



**Eine makroökonomische Bewertung zu
den Kosten eines Stromausfalls im
österreichischen Versorgungsnetz**

Markus Bliem

November 2005

IHSK DISCUSSION PAPER

02/2005

**Institut für Höhere Studien Kärnten (IHSK)
Institute for Advanced Studies Carinthia**

IHSK DISCUSSION PAPER

02/2005

Ein makroökonomischer Bewertungsansatz zu den Kosten eines Stromausfalls im österreichischen Versorgungsnetz

Markus Bliem

Institut für Höhere Studien Kärnten

Domgasse 3, 9020 Klagenfurt, Austria

info@carinthia.ihs.ac.at

Tel.: +43 463 592 150-18

Fax: +43 463 592 150-23

Abstract: Ziel des Beitrages ist es, auf Basis von Daten der amtlichen Statistik eine makroökonomische Bewertung der Versorgungssicherheit bzw. der Kosten eines einstündigen Stromausfalls für Österreich durchzuführen. Ausgangsbasis für die makroökonomische Bewertung ist die Berechnung des Werts einer nicht gelieferten kWh Strom (Value of Lost Load - VOLL). Dabei wird der Stromendverbrauch (kWh) in Verhältnis zur Wertschöpfung der einzelnen Wirtschaftssektoren gesetzt. Ergänzt wird diese Analyse um den ökonomischen ‚Wert von stromabhängigen Freizeitaktivitäten‘. Die Ergebnisse zeigen, dass der VOLL um ein Vielfaches höher als der Endverbraucherpreis von Elektrizität. Für Österreich beträgt der VOLL rd. € 8,6 pro kWh und er variiert stark zwischen den Wirtschaftssektoren, den Bundesländern und der betrachteten Tageszeit. Mit Hilfe von Daten zum Lastverlauf werden Schätzungen zu den Kosten eines Stromausfalls durchgeführt.

Keywords: Value of Lost Load (VOLL), Stromausfall, Energieversorgungssicherheit

JEL-Classification: Q40, Q41, D61, H4, L94, R10

1. Einleitung

Ein hohes Maß an Energieversorgungssicherheit ist die Basis für die Funktionsfähigkeit einer modernen Wirtschaft. Dabei lässt sich grundsätzlich zwischen der „Upstream“ und „Downstream“ Sicherheit unterscheiden. Der erstgenannte Begriff umfasst alle vorgelagerten Sicherheitsaspekte und bezieht sich auf Unterbrechungen im Angebot von Primärenergieträgern. Von besonderer Relevanz sind hierbei Sicherheitsrisiken und Versorgungsengpässe im Zusammenhang mit fossilen Energieträgern. Jüngstes Beispiel ist der Ausfall wichtiger Explorations- und Raffineriekapazitäten im August 2005 im Golf von Mexiko ausgelöst durch einen Hurrikan. Die damit verursachten Erölversorgungsengpässe in den Vereinigten Staaten hatten unmittelbar auch Konsequenzen für den weltweiten Erdölmarkt. Im Bereich der Elektrizitätsversorgung standen in den letzten Jahren nachgelagerte Sicherheitsaspekte im Zentrum des Interesses. Angefacht wurde die Diskussion über die Versorgungssicherheit durch große Stromausfälle mit erheblichen wirtschaftlichen Konsequenzen in den Vereinigten Staaten aber auch in Europa. Im Jahr 2003 kam es innerhalb von zwei Monaten gleich zu mehreren überregionalen Blackouts. Am 14. August 2003 kam es in sechs Staaten der USA sowie einem Bundesstaat Kanadas zu einem totalen Stromausfall. 50 Millionen Menschen und tausende Unternehmen mussten mehrere Tage ohne Strom auskommen (*U.S.-Canada Power System Outage Task Force, 2004*). Nur zwei Wochen später, am 28. August 2003, waren Regionen im Süden Londons für mehr als eine halbe Stunde ohne Stromversorgung. Einen Monat später, am 28. September 2003, kam es in den frühen Morgenstunden zu einem Stromausfall in ganz Italien und einigen Regionen der Schweiz (*Bundesamt für Energie, 2003*).

Vor allem die großen Blackouts in Nordamerika in den Jahren 1965 bzw. 1977 und die Energiekrise im Bundesstaat Kalifornien 2000-2001 sind genau dokumentiert und hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Auswirkungen untersucht worden. Auf Grundlage von Berechnungen der Folgeschäden des New York City Blackouts von 1977 wurden die gesamtwirtschaftlichen Kosten des Stromausfalls im August 2003 in Nordamerika auf \$ 7 bis \$ 10 Milliarden Dollar geschätzt (*ICF Consulting, 2003*). Die Kostenabschätzung basiert auf Annahmen zu den direkten als auch zu den indirekten Kosten (Sekundäreffekte der direkten Kosten)¹ des Stromausfalls. Die direkten Kosten wurden

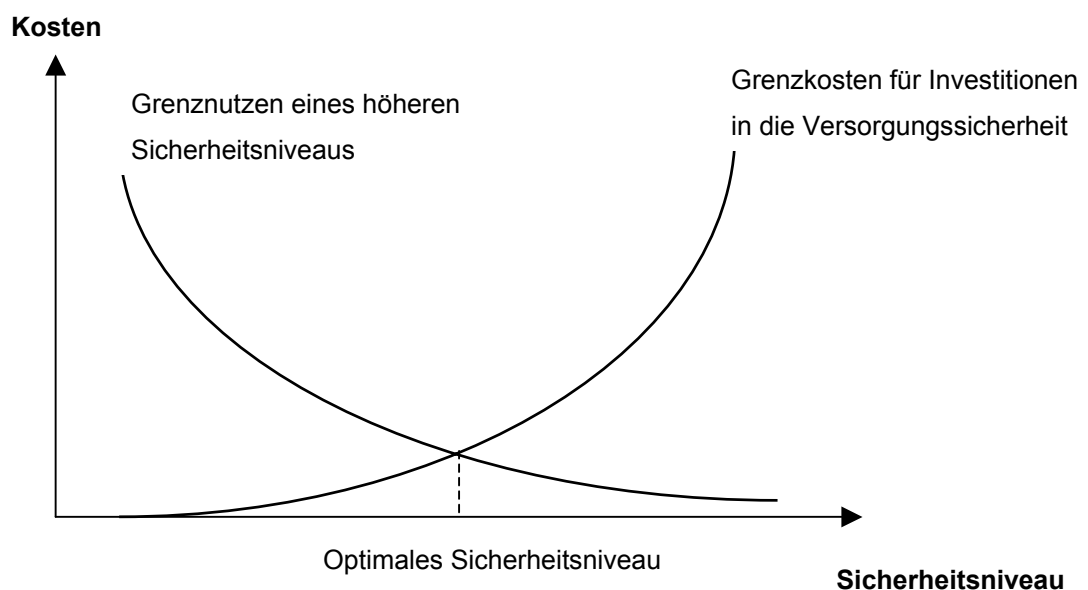
¹ Indirekte Kosten beinhalten sekundäre Effekte für Unternehmen die in ihrer Kontaktaufnahme zu anderen vom Stromausfall betroffenen Firmen beeinträchtigt sind, Kosten für die öffentliche Gesundheit und Plünderungen.

mit \$ 0,66 pro kWh und die indirekten Kosten mit \$ 3,45 pro kWh für die nicht gelieferte Leistung von 61.800 MW hochgerechnet. Die von ICF veröffentlichten Schätzungen werden von einer weiteren amerikanischen Untersuchung zu den in Kalifornien aufgetretenen Stromausfälle 2000-2001 untermauert. Die Anderson Economic Group (AEG) hat die Gesamtkosten der großen Blackouts in Kalifornien auf \$ 4,5 bis \$ 8,2 Milliarden geschätzt. Bei den Detailuntersuchungen geht AEG von einem Mittelwert von \$ 6,4 Milliarden Dollar aus. Diese setzen sich aus Einkommensverlusten von \$ 4,2 Milliarden, Zusatzkosten für die öffentliche Hand durch Notfallmaßnahmen von geschätzten \$ 15 bis \$ 100 Millionen Dollar, \$ 1 bis \$ 2 Milliarden Dollar an Kosten für die Energieversorgungsunternehmen und Schäden von \$ 380 bis \$ 940 Millionen durch verdorbene Güter zusammen (*Anderson/Geckil, 2003*).

