

**Zeitschrift:** bulletin.ch / Electrosuisse  
**Herausgeber:** Electrosuisse  
**Band:** 99 (2008)  
**Heft:** 5

**Rubrik:** Rückblick = Rétrospective

### **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:** 08.02.2026

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

der anspruchvollsten Fragen der aktuellen Grundlagenforschung. (Albert-Ludwigs-Universität/Sz)

## Erhöhte Leistungsfähigkeit von Solarzellen

Die Solarzellentechnik hat immer noch mit zwei Problemen zu kämpfen: einem zu geringen Wirkungsgrad und zu hohen Herstellkosten. In Zusammenarbeit mit Satoshi Uchida von der Universität Tokio haben Michael Grätzel und seine Arbeitsgruppe an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne nun neue Sensibilisatoren entwickelt, die einem kostengünstigen Solarzellentyp zu einer höheren Effizienz verhelfen sollen.

Grätzel entwickelte bereits vor Jahren fotoelektrochemische Solarzellen, die kostengünstig, einfach in der Herstellung und dabei langzeitbeständig gegenüber Licht und Hitze sind. Diese Grätzelzellen enthalten eine Titandioxid-Halbleiterschicht ( $\text{TiO}_2$ )

aus Millionen winzigster nanoskopischer Körnchen, die mit einem Farbstoff als Sensibilisator bedeckt sind. Lichtteilchen setzen Elektronen aus dem Farbstoff frei, die ins Leitungsband des  $\text{TiO}_2$  übertragen, im äussersten Bereich der Zelle gesammelt und über einen externen Kreislauf abgeleitet werden. Damit dies funktioniert, dürfen die losgeschlagenen Elektronen nicht wieder vom Farbstoff aufgenommen werden. Dazu enthält die Zelle eine Elektrolytlösung mit negativ geladenen Iodid-Ionen, die die Elektronenlücken im Farbstoff sofort wieder auffüllen. Allerdings verdampft das Lösungsmittel des Elektrolyten und verursacht Probleme. Eine Alternative sind ionische Flüssigkeiten, also Salze, die bereits bei niedrigen Temperaturen als Schmelze vorliegen und nicht verdampfen. Diese sind aber so zähflüssig, dass der Transport der negativ geladenen Ionen langsam ist, die Elektronenlücken werden nicht schnell genug aufgefüllt, wodurch die Effizienz der Zelle sinkt. Statt der üblichen Ruthenium-

Farbstoffe setzen die Forscher massgeschneiderte organische Farbstoffe ein, die auf Indolin basieren und eine höhere Lichtausbeute erzielen. Die  $\text{TiO}_2$ -Filme dürfen dann dünner sein, sodass die innen liegenden Nano-Körnchen leichter von den Ionen erreicht werden. So lässt sich eine Energieumwandlungsausbeute von über 7,2% erreichen – ein Rekord für diesen Zellentyp (organischer Farbstoff, ionische Flüssigkeit, Titandioxid). Dabei hängt die Leistungsfähigkeit des Farbstoffs als Sensibilisator nicht nur von seinem Chromophor – dem Licht absorbierenden, farbgebenden Molekülteil – ab. Ein Farbstoff mit einer zusätzlichen Kohlenwasserstoffkette war der Spitzenreiter. Offenbar verbessert diese Kette den Aufbau einer dichten Farbstoffschicht auf den Titanoxidkörnchen, die die Eigenschaften von dessen Leitungsband günstig beeinflusst. (Angewandte Chemie/Sz)

rückblick • retrospective

ITG-Tagung vom 28. Februar 2008, Empa-Akademie Dübendorf

## Zuverlässigkeit technischer Systeme

Die Tagung war so aufgebaut, dass am Vormittag die theoretischen Grundlagen der Zuverlässigkeitstechnik vorgestellt wurden und am Nachmittag das vermittelte Wissen anhand von Beispielen erläutert wurde.

Zu Beginn stellte Dr. Urs Sennhauser die Zusammenhänge zwischen Qualität, Physik der Ausfälle und Zuverlässigkeit vor. Wichtig dabei ist der Zusammenhang, dass die Belastbarkeit eines Systems abhängig von der Qualität des Produkts ist und eine Streubreite aufweist. Die Last, die dem System aufgebürdet wird, hat seinerseits auch eine Streuung. Sobald die beiden Streubereiche überlappen, tritt ein Ausfall auf. Je grösser der Überlapp, desto grösser die Ausfallhäufigkeit. Dabei nimmt die Belastbarkeit des Systems durch Degradation im Laufe der Zeit ab, wodurch sich die Ausfälle häufen.

