

**Zeitschrift:** Bulletin Electrosuisse  
**Herausgeber:** Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik  
**Band:** 95 (2004)  
**Heft:** 17

**Artikel:** "Jetzt mit bleifrei beginnen"  
**Autor:** Santner, Guido  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-857967>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.05.2025

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

# «Jetzt mit bleifrei beginnen»

## Die bleifreie Technologie ist bereit – die Produktionen können umstellen

Günter Grossmann der eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA erforscht die Zuverlässigkeit von bleifreien Lötungen. In

*Guido Santner*

enger Zusammenarbeit mit europäischen Instituten und Firmen untersucht er bleifreie Legierungen, wie sie von der Europäischen Union und der Schweiz auf Mitte 2006 gefordert werden.

**Bulletin:** Herr Grossmann, gibt es eine bleifreie Legierung, die die herkömmlichen Lote in allen Prozessen ersetzt?

**Günter Grossmann:** Im Prinzip schon, Zinn-Silber-Kupfer (SnAgCu) können sie im Reflow-Ofen, in der Welle oder von Hand löten. Das Silber darin ist relativ teuer, aber es gibt Firmen, die bereits seit Jahren SnAgCu einsetzen, sowohl beim Reflow-Ofen als auch in der Welle. Preislich wäre Zinn-Kupfer (SnCu) oder Zinn-Kupfer-Nickel (SnCuNi) sinnvoll für die Welle, kommt aber für den Reflow-Prozess nicht in Frage, da der Schmelzpunkt zu hoch liegt.

**Kann man die Lote mischen, zum Beispiel SnAgCu im Reflow-Ofen und SnCu in der Welle?**

Ja, das geht. Die Frage ist, ob man auf der Leiterplatte verschiedene Lote will. Das Problem liegt bei der Nacharbeit, denn spätestens jetzt muss man wissen, wie ein Bauteil gelötet wurde. Dies ist ein beträchtlicher logistischer Aufwand, bei einer Reparatur muss man noch nach Jahren zurückverfolgen können, wie die Baugruppe gelötet wurde.

**Macht der Preis vom Lot überhaupt viel aus auf die gesamte Produktion?**

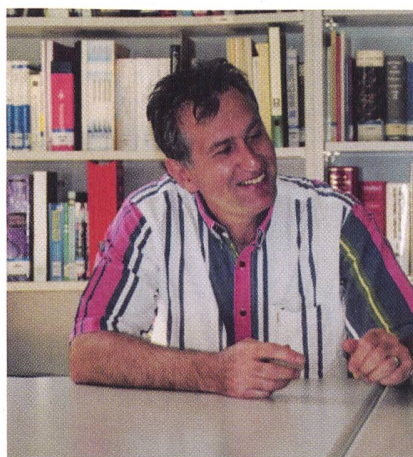
Dies hängt stark von der Produktion ab. Wenn sie unter Stickstoff löten, macht das Lot nicht viel aus, aber der Stickstoff kostet. Ohne Stickstoff fällt in der Lötelle wesentlich mehr Krätze an, d.h.

oxidiertes Lot, das sie entsorgen müssen. Es kommt auch auf den Durchsatz an. Bei einem grossen Durchsatz lohnt sich eine Welle mit Stickstoff, auch die Krätze fällt hier nicht ins Gewicht. Bei einem kleinen Durchsatz verlieren sie mehr Lotmaterial durch die Krätze, als auf die Leiterplatte gelötet wird, und der Stickstoffverbrauch um die Anlage dauernd zu fluten fällt ins Gewicht. Diese Rechnung muss jeder individuell machen.

**Was ist mit Zinn-Zink- und Wismut-Loten?**

Wismut ist in Europa gestorben. Werden Wismutlote durch Blei kontaminiert, entstehen Phasen, die bei 96 °C schmelzen. Während der Umstellung kann man kaum verhindern, dass mal ein verbleites Bauteil oder eine HAL-Leiterplatte bestückt werden muss. Und ich glaube nicht, dass eine Firma jetzt mit SnAgCu oder SnAg beginnt und später umsteigt.

