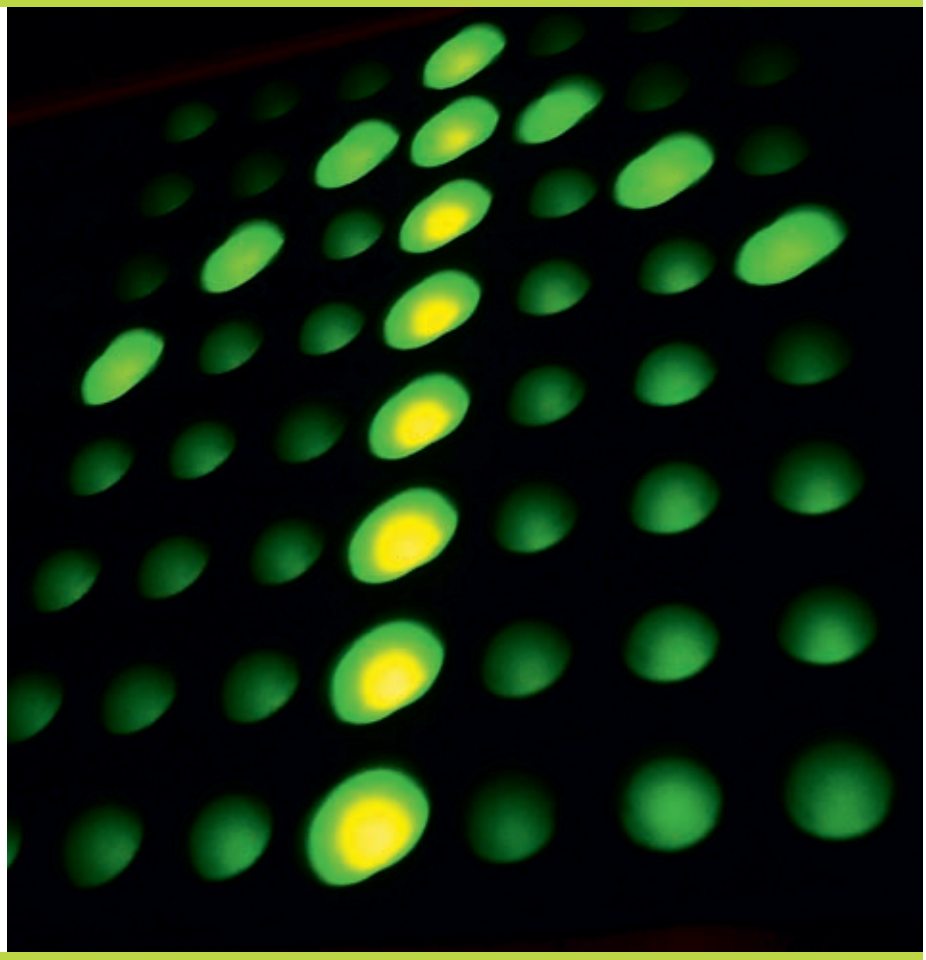


Energieeffizienz bei Aufzugsanlagen

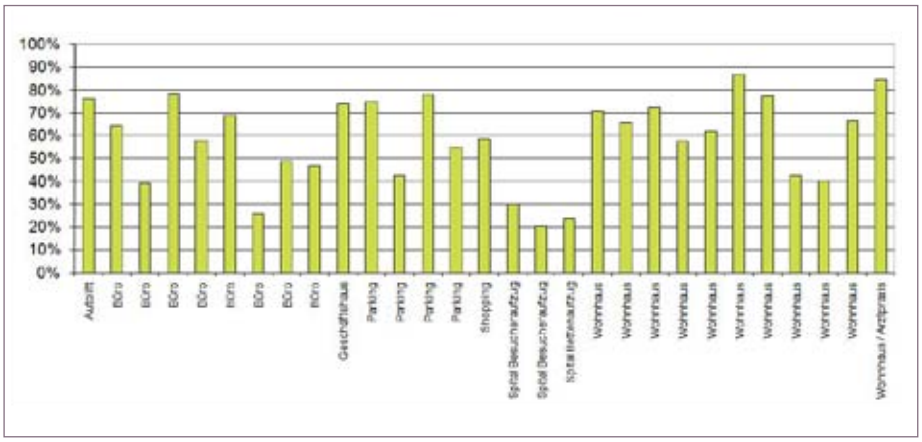
Aufzüge können gewichtige Stromverbraucher in Gebäuden sein. Ein Forschungsprojekt hat sich diesem Umstand angenommen und ist zum Schluss gekommen, dass vor allem der Verbrauch im Stand-by-Modus überraschend hoch ist. Erfreulich hoch hingegen ist der durchschnittliche Antriebswirkungsgrad.

