

**Zeitschrift:** bulletin.ch / Electrosuisse

**Herausgeber:** Electrosuisse

**Band:** 102 (2011)

**Heft:** 12

**Artikel:** Unterhalt gasisolierter Anlagen

**Autor:** Wyss, Sascha

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-856877>

### **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:** 16.01.2026

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

# Unterhalt gasisolierter Anlagen

## Berücksichtigung von Havariekonzepten bei der Definition von Anlagenlayout und Ersatzteilhaltung

Seit über 40 Jahren werden gasisolierte Schaltanlagen in Übertragungs- und Verteilnetzen eingesetzt. Betreiber lernten während dieser Zeit die Vor- und Nachteile im Vergleich mit der konventionellen luftisolierten Technik kennen. Diverse Möglichkeiten zur Erhöhung der Gesamtverfügbarkeit stehen heute zur Verfügung, deren Anwendung das Havarierisiko und die entsprechenden Auswirkungen bei einem allfälligen inneren Fehler reduzieren und die Instandsetzungszeiten verkürzen.

### Sascha Wyss

Aufgrund der hervorragenden Isolationsfähigkeiten von SF<sub>6</sub> können gasisolierte Schaltanlagen kompakt gebaut werden. Dies ermöglicht eine Innenraum-Aufstellung und reduziert so die Instandhaltungskosten, da Witterungseinflüsse keine signifikante Rolle mehr spielen. Die Umgebungspflege als markanter Kostenpunkt der Instandhaltung fällt ebenfalls weg. Zudem verschwinden in Gebäude untergebrachte Schaltanlagen aus der öffentlichen Wahrnehmung. Die Kapselung führt außerdem zu einer höheren Personensicherheit, und das Wegfallen von langen Isolatoren erhöht die Resistenz gegenüber Erdbeben. Diese Gründe führen schliesslich zu einer höheren Lebensdauer und Verfügbarkeit von gasisolierten Anlagen gegenüber luftisolierten Ausführungen.

All diesen Vorteilen stehen leider auch einige Nachteile gegenüber. Hier werden jene genannt, welche die Verfügbarkeit der Anlage beeinflussen können.

Im Störungsfall oder bei Instandhaltungsarbeiten ist die Flexibilität eingeschränkt, da der Zugang zu den einzelnen Komponenten aufgrund der teils äusserst kompakten Bauweise schwierig ist. Zudem ist man betreffend Ersatzteile vom ursprünglichen Hersteller (OEM) abhängig. Auch das Instandhaltungsknow-how ist oft nur beim Hersteller vorhanden.

Diesen Nachteilen gilt es bei der Beschaffung von GIS-Anlagen, deren Ersatzteilen sowie der Bereitstellung von Instandhaltungs-Equipment Rechnung zu tragen. In letzter Konsequenz muss auch

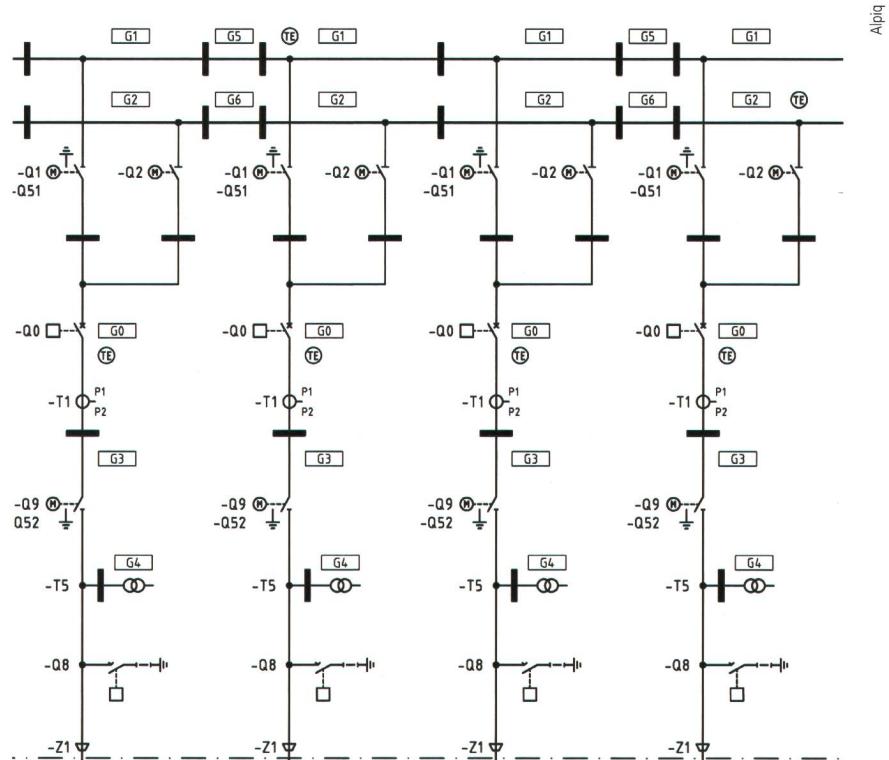
die strategische Personalplanung im Engineering und der Instandhaltung auf den Schaltanlagenpark ausgerichtet sein.