Zudem ist Wismut aus Sicht des Umweltschutzes die dümmste Alternative zu Blei, denn das meiste Wismut ist ein Beiprodukt der Bleiförderung. Man fördert ca. dreissig Tonnen Blei für eine Tonne Wismut. Auch die Gewinnung von Silber ist nicht besonders umweltfreundlich, und die Elektronik verbraucht einen massgeblichen Teil des geförderten Sil-



Günter Grossmann

### Weitere Artikel zum Thema:

|                                   |          |
|-----------------------------------|----------|
| Bleifreie Lote                    | Seite 9  |
| Bleifreie Bauteile                | Seite 19 |
| Bleifreie Lötssysteme             | Seite 25 |
| Recycling von Elektronikprodukten | Seite 54 |
| ITG-Tagung «Bleifrei Löten»       | Seite 64 |
| Kommentar zur Umweltbilanz        | Seite 78 |

bers. Eigentlich hat es nur genug Silber, weil die digitalen Kameras die alten Filmrollen verdrängen, die ebenfalls Silber benötigen.

Aus Sicht der Umwelt würde Zinn-Zink (SnZn) Sinn machen. Es hat einen tiefen Schmelzpunkt und es gibt unheimlich viel davon auf der Welt. Für Billigprodukte wäre es gut, leider werden in Europa fast keine Billigprodukte mehr gefertigt. Deshalb wird sich SnZn aller Voraussicht nach in Europa nicht durchsetzen können.

**Wo liegt das Problem bei Zinn-Zink?**

Es degradiert schneller als die anderen Lote. Es liegen keine Welten dazwischen, aber es degradiert etwa 30% schneller als Bleilote. Für 90 Prozent der Anwendungen ist das kein Problem: Computer, Spielzeuge oder Radios werden im besten Fall ein paar Jahre benutzt. In der Industrie, der Luftfahrt und sicherheitsrelevanten Systemen aber ist eine zuverlässige Lötstelle wichtig. Diese Investitionsgüter haben Lebensdauern von bis zu 30 Jahren.

Es fehlt uns auch die Erfahrung, vielleicht kann man SnZn in ein paar Jahren in Gebieten anwenden, wo ich heute eine Anwendung noch nicht empfehlen würde. Ausserdem oxidiert Zinn-Zink rasch an der Oberfläche, was sich in einer beschränkten Lagerfähigkeit der Paste äussert und im Wellenlötprozess einige Probleme verursacht.

Wie zuverlässig sind die anderen bleifreien Lote?

Zwischen SnAgCu und dem herkömmlichen SnPb gibt es keinen grossen Unterschied. Das Risswachstum ist bei SnAgCu etwa 10 bis 20 Prozent schneller. Für 99 Prozent der Anwendungen ist das kein Problem.

Wird sich SnAgCu also als Standard-Lot durchsetzen?

Ja, SnAgCu etabliert sich. Die Autoindustrie arbeitet ja schon lange mit Zinn-Silber in den Motorensteuerungen, weil es einen höheren Schmelzpunkt hat. Leider gibt sie keine Informationen heraus. Wir könnten uns mit ihren Daten eine Menge Arbeit sparen.

Gibt es denn eine Zusammenarbeit bei der Umstellung auf bleifreie Lote?

Ja, es gibt verschiedene Netzwerke zwischen Firmen und Forschungsinstitutionen, in denen offen diskutiert wird. Gerade jetzt ist ein neues europäisches Netzwerk, Elfnet, im Aufbau. Die Umstellung muss schnell gehen, da kann es sich keine Firma leisten, nur für sich zu arbeiten.

Hat Japan einen Vorsprung?

