Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse
Band: 101 (2010)
Heft: 7

Artikel: Wie belasten Elektrofahrzeuge das Schweizer Stromnetz?
Autor: Studer, Christoph / Gerbex, Stéphanie / Méan, Philippe
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-856094

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: 09.12.2025

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

Wie belasten Elektrofahrzeuge das Schweizer Stromnetz?

Der Einfluss von Elektrofahrzeugen auf die Übertragungs- und Verteilnetze

Der Ersatz von 15 % aller Schweizer Autos durch Elektrofahrzeuge bis zum Jahr 2020 könnte dazu beitragen, den CO_2-Ausstoss deutlich zu verringern. Um nicht mit unerwünschten Überraschungen bei der Netzauslastung konfrontiert zu werden, führt man bereits jetzt Untersuchungen durch, um die Auswirkungen einer solchen Massnahme auf die Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie abschätzen und die Infrastruktur entsprechend vorbereiten zu können.

Christoph Studer, Stéphane Gerbex und Philippe Méan

Der Ersatz von 15 % aller Schweizer Autos durch Elektrofahrzeuge bis zum Jahr 2020 könnte dazu beitragen, den CO_2-Ausstoss wirksam zu verringern. Um die Auswirkungen einer solchen Massnahme auf die Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie abzuschätzen, hat Alpiq unter dem Titel «Vision 2020» eine Studie in Auftrag gegeben. Aufgrund der Charakterisierung der Käufer elektrischer Fahrzeuge ermöglicht diese Studie Annahmen betreffend Anzahl, Art und Standorte der zu diesem Wandel notwendigen Ladeinfrastruktur.

In der Februarausgabe 2010 des Bulletins SEV/VSE wurde bereits über diese Studie berichtet [1]. Nebst den aus der Studie gewonnenen oben erwähnten Erkenntnissen interessieren auch die Einflüsse der Elektromobile (respektive deren Aufladung) auf die elektrischen Netze aller Spannungsebenen in der Schweiz. Alpiq Netz AG Gösgen und Alpiq Réseau SA Lausanne haben dazu eine Studie durchgeführt, welche diese Einflüsse auf folgende Netzebenen untersucht:

- 380/220-kV-Höchstspannungsnetz; in dieser Teilbetrachtung wurden die Auswirkungen anhand eines für das Jahr 2020 angepassten Datensatzes des europäischen Transportnetzes untersucht.
- Überregionale Verteilnetze; hier wurden stellvertretend das 50-kV-Netz der Alpiq Versorgungs AG im Kanton Solothurn und die angeschlossenen Partnernetze verwendet.
- Regionale Verteilnetze; hier wurden die Auswirkungen der Elektromobile auf das 16-kV-Netz der Stadt Olten untersucht.

Die oben erwähnten Netzebenen werden bei Alpiq in einer Netzanalysesoftware abgebildet, die es ermöglicht, beliebige Lastfälle und Netzzustände zu simulieren.

Einflüsse auf das Höchstspannungsnetz

Die Auswirkungen der Aufladung von Elektrofahrzeugen (EVs = electric vehicles) auf das Schweizer Höchstspannungsnetz wurden anhand einer Lastflussanalyse ermittelt. Als Ausgangslage wurde angenommen, dass die Aufladung dieser Fahrzeuge grösstenteils während der Nacht erfolgt. Lastflusstechnisch wird die Nachtperiode in der UCTE auch als Schwachlastperiode (off-peak) bezeichnet. Während dieser Zeit können die normalen Verbraucher am Netz die von den Bandkraftwerken (thermische und Laufwasserkraftwerke) sowie von den Windparks erzeugten Energiemengen nicht aufnehmen. Es herrscht somit ein Überfluss an elektrischer Energie.

Für die Untersuchungen wurde der Lastflusszustand «winter off-peak» gewählt, da dieser für das Netz die höchste Belastung darstellt. Er ist charakterisiert durch hohe Importe in die Schweiz, hohe Leistungsaufnahme der Pumpspeicherwerke und der normalen Verbraucher sowie durch eine tiefe Produktion der Laufwasserkraftwerke.

Als Basislastfall wird der UCTE Snap Shot 2008 «winter off-peak» verwendet. Er widerspiegelt die Topologie wie auch die Belastung des 380/220-kV-UCTE-Netzes am dritten Mittwoch im Januar 2008 um 3.30 Uhr. Um die im Jahr 2020 erwartete Netzsituation darzustellen, wurde der Datensatz mit den erwarteten

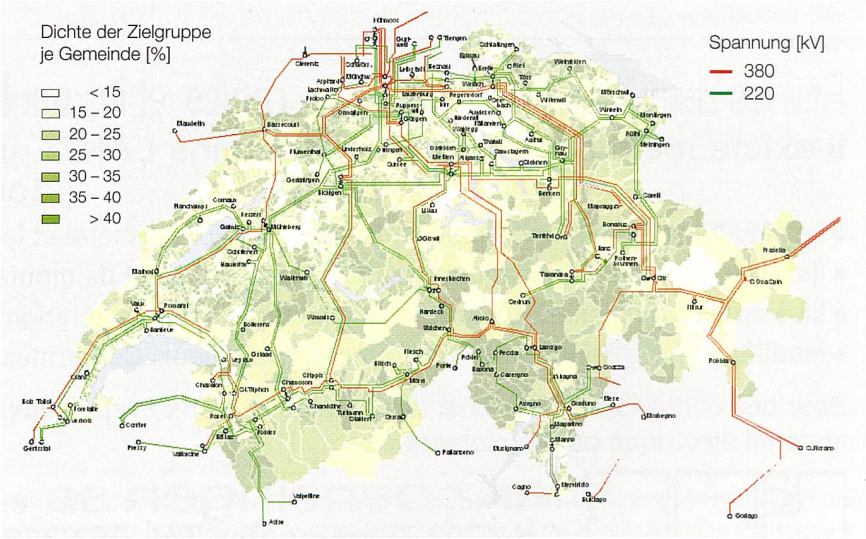


Bild 1 CH-Höchstspannungsnetz und Durchdringung der EVs im Jahr 2020.

