

Ursachen und volkswirtschaftliche Auswirkungen großflächiger Blackouts

Rainer Schlager*, Günther Brauner

Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, Gußhausstraße 25-29 A-1040 Wien,
Telefonnr. +43 1 58801 37312, schlager@ea.tuwien.ac.at, www.ea.tuwien.ac.at

Kurzfassung: Eine kostengünstige und zuverlässige Versorgungssicherheit wird von vielen Verbrauchern mittlerweile als sicher vorausgesetzt. Im letzten Jahrzehnt immer wieder auftretende großflächige Blackoutereignisse zeigen, dass auch als sehr sicher geglaubte Energieübertragungssysteme, aufgrund verschiedenster Ursachen, an ihre Grenzen stoßen können. Solche großflächige Ereignisse haben Auswirkungen auf das gesamte öffentliche und private Leben. Die dadurch entstehenden wirtschaftlichen Schäden können je nach Größe der betroffenen Bevölkerung und Dauer des Ereignisses enorme wirtschaftliche Kosten verursachen.

Keywords: Versorgungssicherheit, Blackout,

1 Rahmenbedingungen

Das Übertragungsnetz stellt das Rückgrat der elektrischen Energieversorgung dar. Eine sichere Energieversorgung beginnt mit einem versorgungssicheren Übertragungsnetz. Die Situation und die Anforderungen an das Übertragungsnetz haben sich in den vergangenen Jahren teilweise verändert und werden sich auch in Zukunft aufgrund verschiedener Einflussfaktoren ändern.

1.1 Bedarf an elektrischer Energie

In den vergangenen Jahren kam es zu mehr oder weniger kontinuierlichen Steigerungsraten des elektrischen Verbrauches. Der energetische Endverbrauch der elektrischen Energie steigerte sich von 48 280 GWh im Jahr 1997 auf 58 723 GWh im Jahr 2007. Im Jahr 2008 kam es, vermutlich nicht zuletzt durch die Auswirkungen der beginnenden Finanz- und Wirtschaftskrise, zu einem geringen Rückgang des Verbrauches [1]. Der Trend eines temporären Verbrauchsrückganges wird sich wahrscheinlich auch im Jahr 2009 fortsetzen. Nach Überwinden der Finanz- und Wirtschaftskrise wird es vermutlich, wie in den Prognosen in Abbildung 1 dargestellt, wieder zu einem Anstieg des Verbrauchs an elektrischer Energie kommen. Dieser Anstieg des Verbrauchs wird nicht zuletzt durch Steigerung der Energieeffizienz und der damit verbundenen Implementierung moderner Technologien wie Wärmepumpen und Elektromobilität, unterstützt. Das bedeutet für die Übertragungsnetze, dass sie auch in Zukunft die Anforderungen, welche steigende Stromverbräuche an sie stellen, erfüllen müssen.

