

**Zeitschrift:** bulletin.ch / Electrosuisse

**Herausgeber:** Electrosuisse

**Band:** 97 (2006)

**Heft:** 7

**Artikel:** Marktbasiertes Engpassmanagement : ein Beitrag zur Netzsicherheit

**Autor:** Bacher, Rainer

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-857663>

### 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>**

# Marktbasiertes Engpassmanagement – ein Beitrag zur Netzsicherheit

**Der Strommarkt soll so organisiert werden, dass die Versorgungssicherheit zu jedem Zeitpunkt gewährleistet ist**

Durch die Strompanne in Italien im September 2003 wurde die Notwendigkeit von europaweit koordinierten, verbindlichen Massnahmen zur Stärkung der Versorgungssicherheit unter Wahrung der Interessen des Stromhandels und des Wettbewerbs im Strommarkt verstärkt gefordert. Bei den Anforderungen an die Versorgungssicherheit steht das (n-1)-Kriterium im Zentrum: der ungeplante Ausfall eines beliebigen Elements des Übertragungsnetzes einschliesslich der Erzeuger darf kurzfristig nicht zu unzulässigen Systemzuständen führen. Seit Beginn 2006 werden an den grenzüberschreitenden Leitungen von Deutschland und Österreich zur Schweiz Auktionen von maximal zulässigen grenzüberschreitenden Stromlieferungen durchgeführt. Damit soll die Versorgungssicherheit in Einklang mit den Marktkräften gebracht werden.

Seit der Ablehnung des Elektrizitätsmarktggesetzes (EMG) 2002 haben sich die Rahmenbedingungen für die Elektrizitätsversorgung in der Schweiz verändert: Erstens hat das Bundesgericht mit Urteil vom 17. Juni 2003 das Recht auf Netzzugang durch Dritte gestützt auf das Kartellgesetz anerkannt. Damit ist formal der freie Zugang zu beliebigen

Rainer Bacher

Stromlieferanten gegeben. Zweitens hat der grenzüberschreitende Stromhandel in den letzten Jahren stark zugenommen. Der Stromausfall in Italien im September 2003 hat gezeigt, dass die bestehenden gesetzlichen Vorschriften im Interesse der Versorgungssicherheit den neuen Begebenheiten angepasst werden müssen. Drittens wurde in der EU der Strominnenmarkt konkretisiert und dessen Realisierung beschleunigt. Im Jahr 2007 sollen in der EU alle Endverbraucher ihren Stromlieferanten frei wählen können.

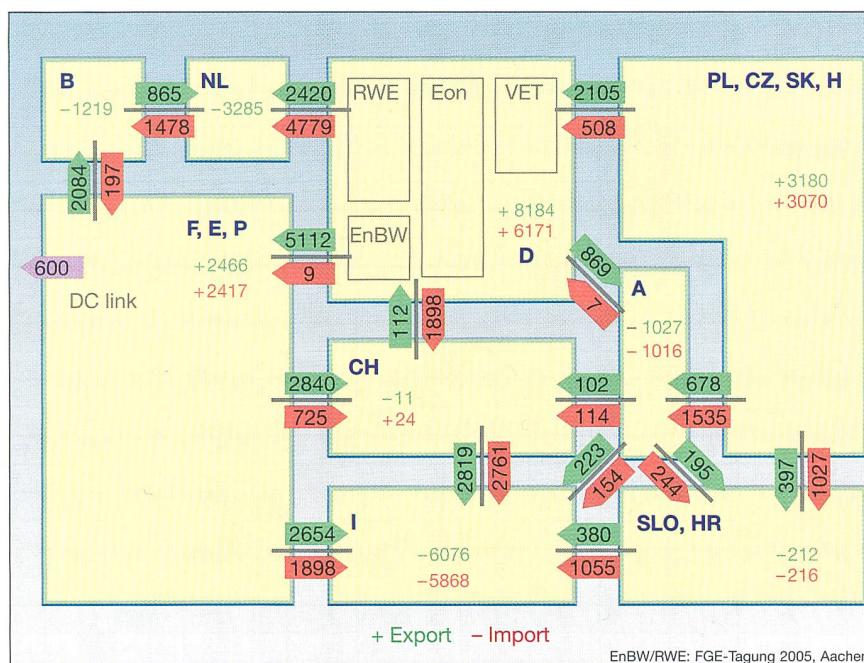


Bild 1 Regelzonen im UCTE-Gebiet. Die eingetragenen roten und grünen Pfeile symbolisieren die geplanten grenzüberschreitenden Lieferungen (grüne Pfeile) und die daraus resultierenden physikalischen Flüsse (rote Pfeile) für Nordeuropa am 22. Dezember 2004, 17.30 Uhr.

## Handelsinteressen und technische Sicherheit müssen reguliert werden

Die Ursache des Stromausfalls 2003 in Italien und die Entwicklungen in der EU haben aufgezeigt, dass in der Schweiz Normen und gesetzliche Rahmenbedingungen nicht mehr den technischen und wirtschaftlichen Realitäten entsprechen. Es fehlen insbesondere eine starke sektorspezifische Regulierungsbehörde, die den grenzüberschreitenden Handel überwacht, und ein unabhängiger Übertragungsnetzbetreiber mit Weisungsrecht in kritischen Netzsituationen.