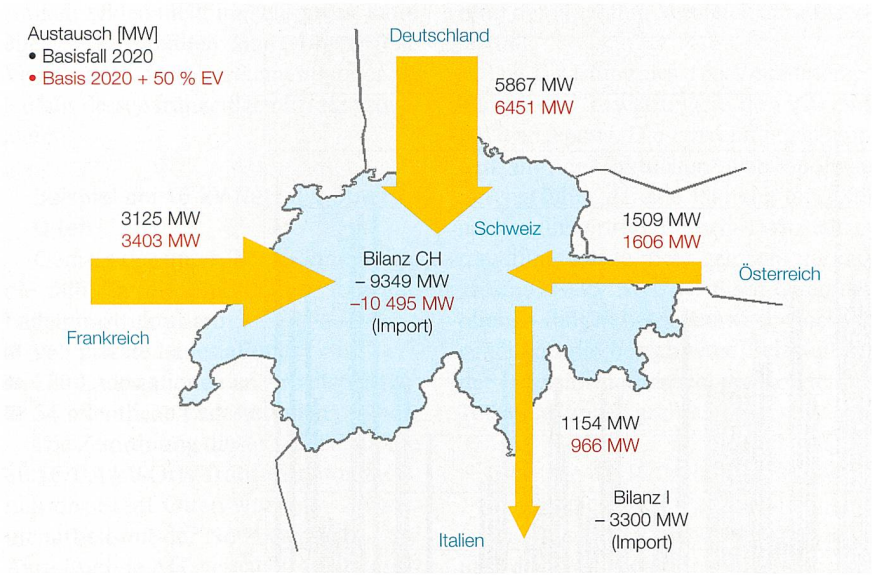


Bild 2 Bilanzen und Austauschmengen.

Neubauprojekten in den Bereichen Netz und Produktion inklusive Lasten sowie mit den für diesen Zeithorizont erwarteten Austauschen zwischen den Ländern ergänzt. Er stellt somit eine Extremsituation für das Netz in der Schweiz dar. Alle Ausbauprojekte in der Schweiz bis 2015, welche im Schlussbericht der Arbeitsgruppe Leitungs- und Versorgungssicherheit [2] publiziert wurden, wie auch die neuen Projekte des Richtplans 2020 wurden in des Datenmodell integriert. Für das Ausland wurde der Datensatz mit den heute bereits bekannten Ausbauprojekten ergänzt, sofern sie elektrisch nahe bei der Schweiz liegen und einen Einfluss auf die Lastflusssituation in der Schweiz haben.

Die Lastzunahme in der Schweiz wurde mit 1,5 % pro Jahr angenommen. Die Kernkraftwerke produzieren mit Nennleistung, und die Gas- und Speicherkraftwerke produzieren nicht. Die Pumpspeicherwerke pumpen mit maximaler Leistung. Die Anpassungen bei der Produktion im Ausland wurden nur so weit angepasst, dass die erwarteten Austausche und grenzüberschreitenden Flüsse sowie Länderbilanzen für das Jahr 2020 erreicht werden. So entsteht aus Schweizer Sicht eine Winter-off-peak-Situation für das Jahr 2020. Mit den oben erwähnten Annahmen ergibt sich für die Schweiz eine Lastzunahme von ca. 20 % gegenüber 2008.

Für die Ermittlung der Auswirkungen auf das Netz wurden nur die EV-Ladestationen des Typs «privat» gemäss der Studie [3] verwendet. Bei diesem Ladetyp oder Ladezyklus handelt es sich um eine Aufladung während der Nacht. Die Ladung erfolgt mit einer Leistung von 3,5 kW und dauert, je nach Ladezustand der Batterien, bis zu 8 h. Die geografische Durchdringung dieser Ladestationen wurde ebenfalls in der Studie [3] ermittelt. Mit diesen Angaben können diese Lasten ziemlich gut den ausspeisenden Unterwerken des Höchstspannungsnetzes zugewiesen werden (**Bild 1**). Die erste Untersuchung erfolgt unter der Annahme, dass zeitgleich 50 % des Bestandes an EVs aufgeladen werden.

Unter den zuvor genannten Hypothesen für den Basisfall «winter off-peak 2020» mit einer gleichzeitigen Aufladung von 50 % aller EVs erfolgt eine Leistungsaufnahme aus dem schweizerischen Transportnetz, die sich folgendermassen aufteilt:

- Normale Verbraucher: 7250 MW (52 %)
- Pumpspeicherwerke: 5280 MW (38 %)
- Elektromobilaufladung: 1140 MW (8 %)
- Verluste im Netz: 240 MW (2 %)

Diese Nachfrage wird durch 25 % Eigenproduktion in der Schweiz und durch 75 % Importe gedeckt, welche hauptsächlich aus Frankreich und Deutschland stammen. **Bild 2** veranschaulicht die Flüsse an den Schweizer Grenzen für die zwei Fälle: Basisfall und 50%-EV-Aufladung.

Unterschiedliche Szenarien

Für alle Belastungsfälle wurden Lastflussberechnungen im Fall n (alle Netzelemente sind in Betrieb) wie auch im Fall n–1 (jeweils ein Netzelement ist ausgefallen) durchgeführt. Im Fall (n–1) werden die Auswirkungen des ausgefallenen Elements auf alle anderen Netzelemente in der Schweiz und im angrenzenden Ausland analysiert. Die Resultate der 380- und 220-kV-Leitungen (Lxx) und der Kuppeltransformatoren 380/220 kV (Tyy), welche im (n–1)-Fall mit mehr als 60 % belastet werden, sind in **Bild 3** dargestellt.