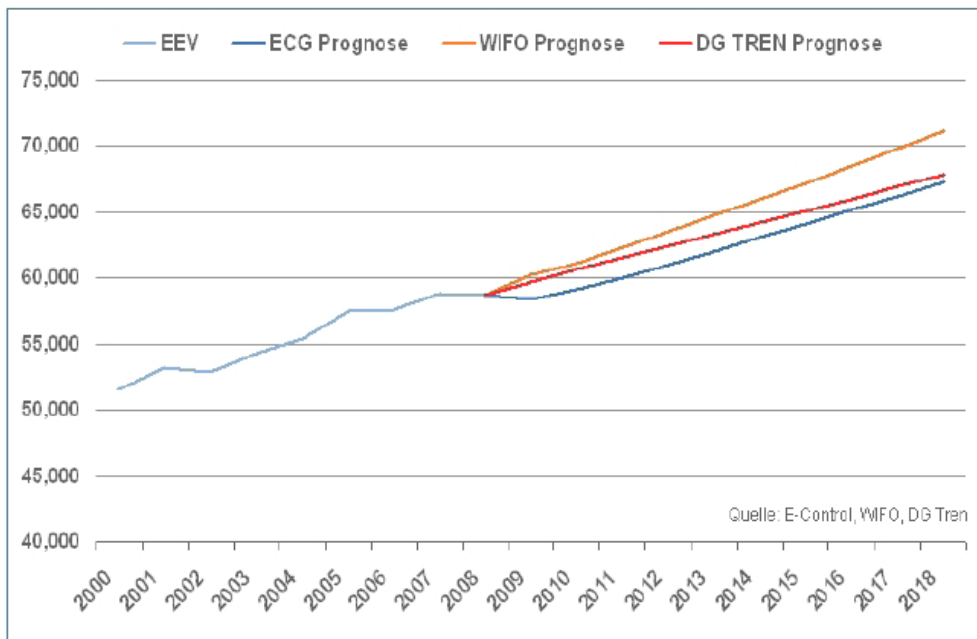


Abbildung 1 Prognostizierter Energetischer Endverbrauch der elektrischen Energie in Österreich [2]

1.2 Steigerung dargebotsabhängiger Energieerzeugung

Um die 2020 Ziele erreichen zu können, ist es nötig die Erzeugung elektrischer Energie durch erneuerbare Energieträger zu erhöhen. Im Jahr 2008 betrug die installierte Leistung aller Windkraftwerke in Österreich etwa 995 MW. Im EU-27 Raum sind es an die 64 GW installierter Leistung, wovon Deutschland einen Anteil von fast 24 GW besitzt. Laut Prognosen wird es im EU-27 Raum bis 2020 zu einem weiteren Ausbau der installierten Windraftanlagen kommen, wobei sich die prognostizierten, installierten Leistungen in einem Bereich von 120 GW bis 230 GW befinden [3]. Man beachte, dass auch die geringeren Prognosewerte bis 2020 eine Verdoppelung der installierten Leistung vorhersagen.

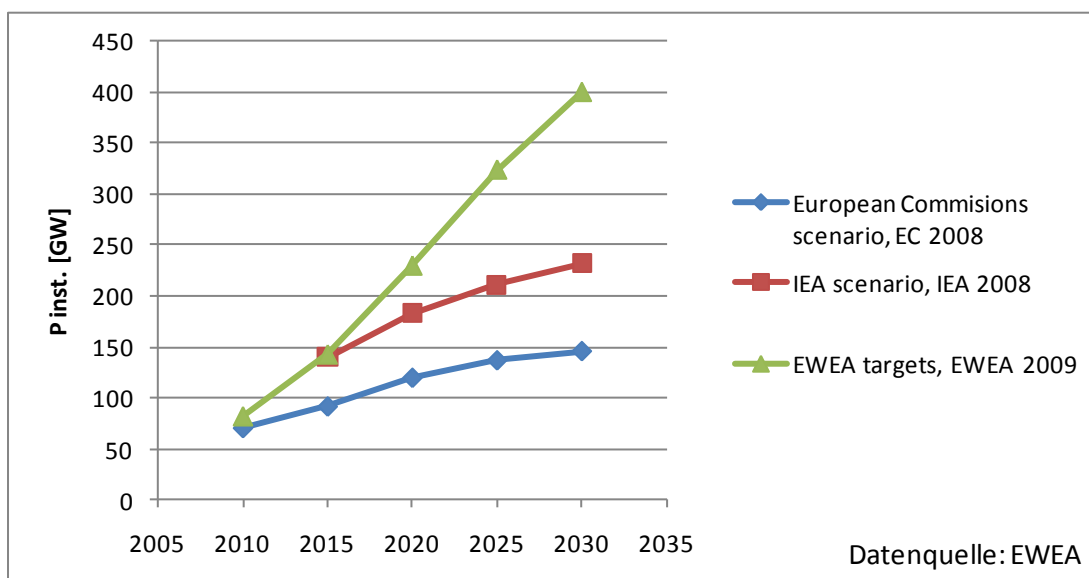


Abbildung 2 Wind baseline scenarios from the european commission, the ia and ewea [3]