Gasisolierte Schaltanlagen sind grundsätzlich hochverfügbare Komponenten – die Anzahl der Ausfälle oder Störungen ist äusserst gering. Dennoch kann es nach vielen Jahren oder einigen Jahrzehnten zu nicht vorhersehbaren Ausfällen kommen. Mit zunehmender Anzahl installier-

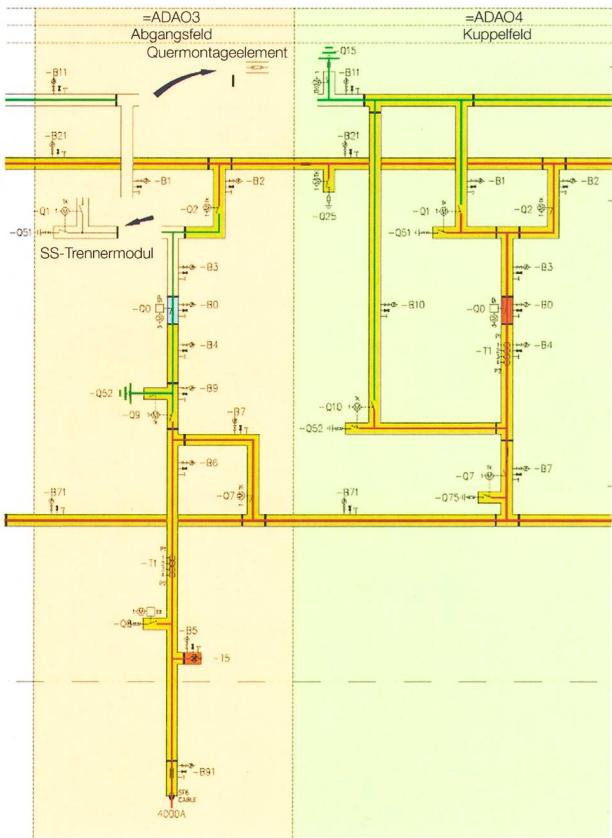
ter Schaltanlagen steigt entsprechend das Risiko eines Fehlers. Gleichzeitig nimmt die Verfügbarkeit von Schaltanlagen oder einzelnen Abgangsfeldern in künftigen Übertragungs- und Verteilnetzen eine immer wichtigere Rolle ein, da kaum mehr neue Übertragungsleitungen gebaut werden können oder deren Genehmigungsprozesse unvorhersehbar lange dauern. Dies führt dazu, dass planmässige Abschaltungen von Netzbetreibern nur noch restriktiv bewilligt werden und unerwartete Ausfälle infolge von inneren Fehlern (Havarien) sowie der hohen Netzauslastung und geringeren Redundanzen zu einem Dominoeffekt führen können. Schliesslich können durch fehlende Verfügbarkeit hohe Netzausfallkosten verursacht werden.

