

**Zeitschrift:** bulletin.ch / Electrosuisse  
**Herausgeber:** Electrosuisse  
**Band:** 96 (2005)  
**Heft:** 20

**Artikel:** Trafoanalyse mit mathematischem Modell  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-857862>

### **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>**

# Trafoanalyse mit mathematischem Modell

Ein Grossteil der Transformatoren in Kraft- und Umspannwerken kommt in die Jahre: Rund 30% aller in der Energietechnik verwendeten Leistungstransformatoren sind bereits über 30 Jahre alt – und damit nahezu am Ende ihrer Nutzungsdauer. Das Institut für Elektroenergiesysteme und Hochspannungstechnik (IEH) der Universität Karlsruhe (D) optimiert deshalb eine Methode, mit der die Wissenschaftler ins Innere eines Transformators «schauen» können, ohne das Gerät auf teure Art und Weise zu öffnen. Das Zauberwort, das Tür und Tor aufmacht, heisst «dielektrische Analyse», genauer «Polarisationsstrom».

## Schwachpunkt Isolationssystem

Einer der Schwachpunkte der Transformatoren: das Isolationssystem, das im Innern des Geräts dafür sorgt, dass die hohen Spannungen von mehreren hundert Kilovolt sicher beherrscht werden. Ein Teil der Isolierung besteht aus komprimierten Cellulosefasern. Saugt sich dieses Material mit Wasser voll, erfüllt es seine Funktion nicht mehr. Doch wie kann der Betreiber feststellen, wann die Zeit für eine Wartung gekommen ist? «Eine Probe aus dem Transformator zu entnehmen, ist sehr aufwändig», erklärt Professor Dr. Thomas Leibfried, Leiter des IEH. Deshalb feilt sein Team an einer Methode, die bereits erfolgreich in der Praxis eingesetzt wird: Anstatt den Transformator zu öffnen, ein Stückchen Zellulose zu entnehmen und dessen Wassergehalt zu bestimmen, gehen die Karlsruher Wissenschaftler den «Umweg» über ein mathematisches Modell.

## Informationen zum inneren Aufbau

Dazu sind detaillierte Informationen zum inneren Aufbau des zu untersuchenden Transformators nötig: zu den Abmessungen des Isolationssystems und den Materialien, aus denen es besteht. Das Herzstück der Untersuchung jedoch ist die Messung des Polarisations- und Depolarisationsverhaltens (PDC-Mes-

sung) des Transformators vor Ort. Bei diesem Verfahren legen die Forscher an das abgeschaltete Gerät eine Gleichspannung von 500 Volt an. Dadurch entsteht in der Isolierung ein Strom, der exponentiell abklingt.

Der zeitliche Verlauf und die Grösse dieses Stroms, der in der Regel zwischen  $10^{-6}$  und  $10^{-9}$  Ampère liegt, lassen Schlussfolgerungen über den Wassergehalt im Isolationssystem zu. Der Grund: Das Polarisationsverhalten der Cellulose hängt vom darin eingelagerten Wasser ab. Leibfried: «Stark vereinfacht kann man sagen, je stärker der Strom exponentiell abklingt, desto weniger Wasser ist in der Cellulose.» Für die Berechnung verwenden die Wissenschaftler ein mathematisches Modell.

## Zu viel Wasser

Erreicht ein Transformator im Laufe seiner Betriebszeit einen Wassergehalt von mehr als drei Prozent, rät das Institut dazu, das Gerät zu trocknen – ein Vorgang, der den Betreiber rund 50 000 Euro

## Wie funktionieren Transformatoren?

Mit einem Transformator – kurz: Trafo – werden ein- oder dreiphasige Wechselspannungen erhöht oder reduziert. Diese Änderung der Spannung führt auch zu einer Änderung des maximal zulässigen Stroms am Ausgang des Transformators. Wird die Spannung hinuntertransformiert, steigt der maximal zulässige Strom an. Wird die Spannung hinauftransformiert, sinkt der maximal entnehmbare Strom.

kostet. Dass die Genauigkeit dieser Modellierungstechnik «nur» bei  $\pm 0,5$  Prozent liegt, stört Leibfried nicht: «Um zu entscheiden, ob eine Trocknung nötig ist, reicht diese Genauigkeit aus.» Ein Problem allerdings gilt es noch zu beseitigen: In rund 20 Prozent der Fälle sind die Messergebnisse «unrealistisch», das heisst, die Werte des Wassergehalts sind deutlich zu hoch oder zu niedrig. Hier möchte das Karlsruher Team Abhilfe schaffen und arbeitet mit Hochdruck an einer Verbesserung der Modellierung. Eine mögliche Schwachstelle der Methode verrät Leibfried schon vor Abschluss der Untersuchungen, die Siemens finanziert: Das Modell geht von der Annahme aus, dass die Materialien im Transformator neu sind. Der Grund dafür ist, dass die Wissenschaftler zu Beginn der Untersuchung glaubten, der Unterschied im Verhalten dieser Stoffe im neuen oder gealterten Zustand sei vernachlässigbar klein. «In vielen Fällen funktioniert das, aber es gibt offensichtlich immer wieder Transformatoren, bei denen diese Annahme so nicht getroffen werden darf», betont Leibfried.

