

Technische und wirtschaftliche Auswirkungen einer Zusammenschaltung der Übertragungs- netze auf dem Gebiet des Großherzogtums Luxemburg mit denen in Frankreich und Belgien

Wissenschaftliches Gutachten für

Ministère de l'Économie et du Commerce extérieur

19-21 boulevard Royal, L-2914 Luxembourg

Endfassung

11. Okt. 2005

CONSENTec
**Consulting für Energiewirtschaft
und -technik GmbH**

Krantzstr. 7
D-52070 Aachen
Tel. +49. 241. 93836-0
Fax +49. 241. 93836-15
E-Mail info@consentec.de
www.consentec.de

in Kooperation mit

Univ.-Prof. Dr.-Ing. H.-J. Haubrich
**Institut für Elektrische Anlagen
und Energiewirtschaft
an der RWTH Aachen**

Schinkelstr. 6
D-52056 Aachen
Tel. +49. 241. 80-97652
Fax +49. 241. 80-92197
E-Mail haubrich@iaew.rwth-aachen.de
www.iaew.rwth-aachen.de

**Technische und wirtschaftliche Auswirkungen
einer Zusammenschaltung der Übertragungs-
netze auf dem Gebiet des Großherzogtums
Luxemburg mit denen in Frankreich und Belgi-
en**

**Wissenschaftliches Gutachten für Ministère de l'Économie et du Commerce extérieur
19-21 boulevard Royal, L-2914 Luxembourg**

Endfassung

11. Okt. 2005

Inhalt

1 Einleitung und Aufgabenstellung	1
2 Aktueller Netzzustand und absehbare Entwicklungen	4
Aktueller Netzzustand	4
Absehbare Netzentwicklung im angrenzenden Ausland	4
Erwartete Lastentwicklung in Luxemburg	6
Technische Analyse des aktuellen Netzzustands	6
Normalbetrieb	6
Störbetrieb	8
Organisatorische und wirtschaftliche Aspekte	10
Netzeinbindung und Leistungsregelung	10
Vergütung der Netznutzung	12
3 Neubau 220-kV-Doppelleitung nach Frankreich ohne Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel	13
Technische Aspekte	13
Normalbetrieb	13
Störbetrieb	14
Entwicklung der Übertragungskapazität	16
Organisatorische und wirtschaftliche Aspekte	17
Netzeinbindung	17
Vergütung der Netznutzung	18
Fazit	19
4 Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel ohne Netzausbau	21
Technische Aspekte	21

Normalbetrieb	21
Störbetrieb	23
Entwicklung der Übertragungskapazität	24
Organisatorische und wirtschaftliche Aspekte	24
Netzeinbindung	24
Vergütung der Netznutzung	25
Fazit	26
5 Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel mit Zubau einer 220-kV-Doppelleitung nach Frankreich	28
Technische Aspekte	28
Normalbetrieb	28
Störbetrieb	30
Fazit	31
6 Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel mit Zubau einer 380-kV-Einfachleitung nach Frankreich	32
Technische Aspekte	32
Normalbetrieb	32
Störbetrieb	33
Entwicklung der Übertragungskapazität	34
Organisatorische und wirtschaftliche Aspekte	34
Fazit	35
7 Schlussfolgerungen	36
Literatur	38

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Mit der Liberalisierung der europäischen Elektrizitätsmärkte und der damit verbundenen Zunahme des grenzüberschreitenden Stromaustauschs stellt sich auch für die luxemburgische Regierung die Frage nach der langfristigen Entwicklung der Stromversorgungsnetze in Luxemburg und deren Integration in das UCTE-Verbundnetz. Besondere Bedeutung haben dabei einerseits die Gewährleistung einer hohen Versorgungssicherheit und andererseits ein möglichst unbeschränkter Zugang zum europäischen Strommarkt.

Stromnetze auf der für den europäischen Verbund relevanten Höchstspannungsebene werden in Luxemburg von der für die landesweite öffentliche Versorgung zuständigen Gesellschaft Cegedel sowie von der industriellen Stromversorgungsgesellschaft Sotel betrieben. Die Höchstspannungsnetze von Cegedel und Sotel sind miteinander verbunden, werden aber bislang im Normalzustand nicht gekuppelt betrieben. Über eine mögliche dauerhafte Zusammenschaltung dieser Netze wird seit vielen Jahren diskutiert. Diese Diskussion wurde auch durch den großräumigen Blackout in Luxemburg am 2. September 2004 belebt.

Daneben beabsichtigt Sotel, zusätzlich zu dem bestehenden Anschluss des eigenen Netzes an das belgische Höchstspannungsnetz durch einen Leitungsneubau eine direkte Verbindung zum Netz des französischen Übertragungsnetzbetreibers RTE zu schaffen, um die Versorgungssicherheit zu verbessern und einen direkten Zugang zum französischen Strommarkt zu ermöglichen.

Vor diesem Hintergrund untersucht das vorliegende Gutachten unterschiedliche Varianten des Zubaus einer Höchstspannungs-Kuppelleitung nach Frankreich und/oder der Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel daraufhin, welche Ziele im Hinblick auf Versorgungssicherheit und Marktzugang für die Kunden der beiden Netzbetreiber hierdurch in welcher Weise erreicht werden können. Im Laufe der Bearbeitung haben sich vier Varianten als betrachtungsrelevant herausgestellt,

- der Zubau der zur Zeit von Sotel geplanten 220-kV-Doppelleitung zur Kupplung der Netze von Sotel und RTE ohne eine dauerhafte Zusammenschaltung mit dem Netz der Cegedel,
- die dauerhafte Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel ohne Zubau einer neuen Kuppelleitung,
- der Zubau der von Sotel geplanten Leitung in Kombination mit einer dauerhaften Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel und
- der Zubau einer im Gegensatz zur Sotel-Planung als 380-kV-Einfachleitung ausgeführten Verbindung zum RTE-Netz in Kombination mit der dauerhaften Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel.

Diese Varianten werden nach einer Darstellung des aktuellen Netzzustands (Kap. 2) in den Kapiteln 3-6 sukzessive diskutiert, wobei folgende Untersuchungskriterien berücksichtigt werden:

- technische Zulässigkeit der Betriebsmittel-Belastungen im Normal- und Störbetrieb nach dem „(n-1)-Prinzip“ sowie Erfüllung der Anforderungen an die Spannungshaltung,
- Auswirkungen eines vollständigen Wegfalls der Versorgung aus dem belgischen oder dem deutschen Netz infolge von Störungen,
- Auswirkungen auf die für den grenzüberschreitenden Stromaustausch verfügbaren Übertragungskapazitäten und damit auf bestehende Engpässe,
- organisatorische Machbarkeit der Varianten insbesondere im Hinblick auf die Abgrenzung von Regelzonen und die mit Regelung und Abrechnung verbundenen Aufgaben und
- wirtschaftliche Auswirkungen im Hinblick auf den Marktzugang und die Vergütung der Netzbereitstellung auf der Höchstspannungsebene.

Während die technischen Aspekte unter Verwendung eines vom Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW) entwickelten Näherungs-Netzmodells, dem eine auf öffentlichen Quellen beruhende Datenbasis zur detaillierten Nachbildung des Verbundnetzes

und der Kraftwerke der wichtigsten zentraleuropäischen Länder zu Grunde liegt, quantitativ untersucht werden können, werden die organisatorischen und wirtschaftlichen Fragestellungen weitgehend qualitativ behandelt.

In allen Untersuchungspunkten ist es Ziel dieses Gutachtens, wesentliche Wirkungen und Zusammenhänge aufzuzeigen, nicht jedoch zu einer abschließenden und exakten quantitativen Beurteilung der Varianten zu kommen. Bei konkreter Verfolgung einzelner Varianten sind somit eingehende Untersuchungen auf Basis detaillierter, für dieses Gutachten nicht verfügbarer Daten der Netzbetreiber in Luxemburg und den Nachbarländern erforderlich.

2 Aktueller Netzzustand und absehbare Entwicklungen

Aktueller Netzzustand

Bild .1 zeigt eine schematische Skizze der 220-kV-Netzebene in und um Luxemburg. Das vom Netzbetreiber Cegedel betriebene öffentliche Stromversorgungsnetz wird über vier 220-kV-Stromkreise aus dem Netzgebiet der RWE Transportnetz Strom (RWE) beliefert. Das Netz von Sotel, an das ausschließlich Industriekunden sowie das GuD-Kraftwerk Twinerg angeschlossen sind, wird vom belgischen Übertragungsnetzbetreiber Elia über zwei 220-kV-Stromkreise im Stich versorgt. Die Netze von Cegedel und Sotel stoßen in der Station Belval aneinander. Im Normalbetrieb ist jedoch die Doppelleitung Belval \leftrightarrow Schiffflange in Belval bzw. hinter dem Anschlusspunkt des Kraftwerkes Twinerg aufgetrennt. Die Netze von Cegedel und Sotel sind somit im Normalbetrieb nicht miteinander gekuppelt. Die Umschaltung der Netze durch Schließen der Schalter in Belval und am Twinerg-Anschlusspunkt ist zumindest zeitweise möglich, wie ein zweiwöchiger Versuch im Jahr 2001 gezeigt hat, ist aber bislang nur als Option für Störfälle vorgesehen. Das GuD-Kraftwerk Twinerg mit einer Nennleistung von 350 MW speist über einen 220-kV-Stromkreis in das Sotel-Netz ein.

Absehbare Netzentwicklung im angrenzenden Ausland

Zur Zeit planen Elia und RTE, die Kuppelleitungen an der französisch-belgischen Grenze zu verstärken. Der Ausbau der 380-kV-Einfachleitung zwischen Avelin und Avelgem zu einer Doppelleitung hat bereits begonnen und soll bis Ende 2005 abgeschlossen werden. Die Verstärkung der Verbindung zwischen Chooz und Jamiolle soll bis Ende 2006 fertig gestellt werden. In einem weiteren Schritt soll die 220-kV-Leitung zwischen Moulaine und Aubange zu einer 380-kV-Doppelleitung ausgebaut werden.

Die durchgeführten Lastflussuntersuchungen zeigen, dass die ersten beiden Projekte aufgrund der großen elektrischen Entfernung keinen nennenswerten Einfluss auf die Lastflussvertei-

lung der 220-kV-Netze in und um Luxemburg haben. Dagegen hat der Ausbau der 220-kV-Leitung Moulaine↔Aubange auf 380 kV eine nicht vernachlässigbare Auswirkung auf die Netzbelastung der zu untersuchenden Netzgebiete. Im Folgenden wird deshalb diese Ausbaumaßnahme explizit berücksichtigt. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist die Realisierung dieses Vorhabens aber noch nicht als sicher anzusehen.