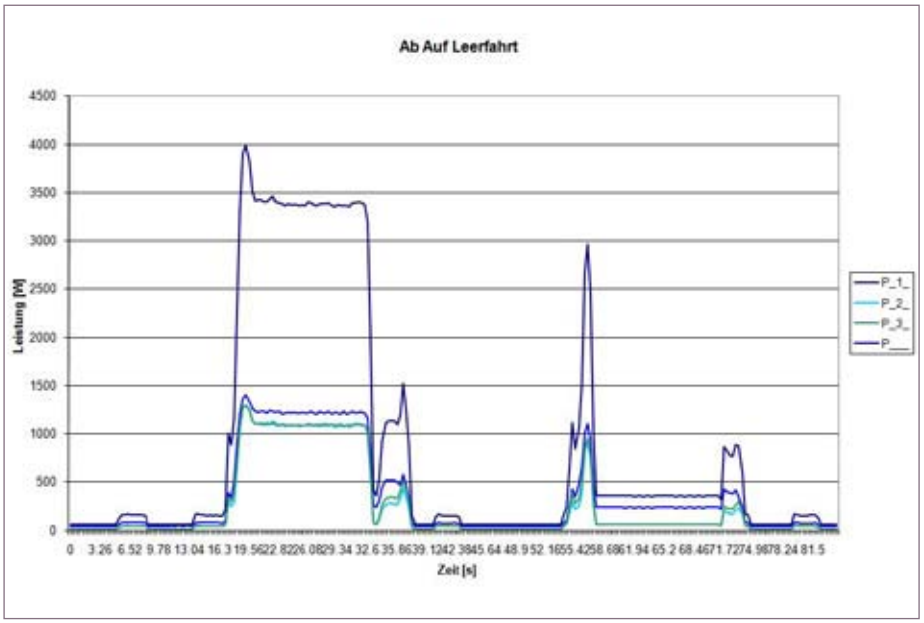
Jürg Nipkow, Schweizerische Agentur für Energieeffizienz (S.A.F.E.), Zürich

In der SIA-Norm 380/4 «Elektrische Energie im Hochbau» wird auch der Energieverbrauch von Aufzugsanlagen thematisiert. Der Kenntnisstand über den Verbrauch an Elektrizität von Aufzügen hielt sich bis vor kurzem allerdings in Grenzen. Ein breit abgestütztes Projektteam, unterstützt von der Aufzugsindustrie, setzte sich das Ziel, mit Messungen Licht in das Dunkel zu bringen. Hauptziel des von EnergieSchweiz geförderten Forschungsprojektes war es, die Grössenordnungen und die Zusammensetzung des Elektrizitätsverbrauchs von Aufzügen zu ermitteln und Massnahmen zur Effizienzsteigerung – vom Transportkonzept des Gebäudes über die Antriebstechnik bis zur Aufzugssteuerung – aufzuzeigen. Mittels einer Kategorisierung wurden für den schweizerischen Bestand typische Aufzugsanlagen nach Art, Grösse, Gebäudetyp und Aufzugseigenschaften zusammengestellt. An 33 repräsentativen Anlagen konnte der Energieverbrauch gemessen werden.

