

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
<b>Band:</b>	92 (2001)
<b>Heft:</b>	15
<b>Artikel:</b>	Neue Hochspannungsschalter
<b>Autor:</b>	Weissberg, Leo
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-855733">https://doi.org/10.5169/seals-855733</a>

### 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:** 14.01.2026

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

# Neue Hochspannungsschalter

## Schnell, langlebig und reparierbar

Für den Einsatz in Geräten der Massenspektroskopie wurde ein schneller Hochspannungsschalter entwickelt, der in vielen anderen Anwendungen einsetzbar ist. Sein grosser Vorteil: Er ist schnell und kostengünstig reparierbar. Sein Hochspannungsteil ist kaskadierbar, so dass auch höhere Spannungen geschaltet werden können.

Schnelle Hochspannungsschalter sind zwar auf dem Markt erhältlich, aber sehr teuer. Sie haben alle den Nachteil, dass sie hermetisch vergossen und nicht reparierbar sind. Entsteht in der Hochspannungskette ein Überschlag, ist der ganze

**Leo Weissberg**

Schalter zerstört. Für den wechselnden Einsatz in Geräten der Massenspektroskopie im Forschungsumfeld ist dies nicht akzeptierbar.

Elektrische Überschläge entstehen in der Laborumgebung beispielsweise durch

- lecke Kabel und Stecker
- Alterung der Isolation
- schlechtes oder fehlendes Hochvakuum
- Materialermüdung durch Laserbeschuss
- Fehlmanipulation usw.

Die Laborerfahrung hat gezeigt, dass bei einem Überschlag fast immer nur die Ausgangstransistoren beschädigt werden. Diese wären schnell und einfach zu ersetzen.

### Pflichtenheft

Deshalb wurde die Eigenentwicklung eines Hochspannungsschalters beschlossen, der universell (für verschiedenste Projekte einsetzbar) sein sollte, schnell, einfach und kostengünstig reparierbar ist und mindestens 30 000 V Isolation (galvanische Trennung zwischen Eingang und Ausgang) bei 5000 V Schaltspannung aufweist (z.B. Schalten von 20 000 V auf 25 000 V). Seine Ansprechverzögerung (Delay Time) soll höchstens 100 ns betragen bei einer Anstiegszeit

(Rise Time) am Ausgang von 20 ns. Er sollte mit einer Gleichspannung von +5 V betrieben werden (AC-MOS Input). Intern werden 12-V-Treiber zum Ansteuern

aller handelsüblichen Transistoren verwendet (beim Einschalten muss der Transistor kurzzeitig einen sehr hohen Strom liefern können). Der Schalter darf andere hochempfindliche Systeme wie die Ionenstrommessung nicht stören (z.B. durch geschaltete interne Netzteile).

### Ausführung

#### Blockschaltbild

Nach Bild 1 besteht der Schalter im Wesentlichen aus zwei Teilen: der Eingangsstufe (Kleinspannungsseite) und dem Hochspannungsteil (Hochspannungsseite) am Ausgang. Dazwischen liegt die Isolation, die der galvanischen Trennung zum Schutz von Geräten und Personen dient.