Diese beiden neuen Institutionen sollen dafür sorgen, dass die grossräumige Vernetzung mit Höchstspannungsleitungen und der dadurch ermöglichte EU-weite Stromhandel sowie der sichere Betrieb von Netzen in Zukunft verbindlich geregelt werden.

## Stromhandel so frei wie möglich

Der Stromhandel soll so frei wie möglich sein: Die Stromquellen und -senken

## Stromhandel

im gesamten Raum der UCTE<sup>1)</sup> sollen im Prinzip von den Händlern selber festgelegt werden können. Für die dadurch ausgelösten grossräumigen Stromtransporte braucht es aber genügend nationale und grenzüberschreitende Netzkapazität, die heute UCTE-weit nur beschränkt zur Verfügung steht. Die Schweiz hat mit einer installierten grenzüberschreitenden Kapazität von rund 28 GW UCTE-weit den grössten relativen Anteil gemessen am Landesverbrauch<sup>2)</sup>. Aus technischen Gründen darf allerdings nur ein Teil der verfügbaren Kapazität im Normalbetrieb genutzt werden. Dazu kommt, dass Kostenstrukturen der Erzeugung in Europa regional unterschiedlich sind (Wasserkraft in den Alpen, Wind im Norden, Kernkraft in Frankreich usw.). Dies führt dazu, dass je nach Tageszeit und Wochentag unterschiedliche Kraftwerke an verschiedenen Standorten in Europa zur Produktion eingesetzt werden.

### Starkes Übertragungsnetz unerlässlich

Ein starkes Übertragungsnetz dient aber nicht nur zur Erfüllung von technischen Randbedingungen und der Umsetzung von Handelszielen im Normalbetrieb: In Notfällen, beispielsweise beim Ausfall eines Kraftwerks wie Leibstadt mit mehr als 1 GW Leistung oder einer stark belasteten grenzüberschreitenden Übertragungsleitung wie Lavorgo-Musignano mit mehr als 1 GW Leistungsfluss, muss das verbleibende Übertragungsnetz zusammen mit der UCTE-weit ständig zur Verfügung stehenden Reserveerzeugung unmittelbar für die grenzüberschreitende Übertragung zur Verfügung stehen.

Die Anforderungen bezüglich Normal- und Ausfallbetrieb führen zu notwendigen Beschränkungen («Engpass») der nutzbaren Übertragungsnetzkapazitäten – sowohl grenzüberschreitend als auch im Inland: Nachfrage und Erzeugung beanspruchen das Übertragungsnetz derart, dass in gewissen Netzteilen Netzsicherheitsgrenzen (Wirkleistungen, Spannungen, Blindleistungen usw.) verletzt werden könnten. Das Engpassmanagement beinhaltet alle Massnahmen, um eine sichere Netznutzung, d.h. die Einhaltung aller Netzsicherheitsgrenzen, im Normal- wie auch im Ausfallbetrieb ([n-1]-Kriterium) bei knappen Netzkapazitäten sicherzustellen.

Die Voraussetzung für einen verstärkten Stromhandel, eine starke Grundversorgung und eine hohe Versorgungssicherheit ist ein international koordinierter, sicherer und effizienter Systembetrieb. Ein von Stromhändlern, Stromvertriebsgesellschaften, Verteilnetzbetreibern usw. unabhängiger Übertragungsnetzbetreiber

mit einem gesetzlichen Auftrag für den sicheren, effizienten Systembetrieb im Normalzustand wie auch im Ausfallbetrieb soll dafür im jeweiligen Land durch die Anwendung einheitlicher Regeln verantwortlich sein.

### Geplante gesetzliche Grundlagen

Das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) hat nach dem Nein zum EMG eine politisch breit abgestützte Expertenkommission damit beauftragt, Eckwerte für eine neue Elektrizitätswirtschaftsordnung zu erarbeiten. Aufgrund ihrer Arbeit und der nachfolgenden Vernehmlassung sowie der Diskussion in den eidgenössischen Räten zeichnen sich folgende Eckwerte für ein Stromversorgungsgesetz (StromVG) ab:

Die freie Lieferantenwahl soll für alle Elektrizitätsversorgungsunternehmen der Schweiz von Anfang an uneingeschränkt möglich sein. Für die Endverbraucher sind zwei Etappen vorgesehen: Während einer fünf Jahre dauernden Teilmarktöffnung für Endverbraucher mit mehr als 100 MWh pro Jahr sollen Erfahrungen gesammelt werden. Danach sollen auch kleine KMU und Haushalte ihren Lieferanten wählen können. Sie sollen aber im Unterschied zum EMG im Rahmen des *Wahlmodells Abgesicherte Stromversorgung* (WAS) den Strom auch weiterhin

vom bisherigen Versorgungsunternehmen beziehen können. Noch nicht endgültig entschieden ist, ob im Unterschied zum EMG der Übergang zur vollen Markttöffnung nicht automatisch, sondern durch einen Beschluss der Bundesversammlung erfolgen soll, der dem fakultativen Referendum unterliegt.

Neben dem neuen StromVG soll mittels Änderung des Elektrizitätsgesetzes (EleG) eine vorgezogene, bis zur Inkraftsetzung des StromVG befristete Regelung des sicheren, grenzüberschreitenden Stromhandels vorgenommen werden. Die im EleG vorgesehenen entsprechenden Bestimmungen stimmen mit jenen im StromVG überein. Im EleG sind jedoch die Bestimmungen zur Markttöffnung für die Endverbraucher nicht enthalten. Diese sollen erst mit dem StromVG, wo auch die entsprechenden flankierenden Massnahmen formuliert sind, in Kraft treten.