Bei den untersuchten Belastungsszenarien wird im n-Fall kein Element in der beobachteten Zone überlastet (Schweiz und angrenzende Regionen der benachbarten Länder). Im (n–1)-Fall werden einige Überlastungen bereits im Basisfall

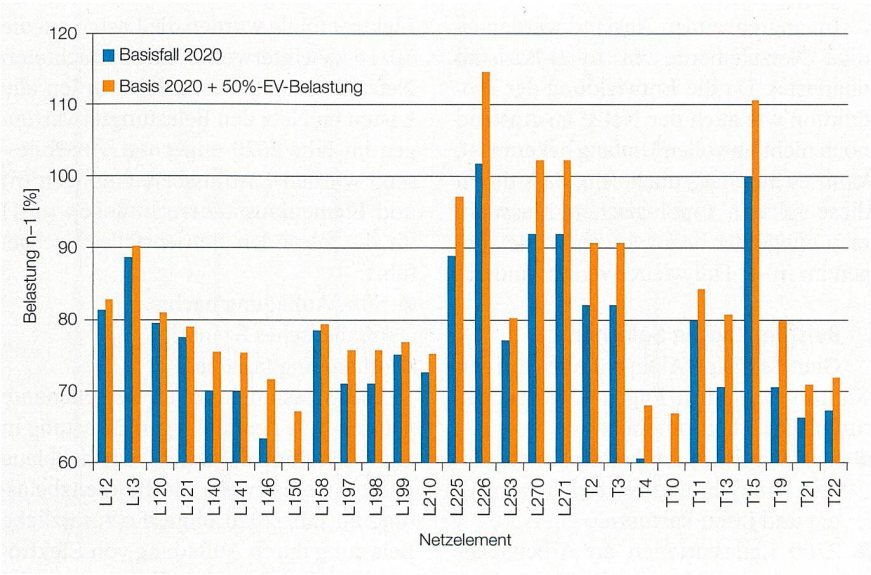


Bild 3 Grafische Darstellung der Resultate der (n–1)-Betrachtungen.

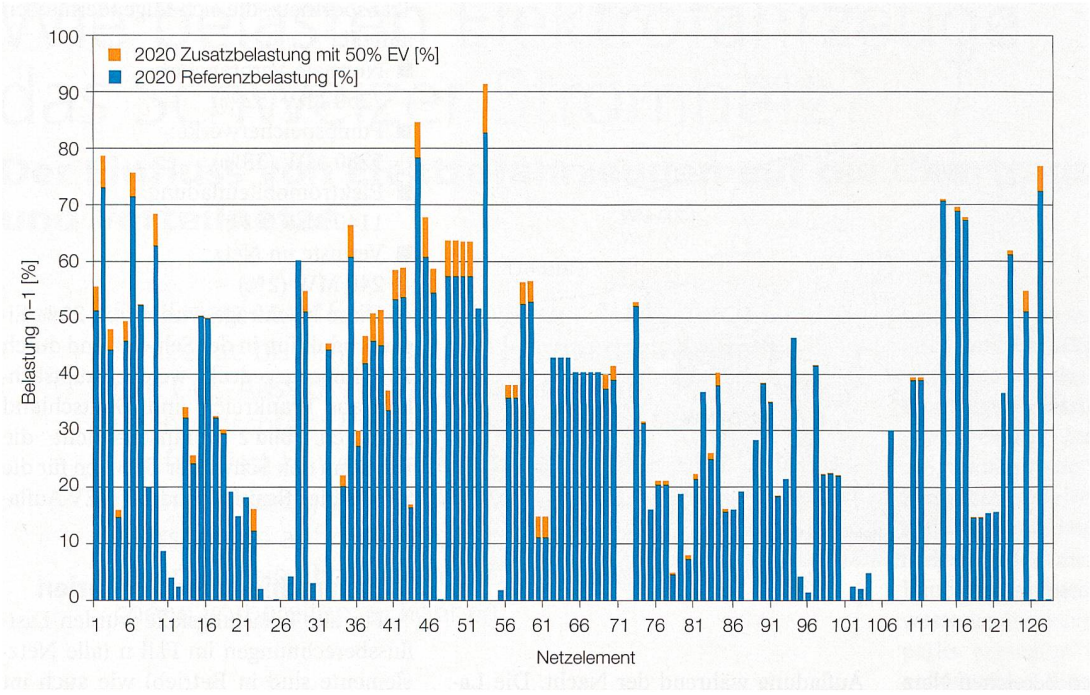


Bild 4 Belastung der Netzelemente im 50-kV-Netz Kanton Solothurn.

beobachtet; zusätzliche Elemente erscheinen im Lastfall mit 50%-EV-Aufladung. Die empfindlichsten Netzelemente erfahren eine Zusatzbelastung von 10–12 % im Szenario mit 50%-EV-Aufladung. Dabei handelt es sich generell um grenzüberschreitende oder grenznahe Leitungen.

Die im (n–1)-Szenario empfindlichsten Elemente bedürfen einer Verstärkung, unabhängig davon, ob in der Betrachtung mit oder ohne EV-Aufladung gerechnet wird. Logischerweise wird eine realistisch angenommene, zeitgleiche EV-Aufladung von 50 % aller Fahrzeuge die Situation nicht verbessern. Es zeigt sich aber auch, dass die Situation nur geringfügig verschlechtert wird.

Im angrenzenden Ausland werden einige Netzelemente im (n–1)-Basisfall überlastet. Da die Entwicklung der Produktion wie auch der Netze im Ausland noch nicht im vollen Umfang bekannt ist, kann es durchaus auch sein, dass durch diese lokalen topologischen Massnahmen einige der beobachteten Verletzungen im (n–1)-Fall wieder verschwinden.