Bild 1 Blockschaltbild

5-kV-Hochspannungsschalter mit 30-kV-Isolation

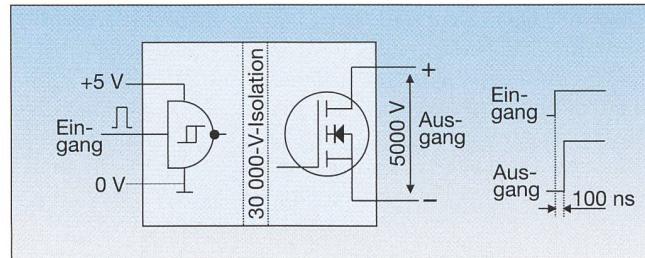


Bild 2 Speisung der Hochspannungsseite

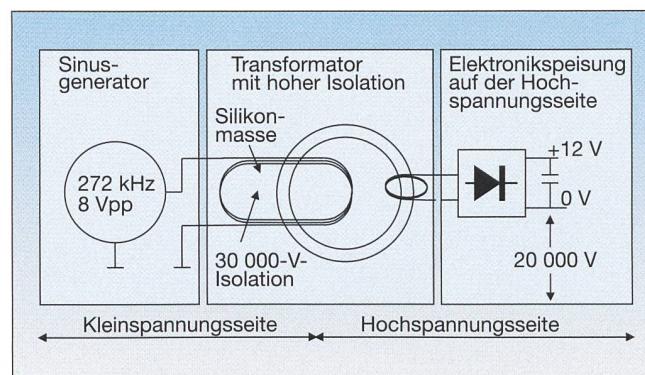
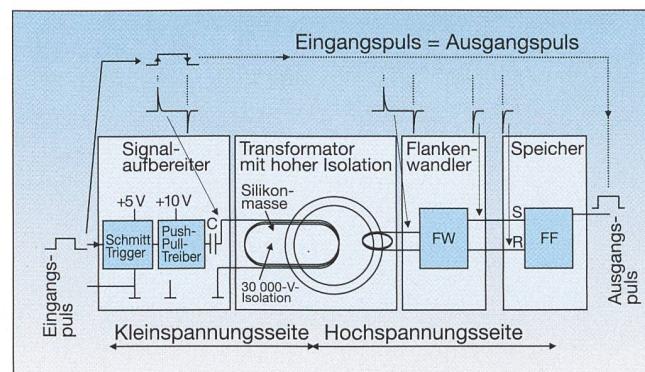


Bild 3 Blockschaltbild für Ein/Aus-Schalter



# Hochspannungsschalter

## Elektronikspeisung auf der Hochspannungsseite

Die Hochspannungs-Schalttransistoren benötigen einen Treiber und eine Ansteuerelektronik, die ihrerseits mit +12 V gespeist werden müssen. Diese Speise spannung muss mit hoher Isolation, kleiner Koppelkapazität und ausreichender Leistung auf die Hochspannungsseite übertragen werden, was mit Hilfe eines Transfornators erreicht wird, der mit einer Sinusspannung von 272 kHz betrieben wird (Bild 2).

## Ein/Aus-Schalt-Funktion

Verschiedene Verfahren zum Ein- und Ausschalten des Hochspannungsschalters wurden getestet. Es gelten dieselben Anforderungen: hohe Isolation, hohe Geschwindigkeit und geringe Koppelkapazität. Auch hier wurde das Übertragungsverfahren mit Transformatoren gewählt. Da Transformatoren Gleichstrompegel nicht transformieren können, werden nur die Impulsflanken übertragen.

Der Einschaltbefehl wird in einen sehr kurzen positiven Impuls verwandelt, der Ausschaltbefehl in einen sehr kurzen negativen Impuls (Bild 3). Diese Flankenimpulse können transformiert werden. Auf der Hochspannungsseite werden die beiden Pulse gewandelt und abgespeichert. Dadurch entsteht das genau gleiche Signal wie am Eingang.

Der Ausgangspuls wird nun einem mit +12 V betriebenen Puffer zugeführt, der

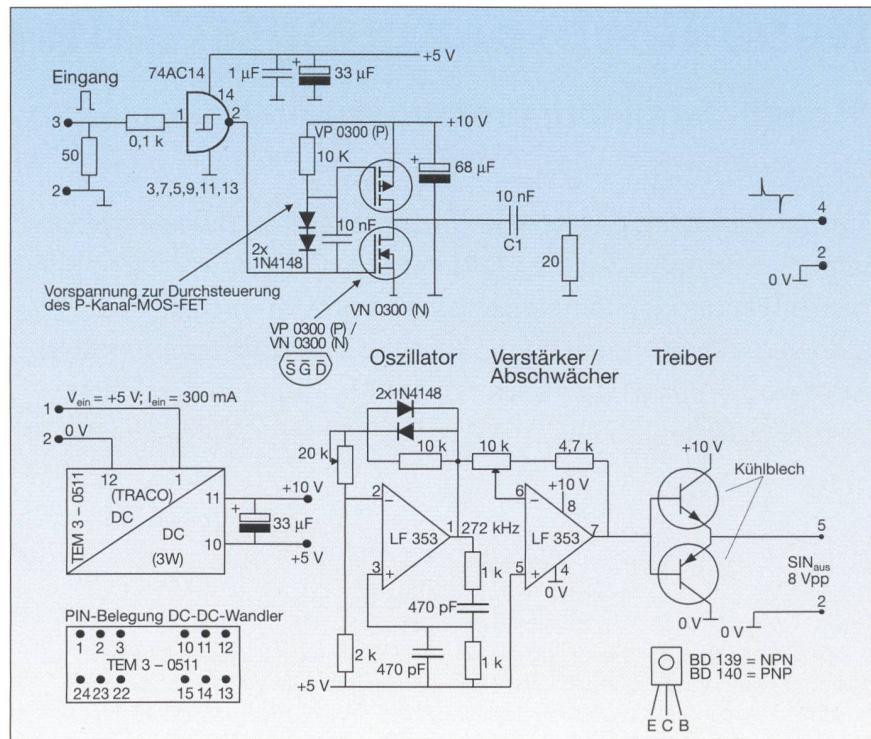


Bild 4 Detailschema Kleinspannungsseite

die verschiedenen Arten von Transistoren ansteuern kann. In diesem Beispiel wird ein Hochspannungs-MOS-FET eingesetzt, der etwa 1000 V schalten kann. Sollen höhere Spannungen geschaltet werden, zum Beispiel 5000 V, können 5 solcher Hochspannungseinheiten kaskadiert werden. Dazu ist nur ein Signalauflauf

bereiter und ein Sinus-Generator notwendig.