2. Methodische Bewertungsansätze

So offensichtlich ein hohes Niveau an Versorgungssicherheit eine große wirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung hat, so schwierig ist es, der Versorgungssicherheit einen ökonomischen Wert zuzuweisen bzw. das ökonomisch optimale Niveau an Sicherheit festzusetzen. Ein Bewertungsproblem ergibt sich daraus, dass die Versorgungssicherheit keinen Marktpreis hat bzw. es keinen Markt gibt, an dem eine Versicherung für den Fall von Stromunterbrechungen gehandelt wird. Aus ökonomischer Sicht liegt ein Optimum an Versorgungssicherheit dann vor, wenn der Grenznutzen eines höheren Sicherheitsniveaus den Grenzkosten für Maßnahmen zur Hebung der Versorgungssicherheit entspricht. Das heißt, wenn die Zahlungsbereitschaft der Stromkonsumenten für ein höheres Sicherheitsniveau gleich deren Grenzkosten ist.

Abbildung 1: Optimum an Versorgungssicherheit



Der Endverbraucherpreis² für eine kWh Strom betrug in Österreich im Oktober 2005 zwischen 13,05 und 15,63 Cent³. Der ökonomische Wert einer nicht gelieferten kWh Strom ist jedoch grundsätzlich um ein Vielfaches höher einzuschätzen und steht in keinem direkten Bezug zum Endverbraucherpreis. In der Literatur wird dafür der Begriff Value of Lost Load (VOLL) verwendet. Der VOLL entspricht der Höhe der Kosten von Versorgungsausfällen durch Versorgungsunterbrechungen aggregiert für alle Kunden eines betrachteten Versorgungsgebietes. Im Optimum entspricht der VOLL den Grenzkosten für Maßnahmen zur Hebung der Energiesicherheit. Der Wert einer kWh Strom für den Endkunden hängt jedoch von einer Vielzahl von Variablen (Tageszeit, Unterbrechungsdauer, Vorhersehbarkeit etc.) ab und variiert stark zwischen den einzelnen Konsumenten. Eine weitere Unterscheidung kann auch zwischen direkten Kosten (Produktionsunterbrechungen, Schäden an Einrichtungen, Verlust an Freizeit etc.) und indirekten Kosten (Kosten für öffentliche Gesundheit, Kriminalität etc.) gemacht werden (*Wacker/Billinton, 1989*).

Grundsätzlich stehen mehrere Bewertungsmethoden für die Berechnung des VOLL zur Verfügung, wobei jede Methode ihre spezifischen Vor- und Nachteile hat. Neben den Blackout-Fallstudien können Konsumentenbefragungen („Preparatory Action Methode“, Zahlungsbereitschaftsanalysen) oder auch makroökonomische Analysen (ausgehend vom Verhältnis von Stromendverbrauch und Bruttowertschöpfung bzw. Output) zur Bewertung herangezogen werden. Insbesondere in Nordamerika wurden in den letzten Jahren Untersuchungen zu den Kosten eines Stromausfalls gemacht und Abschätzungen für verschiedene Wirtschaftssektoren vorgenommen. Die veröffentlichten Ergebnisse weisen eine relativ große Bandbreite auf (*Eto, 2001*). Dies ist insofern nicht verwunderlich, da einerseits unterschiedliche Kostenkategorien, Konsumentengruppen (Privathaushalte, Industrie oder Gewerbekunden) und Regionen Untersuchungsgegenstand sind und andererseits völlig unterschiedliche Bewertungsmethoden Anwendung fanden.

- **Blackout-Fallstudien** haben den Vorteil, dass die Kosten und Konsequenzen eines tatsächlich stattgefundenen und nicht eines hypothetischen Stromausfalls untersucht werden. Untersuchungsgegenstand sind in der Regel große Agglomerationsräume (1977 New York City Blackout) und die Fallstudien liefern eine relativ detaillierte Schätzung der direkten Kosten (*Corwin/Miles, 1978*).

² Inklusiv aller gesetzlicher Steuern, Abgaben sowie Zuschläge.

³ Als Datenquelle wurde der Tarifkalkulator der E-Control GmbH herangezogen.

Nachteil dieses Fallstudienansatzes ist die fehlende Übertragbarkeit der Kostenschätzung auf andere Regionen bzw. Stromausfälle sowie eine unzureichende Berücksichtigung von indirekten Kosten.

- Eine Bewertung der Blackout-Kosten auf der Ebene von einzelnen Konsumenten kann mit Hilfe von **Befragungen** erreicht werden (vgl. *Balducci et al. 2002; Kariuki/Allan, 1996*). Die Zahlungsbereitschaftsanalyse (kontingenter Bewertungsansatz) ist das wichtigste direkte Bewertungsinstrument; diese Methode hat in den letzten Jahrzehnten ein breites Anwendungsfeld insbesondere in der Umweltbewertung gefunden (*Pruckner, 1995*). In der einfachsten Form, der direkten Befragung, werden Konsumenten nach ihrer Zahlungsbereitschaft (willingness to pay⁴) oder ihrer Kompensationsforderung (willingness to accept⁵) für eine veränderte Versorgungssicherheit befragt. Als Befragungstechnik ist grundsätzlich die Verwendung von iterativen Verfahren (bidding games) oder von Bewertungskarten (payment cards) üblich. Da in der Praxis die Kosten von Stromausfällen für private Konsumenten nur schwer monetär quantifizierbar sind und die Auswirkungen auch immateriellen Charakter besitzen, haben sich geschlossene Frageformulierungen (Preparatory Action Methode, Kontingente Ranking Methode) als zweckmäßiger erwiesen. Hinsichtlich der Zuverlässigkeit der ermittelten Wertschätzungen werden aber immer wieder zahlreiche Kritikpunkte vorgebracht. Der wohl wichtigste Kritikpunkt betrifft die hypothetische Fragestellung, da lediglich hypothetische Konsumentenrenten von Individuen ermittelt und auf diese Weise auch die Präferenzen für die Versorgungssicherheit abgeschätzt werden können. Weitere Kritikpunkte betreffen ein mögliches strategisches Verhalten der Respondenten, das Auftreten von sog. ‚embedding-Effekten‘ sowie fragebogenspezifische Verzerrungen (z.B. Startpunkt-Bias, Verfahrens-Bias sowie Verzerrungen aufgrund mangelhafter Informationen).
- **Makroökonomische Ansätze** bedienen sich zur Schätzung von Stromausfallkosten vorliegendem statistischen Datenmaterial. Im Grunde wird das Verhältnis von Stromendverbrauch (kWh) zur Wirtschaftsleistung (z.B.

⁴ Willingness to Pay (WTP): Fragt nach der Bereitschaft, einen Aufschlag zu zahlen, damit das Niveau der Versorgungssicherheit angehoben wird.

⁵ Willingness to Accept (WTA): Fragt nach dem notwendigen Strompreinsnachlass, damit eine sinkende Versorgungssicherheit akzeptiert wird.