### Optimierung der Verfügbarkeit

Deshalb müssen Betrachtungen ange stellt werden, wie das Risiko von Hava rien reduziert, deren Auswirkungen eingeschränkt und Instandsetzungszeiten ver-



**Bild 1** Gas schema einer 50-kV-GIS mit zusätzlichen Gasräumen in beiden Sammelschienen (G5 bzw. G6).



**Bild 2** Durch das Entfernen des Querdenmontageelementes in der SS1 kann der fehlerhafte Abgang via Kuppelfeld und Umgehungsschiene wieder in Betrieb gehen.

saugt werden muss. Dies führt in vielen Fällen dazu, dass der Betrieb von einem oder zwei Nachbarfeldern und/oder einer ganzen Sammelschiene nicht mehr möglich ist. Die Lieferanten von gasisolierten Schaltanlagen fordern je nach Konfiguration und Fehlerstelle zudem aus Personensicherheitsgründen die Absenkung des Gasdruckes in benachbarten Gasräumen.

### Methoden zur Ausfallminimierung

Um die Auswirkungen einer Havarie auf die umliegenden Gasräume bzw. Komponenten und demzufolge auf die Verfügbarkeit zu minimieren, gibt es verschiedene Möglichkeiten.

#### Zusätzliche Gasräume

Eine verhältnismässig einfache Massnahme sind zusätzliche Gasräume, mit denen bei richtigem Einsatz die Anzahl freizuschaltender Anlageteile reduziert werden kann. Vor allem in Sammelschienen helfen sie, benachbarte Felder während der Reparatur weiter betreiben zu können. **Bild 1** zeigt den Ausschnitt eines Einpolschemas mit zusätzlichen Gasräumen in den Sammelschienen. Diese ermöglichen die Reparatur eines inneren Fehlers in einem Sammelschienenmodul, wobei nicht mehr als zwei Felder ausser Betrieb genommen werden müssen.

Durch den Einbau von zusätzlichen Gasräumen ergibt sich infolge der Drucküberwachung auch ein Mehraufwand in der Verkabelung und Signalisierung. Zudem stellt jeder zusätzliche Schottisolator mit seiner Ausfallwahrscheinlichkeit in sich wieder ein gewisses Fehlerrisiko dar. Aus diesen Gründen hat der Nutzen des Einbaus von zusätzlichen Gasräumen auch seine Grenzen.

#### Mechanische Trennstellen

Eine weitere Massnahme, um Auswirkungen während einer Reparatur zu reduzieren, sind mechanische Trennstellen. Diese dienen zur beidseitigen Abtrennung der fehlerhaften Stelle während der Demontage. Anschliessend kann die intakte Seite wieder in Betrieb genommen werden. Je nach Lieferanten und Schaltanlagen gibt es verschiedene Ausführungen solcher Trennstellen.

Bei sogenannten Querdenmontageelementen oder Kupplungselementen wird ein ganzes Rohrstück ausgebaut. Diese werden vor allem bei Sammelschienen eingesetzt.

Als Beispiel zeigt **Bild 2** den Fall eines inneren Fehlers in einem Sammelschie-

kürzt werden könnten, um so die Gesamtverfügbarkeit der Anlagen zu erhöhen.

#### Reduzierung des Havarien-Risikos

Das Risiko von Havarien kann während der Evaluations-, Design-, Inbetriebnahme- und Betriebsphase durch diverse Massnahmen reduziert werden.

So sollen bereits in der Offertanfrage die Werksprüfungen gemäss IEC 60271 spezifiziert werden. Eine Wechselspannungsprüfung mit Teilentladungsmessung im Herstellerwerk wird in jedem Fall empfohlen. Entsprechend tiefe Grenzwerte für den Teilentladungspegel, z.B. 2 oder 5 pC, sind heute problemlos möglich und messbar.

Ebenfalls in der Evaluationsphase, spätestens jedoch während der Designphase soll das Gasschottungskonzept so ausgelegt werden, dass die geforderte Verfügbarkeit auch bei einer Havarie gegeben ist. Diese Betrachtung führt unweigerlich zur Erstellung eines Havariekonzeptes. Dazu später mehr.