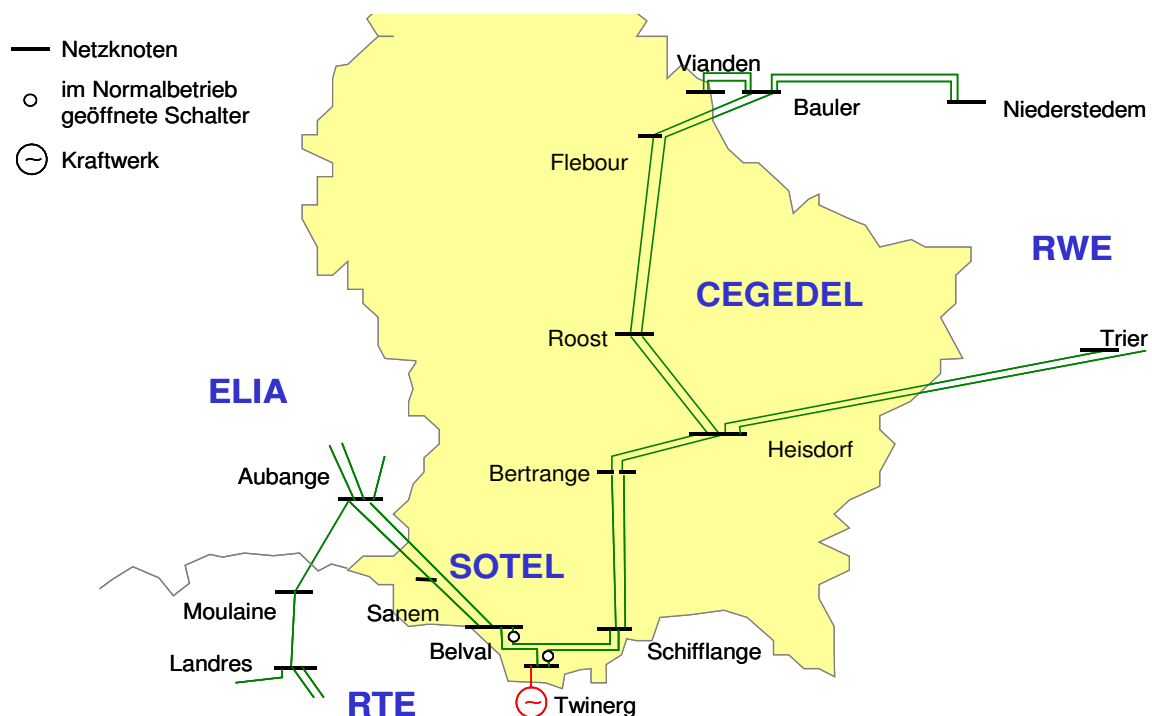


Bild .1: Schematischer Plan der 220-kV-Netze im Ist-Zustand (Sotel- und Cegedel-Netze getrennt)

Die Station Moulaine umfasst sowohl eine 220-kV- als auch eine 380-kV-Schaltanlage. Diese sind jedoch nicht über Netzkuppeltransformatoren verbunden. Nach Aussage von Sotel bestehen Pläne, in dieser Station zwei 380/220-kV-Netzkuppeltransformatoren der Bemessungsleistung 600 MVA zuzubauen. Diese Maßnahme würde die Lastflussverteilung im zu untersuchenden Netzgebiet erheblich beeinflussen und wird deshalb – soweit notwendig – als Untersuchungsvariante berücksichtigt.

Erwartete Lastentwicklung in Luxemburg

Im Rahmen einer Studie [1] hat Cegedel im Jahr 2004 als Ergänzung zur üblichen 5-Jahresplanung den längerfristig notwendigen Netzausbau untersuchen lassen. Als Planungsgrundlage wurde von einer Bevölkerungszunahme von derzeit 420.000 auf maximal 700.000 Einwohner einschließlich neuer Industrie- und Dienstleistungsgewerbeansiedlungen in den nächsten 20 Jahren ausgegangen. Die Studie stellt fest, dass in Luxemburg in den letzten Jahren ein kontinuierlicher Nachfragezuwachs an elektrischer Energie aufgetreten ist, der seit 2000 über dem Durchschnitt der Nachbarländer liegt und mit durchschnittlich 2,3 % pro Jahr beziffert wird. Dieser Zuwachs führt dazu, dass die Kuppelleitungen Cegedels zum RWE-Netz innerhalb der nächsten 20 Jahre so stark belastet werden, dass das (n-1)-Sicherheitskriterium nicht mehr gewährleistet werden kann. Eine Erweiterung der bestehenden Leitungen mit zusätzlichen Stromkreisen ist nicht möglich. Eine wesentliche Zunahme der Übertragungskapazität ließe sich durch die Umstellung des Netzes auf die Nennspannung 380 kV erreichen, was jedoch zu einem erheblichen Finanzbedarf für Leitungen, Transformatoren und Schaltanlagen führen würde. Die Studie kommt daher zu dem Schluss, dass die vermutlich wirtschaftlichste Alternative der Zubau einer zusätzlichen Einspeisung auf 220-kV- oder 380-kV-Ebene sein dürfte. Um die Übertragungsverluste zu minimieren und die Versorgungssicherheit zu verbessern, empfiehlt die Studie, eine solche Verbindung vorzugsweise im Süden Luxemburgs zu schaffen.

Technische Analyse des aktuellen Netzzustands

Normalbetrieb

Den kritischen Lastzustand für die Analyse der aktuellen Netzkonfiguration stellt der Starklastfall mit einer Gesamtlast von etwa 1000 MW (Sotel 330 MW, Cegedel 670 MW) dar. Die Einspeisung des GuD-Kraftwerks Twinerg kann den gesamten Import Luxemburgs und damit die Belastung der luxemburgischen Kuppelleitungen nennenswert reduzieren. Da

Kraftwerke wegen geplanter und ungeplanter Stillstände jedoch nicht ununterbrochen eingesetzt werden können, wird im Folgenden entsprechend üblicher Netzplanungspraxis – wenn nicht explizit anders angegeben – als Worst-Case angenommen, dass dieses GuD-Kraftwerk keine Leistung ins Netz einspeist.

Aufgrund der unterschiedlichen Seiltypen, Mastkonstruktionen sowie Betriebskonzepte unterscheiden sich die Grenzwerte für die thermische Belastbarkeit von 220-kV-Leitungen bei den betrachteten Netzbetreibern. Im Rahmen dieser Studie werden einheitlich 1290 A (entspricht bei einer Nennspannung von 220 kV und einem typischen Leistungsfaktor $\cos \varphi = 0,9$ ca. 440 MW) für die 220-kV-Leitungen von RWE und Cegedel, 1050 A (ca. 360 MW) für die Leitungen von Elia und Sotel sowie 800 A (ca. 270 MW) für die Leitungen von RTE angesetzt. Als zulässig werden im ungestörten Normalbetrieb für alle Transformatoren und Leitungen Ströme bis zu 100 % der thermischen Belastbarkeit angenommen. Im „(n-1)-Zustand“, d.h. im Störbetrieb nach Ausfall einer Netzkomponente, werden für alle Transformatoren und Leitungen im Landesinneren Belastungen bis zu 110 % und für Kuppelleitungen bis zu 100 % der thermischen Belastbarkeit toleriert.

Bild .2 zeigt die prozentuale Belastung der luxemburgischen Kuppelleitungen für den Starklastzustand ohne Einspeisung des GuD-Kraftwerks. Entsprechend der Unsicherheit der zugrunde liegenden Datenbasis können die sich ergebenden Belastungen – wie alle nachfolgend dargestellten Berechnungsergebnisse – nur grob quantifiziert werden.

Es ist zu erkennen, dass die Kuppelleitungen sehr gleichmäßig und nicht sonderlich stark belastet werden. Bemerkenswert ist dagegen die relativ hohe Belastung des 220-kV-Netzes in Nordfrankreich. Die maximale Belastung (ca. 70 %) tritt bei der 220-kV-Einfachleitung Moulaine↔Landres auf.

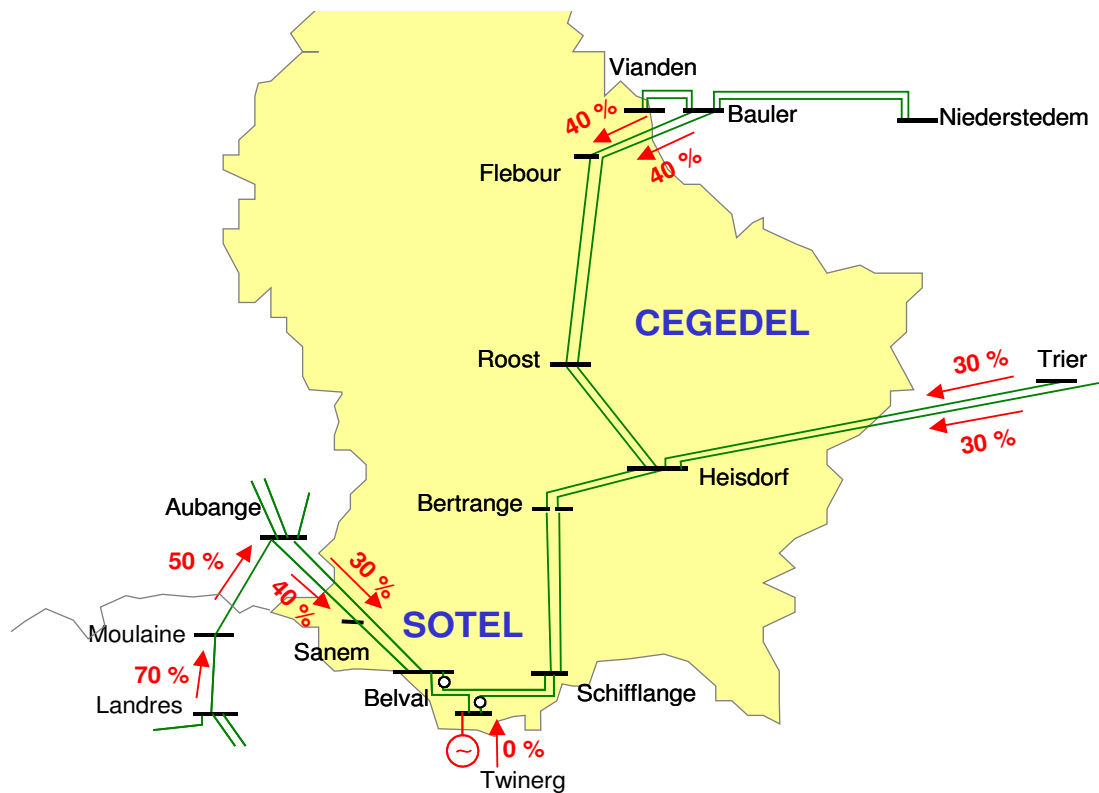


Bild .2: Netzbelastung im Ist-Zustand bei Starklast (Sotel- und Cegedel-Netze getrennt)

Störbetrieb

Die Netze von Sotel und von Cegedel sind (n-1)-sicher ausgelegt, d. h. der Ausfall jeweils eines der speisenden Stromkreise von Elia bzw. RWE kann ohne Versorgungsunterbrechung kompensiert werden.

