

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 99 (2008)
Heft: 9

Rubrik: Technologie

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.05.2025

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

e importanti. Si continua pertanto ad eseguirli secondo programma.

Fino ad oggi sono state constatate le seguenti lacune (non quantificate):

- mancano i verbali delle misurazioni e delle prove;
- l'equipaggiamento personale di protezione (EPP) non è completo;
- l'importante norma tecnica NIN 2005 non è disponibile;
- altre norme tecniche (EN 60439, 60204, 50160) menzionate nel verbale delle misurazioni e delle prove non sono disponibili;
- le domande/risposte dell'Ufficio federale dell'energia (UFE) in merito all'OIBT (Fact Sheets) sono poco conosciute;

- non vi è chiarezza sul fatto se si debba rilasciare un rapporto di sicurezza anche per l'eliminazione dei difetti;
- vi è incertezza sul fatto se sia necessario un ulteriore controllo una volta eliminati i difetti;
- non vi è chiarezza sul fatto se si debba sorvegliare il termine per l'eliminazione dei difetti;
- la formazione continua è insufficiente;
- i fatti, che esigono una modifica dell'autorizzazione di controllo (per esempio modifiche nel numero di dipendenti autorizzati ad effettuare il controllo) non vengono notificati all'ESTI;
- è violato il principio dell'indipendenza dei controlli (art. 31 OIBT).

4. Considerazione finale

I titolari di autorizzazioni vengono invitati ad avere un atteggiamento positivo nei confronti dei controlli. Per ogni titolare di autorizzazione questi ultimi costituiscono un'analisi della situazione. Se non si riscontrano difetti, il titolare dell'autorizzazione ha la certezza di lavorare conformemente alla legge e di dare in tal modo un importante contributo alla sicurezza degli impianti elettrici in Svizzera.

Dario Marty, ingegnere capo



technologie

Ab 2040 wird der Atommüll im Opalinuston endgelagert Les argiles à Opalinus seront utilisées pour le stockage final des déchets radioactifs à partir de 2040

Der Atommüll aus den Kernkraftwerken ist die ersten 50 Jahre in erster Linie ein Wärmeproblem, denn die abgenutzten Brennstäbe geben Wärme ab und müssen gekühlt werden. Die darauffolgenden 200 000 Jahre sind dann ein wirtschaftliches Problem, sollte das Endlager überwacht werden, wie es die Bevölkerung heute wünscht. Mit der radioaktiven Strahlung hingegen können die Experten gut umgehen.

Les déchets radioactifs provenant des centrales nucléaires posent un problème thermique surtout pendant les 50 premières années, car les barres de combustible usagées dégagent de la chaleur et nécessitent un refroidissement. Les 200 000 années suivantes posent un problème économique dans l'éventualité où le site de stockage final est placé sous surveillance, comme le souhaite actuellement la population. Le rayonnement radioactif en revanche est bien maîtrisé par les experts.

Wer als Besucher in eine Trafostation geht, dem wird empfohlen, die Hände in die Hosentaschen zu versorgen – um nichts zu berühren. Analog wird man in einem Kernkraftwerk instruiert, nichts zu essen oder zu trinken. Denn wenn das radioaktive Material mal im Körper ist, wird es schwierig. Dann kann man es nicht mehr einfach von der Haut abwaschen.

Nun müssen auch die radioaktiven Abfälle, die in einem Kernkraftwerk, der Medizin oder der Industrie anfallen, so entsorgt werden, dass sie nicht in unsere Nahrungsmittelkette gelangen – sei es über das Grundwasser oder Pflanzen und Tiere, die in Kontakt mit dem Material kommen. Und dies für die nächsten 200 000 Jahre. Denn

