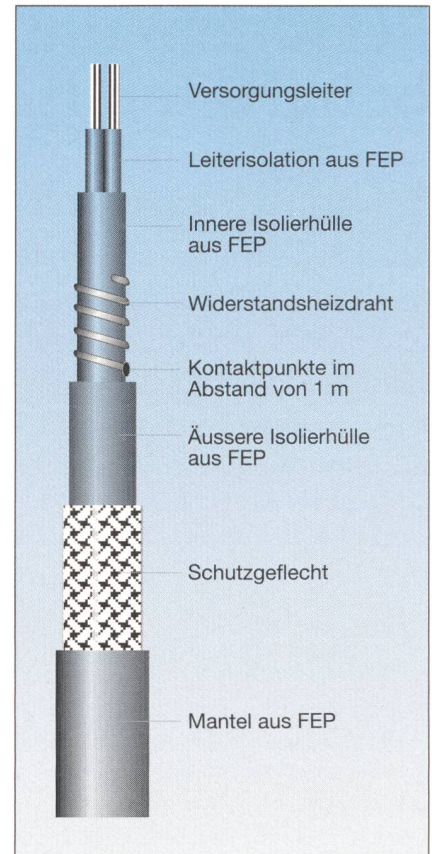


Bild 3 Zonenheizleitung

Verantwortung des Herstellers

Auf der Ebene der Produktnormen ist die Schutzklasse 2 – hinsichtlich der Sicherheit – prinzipiell der Schutzklasse 1 gleichgestellt. Festzuhalten ist allerdings, dass in räumlich ausgedehnten Anlagen und Betriebsmitteln der Schutzklasse 2, das heisst doppelte Isolierung auch bei FI-Schutz, kein ausreichender Brandschutz gewährleistet ist. Hier wird die Verantwortung der richtigen Typenauswahl in Verbindung mit der Auswahl

einer wirksamen Schutzmassnahme auf den Hersteller übertragen. Einige Hersteller schreiben deswegen den Einsatz von FI-Schutzschaltungen vor. Zur einwandfreien Funktion ist allerdings das Mitführen des Schutzleiters erforderlich. Somit können in den beschriebenen Anwendungsfällen nur Heizleitungen der Schutzklasse 1 eingesetzt werden.

Das selbstregelnde Heizband

Das selbstregelnde elektrische Heizband hat sich seit Mitte der Siebzigerjahre etabliert. Hauptanwendungsgebiete