Bei Großstörungen wie z. B. bei einem kompletten Wegfall der Versorgung aus dem Elia- oder dem RWE-Netz kann eine temporäre Zusammenschaltung der Netze von Sotel und Cegedel sinnvoll sein.

Bei einem kompletten Ausfall der beiden aus dem Elia-Netz gespeisten Stromkreise Aubange ↔ Belval ist die Stromversorgung des Sotel-Netzes zunächst unterbrochen. Durch Umschaltung der Trennstellen zum Cegedel-Netz kann das Sotel-Netz wiederversorgt werden. Die maximale Belastung tritt dann auf der Leitung Bauler ↔ Flebour (55 %) auf. Allerdings

könnten sich beim Betrieb der Lichtbogenöfen im Sotel-Netz in diesem Störfall unzulässig hohe Netzzurückwirkungen auf das Cegedel-Netz ergeben. Der in 2001 durchgeführte Versuch zur Netzzusammenschaltung ergab einen zulässigen, aber grenzwertigen Flickerlevel. Bei Wegfall der Versorgung aus dem Elia-Netz wird sich diese Situation verschlechtern. Ob der sich ergebende Zustand tatsächlich unzulässig ist, kann jedoch nur eine auf exakten Netzdaten basierende quantitative Untersuchung zeigen. Allerdings wird sich ein solcher Netzzustand immer nur für kurze Zeit ergeben und kann deswegen eventuell toleriert werden.

Analog ist die Stromversorgung des Cegedel-Netzes bei einem kompletten Wegfall der Versorgung aus dem RWE-Netz ebenfalls unterbrochen. Aufgrund der begrenzten Übertragungskapazität insbesondere des nordfranzösischen 220-kV-Netzes ist eine vollständige Wiederversorgung des Cegedel-Netzes allein über die Leitungen von Elia und Sotel jedoch nur bedingt möglich. Hier ergeben sich folgende Szenarien:

- Ohne unzulässige Netzbelastungen hervorzurufen, ist ein Gesamtimport (Last minus Einspeisung innerhalb Luxemburgs) von 500 MW über die verbleibende Verbindung Aubange ↔ Belval möglich. Die maximale Belastung tritt hierbei auf der Leitung Landres ↔ Moulaine (110 %) auf, wobei eine Überlastung von 10 % für diese interne Leitung toleriert werden kann. Bei Starklast im Sotel-Netz (330 MW) und ohne Einspeisung des GuD-Kraftwerks Twinerg und des Pumpspeicherkraftwerks Vianden könnten in diesem Fall nur noch maximal ca. 170 MW Last des Cegedel-Netzes versorgt werden. Mit voller Einspeisung von Twinerg (350 MW) erhöht sich die wiederversorgbare Last des Cegedel-Netzes auf 520 MW (von ca. 670 MW bei Starklast).
- Wenn Folgeabschaltungen, die nicht zu Versorgungsunterbrechungen führen, akzeptiert werden, ist ein Gesamtimport Luxemburgs von 700 MW über die Verbindung Aubange ↔ Belval möglich. Die 220-kV-Einfachleitung Landres ↔ Moulaine wird zunächst zwar stark überlastet (ca. 140 % des thermischen Grenzstroms). Die Netzsicherheit kann jedoch durch die Folgeabschaltung dieser Leitung wiederhergestellt werden. Die maximale Belastung

tritt dann auf der Leitung Aubange↔Belval (100 %) auf. Bei einer Einspeisung von Twinerg und/oder Vianden in das Sotel- bzw. Cegedel-Netz von insgesamt über 300 MW ist dann eine komplette Wiederversorgung des Cegedel-Netzes über das Sotel-Netz möglich.

- Nach dem Ausbau der 220-kV-Leitung Moulaine↔Aubange auf 380 kV wäre ebenfalls ein Gesamtimport Luxemburgs von ca. 700 MW über die Leitung Aubange↔Belval möglich, ohne unzulässige Netzbelastungen hervorzurufen. Die maximale Belastung tritt dann auf der Leitung Aubange↔Belval (100 %) auf. (Diese darf nicht noch höher belastet werden, da dann Folgeabschaltungen und Versorgungsunterbrechungen auftreten würden.)
- Die Errichtung zweier 380/220-kV-Netzkuppeltransformatoren in Moulaine hat identische Folgen wie der Ausbau der 220-kV-Leitung Moulaine↔Aubange auf 380 kV, d.h. auch dann könnte Luxemburg bei Wegfall der Versorgung aus dem RWE-Netz bis zu 700 MW über die Verbindung zum Elia-Netz importieren.

Organisatorische und wirtschaftliche Aspekte

Netzeinbindung und Leistungsregelung

Das Cegedel-Netz ist heute durch zwei Kuppelleitungszüge an das RWE-Netz angeschlossen und besitzt keine aktive Kupplung mit dem Sotel-Netz, das durch eine Doppelleitung von Belgien versorgt wird. Dementsprechend haben beide luxemburgischen Netzbetreiber nur jeweils eine Verbindung zu einem benachbarten Verbundunternehmen. Daher ist der Zugang zum europäischen Strommarkt sowohl für Cegedel als auch für Sotel durch die jeweilige Verbindung festgelegt. Dies führt seitens Sotel dazu, dass Importe etwa aus dem französischen Marktgebiet nur über die Grenzverbindung von Frankreich nach Belgien (und von dort nach Luxemburg) möglich sind. An dieser Grenze tritt jedoch praktisch kontinuierlich ein Übertragungsengpass in Richtung Belgien auf, so dass das Marktpreisniveau in Belgien höher ist als in Frankreich und für Importe aus Frankreich nur begrenzte Kapazität verfügbar ist. Diese

Problematik der Beschränkung des Marktzugangs führt Sotel als ein (wirtschaftliches) Argument für das Leitungsbauvorhaben an.

Die jeweils nur einseitige Verbindung zum UCTE-Netz hat für das Sotel- wie auch für das Cegedel-Netz zur Folge, dass keine Stromtransite fließen und somit auch keine transitbedingten Engpässe an den Übergabestellen zum jeweiligen Nachbarnetz auftreten können. Daher ist an diesen Grenzen zur Zeit kein Engpassmanagement erforderlich.

Das Sotel-Netz ist als eigenständige Regelzone ausgewiesen [2], ist aber technisch in die Elia-Regelzone integriert, da Elia die Leistungsregelung für das Sotel-Netz übernimmt. In ähnlicher Weise übernimmt RWE die Leistungsregelung für das Cegedel-Netz. Somit sind beide luxemburgischen Höchstspannungsnetze regelungstechnisch den jeweiligen Verbundnachbarn zugeordnet. Dennoch können zu Abrechnungszwecken problemlos jeweils eigene Regelzonen definiert werden. Solche Fälle treten im UCTE-Verbundnetz auch an anderer Stelle auf. Beispielsweise wird das Netz der VKW-Übertragungsnetz AG im Westen Österreichs technisch von der EnBW Transportnetze AG mit geregelt, während zu Abrechnungszwecken im eigenen Gebiet und gegenüber den Verbundpartnern eine eigene VKW-Regelzone definiert ist.

Unabdingbar erscheint die Einrichtung einer solchen Abrechnungs-Regelzone insbesondere dann, wenn Verbindungen zu zwei oder mehr benachbarten Regelzonen bestehen und z. B. ein Engpassmanagement erforderlich ist oder Vergütungen zwischen Netzbetreibern für Transitbelastungen abgerechnet werden sollen (s. Abschnitt). In der heutigen Situation der Netze von Cegedel und Sotel ist dies jedoch nicht zwingend erforderlich.

Unabhängig von der Netzkonfiguration steht es sowohl Cegedel als auch Sotel grundsätzlich frei, auch die eigenständige Leistungsregelung im eigenen Netz in Betracht zu ziehen und die benötigte Regelleistung und -energie aus Kraftwerken im eigenen Netz (soweit technisch und vertraglich hierfür nutzbar) und durch Bezug von den Verbundpartnern zu beschaffen. Abgesehen von dem hiermit verbundenen technischen und organisatorischen Zusatzaufwand er-

scheint es jedoch äußerst unwahrscheinlich, dass in Netzen so geringer Größe im Vergleich zur derzeitigen Lösung der Integration in sehr viel größere Regelzonen eine wirtschaftlich sinnvolle Netzregelung realisiert werden kann.

Bei der Analyse möglicher zukünftiger Netzvarianten wird daher unterstellt, dass sich die Frage der Einrichtung und Abgrenzung von Regelzonen immer nur auf Regelzonen zu Abrechnungszwecken bezieht und die technische Leistungsregelung weiterhin (gegen Entgelt) von dem oder den Verbundnachbarn übernommen wird.

Vergütung der Netznutzung

Mit Ziel, im europäischen Strommarkt eine Kumulation von Netzentgelten bei Transporten über mehrere Netze hinweg („Pancaking“) zu vermeiden, wurde die Vergütung der Netznutzung auf der Übertragungsebene so geregelt, dass den Netznutzern für grenzüberschreitende Stromaustausche keine expliziten Netznutzungsentgelte in Rechnung gestellt werden. Um dennoch eine Vergütung für die transitbedingte Netzinanspruchnahme zu erreichen, wurde ein finanzieller Kompensationsmechanismus („Inter TSO Compensation“, ITC) eingeführt. Netzbetreiber, aus deren Netz heraus Transite durch Importe oder Exporte verursacht werden, zahlen nach einem vereinbarten Schlüssel Entgelte in einen Fonds ein, aus dem nach einem anderen Schlüssel Entgelte an Netzbetreiber ausgezahlt werden, deren Netz durch Transite belastet wird. Diese Regelung erstreckt sich grundsätzlich auf alle Betreiber von Höchstspannungs-Übertragungsnetzen.

Die luxemburgischen Höchstspannungsnetzbetreiber Cegedel und Sotel nehmen dagegen nach Kenntnis der Gutachter nicht an diesem Kompensationsmechanismus teil, entrichten dafür aber explizit oder – als Teil der Strombezugspreise – implizit Netzentgelte an die benachbarten Netzbetreiber RWE und Elia. Sie werden damit wie Netzbetreiber behandelt, deren Netz dem RWE- bzw. Elia-Netz unterlagert ist.