Bruttowertschöpfung, Produktionsoutput) für Gewerbe- und Industriekunden bzw. der Verlust von Freizeit für Haushalte als Maßzahl herangezogen. Auf Basis dieses Ansatzes wurde kürzlich für die Niederlande eine Untersuchung durchgeführt (*de Nooij et al., 2005*). Der Hauptvorteil der Methode liegt in der Verfügbarkeit statistischer Daten und dem entsprechend relativ geringen Erhebungsaufwand. Der prinzipielle Nachteil ist, dass einige direkte Kosten, wie beispielsweise Anlaufzeiten im Produktionsbetrieb oder indirekte Folgekosten, nur unzureichend berücksichtigt werden können. Ebenso können keine sog. „non-use values“ in die Schätzung einbezogen werden. Trotz dieser Beschränkungen eignet sich eine makroökonomische Betrachtung dafür, mit relativ geringen Erhebungskosten eine grobe Untergrenze für Blackout-Kosten festzulegen. Im Folgenden soll auf Basis dieses Ansatzes eine Bewertung der Stromausfallkosten für Österreich durchgeführt werden.

3. Bewertung der Freizeit

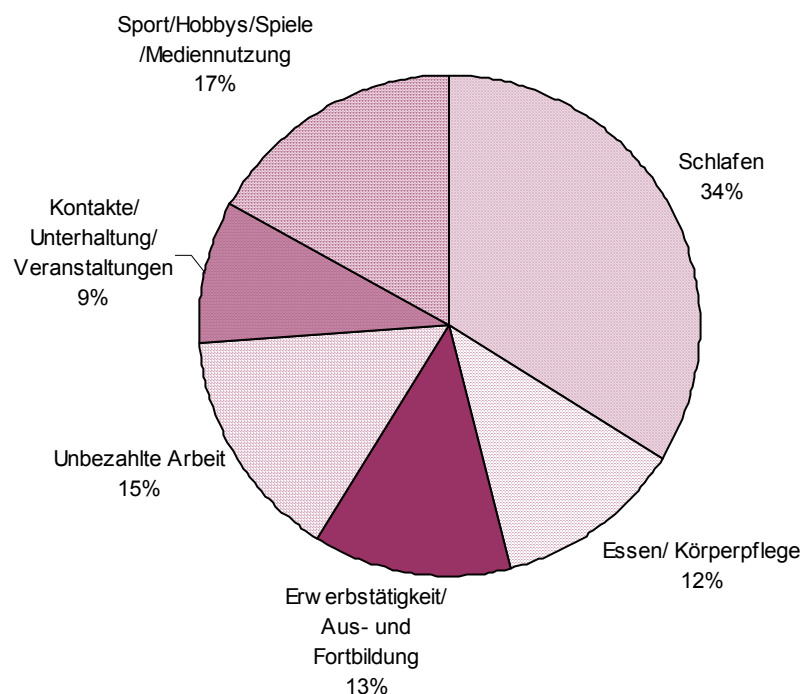
Stromausfälle können im Bereich der Wirtschaft zu Unterbrechungen im Arbeits- und Produktionsprozess führen und somit Kosten verursachen. Als direkte Konsequenz können Arbeiten nicht fortgesetzt werden, unterbrochene Arbeits- und Produktionsprozesse führen zu direkten Wertschöpfungsverlusten für ein Unternehmen. Zudem können Blackouts zu Schäden mit langfristiger Wirkung führen. Beispielsweise kann es zum Verlust von Daten durch Computerabstürze kommen oder chemische und thermische Prozesse können irreversibel verändert werden. Um die entstandenen Schäden zu beseitigen und Produktionsausfälle zu kompensieren müssen zusätzliche Arbeitsstunden geleistet werden, was höhere Personalkosten verursacht. Im Gegensatz dazu machen im Haushaltsbereich materielle Schäden (Schäden an gekühlten Waren, Verlust von Daten am Computer etc) nur einen geringen Teil der Gesamtkosten aus. Vielmehr entstehen immaterielle Kosten beispielsweise durch den Verlust von Freizeit (-aktivitäten). Viele Haushaltstätigkeiten und Freizeitaktivitäten sind unmittelbar mit der Nutzung von Elektrizität verbunden. Während eines Stromausfalles können diese Aktivitäten nicht wahrgenommen werden. Die Nutzung von Medien (Fernsehen, Internet, Radio etc.) oder die Verwendung von Haushaltsgeräten ist ohne Elektrizität nicht möglich.

Einen Überblick über die wichtigsten Freizeitaktivitäten bzw. über die generelle Verteilung des täglichen Zeitbudgets bietet die Zeitverwendungserhebung, wie zuletzt 1992 für Österreich von der Statistik Austria⁶ durchgeführt. Aufgrund einer geänderten

⁶ ÖSTAT 1995: Zeitverwendung 1992/1981. Ergebnisse des Mikrozensus März/September 1992 und September 1981. Beiträge zur Österreichischen Statistik Heft 1.171.

Arbeitswelt und eines sich ständig ändernden Freizeitverhaltens sind diese Daten jedoch nur bedingt für die heutige Situation aussagekräftig. Im Jahr 1992 wurde die Zeitverwendungserhebung in Österreich und in Deutschland auf Basis einheitlicher Standards durchgeführt. Ein Vergleich der Ergebnisse hat gezeigt, dass sich das „Zeitbudget“ vergleichbarer sozioökonomischer Gruppen in beiden Ländern nur geringfügig unterscheidet. Aus diesem Grund wird für die Berechnung auf Daten des Statistischen Bundesamtes in Deutschland zurückgegriffen, welches zuletzt im Jahr 2001/2002 bei rund 5.400 Haushalten mit über 12.000 Personen eine Erhebung durchgeführt hat.⁷

Abbildung 2: Zeitverwendung von Personen ab 10 Jahren (2001/2002)



Quelle: Statistisches Bundesamt Deutschland

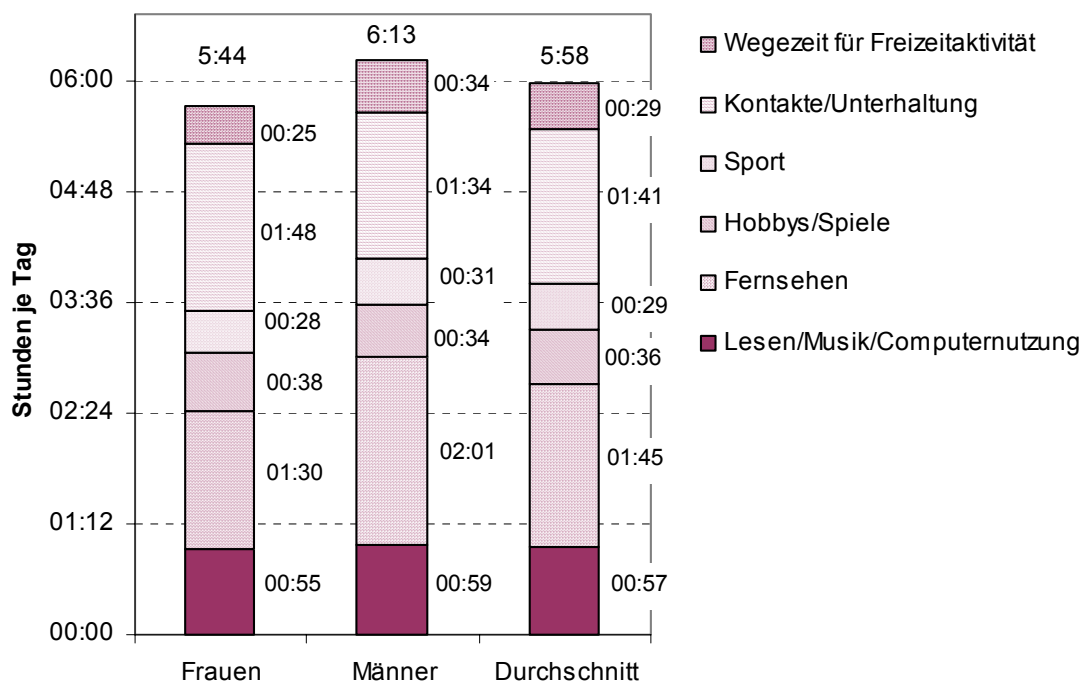
Im Laufe eines 24 Stunden Tages verwenden Personen im Durchschnitt rd. 8,2 Stunden zum Schlafen (Abbildung 2). Etwa ein Viertel der Tageszeit entfällt auf Freizeitaktivitäten im weiteren Sinne (rd. 4,1 Stunden Freizeitbeschäftigung, d.h. Sport, Hobbies, Spiele, Mediennutzung sowie 2,2 Stunden für Kontakte/Unterhaltung/Veranstaltungen). Weitere 2,9 Tagstunden werden für Grundbedürfnisse wie Essen oder Körperpflege aufgewendet. Die restliche Zeit widmet sich jede Person der Arbeit: für die Erwerbstätigkeit werden im Durchschnitt 3,1