### Stromhandel und die Regelzonen der UCTE

Das Gebiet der UCTE ist heute in viele Regelzonen eingeteilt (Bild 1).

Die Stromhändler haben die technischen Vorgaben von Regelzonen zu akzeptieren. Jedes marktisierte Konzept muss daher heute in der UCTE pro Regelzone Austauschprogramme («Stundenfahrpläne») der Händler zu den benachbarten Regelzonen liefern. Eine beliebige Anzahl von Bilanzgruppen<sup>3)</sup> pro

		Aktion: Austauschprogramm																				
		DE-NL	DE-FR	DE-CH	DE-AT	DE-CZ	DE-PL	BE-NL	BE-FR	CH-FR	AT-CH	AT-CZ	CZ-PL	FR-IT	CH-IT	IT-SI	AT-IT	AT-SI	AT-HU	CZ-SK	HU-SK	PL-SK
Reaktion: physikalischer Fluss		82	28	15	7	4	3	21	-32	13	8	-3	-1	-13	0	-5	8	2	-1	1	-1	2
DE-NL		82	28	15	7	4	3	21	-32	13	8	-3	-1	-13	0	-5	8	2	-1	1	-1	2
DE-FR		9	37	12	4	2	2	-15	13	25	9	-2	0	-23	2	-7	11	3	0	1	-1	1
DE-CH		5	2	57	6	3	4	-5	14	-33	50	-3	1	15	-18	-20	33	12	2	2	-3	2
DE-AT		2	6	10	51	14	14	-1	3	-4	-41	-37	0	14	10	12	-31	-18	-25	9	-3	8
DE-CZ		1	2	3	20	63	25	0	1	-1	-18	43	-38	4	-18	14	-14	0	14	-23	5	14
DE-PL		1	2	3	11	14	52	-1	1	-1	-8	3	37	3	2	7	-6	1	10	10	3	-27
BE-NL		18	-28	-15	-7	-4	-3	79	32	-13	-8	3	1	13	0	5	-8	-2	1	-1	1	-2
BE-FR		-18	28	15	7	4	3	21	68	13	8	-3	-1	-13	0	-5	8	2	-1	1	-1	2
CH-FR		6	19	-25	-6	-3	-2	-4	9	44	-19	3	1	-28	16	2	-3	-1	2	-1	1	-1
AT-CH		2	6	11	-3	-1	0	-1	3	-4	14	2	1	9	5	-10	19	8	4	1	-1	0
AT-CZ		0	-2	-2	-22	14	9	1	-1	1	20	37	-6	-2	-1	-5	18	13	18	-7	12	-1
CZ-PL		0	-2	-2	-8	-13	34	1	-1	1	6	-5	47	-2	-1	-4	5	1	-2	-2	-5	-49
FR-IT		-3	-15	3	5	3	3	2	-10	-18	-3	-2	0	36	18	-11	16	5	0	1	-1	1
CH-IT		2	10	-8	9	5	6	-1	8	18	-17	-4	0	52	71	-32	54	22	4	4	-4	3
IT-SI		-1	-4	-5	10	8	8	1	-2	1	-15	-1	0	-12	-11	57	-26	31	9	5	-6	5
AT-IT		0	0	0	-5	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0
AT-SI		1	2	2	-9	-1	0	0	1	0	11	8	1	6	6	22	17	39	14	2	-4	1
AT-HU		0	0	0	-10	1	6	0	0	0	10	11	5	1	1	5	11	17	34	13	-10	8
CZ-SK		0	2	2	6	-10	0	0	1	0	-4	-16	10	4	3	12	0	12	34	72	22	62
HU-SK		0	-2	-3	-7	8	8	1	-1	1	5	15	1	-4	-3	-12	2	-10	-27	20	62	19
PL-SK		0	1	1	3	1	-14	0	0	-2	-2	-16	1	1	3	-1	2	8	8	-2	24	