3 Neubau 220-kV-Doppelleitung nach Frankreich ohne Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel

Technische Aspekte

Normalbetrieb

Die von Sotel beantragte, insgesamt 16,4 km lange 220-kV-Doppelleitung von Belval nach Moulaine verläuft auf einer Länge von 6,5 km durch Luxemburg und kreuzt ein Wohngebiet in Grenznähe unterirdisch. Die Freileitungsseile sollen aus Aldrey mit einem Querschnitt von $2 \times 300 \text{ mm}^2$ bestehen, die Kabel aus Kupfer mit einem Querschnitt von 1600 mm^2 .

Nach dem Neubau der 220-kV-Doppelleitung Belval \leftrightarrow Moulaine würde Sotel über vier Kuppelleitungs-Stromkreise versorgt (Bild .3). Die durchgeführten Lastflussuntersuchungen zeigen, dass der Leistungsfluss sich weitgehend gleichmäßig auf diese vier Stromkreise aufteilt und die Belastung innerhalb Luxemburgs sehr niedrig und in Nordfrankreich akzeptabel ist.

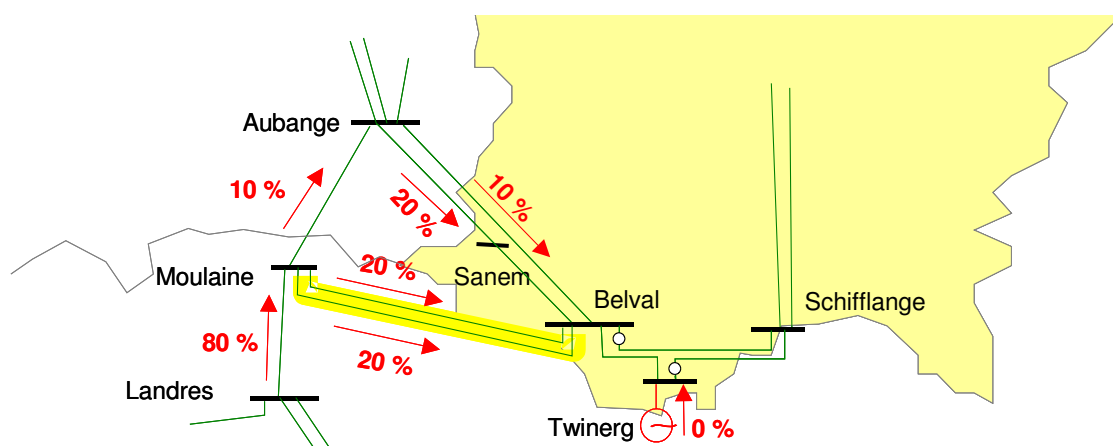


Bild .3: Belastung der Kuppelleitungen von Sotel bei Starklast nach Neubau einer 220- kV-Doppelleitung Belval \leftrightarrow Moulaine

Störbetrieb

Diese Netzkonfiguration ist (n-1)-sicher.

Bei einem kompletten Ausfall der beiden aus dem Elia-Netz gespeisten Stromkreise Aubange ↔ Belval kann Sotel ohne weitere Schaltmaßnahmen und ohne Versorgungsunterbrechungen aus Richtung Moulaine versorgt werden. Somit erhöht sich die Versorgungssicherheit des Sotel-Netzes deutlich.

Im Cegedel-Netz führt ein kompletter Wegfall der Versorgung aus dem RWE-Netz bei dieser Variante wie im Ist-Zustand zunächst zu einer Versorgungsunterbrechung. Durch Schließen der Trennstellen zwischen den Netzen von Sotel und Cegedel kann die Versorgung jedoch über das Sotel-Netz schrittweise wiederhergestellt werden. Aufgrund der begrenzten Übertragungskapazitäten insbesondere des nordfranzösischen 220-kV-Netzes ist eine vollständige Wiederversorgung des Cegedel-Netzes jedoch nur bedingt möglich. Analog zu den Überlegungen für den aktuellen Netzzustand (Abschnitt) ergeben sich hier folgende Möglichkeiten:

- Ohne resultierende unzulässige Netzbelastungen hervorzurufen, ist ein Gesamtimport Luxemburgs von 430 MW (70 MW weniger als im Ist-Zustand) über die Kuppelleitungen zu Elia und RTE möglich. Die maximale Belastung tritt hierbei auf der Leitung Landres ↔ Moulaine (110 %) auf. Bei Starklast im Sotel-Netz und ohne Einspeisung des GuD-Kraftwerks Twinerg und des Pumpspeicherkraftwerks Vianden könnten in diesem Fall nur noch maximal ca. 100 MW Last des Cegedel-Netzes versorgt werden. Mit voller Einspeisung von Twinerg erhöht sich die wiederversorgbare Last des Cegedel-Netzes auf 450 MW.
- Wenn Folgeabschaltungen, die nicht zu Versorgungsunterbrechungen führen, akzeptiert werden, ist ein Gesamtimport Luxemburgs von 750 MW (50 MW mehr als im Ist-Zustand) über die Kuppelleitungen zu Elia und RTE möglich. Die 220-kV-Einfachleitung Landres ↔ Moulaine wird dann zwar stark überlastet (ca. 160 % des thermischen Grenzstroms). Die Netzsicherheit kann jedoch durch die Folgeabschaltung dieser Leitung wiederhergestellt

werden. Die maximale Belastung tritt dann auf der Leitung Aubange↔Belval (100 %) auf. Bei einer Einspeisung von Twinerg und/oder Vianden in die Netze von Sotel bzw. Cegedel von insgesamt über 200 MW ist dann eine komplette Wiederversorgung des Cegedel-Netzes über das Sotel-Netz möglich.

- Bei Umsetzung des angestrebten Ausbaus der 220-kV-Leitung Moulaine↔Aubange auf 380 kV ist ebenfalls ein Gesamtimport nach Luxemburg von ca. 750 MW (50 MW mehr als im Ist-Zustand) über das Sotel-Netz möglich, ohne unzulässige Netzbelastungen hervorzurufen. Die maximale Belastung tritt dann auf der Leitung Landres↔Moulaine (110 %) auf. (Eine höhere Belastung dieser Leitung würde zu Folgeabschaltungen und Versorgungsunterbrechungen führen.)
- Nach der Errichtung zweier 380/220-kV-Netzkuppeltransformatoren in Moulaine könnten die Netze von Sotel und Cegedel vollständig über die Kuppelleitungen zu Elia und RTE wiederversorgt werden. Bild .4 zeigt die Netzbelastung in dieser Netzkonfiguration.

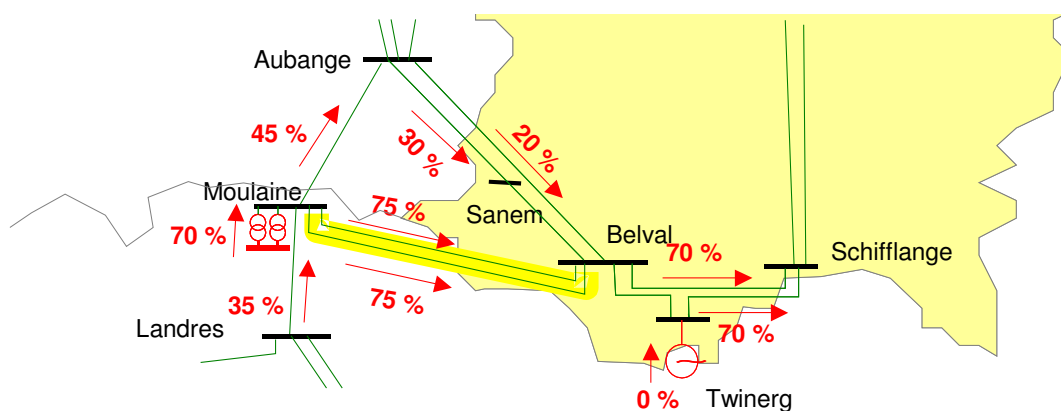


Bild .4: Belastung der Leitungen bei komplettem Wegfall der Versorgung aus dem RWE-Netz unter Annahme der Errichtung zweier Netzkuppeltransformatoren in Moulaine

Entwicklung der Übertragungskapazität

Wegen der üblicherweise hohen Stromexporte von Frankreich nach Belgien und in die Niederlande kommt es an der französisch-belgischen Grenze oft zu Engpässen. Gelegentlich treten Netzengpässe auch an der französisch-deutschen Grenze auf.

Die von ETSO zweimal im Jahr veröffentlichten NTC-Werte (NTC – Net Transfer Capacity) stellen eine grobe Abschätzung für den maximal erlaubten physikalischen Leistungsfluss zwischen zwei benachbarten Netzzonen dar [3]. Die Berechnung der NTC-Werte hängt stark von den getroffenen Annahmen der Netzbetreiber (Grundzustand, Kraftwerkseinsatz usw.) ab. Da diese Annahmen für die durchgeführten Untersuchungen nicht vorlagen, dürfen die ermittelten NTC-Werte nicht in ihrer absoluten Höhe mit den von ETSO veröffentlichten Werten verglichen werden. Sinnvoll ist aber die – von den Basisannahmen deutlich weniger abhängige – Betrachtung der *Veränderung* von NTC-Werten in den unterschiedlichen Netzsituationen. Hier liegt deshalb der Schwerpunkt der folgenden Untersuchungen.

Das französische Übertragungsnetz ist durch zwei 220-kV-Einfachleitungen (Chooz↔Jamiolle und Moulaine↔Aubange) und zwei 380-kV-Einfachleitungen (Avelin↔Avelgem und Lonny↔Achene) mit dem belgischen Übertragungsnetz verbunden. Der Stromtransit von Frankreich über Belgien in die Niederlande ist oft dadurch begrenzt, dass nach Ausfall einer der beiden französisch-belgischen 380-kV-Kuppelleitungen die verbleibende 380-kV-Kuppelleitung die Grenze der thermischen Belastbarkeit erreicht. Durch den Neubau der 220-kV-Doppelleitung Belval↔Moulaine werden nur die 220-kV-Verbindungen Moulaine↔Aubange und Belval↔Moulaine stark entlastet (Bild .3). Die Lastflüsse auf den anderen Leitungen ändern sich kaum. Demzufolge ist eine Veränderung der Übertragungskapazitäten sowohl an der französisch-belgischen als auch an der französisch-deutschen Grenze durch den Zubau der von Sotel geplanten Leitung nicht zu erwarten.

Organisatorische und wirtschaftliche Aspekte

Netzeinbindung

Durch den Zubau der 220-kV-Leitung im Netzgebiet von Sotel ergeben sich für CegeDEL keine Änderungen im Vergleich zum Ist-Zustand (s. Abschnitt). Für Sotel hat die neue Verbindung hingegen organisatorische Konsequenzen.

