Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse

Band: 100 (2009)

Heft: 7

Rubrik: Technologie

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

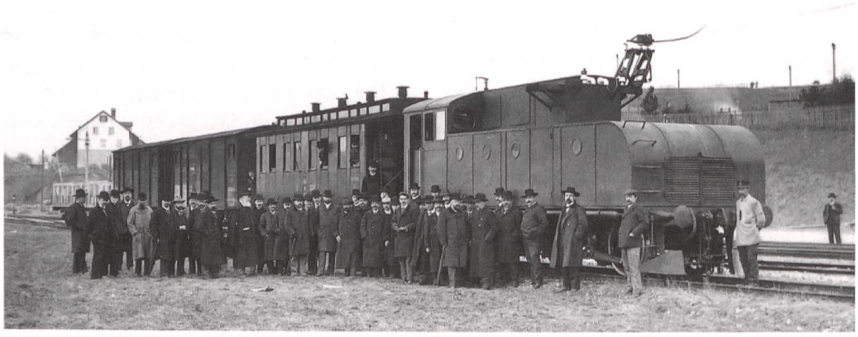
Elektrifikation der Eisenbahn

Die Wiege der Elektrifikation des Eisenbahnnetzes

Schon im Jahr 1901 hatte der damalige Direktor der Maschinenfabrik Oerlikon (MFO), Emil Huber-Stockar, den SBB vorgeschlagen, die Strecke Seebach–Wettingen auf elektrischen Betrieb umzustellen, um die elektrische Vollbahntraktion betriebsmässig erproben zu können. Die aus dem Versuchsbetrieb gewonnenen Erkenntnisse waren zentral für die Entwicklung des elektrischen Bahnbetriebs in der Schweiz, in Deutschland, Österreich, Norwegen und Schweden.

1867 entwickelte Werner von Siemens das Prinzip der selbsterregten Gleichstrommaschine. Endlich konnte elektrische Energie in grösseren Mengen produziert werden. Der öffentliche Verkehr nutzte sofort diese Möglichkeit. 1881 rollte eine elektrische Trambahn in Berlin, und 1888 fuhr ein elektrisches Tram auch in der Schweiz von Vevey via Montreux nach Chillon.

Gleichstrom eignete sich nur für kurze Bahnstrecken. Bei grösseren Strecken traten Spannungsverluste auf, denn Gleichstrom lässt sich nicht transformieren, und Gleichstrommotoren konnten nicht mit beliebig hohen Spannungen betrieben werden. Die Einführung von Wechselstrom schien die Lösung zu sein, da sich dieser mit Transformatoren auf jede beliebige Spannung bringen lässt. Die Fahrleitungen können mit Hochspannung und die Motoren der Lokomotiven mit einem dazwischengeschalteten Transformator mit niedriger Wechselspannung betrieben werden. Für diese Lösung fehlte jedoch noch der 1-Phasen-Wechselstrom-Motor. Bekannt war damals nur der Drehstrom-Asynchronmotor, der sehr einfach aufgebaut ist, doch erhebliche Mängel für die Traktionsverhältnisse aufweist, da die Drehzahlregulierung an die Wechselstromfrequenz gebunden ist. Dennoch entstanden in der Schweiz verschiedene Drehstrombahnen, so 1898 die Gornergrat- und Jungfraubahn.



Versuchsfahrt vom 13. Februar 1904 auf dem Verbindungsgleisareal der MFO-Station Seebach mit der Umformer-Lokomotive Nr. 1. Die dritte Person von rechts ist Hans Behn-Eschenburg.

1-Phasen-Wechselstrom für Vollbahnen

Schon sehr früh zeigte sich, dass die ideale Lösung der 1-Phasen-Wechselstrom für Vollbahnen war. Die Fahrleitung bei der Drehstromtraktion ist mit 2 parallel geführten Fahrleitungsdrähten, besonders bei Weichen und Kreuzungen, sehr kompliziert.