Japan lötet seit zehn Jahren bleifrei. In Japan ist Blei ein Reizwort, denn durch Blei, Quecksilber und Cadmium in Chemieabfällen wurden vor 50 Jahren Kinder schwer geschädigt. Japan erliess deshalb eines der schärfsten Umweltgesetze. Über die Grundlagen der bleifreien Lote wissen die Japaner nicht mehr als wir, sie haben aber Erfahrung in der Produktion. Der Sony Camcorder ist seit 10 Jahren bleifrei (SnAgCu), ebenso der Laptop von Toshiba. Einige der ersten bleifreien Produkte gingen natürlich in die Hose – Erfahrungen, die die Europäer noch machen müssen.

Auf verschiedene bleifreie Lote werden Patente beansprucht. Ist das ein Problem für die Elektronikhersteller?

Das ist ein amerikanisches Problem. Dort werden Patente eingereicht, ohne dass sie von einer unabhängigen Stelle

überprüft werden. Erst im Streitfall muss derjenige, der das Patent verletzt, vor Gericht zeigen, dass der Urheber kein Recht auf das Patent hat. Das kostet viel und die Firmen reichen Patente auf Vorrat ein. Dabei geht es vielen Firmen nicht darum, Lizenzgebühren für ein Lot einzufordern, sie wollen sich vielmehr schützen, falls eine andere Firma ein Patent für dasselbe Lot einreicht. In Europa wird ein eingereichtes Patent geprüft, ob es patentfähig ist. In der Praxis ist es gar nicht möglich, das Mischverhältnis des Lotes auf 0,7 oder 1 Prozent Silber einzustellen. Sorgen macht das Patent der Universität von Iowa, die die bleifreie SnAgCu-Lötstelle patentiert hat. Zwei Gerichtsverhandlungen hat die Universität meines Wissens bereits gewonnen.

Sind Whisker ein Problem für die Zuverlässigkeit des Systems?

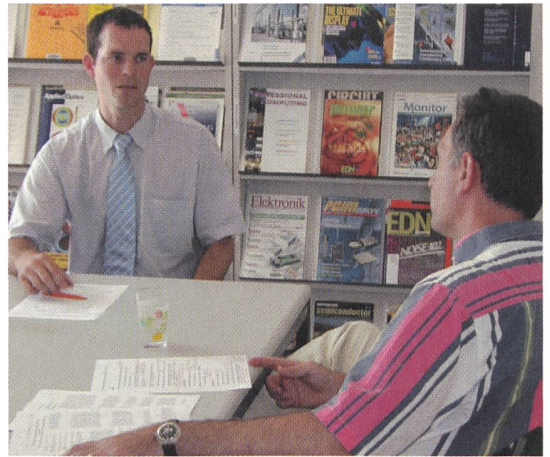
Whisker, die kristallinen Auswüchse auf beschichteten Bauteilen, hat es schon immer gegeben, auch bei SnPb. Bei reinem Zinn sind die Whisker länger. Solange die Whisker kleiner als ein Drittel

«Zinn-Zink wäre umweltfreundlich und günstig, ist aber weniger zuverlässig.»

des Beinabstandes sind, ist ein Kurzschluss aber unwahrscheinlich, und die Bauteilhersteller haben die Whisker zunehmend im Griff: Moderne Beschichtungsbäder hindern das Wachstum von Whiskern. Man weiss, dass die Whisker nach Warmauslagern langsamer wachsen, denn sie wachsen auf Grund interner Spannungen, wie wenn man auf eine Tube Zahnpasta drückt. Natürlich ist es auch eine Preisfrage: Wieviel Aufwand muss ich treiben, damit keine Whisker entstehen?

Muss die Produktion neue Lötssysteme anschaffen?