Wenn unterstellt wird, dass Sotel sowohl die neue Leitung als auch die bestehende Verbindung zum Elia-Netz dauerhaft zusammenschaltet betreiben möchte, entsteht hierdurch eine zusätzliche Verbindung zwischen dem französischen und dem belgischen Netz. Hieraus könnte die Schlussfolgerung gezogen werden, dass Sotel und die beiden Verbundnachbarn die hierdurch an den beiden Grenzen entstehende Übertragungskapazität der Höhe nach ermitteln und durch geeignete Kapazitätsvergabe- und Engpassmanagement-Verfahren den Marktteilnehmern zur Verfügung stellen müssen.

Wie oben ausgeführt ist, wird die Übertragungskapazität an der Grenze Frankreich-Belgien jedoch vom Zubau der 220-kV-Leitung praktisch nicht beeinflusst. Die Einführung zusätzlicher Kapazitätsvergabeverfahren für die Grenzen Frankreich-Luxemburg und Luxemburg-Belgien erscheint daher wenig sinnvoll. Wenn andererseits die Übertragungskapazität an diesen Grenzen nicht explizit vergeben wird, hängt der Nutzen der neuen Leitung für die Kunden von Sotel grundlegend davon ab, welcher der benachbarten Regelzonen das Sotel-Netz aus technischer Sicht zugeschlagen wird: Falls das Sotel-Netz weiterhin der Regelzone von Elia zugeordnet bliebe, würde es im Hinblick auf die Kapazitätsvergabe auch weiterhin dem belgischen Marktgebiet zugerechnet, so dass Sotel-Kunden für Bezüge etwa aus Frankreich unverändert den Übertragungsengpass Frankreich-Belgien überwinden müssten. Um das von Sotel angestrebte Ziel eines unmittelbaren Zugangs zum französischen Markt zu erreichen, erscheint es daher notwendig, das Sotel-Netz nach Zubau der Leitung der Regelzone von RTE zuzuordnen, so dass Bezüge aus Frankreich dann ohne Überwindung eines Eng-

passes und Bezüge aus Belgien zwar nur über den Engpass, jedoch entgegen der üblichen Lastflussrichtung und somit ebenfalls problemlos möglich sind.

Die Zuordnung des Sotel-Netzes zur RTE-Regelzone kann mit allenfalls geringem technischem Aufwand durch Erfassung und Übertragung entsprechender Messwerte realisiert werden, erfordert aber vertragliche und kommerzielle Regelungen zwischen Sotel und RTE, wobei auch die bestehende Vertragssituation mit Elia berücksichtigt werden muss.

Vergütung der Netznutzung

Wenn Sotel nach Zubau der 220-kV-Leitung eine dauerhaft zusammengeschaltete Verbindung mit beiden Verbundnachbarn RTE und Elia schafft, ändert sich der Status des Sotel-Netzes von einem dem Elia-Netz hinterlagerten Netz zu einem „horizontal“ in den UCTE-Verbund integrierten Netz. Im Hinblick auf die in Abschnitt beschriebenen Regelungen zur Vergütung der Netznutzung auf der Übertragungsebene kann Sotel dann am ITC-Mechanismus teilnehmen, anstatt explizit oder implizit Netzentgelte an Elia zu zahlen.

Die Teilnahme am ITC-Mechanismus kann jedoch bei sehr kleinen Netzen mit hohem Import- oder Exportvolumen dazu führen, dass für die resultierenden grenzüberschreitenden Stromaustausche unverhältnismäßig hohe Zahlungen in den Ausgleichsfonds anfallen, denen allenfalls geringe Auszahlungen für die Netzbelastung durch Transite gegenüberstehen. Grund hierfür ist, dass bei der Ermittlung der Zahlungen nur das Transitvolumen, nicht jedoch das Import- oder Exportvolumen mit der Höhe der „horizontalen“ Netzkosten und somit der Größe des eigenen Netzes gewichtet werden.

Sinnvoller wäre es daher für Sotel, nicht als eigene ITC-Partei an dem Ausgleichsmechanismus teilzunehmen, sondern sich der ITC-Partei, die auch die technische Netzregelung für das Sotel-Netz übernimmt, als Unterpartei anzuschließen, in diesem Fall also voraussichtlich dem französischen Netzbetreiber RTE (s. Abschnitt). Diese Option der Bildung einer gemeinsamen ITC-Partei durch die zu einem gemeinsamen „Regelblock“ zusammengefassten be-

nachbarten Regelzonen ist ausdrücklich vorgesehen und wird z. B. auch im deutschen Regelblock praktiziert, der unter anderem die Regelzonen von zwei Netzbetreibern im Westen Österreichs einschließt. Vorteil einer solchen Lösung ist, dass Austausche zwischen den zusammengefassten Unterparteien dann keine Importe oder Exporte darstellen und die verbleibenden Importe und Exporte sich teilweise gegenseitig kompensieren.

Es ist davon auszugehen, dass die resultierenden Zahlungsflüsse je Unterpartei insbesondere bei sehr kleinen Netzen bei einer solchen Lösung erheblich geringer sind als bei der Teilnahme als eigenständige ITC-Partei. Eine Quantifizierung dieser Zahlungen ist jedoch nur auf Basis genauer Daten und unter Kenntnis der zwischen den Unterparteien zu vereinbarenden Verrechnungsregelungen möglich und bleibt somit den Netzbetreibern vorbehalten. Dabei ist außerdem zu berücksichtigen, dass – unter Mitwirkung der Gutachter – zur Zeit neue Regelungen für den ITC-Mechanismus erarbeitet werden, die sich auch auf die Ermittlung der Zahlungen auswirken.

Fazit

Durch den Zubau der beantragten 220-kV-Leitung ohne Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel würde Sotel die angestrebten Ziele erreichen,

- die Versorgungssicherheit insbesondere für den Fall eines vollständigen Wegfalls der Versorgung aus dem Elia-Netz deutlich zu verbessern und
- einen direkten Zugang zum französischen Strommarkt zu erhalten.

Für das Cegedel-Netz kann diese Variante dagegen grundsätzlich nur im Störfall Auswirkungen haben, da dann eine Zusammenschaltung der Netze in Frage kommt. Die Untersuchungen haben aber gezeigt, dass durch diesen Leitungszubau die Wiederversorgungsmöglichkeiten des Cegedel-Netzes bei Totalausfall der Versorgung aus dem RWE-Netz bei den meisten Netzkonfigurationen nicht wesentlich verbessert werden. Lediglich bei Errich-

tung zweier 380/220-kV-Netzkuppeltransformatoren in Moulaine ergibt sich eine verbesserte Wiederversorgungsmöglichkeit des Cegedel-Netzes.

Diese Netzvariante ist somit nur für die Versorgung der Sotel-Kunden von Vorteil, nicht jedoch für die öffentliche Versorgung in Luxemburg (außer im Fall der Netzkonfiguration mit zwei zusätzlichen 380/220-kV-Transformatoren in Moulaine).

4 Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel ohne Netzausbau

Angesichts der Feststellung, dass die von Sotel geplante Ausbauvariante für die öffentliche Versorgung in Luxemburg keine Vorteile bringt, wird nachfolgend untersucht, ob die von Sotel angestrebten Ziele teilweise oder vollständig auch durch dauerhafte Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel unter Verzicht auf den Leitungszubau erreicht werden können.

Technische Aspekte

Normalbetrieb

Durch die Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel wird der Leistungsfluss in Luxemburg und den angrenzenden Netzregionen leicht verändert (Bild .5). Eine Wirkleistung von etwa 120 MW fließt dann über die durchgeschaltete Doppelleitung Belval↔Schiffange. Dies führt zu einer geringen Erhöhung der Belastung der belgisch-luxemburgischen Kuppelleitungen und einer entsprechenden Entlastung der deutsch-luxemburgischen Kuppelleitungen. Die Auslastung der 220-kV-Netze ist wie in den zuvor untersuchten Fällen relativ niedrig. Eine Ausnahme bildet die bereits im Normalbetrieb sehr hoch belastete Leitung Landres↔Moulaine (ca. 85 %).

Die Zulässigkeit eines Netzzustandes kann jedoch nicht ausschließlich anhand der Leitungsbelastung beurteilt werden. Einzubeziehen sind auch Aspekte der Spannungsqualität wie Oberschwingungsanteil, Kurzschlussleistung und Flickerpegel. Diese Gesichtspunkte sind bei dieser Netzvariante deswegen besonders betrachtungsrelevant, weil die an das Sotel-Netz angeschlossenen Stahlwerke durch ihre sprunghafte Verbrauchscharakteristik starke Netzurückwirkungen verursachen, die wegen der relativ geringen Spannungssteifigkeit des Cegedel-Netzes am Verbindungspunkt die Spannungsqualität in diesem Netz beeinträchtigen könnten.

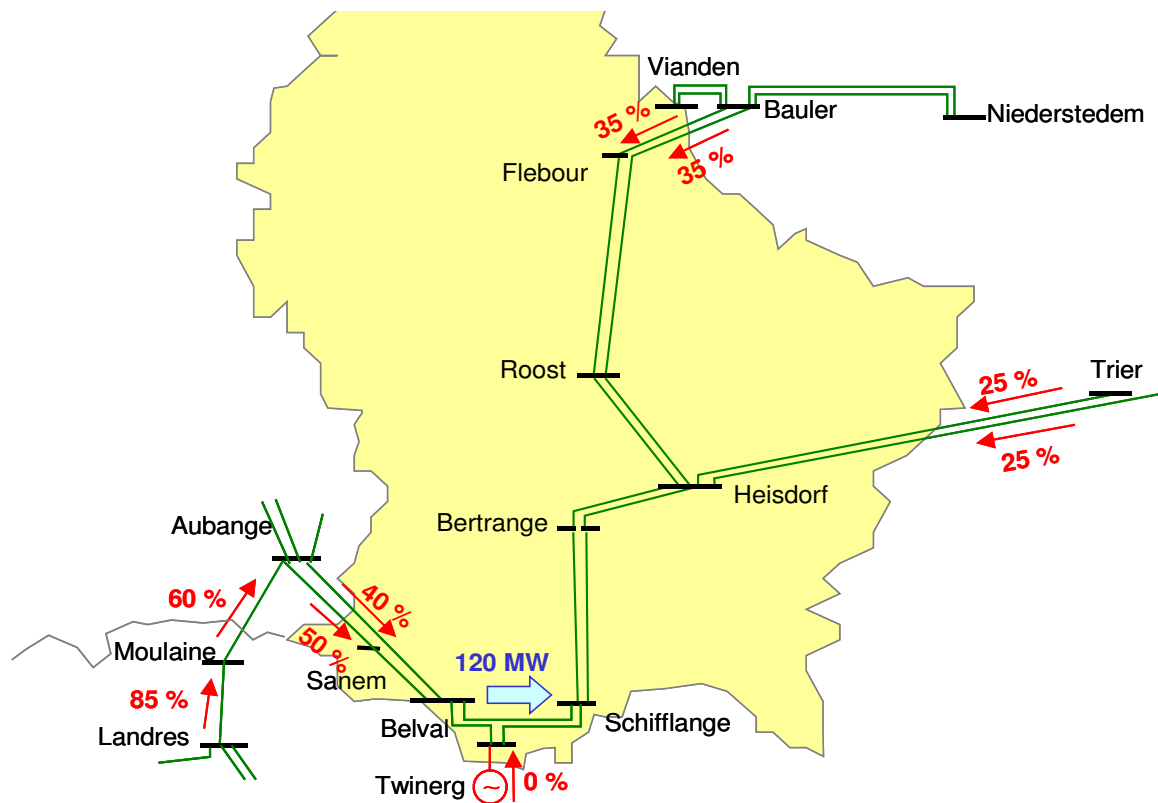


Bild .5: Leistungsfluss-Verschiebung von 120 MW über Luxemburg bei Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel

Zur Bewertung dieser Problematik geben die Ergebnisse des im Jahr 2001 durchgeführten Netzversuchs zur Zusammenschaltung der Netze von Sotel und Cegedel wichtige Hinweise:

- Der sich ergebende Oberschwingungsanteil kann mit den vorliegenden Daten nicht beurteilt werden. Eventuelle Grenzwertverletzungen führen jedoch nicht dazu, dass die Netzkonfiguration verworfen werden muss, sondern können ggf. mit lokalen Maßnahmen wie der Installation von Filtern und Saugkreisen behoben werden.
- Die Messung von 2001 ergab, dass eine ausreichende Kurzschlussfestigkeit der Schaltanlagen bei einem Netzzusammenschluss gesichert ist. Aufgrund der großen Differenz zwischen zulässigen und auftretenden Kurzschlussströmen gilt das auch nach der Inbetriebnahme der GuD-Anlage Twinerg mit dadurch erhöhten Kurzschlussströmen.

- Im Zusammenschaltungsversuch von 2001 lag der Flickerpegel an der Grenze des erlaubten Bereiches. Der Betrieb des erst nach dem Netzversuch in Betrieb genommenen GuD-Kraftwerks Twinerg erhöht die auftretenden Kurzschlussströme, die ein Maß für die Flickerresistenz des Netzes sind. Somit hat sich die Situation hier tendenziell verbessert. Eine exakte Bewertung der Situation – insbesondere in auftretenden Störfällen (s.u.) – und die Erarbeitung eventuell notwendiger Gegenmaßnahmen erfordern jedoch detaillierte Untersuchungen auf Basis exakter Netz- und Kundendaten.

Störbetrieb

Diese Netzkonfiguration ist (n-1)-sicher.

Bei einem kompletten Wegfall der Versorgung aus dem Elia-Netz ergibt sich die gleiche Netzkonfiguration wie bei diesem Störfall im Ist-Zustand. Daher gelten die in Abschnitt vorgestellten Ergebnisse auch hier.

Bei einem kompletten Wegfall der Versorgung aus dem RWE-Netz würde aufgrund der unvermeidlichen Ausgleichvorgänge zum einen das GuD-Kraftwerk Twinerg, sofern in Betrieb, in den Inselbetrieb gehen. Zum anderen würde die starke Überlastung der verbleibenden Doppelleitung Aubange↔Belval (ca. 140 %) zu deren Folgeabschaltung führen. Demzufolge wäre eine großflächige Versorgungsunterbrechung in Luxemburg dann nahezu unvermeidbar.

Falls sich die Wiederherstellung der Versorgung aus dem RWE-Netz verzögert, können die luxemburgischen Netze allein über das Elia-Netz jedoch zumindest teilweise wiederversorgt werden. Da sich in diesem Fall eine dem Ist-Zustand entsprechende Situation ergibt, gelten die in Abschnitt gemachten Aussagen für diese Netzsituation auch hier.

Entwicklung der Übertragungskapazität

Durch die Zusammenschaltung erhöht sich die Belastung der Leitung Landres↔Moulaine im Normalbetrieb von ca. 70 auf ca. 85 %. Die Netze von Sotel und Cegedel sind direkt miteinander verbunden, so dass Stromexporte von Frankreich nach Belgien, den Niederlanden oder Deutschland zum Teil über die luxemburgischen Netze fließen. Dies erhöht die ohnehin hohe Belastung des nordfranzösischen 220-kV-Netzes. Die durchgeführten Lastflussuntersuchungen zeigen, dass die verfügbaren Übertragungskapazitäten für Transporte von Frankreich nach Belgien hierdurch gegenüber dem Ist-Zustand um ca. 200 MW und für Transporte von Frankreich nach Deutschland um ca. 700 MW reduziert werden. In beiden Fällen wird die Übertragungskapazität durch die Belastbarkeit der Leitung Landres↔Moulaine begrenzt.

Durch die Zusammenschaltung der Netze von Sotel und Cegedel ergibt sich jedoch die Möglichkeit des Stromtransports von Deutschland über Luxemburg nach Belgien, die die oben dargestellte Reduktion der Übertragungskapazitäten von Frankreich nach Belgien und Deutschland aus Sicht der Marktteilnehmer eventuell teilweise kompensieren kann. Um dies zu beurteilen, wurde die Übertragungskapazität für Transporte von Deutschland nach Belgien ermittelt. (Die Berechnungsmethodik für NTC-Werte lässt sich auch auf nicht direkt miteinander verbundene Regelzonen anwenden, auch wenn die Übertragungsnetzbetreiber generell nur NTC-Werte für benachbarte Regelzonen mit direkter Verbindung ausweisen.) Es ergibt sich eine Zunahme der Übertragungskapazität für Transporte in dieser Richtung um ca. 500 MW gegenüber dem aktuellen Netzzustand.

Organisatorische und wirtschaftliche Aspekte

Netzeinbindung

Ähnlich wie die in Kap. 3 untersuchte Netzvariante führt die Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel zum Entstehen neuer Verbindungen für grenzüberschreitende Stromtransporte. In diesem Fall ergeben sich, wie oben dargestellt, tatsächlich Auswirkungen auf

die verfügbare grenzüberschreitende Übertragungskapazität, was zum einen bei der Kapazitätsermittlung für bereits bestehende Verbindungen (z. B. Frankreich-Belgien) berücksichtigt werden muss und zum anderen dazu führt, dass auch die Kapazitäten an den Grenzen Luxemburgs zu Belgien und Deutschland ermittelt und geeignete Kapazitätsvergabe- und Engpassmanagement-Verfahren eingerichtet werden müssen.

Welche Möglichkeiten des Marktzugangs sich bei dieser Variante für die Kunden im Sotel-Netz ergeben, hängt zum einen auch hier davon ab, welcher Regelzone dieses Netz aus technischer Sicht zugeordnet wird, und zum anderen davon, wie stark die Übertragungskapazität über Luxemburg in Richtung Belgien nachgefragt wird. Ähnliche Überlegungen wie bei der in Kap. 3 diskutierten Variante lassen erwarten, dass es hier für Sotel vorteilhaft wäre, das eigene Netz gemeinsam mit dem Cegedel-Netz regelungstechnisch der RWE-Regelzone anzuschließen, was angesichts der bestehenden Leitungsverbindungen ohnehin die technisch zuverlässigste Lösung für eine gemeinsame Netzregelung der beiden luxemburgischen Übertragungsnetze durch einen einzigen Verbundnachbarn wäre.

Es ist jedoch möglich, dass der auf diese Weise realisierbare direkte Zugang zum deutschen Strommarkt nur mit Einschränkungen für die Sotel-Kunden nutzbar wäre, sofern an der deutsch-luxemburgischen Grenze ein Übertragungsengpass auftreten würde. Dies erscheint zwar weniger wahrscheinlich als ein Übertragungsengpass an der belgisch-luxemburgischen Grenze, der die Sotel-Kunden in dieser Konfiguration nicht betreffen würde, ist jedoch im Detail nur auf Grundlage einer eingehenden Marktanalyse unter Berücksichtigung der Erzeugungssysteme im betroffenen westeuropäischen Marktbereich zu beurteilen.

Vergütung der Netznutzung

Die in Abschnitt ausgeführten Überlegungen zur Vergütung der Netznutzung lassen sich analog auf die hier betrachtete Netzvariante übertragen, wobei hier sowohl Sotel als auch Cegedel den Status von Verbundpartnern mit horizontal integrierten Netzen annehmen. Auch bei

dieser Variante erscheint es vorteilhaft, anstelle der Bildung einer eigenen ITC-Partei den Status als Unterpartei entsprechend der regelungstechnischen Zugehörigkeit zu den benachbarten Regelblöcken anzustreben. Das Sotel-Netz würde dann je nach der gewählten Regelzonen-Zuordnung (s. Abschnitt) der belgischen oder der deutschen, das Cegedel-Netz in jedem Fall der deutschen ITC-Partei angehören.

Fazit

Eine Zusammenschaltung der Netze von Sotel und Cegedel ist technisch prinzipiell möglich. Dies belegen der Netzversuch von 2001 wie die durchgeführten Lastflussuntersuchungen. Die dauerhafte Zusammenschaltung würde für Sotel eine signifikante Verbesserung der Versorgungssicherheit in Bezug auf den Ausfall der Versorgung aus dem Elia-Netz bewirken, sofern die Netzurückwirkungen in solchen Fällen toleriert werden können. Ob und evtl. unter welchen Bedingungen oder Einschränkungen dies möglich ist, muss in detaillierteren Untersuchungen analysiert werden.

Daneben bietet diese Variante Sotel die Möglichkeit, einen Zugang zum deutschen Netz zu bekommen, der – abhängig von der Engpasssituation an den Grenzen Deutschland-Luxemburg und Frankreich-Deutschland – dem von Sotel angestrebten Zugang zum französischen Markt nahe kommen kann, diesem aber aus wirtschaftlicher wie auch praktischer Sicht eventuell nicht gleichwertig ist.

Für die öffentliche Versorgung in Luxemburg bringt diese Variante keine nennenswerten technischen Vorteile, da ein Wegfall der Verbindung zum RWE-Netz mit hoher Wahrscheinlichkeit nach wie vor zu einer landesweiten Versorgungsunterbrechung führt. Temporäre Netzzusammenschaltungen mit Sotel zum Netzwiederaufbau sind jedoch auch im Ist-Zustand möglich.