Beispiel Kanton Solothurn

Gemäss Vision Alpiq entfallen auf den Kanton Solothurn folgende Infrastrukturteile für Elektromobile:

- 21 100 private Aufladestationen, davon 19 819 in den Netzteilen von Alpiq und ihren Partnern.
- 2700 Ladestationen an Arbeitsplätzen, davon 2536 in den Netzteilen von Alpiq und ihren Partnern.
- 700 öffentliche Ladestationen, davon 657 in den Netzteilen von Alpiq und ihren Partnern.
- 10 Schnellladestationen an Hot Spots (z. B. Autobahntankstellen), davon 9 in den Netzteilen von Alpiq und ihren Partnern.

Der Kanton Solothurn wird von verschiedenen Netzbetreibern mit elektrischer Energie versorgt. Die Studie untersucht nur die durch Alpiq und ihre Partner versorgten Gebiete (> 90 % der Endkunden). Diese Netze sind bei Alpiq in der Netzberechnungssoftware abgebildet.

Anhand der in [3] beschriebenen erwarteten geografischen Verteilung der Elektromobile wurden die Lasten auf die 50/16-kV-Unterwerke im betrachteten Netzteil verteilt. Zusätzlich wurden alle Lasten im Netz den Belastungserwartungen im Jahr 2020 angepasst. Anschliessend wurden Lastflussberechnungen (n) und Elementausfallberechnungen (n–1) für die folgenden Betriebsfälle durchgeführt:

- 50 % Aufladung nachts (realistisches Szenario)
- Aufladung tagsüber

Die Belastungen aller Netzelemente wurden in % der zulässigen Belastung in grafischer Form dargestellt. Der hellblaue Balken stellt jeweils die Referenzbelastung im Jahr 2020 ohne die zusätzliche Belastung durch Aufladung von Elektromobilen dar. Grundsätzlich werden die Lastfälle mit 50%-EV-Aufladung während der Nacht dargestellt (**Bild 4**). Das Szenario mit EV-Tagaufladung führte anhand der Berechnungen zu nur sehr geringen Netzmehrbelastungen und wird hier nicht weiter kommentiert.

Die Netzbelastungen im (n)-Lastfall zeigen, dass die Mehrbelastung durch die Aufladung der Elektromobile eher gering ist. Bei den Elementen mit etwas höherer Zusatzbelastung handelt es sich um die Transformatoren, welche die Energie aus dem Transportnetz in das überregionale Verteilnetz liefern.

Anschliessend wurde auch eine Elementausfallbetrachtung (n–1) durchgeführt. Die Resultate (alle Elemente mit einer n–1-Belastung > 90 %) sind für die verschiedenen Lastfälle im **Bild 5** dargestellt.

Hier zeigt sich deutlich, dass bereits im Basisfall für das Jahr 2020 mit hohen Belastungen im (n–1)-Störfall gerechnet werden muss. Ein grosser Teil dieser Elemente wurde aber bereits in früheren Studien identifiziert. Die betroffenen Elemente werden im Zuge der normalen Netzplanung/Netzentwicklung entweder verstärkt oder ersetzt. Die Betrachtungen mit einer Zusatzlast von 50%-EV-Aufladung zeigen aber, dass es Netzelemente gibt, welche genau wegen dieser Zusatzbelastung wesentlich früher an ihre Belastungsgrenze stossen.

Wenn man zusammenfassend davon ausgeht, dass nie mehr als 50 % aller EVs gleichzeitig aufgeladen werden, so ist die zusätzliche Netzbelastung durch diese

Aufladezyklen nicht immens gross, kann aber in Einzelfällen eine vorgezogene Verstärkung des Netzelements oder allenfalls dessen frühzeitigen Ersatz provozieren.

Beispiel am 16-kV-Netz der Stadt Olten

Gemäss der unter [3] erwähnten Studie fällt für die Stadt Olten folgende Ladeinfrastruktur an:

- 965 private Ladestationen
- 120 Ladestationen an Arbeitsplätzen
- 34 öffentliche Ladestationen

Die Zuordnung dieser Lasten auf die 86 16/0,4-kV-Orts-Transformatorstationen der Stadt Olten wurde in Zusammenarbeit mit der Netzbetreiberin, der Aare Energie AG, gemacht. Die Zuordnung für die Nachtladung ist einfach zu erstellen, da diese in der Regel privat, also zu Hause, erfolgt. Für die Tagladung an Arbeitsplätzen und öffentlichen Ladestationen (z. B. in Parkhäusern) mussten Annahmen getroffen werden. Wiederum wurden die zwei bereits früher beschriebenen Lastfälle untersucht. Die Berechnungen zeigen auch hier, dass die Aufladung tagsüber nur zu minimalen Netzmehrbelastungen führt. **Bild 6** veranschaulicht die Resultate der 50%-EV-Aufladung während der Nacht im Vergleich zum Basislastfall.

Die Belastung des 16-kV-Stadtnetzes wurde den Erwartungen für das Jahr 2020 angepasst. Die Berechnungen wurden mit der aktuellen Netztopologie durchgeführt, da eine Planung für 2020 noch nicht vorliegt. Eine (n–1)-Ausfallbetrachtung wurde nicht gemacht, da das gesamte 16-kV-Netz der Stadt Olten mit offenen Ringen betrieben wird. Nachfolgend sind die berechneten Belastungen der Transformatorstationen sowie der 16-kV-Leitungen grafisch dargestellt.