In den Bildern 4 und 5 ist das vollständige Schema eines 5000-V-Schalters dargestellt.

Bild 6 zeigt das typische Verhalten des Hochspannungsschalters (Eingang = 5 V, Ausgang = 5 kV).

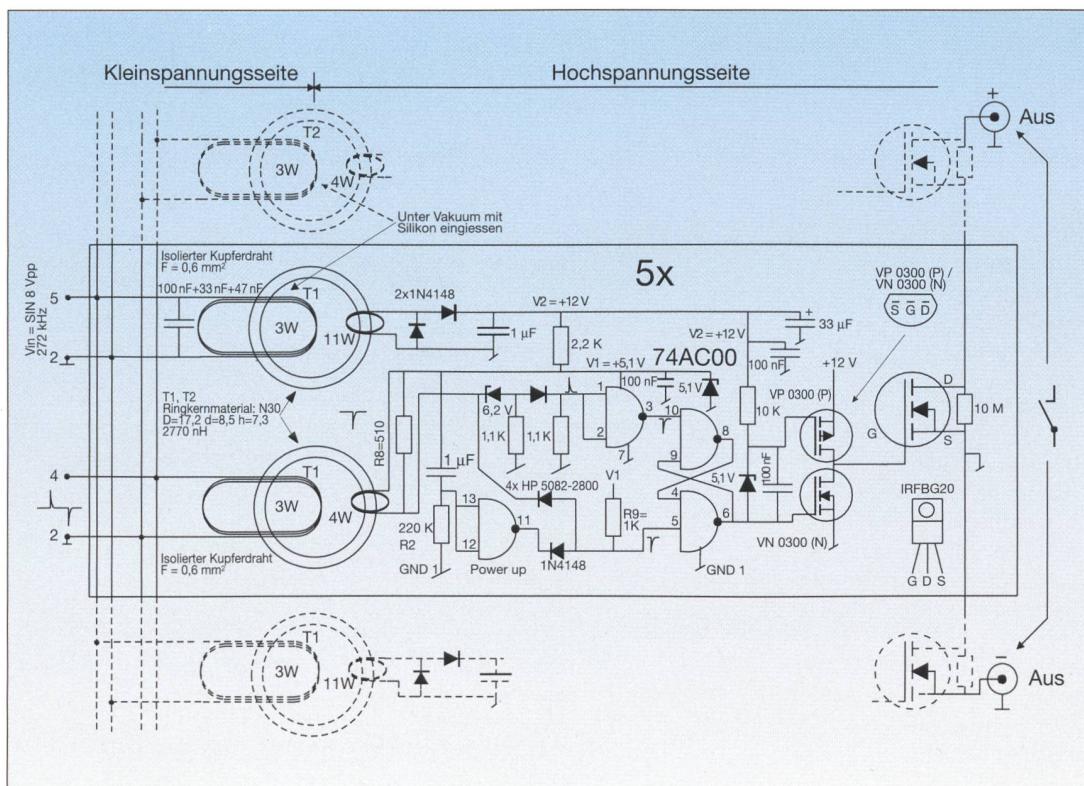


Bild 5 Detailschema Hochspannungsseite

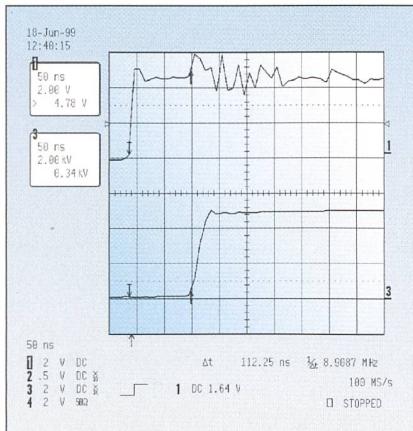


Bild 6 Messergebnisse, gemessen mit einer LeCroy-Hochspannungssonde Typ PMK20KV

## Ausblick

Mit dem gezeigten Verfahren können auf einfache Weise auch schnelle Push-Pull-Schalter realisiert werden, die z.B. bei der Ionenmobilitätsmessung zur Anwendung kommen.

Das Schaltungsdesign ist noch lange nicht ausgereizt. Die Ansprechzeit kann bei Bedarf weiter verkleinert werden. Die Anstiegszeit der Schaltung ist nur vom verwendeten Ausgangstransistor abhangig.