Windenergieanlagen haben je nach Größe der Anlage und Standort, an Land etwa 1500-2500 Vollaststunden pro Jahr. Im Offshorebereich wird eine höhere Anzahl an Vollaststunden erwartet (3500- 4000 h/a). Fotovoltaikanlagen besitzen in Österreich, je nach Standort, etwas mehr oder weniger, rund 1000 Vollaststunden. Bei Erzeugungseinheiten mit geringeren Vollaststunden muss, wenn man die gleiche Menge an Energie erzeugen möchte, ein stärkerer Ausbau der installierten Leistung stattfinden. Um eine nachhaltige Entwicklung im Zusammenhang mit Regel und Ausgleichsenergie zu erreichen, wird es nötig sein dementsprechende Energiespeichermöglichkeiten zu schaffen. Hierbei wird sicherlich auch eine Rolle spielen, ob sich die Speichereinheiten in unmittelbarer Umgebung der Erzeugungseinheiten und der Lastzentren befinden oder mittels weiträumiger Stromtransite übertragen werden müssen. Diese Faktoren können zukünftig zu stärkeren leistungsorientierten Belastungen der Netze führen.

1.3 Weiträumiger Stromhandel

Weiträumiger Stromhandel und Stromtransite betreffen mehrere Übertragungsnetze und deren Regelzonenführer und stellen natürlich zusätzliche Belastungen für die Transitnetze dar. Um einen besseren Überblick über das Gesamtsystem zu erhalten, ist es für die Regelzonenführer erstrebenswert möglichst gut über die Zustände in den benachbarten Übertragungsnetzen informiert zu sein.

1.4 Ausbau der Übertragungsnetze

Der entsprechende Ausbau der Übertragungsnetze, welcher nötig ist um auf neue Belastungssituationen reagieren zu können, verzögert sich. Netzausbaumaßnahmen hängen von einer Vielzahl von Faktoren ab. Einige sind, Projektplanung, die geltenden gesetzlichen Rahmenbedingungen und den damit verbunden Genehmigungsverfahren und schlussendlich die Projektdurchführung.

2 Mögliche Ursachen für großflächige Blackouts

Das Übertragungsnetz muss die Versorgungssicherheit gewährleisten, Ausfälle einzelner Komponenten dürfen, entsprechend dem (n-1) Sicherheitskriterium, zu keiner Versorgungsunterbrechung führen. Werden Netze nahe ihrer Belastungsgrenze betrieben so kann es zur Verletzung des (n-1) Kriteriums kommen, ein Ausfall einer einzigen Komponente, beispielsweise durch Blitzschlag, Baumsturz und dergleichen, kann dann zu einer Versorgungsunterbrechung führen. Hohe Belastungen bzw. zu geringe freie Netzkapazitäten erhöhen somit das Risiko von Versorgungsunterbrechungen.