Erfassung der massgebenden Betriebszustände

Um den Energieverbrauch nach einer Standardnutzung zu berechnen, wurden bei jedem Aufzug je eine Leerfahrt auf und





Anteil des Standby- am gesamten Aufzugsenergieverbrauch nach Gebäudeart (oben). Leistungsaufnahme der Messfahrt eines Seilaufzugs (P_1, 2, 3 Phasenleistungen, P Gesamtleistung) (unten).

ab sowie der Stand-by-Verbrauch gemessen. Die minimalen und maximalen Leistungsaufnahmen sind damit erfasst. Die Messtechnik war durch die sehr grosse Spanne der Leistungsaufnahmen gefordert: Vom Bereich weniger Watt im Standby bis zu rund 30 kW dreiphasig inklusive Rückspeisung bei Rekuperation, musste mit mobilen und einfach einzurichtenden Erfassungsgeräten gearbeitet werden. Dabei galt es auch eine entsprechende Messgenauigkeit zu gewährleisten. Während der Fahrten wurden die Messdaten dreimal pro Sekunde aufgezeichnet. So konnte auch die Beschleunigungs-Leistungsspitze erfasst werden.

Die Fahrabschnitte vor und nach den annähernd konstanten Hebeabschnitten zeigen Leistungsspitzen und Leistungseinbrüche beim Beschleunigen und Bremsen. Auch die Türbewegungen sind in den Leistungsaufzeichnungen zu erkennen.

Um aus den gemessenen Extremwerten der Auf- und Abfahrten über die volle Hubhöhe den Energieverbrauch für eine Standardnutzung zu ermitteln, wurde die Berechnungsmethode der SIA-Norm 380/4 verwendet. Diese beschreibt Lastfaktoren und den Anteil der entsprechenden Fahrten nach Antriebstechnologie sowie einen Hubhöhenfaktor. Damit lässt sich aus der maximalen Hubhöhe, Motorleistung und Fahrgeschwindigkeit sowie der Fahrtenzahl der Energieverbrauch für die Bewegung des Aufzugs berechnen. Der Stand-by-Verbrauch ergibt sich aus der entsprechenden Leistungsaufnahme und 8760 Stunden Betrieb.

Auswertung der Fahrtenzähler

Die Fahrtenzahl ist für den Bewegungs-Energieverbrauch eines Aufzugs ausschlaggebend. Sie wurde mehrheitlich, ausser bei einigen erst vor kurzem in Betrieb genommenen Anlagen, durch die Auswertungen der Fahrtenzähler erhoben und für die Energieverbrauchsberechnung genutzt. Die erhobenen Werte der Fahrenzahlen werden für die Standardnutzung nach Gebäudeart in der Berechnung nach SIA 380/4 berücksichtigt: 60 000 für Wohnen und 200 000 für Büro und Verwaltung.

Für die Gegenüberstellung des Stand-by- und Fahrten-Energieverbrauchs wurde der jährliche Fahrten-Energieverbrauch gemäss der Berechnungsmethode der SIA-Norm 380/4 berechnet.

Mit der ebenfalls in der SIA-Norm 380/4 dokumentierten Berechnungsmethode der Antriebsenergie pro Fahrt aus Hubhöhe, Kabinengewicht und Geschwindigkeit konnte eine Berechnung des Antriebswirkungsgrades durchgeführt werden. Dazu wurden die Daten der «Lastfahrt» mit maximaler Motorenleistung benutzt. Bei Seilaufzügen ist dies wegen des Gegengewichts die leere Abwärtsfahrt. Bei Hydraulikaufzügen ohne Gegengewicht oder Druckspeicher die Aufwärtsfahrt mit Nennlast.

Der ermittelte Durchschnittswert entsprach mit 60 Prozent den Erwartungen. Hydraulikaufzüge mit Gegengewicht erreichen ähnlich gute Wirkungsgradwerte wie Seilaufzüge. Von besonderem Interesse waren die Messungen an Aufzügen mit Rekuperation, welche einen beträchtlichen Investitionsmehraufwand bedeuten. Als Rekuperationsgrad wird das Verhältnis der zurückgespeisten Energie bei der Aufwärtsfahrt dividiert durch die benötigte Energie während beiden Fahrten bezeichnet. Bei den fünf Anlagen, die über ein solches System verfügten, betrug der Rekuperationsgrad zwischen 9 Prozent und 47 Prozent; mit guter Technik ist also eine beträchtliche Einsparung realisierbar.