Die erste Lokomotive Seebach–Wettingen war von der damaligen Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur (SLM) und der MFO gebaut worden. Sie war jedoch noch mit 2 Gleichstrommotoren ausgerüstet. Neu war aber die Anwendung des hochgespannten Wechselstroms von 15 000 V in der Fahrleitung, was die Voraussetzung schuf, ein umfangreicheres Bahnnetz mit geringem Spannungsverlust zu speisen. Ein in der Lokomotive eingebauter Transformator reduzierte die Spannung auf einige Hundert Volt, und eine rotierende Umformergruppe, bestehend aus einem Motor und einem Generator, verwandelte den Wechselstrom in Gleichstrom, der den Fahrmotoren zugeführt wurde. Diese erste Lokomotive, in Eisenbahnerkreisen «Eva» genannt, hatte eine etwas eigenwillige Kastenform, die an ein Glätteisen erinnert. Nachdem im November 1905 auf der Versuchsstrecke die Wechselstromfrequenz von 50 auf 15 Hz umgestellt wurde, erfuhr die Lokomotive einen Umbau in eine Direktmotorlokomotive: Der rotierende Umformer wurde entfernt, und die neuen Fahrmotoren wurden direkt mit Wechselstrom gespeist. Nach Beendigung des Versuchsbetriebs im Jahre 1909 blieb sie 10 Jahre bei der MFO, wurde ab 1919 bei den SBB eingesetzt, gelangte dann 1940 in den Besitz der Bodensee-Toggenburgbahn (BT), und seit 1959 hat sie einen Ehrenplatz im Verkehrshaus der Schweiz in Luzern.

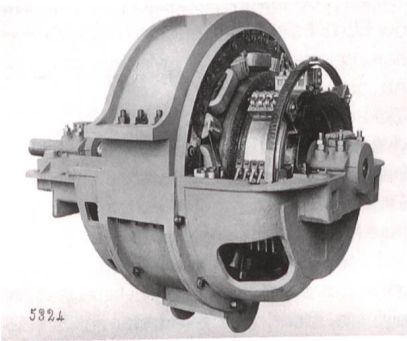
Funkenbildung bei 50 Hz erfordert Umstellung auf 15 Hz

Die zweite Lokomotive mit dem Namen «Marianne» folgte im November 1905 und wies einen veränderten Kastenaufbau auf. Die 2 Fahrmotoren à 250 PS wurden via Transformator direkt mit Wechselstrom betrieben. Nach dem Vorschlag des MFO-Oberingenieurs Hans Behn-Eschenburg wurde anfänglich Wechselstrom mit einer Frequenz von 50 Hz verwendet. Bei der Verwendung der Industriefrequenz von 50 Hz stellte man jedoch fest, dass die Funkenbildung am Kollektor der Gleichstromfahrmotoren so gross war, dass es zu einem «Rundfeuer» kam: Die Kommutierung stellte bei Wechselstrom grössere Probleme als bei Gleichstrom. Inzwischen aber hatte Hans Behn-Eschenburg seinen 1-Phasen-Serienmotor mit phasenverschobenen Hilfsfeld entwickelt und im Februar 1904 zum Patent angemeldet. Die Reduktion der Frequenz von 50 auf 15 Hz (heute 16,7 Hz) brachte weitere Verbesserungen im Verhalten der Kommutation bei den Mo-

toren. Am 10. November 1905 wurden die Versuche mit 50 Hz zu Ende geführt. Am nächsten Tag wurde «Marianne» in Betrieb genommen, die mit 15 Hz betrieben wurde. Diese Lokomotive kann somit als «erste 1-Phasen-Wechselstrom-Lokomotive» der Welt bezeichnet werden. Nach dem Ende des Versuchsbetriebs bis 1919 war sie bei der MFO remisiert, wurde dann ebenfalls von den SBB übernommen, kam 1940 zur Sensetalbahn, wurde 1964 durch die SBB in den Ursprungszustand zurückgebaut und dem Verkehrshaus Luzern zur Verfügung gestellt.

Um die Traktionsversuche auf dieser 1-Phasen-Bahn auf eine möglichst breite Basis zu stellen, erklärte sich die MFO dazu bereit, dass auch die Siemens-Schuckert-Werke in Berlin (SSW) an diesen Versuchen teilnehmen durften. So traf die dritte Versuchslokomotive am 3. August 1907 von Berlin ein. Nach dem Ende des Versuchsbetriebs ging diese Maschine wieder an die SSW nach Berlin zurück, wo sie 1912 in eine 4-achsige Gleichstromlokomotive umgebaut wurde. 1944 wurde sie leider bei einem Bombenangriff auf Berlin zerstört.

Für einen weiteren Ausbau der Versuchsstrecke von Affoltern bis Regensdorf wurde die Vorlage am 25. Januar 1906 genehmigt. Am 4. Mai 1906 wurde die Bewilligung für eine Bügelfahrleitung, erbaut durch die SSW, von Regensdorf bis Wettingen erteilt.