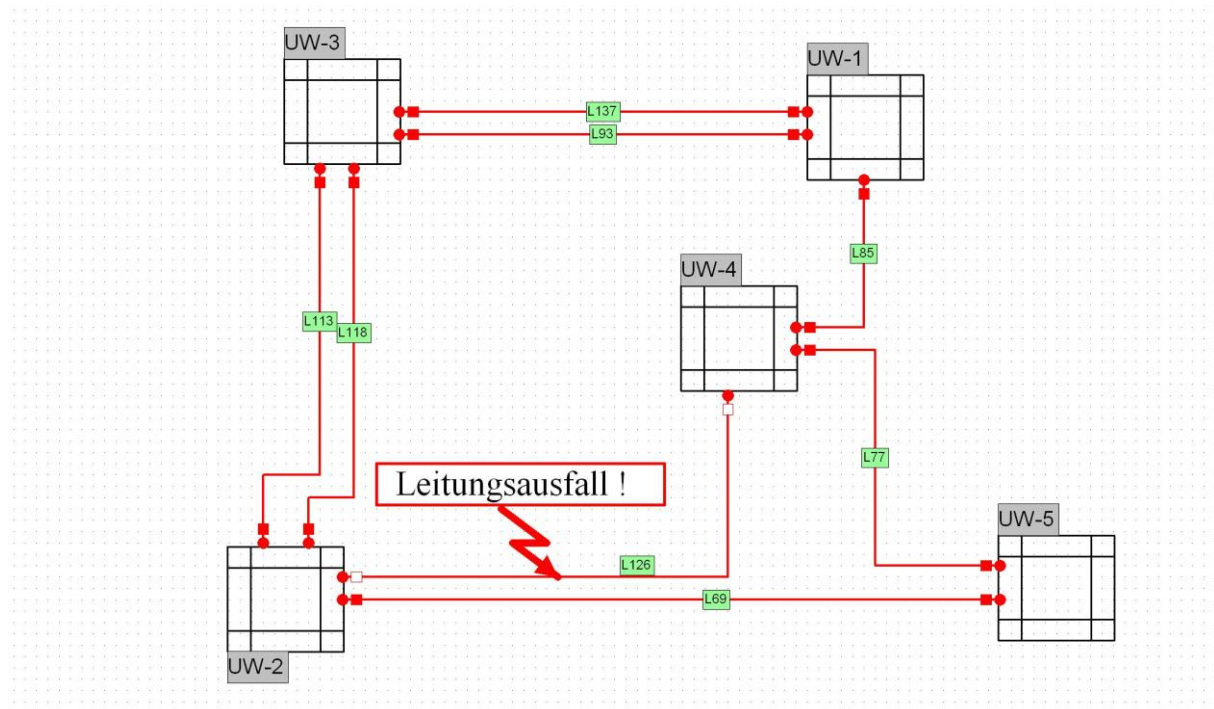


Abbildung 3 Einfachausfall soll zu keiner Versorgungsunterbrechung führen

Hohe regionale Importe in Verbindung mit geringer Eigenerzeugung und starker Auslastung der Leitungen stellen ebenfalls Faktoren dar, welche das Risiko von Versorgungsunterbrechungen erhöhen. Ein Ausfall einer einzelnen Leitung kann dann zu Problemen bei der Blindleistungsbilanzierung, und der damit im Zusammenhang stehenden Spannung, führen. Kurzfristig kann dies durch die Übererregung von Generatoren ausgeglichen werden. Danach versuchen Regeltransformatoren die Spannung wieder in das geforderte Spannungsband zu regeln. Dies führt zu erhöhten Belastungen der verbleibenden Leitungen und sofern es nicht gelingt geeignete Gegenmaßnahmen zu ergreifen, zu Ausfällen weiterer Leitungen (Kaskadeneffekt) [4]. In solch kritischen Netzsituationen kann es sinnvoll sein, die Spannungsregelung der Transformatoren zu sperren. Nach der Trennung vom ENTSO-E Netz kommt es zur Inselnetzbildung und entsprechend der herrschenden Leistungsbilanz stellt sich eine Frequenz ein. Ein für das Inselnetz extrem kritischer Punkt wird bei unterschreiten einer Frequenz von etwa 47,5 Hz erreicht. Bei dieser Frequenz werden thermische Kraftwerke, um die Dampfturbinen vor Schäden zu schützen, vom Netz genommen.