Belastung der 16/0,4-kV-Transformatorstationen der Stadt Olten

Das Belastungsdiagramm **(Bild 6)** zeigt, dass die Zusatzbelastungen, hervorgerufen durch EV-Aufladung, für die Transformatorstationen des Oltner Stadtnetzes keine Probleme darstellen. Nachfolgend sind für die gleichen Belastungsfälle die Auslastungen der 16-kV-Leitungen dargestellt **(Bild 7)**. Auch dieses Diagramm zeigt, dass die Zusatzbelastungen durch die EV-Aufladungen eher gering sind.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass eine gemäss [3] angenommene Verteilung von EV-Ladestationen für das 16-kV-Netz der Stadt Olten kein Problem darstellt.

400-/230-V-Verteilnetze

Da diese Netze in der Berechnungssoftware nicht abgebildet sind, können keine quantitativen Aussagen gemacht werden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass bei älteren Verbraucherleitungen (Transformatorstation – Verbraucher) Investitionen (Austausch der Leitungen) getätigt werden müssen.

Die Erfahrungen und Beobachtungen der zuständigen Betriebsleute zeigen aber, dass auch im Hochlastfall keine 400-V-Abgänge mit mehr als 50 % belastet sind (Situation heute). Aus diesem Grund sehen wir für das Jahr 2020 mit dem Elektromobilszenario in diesem Netzbereich nur mässigen Handlungsbedarf.

Zusammenfassung

Mit den in der Studie [3] gemachten Aussagen zeigt sich, dass eine Nachtaufladung von realistisch 50 % des angenommenen Elektrofahrzeugbestandes zu einer Mehrbelastung des Höchstspannungsnetzes von rund 1140 MW führt. Diese Mehrbelastung führt zu vereinzelten Elementüberlastungen im (n–1)-Lastfall. Wie bereits erwähnt, sind die Ausbau- und Verstärkungsmassnahmen im angrenzenden Ausland noch nicht vollumfänglich bekannt.

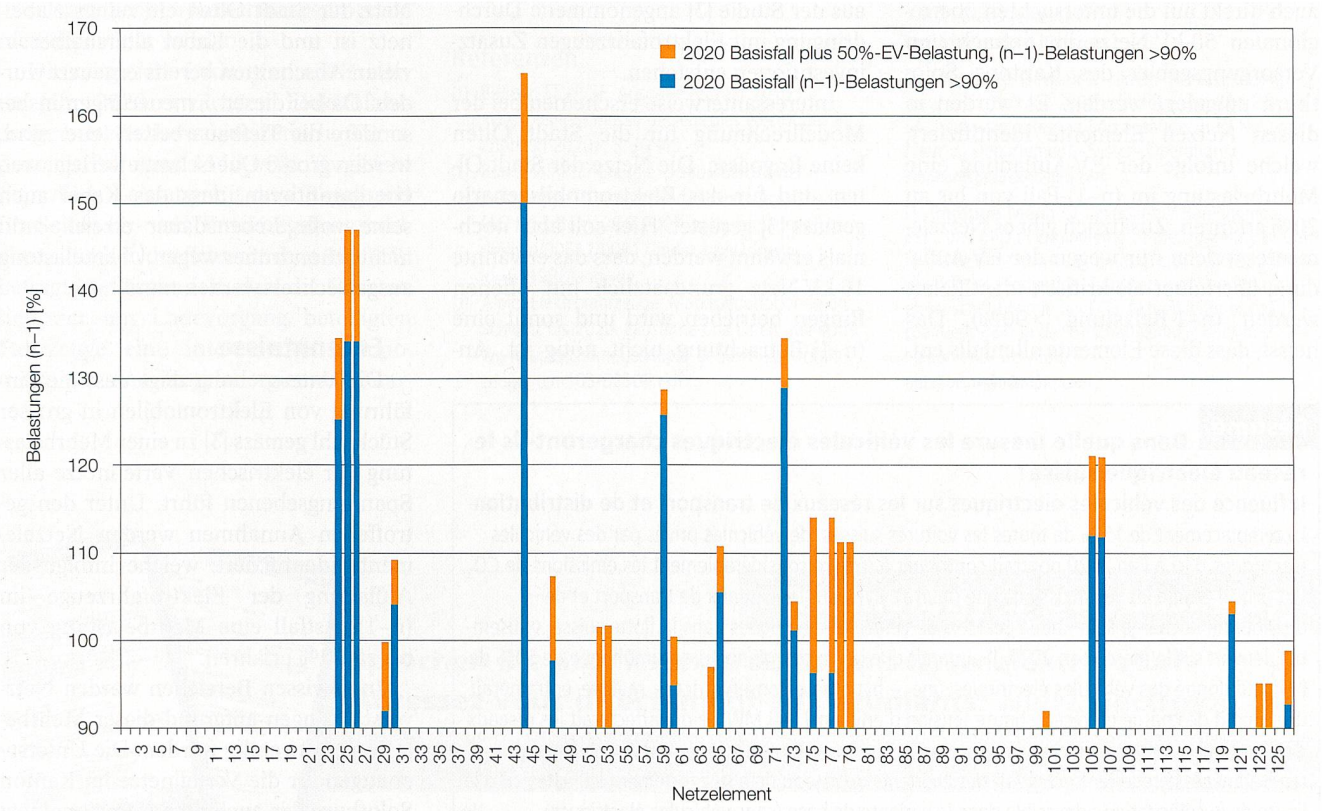


Bild 5 Elementbelastungen >90 % im (n–1)-Fall, 50-kV-Netz Kanton Solothurn.