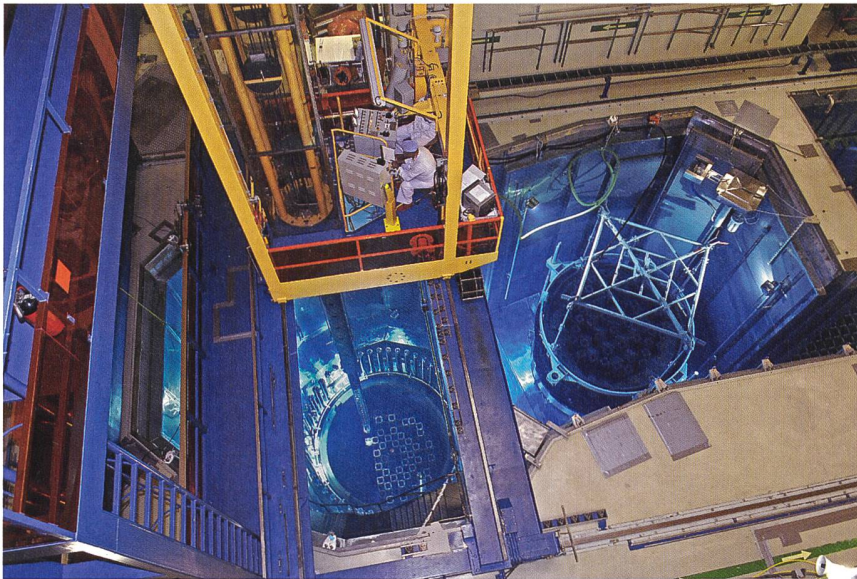
so lange dauert es ungefähr, bis die Strahlung so weit abgeklungen ist, dass sie einer natürlichen Uranmine entspricht. Genau genommen sind die Abfälle auch dann noch giftig, denn das natürliche Uran besteht zu 99% aus Uran 238, das eine Halbwertszeit von 4 Milliarden Jahren hat.

Das Uran aus der Mine wird für den Betrieb im Kernkraftwerk mit Uran 235 angereichert, bis zu einem Anteil von etwa 5%. Dieses hält die eigentliche Kernspaltung im Reaktor aufrecht. Nach 3 bis 5 Jahren im Reaktor fällt der Anteil des Urans 235 unter 1%, und die Brennstäbe werden ausgewechselt. Die abgenutzten Brennelemente bestehen dann noch zu 94% aus Uran 238, etwa 1% aus Plutonium 239,

das sich bei der Kernspaltung gebildet hat, und zu 4% aus diversen, schnell abklingenden Spaltprodukten. Wobei «schnell» hier Zeiten von 5 bis 5000 Jahren entspricht. So ist die Lagerung von abgenutzten Brennelementen am Anfang eher ein Wärmeproblem. Die Radioaktivität wird von ein paar Metern Wasser absorbiert: Wer einen Atomreaktor besucht, kann die abgenutzten Brennelemente im Abklingbecken neben dem Reaktor direkt anschauen, durch 4 m normales Wasser.

Noch 20 Jahre so heiss wie ein Kachelofen

Aber heiss ist das Brennelement noch längere Zeit: 2 Jahre, nachdem es aus dem



Einmal pro Jahr werden neue Brennstäbe in den Reaktor gefüllt (links). Die abgenutzten Brennelemente kühlen im Abklingbecken rechts davon ab, während rund 17 Jahren. 4 m Wasser schützen die Arbeiter vor der radioaktiven Strahlung.

Une fois par an, de nouveaux assemblages combustibles sont chargés dans le réacteur (à gauche). Les assemblages combustibles usés refroidissent dans la piscine de stockage à droite, pendant pas moins de 17 années. 4 m d'eau protègent les ouvriers du rayonnement radioactif.

Reaktor entfernt wurde, gibt es 4 kW Wärmeenergie ab. Nach 15 Jahren ist es noch 1 kW. Bei wiederaufbereiteten Brennelementen, sogenannten Mischoxid-Brennelementen (MOX), dauert es länger, bis die Wärme abklingt: nach 2 Jahren sind es 6 kW, nach 15 Jahren 2 kW. Das Kernkraftwerk Gösgen kühlt darum seine Brennelemente 17 Jahre im Abklingbecken, bis es sie in die trockenen Castor-Behälter für die Zwischenlagerung füllt. Gösgen könnte die Brennelemente zwar früher aus dem Wasser nehmen, dann könnte es jedoch pro Behälter weniger Brennelemente einfüllen.