⁷ Es muss darauf hingewiesen werden, dass es in Deutschland durch die Wiedervereinigung zu einem Strukturbruch gekommen ist. In dem für uns relevanten Freizeit- und Haushaltsbereich wird der „Wiedervereinigungseinfluss“ als gering eingeschätzt.

Stunden aufgewendet und somit um eine halbe Stunde weniger als für unbezahlte Arbeit im Haushalt oder für die Familie (3,6 Stunden).⁸

Unterteilt man die Freizeitaktivitäten in weitere Teilbereiche, so zeigt, sich dass die Mediennutzung und dabei wiederum das Fernsehen mit knapp zwei Stunden täglich die wichtigste Freizeitbeschäftigung darstellt. Soziale Kontakte (Gespräche und Telefonate) nehmen mit gut einer Stunde täglich bei Frauen mehr Zeit in Anspruch als bei Männern. Sport sowie Hobbys und Spiele haben mit einer Stunde täglich nur eine untergeordnete Rolle im Freizeitverhalten der Menschen (Abbildung 3). Hochgerechnet auf eine Woche werden somit durchschnittlich ca. 22 Std. für die Erwerbstätigkeit verwendet. Etwa 57,4 Wochenstunde werden ‚verschlafen‘ und die verbleibenden 89,6 Stunden pro Wochen werden für Freizeitaktivitäten, Grundbedürfnisse und sonstige Tätigkeiten verwendet.

Abbildung 3: Freizeitaktivitäten von Männern und Frauen



Quelle: Statistisches Bundesamt Deutschland

Wesentlich für die Beurteilung der Konsequenzen eines Blackouts für Haushalte ist die Abhängigkeit der verschiedenen Formen der Zeitnutzung von der Elektrizitätsversorgung. Oder anders ausgedrückt, welche Möglichkeit hat ein Haushalt, stromabhängige durch stromunabhängige Aktivitäten zu substituieren. Die

⁸ Der relativ geringe Zeitaufwand für Erwerbstätigkeit ergibt sich als Durchschnitt von (voll)erwerbstätigen und nicht erwerbstätigen Haushaltsmitgliedern.

tägliche Erholungsphase (Schafen) wird von einem Stromausfall nicht negativ betroffen sein und kann vernachlässigt werden. Sowohl die unbezahlte Arbeit als auch Essen und Körperpflege sind zumindest teilweise von Strom abhängig. Erhebungen zeigen, dass auch die meisten Freizeittätigkeiten von Elektrizität abhängig sind.

Eine Reihung der Freizeitaktivitäten im weiteren Sinne zeigt, dass Fernsehen und Videos vor sozialen Kontakten und Lesen gereiht sind (Abbildung 7). Das Fernsehen und die Nutzung elektrischer Geräte ist von Strom abhängig. Aber auch soziale Kontakte sind, wenn diese unter Verwendung von modernen Kommunikationsmitteln (Telefone, Mobiltelefone, Fax, Internet etc.) ausgeübt werden, stromabhängig. Ebenso das Lesen, wenn es nach Einbruch der Dämmerung in den Abendstunden ausgeübt wird. In einigen Studien wird auch darauf hingewiesen, dass in der Realität Stromausfälle zufällig und unvorhersehbar geschehen und die Kosten einer verlorenen Stunde Freizeit weit über deren Grenzkosten liegen können. Als Beispiel könnte ein Stromausfall in weiten Teilen Tirols während der Übertragung der Weltcupabfahrt in Kitzbühl genannt werden.

Das heißt, jene Aktivitäten die am meisten Zeit in Anspruch nehmen, sind zugleich auch, zumindest partiell vom Stromkonsum abhängig. Aus diesem Grund erscheint es realistisch anzunehmen, dass ein Stromausfall die Freizeitaktivitäten zumindest teilweise einschränken wird. In den folgenden Berechnungen wird deshalb mit einer Substitutionsmöglichkeit von Freizeitaktivitäten von 50 Prozent gerechnet. Diese Annahme bedeutet, dass im Falle eines Stromausfalles die Hälfte der Freizeitaktivitäten, die auf Stromverbrauch angewiesen sind, durch Aktivitäten, für die keine Elektrizität benötigt wird, ersetzt werden können.

4. Wert der Freizeit

In der Arbeitsmarktökonomie wird in den einfachen statischen Modellen das Entscheidungsproblem eines Individuums, wie viel Arbeit angeboten werden soll, mit Hilfe eines Vergleichs von Lohnsätzen, dem Marktlohn und dem sog. Reservationslohn beurteilt (Becker, 1965). Für jeden Menschen stehen 24 Stunden pro Tag zur Verfügung. Diese zur Verfügung stehende Zeit wird nutzenmaximal auf alternative Aktivitäten verteilt. Es besteht die Wahl, seine Arbeitszeit auf dem Arbeitsmarkt zu verkaufen bzw. seine Zeit für ‚Nicht-Arbeitszeit‘ zu verwenden. Sowohl der ‚Nicht-Arbeitszeit‘⁹ als auch der Arbeitszeit wird ein Wert zugemessen. Der Wert der Arbeit ist der Lohn pro geleistete Arbeitsstunde. Der Wert der Nicht-Arbeitszeit, also beispielsweise der Freizeit, ist der Nutzen, den ein Individuum aus der Freizeit erhält.

⁹ Unter Nicht-Arbeitszeit werden alle Aktivitäten, die nicht zur Erwerbstätigkeit gezählt werden, subsummiert.

Dieser Nutzen lässt sich zwar nicht direkt messen, entspricht jedoch im Optimum den Opportunitätskosten der Arbeit. Oder anders ausgedrückt, die Kosten einer Stunde Freizeit entsprechen dem Einkommen, das man in einer zusätzlichen Stunde Erwerbstätigkeit verdienen könnte. Die Opportunitätskosten einer Stunde Freizeit sind somit dem Reallohn gleichzusetzen.

Laut Arbeitskostenerhebung¹⁰ betragen die Arbeitskosten pro geleisteter Stunde in Österreich € 23,6. Davon entfallen 72,9 % auf Bruttolöhne und -gehälter, 23,9 % auf Sozialbeiträge der Arbeitgeber und 4,2 % auf sonstige Steuern und Aufwendungen. Daraus folgt ein durchschnittlicher Bruttolohn von € 17,01 pro geleistete Stunde. Der Statistik der Lohnsteuer¹¹ ist zu entnehmen, dass die durchschnittliche Abgabenquote im Jahr 2000 (Lohnsteuer, Sozialversicherung) in Österreich bei 27,1 % lag. Somit lässt sich ein Nettolohn je geleisteter Arbeitsstunde von € 12,6 ermitteln.¹²

Ausgehend von einem derzeitigen Bevölkerungsstand von rd. 8,174 Mio. Einwohner, einem durchschnittlich verfügbaren Zeitbudget von 89,6 Stunden pro Woche für Nicht-Arbeitszeit (exkl. Schlafen) sowie einem durchschnittlichen Reallohn von € 12,6 pro Stunde kann der Wert der Nicht-Arbeitszeit in Österreich in einem Jahr mit rd. € 480 Mrd. abgeschätzt werden. Bei einer angenommenen Substituierbarkeit der stromabhängigen durch nicht stromabhängige Aktivitäten von 50 % reduziert sich, im Falle eines Blackouts, das Schadenspotential im Haushaltsbereich auf € 240 Mrd. pro Jahr.