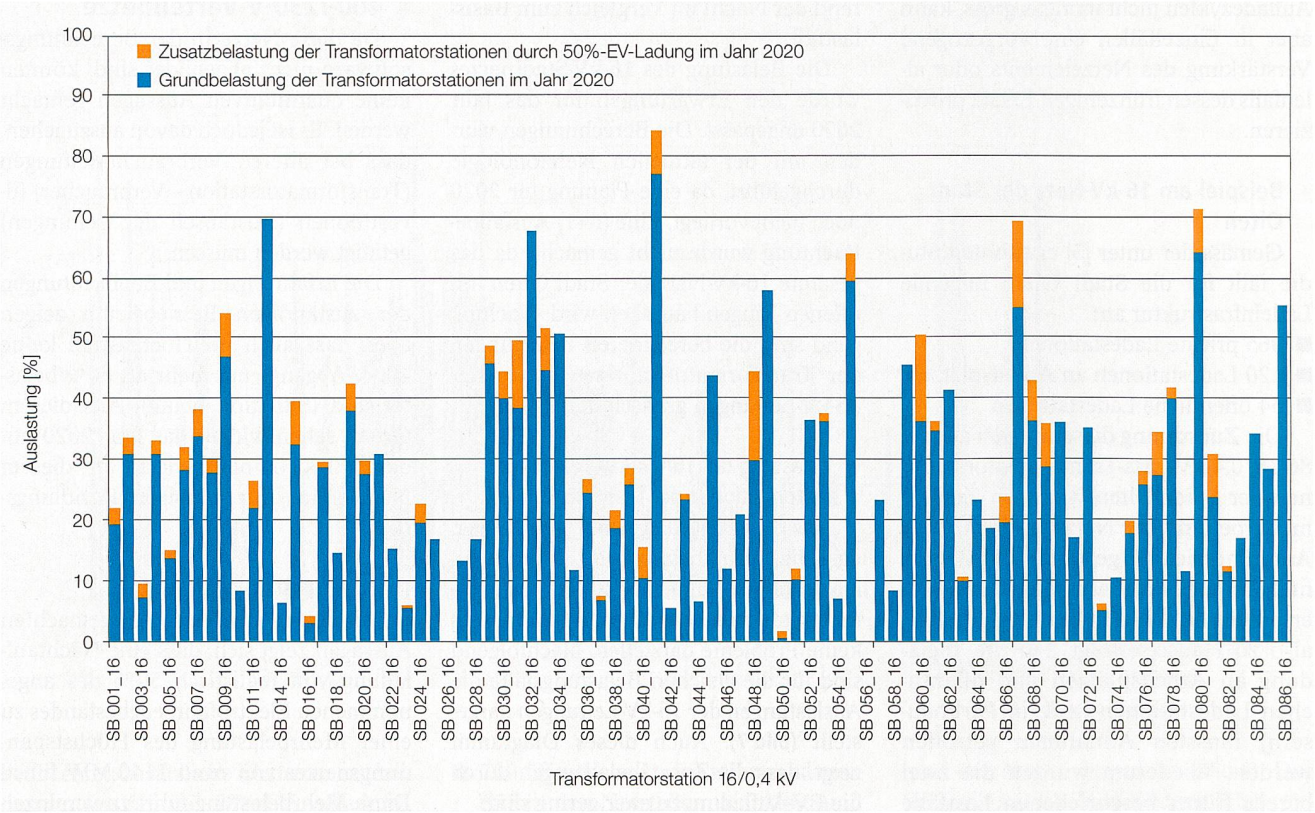


Bild 6 Belastung der 16/0,4-kV-Transformatorstationen der Stadt Olten.

Abhängig von den schliesslich realisierten Projekten kann es aber hier noch zu Verbesserungen im (n–1)-Lastfall kommen. Diese Erkenntnisse können auch direkt auf die untersuchten überregionalen 50-kV-Netze im betrachteten Versorgungsgebiet des Kantons Solothurn umgelegt werden. Es werden in diesen Netzen Elemente identifiziert, welche infolge der EV-Aufladung eine Mehrbelastung im (n–1)-Fall von bis zu 20 % erfahren. Zusätzlich gibt es Netzelemente, welche nur wegen der EV-Aufladung überhaupt als kritisch identifiziert werden (n–1-Belastung > 90 %). Das heisst, dass diese Elemente allenfalls entgegen der ursprünglichen Planung vorzeitig verstärkt oder sogar ersetzt werden müssen. Auf den erwähnten Netzebenen (hier NE 1–4) können somit durch die aus der Studie [3] angenommene Durchdringung mit Elektrofahrzeugen Zusatzinvestitionen entstehen.

Interessanterweise erscheinen bei der Modellrechnung für die Stadt Olten keine Engpässe. Die Netze der Stadt Olten sind für das Elektromobilszenario gemäss [3] gerüstet. Hier soll aber nochmals erwähnt werden, dass das erwähnte 16-kV-Netz grundsätzlich mit offenen Ringen betrieben wird und somit eine (n–1)-Betrachtung nicht nötig ist. Anhand der berechneten Belastungen im (n)-Fall ist aber ersichtlich, dass im 16-kV-Netz relativ viel Reserve vorhanden ist. Dies hat damit zu tun, dass das 16-kV-Netz der Stadt Olten ein reines Kabelnetz ist und die Kabel altershalber in vielen Abschnitten bereits erneuert wurden. Da bei diesen Erneuerungen insbesondere die Tiefbauarbeiten teuer sind, werden grosse Querschnitte verlegt, welche garantieren, dass das Kabel auch seine volle Lebensdauer erreicht und nicht schon früher wegen Überbelastung ausgewechselt werden muss.