Je nachdem, ob Uran oder Mischoxid-Brennelement, müssen diese im Zwischenlager weitere 20 bis 50 Jahre abkühlen, bis man sie in einem Endlager im Boden lagern kann. Denn dort, ohne Luftzirkulation, würden die Castorbehälter, die sich anfühlen wie ein überdimensionierter Kachelofen, zu stark erhitzen. Das ist auch der Grund, warum sich die Nagra mit dem Endlager Zeit lassen kann. Nachdem nun der Bundesrat ein Sachplanverfahren eingeleitet hat, dürfte es bis 2018 dauern, bis definitiv feststeht, wo die Endlager für hoch- und mittelaktive Abfälle gebaut werden. Das Endlager für hochaktive Abfälle dürfte frühestens 2040 in Betrieb gehen. Noch offen ist, ob die Endlager später überwacht oder definitiv geschlossen werden. Gemäss Umfragen will die Schweizer Bevölkerung, dass die Abfälle überwacht werden, und auch der Bundesrat hat der Nagra vorgeschrieben, dass es möglich sein muss, zumindest während 50 Jahren die Abfälle wieder zu-

rück an die Oberfläche zu holen. Ob die Stollen danach definitiv geschlossen oder weiter überwacht werden, ist offen. Die rund 14 Milliarden Franken, die der Nagra zur Verfügung stehen, reichen allerdings nicht für einen längeren Zeitraum. Nach 50 Jahren geht der Betrieb des Endlagers und damit Kosten und Verantwortung an den Bund.

Frankreich will beispielsweise die abgenutzten Brennelemente so endlagern, dass

man sie jederzeit ohne grossen Aufwand wieder an die Oberfläche holen kann. Die Franzosen gehen davon aus, dass man die Brennelemente schon bald wieder aufbereiten und nutzen oder so umwandeln wird, dass die Radioaktivität schneller abklingt. Laborversuche zeigen, dass man die Spaltprodukte durch den Beschuss von Protonen so ändern kann, dass Isotope mit kurzer Halbwertszeit entstehen. Bisher allerdings nur im Labor mit sehr kleinen Mengen.

Die Schweiz setzt auf ein Endlager im Opalinuston. Dieses trockene, vergleichsweise brüchige Gestein eignet sich darum so gut, weil es aufquillt, sobald es mit Wasser in Berührung kommt. Bruchzonen im Gestein werden so relativ schnell abgedichtet. Der Opalinuston im Versuchsstollen Mont Terri bei St. Ursanne im Jura enthält 5% Meerwasser, welches das Sediment vor 180 Millionen Jahre aufgenommen hat, als es am Meeresboden abgelagert wurde. Seither ist die Gesteinsschicht dicht. So kommt es, dass es im Versuchsstollen staubtrocken ist, während draussen das Aprilwetter die Flüsse über die Ufer treten lässt.

Les personnes qui ont déjà visité un transformateur électrique savent qu'il est recommandé aux visiteurs de garder leurs mains dans leurs poches par précaution – pour ne rien toucher. De la même façon dans une centrale nucléaire, le public est invité à ne rien manger ni boire. En effet,



Transportiert und zwischengelagert werden die abgenutzten Brennstäbe in massiven Metallbehältern. Les assemblages combustibles usés sont transportés et stockés temporairement dans des conteneurs métalliques blindés.

une fois que la radioactivité a été ingérée, les choses se compliquent. Il est impossible de s'en débarrasser facilement en lavant la peau.

Par ailleurs, les déchets radioactifs produits par les centrales nucléaires, la médecine ou l'industrie doivent être éliminés de façon à ne pas contaminer notre chaîne alimentaire – soit par le biais des nappes phréatiques, de la flore ou de la faune entrant en contact avec le matériau. Et ceci pendant les 200 000 années à venir. C'est en effet la durée approximative dont a besoin le rayonnement pour se «refroidir» et revenir au niveau naturel d'une mine d'uranium. A vrai dire, les déchets restent encore nocifs à terme puisque l'uranium naturel se compose à 99% d'uranium 238 dont la demi-vie s'élève à 4 milliards d'années.

Le minerai provenant de la mine est enrichi en uranium 235, à raison de 5% environ, pour alimenter les centrales nucléaires. C'est cet uranium enrichi qui entretient la fission nucléaire proprement dite dans le réacteur. Après avoir séjourné 3 à 5 ans dans le réacteur, l'uranium 235 n'est plus présent qu'à une proportion inférieure à 1%, et les assemblages combustibles sont alors renouvelés. A ce moment, les assemblages combustibles usés sont encore composés à 94% d'uranium 238, à environ 1% de plutonium 239 formé pendant la fission nucléaire et à 4% de différents produits de fission à désactivation rapide. Dans ce contexte, «rapide» correspond à une durée de 5 à 5000 ans. Ainsi au démarrage, le stockage des assemblages combustibles usés constitue plutôt un problème thermique. La radioactivité est absorbée par plusieurs mètres d'eau: Les visiteurs d'un réacteur nucléaire peuvent directement apercevoir les assemblages combustibles usés dans la piscine de stockage à travers 4 m d'eau normale.