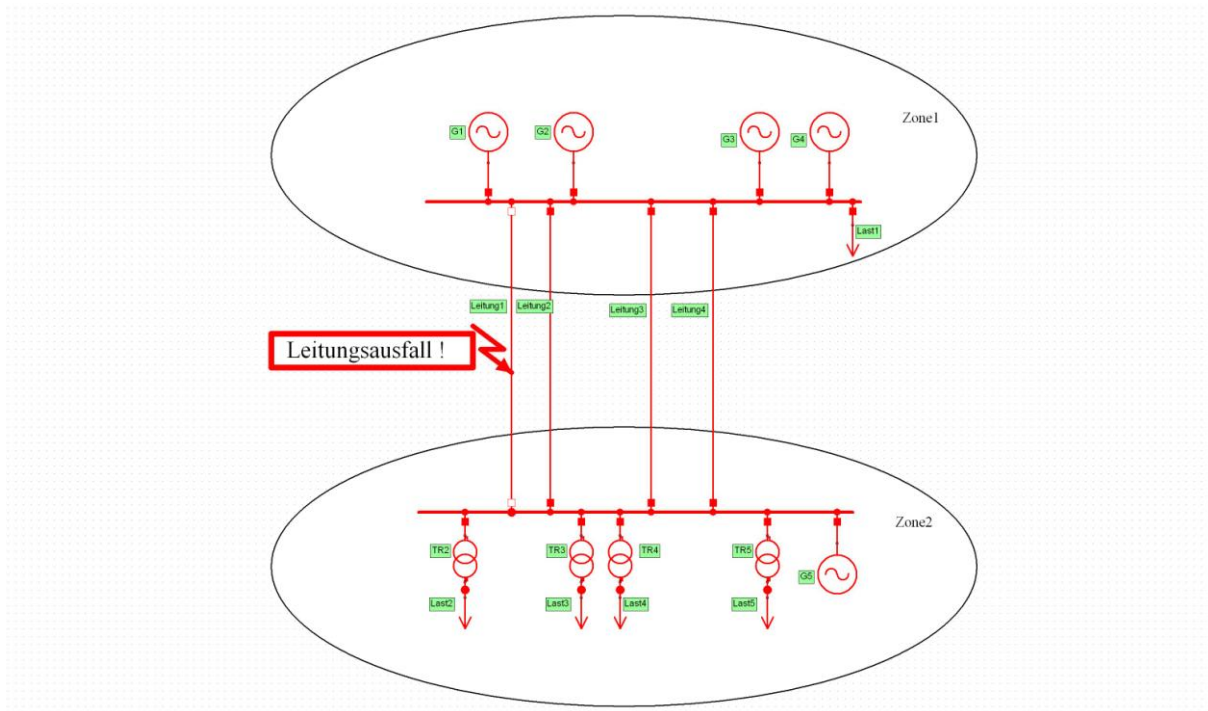


Abbildung 4 Vereinfachtes Schema, weiträumiger Stromimporte

Eine wichtige Frage die sich in diesem Zusammenhang stellt ist natürlich, welche Möglichkeiten besitzt der für den stabilen Betrieb verantwortliche Regelzonenführer? Kann er beispielsweise aktiv in den Kraftwerksbetrieb eingreifen oder im Pumpbetrieb befindliche Pumpspeicherkraftwerke stoppen. Kann er in kritischen Situationen bestimmte Kundengruppen vom Netz nehmen um das restliche Netz zu retten? Solche Maßnahmen stellen natürlich einen mehr oder weniger gravierenden Eingriff in den freien Strommarkt dar.

Als weitere Engpassmanagement Maßnahmen stehen der Einsatz von Phasenschiebertransformatoren, oder, im Fall kritischer Situationen aufgrund von zu hoher Stromtransite, das Einführen eines Sollbruchstellenkonzeptes zu Verfügung.

3 Auswirkungen

Das heutige öffentliche und private Leben ist, aufgrund des starken Grades an Automatisierung und Elektrifizierung verschiedenster Prozesse, enorm von der Verfügbarkeit elektrischer Energie abhängig. Dieser Trend wird sich vermutlich auch in Zukunft, aufgrund Substitution ineffizienter Prozesse durch effiziente, elektrische Technologien (z.B. Wärmepumpe, Elektromobilität), fortsetzen.

3.1 Abhängigkeit

Die Gesellschaft ist sehr stark von der Verfügbarkeit elektrischer Energie abhängig. Viele Tätigkeiten und Arbeiten des täglichen Lebens sind ohne Strom nicht durchführbar. Es existieren nur wenige Bereiche wie Krankenhäuser, Rechenzentren, besonders kritische Industrien usw. die über geeignete Notstromversorgungseinrichtungen verfügen.

Als Beispiele wie stark die Abhängigkeit, vom elektrischen Strom ist, werden kurz einige kritische Beispiele, die ohne Stromversorgung nicht möglich sind, angeführt.