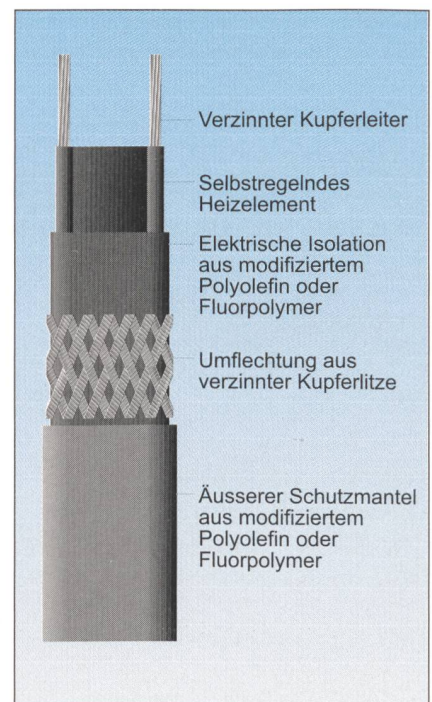


Bild 4 Selbstregelnde / selbstbegrenzende Heizleitung

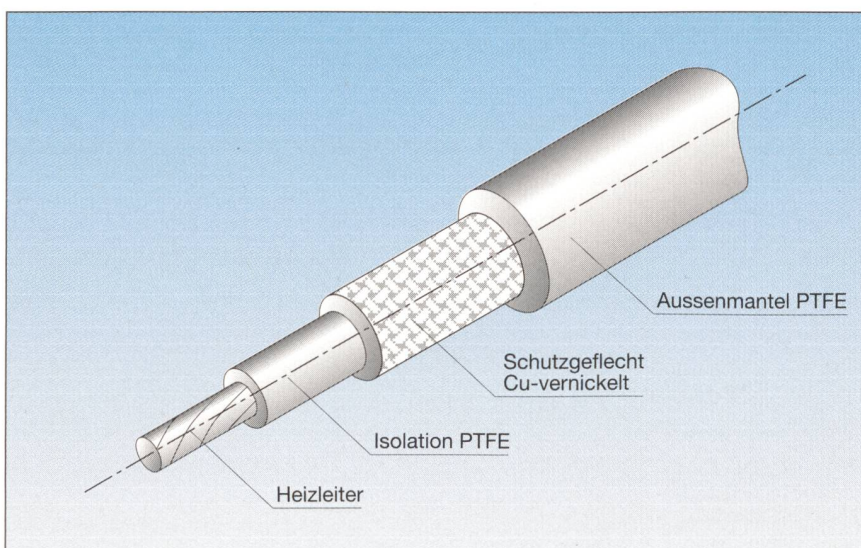


Bild 2 Einadrige Heizleitung mit Schutzgeflecht als Schutzleiter

sind die Industrie und die Haustechnik. Traditionell ist dieses Heizband mit einem metallenen Schutzgeflecht ausgerüstet. In der Schweiz wird das Heizband in der Haustechnik vornehmlich vom Sa-

nitärinstallateur montiert, wenn auch das Elektrogewerbe zunehmend die Markt-möglichkeiten zu nutzen weiss.

In Frankreich wurde das metallene Schutzgeflecht für obligatorisch erklärt. Auch das Eidgenössische Starkstrominspektorat anerkennt die höhere Schutz-wirkung bei Heizkabeln mit metallnem Schutzgeflecht. Neben den Vorteilen der Überprüfung der Installation mittels Widerstandsmessungen und dem einfachen Lokalisieren beschädigter Stellen ermöglicht das Schutzgeflecht auch ein nachträgliches Ausmessen der montierten Bänder und bietet Schutz gegen elektro-magnetische Felder. Im Ex-Bereich, also in explosionsgefährdeten Zonen, dürfen ausschliesslich Temperaturhaltebänder mit metallnem Schutzgeflecht verwen-det werden.

Weitere Funktionen

Ein metallenes Schutzgeflecht dient nicht allein dem Personen- und Brand-schutz, sondern erfüllt eine Reihe weite-erer Funktionen.

Beispiel 1

In einem bezugsbereiten Einfamilien-haus wurde ständig der Fehlerstrom-Schutzschalter ausgelöst. Man fand her-aus, dass das Problem beim Heizband

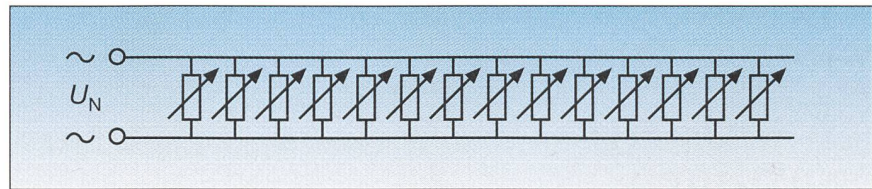
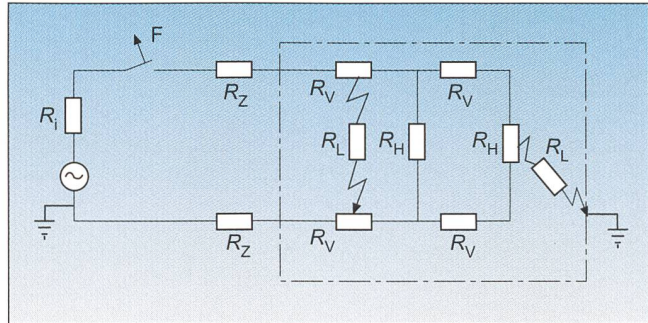


Bild 5 Ersatzschaltbild selbstregelnder Heizbänder

Bild 6 Fehlerhafte Parallel-Heizleitung

F: Überstromschutzorgan;
 R_1 : Netzzinnenwiderstand;
 R_2 : Zuteilungswiderstand;
 R_H : Heizwiderstand;
 R_R : Restwiderstand;
 R_V : Versorgungsleiter-widerstand;
 R_L : Lichtbogenwiderstand



liegen musste. Der Bereich, in dem eine Beschädigung vorlag, konnte rasch loka-lisiert werden, da das Kunststoffrohr mit einem Heizband mit Schutzgeflecht ver-sehen war. Der Schaden am Heizband – verursacht durch eine Schraube, welche der Treppenbauer ins Mauerwerk einge-bracht hatte – konnte durch Aufspitzen eines kleinen Stücks der Wand behoben werden.