5. Energetischer Endverbrauch

Die Energiebilanz der Statistik Austria macht deutlich, dass es innerhalb der einzelnen Wirtschaftssektoren große Unterschiede im energetischen Endverbrauch gibt (Tabelle 1). Der energetische Endverbrauch umfasst gemäß Energiebilanz jene Energiemenge, die dem Verbraucher für die Umsetzung in Nutzenergie zur Verfügung gestellt wird (Raumheizung, Beleuchtung und Datenverarbeitung, Mechanische Arbeit usw.).¹³

¹⁰ Statistik Austria, Arbeitskostenerhebung 2000.

¹¹ Statistik Austria, Statistik der Lohnsteuer 2003.

¹² Die Berechnungen beziehen sich auf das Jahr 2000.

¹³ Nicht im energetischen Endverbrauch enthalten ist der Verbrauch des Sektors Energie, also beispielsweise der Eigenverbrauch der Kraftwerke sowie die Netzverluste.

Tabelle 1: Sektorale Energetischer Endverbrauch an Elektrizität in MWh (im Jahr 2002)

A	Eisen- und Stahlerzeugung	2.910.978
B	Chemie und Petrochemie	3.347.143
C	Nicht Eisen Metalle	667.995
D	Steine und Erden, Glas	1.626.330
E	Fahrzeugbau	748.443
F	Maschinenbau	2.232.211
G	Bergbau	647.899
H	Nahrungs- und Genussmittel, Tabak	1.332.122
I	Papier und Druck	4.777.421
J	Holzverarbeitung	936.806
K	Bau	345.316
L	Textil und Leder	638.929
M	Sonst. Produzierender Bereich	1.101.964
N	Eisenbahn	1.989.056
O	Sonstiger Landverkehr	1.129.059
P	Transport in Rohrfernleitungen	171.260
Q	Binnenschifffahrt	0
R	Flugverkehr	0
S	Öffentliche und private Dienstleistungen	13.212.050
T	Private Haushalte	15.032.000
U	Landwirtschaft	1.218.339
A-M	Produzierender Bereich	21.313.558
N-R	Verkehr	3.289.376
S-U	Sonstige	29.462.388
	Summe	54.065.322

Quelle: Statistik Austria

Dabei gibt es keine Unterscheidung, ob die Energie aus dem öffentlichen Netz oder aus Eigenerzeugung stammt. Von einem Blackout können jedoch nur jene Stromkonsumenten betroffen sein, die am öffentlichen Stromnetz hängen und von dort ihre Energie beziehen. Für eine Analyse der Versorgungssicherheit im Elektrizitätsbereich wären deshalb Daten zur Netzabgabe (öffentliches Netz) zu bevorzugen. Solche werden aus Datenschutzgründen jedoch lediglich in aggregierter Form veröffentlicht, womit eine sektorale und regionale Unterteilung nicht möglich ist.¹⁴ Deshalb wird bei der weiteren Analyse auf den energetischen Endverbrauch zurückgegriffen.

Im Jahr 2002 wurden in Österreich insgesamt rd. 54 Mio. MWh elektrische Energie verbraucht. Auf die Sachgüterproduktion entfielen davon 39,4 %. Die größten Stromverbraucher sind die Papierindustrie, die Chemie und Petrochemie sowie die Eisen- und Stahlerzeugung. Lediglich 6 % des Stroms wird im Verkehrsbereich und

¹⁴ Laut Daten des österreichischen Stromregulators E-Control wurden 48.355 GWh im Jahr 2002 aus dem öffentlichen Netz abgegeben. Die Differenz zwischen energetischem Endverbrauch und öffentlichem Netz ist somit jene Energiemenge, welche von der Industrie bzw. den Haushalten selbst erzeugt und verbraucht wird.

hier vorwiegend durch die Eisenbahn verbraucht. Die Haushalte gehören mit einem Jahresendverbrauch von 15 Mio. MWh, nach den produzierenden Sektoren zu den größten Stromverbrauchern.

6. Makroökonomische Abschätzung des Value of lost load (VOLL) für Österreich

Ein Vergleich des elektrischen Energieverbrauchs mit der sektoralen Wertschöpfung zeigt, dass beispielsweise der Bereich Bergbau (Steine und Erden, Glas sowie Bergbau) 4,2 % der Elektrizität verbraucht, jedoch einen Anteil an der Bruttowertschöpfung¹⁵ von lediglich 0,21 % hat. Die Sachgütererzeugung verbraucht rd. 34,5 % der Elektrizität bei einem Gesamtwertschöpfungsanteil von ca. 9 %.

Tabelle 2: Bruttowertschöpfung und energetischer Endverbrauch an Elektrizität (in 2002)

	Endverbrauch (MWh)	% am gesamten Endverbrauch	Wert (BWS in Mio. €) ^A	% an Gesamt-BWS	VOLL (€/kWh)
Landwirtschaft	1.218.339	2,25%	4040	0,92%	3,3
Bergbau	2.274.229	4,21%	913	0,21%	0,4
Sachgütererzeugung	18.694.012	34,58%	39.644	9,08%	2,1
Bauwesen	345.316	0,64%	14.653	3,35%	42,4
Dienstleistungen	13.212.050	24,44%	123.151	28,19%	9,3
Verkehr und Nachrichtenübertragung	3.289.376	6,08%	14.503	3,32%	4,4
Summe (excl. Haushalte)	39.033.322	72,20%	196.904	45,08%	5,0
Private Haushalte	15.032.000	27,80%	239.931	54,92%	16,0
Summe (inkl. Haushalte)	54.065.322	100,00%	436.835	100,00%	8,1

^A Für Haushalte entspricht die BWS dem Wert der stromabhängigen Freizeitnutzung

Quelle: Statistik Austria, eigene Berechnungen

Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, lässt sich der durchschnittliche ‚Value of Lost Load‘ für Österreich mit 8,1 €/kWh abschätzen. Auffallend ist, dass der VOLL im Bereich Bauwesen (42,4 €/kWh) am höchsten ist und auch im Dienstleistungsbereich (9,3 €/kWh) über dem Durchschnitt liegt. D.h. Sektoren mit einer relativ zur Wertschöpfung niedrigen Stromintensität haben einen höheren VOLL. Im Bereich der privaten Haushalte ist der VOLL mit 16 €/kWh, bedingt durch den Verlust von stromabhängigen Freizeitaktivitäten (€ 239 Mrd. im Jahr)¹⁶, ebenfalls auf einem hohen Niveau¹⁷.

¹⁵ Statistik Austria, ISIS-Datenbank, Bruttowertschöpfung und zu Herstellpreisen; nominell in Mio. Euro.

¹⁶ $8.174.000 \cdot 12,6 \cdot 89,6 \cdot 52 \cdot 0,5 = 239.931$ Mrd. (8,174 Mio. Einwohner bei einem Reallohn von 12,6 und einer wöchentlichen Freizeit von 89,6 Std. bzw. 4659 Std. im Jahr und einer Substitutionsrate von 0,5).