Résumé **Dans quelle mesure les véhicules électriques chargeront-ils le réseau électrique suisse?**
Influence des véhicules électriques sur les réseaux de transport et de distribution
Le remplacement de 15 % de toutes les voitures suisses de véhicules privés par des véhicules électriques d'ici à l'an 2020 pourrait contribuer à réduire considérablement les émissions de CO_2. Cet article étudie les répercussions que pourrait avoir sur les réseaux de transport et de distribution la charge simultanée de 15 % de véhicules électriques dans la flotte suisse vraisemblablement sur le marché en 2020. Il apparaît que la La charge nocturne simultanée de 50% de l'effectif donné des véhicules électriques, une – hypothèse conservatrice – réaliste, entraînerait un surcroît de charge du réseau haute tension d'environ 1140 MW, ce qui affecterait les réseaux de distribution à tous les niveaux de tension et rendrait leur renforcement indispensable qui rendrait nécessaire le renforcement des éléments du réseau déjà très fortement sollicités ou à la limite de la sollicitation admissible dans la variante de base (sans véhicules électriques). No

Erkenntnisse

Die Untersuchung zeigt, dass die Einführung von Elektromobilen in grosser Stückzahl gemäss [3] zu einer Mehrbelastung der elektrischen Verteilnetze aller Spannungsebenen führt. Unter den getroffenen Annahmen werden Netzelemente identifiziert, welche infolge der Aufladung der Elektrofahrzeuge im (n–1)-Lastfall eine Mehrbelastung von bis zu 20 % erfahren.

In gewissen Bereichen werden Netzverstärkungen aufgrund dieser Mehrbelastung notwendig werden. Die Untersuchungen für die Verteilnetze im Kanton Solothurn wie auch für das Regionalnetz der Stadt Olten sind nicht repräsentativ

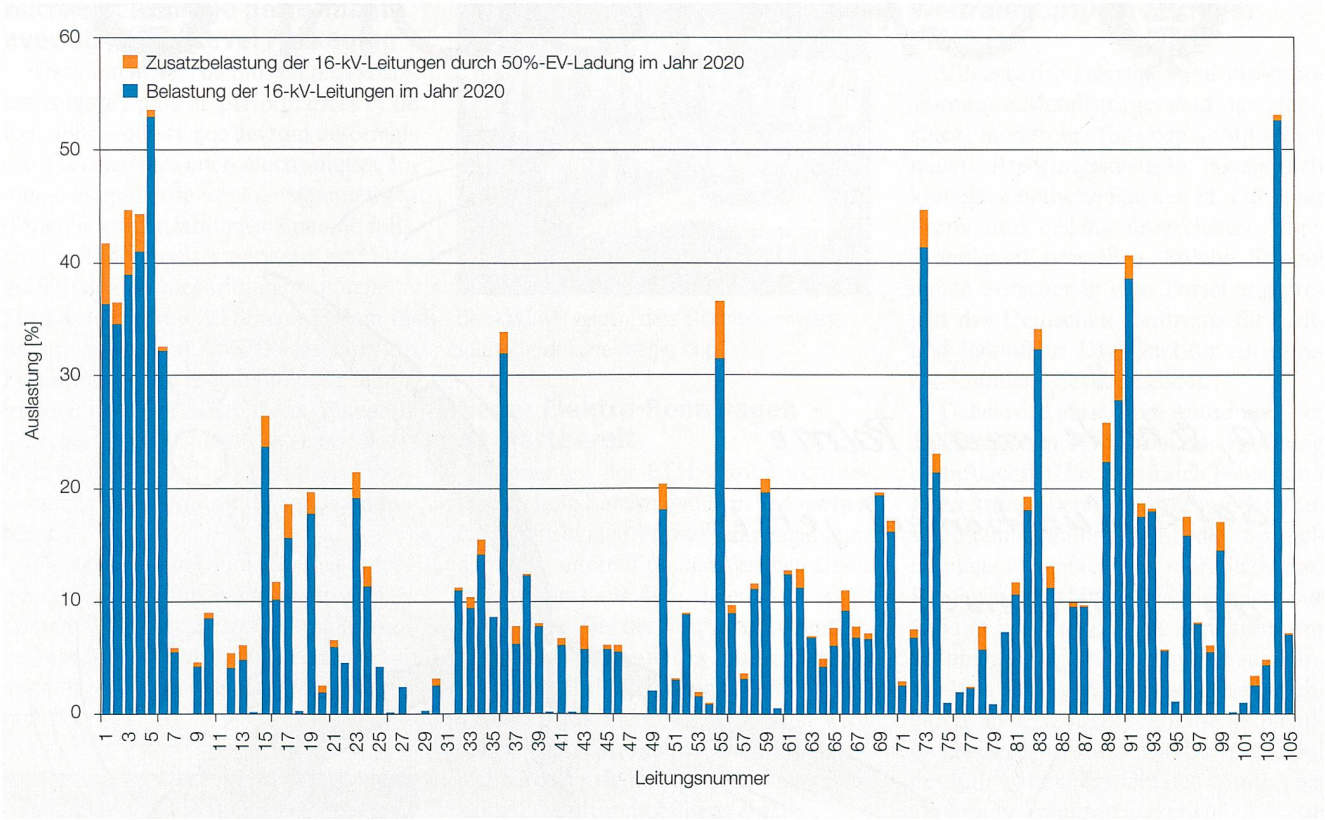


Bild 7 Belastungen der 16-kV-Leitungen im Netz der Stadt Olten.

für die gesamte Schweiz, sie können aber als Indiz dienen. Um überhaupt Aussagen machen zu können, ist es wichtig, dass alle interessierenden Netzbereiche in entsprechenden Berechnungsprogrammen abgebildet werden.

Die zeitgleiche Ladung von 50 % aller im Jahr 2020 erwarteten Elektrofahrzeuge belastet das schweizerische Transportnetz mit rund 1140 MW. Vergleicht man diese Leistung mit dem Regelband für Sekundär- und Tertiärregelung, welches aktuell in der Schweiz ca. ±900 MW beträgt, stellt man fest, dass die Gesamtheit der am Ladevorgang beteiligten Fahrzeuge eine interessante Komponente für den Regelenergiemarkt darstellen kann. Das Abrufen respektive Steuern dieser Leistung muss aber sicherlich noch vertieft untersucht werden.

Referenzen

[1] Bulletin SEV/VSE, Ausgabe Februar 2010, «Déploiement massif de véhicules électriques à l'horizon 2020», S. 39–43.