Die bleifreien Lote sind aggressiver. Reines Zinn löst in grossen Mengen Nickel und Eisen, und die bleifreien Lote bestehen grösstenteils aus Zinn – bei einer alten Wellenlötanlage frisst das Lot ein Loch in den Tiegel. Lötssysteme für bleifreies Lot sind darum aus Metallen mit einer höheren Legierung und einer Oxidschicht aufgebaut. Diese Schicht



Guido Santner vom Bulletin im Gespräch mit Günter Grossmann

darf man natürlich nicht verletzen – Kratzen verboten! Im Reflowbereich bewegt man sich mit den Löttemperaturen nahe der Zerstörungsgrenze der Komponenten. Das führt dazu, dass die Temperaturtoleranzen in den Lötöfen kleiner gehalten werden müssen, als es in alten Anlagen möglich ist.

Wie genau müssen die Mischverhältnisse der Lote in der Welle stimmen?

Das Verhältnis kann in einem weiten Bereich variieren. Das ternäre Eutektikum<sup>1)</sup> SnAgCu ist nicht klar definiert, der Silberanteil liegt zwischen 0,7 und 1,2 Prozent. Auf Grund der Kupferanreicherung von der Leiterplatte muss das Lot aber in kürzeren Abständen kontrolliert werden, bei einem 24h-Betrieb wöchentlich, statt wie bisher monatlich. Wenn das Gemisch nicht mehr stimmt, muss man Lot abschöpfen und mit SnAg nachfüllen. SnCu kristallisiert sonst als intermetallische Phase und die Welle sieht aus wie Matsch und man kann fast nicht mehr löten. Die Produktion muss den Prozess also besser beherrschen und genauer arbeiten.

Ist Stickstoff notwendig beim bleifreien Loten?

Nein, Stickstoff ist nicht notwendig. Es ist eine Frage der Technologie und der Kosten. Die Benetzung ist ein Zusammenspiel von Substrat, Flüssigkeit und Umgebung. Stickstoff beeinflusst die Oberflächenspannung vom Lot und verhindert die Oxidation. Es unterstützt damit die Benetzung und macht das Temperaturfenster grösser. Beim Wellenlöten ist es eine Kostenfrage, ob die Krätze teurer ist, die entsorgt werden muss, oder ob der Stickstoff mehr kostet. In Deutschland lohnt sich der Stickstoff bei SnAgCu und wird auch vermehrt beim Reflow-Prozess eingesetzt. In der Schweiz ist es fragwürdig, denn der Stickstoff ist hier



«Bleifreie Lote sind aggressiver, sie zerfressen alte Lötwellen.»

sechsmal teurer als in der EU, obwohl das technisch keinen Hintergrund hat.

*Wie müssen die Bauelemente und Leiterplatten beschichtet werden?*

Die Nickel-Gold-Beschichtung geht nach wie vor. Bleifreies Lot benetzt zwar nicht so schön, aber die Lötverbindung wird gut. Daneben etablieren sich Oberflächen mit reinem Zinn. Beim reinen Zinn sollte die Schicht eigentlich 1,2 µm stark sein, damit man die Bauteile und Leiterplatten lagern und mehrfach löten kann. Heute liegt der Standard bei 0,8 µm. Hier kann es sein, dass die intermetallischen Phasen zu schnell durchwachsen und damit nicht mehr reines Zinn an der Oberfläche ist. 1,2 µm chemisch zu beschichten ist möglich, dauert aber relativ lange.

Auch bleifreies «Hot Air Leveling (HAL)» mit SnCu kommt. Dies ist eine gute und elegante Methode.

*Kann man die bleifreien Bauteile weniger lang lagern, weil sie oxidieren?*

Die Oxidation ist kein Problem, die Oxidschicht bringt man in der Regel weg mit dem Flussmittel. Die intermetallischen Phasen dagegen können zum Problem werden, wenn sie durch die

«Zinn-Silber-Kupfer scheint sich als bleifreies Lot durchzusetzen.»

Beschichtung durchwachsen. Kondensatoren und Widerstände gibt es schon lange mit reinem Zinn, das ist kein Problem.