Brûlant comme un fourneau pendant encore 20 ans

Toutefois, l'assemblage combustible reste chaud encore plus longtemps: 2 ans après avoir été retiré du réacteur, il dégage encore 4 kW d'énergie thermique. Au bout de 15 ans, la diffusion de chaleur atteint encore 1 kW. Lorsque des assemblages combustibles régénérés, communément appelés combustibles à oxydes mixtes (MOX) sont utilisés, la dissipation de chaleur dure encore plus longtemps: après 2 années, la chaleur résiduelle est de 6 kW, après 15 années de 2 kW. Pour cette raison, la centrale nucléaire de Gösgen refroidit ses assemblages combustibles 17 ans dans la piscine de stockage avant de les transférer dans les conteneurs de transport blindés pour le stockage temporaire. Gösgen pourrait certes retirer les assemblages



Paul Bossart, Géologue von Swisstopo, zeigt den Opalinuston im Versuchsstollen Mont Terri bei St. Ursanne. Paul Bossart, géologue chez Swisstopo, montre les argiles à Opalinus dans la galerie expérimentale du Mont Terri près de St-Ursanne.

combustibles de l'eau plus tôt, mais dans ce cas, le nombre d'assemblages combustibles transportables par conteneur serait réduit.

Selon que les assemblages combustibles se composent d'uranium ou d'oxydes mixtes, ils doivent refroidir 20 à 50 années supplémentaires dans le dépôt temporaire avant de pouvoir être enterrés sur le lieu de stockage final. En effet, sur ce site dépourvu de circulation d'air, les conteneurs de transport blindés assimilables à des fourneaux géants s'échaufferaient trop. C'est également la raison pour laquelle la Nagra prend son temps pour désigner le site de stockage final. Après le lancement d'une procédure de plan sectoriel par le Conseil fédéral, il va falloir attendre 2018 pour connaître définitivement les sites de stockage des déchets hautement et moyennement radioactifs. Le site de stockage final pour déchets hautement radioactifs ne devrait pas entrer en service avant 2040 au plus tôt. Il reste à déterminer si les sites de stockage finaux seront ultérieurement surveillés ou définitivement fermés. Selon des sondages, la population suisse veut que les déchets soient surveillés et le Conseil fédéral a également prescrit à la Nagra que les déchets doivent pouvoir être ramenés à la surface au moins pendant 50 ans. Il reste à définir si les galeries seront ensuite définitivement fermées ou continueront à être surveillées. Les quelques 14 milliards de francs mis à la disposition de la Nagra ne suffisent cependant pas

pour couvrir une période plus longue. A l'issue des 50 années, l'exploitation du site de stockage final, et par là même les coûts et la responsabilité, sont transférés à la Confédération.

La France veut par exemple assurer le stockage final de ses assemblages combustibles usés de façon à pouvoir les ramener à la surface à tout moment sans déployer de grands moyens. Les Français partent du principe qu'il sera très bientôt possible de retraiter les assemblages combustibles et de les utiliser ou les transformer pour que la radioactivité décroisse plus rapidement. Des essais en laboratoire démontrent que le bombardement protonique permet de modifier les produits de fission de façon à produire des isotopes à demi-vie raccourcie.