## Adresse des Autors

Laboratorium für Organische Chemie der ETH Zürich,  
8092 Zürich: *Leo Weissberg*, Dipl. Ing., weissberg@org.chem.ethz.ch

## Anwendungen

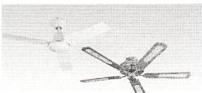
Am Laboratorium für Organische Chemie der ETH Zürich (Gruppenleitung Prof. Dr. Renato Zenobi und Prof. Dr. Peter Chen) werden chemische Substanzen massenspektroskopisch untersucht: Mit einem pulsierenden Laserstrahl wird innerhalb eines Hochvakuums auf eine chemische Substanz geschossen. Teile der Substanz verdampfen, und es entstehen Ionenmoleküle. Diese werden mit einer Hochspannungselektrode ganz gezielt beschleunigt (zum Beispiel nach einer definierten Zeitverzögerung). Sie beschleunigen also Richtung Elektrode und lösen dort einen winzigen Strom (Ladung) aus. Schwere Ionenmoleküle beschleunigen langsamer und erreichen die Elektrode oder den Detektor später als leichte. Auf Grund des Zeitunterschiedes vom Aufprall des Laserlichtes bis zum Auftreffen des Ionenmoleküls am Detektor kann die Masse der Ionenmoleküle bestimmt werden. Man nennt dies Flugzeitmassenspektroskopie. Für diese Messanordnung werden schnelle Hochspannungsschalter benötigt.

Mit diesem Verfahren könnte man auch direkt, das heisst ohne schweren und sperrigen Haupttransformator, die Motoren elektrischer Triebwagen ansteuern. Durch Gleichrichten der Fahrdrähtspannung (15 kV/16 $\frac{2}{3}$  Hz), anschliessendes Zerhacken und Sieben könnte direkt die nötige 600-V-Gleichspannung gewonnen werden.

# Commutateurs HT rapides, durables et réparables

En vue de l'utilisation dans les appareils de spectroscopie de masse, le laboratoire de chimie organique de l'EPF de Zurich a développé un commutateur haute tension rapide utilisable dans de nombreuses autres applications. Grand avantage: il est rapide et peut être réparé à peu de frais. Sa partie haute tension peut être cascadiée, permettant de commuter des tensions plus élevées.

## **Hitze? Drückende Schwüle? – ANSON liefert:**

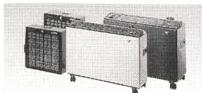


**ANSON**  
Decken-  
ventilatoren

**Ventilatoren**  
für Fabrik- und Lager-  
hallen. Angenehme  
Fächel-Kühlung. 230 V/  
70 W. Regelbar 0-220  
U/min. 15000 m<sup>3</sup>/h.  
Preisgünstig von

**ANSON AG 01 / 461 11 11**

8055 Zürich Friesenbergstrasse 108 Fax 01/461 31 11



**ANSON**  
Baby-Split  
mobile kleine

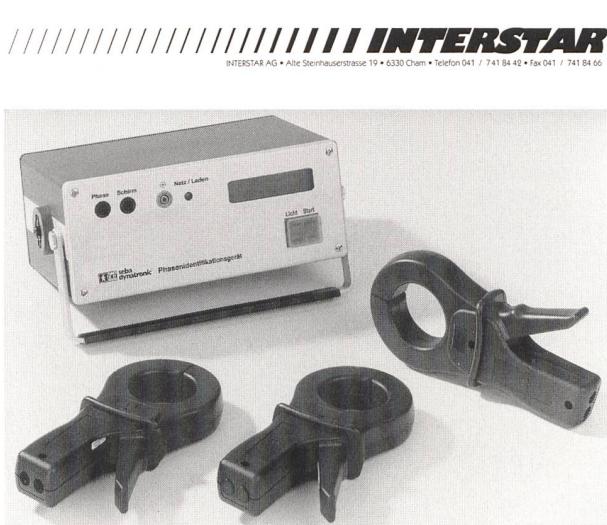
MOBILIC Kleine  
**Klimageräte**  
Leise. 220 V 840 W  
Nur aufstellen: Sofort  
Kühle und Wohlbefin-  
den in Büros, Labors  
Läden. Von ANSON



**ANSON Kli-  
mageräte Split  
sind superleise**

und schaffen zugfreie Kühle in Büros, Sitzungszimmern, Schulungsräumen. Individuell regelbar. 230 V 940 W. Preisgünstig. Rasch montiert.

... Broschüre „Cool bleiben“ verlangen!



# **PIL 8 Phasenidentifikation für geerdete und kurzgeschlossene Mittelspannungskabel**

**INTERSTAR AG, Alte Steinhausenstrasse 19,  
6330 Cham, Telefon 041 741 84 42  
www.interstar.ch**