Bild 2 Beispiel eines Satzes von PTDF

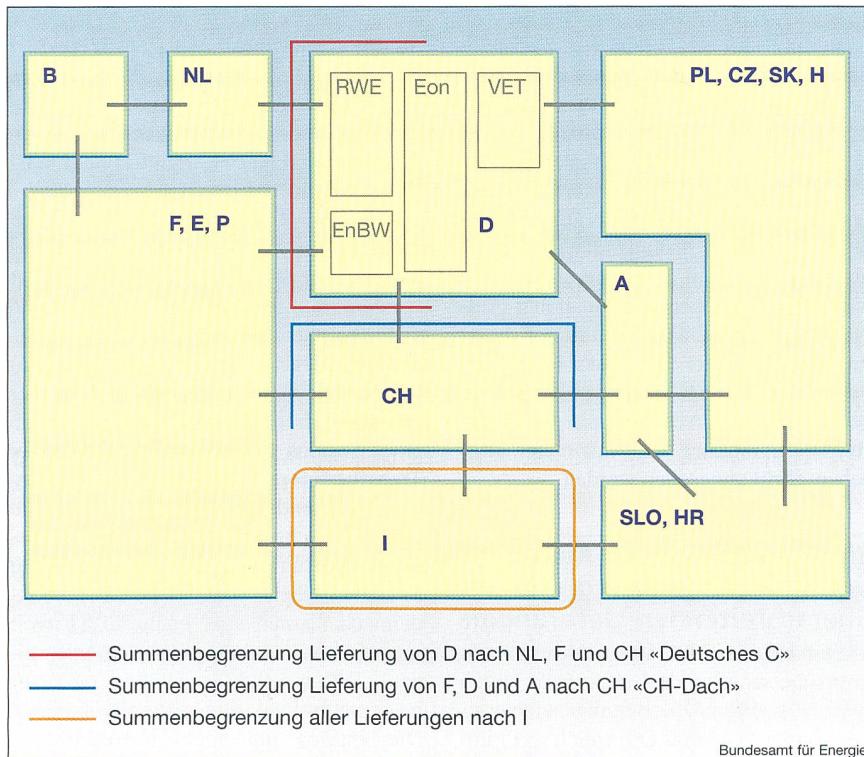


Bild 3 Summenbegrenzte Regelzonen-Austauschprogramme für sichere Netze rund um die Regelzone Schweiz

Regelzone soll den Händlern die grösstmögliche Flexibilität zur Erstellung der Austauschprogramme zwischen Regelzonen geben. Bei den von ihnen veranlassten Handelslieferungen (Austauschprogramme) muss pro Transaktion die Einspeisung und eine gleich grosse Entnahme pro viertelstündlichem Zeitraum in den involvierten Regelzonen angegeben werden. Zentrale Stromhandelsplätze wie die EEX<sup>4)</sup> ersetzen das bilaterale Geschäft zwischen zwei Regelzonen durch einen Satz von leistungsmässig insgesamt ausgeglichenen Einspeisungen und Entnahmen in benachbarten Regelzonen. In jedem Fall muss aber jeder Einspeisung und jeder Entnahme genau eine Bilanzgruppe in jeweils genau einer Regelzone zugeordnet sein.

Aus der Physik ergibt sich, dass der Stromaustausch zwischen benachbarten Regelzonen unvermeidbar andere benachbarte und sogar weiter entfernte Netze mehr oder weniger in Anspruch nimmt. Diese Netze übernehmen also einen Teil der Übertragung. Bild 1 zeigt exemplarisch, wie unterschiedlich die Austauschprogramme oder Handelslieferungen (grün) und die resultierenden physikalischen Flüsse (rot) sein können. Über so genannte Power Transfer Distribution Factors (PTDF) kann der Zusammenhang zwischen Handelslieferungen und Flüssen im analytischen Modell nachvollzogen werden (physikalische Flüsse erge-

ben sich dann aus dem Produkt von PTDF und «Handelslieferungen»). Ein Beispiel für einen Satz von PTDF-Faktoren ist in Bild 2 dargestellt. Daraus kann abgelesen werden, dass eine – hier durch Kreise markiert – Lieferung von 100 MW von Deutschland (DE) in die Schweiz (CH) eine Flussänderung von -25 MW in den grenzüberschreitenden Leitungen von der Schweiz in Richtung Frankreich (FR) bewirkt (Wert im Schnittpunkt von Spalte DE-CH und Zeile CH-FR).

Das Prinzip der pro Stunde des nächsten Tages geplanten Austauschprogramme pro Regelzone, erweitert um die Bilanzgruppen, garantiert die Netzsicherheit aber noch nicht. Um einen sicheren Netzbetrieb jederzeit gewährleisten zu können, ohne die Marktprinzipien der Bilanzgruppen und die technischen Prinzipien der weit gehend autonomen Regelzonen zu verletzen, müssen zusätzliche, mit diesen Systemen kompatible Massnahmen ergriffen werden.

### Voraussetzungen für einen sicheren Betrieb der grenzüberschreitenden Übertragungsnetze

Das Regelzonen- und das dazu kompatible Bilanzgruppenkonzept können aufgrund der physikalischen Gesetze zu grossen Unterschieden zwischen Handelslieferung (Austausch) und physika-

lischem Fluss zwischen zwei verbundenen Nachbarregelzonen führen. Diese beiden Werte werden auch in Zukunft in den meisten grenzüberschreitenden Fällen aus physikalischen Gründen unterschiedlich sein. Wichtig ist aber die Feststellung, dass in jeder Regelzone pro betrachtetem Zeitintervall (heute: Stunde, in Zukunft evtl. Viertelstunde) die Summe aller Handelstransaktionen und die Summe der Flüsse zu allen verbundenen Nachbarregelzonen gleich gross ist, solange die Sekundärregelung mit hoher Genauigkeit funktioniert.

Basierend auf diesen Grundlagen bestehen verschiedene Möglichkeiten, die Sicherheit des Netzes zu garantieren. Die Anwendung einer einzigen betrieblich zentral geführten UCTE-Lösung wird dafür vorläufig aus praktischen Gründen ausgeschlossen. Im Folgenden wird von einer pragmatischen, schrittweisen Entwicklung von den heute in der UCTE angewandten sicheren und einheitlichen Stromhandelsprozessen ausgegangen.

### Pragmatische Lösungsansätze stehen im Vordergrund

#### Grenzüberschreitende Lieferungsbegrenzung

- Die Begrenzung der maximalen Gesamtimport- bzw. Gesamlexportliefermenge einer Regelzone bei «nur Export» oder «nur Import» der Regelzone oder
- Die Begrenzung der maximalen Import- und maximalen Exportliefermenge einer Regelzone, wenn die Regelzone gleichzeitig und regelmässig über eine oder mehrere Grenzen importiert und über eine oder mehrere andere Grenzen exportiert.