¹⁷ Im Bereich der privaten Haushalte wurden keine materiellen Schäden (Schäden an gekühlten Waren, Verlust von Daten am Computer etc) berücksichtigt.

Da sich die österreichischen Bundesländer hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Struktur deutlich unterscheiden, lässt sich für den VOLL ein bundeslandspezifischer Wert errechnen (Anhang Tabelle 4). Abbildung 4 zeigt die Unterschiede des VOLL im Vergleich der einzelnen Bundesländer.

Abbildung 4: VOLL auf Bundesländerebene (ohne tageszeitliche Unterteilung)



Quelle: eigene Berechnungen

Nicht überraschend ist, dass der VOLL für die Stadt Wien mit 13,5 €/kWh weit über dem Durchschnittswert der Bundesländer liegt. Der Grund hierfür ist die relativ hohe Wirtschaftskraft der Bundeshauptstadt und ein sehr hoher Dienstleistungsanteil. Die Stromintensität des Dienstleistungssektors liegt wesentlich unter dem anderer Sektoren, was einen höheren relativen Wertschöpfungsausfall im Fall eines Blackout bedeutet. Auch das Burgenland liegt mit einem VOLL von 9,9 €/kWh im Spitzenfeld, wobei die Begründung hier anders aussieht. Der Verbrauch an elektrischer Energie beträgt im Burgenland 1,293 Mio. MWh im Jahr bzw. 2,4 % des österreichischen Gesamtverbrauchs (Anhang Tabelle 5). Der Energieverbrauch entspricht somit fast genau dem Anteil der BWS des Burgenlandes von rd. 2,3 %. Dagegen liegt der Bevölkerungsanteil des Burgenlandes mit 3,4 % (2004: 277.586 Einwohnern) deutlich höher. Da in die Berechnung des VOLL auch der Wert der Freizeitaktivitäten eingerechnet wird und mit 16 €/kWh bundesweit einheitlich angenommen wird, treibt dies den VOLL für

das Burgenland insgesamt nach oben. Zudem verfügt das Burgenland, im Gegensatz zu Oberösterreich oder der Steiermark, über wenig stromintensive Industriezweige.

In den bisherigen Analysen wurde lediglich eine Berechnung der regionalen Unterscheide des ‚Value of lost load‘ durchgeführt. Da sich die wirtschaftlichen Aktivitäten hinsichtlich ihrer zeitlichen Ausprägung unterscheiden, hängt der VOLL auch vom betrachteten Zeitpunkt eines Blackout ab. Bestimmte Branchen sind nahezu ausschließlich am Tag tätig, andere wiederum im 24-Stunden-Rhythmus. Insbesondere im produzierenden Bereich laufen vollautomatisch gesteuerte Fertigungseinheiten, abgesehen von notwendigen Revisionsarbeiten, vielfach 365 Tage im Jahr und 24 Stunden am Tag durch. Auch in vielen Dienstleistungsbereichen ist Nachtarbeit eine Selbstverständlichkeit, auch wenn der größte Teil der Dienstleistungen an Wochentagen zwischen 8 und 20 Uhr erbracht wird. Im Gegensatz dazu wird ein Großteil der Freizeit in den frühen Abendstunden sowie an den Wochenenden konsumiert, also dann, wenn die meisten Erwerbspersonen nicht berufstätig sind. Die praktische Berechnung eines zeitabhängigen VOLL wäre aus Gründen der Datenverfügbarkeit¹⁸ nur mit einer Reihe eher willkürlichen Annahmen möglich, womit die Aussagekraft der ermittelten Werte stark beeinträchtigt wäre. Aus diesem Grund wird auf die Ermittlung eines Tages- und Wochenzeit abhängigen VOLL verzichtet.

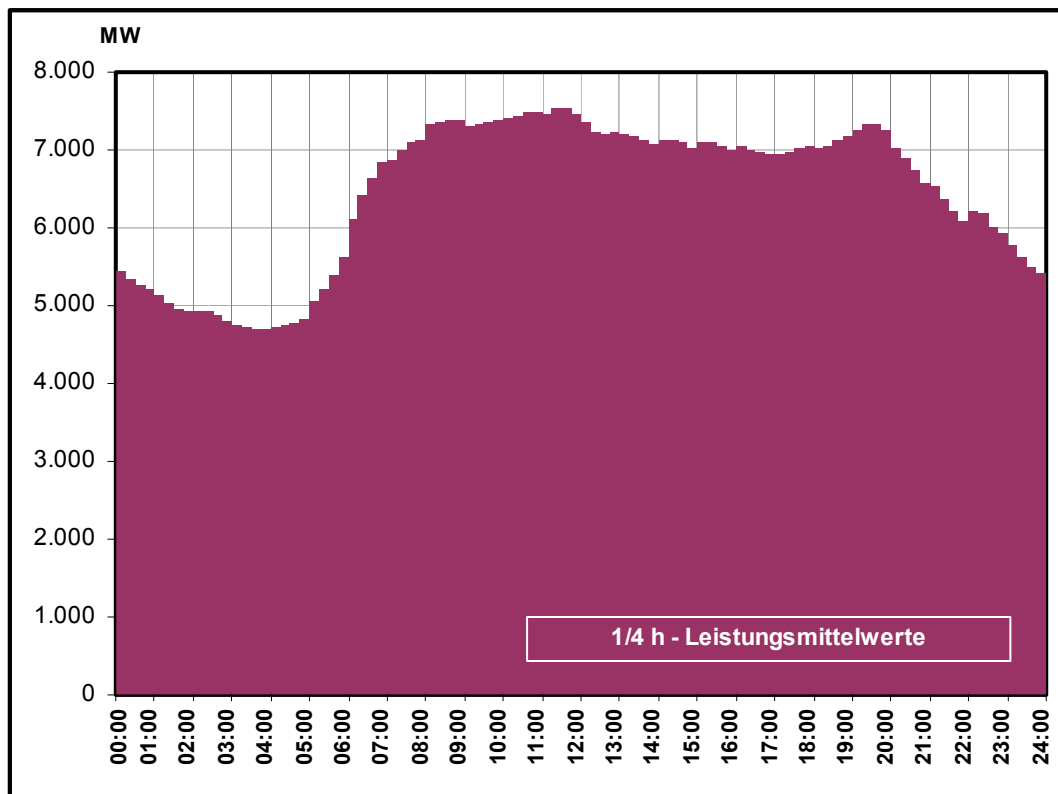
7. Kosten eines einstündigen Stromausfalls

Der ‚Value of lost load‘ gibt den Wert einer nicht gelieferten kWh Strom an. Somit lassen sich mit Hilfe des VOLL und von Daten zum Lastverlauf Schätzungen der Kosten eines Stromausfalls durchführen. Grundsätzlich unterliegt der Stromverbrauch typischen tageszeitlichen und jahreszeitlichen Schwankungen. Die Verbrauchsspitzen werden in den Morgen- und Abendstunden erreicht und der Stromverbrauch liegt im Winter deutlich über dem Niveau des Sommers. Der typische Lastverlauf eines Wochentages kann Abbildung 5 entnommen werden.

Die Lastdaten für das öffentliche Netz werden auf viertelstündlicher Basis vom österreichischen Stromregulator E-Control GmbH veröffentlicht. Auf Grundlage dieser Daten wird für die Berechnung der Stromausfallkosten pro Stunde eine Differenzierung nach Wochentag und Sonntag möglich.

¹⁸ Insbesondere müsste eine Aufteilung der Wertschöpfung nach der Tageszeit und nach den einzelnen Sektoren verfügbar sein.