Prof. Dr. Alessandro Birolini führte in seiner bekannt lebhaften Weise in die mathematischen Grundlagen der Stochastik und der Zuverlässigkeitstheorie ein. Dabei wurde die Bedeutung der Verteilungsfunktionen, deren Anwendung in der Zuverlässig-

keitstechnik und schlussendlich die Behandlung von reparierbaren Systemen erläutert.

Dr. Walter Odermatt zeigte danach die erste Limitierung der Theorie in der Praxis auf. Selten hat ein Industriebetrieb genügend Proben, um eine statistisch relevante Stichprobe zu testen. So bleiben nur der Rückgriff auf Erfahrung mit ähnlichen Produkten und der kreative Umgang mit den wenigen zur Verfügung stehenden Daten, um minimale Aussagen zu Ausfallraten im Feld zu erhalten.

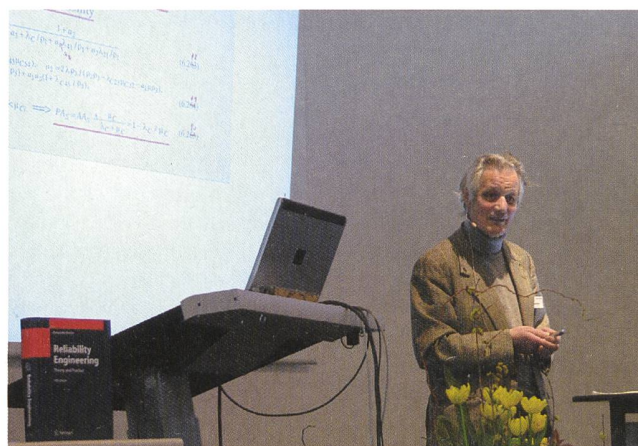
Marcel Held stellte diverse Modelle vor, die angewendet werden, um die Zuverlässigkeit eines technischen Systems analytisch zu bestimmen. Die verschiedenen Modelle versuchen, möglichst viele Einflussfaktoren analytisch zu verarbeiten, so dass verschiedene Missionsprofile und ihr Einfluss auf die Zuverlässigkeit des be-

trachteten Systems simuliert werden können. Hauptanwendung der Berechnungen ist aber nicht eine absolute Aussage, sondern vergleichende Berechnungen, die den Effekt einer Designänderung oder einer neuen Mission aufzeigen.

Prof. Peter Jacob führte die Limitierung der beschleunigten Prüfung an Halbleiterchips vor. Dabei wurde klar, dass bei der Definition eines beschleunigten Tests genau darauf geachtet werden muss, dass keine neuen, nicht relevanten Ausfallmechanismen aktiviert werden dürfen. Das bedeutet aber auch, dass bereits klar sein muss, welcher Ausfallmechanismus im Feld erwartet wird, bevor irgendwelche Tests durchgeführt werden.

Dr. Werner Johler ging auf die Zuverlässigkeitsproblematik von Relais ein, in der nicht die Ausfallrate in Funktion der Zeit, sondern in Funktion der Lastspiele betrach-





Links: Günter Grossmann, Tagungsleiter. – Rechts: Prof. Dr. Alessandro Birolini, «Guru» der mathematischen Grundlagen im Bereich Zuverlässigkeit von technischen Systemen.

tet werden muss. Die entstehenden Ausfallmechanismen sind vielfältig und bedürfen ausgefeilter Teststrategien zur gezielten Aktivierung.

Urs Welte stellte danach die spezielle Problematik von elektronischen Systemen in Strassentunnels vor, die durch extreme

Temperaturbelastung gekennzeichnet sind. Er präsentierte vorbeugende Instandhaltungsstrategien, deren Anwendung aber durch finanzielle Zwänge stark limitiert ist.

Alex J. Bernhard zeigte zum Schluss, wie ein Versicherer mit der Problematik von Risiken umgeht. Er erläuterte, was über-

haupt versicherbar ist und dass jeder Versicherung Grenzen gesetzt sind. Er stellte Entscheidungskriterien vor, mithilfe derer die Versicherbarkeit eines Objekts und die Prämie festgelegt werden.