*Ist die Oberfläche von allen bleifreien Lötstellen matt?*

Ja, sie sind alle matt. Die Qualitätssicherung muss dies beachten. Wenn sie glänzen, dann nur, weil das Flussmittel reflektiert. Die bleifreien Lote haben auch einen stumpferen Benetzungswinkel, worauf man unter dem Mikroskop mit der Ringbeleuchtung eine weisse Linie um die Lötstelle sieht. Daran muss man sich gewöhnen. Viereckige Pads sind nicht mehr bis ganz nach aussen benetzt, was auf einer Nickel-Gold-beschichteten Leiterplatte hässlich aussieht. Man muss sich also an einen gelben Rand und matte Lötstellen gewöhnen.

Wichtig ist, dass die bestehenden Layoutregeln eingehalten werden, sonst besteht die Gefahr von schlechten Lötsergebnissen. Die Abstände müssen eingehalten werden, bei grossen Flächen braucht es Wärmesterne. Es sind keine



«Die Autoindustrie wüsste viel, sagt aber nichts.»

neuen Regeln, aber die Fehlertoleranz ist kleiner.

*Gibt es fürs Labor und für Reparaturen bleifreies Lotdraht?*

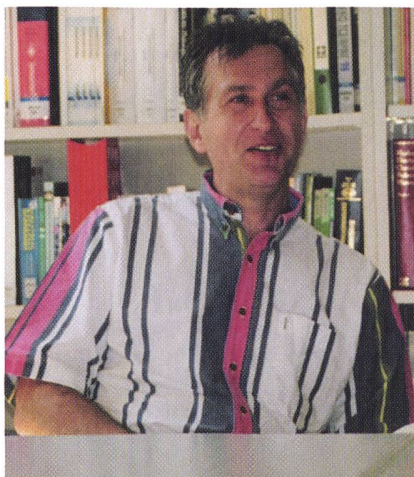
Ja, das gibt es. Für SnAgCu ist es kein Problem, bei SnZn ist es schwieriger. In Japan gibt es allerdings solche SnZn-Drähte. Hier ist der Draht zweischichtig, mit einer zinkreichen Seele innen und reinem Zinn aussen. Beim Löten legieren die zwei Schichten.

*Was ist auf der Ausnahmenliste der RoHS<sup>2)</sup>?*

Auf der Liste sind Produkte, die technisch nicht ohne Blei oder andere Schadstoffe produziert werden können. Auf der kurzen Liste sind zum Beispiel das Quecksilber in Leuchtstoffröhren, das Blei im Glas von Bildschirmen oder die hochschmelzenden Lote innerhalb der Chips aufgeführt. Ausgenommen sind auch Medizinalgeräte und Telekom-Produkte bis 2010. Die Telekom hatte eine gute Lobby und konnte sich deshalb auf die Liste setzen lassen. In der Verordnung ist aber bereits vermerkt, dass die Liste alle vier Jahre überarbeitet wird und Ausnahmen gestrichen werden, sobald technische Lösungen möglich sind.

*Welche Probleme müssen noch gelöst werden?*

Technische Probleme gibt es nicht mehr viele, hier sind wir in den letzten drei Jahren weit gekommen. Im Prinzip kann heute jeder beginnen, bleifrei zu



löten. Der Teufel dürfte hier noch im Detail stecken. Die Logistik und die Zuverlässigkeit sind heute die Hauptprobleme. Das Ausfallrisiko der Bauteile durch die höheren Temperaturen kennt man nicht genau. Wir haben auch keine statistischen Daten zu Prozessfehlern in der Produktion. Es ist möglich, dass es mehr Fehler gibt, aber wir wissen nicht, bei wievielen ppm der Standard liegt und ob es sich lohnt, noch mehr Aufwand zu treiben, um die Produktion weiter zu optimieren. Die Automobilindustrie wüsste es, aber sie sagt nichts.