Abbildung 5: Belastungsablauf (1/4 h - Leistungsmittelwerte), Abgabe an Endverbraucher ohne Verbrauch für Pumpspeicherung, Mittwoch 21. September 2005



Quelle: E-Control GmbH

Sowohl für jeden dritten Mittwoch als auch für jeden dritten Sonntag der Monate des Jahres 2004 wurde der durchschnittliche Lastgang berechnet (Anhang Tabelle 8) und im nächsten Schritt wiederum in zwei Tageszeiten unterteilt (7 Uhr morgens bis 20 Uhr abends bzw. zwischen 20 Uhr abends und 7 Uhr in der Früh). Die Lastganganalyse zeigt, dass der Stromverbrauch in Österreich deutlichen Schwankungen unterliegt. Im Jahresschnitt wurden im Jahr 2004 an einem Sonntag durchschnittlich 5.308 MW pro Stunde aus dem Netz bezogen. An einem durchschnittlichen Mittwoch waren es mit 6.756 MW um 1.448 MW pro Stunde mehr. Vergleicht man die Verbrauchsspitzen eines Wochentages mit der relativ geringen Last in den frühen Sonntag Morgenstunden wird der dynamische Lastverlauf noch deutlicher. Wochentags zwischen 7 und 20 Uhr beträgt der durchschnittliche Verbrauch 7.442 MW. Sonntags zwischen 20 und 7 Uhr hingegen nur 5.025 MW pro Stunde.

Entsprechend große Unterschiede ergeben sich dann für die Schätzungen der gesamtwirtschaftlichen Kosten eines Blackout. In Tabelle 3 sind die Kosten eines einstündigen Stromausfalls angegeben. Mit rd. € 60 Mio. pro Stunde Stromausfall ist das Schadenspotential an einem Wochentag in der Zeit von 7 bis 20 Uhr am höchsten und in den Nachtstunden am Sonntag mit € 40,6 Mio. am niedrigsten.

Tabelle 3: Kosten eines einstündigen Stromausfalls in Österreich

Wochentag			
	von 7 bis 20 Uhr	20 bis 7 Uhr	24 Stunden
Stromverbrauch pro Std. (in MW)	7442	5946	6756
VOLL (€/kW)	8,1	8,1	8,1
Kosten pro Stunde (in Mio. €)	60,1	48,0	54,6
Sonntag			
	von 7 bis 20 Uhr	20 bis 7 Uhr	24 Stunden
Stromverbrauch pro Std. (in MW)	5996	5025	5308
VOLL (€/kW)	8,1	8,1	8,1
Kosten pro Stunde (in Mio. €)	48,5	40,6	42,9

Quelle: eigene Berechnungen

In Wien würde an einem Wochentag ein Blackout im Durchschnitt einen Schaden von € 14 Mio. in der Stunde verursachen (Anhang Tabelle 7). Im Burgenland hingegen nur etwas mehr als ein Zehntel bzw. € 1,7 Mio. (Wochentag zwischen 7 und 20 Uhr). Entsprechend dem geringeren Stromverbrauch am Wochenende liegen die Kosten eines Stromausfalls am Sonntag deutlich unter dem Niveau eines Wochentages. Abbildung 6 zeigt die Blackoutkosten pro Stunde auf Bundesländerebene für einen durchschnittlichen Wochentag. Auch Brauner (2003) schätzt die Kosten eines einstündigen Blackout für Österreich in der 380 kV-Leitung mit € 40 Mio. Berücksichtigt man auch andere Netzebenen belaufen sich die Gesamtkosten auf € 50 Mio.

Abbildung 6: Blackout Kosten pro Stunde (in Mio. €)



Quelle: eigene Berechnungen

Die berechneten Kosten eines einstündigen Stromausfalls verschleiern jedoch die Tatsache, dass insbesondere im Bereich der Wirtschaft ein Großteil der Kosten in den ersten Minuten eines Stromausfalls entsteht. Eine lineare Verteilung der Kosten über den Zeitraum des Stromausfalls ist nicht realistisch. Gleiches gilt für private Haushalte, wenngleich hier eher davon auszugehen ist, dass sich die Kosten pro Minute mit zunehmender Dauer des Stromausfalls erhöhen. Ein kurzer Stromausfall wird in der Realität nur für wenige Haushalte zu einem größeren Schaden führen. Zahlreiche Untersuchungen, zumeist durchgeführt auf Basis von Umfragen und Interviews in diversen Ländern der Erde, belegen dies (vgl. Willis und Garrod, 1997; Kariuki und Allan, 1996; Hamachi LaCommare und Eto, 2004). Eine genauere zeitliche Differenzierung des VOLL und damit der Blackoutkosten pro Minute ist auf Basis von makroökonomischen Daten jedoch nicht machbar.

8. Schlussfolgerung

In diesem Aufsatz wurde mit Hilfe vorliegender statistischer Daten eine Abschätzung der Kosten eines Stromausfalls für Österreich durchgeführt. Dabei hat sich gezeigt, dass der ‚Value of lost load‘ für Österreich € 8,6 für jede nicht gelieferte kWh Strom beträgt. Auffallend ist, dass der VOLL zwischen den Bundesländern stark variiert. Den höchsten Wert erreicht der VOLL in der Bundeshauptstadt Wien. Die Berechnung des VOLL erfolgte auf Basis der Bruttowertschöpfung für Österreich respektive für die einzelnen Bundesländer. Ebenfalls Berücksichtigung fand der ökonomische ‚Wert von stromabhängigen Freizeitaktivitäten‘. Dabei stellt sich heraus, dass die Kosten des Freizeitverlustes der Haushalte einen gleich großen Stellenwert einnehmen wie der Wertschöpfungsverlust im Unternehmenssektor.

Die Kosten eines Stromausfalls liegen deutlich (um das 6- bis 10-fache) über dem Verrechnungspreis einer kWh Strom. Im Anbetracht unzureichender Versorgungs- und Übertragungskapazitäten in Teilen Österreichs und der zu erwartenden Kosten eines einstündigen Stromausfalls in Höhe von ca. € 60 Mio. pro Stunde erscheinen Investitionen in die Versorgungssicherheit dringend notwendig. Der geplante Ringschluss der 380-kV Leitung durch die Steiermark ist mit Investitionssummen von ca. € 130 Mio.¹⁹ projiziert. Unter Berücksichtigung der enormen volkswirtschaftlichen Kosten eines großräumigen Stromausfalls relativieren sich die hohen Investitionssummen in das Versorgungsnetz.