*Günter Grossmann, Tagungsleiter*

*Cigré/Cired-Fachtagung vom 28. Februar 2008, ETH Zürich – Séminaire Cigré/Cired du 28 février 2008, EPF de Zurich*

## Kommunizieren, handeln und vorausdenken Communiquer, agir et prévoir

In vier Vorträgen wurden die Folgen des Störfalls vom 4. November 2006 ausgeleuchtet, inofgedessen für 15 Millionen Bürger in ganz Europa die Lichter ausgingen. Der tatsächliche Grund lag darin, dass die 380-kV-Leitung Conneforde–Diele über die Ems für die Überführung eines Kreuzfahrtschiffes abgeschaltet wurde. Ein solches Manöver war früher schon 14-mal ohne Probleme durchgeführt worden. Doch an diesem 4. November kam es zu einer Kettenreaktion von Kommunikationsfehlern und Fehlentscheiden. An der Tagung, zu welcher das Schweizerische Nationalkomitee Cigré/Cired einlud, wurden die Lehren aus diesem Störfall gezogen.

Quatre exposés ont mis en lumière les conséquences de la panne de courant du 4 novembre 2006, à la suite de laquelle 15 millions de citoyens ont été privés de lumière dans toute l'Europe. La vraie raison de cette panne est l'arrêt de la ligne 380 kV Conneforde–Diele traversant le fleuve Ems pour laisser passer un paquebot de croisière. Une manœuvre de ce type avait déjà été opérée sans problème à 14 reprises par le passé. Mais ce 4 novembre, une réaction en chaîne s'est déclenchée, véritable succession d'erreurs de communication et de mauvaises décisions. Au cours du séminaire auquel le Comité national suisse Cigré/Cired avait convié, les enseignements de cette panne ont été tirés.

*In der Folge* des Störfalls wurden quer durch Deutschland, Österreich und den Balkan Leitungen abgeschaltet. Im europäischen Netz schwankten die Frequenzen zwischen 49 und 50,6 Hz. Um den Zusammenbruch der Netze aufzufangen, kam es europaweit

zu einem Lastabwurf von insgesamt 17 000 MW.

Philippe Adam, RTE France, erklärte in seinen Ausführungen, wie der totale Black-out verhindert werden konnte, aber auch, welches die Schwierigkeiten waren, das europäische Netz wieder zu stabilisieren.

Beinahe eine Stunde und eine enorme Leistungserhöhung durch Wasser- und Atomkraftwerke waren nötig, bis der Normalzustand wieder erreicht war. Eine der Hauptkonsequenzen aus der Untersuchung des gesamten Vorfalles war, dass die mangelnde Kommunikation zwischen verant-



wortlichen Stellen zum Teilkollaps führte und es deswegen auch so lange dauerte, bis das Netz wieder in einem stabilen Zustand war.

Eine ganz andere Gedankenkette im Zusammenhang mit der Stabilität der Netze entwickelte Prof. Armin Schnettler von der RWTH Aachen. Er analysierte die Konsequenzen der Energiepläne der deutschen Regierung: u.a. die Steigerung der erneuerbaren Energien auf einen Anteil von 25 bis 30%, die deutliche Zunahme dezentraler Energieproduktion und dezentralen Energieverbrauchs – vom Blockheizkraftwerk bis zum hybriden Fahrzeug. Kommt noch der steigende, europaweite Handel mit Strom hinzu. Eine seiner Schlussfolgerungen ist, dass die Kapazitäten in sämtlichen Netzen neu überdacht und angepasst werden müssen, wobei die Politik nicht nur als Zielvorgeber, sondern auch als Mitentscheider einzubinden ist. Denn wie immer auch die zukünftige Entwicklung der Energieproduktion und der Netze ausfällt, es wird immer eine Balance zwischen der volkswirtschaftlichen und der betriebswirtschaftlichen Rechnung gesucht werden müssen.

Die Möglichkeiten der Schweiz seien heute viel weiter fortgeschritten, versicherte Walter Sattinger von Swissgrid. Beim Störfall vom 4. November 2006 hatte sie lediglich eine marginale Nebenrolle in Sachen Lastabwurf gespielt, eine etwas grössere bei der Wiederherstellung der Stabilität. Sattingers Zukunftsgedanken gehen in Richtung hybride Netze und eine Erhöhung der «Intelligenz» im Verbundnetz.