[2] Bundesamt für Energie: Schlussbericht der Arbeitsgruppe Leitungen und Versorgungssicherheit (AG LVS), Bern, 28.2.2007. www.bfe.admin.ch/themen/00612/00617/index.html?dossier_id=01192&lang=de.

[3] Alpiq: Elektrofahrzeuge: Marktpenetration in der Schweiz bis 2020. Lausanne und Olten, Juli 2009. www.alpiq.ch/images/alpiq-booklet-elektrofahrzeuge_tcm103-62306.pdf

Angaben zu den Autoren

Christoph Studer ist diplomierter Elektroingenieur FH. Seit 2002 arbeitet er bei der Atel Netz AG, heute Alpiq Netz AG Gösgen. Er ist zuständig für Planung und Auslegung elektrischer Netze im Departement «Asset Management».
christoph.studer@alpiq.com

Dr. **Stéphane Gerbex** ist diplomierter Elektroingenieur EPFL. Seit Juli 2008 arbeitet er bei EOS Réseau SA, heute Alpiq Réseau SA Lausanne. Er ist Netzingenieur im Departement «System Operations».
stephane.gerbex@alpiq.com

Dr. **Philippe Méan** ist diplomierter Bauingenieur EPFL und PhD in Engineering of the University of California at Davis (USA). Er betätigt sich seit 1982 im Bereich der Produktion, Transport und Vermarktung elektrischer Energie bei EOS. Aktuell leitet er das Department R&D in der Geschäftseinheit «Business Development» bei Alpiq.
philippe.mean@alpiq.com

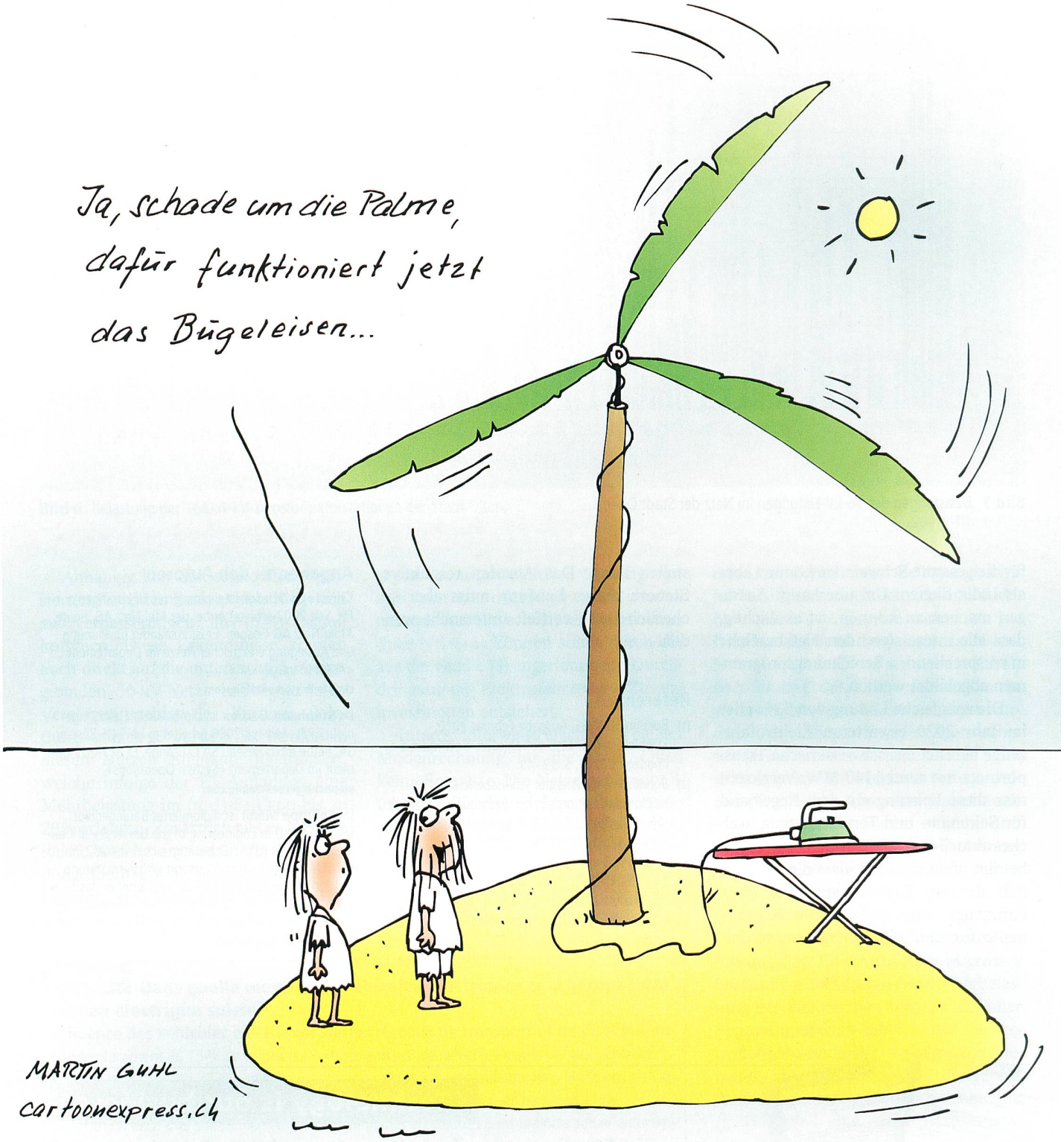
Anzeige

Technology is our business

Sprechen Sie Studierende direkt an: www.elektrojob.ch
Adressez-vous directement aux étudiants: www.electrojob.ch

electrosuisse

CARTOON



D'accord, c'est dommage pour le palmier, mais maintenant le fer à repasser fonctionne ...