#### Grenzüberschreitende Flussbegrenzung

- Die Begrenzung der grenzüberschreitenden physikalischen Flüsse.

Die grenzüberschreitende Lieferungsbegrenzung führt zu minimalen Eingriffen in die bisherigen Händleraktivitäten und -prozesse. Händler müssen bei diesem Ansatz akzeptieren, dass maximale Gesamtlieferungsimporte von exportierenden Nachbarregelzonen und maximale Gesamtlieferungsexporte zu importierenden Nachbarregelzonen vorgegeben sind und eingehalten werden müssen. Die Organisation der Einhaltung dieser maximalen Handelsmengen kann bei diesem Ansatz beispielsweise durch «Auktionen von maximalen Import- oder Exportstromlieferungen» sichergestellt werden. Bild 3 zeigt schematisch, wie im Rahmen dieses Ansatzes «Summen von Lieferungen» im Westen und Süden Deutsch-

# Stromhandel

lands bzw. an den Grenzen rund um die Schweiz limitiert werden.

Die grenzüberschreitende Flussbegrenzung würde dazu führen, dass die Händler ihre Transaktionen basierend auf der Kenntnis der PTDF machen müssten. Jeder Händler müsste die maximal zulässigen Flüsse (auch für alle möglichen Netzausfallsituationen) auf allen kritischen grenzüberschreitenden Leitungen genauso kennen wie die Auswirkungen jeder möglichen Handelstransaktion auf die Flüsse aller dieser kritischen Leitungen. Die Einhaltung dieser maximalen Flüsse auf kritischen Leitungen könnte bei diesem Ansatz beispielsweise durch «Auktionen von grenzüberschreitenden, physikalischen Kapazitäten» sichergestellt werden.

Im Vordergrund steht heute jedoch die grenzüberschreitende Lieferungsbegrenzung. Dabei wird vorausgesetzt, dass die physikalischen Flussmuster zwischen den Regelzonen für gewisse Zeitabschnitte im Jahr gleichartig sind. Typische Muster für die Regelzone Schweiz sind z.B. hohe Transite in Winternächten oder hohe Exporte an Sommertagen. Pro Muster wird der Worst-Case-Zustand gesucht. Das zugrunde liegende Konzept geht davon aus, dass durch die individuelle Beherrschung der Worst-Case-Zustände – bzw. Zeitabschnitte – auch die anderen weniger kritischen Zeitintervalle mit derselben Methodik und denselben Begrenzungen beherrscht werden können. Würde sich das Muster aber oft ändern, d.h. sollten sich Import- und Exportflüsse auf denselben grenzüberschreitenden Abschnitten sehr oft und unvorhersehbar ändern, dann muss die Anwendung dieses Ansatzes hinterfragt werden und z.B. auf den Ansatz der grenzüberschreitenden Flussbegrenzung übergegangen werden.

Im Folgenden wird nur auf die Realisierung des pragmatischen Ansatzes der grenzüberschreitenden Lieferungsbegrenzung vertieft eingegangen. Von den veränderten Handelsprozessen her gesehen ist die «grenzüberschreitende Flussbegrenzung» komplexer: Für die Garantie einer hohen Versorgungssicherheit durch den Stromhandel, basierend auf einer solchen Flussbegrenzung, ist zumindest im Übergang ein hoher Aufwand notwendig. Die Einführung dieser grenzüberschreitenden Flussbegrenzung bedarf wohl noch mehrerer Zwischenschritte. Die grenzüberschreitende Lieferungsbeschränkung kann als erster Zwischenschritt angesehen werden.

## Sichere Netze durch Auktionen von maximalen grenzüberschreitenden Lieferungen

Seit Beginn 2006 sind Auktionen für grenzüberschreitende Lieferungen durch die involvierten Übertragungsnetzbetreiber von DE, CH und Österreich (AT) implementiert worden. Bild 4 zeigt schematisch den Ablauf: Die so genannten «Net Transfer Capacity»-Werte (NTC-Werte) deuten die maximale Handelsliefermenge an, die insgesamt zwischen den Ländern DE, FR, AT und CH («Schweizer Dach») in der Auktion alloziert werden dürfen, ohne die Sicherheitsgrenzen – auch bei einem beliebigen Ausfall – an irgendeinem Element im gesamten Gebiet zu verletzen. Genauso wurden für DE maximale Austauschwerte für die Summe der Lieferungen an der West- und Südgrenze zu Holland (NL), FR und CH ermittelt («Deutsches C»). NTC-Werte werden für verschiedene vorausschauende Intervalle bestimmt (jährliche Worst-Case-Abschätzungen bis hin zu stündlichen Werten,

die auf der Lieferungsprognose für jede Stunde des nächsten Tages basieren). Vor der aktuellen Transaktion werden die NTC-Werte transparent diesen Marktintervallen und den grenzüberschreitenden Abschnitten FR-CH, DE-CH und AT-CH zugeordnet.