Beispiel 2

In einer neuen Sporthalle, einem impo-santen Holzbau mit einer aussergewöhn-lichen Deckenkonstruktion, wurde für die Warmwasserverteilung ein Warmwasser-Temperaturhaltesystem installiert, das über ein metallenes Schutzgeflecht ver-fügt. Nach der Funktionsprüfung brachte man die Dämmung an. Darauf erfolgte die Inbetriebnahme des Heizbandes, das eine Länge von insgesamt 150 m auf-wies. Der gemessene Wert des Isolations-widerstands unterschritt jedoch die gefor-derte Grösse. Der Fehler konnte auch hier schnell gefunden werden. Beim Isolieren war das Heizband angesägt worden. Allerdings hatte keine Brandgefahr be-standen, da dies bei Temperaturhaltebän-dern wegen des Schutzgeflechts ausge-schlossen ist.

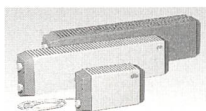
Adresse der Autoren

Reiner Lehrer, Dipl.-Ing., Verein deutscher Elektrizitätswerke VDE.
 Erwin Stanzel, Dipl.-Ing., Tyco Thermal Controls.
 Jean Haag, Fachjournalist BR, jeanhaag@swiss online.ch.

¹ PTC = positiver Temperaturkoeffizient

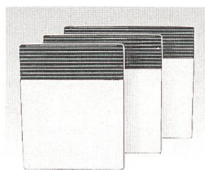
Protection des personnes et protection-incendie lors de défauts d'isolement présentant une certaine impédance

Dans la protection des personnes et la protection-incendie pour moyens d'ex-ploitation électriques, on part généralement de l'idée qu'un défaut d'isolement présente une résistance négligeable proche de 0 Ω . La pratique a cependant mon-tré que même pour des défauts de 0 Ω , la protection des personnes n'était pas tou-jours garantie étant donné que le courant de déclenchement des dispositifs de pro-tection contre le surcourant n'était pas atteint. La protection des personnes et la protection-incendie ne peuvent être assurées que par l'utilisation de dispositifs de protection à courant de défaut (protection FI) et des moyens d'exploitation de la catégorie de protection 1. Cela vaut en particulier pour l'installation de lignes de chauffa-ge électrique et d'éléments chauffants de surface auxquels l'article suivant est consacré.



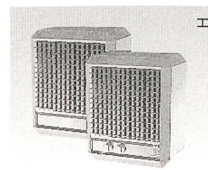
Rippenrohr-Heizkörper ANSON

für Garagen, öffentl. Bauten, Baracken-container, Industrie etc. **Robust.** In vielen Längen und Leistungsstufen. 230 und 400 V. Verlangen Sie Beratung vom Spezialisten: ANSON



kleine Elektro-Heizkonvektoren

Für Büros, Ferienwoh-nungen, Werkstätten die ideale Übergangs-und Zusatzheizung. 230 V 500–2200 W.



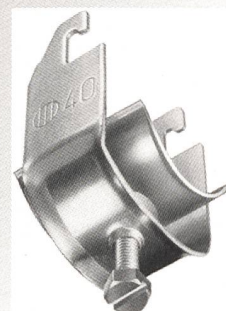
El. Heizgeräte für festen Einbau in nicht dauernd

belegte Hallen, Keller, Lager, Saalbauten usw. 400V 3–50 kW.– Preis-günstige Offerte von:

ANSON 01/461 11 11
 8055 Zürich Friesenbergstr. 108 Fax 01/461 31 11



TRACON



Kabeltragsysteme

- Kabelbefestigungen KSV
- Steigrassen
- Kabelleitern
- Kabelrinnen
- Gitterbahnen

Sofort Info anfordern

Tracon Engineering GmbH
 Chrüzacherweg 22
 CH-8906 Bonstetten
 Switzerland

Tel. 01 777 97 70
 Fax 01 777 97 74
 info@tracon.ch
 www.tracon.ch

Romandie/Ticino:
 SIMPATEC Sàrl
 CH-1814 La Tour de Peilz
 Tel. 021 973 15 21
 Fax 021 973 15 22

Ein grenzenloses Kabelsortiment.