Auch nach der Montage sollten Schaltanlagen vor Ort einer Wechselspannungsprüfung mit Teilentladungsmessung unterzogen werden. Der Einbau von UHF-Sensoren mindestens an jedem Abgang und an jedem Sammelschienenabschnitt ermöglicht eine bessere Ortung von allfälligen

Teilentladungsquellen. UHF-Sensoren sind auch während des Betriebs der Anlage eine wertvolle Hilfe, um im Rahmen des Instandhaltungsplanes periodische Wiederholungsmessungen bei Betriebsspannung durchzuführen. Bei strategisch sehr wichtigen Anlagen ist allenfalls der Einsatz eines permanenten Online-Monitorings sinnvoll, um sich anbahnende Teilentladungen im Frühstadium zu erfassen und zu lokalisieren.

#### Eingrenzung von Auswirkungen

Auch die oben beschriebenen Massnahmen können eine Havarie nicht ganz ausschliessen. Anders als bei konventionellen, luftisolierten Schaltanlagen genügt es bei gasisolierten Schaltanlagen nicht, nur die Fehlerstelle freizuschalten und das fehlerhafte Element zu reparieren oder zu ersetzen. Auch die von der Instandsetzung tangierten Elemente und Gasräume sowie eine allfällige Spannungsprüfung haben Einfluss auf die Verfügbarkeit während der Intervention.

Zentrale Elemente dieser Betrachtung sind die Schottisolatoren bzw. das Gasschottungskonzept. Muss ein Schottisolator aufgrund eines inneren Fehlers im Gasraum ersetzt werden, sind dadurch immer mindestens zwei Gasräume betroffen, bei welchen das SF<sub>6</sub>-Gas abge-

nentrennermodul. Nach Demontage der mechanischen Trennstelle ist es möglich, das Kuppelfeld wieder in Betrieb zu nehmen und somit mittels Umgehungsbetrieb den fehlerbehafteten Abgang verfügbar zu halten. Im **Bild 3** ist das Prinzip einer mechanischen Trennstelle dargestellt.

Um die Verbindung von einer Sammelschiene zum dazugehörigen Sammelschienentrenner zu eliminieren und dadurch das Nachbarfeld weiter zu betreiben, können auch Überbrückungsbausteine eingesetzt werden. Anstelle des T-Elements, das die Verbindung von der Sammelschiene zum SS-Trenner übernimmt, wird für die Phase der Instandsetzung eine gerade Verbindung eingesetzt und das fehlerhafte Feld überbrückt, womit nur dieses Feld die Verfügbarkeit der Anlage während der Instandsetzung beeinflusst (**Bild 4**).

#### Zusätzliche Trennschalter

Auch zusätzliche motorisierte Trennschalter ermöglichen die sofortige Isolierung eines fehlerhaften Anlagenteils. Diese verursachen infolge des zusätzlichen Antriebes sowie der Mehraufwendungen im Bereich der Leittechnik, hauptsächlich der Verriegelungslogik und dem Sammelschienenabbild, jedoch erhebliche Mehrkosten.

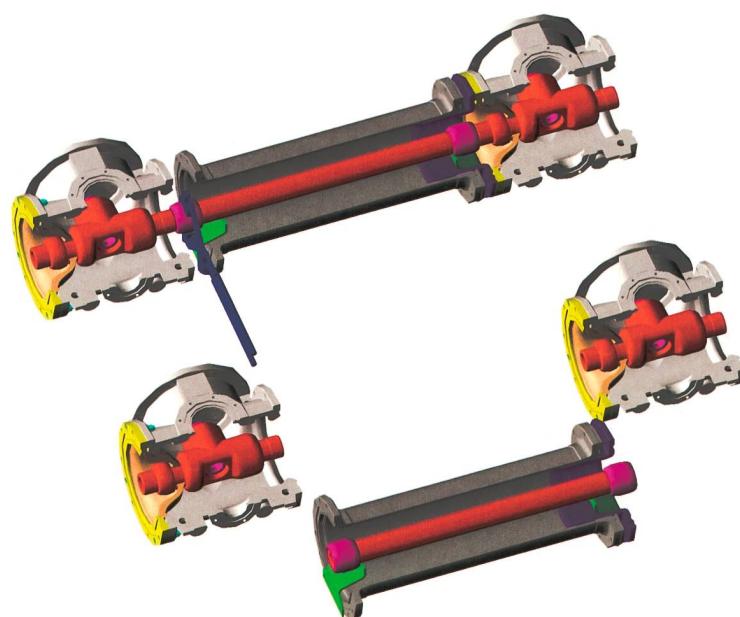
Den grössten Nutzen bringen zusätzliche Trennschalter in Sammelschienen in Form einer doppelten Längstrennung. Sie ermöglicht nach grösseren Instandsetzungsarbeiten eine Hochspannungsprüfung eines reparierten Sammelschienenabschnitts, ohne die ganze Schaltanlage ausser Betrieb nehmen zu müssen.