Die dauerhafte Zusammenschaltung eröffnet den luxemburgischen Höchstspannungsnetzbetreibern jedoch die Möglichkeit, als horizontal in das Verbundnetz integrierte Partner im

UCTE-Verbund aufzutreten. Die möglichen wirtschaftlichen Auswirkungen der dann andersartigen Regelungen für die Vergütung der Netzinanspruchnahme sind von den Netzbetreibern noch konkret zu quantifizieren; bei der technisch sinnvoll erscheinenden Integration in den deutschen Regelblock sind tendenziell positive wirtschaftliche Auswirkungen für die Netzbetreiber und damit deren Kunden zu erwarten.

Ein Nachteil dieser Netzvariante ist, dass sie zu einer Absenkung der verfügbaren Übertragungskapazitäten von Frankreich nach Belgien und Deutschland führt, was jedoch durch die hinzukommende Kapazität von Deutschland über Luxemburg nach Belgien teilweise kompensiert werden könnte.

5 Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel mit Zubau einer 220-kV-Doppelleitung nach Frankreich

Der von Sotel beabsichtigte Leitungsneubau würde für Sotel zwar die angestrebten Vorteile hinsichtlich Versorgungssicherheit und Marktzugang bewirken, hätte aber, wie sich gezeigt hat, praktisch keinen Nutzen für die öffentliche Stromversorgung in Luxemburg. Denkbar wäre aber, dass der Leitungsneubau bei zusätzlicher Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel vorteilhaft wäre, zumal die „Netzstudie 2025“ [1] von Cegedel zu dem Ergebnis kommt, dass langfristig eine zusätzliche Anbindung des Cegedel-Netzes an das UCTE-Verbundnetz – vorzugsweise im Süden des Landes – notwendig werden kann (s. Abschnitt). Ob diesem Bedarf durch die von Sotel geplante Leitung entsprochen und gleichzeitig die Versorgungssicherheit im Cegedel-Netz durch diese Netzvariante verbessert werden kann, wird nachfolgend untersucht.

Technische Aspekte

Normalbetrieb

Der Zubau der 220-kV-Verbindung Belval \leftrightarrow Moulaine führt zu einer stärkeren Belastung der Leitung Moulaine \leftrightarrow Landres und zu einer Entlastung der Leitungen Aubange \leftrightarrow Belval und Moulaine \leftrightarrow Aubange (s. Abschnitt). Gleichzeitig führt die Kupplung der Netze von Sotel und Cegedel zu einem West-Ost-Leistungsfluss über die luxemburgischen Übertragungsnetze (s. Abschnitt). Diese Leistung wird zu einem großen Teil ebenfalls aus dem nordfranzösischen 220-kV-Netz bezogen. Die Überlagerung dieser Effekte führt dazu, dass sich in der betrachteten Netzsituation bereits im Normalbetrieb eine Überlastung der Leitung Moulaine \leftrightarrow Landres (ca. 105 %) ergibt (Bild .6). Auch wenn die Höhe der Überlastung basierend auf den hier verwendeten Daten nur grob quantifiziert werden kann, zeigt sich, dass der betrachtete Netzzustand technisch unzulässig ist.

Falls hingegen der geplante Ausbau der 220-kV-Leitung Moulaine↔Aubange auf 380 kV umgesetzt wird, würde das nordfranzösische 220-kV-Netz so stark entlastet, dass die untersuchte Netzvariante im Normalbetrieb zulässig würde; die Belastung der Leitung Moulaine↔Landres im Normalbetrieb würde dann ca. 80 % betragen. Die Ausbaumaßnahme Moulaine↔Aubange kann jedoch zur Zeit nicht als sicher angesehen werden.

Die Errichtung zweier 380/220-kV-Netzkuppeltransformatoren in Moulaine würde das nordfranzösische 220-kV-Netz ebenfalls stark entlasten und dazu führen, dass die untersuchte Variante im Normalbetrieb zulässig wäre. Bild .7 zeigt die sich ergebende Lastflussverteilung. Da von der Errichtung *zweier* Netzkuppeltransformatoren in Moulaine ausgegangen wird, würde auch der Ausfall oder die wartungsbedingte Abschaltung eines der Transformatoren nicht zu einer unzulässigen Situation führen.

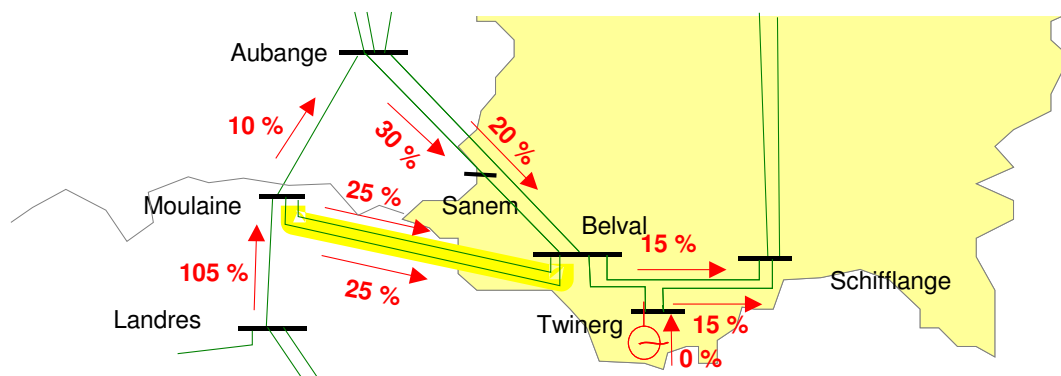


Bild .6: Belastung der Leitungen bei Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel und Zubau der 220-kV-Doppelleitung Belval↔Moulaine

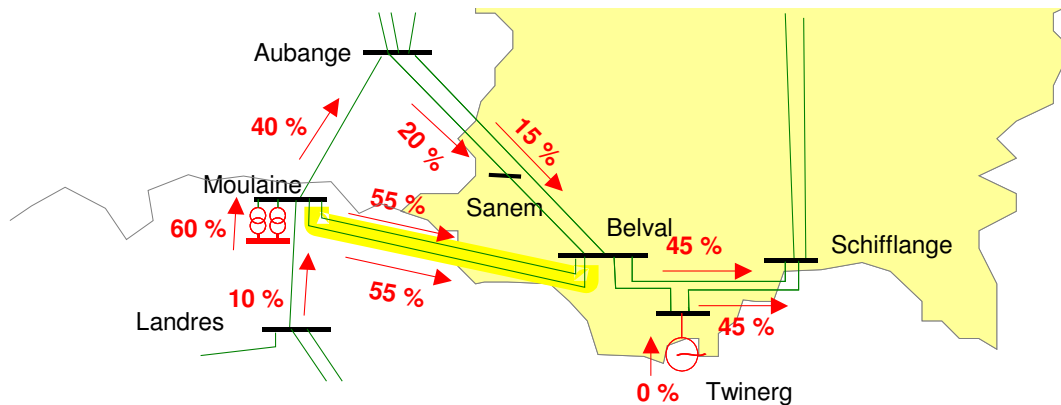


Bild .7: Belastung der Leitungen bei der hier betrachteten Netzvariante nach der Errichtung zweier 380/220-kV-Transformatoren in Moulaine

Störbetrieb

Die Untersuchungen für den Störbetrieb konzentrieren sich auf die im Normalbetrieb technisch zulässigen Netzkonfigurationen, d.h. es werden der Ausbau der 220-kV-Leitung Moulaine↔Aubange auf 380 kV und/oder die Errichtung zweier 380/220-kV-Transformatoren in Moulaine vorausgesetzt.

In beiden Netzkonfigurationen können die Netze von Sotel und Cegedel bei einem kompletten Wegfall der Versorgung aus dem Elia-Netz dann vollständig über die Kuppelleitungen zu RWE und RTE versorgt werden.

Nach dem Ausbau der 220-kV-Leitung Moulaine↔Aubange auf 380 kV ergibt sich bei einem kompletten Wegfall der Versorgung aus dem RWE-Netz die bereits in Abschnitt diskutierte Netzsituation (dritter Aufzählungspunkt), d.h. es können dann insgesamt bis zu 750 MW über die Kuppelleitungen zu Elia und RTE nach Luxemburg importiert werden.

Nach der Errichtung zweier 380/220-kV-Transformatoren in Moulaine ergibt sich bei einem kompletten Wegfall der Versorgung aus dem RWE-Netz die ebenfalls bereits in Abschnitt diskutierte Netzsituation (letzter Aufzählungspunkt). Es ist allerdings möglich, dass zunächst eine großflächige Versorgungsunterbrechung in Luxemburg auftritt. Anschließend können in

dieser Netzkonfiguration jedoch die Netze von Cegedel und Sotel vollständig über die Kuppelleitungen zu Elia und RTE zeitnah wiederversorgt werden.

Fazit

Bei der aktuellen Konfiguration des nordfranzösischen und des belgischen Netzes ist eine Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel in Kombination mit dem Zubau der von Sotel geplanten 220-kV-Leitung bereits im Normalbetrieb technisch unzulässig.

Eine technisch zulässige Situation würde sich nach Realisierung des Ausbaus der 220-kV-Leitung Moulaine↔Aubange auf 380 kV oder nach Zubau zweier 380/220-kV-Transformatoren in Moulaine ergeben. Im letztgenannten Fall würde sich zusätzlich durch den Zubau der Sotel-Leitung eine nennenswerte Verbesserung der Versorgungssicherheit im Cegedel-Netz ergeben, da dann auch bei vollständigem Ausfall der Verbindungen zum RWE-Netz eine Wiederversorgung der gesamten Last in Luxemburg aus den Netzen von Elia und RTE möglich wäre.

Die Umsetzung dieser Ausbaumaßnahmen kann jedoch nicht als sicher vorausgesetzt werden. Die in diesem Kapitel betrachtete Variante ist bis zur möglichen Realisierung dieser Maßnahmen als unzulässig anzusehen, weswegen hier auf eine Beurteilung der organisatorischen und wirtschaftlichen Aspekte verzichtet wird.

6 Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel mit Zubau einer 380-kV-Einfachleitung nach Frankreich

Technische Aspekte

Ausgehend von der Erkenntnis, dass die von Sotel geplante Leitung beim derzeitigen wie auch beim sicher absehbaren Zustand des Netzes im Grenzbereich Frankreich-Belgien keinen Nutzen für die nationale Versorgung verspricht, stellt sich die Frage, ob die Ausbauplanung so modifiziert werden kann, dass sie auch für die Versorgungssicherheit und langfristige Kapazitätsdeckung im Cegedel-Netz von Vorteil ist. Als besonders naheliegende Variante mit diesem Ziel wird in dieser Untersuchung die Realisierung der Verbindung zwischen den Stationen Belval und Moulaine als 380-kV-Einfachleitung bei gleichzeitiger dauerhafter Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel betrachtet. Dabei wird die gleiche Trassenführung mit Teilverkabelung unterstellt wie bei der von Sotel geplanten 220-kV-Variante. Die Leitungskosten beider Varianten dürften sich nicht wesentlich unterscheiden. Zusätzlich werden jedoch ein 380/220-kV-Transformator (600 MVA) in Belval und zwei 380-kV- statt vier 220-kV-Schaltfelder in Belval und Moulaine benötigt. Insgesamt ist mit Zusatzkosten gegenüber der 220-kV-Variante von – grob geschätzt – etwa 50% zu rechnen.