La Suisse mise sur un stockage final dans les argiles à Opalinus. Cette roche sèche, comparativement friable, est particulièrement bien adaptée parce qu'elle se gorge d'eau au moindre contact. De cette façon, les zones de rupture dans la roche sont colmatées assez rapidement. Les argiles à Opalinus de la galerie expérimentale du Mont Terri près de St-Ursanne dans le Jura contiennent 5% d'eau de mer qui a capté le sédiment de 180 millions d'années lorsqu'il s'est déposé au fond de la mer. Depuis lors, la couche de roche est restée imperméable. Ainsi, l'atmosphère qui règne dans la galerie expérimentale est aride alors que dehors la météo printanière fait déborder les rivières de leur lit. (gus)

Brennstoffzelle für Bio- und Klärgasbetrieb

Die Karbonatbrennstoffzelle eignet sich für den Betrieb mit biogenen Gasen: Im Gegensatz zu vielen anderen Brennstoffzellentypen ist sie unempfindlich gegenüber CO₂ im Brenngas, CO₂-reiche Gase wie Bio- oder Klärgas erhöhen sogar den elektrischen Wirkungsgrad. Die jüngste Installation einer Karbonatbrennstoffzelle von CFC Solutions in diesem Bereich fand Ende 2007 in der Kläranlage Moosburg (bei München) statt: Die Anlage speist den erzeugten Strom ins Netz. Die 400 Grad heiße Abluft trocknet den Klärschlamm.

Da Bio- oder Klärgas einen höheren Anteil Schwefelwasserstoff enthält, wird in der Gaszufuhr eine Reinigungsstrecke mit Aktivkohlefiltern vorgeschaltet. Das schützt den Zellstapel vor Schäden durch Schwefelverbindungen. Der zweite wichtige Unterschied zum Erdgasbetrieb ergibt sich durch den niedrigeren Brennwert des Klärgases. Um dies auszugleichen, wird der Gasfluss abhängig von der Methankonzentration gesteigert.

Um die Schwankungen des Gases auszugleichen, könnte zusätzlich zur Brennstoffzelle, die dann die Grundlast übernimmt, ein zusätzlicher Gasmotor installiert werden, der in Spitzenzeiten zugeschaltet wird. Denn die Karbonatbrennstoffzelle ist zwar unempfindlich gegenüber CO₂, kann aber nicht kurzfristig ein- und ausgeschaltet werden. (CFC Solutions/gus)

Einmal-DVD zerstört sich nach 48 Stunden

In einzelnen Geschäften in München werden Filme auf Einmal-DVDs verkauft. Der neue Datenträgertyp nennt sich DVD-Disposal (DVD-D) und zeichnet sich dadurch aus, dass die Filme nur innerhalb eines bestimmten Zeitraums angesehen werden können. Die DVD-D zerstört sich 48 Stunden nach dem ersten Einlegen von selbst. «Sobald der Datenträger das erste Mal abgespielt wird, setzt ein physikalischer Prozess ein, der das Steuerungs-Menü nach zwei Tagen unbrauchbar macht», erläutert Chris Naumann, Geschäftsführer von DVD-D Germany Ltd.

Die Filme können nach dem Kauf zeitlich unbegrenzt gelagert werden. Auch die Verpackung kann geöffnet werden, denn die Frist beginnt erst, sobald die Rotation im Laufwerk eingesetzt hat. Innerhalb der 48 Stunden kann der Film beliebig oft angesehen werden, die DVD funktioniert zudem in jedem Wiedergabegerät und bietet alle Funktionen, die auch eine Standard-DVD aufweist. Nach Ablauf der Nutzungszeit wird der Datenträger jedoch nicht mehr er-

kannt, und der Player zeigt die Fehlermeldung «no disk». Verpackung wie DVD können anschliessend umweltgerecht entsorgt werden, die Materialien seien zu 100 Prozent recyclebar.

In Frankreich, Italien und Skandinavien sind die Wegwerf-DVDs bereits erfolgreich am Markt und von den Kunden akzeptiert, berichtet Naumann, dessen Unternehmen die Rechte am Vertrieb in der DACH-Region hält. Erweisen sich die Tests in München als erfolgreich, so soll das Vertriebsgebiet ausgeweitet werden. Derzeit sind sechs Titel auf DVD-D erhältlich, zum Preis von 3,99 Euro. (Presstext Schweiz/gus)