Eine Abrundung aus Sicht des Forschers lieferte Petr Korba, Principal Scientist bei ABB Schweiz. Er erläuterte die neusten Erkenntnisse aus den Forschungsarbeiten im Zusammenhang mit Netzpendelungen. Eine seiner Feststellungen: Die vorhandenen PSS-Regelsysteme entsprechen nicht

mehr den heutigen Realbedingungen. Noch sind die Pendelungen für das schweizerische Netz kein Problem. Will jedoch die Schweiz auch in Zukunft eine wichtigere Rolle im europäischen Verbund spielen, sollte sie sich schon heute mit den Erfordernissen eines Wide-Area-Monitorings beschäftigen.

Cette panne a engendré des coupures de lignes à travers toute l'Allemagne, l'Autriche et les pays des Balkans. Dans le réseau européen, les fréquences ont oscillé entre 49 et 50,6 Hz. Pour enrayer l'effondrement des réseaux, un délestage brusque de 17 000 MW au total est intervenu sur l'ensemble du continent.

Philippe Adam, RTE France, a expliqué dans son exposé comment on a pu éviter le black-out total, mais aussi quelles ont été les difficultés pour stabiliser à nouveau le réseau européen. Près d'une heure et une énorme augmentation de puissance de la part des centrales hydrauliques et atomiques ont été nécessaires pour revenir à la normale. L'une des principales conclusions de l'enquête sur cette panne dans son ensemble est que l'effondrement partiel du réseau a été provoqué par le manque de communication entre les instances responsables et qu'il a par conséquent fallu très longtemps pour remettre le réseau dans un état stable.

Un tout autre enchaînement intellectuel en relation avec la stabilité des réseaux a été présenté par le prof. Armin Schnettler de l'Université technique RWTH d'Aix-la-Chapelle. Il a analysé les conséquences des plans énergétiques du gouvernement allemand, notamment l'augmentation des énergies renouvelables dans une propor-

tion de 25 à 30%, la hausse marquée de la production décentralisée d'énergie et la consommation décentralisée d'énergie – de la centrale thermique de chauffage à distance jusqu'au véhicule hybride. A ceci vient s'ajouter l'intensification du commerce de courant à l'échelle européenne. L'une de ses conclusions énonce qu'il faut repenser et adapter les capacités dans l'ensemble des réseaux, la politique ne devant pas dicter les objectifs, mais être intégrée comme acteur de la prise de décision. En effet, quelle que soit l'évolution de la production d'énergie et des réseaux, il faudra toujours rechercher un équilibre entre la balance macroéconomique et la balance microéconomique.

Les possibilités de la Suisse sont aujourd'hui beaucoup plus avancées, a assuré Walter Sattinger de Swissgrid. Lors de la panne du 4 novembre 2006, elle n'a joué qu'un rôle secondaire marginal en termes de délestage brusque et est intervenue davantage dans le rétablissement de la stabilité. Les réflexions prospectives de Sattinger vont en direction des réseaux hybrides et d'un développement de «l'intelligence» dans le réseau d'interconnexion.

Une dernière touche dans la perspective du chercheur a été apportée par Petr Korba, Principal Scientist chez ABB Suisse. Il expliqué les tout derniers résultats de travaux de recherche en relation avec les oscillations de réseau. Une de ses constatations: les systèmes de régulation PSS actuels ne sont plus conformes aux conditions réelles rencontrées actuellement. Les oscillations ne constituent pas encore un problème pour le réseau suisse. Si la Suisse veut toutefois jouer un rôle plus important dans l'interconnexion européenne à l'avenir, elle devrait se pencher dès aujourd'hui sur les exigences d'un Wide Area Monitoring. (Jodok W. Kobel, directeur du séminaire/Sz)





## An der EPFL/à l'EPFL: Symposium «Education et technique»



Die ehemalige Nationalrätin Christiane Langenberger, ehemalige Präsidentin der Kommission für Wissenschaft, Bildung und Kultur, lässt sich an den Ständen Technik erläutern. L'ancienne conseillère nationale Christiane Langenberger, ancienne présidente de la Commission des sciences, de l'éducation et de la culture, se fait expliquer la technique sur les stands.