Wir führen ständig Tausende von Kilometern an Daten- und Kommunikationskabeln für Sie an Lager.



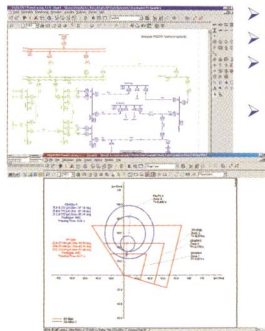
BKS Kabel-Service AG
 Fabrikstrasse 8
 CH-4552 Derendingen
 Tel: +41/32-681 54 54
 Fax: +41/32-681 54 59
 e-mail: bksmail@bks.ch

www.bks.ch

NSE

Ihr Partner für kompetentes Hoch- und Mittelspannungs-Engineering

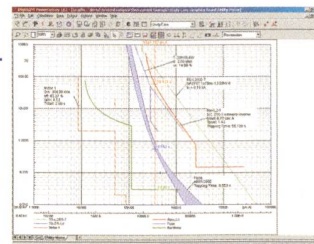
DigSILENT - die Nummer 1, in der **Simulation** elektrischer Netze



- Interaktive Windows-Grafik
- GIS Integration
- Lastflussrechnung, Betriebs-Optimierung
- Fehlerberechnung (IEC 909, VDE 102, 103), Mehrfachfehler

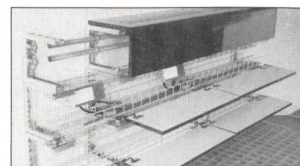
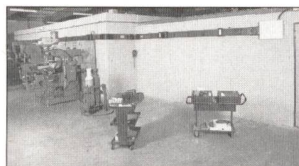
- Transiente Vorgänge
- Stabilitätsberechnung
- Oberschwingungsanalyse

- Koordination von Überstrom- und Distanzschutz
- Übernahme von aktuellen Messpunkten zur Netz-Online-simulation
- Ankoppelung an NSE Datenbank über Standleitung oder Internet



NSE GmbH Schweiz
 Bremgarterstrasse 54
 5610 Wohlen

Tel: 056 621 92 92
 Fax: 056 621 92 82
 Mail: info@nse.ch



Fabrikbauten und Nachinstallationen mit LANZ Qualitätsprodukten:

- LANZ Stromschienen 25-8'000 A IP 20, IP 54 und IP 68 1-245 kV EN/IEC-Norm
- LANZ Weitspann-Kabelpritschen 6 m Länge NEU
- LANZ Multibahnen – eine Bahn für alle Kabel, auch farbig oder aus Stahl inox. SN SEV 1000/3 und CE-konform
- G-Kanäle und Alu-Kabelschutzrohre für (kleine) Kabelinstallationen an Decken und Wänden
- LANZ Brüstungskanäle 150 x 200 – 250 x 250 mm und 2-Stromkreis-Brüstungskanal-Stromschienen kb-System 230 V/63 A und 400 V/63 A für Werkstätten, Labors und Büros
- Boden-Anschlussdosen und Anschlussdosen für den Einbau in Doppelbodenplatten. – Kabelausslässe 8- und 16-fach
- MULTIFIX Schienenmontagesystem und Rohrschellen für die koordinierte Installation aller Elektro-, Sanitär- und HLK-Leitungen NEU

Fortschrittlichste Technik. Rasch montiert. Erweiter- und ausbaubar. Fragen Sie LANZ für Beratung, Offerte und preisgünstige Lieferung

lanz oensingen ag Tel. 062 388 21 21 Fax 062 388 24 24

- Mich interessieren Bitte senden Sie Unterlagen.
- Könnten Sie mich besuchen? Bitte tel. Voranmeldung!
- Name/Adresse/Tel. _____

AL 02



lanz oensingen ag
 CH-4702 Oensingen • Telefon ++41/62 388 21 21