#### Verkürzung der Instandsetzungszeit

Aufgrund des erwähnten Nachteils von gasisolierten Schaltanlagen bezüglich Zugänglichkeit und Flexibilität beim Austausch von Komponenten ist es wichtig, die Instandsetzungsarbeiten möglichst kurz zu halten. Zur Verkürzung der



**Bild 4** Prinzipbild einer GIS mit Sammelschienen-Überbrückungsbaustein. Hier als Sammelschienenverlängerung eingesetzt.



**Bild 3** Prinzipbild einer mechanischen Trennstelle.

Ausfallzeit stehen mehrere Massnahmen zur Verfügung.

Zentral ist dabei die sofortige Verfügbarkeit der erforderlichen Ersatzteile. Bei GIS-Anlagen ist man fast ausschliesslich auf die Bauteile des OEMs angewiesen, denn im Unterschied zu luftisierten Schaltanlagen kann man nicht einzelne Schaltelemente von anderen Herstellern einsetzen. Daher ist die Ersatzteilhaltung wichtig. Mit der Forderung an die Lieferanten, das Havariekonzept zu beschreiben, sollte auch die exakte Definition der Ersatzteile bestimmt werden – das Havariekonzept definiert das Ersatzteilkonzept.

#### Erfahrenes GIS-Montagepersonal

Es wurde erwähnt, dass die Lieferantenabhängigkeit bei gasisolierten Schaltanlagen einen der Nachteile darstellt. Um diese Abhängigkeit zu entschärfen, ist mit steigender Anzahl Anlagen auch

das Betriebspersonal auf dieser Technologie zu fördern. Dies entschärft die Problematik der sofortigen Verfügbarkeit von Fachpersonal bei Havarien.

#### Adäquater Gerätelpark und Spezialwerkzeuge

Damit das eigene Fachpersonal eine erforderliche Instandsetzung ohne Verzögerung durchführen kann, sind entsprechende Gerätschaften wie Gasanalysegerät, Gasservicegerät, Vorfilter für Zersetzungspprodukte und allfälliges Spezialwerkzeug bereitzustellen.

Die Erfahrung aus Havarien zeigt, dass das Absaugen des Gases sowie Evakuieren und Füllen der diversen Gasräume einen erheblichen Anteil der Reparaturzeit in Anspruch nehmen. Bei Schaltanlagen der höheren Spannungsebenen mit zum Teil grossen Gasvolumina je Gasraum ist ein Gasservicegerät mit entsprechenden Fördervolumen unabdingbar.

#### Havariekonzept

Um den bekannten Nachteilen von gasisolierten Anlagen entgegenzuwirken, ist es empfehlenswert, für neue Schaltanlagen von den Herstellern ein umfassendes Havariekonzept erstellen zu lassen. Die Lieferanten benötigen dazu jedoch einige Informationen.