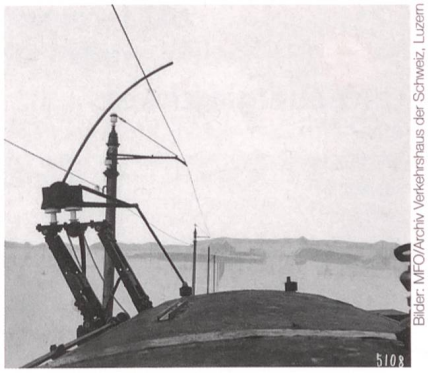


1-Phasen-Wechselstrom-Fahrmotor der Lokomotiven Nr. 1 und 2; Leistung 250 PS/184 kW.

Fahrleitungsanlagen und Stromabnahme

Auch die verschiedenen Arten von Fahrleitungsanlagen und das Verhalten der Stromabnahme durch die Lokomotiven waren zu erproben. Die von der MFO zur Ausführung gebrachte Rutenfahrleitung hatte den Vorzug der grössten Einfachheit und war günstig zu erstellen. Die Stromabnehmer auf dem Dach der Lokomotive waren schwach gebogene «Mannesmann-Rohre» mit auswechselbaren Schleifstücken – sogenannte Ruten, quer zur Gleisachse. Diese wurden mit Federkraft an den Fahrdraht gedrückt und konnten etwas mehr als einen Halbkreis beschreiben, sodass das Bestreichen des Fahrdrahts von oben, von der Seite und direkt von unten möglich war. Während der Fahrt pendelten diese Ruten also hin und her. Bei der Fahrt über Weichenverbindungen wurde der Fahrdraht von unten bestrichen. Dieses System wurde bei der damaligen Maggiatal-Bahn von Ponte Brolla nach Bignasco in der Praxis angewandt und bis zur Stilllegung dieser Bahnstrecke in den 1960er-Jahren beibehalten. Diese Fahrleitungsbauart eignete sich allerdings kaum für höhere Geschwindigkeiten und wurde nicht mehr weiterverfolgt.

Die Strecke ab Regensdorf wurde dann als Bügelfahrleitung mit Vielfachaufhängung nach dem Patent der SSW gebaut. Der Fahrdraht befand sich in einer Höhe von 6 m über der Gleismitte. Als Stromabnehmer diente ein Schleifbügel mit schwach gekrümmtem Einsatzstück aus Aluminium von U-förmigem Querschnitt. Diese Fahrleitungsbauart wurde weiter verbessert und kam in ähnlicher Bauart bei den folgenden Elektrifizierungen in der Schweiz zur Anwendung.



Bilder: MFO/Archiv Verkehrshaus der Schweiz, Luzern

Rutenstromabnehmer System MFO; Bestreichung des Fahrdrahts schräg von der Seite.

Die SBB erwarben nach dem vertraglichen Ende des Versuchsbetriebs die von der MFO installierten Einrichtungen nicht. Ab 4. Juli 1909 kamen wieder Dampflokomotiven zum Einsatz, und die elektrischen Anlagen wurden demontiert. Erst am 14. Februar 1942 wurde im Rahmen der Kriegsnotelektrifikation auf dieser Strecke der elektrische Betrieb aufgenommen, wiederum mit 15 000 V 1~16,7 Hz.

Mit einem Kostenaufwand von über 1 Mio. CHF hat die damalige Maschinenfabrik Oerlikon zwischen 1902 und 1909 mit grosser Gründlichkeit das Traktionssystem erprobt, wobei das 1-Phasen-Wechselstrom-System alle Vorteile des Gleich- und Drehstromsystems vereinigt hat. Die BLS hat dann diese Versuche auf ihrer Strecke Spiez–Frutigen im Jahre 1910 fortgesetzt und 1913 auf die gesamte Lötschbergbahn ausgedehnt. Die Rhätische Bahn hat sich im Jahr 1913 ebenfalls entschlossen, ihre Strecke ins Unterengadin nach Scuol und schliesslich das gesamte Stammnetz mit diesem Stromsystem zu elektrifizieren. *(Hans Bodmer/jvb)*

ECG – PARTNER DER ENERGIEWIRTSCHAFT
ECG THE ENERGY CONSULTING GROUP
www.the-ecgroup.com

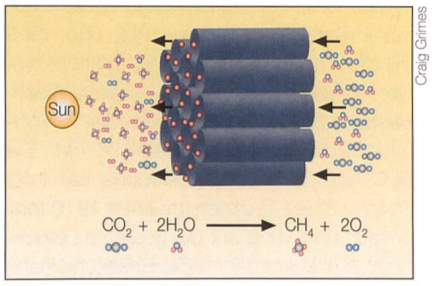
energieschweiz

EnergieSchweiz – das partnerschaftliche Programm für Energieeffizienz und erneuerbare Energien

Infoline 031 323 22 44 / 0848 444 444
www.energie-schweiz.ch / www.suisse-energie.ch

Eine Lösung für das CO_2-Problem?