Ein wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Elektroenergiesysteme und Hochspannungstechnik (IEH) schliesst einen Modelltransformator zur Analyse an den Computer an (Foto Universität Karlsruhe).



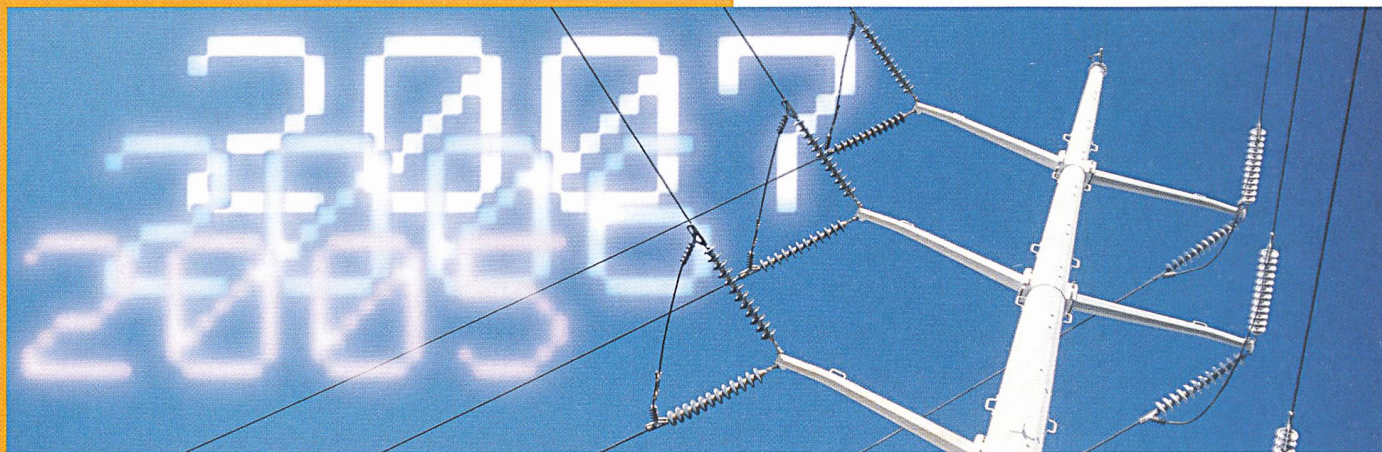
### Kontakt

Universität Karlsruhe (TH)  
Presse und Kommunikation  
Dr. Elisabeth Zuber-Knost/Leiterin  
Kaiserstrasse 12  
D-76131 Karlsruhe



Ja, es gibt sie ...

VISOS<sup>V</sup>



... die Schweizer Firma  
mit ausgewiesener  
Erfahrung in liberalisierten  
Energiemärkten.

#### 2005

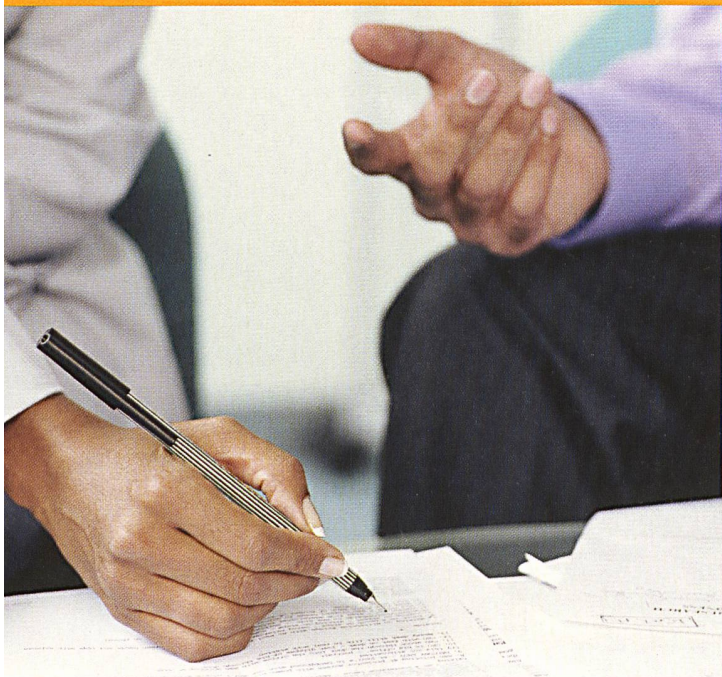
- Know-how aufbauen
- Marktprozesse erarbeiten
- Systemanforderungen spezifizieren
- Tools evaluieren

#### 2006

- Lösungen implementieren
- prozesssynchrone Systemintegration
- Gesamtsystem optimieren

#### 2007

- Wettbewerbsvorteile im Energiemarkt  
gewinnbringend einsetzen



Bereiten Sie sich mit uns  
auf die Markttöffnung vor ...

VISOS AG · CH-8320 Fehraltorf  
Markus Brack  
Telefon +41 (0)44 954 82 50  
[www.visos.ch](http://www.visos.ch) · [info@visos.ch](mailto:info@visos.ch)