Jeder Anlagenbetreiber sollte klären, an welche Anlagen oder einzelne Schaltfelder besondere Anforderungen bezüglich Verfügbarkeit gestellt sind. Kann beim Ausfall eines Feldes für die Repara-

tur auch auf die Nachbarfelder verzichtet werden? Muss ein Abgangsfeld unter allen Umständen zur Verfügung stehen? Ist der Ausfall einer ganzen Sammelschiene zu verkraften? Auf Basis der Verfügbarkeitsanforderungen definiert der Kunde ein entsprechendes Einpolschema und beschreibt in seiner Spezifikation die maximal akzeptierbaren Einschränkungen nach inneren Fehlern. Hierbei soll davon ausgegangen werden, dass nach einem solchen Fehler alle am fehlerhaften Gasraum angebauten Schottisolatoren aufgrund der thermischen Einwirkungen ausgewechselt werden müssen.

Im Havariekonzept des Lieferanten sollten die verschiedenen Fälle von möglichen inneren Fehlern behandelt werden. Dazu gehört für jeden Fall eine Vorgehensbeschreibung mit Zeitangaben der Instandsetzung, Gasanalysen und -arbeiten, Montage- und Inbetriebnahmzeiten sowie die allfällige erforderliche Wechselspannungsprüfung im Anschluss an die Reparatur sind Bestandteil des Terminplanes. Zusätzlich ist pro Fall eine ausführliche Ersatzteilliste zu erstellen. Eingefärbte Einpolschemata mit Angaben zum jeweiligen Druck der Gasräume während der Instandsetzung, welche Anlagenteile in

**Résumé****Entretien des appareillages à isolation gazeuse**

Considération de la résolution des avaries possibles dans la définition de la conception d'installations SF<sub>6</sub> et définition des pièces de rechange à stocker

Les appareillages de commutation à isolation gazeuse sont utilisés dans les réseaux de transport et de distribution depuis plus de 40 ans. Les appareillages à isolation gazeuse (AIG) disposent généralement d'une durée de vie et d'une disponibilité supérieures au regard de la technologie d'isolation à l'air conventionnelle. Ils présentent également une sécurité pour les personnes ainsi qu'une résistance sismique plus importantes. Néanmoins, leur aspect compact rend bien souvent difficile l'accès aux composants lors des travaux d'entretien. Il est quasiment obligatoire de s'adresser au fournisseur de l'installation pour obtenir les pièces de rechange nécessaires aux réparations. De tels inconvénients sont susceptibles de survenir dès la fourniture des appareillages AIG et de leurs pièces de rechange. Une conception des appareillages adaptée aux exigences en matière de disponibilité ainsi que la description d'un concept de résolution des avaries et des pièces de rechange nécessaires qui en découlent permettent de réduire le risque de détérioration et les répercussions consécutives à un défaut interne éventuel. Par ailleurs, il est à noter que les temps de réparation ont également été réduits.

No

oder ausser Betrieb sind, sowie 3-D-Bilder des entsprechenden Anlagenteils machen die Beschreibung verständlicher.

Selbstverständlich sind auch die dazugehörigen Montage- und Reparaturanleitungen der einzelnen Komponenten und Schaltgeräte Teil eines Havariekonzeptes. Bei strategisch besonders wichtigen Schaltanlagen empfiehlt es sich, die Summe aller erforderlichen Ersatzteile aus den einzelnen Schadensfällen in Form eines Ersatz-

teilmoduls zu beschaffen. Bei mehreren gleichen Schaltanlagen derselben Typenreihe bietet sich ein Ersatzteilpool an.

**Angaben zum Autor**

**Sascha Wyss** ist Leiter Primärtechnik Anlagen Ost bei der Alpiq EnerTrans AG in Niedergösgen. Er ist Mitglied im Technischen Komitee TC 99 MT 4 der IEC und im Technischen Komitee TK 99 des CES.

Alpiq EnerTrans AG, 5013 Niedergösgen  
sascha.wyss@alpiq.com

Anzeige



**Die einfache Lösung für Ihr NISV-Problem**  
– wir reduzieren die Felder an der Quelle  
auf ein Minimum.

**RAUSCHER**  
**STOECKLIN**

**Rauscher & Stoecklin AG**  
Reuslistrasse 32, CH-4450 Sissach  
T +41 61 976 34 66, F +41 61 976 34 22  
info@raustoc.ch, www.raustoc.ch