NTC-Werte, die heute zwischen den Ländern für die verschiedenen Zeitintervalle grenzüberschreitend festgelegt werden, implizieren nur bedingt, dass die kritische, den Handel begrenzende Sicherheitsgrenze direkt zwischen den Ländern liegen muss. Sie kann aufgrund der physikalischen Gesetze auch innerhalb eines Landes liegen, beispielsweise bei Transformatoren, wenn der durch grenzüberschreitende Lieferungen verursachte Fluss kritische landesinterne Flussänderungen von einer höheren auf eine tiefere Spannungsebene bewirkt. Die Stromhandelmechanismen sind heute UCTE-weit so aufgesetzt, dass nur grenzüberschreitende Größen (Lieferungen oder Flüsse) begrenzt und auktioniert werden können. Die «harte» und nicht beeinflussbare Verknüpfung über physikalische Gesetze sorgt aber dafür, dass neben den grenzüberschreitenden Netzelementen auch kein landesinternes Element über seine maximal zulässige Belastung betrieben wird.

Die NTC-Werte für das so genannte Schweizer Dach, d.h. die maximalen Lieferungen insgesamt aus DE, FR und AT in die Schweiz, wurden für das Jahr 2006 für verschiedene kritische Zeiträume festgelegt (Tabelle I). Es wird angenommen, dass jeder der kritischen Zeiträume einem ähnlichen grenzüberschreitenden Liefer- und Flussmuster folgt. Diese NTC-Werte dürfen jeweils pro Zeitraum nicht überschritten werden, da sonst sowohl die nationale als auch die grenzüberschreitende, systemweite betriebliche Versorgungssicherheit gefährdet wäre.

Es besteht heute die Möglichkeit, bei Monats- und Tagesauktionen von maximalen grenzüberschreitenden Handelslieferungen teilzunehmen: für alle Stunden eines Monats oder für jede Stunde des kommenden Tages kann ein garantiertes Recht für eine entsprechende grenzüberschreitende Handelsliefermenge zu einem gewissen Preis erworben werden. Die für das jeweilige Engpasslieferrecht Meistbietenden erhalten den Zuschlag und zahlen das günstigste, von der Auktion gerade noch angenommene Angebot. Die Einnahmen der Auktionen werden in der Schweiz vom Übertragungsnetzbetreiber erhoben. In der EU ist gesetzlich vorgeschrieben, wie die Einnahmen aus solchen grenzüberschreitenden Auktionen zu verwenden sind: für den Ausbau

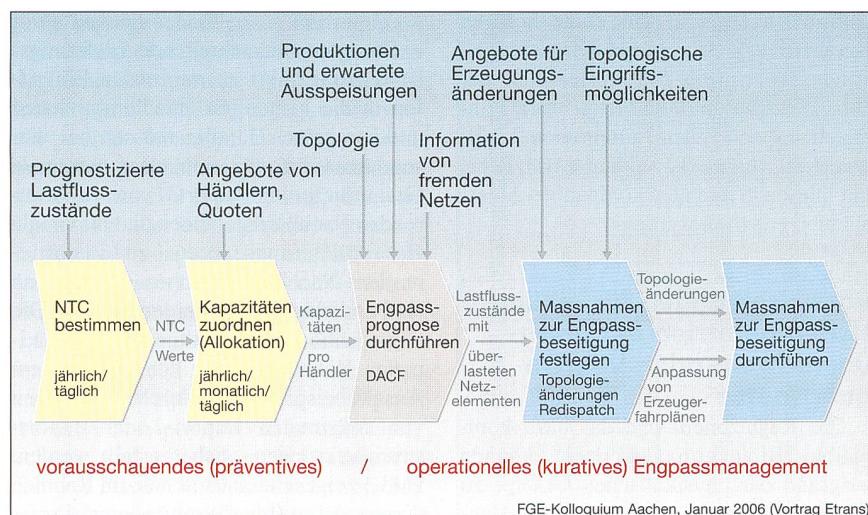


Bild 4 Grundsätzlicher Engpassmanagement-Prozess (2006). DACF: Day-Ahead Contingency Forecast

Periode	Grenze	Tag 07:00 bis 23:00		Nacht 23:00 bis 07:00	
		Werktag (inkl. Samstag)	Sonntage und Feiertage	Werktag (inkl. Samstag)	Sonntage und Feiertage
Winter	Frankreich	3200	3200	3200	3200
	Deutschland	2150	1840	1840	1840
	Österreich	550	460	460	460
	<b>Total</b>	<b>5900</b>	<b>5500</b>	<b>5500</b>	<b>5500</b>
Sommer	Frankreich	3000	3000	3000	3000
	Deutschland	2080	1880	1800	1800
	Österreich	520	470	450	450
	<b>Total</b>	<b>5600</b>	<b>5350</b>	<b>5250</b>	<b>5250</b>

Tabelle I NTC-Werte [MW] FR-DE-AT in Richtung CH für das Jahr 2006. Daten aus: Etrans-Info-Veranstaltung Stuttgart, 25. November 2005 (Presentation Etrans)

h	AT→CH		DE→CH		Preise	
	ATC	Lieferungs-recht-Preis	ATC	Lieferungs-recht-Preis	Spotmarkt EXAA Österreich	Spotmarkt EEX Deutschland
	[MW]	[Euro/MW]	[MW]	[Euro/MW]	[Euro/MW]	[Euro/MW]
1	215	2,06	1003	1,15	54,34	43,88
2						
...						
8						
9	225	4,56	1042	0,44	41,21	33,45
10	225	6,01	1042	2,09	43,80	36,57
11	225	15,00	1042	12,33	51,23	43,17
12	225	12,00	1042	5,47	55,00	45,57
13	225	12,00	1041	8,94	51,61	43,53
14	225	12,00	1041	5,94	44,51	41,73
15	225	7,82	1041	5,05	39,30	39,04
16	225	6,56	1041	6,60	36,10	36,02
17	225	5,06	1041	5,10	34,50	34,59
18	225	15,38	1041	15,00	49,46	41,02
19	225	12,00	1041	10,33	72,42	52,97
20	225	15,00	1041	15,00	60,47	55,02
21	225	14,00	1042	18,74	51,07	47,42
22	225	13,56	1042	13,42	48,94	47,10
23	215	12,00	1002	14,71	60,45	67,32
24	215	10,56	1002	9,33	46,29	46,17