Normalbetrieb

Durch die 380-kV-Leitung Belval↔Moulaine würden das nordfranzösische 220-kV-Netz sowie die Verbindung Aubange↔Belval stark entlastet. Die Belastung der Leitung Moulaine↔Landres beträgt dann lediglich ca. 45 %.

Die Übertragungsfähigkeit dieser neuen 380-kV-Leitung wird hauptsächlich durch den verkabelten Abschnitt bestimmt, für den ein thermischer Grenzwert von 900 MVA angenommen wird. Im Normalzustand fließt eine Leistung von 550 MVA über diese Leitung, was einer Belastung von etwa 60 % entspricht.

Die Auswirkungen auf Oberschwingungsniveau, Kurzschlussfestigkeit und Flickerlevel bedürfen, wie bereits oben ausgeführt, einer detaillierten Analyse. Tendenziell ist jedoch eine Verbesserung der in Kap. 4 beschriebenen, teilweise problematischen Situation zu erwarten.

Dies gilt umso mehr, als sich die für Kurzschlussfestigkeit und Flickerresistenz relevanten Kurzschlussströme in Belval durch die konstruktive Auslegung des neu zu errichtenden 380/220-kV-Transformators in Belval beeinflussen lassen.

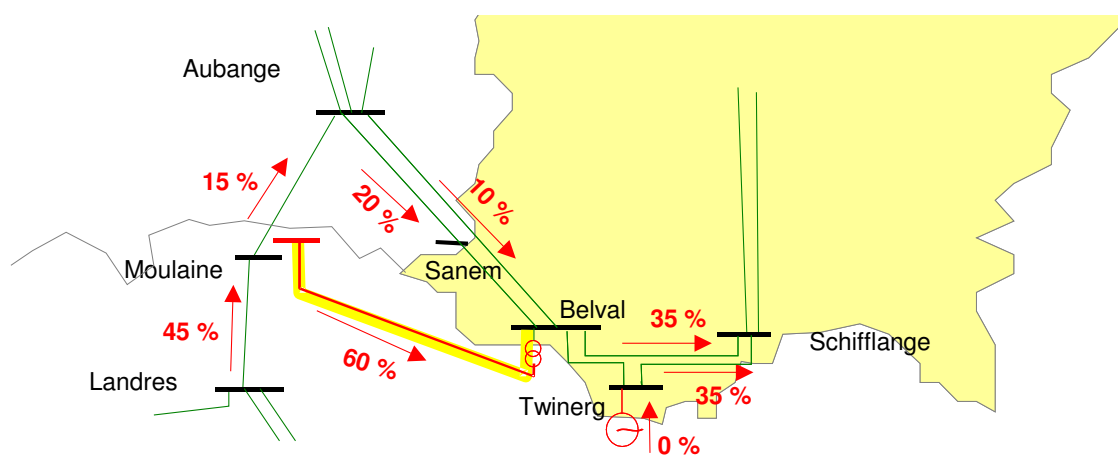


Bild .8: Belastung der Leitungen bei Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel und Zubau einer 380-kV-Einfachleitung Belval ↔ Moulaine

Störbetrieb

Die betrachtete Netzsituation ist (n-1)-sicher.

Bei einem kompletten Wegfall der Versorgung aus dem Elia-Netz kann das luxemburgische Netz problemlos über die Kuppelleitungen zu RWE und RTE vollständig versorgt werden. Beim Ausfall der neuen 380-kV-Leitung Belval ↔ Moulaine kann das luxemburgische Netz weiterhin aus den Netzen von Elia und RWE versorgt werden. Es ergibt sich dann die in Kap. 4 beschriebene Netzsituation.

Bei einem kompletten Wegfall der Versorgung aus dem RWE-Netz wird es aufgrund der starken Verbindung zum französischen 380-kV-Netz ebenfalls höchst wahrscheinlich nicht zu Versorgungsunterbrechungen kommen. Die maximale Belastung (ca. 100 %) tritt dann am neuen 380/220-kV-Transformator in Belval auf. Aufgrund der vorübergehenden Überlastbarkeit von Transformatoren ist diese Belastung jedoch unkritisch.

Entwicklung der Übertragungskapazität

Die neue 380-kV-Leitung Belval↔Moulaine ermöglicht nicht nur eine starke Entlastung des nordfranzösischen 220-kV-Netzes, sondern auch eine erkennbare Reduzierung der Belastung der 380-kV-Kuppelleitungen zwischen Frankreich und Belgien, was zu einer nennenswerten Erhöhung der verfügbaren Übertragungskapazität von Frankreich nach Belgien um ca. 500 MW und nach Deutschland um ca. 1000 MW im Vergleich zum Ist-Zustand führt.

Organisatorische und wirtschaftliche Aspekte

Die organisatorischen und wirtschaftlichen Auswirkungen dieser Netzvariante ergeben sich im wesentlichen als Kombination der Auswirkungen des Zubaus der von Sotel geplanten Leitung (Abschnitt) und der Zusammenschaltung der Netze ohne Leitungszubau (Abschnitt). Sotel könnte durch entsprechende regelungstechnische Zuordnung wahlweise einen direkten Zugang zum französischen oder zum deutschen Markt realisieren. Wie oben gezeigt wurde, entspannt sich bei dieser Variante die Engpasssituation im betrachteten Gebiet deutlich, so dass die Frage der Einrichtung von Kapazitätsvergabeverfahren an möglichen Engpässen an den Grenzen Luxemburgs in den Hintergrund tritt. Diese Variante eröffnet somit den Kunden beider Netze erweiterte Marktzugangsmöglichkeiten.

Fazit

Die Realisierung der von Sotel geplanten Verbindung zum RTE-Netz als 380-kV-Einfachleitung hätte nicht nur für Sotel den angestrebten Nutzen im Hinblick auf Versorgungssicherheit und Marktzugang, sondern auch erhebliche Vorteile für die öffentliche Versorgung aus dem Cegedel-Netz. Die dann problemlos dauerhaft zusammenschaltbaren Netze könnten bei Wegfall der Versorgung aus einem der drei Nachbarnetze unterbrechungsfrei weiterversorgt oder zumindest vollständig wiederversorgt werden, und die Netzurückwirkungsproblematik durch die Lichtbogenöfen im Sotel-Netz würde voraussichtlich abgeschwächt. Darüber hinaus würde eine leistungsstarke und somit voraussichtlich auch für den in der Cegedel-Netzstudie prognostizierten längerfristigen Bedarfszuwachs ausreichende Netzverbindung im Süden des Landes geschaffen, die zudem zu einer Zunahme der grenzüberschreitenden Übertragungskapazitäten rund um Luxemburg führen würde.

7 Schlussfolgerungen

Aus der Untersuchung geht hervor, dass der von Sotel beabsichtigte Zubau einer 220-kV-Doppelleitung als Verbindung zum RTE-Netz zwar aus Sicht von Sotel den erwarteten Nutzen im Hinblick auf die Versorgungssicherheit und den direkten Zugang zum französischen Strommarkt versprechen würde, für die öffentliche Versorgung in Luxemburg aus dem Cegedel-Netz jedoch keinen nennenswerten Vorteil hätte. Sofern nicht eine der geplanten, zur Zeit aber noch nicht sicher absehbaren Ausbaumaßnahmen im nordfranzösischen Netz (380-kV-Ausbau der Leitung Moulaine \leftrightarrow Aubange oder Zubau von 380/220-kV-Transformatoren in Moulaine) umgesetzt wird, würde durch den Zubau der von Sotel geplanten Leitung sogar die Option wegfallen, die Netze von Cegedel und Sotel dauerhaft zusammenzuschalten.

Als Alternative und evtl. als Übergangslösung sollte daher die dauerhafte Zusammenschaltung der Netze von Cegedel und Sotel ohne Leitungszubau in Betracht gezogen werden. Diese Variante würde die Versorgungssicherheit im Sotel-Netz voraussichtlich ähnlich verbessern wie die geplante Ausbaumaßnahme, und sie würde den Sotel-Kunden einen Zugang zum deutschen Markt eröffnen, der dem angestrebten Zugang zum französischen Markt in seiner wirtschaftlichen Auswirkung zumindest nahe kommen kann. Eine umfassendere Beurteilung dieser Variante erfordert allerdings noch weiterführende Untersuchungen insbesondere hinsichtlich der Netzurückwirkungs-Problematik und der möglichen nachteiligen Auswirkungen der Zusammenschaltung auf die grenzüberschreitenden Übertragungskapazitäten rund um Luxemburg.

Als langfristige Lösung erscheint im Vergleich zu der von Sotel geplanten Ausbaumaßnahme die Realisierung einer 380-kV-Leitungsverbindung auf gleicher oder ähnlicher Trasse insbesondere mit Blick auf die öffentliche Versorgung in Luxemburg weitaus vorteilhafter und zukunftsweisender, wobei dann die Ausstattung mit einem statt zwei Stromkreisen ausreichen würde. Diese Lösung würde den in der „Cegedel-Netzstudie 2025“ prognostizierten langfris-

tigen Bedarf an Übertragungskapazität decken, die Versorgungssicherheit in beiden luxemburgischen Übertragungsnetzen signifikant erhöhen und zudem zusätzliche grenzüberschreitende Übertragungskapazitäten rund um Luxemburg schaffen, was für die Kunden im stark importabhängigen Luxemburg wirtschaftlich von Vorteil wäre. (Diese Alternative zur Sotelpassung wurde in der Untersuchung beispielhaft betrachtet. Andere Alternativen unter Einsatz der 380-kV-Technik können evtl. zu ähnlichen oder sogar besseren Ergebnissen führen.)

Literatur

- [1] Electrowatt-Ekono AG
Cegedel Netzstudie 2025
Studie im Auftrag von Cegedel S.A., Juni 2004
- [2] Claude Turmes
Energie fir d'Zukunft; Wirtschaftliche Entwicklung sichern, Umwelt- und Sozialstandards erhalten
Expertenbericht zur Öffnung des Strom- und Gasmarktes in Luxemburg,
Luxemburg/Saarbrücken, Juli 2005
http://www.eco.public.lu/documentation/etudes/2005/07/19_etude_energie_fir_zukunft_pdf.pdf
- [3] European Transmission System Operators (ETSO)
Definition of Transfer Capacities in Liberalised Electricity Markets
Brüssel, April 2001
<http://www.ets-net.org/upload/documents/Transfer%20Capacity%20Definitions.pdf>