Ein weiteres Problem ist die Logistik: Wie beginnt man? Pilotproduktionen kann man nicht einfach so aufstellen. Man kann die Tiegel in der Welle nicht

«Wichtig ist, dass die Firmen jetzt beginnen mit der Umstellung.»

einfach wechseln oder eine zweite Anlage kaufen. Die Komponentenhersteller werden zudem ihr Sortiment bereinigen und Bauteile abkünden. Hier wäre es wichtig, dass sich die Hersteller von Komponenten früh entscheiden, welche Bauteile sie weiterführen.

*Und politisch?*

Politisch ist noch offen, wie die Verordnung in die Praxis umgesetzt wird. Eine gewisse Menge Blei ist erlaubt, nehmen wir einmal an 0,1 Prozent – aber von was? Von der ganzen Baugruppe? Von der Lötstelle?

Wichtig ist, dass die Firmen jetzt mit der Umstellung beginnen. Es gibt immer mehr Firmen, die erste Leiterplatten bleifrei löten und Erfahrungen sammeln. Wer zu spät beginnt, geht das Risiko ein, dass seine Produktion für ein paar Monate stehen bleibt, weil er ein Problem noch nicht im Griff hat.

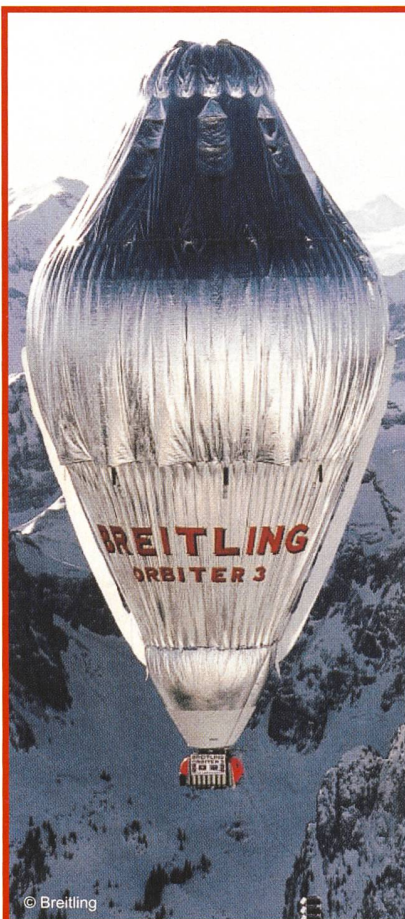
*Vielen Dank, Herr Grossmann, für das interessante Gespräch.*

## Angaben zum Autor

**Guido Santner** ist Redaktor des *Bulletins SEV/VSE*. Das Interview führte er zusammen mit Hans J. Tobler, Präsident der IG Exact, durch.

<sup>1)</sup> Ein Eutektikum ist diejenige Zusammensetzung von zwei oder mehreren Stoffen in einer Legierung, die den niedrigsten Schmelzpunkt aufweist. Weicht das Mischungsverhältnis vom Eutektikum ab, so scheidet sich beim Abkühlen der Schmelze zuerst der im Überschuss enthaltene Stoff aus, bis das Eutektikum erreicht ist.

<sup>2)</sup> RoHS: Europäische Richtlinie, die bestimmte gefährliche Stoffe in elektronischen Geräten verbietet. Die Richtlinie ist in Kraft, eine Übergangsfrist läuft bis 1. Juli 2006.