Der im letzten Herbst gegründete Verein NaTech Education, der sich für die Förderung des Technikverständnisses und die Aufwertung der Naturwissenschaften in der

**IngCH**  
Engineers Shape our Future

Allgemeinbildung einsetzt, führte am 20. Februar 2008 an der EPFL das Symposium «Education et technique» durch. Teilgenommen haben rund 90 Lehrpersonen, Bildungsverantwortliche und Industrievertreter und -vertreterinnen aus der Westschweiz. Nach einer kurzen Begrüssung durch Prof. Giorgio Margaritondo, Vizepräsident der EPFL, und einer Einleitung durch die ehemalige Nationalrätin Christiane Langenberger, ehemalige Präsidentin der Kommission für Wissenschaft, Bildung und Kultur, hörten die Teilnehmenden drei Kurzreferate. Die Inputs von Prof. Claude Joseph, UNIL, Prof. Peter Labudde, PH FH Nordwestschweiz, und Denis Leuba, HEP Vaud, waren spannend und regten die nachfolgenden Diskussionen an. Moderatorin des Symposiums war Brigitte Manz-Brunner, die Geschäftsführerin von NaTech Education.

Über Mittag beim Stehlunch besuchten die Teilnehmenden die Stände, die verschiedene konkrete Projekte zum «Einbezug der Technik in den Schulunterricht» präsentierten. Am Nachmittag bot sich die Gelegenheit, in drei Ateliers verschiedene

Themen (wie z.B. die Rolle der Schule und die Erwartungen der Industrie) zu vertiefen und zu diskutieren. Nach den vielen positiven Feedbacks zu beurteilen, erhielten die Teilnehmenden des Symposiums viele Anregungen und schätzten vor allem auch die Gelegenheit, wichtige Kontakte knüpfen und konkrete Massnahmen diskutieren zu können. Die Veranstaltungsreihe «Technikverständnis in der Allgemeinbildung» oder eben «Education et technique» wurde von IngCH zusammen mit den beiden technischen Hochschulen ETHZ und EPFL sowie der SATW initiiert und wird vom Verein NaTech Education weitergeführt.

Die Referate sowie weitere Infos sind auf [www.natech-education.ch](http://www.natech-education.ch) abrufbar.

Le forum NaTech Education, créé à l'automne dernier en vue de s'engager pour la promotion des sciences naturelles et de la compréhension de la technique dans l'enseignement, a organisé le 20 février 2008 à l'EPFL le symposium «Education et technique». Quelque 90 enseignants, responsables de formation et représentants de l'industrie de Suisse romande ont participé à cette manifestation. Après un bref discours de bienvenue du prof. Giorgio Margaritondo, vice-président de l'EPFL, et une introduction prononcée par l'ancienne conseillère nationale Christiane Langen-

ger, ancienne présidente de la Commission des sciences, de l'éducation et de la culture, les participants ont assisté à trois exposés concis présentés par le prof. Claude Joseph, UNIL, le prof. Peter Labudde, PH FH Nordwestschweiz et Denis Leuba, HEP Vaud. Leurs interventions captivantes ont suscité des discussions successives. Le symposium avait pour modératrice Brigitte Manz-Brunner, secrétaire générale de NaTech Education.

A l'heure de midi, tout en se restaurant au buffet-repas, les participants ont visité les stands qui présentaient différents projets concrets sur «l'intégration de la technique dans l'enseignement scolaire». L'après-midi offrait l'occasion d'approfondir et de discuter plusieurs thèmes (comme p.ex. le rôle de l'école et les attentes de l'industrie) dans le cadre de trois ateliers. A en juger par les nombreuses réactions positives, les participants du symposium ont fait le plein d'idées et de suggestions et ont surtout apprécié l'occasion de nouer des contacts importants et de discuter de mesures concrètes. Initiée par IngCH en coopération avec les deux hautes écoles polytechniques ETHZ et EPFL ainsi que la SATW, la série de manifestations «Compréhension de la technique dans les concepts d'éducation» ou «Education et technique» a été reprise en main par le forum NaTech Education.

Les exposés ainsi que des infos supplémentaires sont consultables sur le site [www.natech-education.ch](http://www.natech-education.ch). (IngCH/Sz)