Tabelle II Tagesauktionen für Lieferungen aus Österreich und Deutschland in Richtung Schweiz. Spotmärkte EXAA (Österreich) und EEX (Deutschland) und (Day-Ahead-)Preise für den 26.2.2006. Daten aus: <http://www.etrans.ch>, [www.enbw.com](http://www.enbw.com), [www.eex.de](http://www.eex.de) und [www.exaa.at](http://www.exaa.at)

von Engpässen, für die Übernahme von Kosten des sicherheitsbedingten Kraftwerks-Rescheduling oder für die Reduktion der Tarife der inländischen Endverbraucher. In der Schweiz soll der Regulator (ElCom, Elektrizitätskommission) gemäss der Entwürfe StromVG und EleG zuständig sein für den Entscheid über die Verwendung der Einnahmen aus solchen Auktionen.

Nach Durchführung einer Auktion wird durch den Übertragungsnetzbetrei-

ber eine Kurzzeit-Engpassprognose<sup>5)</sup> der für den nächsten Tag geplanten Netztopologie, der Erzeugung und des Verbrauchs durchgeführt. Allenfalls verletzte Sicherheitsgrenzen sollen in einem ersten Schritt durch gezielte Veränderungen des Netzschatzustands korrigiert werden. Als zweiter Schritt wird dieses Verfahren durch einen gezielten Kraftwerks-Redispatch ergänzt, der durch marktbasierter Angebote realisiert werden kann. Dieser Redispatch muss in Echtzeit mit Kenntnis

des aktuellsten Systemzustands durch den unabhängigen Übertragungsnetzbetreiber durchgeführt werden.

Konkrete Auktionsresultate sind im Internet einsehbar ([www.etrans.ch](http://www.etrans.ch)). Tabelle II stellt ein Beispiel dar für Auktionen vom 26.2.2006 (AT-CH bzw. DE-CH in Richtung CH). Die Available Transmission Capacity (ATC) ist die maximale auktionierbare Gesamtlieferung zwischen den beiden benachbarten Regelzonen. Der Wert variiert je nach Tageszeit. Bei einer Zuteilung bis zu diesem maximalen Wert muss die Netzsicherheit durch den Übertragungsnetzbetreiber auch bei einem ungeplanten Ausfall jederzeit pro Marktintervall garantiert werden können. Vorrangige Lieferungen sind im ATC schon berücksichtigt. Die Spalte «Lieferungsrecht-Preis (EUR/MW)» deutet den Preis pro MW an, den alle diejenigen Auktionsteilnehmer zahlen müssen, die ein grenzüberschreitendes Lieferungsrecht zugewiesen erhalten haben. Der Preis entspricht dem oben erwähnten günstigsten Angebot. Die letzten zwei Spalten stellen – als Vergleich – die Spotmarkt- bzw. Day-Ahead-Marktpreise der Strombörsen EXAA (Österreich) und EEX (Deutschland) dar.

## Ausblick

Seit Beginn der Liberalisierung in der EU konnte eine kontinuierliche Zunahme der grenzüberschreitenden Lastflüsse, insbesondere von Norden (DE) in Richtung Süden (CH, IT) festgestellt werden. Ursache dafür ist ein weiträumiger Kraftwerkeinsatz und die damit verbundene Zunahme der Handelsaktivitäten. Die Zunahme von Windenergie im Norden Deutschlands, der Abbau von Kraftwerksüberkapazitäten im gesamten Raum der UCTE, der fehlende Zubau von Netzkapazitäten und die Diskrepanz zwischen handelsbasierten Stromlieferungen und den resultierenden physikalischen Stromflüssen hat vermehrt zu kritischen Netzzuständen geführt. Die Schweiz hat zudem seit Ende 2005 mit der Einführung des Fahrplan-Bilanzgruppensystems mit einem weiteren deutlichen Anstieg des Stromhandels zu rechnen.

Um gleichzeitig die Sicherheit des Netzes weiterhin garantieren zu können und den Strommarkt nicht zu sehr einzuschränken, wurde ab 2006 die Auktionierung der grenzüberschreitenden, maximalen Lieferungen mit FR, DE und AT eingeführt. Dieses Verfahren ist mit der EU-Direktive 1228/2003 kompatibel. Mit dem neuen StromVG bzw. dem geänderten EleG sollen auch in der Schweiz auf gesetzlicher Basis solche marktba-

## Stromhandel

sierten Zuteilungsverfahren verankert werden.

Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass insgesamt auf den kritischen grenzüberschreitenden Abschnitten DE und AT in Richtung CH jeweils mehr Lieferrechte nachgefragt wurden, als verfügbar waren. Dies bedeutet, dass es sich für Marktteilnehmer gelohnt hat, ihren günstigen Strom grenzüberschreitend zu Endverbrauchern in teureren Gebieten zu liefern, obwohl die Einhaltung von Sicherheitsgrenzen zusätzliche Auktionskosten verursacht. Eine solche markt-basierte Begrenzung der Liefermengen führt dazu, dass Sicherheitsgrenzen von Elementen zwischen den und auch in den involvierten Ländern jederzeit eingehalten werden können. Zudem können die Auktionseinnahmen zum Engpass-Ausbau verwendet werden, was längerfristig die Auktionspreise senken dürfte. Eine detaillierte und schlüssige vergleichende Analyse der Monats- und Tagesauktionen ist noch nicht möglich, da noch nicht genügend Auktionsdaten verfügbar sind.

## Angaben zum Autor

Dr. **Rainer Bacher** ist seit Mitte 2002 Leiter der Sektion Netze beim Bundesamt für Energie (BFE) und seit 1993 Dozent an der ETH Zürich. Beim BFE ist er Projektleiter des neuen StromVG (Stromversorgungsgesetz), Leiter Forschungskoordination für «Netze und Systeme» und verschiedener Arbeitsgruppen (Parallele Leitungen). Vorher war er zwischen 1993

und 1999 als Assistentenprofessor an der ETH Zürich sowie von 2000 bis 2002 in selbstständiger Tätigkeit in der strategischen Managementberatung der Elektrizitätswirtschaft tätig.

Bundesamt für Energie, CH 3003 Bern,  
rainer.bacher@bfe.admin.ch

<sup>1</sup> UCTE: Union for the Coordination of Transmission of Electricity

<sup>2</sup> Spitzenverbrauch der Schweiz im Jahr 2004: 9,3 GW

<sup>3</sup> Eine Bilanzgruppe stellt eine frei zusammensetzbare Gemeinschaft von Erzeugern und Verbrauchern dar. Die

Aufgabe einer Bilanzgruppe besteht in der Sicherstellung des Gleichgewichts zwischen Verbrauch und Erzeugung elektrischer Energie in der Gruppe. Die Bilanzgruppen-Verantwortlichen ermitteln den voraussichtlichen Bedarf an elektrischer Energie für fest vorgegebene Zeitintervalle während der nächsten 24 Stunden und planen gemeinsam mit Erzeugern und Händlern die dafür erforderliche Menge an Energie. Zusätzlich werden Abweichungen zwischen dem geplanten und dem tatsächlichen gemessenen Verbrauch und der Erzeugung in geeigneter Form festgehalten, sodass eine korrekte, verursachergerechte Abrechnung erfolgen kann.

<sup>4</sup> EEX: European Energy Exchange, [www.eex.com](http://www.eex.com)

<sup>5</sup> DACF: Day-Ahead Contingency Forecast

## Résumé

## **La gestion des goulets d'étranglement sur base de marché – une contribution à la fiabilité des réseaux**

*Le marché de l'électricité doit être organisé de manière que la sécurité d'approvisionnement soit garantie en tout temps.* La panne de courant de septembre 2003 en Italie a fait apparaître encore plus clairement la nécessité de mesures obligatoires et coordonnées sur le plan européen, destinées à améliorer la sécurité d'approvisionnement tout en défendant les intérêts du commerce de l'électricité et de la concurrence sur le marché de l'électricité. Parmi les exigences posées à la sécurité d'approvisionnement, le critère (n-1) occupe une place centrale: une défaillance non prévue d'un élément quelconque du réseau de transport, générateurs compris, ne doit pas, à court terme, entraîner des états de système inadmissibles. Depuis le début de l'année 2006, les fournitures transfrontalières maximales de courant sont mises aux enchères sur les lignes internationales d'Allemagne et d'Autriche en Suisse. Ceci doit servir à harmoniser la sécurité d'approvisionnement avec les forces de marché.

#### Ethernet bis an die Maschine

**Ein Kommunikationsnetz für das gesamte Unternehmen**

Ethernet erschien für den industriellen Einsatz lange Zeit ungeeignet. Inzwischen hat sich diese Technologie im Automatisierungsbereich etabliert. Industrial Ethernet hat allerdings nur noch wenig mit der über 25 Jahre alten Ursprungstechnologie zu tun. Die Priorisierung von Daten, kombiniert mit den Ethernet-Standards für Switching, Full-Duplex-Übertragung und die Möglichkeit der Skalierung der Bandbreite von 10 Mbit/s auf 100 Mbit/s oder 1000 Mbit/s sind Meilensteine in der industriellen Kommunikation. Neue Technologien wie erweiterte Fähigkeiten

Ethernet-Netzwerkkomponenten für industrielle Anwendungen müssen nicht nur die im Büroumfeld gängigen Sicherheitsstandards, sondern bestens darüber hinaus erfüllen. Insbesondere müssen sie gegenüber Interferenzen und Störungen robust sein. Ein weiterer Vorteil ist, dass sie mit dem üblichen Ethernet-Standard ausgetauscht werden können.

**Feldauglicher IP67-Switch**  
Durch den zunehmenden Einsatz von Protokollen wie Modbus/TCP, Ether- net/IP, Profibus und HSE<sup>1</sup>, die alle auf Ethernet aufsetzen, gewinnt die zentrale Antriebskontrolle mit Ethernet-IO-Komponenten immer größere Bedeutung. Damit kann das Protokoll in Bereiche vor, die bisher eine Domäne des Feldfestschalters waren.



# Articles spécialisées sur Internet

[\(Rubrique Articles spécialisés\)](http://www.electrosuisse.ch/bulletin)

# BULLETIN