- Aufzüge bleiben stecken. Dies stellt vor allem in Großstädten ein Problem dar, da zu befürchten ist, dass die Feuerwehren und Liftnotdienste, insbesondere bei längeren Unterbrechungsdauern, nicht genügend Kapazitäten besitzen, alle festsitzenden Personen gleichzeitig zu befreien.
- Moderne elektronisch geregelte Heizungen (Pellets, Gas, Öl...) funktionieren nicht. Umwälzpumpen welche den Heizkreislauf antreiben stehen ebenfalls still.
- Beeinträchtigung des Verkehrs, durch Ausfall von Ampel- Leitsystemanlagen
- Ausfall ans öffentliche Netz angewiesener Verkehrsmittel
- Ausfall der Kommunikations- und Unterhaltungssysteme wie (Computer und Internet, Fernsehen und Radio, ...)
- Industrieprozesse werden unterbrochen. Ausfall von Motoren und der Automatisierung
- Ausfall von Kühlsystemen, dies stellt insbesondere bei länger andauernden Unterbrechungen ein großes Problem dar

Wie in den obigen Beispielen angedeutet ist, kann sich kaum jemand den Folgen einer großflächigen Versorgungsunterbrechung entziehen.

Besonders stark betroffen, gemessen am relativen Bedarf, sind die Sektoren Sachgüterproduktion, Dienstleistungsbereich und private Haushalte. Der Bereich Sachgüterproduktion alleine, benötigt fast die Hälfte an elektrischer Endenergie.

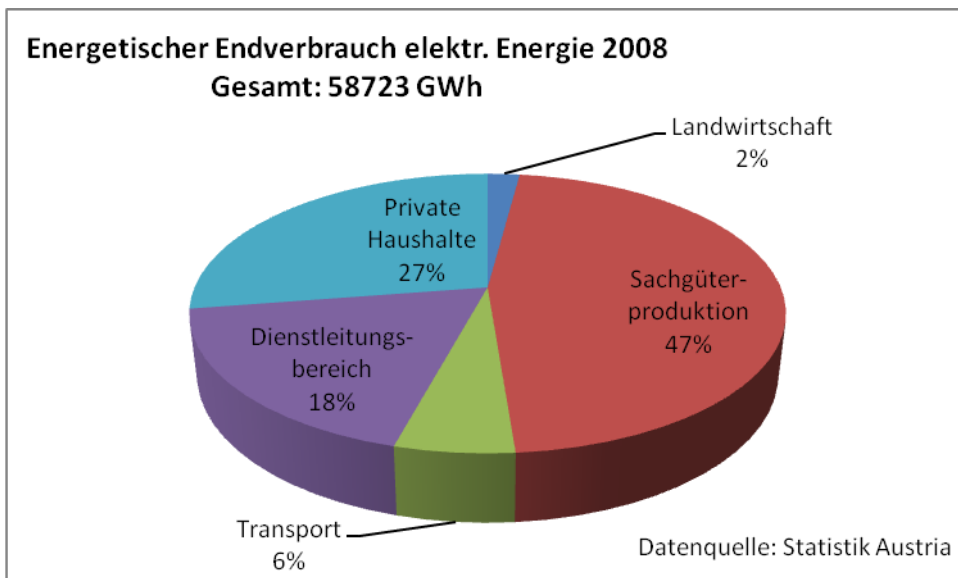


Abbildung 5 Aufteilung des Energetischen Endverbrauchs der elektr. Energie nach Sektoren [1]

Insbesondere im Bereich der Sachgüterproduktion existieren Prozesse bei denen bereits kurze Versorgungsunterbrechungen ausreichen um große Ausfallkosten zu verursachen. Solche sind zum Beispiel Walzwerke in der Stahlindustrie.