Amerikanischen Forschern ist es gelungen, Kohlendioxid und Wasserdampf mittels Sonnenenergie in den Brennstoff Methan umzuwandeln. Als Katalysator dienen Nanoröhrchen aus Titanoxid, die mit chemisch aktiven Substanzen beschichtet sind. An diesem Katalysator reagiert das Kohlendioxid aus der Luft mit Wasserdampf und verbindet sich zu Methan. Die Nanoröhrchen stehen ähnlich Grashalmen senkrecht auf einer Oberfläche, die von den Gasen überströmt und von Sonnenlicht bestrahlt wird.



Craig Grimes

Auf beschichteten Nanotubes reagieren CO_2 und Wasserdampf zu Methan.

Gegenüber ersten Versuchen konnten die Forscherinnen und Forscher um Craig Grimes von der Pennsylvania State University in University Park die Methanproduktion bereits um das 20-Fache steigern. Das weckt Hoffnungen, das Treibhausgas CO_2 auch in Solarproduktionsanlagen aus der Luft zu entnehmen und in den Brennstoff Methan umzuwandeln. Ein umweltfreundlicher Kreislauf würde entstehen.

Da die Ausbeuten im Labor noch zu gering sind für eine industrielle Produktion, versucht die Grimes Group an der Pennsylvania State University, das Verfahren zu optimieren. Weitere Infos auf der Website der Grimes Group: www.engr.psu.edu/ee/grimes. *(EnergieSchweiz/pb)*

Energiesparen: so einfach!

Eine neue Kampagne des Bundes zeigt, wie einfach Energiesparen im Alltag sein kann. 8 TV-Spots und eine Internetseite informieren darüber, wie auf einfach Weise Strom, Treibstoff und Brennstoffe gespart werden können. So lässt sich zum Beispiel beim Autofahren 3% Treibstoff einsparen, wenn die Fahrzeugreifen 0,5 bar mehr Druck aufweisen, als vom Hersteller empfohlen. Als Nebeneffekt erhöht sich dadurch auch die Lebensdauer der Reifen. Kampagnen-Website: www.so-einfach.ch. *(EnergieSchweiz/pb)*

Mehr Energieeffizienz für kleine Gemeinden

In einer Fallstudie beschäftigen sich Masterstudierende der Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich mit der Energieversorgung der Gemeinde Urnäsch AR. Es handelt sich bereits um die zweite Studie der ETH in der Appenzeller Gemeinde – die erste beschäftigte sich mit den ökologischen Aspekten der Landnutzung. Nun will Professor Roland Scholz mit seinen Studierenden herausfinden, wie Energieversorgung und -konsum in kleinen bis mittelgrossen Gemeinden nachhaltig und möglichst unabhängig gestaltet werden kann. Unabhängig deshalb, weil die Wissenschaftler davon ausgehen, dass im Falle eines Energieengpasses – zum Beispiel verursacht durch eine Erdölverknappung – kleine ländliche Gemeinden die ersten Leidtragenden wären.

Die Fallstudie Urnäsch ist Teil des Grossprojekts «Climate Policy Making for Enhanced Technological and Institutional Innovations» (ClimPol), das sich um Entscheidungsprozesse verschiedener Anspruchsgruppen in Bezug auf den Klimawandel dreht. Weitere Fallstudien sind geplant: Noch dieses Jahr soll eine solche in einer Gemeinde in Litauen gestartet werden, später sollen Gemeinden in Südafrika folgen. Informationen zu ClimPol unter www.cces.ethz.ch/projects/clench/CLIMPOL. *(EnergieSchweiz/pb)*

Urnäsch Tourismus

Kleinere Gemeinden sind in Krisenzeiten besonders auf eine autonome Energieversorgung angewiesen.