## GNSS Day : Programm

### VORMITTAG

#### 4 Workshops:

- « GLONASS und GALILEO : Zusammenarbeit ? Die Wahrheit über GLONASS »  
Spezialisten der russischen Raumstation berichten
- « Topcon : ein multistandard Angebot »,  
Topcon USA + Niederlande
- « Swissat, in der Praxis »  
Erlebnisberichte von Swissatkunden
- « Anwendung des Swissat-Equipment vor Ort »

Mittagessen

### NACHMITTAG

- Präsentation von Bertrand Piccard :  
« Höhenänderung : Ihr Alltag aus einem anderen Blickwinkel ! »
- Gesprächsrunde mit allen Referenten :  
« Fragen und Antworten »

Apero ab 16h30

Dieser Tag ist ideal für Unternehmen die folgende Aufgaben erfüllen:

- Datenerfassung
- Datenpflege
- Vermessung

Anmeldung und Informationen :

Swissat AG  
Fälmisstrasse 21  
8833 Samstagern  
Tel. : 044 786 75 50  
Fax : 044 786 75 51

Swissat SA  
Rue de Genève 70  
1004 Lausanne  
Tél. : 021 623 13 13  
Fax : 021 623 13 10



Lädt ein zum

## GNSS\* Day

mit

**Bertrand Piccard**

\*Global Navigation Satellite System

am

**2. September 2004**

im

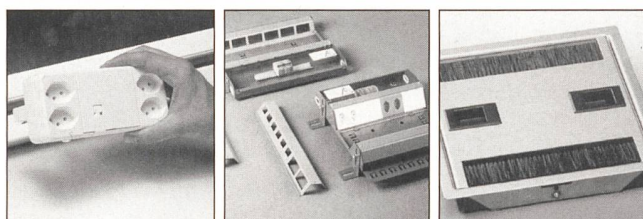
**GRAND CASINO  
BADEN (AG)**

**TRAFOHALLE**

Limitierte Anzahl Plätze

DEUTSCH / FRANÇAIS / ENGLISH

info@swissat.ch – www.swissat.ch



## Comment brancher les conduites électriques, informatiques et téléphoniques aux lieux de travail dans les laboratoires et ateliers?

- Avec des canaux d'allège modulaires LANZ:  
Spacieux, avantageux, pose masquée des appareils.  
Revêtement en bois ou en métal. 150x200 – 250x300 mm.
- Avec des canalisations électriques d'allège:  
Alimentation en courant 230V et 400V / 63 A prête au service, avec appareils enfichables. Grands canaux vides pour câbles informatiques / télécommunications.
- Avec du matériel d'installation sous faux-plancher:  
Chemins à grille et multichemins / prises au sol pour courant électrique, informatique, télécommunications compatibles avec tous les systèmes de fiches / traversées de câbles.

Adressez-vous à LANZ. Nous sommes experts! Demandez conseils et offres. lanz oensingen sa CH-4702 Oensingen

- ☐ Les produits LANZ pour le raccordement des lieux de travail m'intéressent! Veuillez m'envoyer la documentation.
- ☐ Pourriez-vous nous rendre visite à une date à convenir par téléphone? Nom / adresse / tél. \_\_\_\_\_

fA1



**lanz oensingen sa**

CH-4702 Oensingen Südringstrasse 2  
Téléphone 062 388 21 21 Fax 062 388 24 24  
www.lanz-oens.com info@lanz-oens.com



Encontrol GmbH  
Bremgartenstrasse 2  
5443 Niederrohrdorf  
[www.encontrol.ch](http://www.encontrol.ch)

Dienstleistungen für energiewirtschaftliche Optimierungen

## Stromkostenvergleich für EVU's mit Vestro

- Optimieren Sie Ihre Einkaufskosten
- Berechnen Sie die Margenunterschiede
- Vergleichen Sie verschiedene Preismodelle basierend auf dem Bezugsprofil
- Unterbreiten Sie Ihren Kunden individuelle Angebote mit Kostenvergleich vorher / nachher

Mit diesem praktischen Datenbankprogramm vermeiden Sie aufwändige und riskante Excel-Simulationen.

Beispiele und weitere Informationen finden Sie unter [www.encontrol.ch/scripts/vestro.php](http://www.encontrol.ch/scripts/vestro.php)



Encontrol GmbH  
Tel. 056 485 90 44