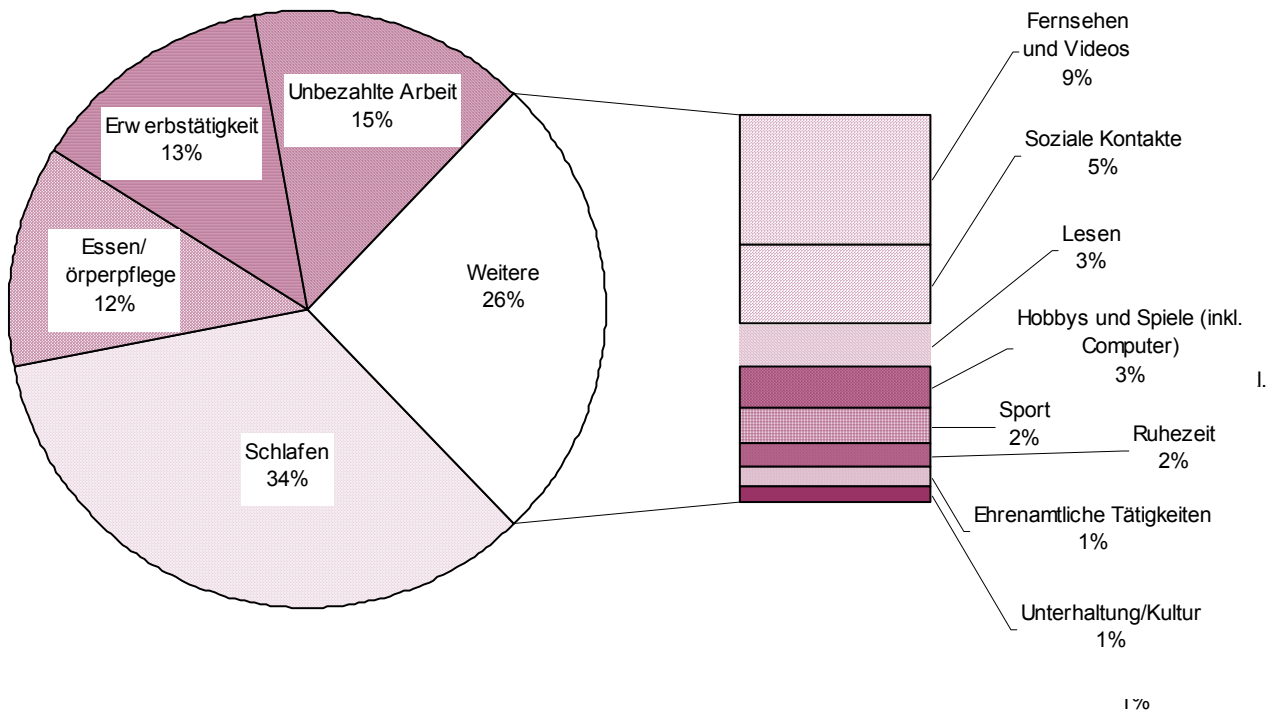
¹⁹ VERBUND - Austrian Power Grid AG: Sichere Stromversorgung für die Steiermark, Presseinformation 28. Mai 2004.

9. Literaturhinweise

- Allan, R. N. (1995): VOLL – fact or fiction?, in: IEE Power Engineering Journal, Vol. 9, Nr. 1, pp.2.
- Anderson, P. L., Geckil, I. K. (2003): Northeast Blackout Likely to Reduce US Earnings by \$6.4 Billion, AEG Working Paper 2003-2.
- Balducci P.J. et al. (2002): Electrical Power Interruption Cost Estimates for Individual Industries, Sectors, and U.S. Economy, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington.
- Becker, G. E. (1965): A Theory of the Allocation of Time, in: The Economic Journal Nr. 299, Vol. LXXV, pp. 493 - 517.
- Brauner, G. (2003): Blackout – Ursachen und Kosten. in: Energieverwertungsagentur, Versorgungssicherheit, energy 4/2003.
- Bundesamt für Energie (2003): Bericht über den Stromausfall in Italien am 28. September 2003, Bern.
- Corwin, J., Miles, W. (1978): Impact Assessment of the New York City Blackout, Division of Electric Energy Systems, US Department of Energy, Washington.
- de Nooij, M., Bijvoet, C., Koopmans, C. (2005) : THE VALUE OF SUPPLY SECURITY, Discussion paper No. 35, Stichting voor Economisch Onderzoek der Universiteit van Amsterdam.
- Eto, J. (2001): Scoping Study on Trends in the Economic Value of Electricity Reliability to the U.S. Economy, Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Hamachi LaCommare, K., Eto, J. (2004): Understanding the Cost of Power Interruptions to U.S. Electricity Consumers, Lawrence Berkeley National Laboratory.
- ICF Consulting (2003): The Economic Cost of the Blackout: An Issue Paper on the Northeastern Blackout, Fairfax.
- Kariuki, K. K., Allan R. N. (1996): Evaluation of Reliability Worth and Value of Lost Load, IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib., 143, pp. 171-180.
- Pruckner, G. (1995): Der kontingente Bewertungsansatz zur Messung von Umweltgütern - Stand der Debatte und umweltpolitische Einsatzmöglichkeiten, Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht.
- Serra, P., Fierro, G. (1997): Outage costs in Chilean industry Energy Economics Volume 19, Issue 4 , pp. 417-434 .
- Statistik Austria (1995): Zeitverwendung 1992/1981. Ergebnisse des Mikrozensus März/ September 1992 und September 1981. Beiträge zur Österreichischen Statistik Heft 1.171.
- U.S.-Canada Power System Outage Task Force (2004): Final Report on the August 14, 2003 Blackout in the United States and Canada: Causes and Recommendations.
- Wacker, G., Billinton, R. (1989): Customer cost of electric service interruptions, Proc. IEEE, vol. 77, no. 6, pp. 919-939.
- Willis, K. G., Garrod, G. D. (1997): Electricity Supply Reliability – Estimating the Value of Lost Load, Energy Policy, 25, pp. 97-103.

Anhang

Abbildung 7: Reihung der Freizeit- und Unterhaltungsaktivitäten



Quelle: EUROSTAT, Statistisches Bundesamt Deutschland

Tabelle 4: VOLL nach Bundesländer

Bundesland	VOLL (€/kWh)
Kärnten	6,86
Steiermark	6,93
Burgenland	9,86
Wien	13,47
Niederösterreich	7,34
Oberösterreich	6,33
Salzburg	8,55
Tirol	7,56
Vorarlberg	8,71

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 5: Bilanz der Elektrischen Energie in Terajoule (10¹² Joule)

	2000	2001	2002	in %
Burgenland	4.307	4.540	4.655	2,4%
Kärnten	13.941	14.391	14.584	7,5%
Niederösterreich	34.473	38.198	37.587	19,3%
Oberösterreich	39.148	40.303	41.256	21,2%
Salzburg	12.059	12.651	12.389	6,4%
Steiermark	31.093	31.070	31.040	15,9%
Tirol	18.501	17.743	17.804	9,1%
Vorarlberg	7.990	8.062	8.094	4,2%
Wien	25.558	27.362	27.225	14,0%
Energetischer Endverbrauch (EE)	187.070	194.321	194.635	100,0%

Quelle: Statistik Austria

Tabelle 6: VOLL für einen durchschnittlichen Sonntag (in Mio. €)

	von 7 bis 20	20 bis 7
Kärnten	3,08	2,58
Steiermark	6,63	5,55
Burgenland	1,41	1,18
Wien	11,30	7,12
Niederösterreich	8,50	8,43
Oberösterreich	8,05	7,98
Salzburg	3,26	3,24
Tirol	4,14	4,11
Vorarlberg	2,17	2,15

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 7: VOLL für einen durchschnittlichen Wochentag (in Mio. €)

	von 7 bis 20	20 bis 7
Kärnten	3,83	3,06
Steiermark	8,23	6,57
Burgenland	1,75	1,40
Wien	14,02	11,20
Niederösterreich	10,55	8,43
Oberösterreich	9,99	7,98
Salzburg	4,05	3,24
Tirol	5,14	4,11
Vorarlberg	2,70	2,15

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 8: Durchschnittlicher Lastgang für jeden dritten Mittwoch bzw. für jeden dritten Sonntag (Jahr 2004)

Zeit	Mittwoch	Sonntag
0 - 1	5.776	5151
1 - 2	5.492	4849
2 - 3	5.343	4704
3 - 4	5.165	4489
4 - 5	5.242	4426
5 - 6	5.710	4481
6 - 7	6.552	4468
7 - 8	7.275	4842
8 - 9	7.518	5211
9 - 10	7.559	5573
10 - 11	7.670	5869
11 - 12	7.789	6032
12 - 13	7.529	5727
13 - 14	7.480	5538
14 - 15	7.393	5353
15 - 16	7.322	5280
16 - 17	7.281	5345
17 - 18	7.361	5599
18 - 19	7.377	5830
19 - 20	7.187	5927
20 - 21	6.905	5828
21 - 22	6.564	5593
22 - 23	6.531	5799
23 - 24	6.123	5488
Durchschnitt	6.756	5.308

Quelle: E-Control GmbH