Arbeitsplätze dank erneuerbarer Energie

Weil Deutschland seit einigen Jahren erneuerbare Energien stark fördert, ist die Branche kontinuierlich gewachsen und hat letztes Jahr mit 30 Mia. € einen neuen Umsatzrekord erzielt. Die Zahl der Beschäftigten stieg innert eines Jahres auf 280 000 an – ein Plus von mehr als 10%. Die Arbeitsgruppe Erneuerbare-Energien-Statistik (Agee-Stat) schätzt, dass der Einsatz erneuerbarer Energie in Deutschland jährlich 115 Mio. t CO_2 einspart. Der Anteil an erneuerbarer Energie beträgt rund 10% des gesamten Energieverbrauchs. Mehr dazu unter www.erneuerbare-energien.de. *(EnergieSchweiz/pb)*

Neue europäische Standards für Elektromotoren

Das Ecodesign Regulatory Committee der EU hat sich auf strengere Mindestanforderungen für elektrische Motoren geeinigt. Ab dem 16. Juni 2011 sollen nur noch Elektromotoren verkauft werden dürfen, die den Energieeffizienzstandard IE2 einhalten. Per 2015 sollen grosse Motoren sogar der Effizienzklasse IE3 entsprechen – für kleinere Motoren gilt der schärfere Standard ab 2017. Die Schweiz versucht nun, die Energieverordnung EnV mit der EU zu synchronisieren. Denn das Sparpotenzial ist beträchtlich: 45% des Stroms wird in der Schweiz von Elektromotoren verbraucht. Mit effizienteren Motoren könnten 20–25% Energie eingespart werden. Weitere Infos: www.topmotors.ch. *(EnergieSchweiz/pb)*

Neue Energieförderprogramme des Bundes

In der Märzsession 2009 hat das Parlament dem vom Bundesrat vorgeschlagenen zweiten Stabilisierungsprogramm zur Stützung der Wirtschaft zugestimmt. 60 Mio. der insgesamt 710 Mio. CHF des Bundes sollen in Förderprogramme aus dem Energiebereich fliessen.

Für das Programm für neue Fotovoltaikanlagen stehen 20 Mio. CHF als Investitionshilfen zur Verfügung. Profitieren können Betreiber von Fotovoltaikanlagen, die auf der Warteliste für die kostendeckende Einspeisevergütung stehen; dies gilt allerdings

nur für Anlagen, die per 31. Dezember 2008 bei der nationalen Netzgesellschaft Swissgrid AG für die kostendeckende Einspeisevergütung angemeldet worden sind. Die Investitionshilfe beträgt zwischen 2500 und 3500 CHF pro kW installierte Leistung (Maximalbetrag 25 000 bis 35 000 CHF).

Ein weiteres Programm fördert den Ersatz von Elektro-Speicherheizungen. Dafür sind 10 Mio. CHF vorgesehen. Die Investitionshilfen werden ausschliesslich für den vollständigen Ersatz solcher Heizungen in ständig bewohnten Gebäuden gewährt. Der grösste Betrag steht für das «Förderprogramm für Fernwärme mit Abwärme und erneuerbaren Energien» zur Verfügung. Mit 30 Mio. CHF fördert der Bund Fernwärmeprojekte, die mindestens zu 80% mit Abwärme und erneuerbaren Energien betrieben werden und deren Baubeginn 2009 erfolgt. Gefördert werden Neubau und Ausbau von Fernwärmeleitungen, die Umstellung von fossilen Fernwärmezentralen auf erneuerbare Energien sowie Gesamtprojekte. Von der Förderung ausgeschlossen ist der Anschluss einzelner Wärmebezüger an ein Fernwärmenetz.

Eingabeschluss für die Gesuche war der 30. Juni 2009. Detaillierte Angaben zu den Programmen unter www.bfe.admin.ch/stabilisierungsprogramm. *(EnergieSchweiz/pb)*

Energieeffizienz schon auf der Planungsskizze

Für Architekten stehen zu Beginn eines Bauprojekts meist Form und Funktion der Gebäude im Vordergrund. Über Energieeffizienz und Energiebedarf macht man sich erst später Gedanken. Oft ist dann aber schon vieles vorgegeben. Eine neue, an der ETH Zürich entwickelte Software soll nun schon vom ersten Planungsschritt an aufzeigen, wie energieeffizient ein Gebäude sein wird. Innert weniger Sekunden berechnet und visualisiert die Software die Energiekennzahlen eines Gebäudes noch während der Planung. Architekten erkennen dann sofort, was wo geändert werden kann, um Energie zu sparen. Derzeit wird die professionelle Version der Software konzipiert und getestet. Zudem soll ein Kostenmodell integriert werden, das jeweils die ungefähren Baukosten errechnet. Infos: www.gt.arch.ethz.ch/research/DPV. *(EnergieSchweiz/pb)*