Hoher Stand-by-Verbrauch dominiert

Dominiert wird der Energieverbrauch der Aufzüge allerdings von einem hohen Anteil Stand-by-Verbrauch von durchschnittlich 58 Prozent. Dieser Stand-by-Verbrauch setzt sich aus unterschiedlichen Anteilen zusammen. Bezüglich Energieeffizienz stechen vor allem zwei «Sünden» ins Auge: einerseits konstant eingeschaltetes Kabinenlicht, andererseits permanente Kraft für das Zuhalten der Tür. Die Beleuchtung trägt bei Aufzügen mit hohen Fahrtenzahlen auch mit automatischer Abschaltung nicht ▶

unwesentlich zum Gesamt-Elektrizitätsverbrauch bei, wenn ineffiziente Lampen oder Leuchten verwendet werden wie etwa Halogen-Glühlampen. Weitere Verminderungen des Stand-by-Verbrauchs könnten durch folgende Anstrengungen erreicht werden:

- Ausschalten von Steuerungsfunktionen, insbesondere Frequenzumrichter-Bereitschaft, bei Stillstand. In Schwachlastzeiten ist ein tieferer Bereitschaftsstand denkbar, ähnlich einer «Sleep-Funktion» bei elektronischen Geräten.
- Effizientere Netzteile
- Anzeigen mit Leuchtdioden (LED)

Entwicklungen bei der Antriebstechnik

Hydraulikaufzug vs. Seilaufzug

Die Messungen haben gezeigt, dass Hydraulikaufzüge im Vergleich mit Seilaufzügen nicht schlechter abschneiden müssen. Bis jetzt liegen die Investitionskosten ein wenig höher. Die Vorteile wegen der unter Umständen kleineren Motorenleistung können diese Kosten jedoch kompensieren.

Rückspeisefähige Umrichter

Ein idealer Aufzugsantrieb würde bei der Aufwärtsfahrt gleich viel Energie ins Netz zurückspeisen, wie er zuvor bei der Abwärtsfahrt benötigt hat. Ein realer Aufzug braucht zum Beschleunigen, Bremsen, Stoppen und zur Überwindung der Reibung ebenfalls Energie. Diese Energie lässt sich allerdings kaum rekuperieren. Vor allem bei grossen Aufzügen mit vielen Fahrten sind rückspeisefähige Umrichter energetisch und wirtschaftlich sinnvoll.

Optimierte Gegengewichte

Die mittlere Aufzugsbesetzung entspricht etwa 20 Prozent der Nennlast. Die Gegengewichte sind aber üblicherweise für 50 Prozent der Nennlast ausgelegt. Eine Optimierung der Gegengewichte brächte entsprechende Energieeinsparungen mit sich.

Energiebewusst planen und bestellen

Aufzugsanlagen werden zunehmend auch bei geringer Geschosszahl zur Erschliessung eingesetzt. Der Bedarf an Transportkapazität ist deshalb genau aufgrund des Gebäudetyps, Gebäudebelegung, Lage der Aufzüge und Verkehrsmuster zu bestimmen. Die Anzahl und Grösse der Anlage wird aufgrund des erwarteten Bedarfs an Transportkapazität festgelegt.

Wahl eines energieeffizienten Aufzugssystems

Verschiedene Konstruktionsmerkmale haben Einfluss auf die Energieeffizienz der Aufzüge. So ergeben sich beispielsweise bei einer zentrischen Aufhängung und der Verwendung reibungsarmer Führungselemente weniger Reibungsverluste. Geregelte Motoren beschleunigen mit kleineren Verlusten als die früher üblichen pol-umschaltbaren Motoren. Getriebeverluste lassen sich zudem mit Gearless-Antrieben gegenüber herkömmlichen Schneckengetrieben vermindern. Ein Fahrtablauf mit kleinen Beschleunigungswerten ist effizienter, dauert dafür aber etwas länger. Schliesslich sparen Lift-Kommando-Steuerungen mit Sammelbetrieb gegenüber dem Taxibetrieb Fahrten-Energie. ■