3.2 Wirtschaftliche Schäden

Durch Versorgungsunterbrechungen entstehen in allen Sektoren Schäden. Abhängig von Größe und Dauer können diese enorme Ausmaße annehmen. So hat beispielsweise im August 2003, ein großflächiges Blackout Ereignis in den USA und Kanada, 55 Millionen Kunden betroffen und einen Schaden von etwa 4,8 Milliarden € verursacht [4]. In Österreich wurde 2003 der Schaden den ein Blackout in der Regelzone der APG verursacht, mit 40 Mio € pro Stunde angegeben [5].

Ort	Datum	Störungsdauer	Ursache	Störungsart	Betroffene Kunden	Kosten
USA/Kanada	14.08.2003	16 h	Leitungsausfall	Voltage Collapse	55 Mio.	4,8 Mrd. €
Italien	28.09.2003	7 h	Leitungsausfall	Voltage Collapse	57 Mio.	0,5-1 Mrd. €

Tabelle 1 Beispiele großflächiger Versorgungsunterbrechungen [4]

Durch solch großflächige Ereignisse ergeben sich direkte wirtschaftliche Schäden wie,

- Produktionsausfälle
- Ausfälle von Dienstleistungen
- Eingeschränkte Freizeitgestaltung

Neben den direkten wirtschaftlichen Schäden, können aufgrund schlechter Versorgungssicherheit auch indirekte Schäden entstehen. Solch ein Schaden wäre zum Beispiel, wenn sich aufgrund der schlechten Versorgungsqualität ein Betrieb zu einem Standortwechsel entschließt.

4 Das Projekt BlackÖ.1

Im Projekt BlackÖ.1 werden gemeinsam mit den Projektpartnern die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Folgen einer großflächigen Versorgungsunterbrechung in Österreich analysiert. Unser (Inst. EAEW) Forschungsschwerpunkt bei diesem Projekt beschäftigt sich mit der Untersuchung möglicher Ursachen und Entwicklung technischer Risikomodelle.

4.1 Analyse möglicher Ursachen

Es werden spezifisch für die Ist- Situation in Österreich mögliche Ursachen eines Blackouts untersucht. Hierfür wird ein Modell des Österreichischen Übertragungsnetzes angefertigt. Mit Hilfe dieses Modells findet eine Analyse bezüglich der Anfälligkeit auf punktuelle Eingriffe statt.

Weiters werden noch eine Reihe andere Einflussfaktoren wie extreme Wetterlagen, weiträumiger Stromhandel und dergleichen, hinsichtlich ihres potentiellen Risikos und Auswirkungen auf das technische System untersucht.

4.2 Risikoanalyse

Ausgehend von der Analyse historischer Großstörungen werden technische Risikomodelle entworfen. Diese werden hinsichtlich ausgefallener Leistung und ausgefallener Energie bewertet. Wobei man die ausgefallene Leistung in Zusammenhang mit der Größe der Region bringen kann und die ausgefallene Energie auch die Dauer der Unterbrechung berücksichtigt.

Weiters wird eine Risikountersuchung in Form einer szenarienbasierten Modellierung durchgeführt. Es werden Blackoutszenarien ermittelt und deren mögliche Ursachen angegeben.

4.3 Wirtschaftliche Auswirkungen

Unter der Leitung unseres Projektpartners des Energieinstitutes an JKU Linz wird ein Betroffenheitsmodell für die verschiedenen Anwendungsbereiche der Elektrizität ermittelt und zu einem Schadenskostenmodell entwickelt.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Statistik Austria, „Bilanz der elektrischen Energie“
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energiebilanzen/022711.html Bearbeitungsstand (26.11.2009)
- [2] E-Control, Monitoring REPORT, „Die Versorgungssicherheit am österreichischen Strommarkt bis 2018“
- [3] EWEA, Pure Power, “Wind energy targets for 2020 and 2030”, Report by the European Wind Association – 2009 update
- [4] Brauner G., Heidl M., Popelka H., Erven H.; „Spannungsstabilität und Gefahren eines Voltage Collapse in Österreich“, e&i Heft 11 November 2004/121. Jahrgang
- [5] Brauner G., „Blackout –Ursachen und Kosten“, energy 4/03