Eine Biomassestrategie für die Schweiz

Biomasse soll nachhaltig und effizient produziert, verarbeitet und genutzt werden – dies die Vision des Bundes. Die Bundesämter für Energie, Landwirtschaft, Raumentwicklung und Umwelt haben deshalb eine Studie erarbeitet und Leitlinien formuliert. Biomasse wird weltweit knapper, sei es in Form von Nahrungsmitteln, aber auch als Energiequelle und als Baustoff. Laut Bund ist das Potenzial der Biomasse in der Schweiz beachtlich, kann aber aufgrund der hohen Besiedlungsdichte und der teilweise schwierigen Topografie nicht beliebig gesteigert werden. Da Biomasse vielseitig verwendet werden kann, besteht die Gefahr von Nutzungskonflikten und einer Übernutzung von natürlichen Ressourcen. Die Biomassestrategie des Bundes soll das verhindern. Sie enthält die wichtigsten Grundsätze, nach deren Orientierung eine nachhaltige und energetisch optimierte Biomassenproduktion und -nutzung gewährleistet wird.

www.aboutpixel.de

Pflanzen wie Raps können sowohl als Nahrungsmittel als auch als Treibstoffquelle dienen.

Das Strategiepapier kann unter www.news-service.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/15396.pdf heruntergeladen werden. *(EnergieSchweiz/pb)*

Regenwaldabholzung: Kredite müssten höher sein

In Ostasien sind Palmölplantagen eine wichtige Einkommensquelle, und immer noch wird dafür Regenwald abgeholzt. Kein Wunder: Wer 1 ha Urwald abholzt und darauf Ölpalmen pflanzt, kann zwischen 4000 und 10 000 Dollar Gewinn einstreichen. Nur bis zu 1000 Dollar erzielt hingegen, wer aus ökologischen Gründen auf ein Abholzen verzichtet und sich stattdessen mit einem Klimakredit für den Walderhalt entschädigen lässt. Postdoktorand Lian Pin Koh vom Chair of Ecosystem Management der ETH Zürich ging dieser Diskrepanz in einer Studie auf den Grund. Koh ist überzeugt, dass Klimakredite gegen die Regenwaldabholzung erst durch die Aufnahme in die internationalen Klimaverträge wie dem Kyotoprotokoll wirtschaftlich attraktiv werden. Würden die Kredite auf dem Kompensationsmarkt innerhalb der internationalen Verträge gehandelt, so könnten sie laut Kohs Berechnungen bis zu 6600 Dollar pro Hektare Tropenwald einbringen. Infos auf der Ecosystem-Management-Website der ETH: www.ecology.ethz.ch. *(EnergieSchweiz/pb)*

Tandem-LEDs für helleres Weiss

Noch immer weisen die meisten LEDs einen Makel auf: Ihr Licht ist nicht neutral. Forscher der chinesischen Akademie der Wissenschaften in Changchun ist es nun gelungen, organische LEDs in 2 Schichten übereinanderzustapeln. Diese sogenannten Tandem-LEDs strahlen gemäss einem Bericht der Zeitschrift «New Scientist» in einem kräftigeren Weiss und haben eine längere Lebensdauer. Die biegsamen und günstigen organischen LEDs gelten als zukunftsträchtige Kandidaten für Anzeige- und Bildschirmsysteme: Sie sollen bis zu 30% der elektrischen Energie in Licht umwandeln – Glühbirnen bringen es lediglich auf 5%.

Unter www.newscientist.com/article/mg20227056.300-stacked-leds-could-shine-bright-white-light.html findet sich der gesamte «New Scientist»-Artikel. *(EnergieSchweiz/pb)*

WWF-Lehrgang «Umweltberatung und -kommunikation»

Der Lehrgang «Umweltberatung und -kommunikation» des WWF ist eine 1-jährige berufsbegleitende Weiterbildung, die Sachkenntnisse in nachhaltigem Ressourcenmanagement, Kommunikation, Marketing und Projektmanagement vermittelt. Der Lehrgang unterstützt die Teilnehmenden bei der Umsetzung von ökologischem Handeln in ihrer Berufspraxis. Ab 4. September 2009, Bern. Mehr Infos unter www.wwf.ch/bildungszentrum. *(EnergieSchweiz/pb)*

Mit einem

Stelleninserat im Bulletin

erreichen Sie 21 000 Ingenieure, Wissenschaftler und Techniker.

Info: bulletin@fachmedien.ch, Tel. 043 444 51 08 (J. Touzimsky)