Mobilfunkunternehmen einigen sich bezüglich LTE-Patenten

Alcatel-Lucent, Ericsson, NEC, Next-Wave Wireless, Nokia, Nokia Siemens Networks und Sony Ericsson haben eine gegenseitige Vereinbarung zur Nutzung von Patenten bei der LTE-Technologie (Long Term Evolution) getroffen. Die Initiative hat zum Ziel, eine schnelle Verbreitung dieser mobilen Breitbandtechnologie zu erreichen. Die Vereinbarung regelt die gegenseitige Vergabe von Lizenzen zur Nutzung von LTE-Patenten zu fairen Bedingungen. Das Rahmenwerk basiert darauf, für grundlegende Patente stets nur angemessene, vernünftige und nicht diskriminierende Lizenzgebühren (FRAND) zu verlangen. Die Lizenzgebühren sollen sich am Preis des Endprodukts orientieren und kosten beispielsweise für ein Notebook mit integrierter LTE-Technologie maximal einen einstelligen Dollar-Betrag. (Ericsson/gus)

Forscher entwickeln brand-sichere Lithium-Ionen-Akkus

Ein Team der Fraunhofer-Gesellschaft arbeitet an einem nicht entflammablen Lithium-Ionen-Akku. Im Gegensatz zu bisherigen Akkus basiert der Stromspeicher auf einem festen Elektrolyt und ist nicht brennbar. Beim Werkstoff, den die Forscher um Kai-Christian Möller vom Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC verwenden, handelt es sich um einen Kunststoff (Polymer) aus der Gruppe der Ormocere. Das sind Verbindungen mit Silizium-Sauerstoffketten, die ein anorganisches Gerüst bilden, an dem organische Seitenketten hängen. Den Strom liefern weiterhin Lithium-Ionen.

Lithium-Ionen-Akkus sind als Energielieferanten weit verbreitet und werden in mobilen Geräten wie Handys oder Notebooks eingesetzt. Für sie spricht ihre hohe Energiedichte sowie der fehlende Memory-Effekt, den andere Akkutypen aufweisen.

Problematisch erweisen sie sich jedoch bei der Sicherheit – sie können explodieren. Lithium ist instabil und reagiert aggressiv auf Wasser. Dieses Problem war der Industrie bekannt, wurde aber hingenommen. Entsprechend führte die Brandgefahr zu einer Serie Rückrufen namhafter PC-Hersteller.

Der neue Energiespeicher der Würzburger Forscher hat einen festen, gummiartigen und nicht entflammablen Kern. «Wir ersetzen die brennbaren organischen Elektrolyte durch ein nicht brennbares, formstabiles Polymer», sagt Möller. Die grosse Herausforderung für das verwendete Polymer ist, dass die Lithium-Ionen gut leiten, die dem Handy und dem PDA den Strom liefern. «Üblicherweise sinkt die Leitfähigkeit eines Polymers, je fester es ist. Wir hatten jedoch viele Parameter, an denen wir drehen konnten – beispielsweise können wir Kupplungsstücke mit zwei, drei oder vier Armen verwenden», erläutert Möller.

Erste Prototypen der Akkus gibt es, bis das Produkt jedoch in Handys, PDAs, Laptops oder Akkubohrmaschinen zum Einsatz kommen wird, werden noch einige Jahre vergehen, räumen die Forscher ein. Derzeit müsse die Leitfähigkeit des Energiespeichers verbessert werden. In etwa 5 Jahren werde die Leistung der neuen Akkutechnologie nahezu gleich sein mit aktuellen Produkten, sagt Möller. (Presstext Schweiz/gus)

Powerlink wird Open Source

Wer für das industrielle Ethernet «Powerlink» Produkte herstellen will, kann die dazugehörige Software kostenlos vom Internet herunterladen. Die Ethernet Powerlink Standardization Group (EPSG) und das Open Source Automation Development Lab (OSADL) werden künftig kooperieren. Unter Sourceforge.net können bereits erste Master- und Slave-Applikationen von Sys Tec Electronic heruntergeladen werden – in Form einer Beispielapplikation für Linux. (Sys Tec, EPSG/gus)

Österreich fährt am Tag ohne Licht

Seit Januar 2008 sind die Autofahrer in Österreich nicht mehr verpflichtet, das Abblendlicht einzuschalten. Dies ist nur noch bei schlechter Sicht zwingend. Bei schönem Wetter liegt die Entscheidung beim Fahrer. Dies legte das österreichische Bundesamt für Verkehr, Innovation und Technologie aufgrund einer Studie zur Verkehrssicherheit fest. Ein Autofahrer kann so rund 50 Euro im Jahr sparen, indem er weniger Treibstoff verbraucht und die Lampen weniger öfter auswechseln muss. (Rudolf Ponholzer/gus)