

Probleme und Konsequenzen einer Stromrationierung

DISSERTATION
der Hochschule St. Gallen
für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
zur Erlangung der Würde eines
Doktors der Wirtschaftswissenschaften

vorgelegt von

ERNST WIDRIG
von Bad Ragaz

Genehmigt auf Antrag der Herren
Professoren Dr. A. Nydegger und Dr. P. Fink

Dissertation Nr. 1083

Verlag Rüegger · CH-7214 Grüşch 1988

INHALTSVERZEICHNIS

Verzeichnis der Tabellen und Figuren	xvi
Verzeichnis der Abkürzungen	xxviii
Zusammenfassung	xxxii
I. KAPITEL: AUSGANGSLAGE: ELEKTRIZITÄT IN TECH- NISCHEN, WIRTSCHAFTLICHEN UND POLI- TISCHEN UMFELD	1
1. Grundzüge der schweizerischen Elektrizitäts- wirtschaft	3
1.1. Produktions-, Leistungs- und Bewirtschaf- tungscharakteristiken der Stromerzeugungs- anlagen	3
1.1.1. Konventionell-thermische Kraftwerke (KTW)	5
1.1.2. Nuklear-thermische Kraftwerke (KKW)	7
1.1.3. Speicherkraftwerke (SKW)	10
1.1.4. Laufkraftwerke (LKW)	11
1.1.5. Einsatz des Kraftwerkparkes als Op- timierungs-, Koordinierungs- und Regulierungsproblem	12
1.2. Stromgestehungskosten	16
1.3. Transmission und Verteilung der Elektrizität	19
1.3.1. Uebersicht	19
1.3.2. Netzformen	21
1.4. Organisatorisch-strukturelle und institutio- nell-politische Charakteristiken der Elektri- zitätsversorgung	24
1.4.1. Organisatorisch-strukturelle Merkmale	24
1.4.2. Ordnungspolitische, institutionell- politische Besonderheiten	27
2. Bedeutung und Funktion der Elektrizität in der schweizerischen Volkswirtschaft	33
2.1. Stukturmerkmale der Elektrizitätsnachfrage	33
2.1.1. Uebersicht über die Determinanten und ihre Entwicklung	33

2.1.2.	Uebersicht über die globale und sektoral-funktionale Entwicklung des schweizerischen Elektrizitätsverbrauchs seit 1960	41
2.1.2.1.	Haushalte	45
2.1.2.2.	Industrie	52
2.1.2.3.	Gewerbe und Dienstleistungen	56
	a) Gewerbe	
	b) Dienstleistungen	
2.1.2.4.	Landwirtschaft	63
2.1.2.5.	Verkehr	67
2.1.3.	Raum-zeitliche Besonderheiten	71
2.2.	Ausgewählte funktional-qualitative Aspekte des Elektrizitätseinsatzes	77
2.2.1.	Physikalisch-technische Elemente der Wertschätzung	77
2.2.2.	Elektrizität als Ware und Dienstleistung	82
2.2.3.	Elektrizität als Produktionsmittel und Konsumgut	83
2.2.4.	Elektrizität als Komplementärenergie zur Nutzung anderer Energieträger (-Systeme)	86
	2.2.4.1. Beispiel Kohle	86
	2.2.4.2. Erdöl- und Erdgasversorgung	86
	2.2.4.3. Fernwärme-Versorgungen	90
2.2.5.	Elektrizität als Bindeglied des Produktionsfaktoren-Einsatzes	92
2.2.6.	Rolle der Elektrizität auf dem Weg zur Informationsgesellschaft	98
	2.2.6.1. Stromabhängigkeit moderner Informationstechnologien	98
	a) Ausgangslage	
	b) Elektrizität als Träger von Energie und Information	
	2.2.6.2. Sensitivität von elektronischen Anlagen gegenüber Anomalien der Stromversorgung	106
	a) Störfaktoren	
	b) Verletzbarkeit und mögliche Schutzvorkehrungen	
	c) Fazit	

2.2.6.3.	Tendenzen in der Diffusion von Mikroelektronik-Anwendungen	117
2.2.6.3.1.	Im Bürobereich	118
2.2.6.3.2.	Im Industriebereich	123
	a) CAD	
	b) Mikroelektronik-gesteuerte Be- und Verarbeitungsmaschinen	
	c) Automatische Transport- und Lagerhaltungssysteme	
2.2.6.4.	Nutzeffekte und wachsende Abhängigkeiten von modernen Informationstechnologien	133
	a) Nutzeffekte,	
	b) Abhängigkeiten, Gefahren	
	c) Verfügbarkeitsminderung durch vermehrte Datensicherung	
2.2.7.	Elektrizität als tragendes Element im Infrastruktur-Bereich (Beispiele)	140
2.2.7.1.	In der Wasserver- und Entsorgung	140
	a) Wasserversorgung	
	b) Wasserentsorgung	
2.2.7.2.	Im Bereich der PTT	146
2.2.7.3.	Im Bereich des Strassenverkehrs	154
	a) Stromabhängige Anlagen zur Verkehrssteuerung und -überwachung	
	b) Belüftungs- und Sicherheitsanlagen in Tunnels	
2.2.7.4.	Im Flughafen Zürich-Kloten	158
2.2.7.5.	In Spitälern	160
	a) Allgemeines	
	b) Funktionale Aspekte des Elektrizitätseinsatzes in Spitälern	
2.3.	Fazit	167
	Aspekte der Versorgungssicherheit	169
3.1.	Allgemeines zum Begriff der Versorgungssicherheit	169
3.2.	Uebersicht über die Determinanten der Versorgungssicherheit	173
3.2.1.	Aus kurzfristiger Sicht	173
3.2.2.	Aus mittel- bis langfristiger Sicht	177

3.3. Zukunftsperspektiven der schweizerischen Stromversorgung	186
3.3.1. Gemäss siebentem Zehnwerke-Bericht	186
3.3.1.1. Uebersicht über Rahmenbedingungen, Annahmen und Methodik	186
3.3.1.2. Ergebnisse	188
3.3.2. Gemäss EGES-Szenarien	190
3.3.2.1. Vorbemerkungen zum Auftrag und der Vorgehensweise der <i>EGES</i>	190
3.3.2.2. Uebersicht über die Prämissen und Ergebnisse der drei Hauptszenarien	192
a) Allgemein	
b) Das Referenzszenario	
c) Das Kernenergie-Moratorium	
d) Das Ausstiegsszenario	
3.4. Fazit: Gefahrenpotentiale für die längerfristige Versorgungssicherheit	197
3.4.1. Uebersicht	197
3.4.2. Informations- und Entscheidungslag	198
3.4.3. Implementationslag	202
3.4.4. Wirkungslag	202
3.4.5. Korrekturlag	202
Exkurs: Sicherheitspolitische Bedeutung einer ausreichenden inländischen Stromerzeugungsbasis	204
4.1. Vorbemerkungen	204
4.2. Elektrizität als Rückgrat der schweizerischen Energiewirtschaft während dem Zweiten Weltkrieg	205
4.3. Elektrizität als "Gas-Notreserve"?	207
II. KAPITEL: RAHMENDATEN EINES MOEGLICHEN STROMKRISEN-SZENARIOS	209
1. Grundlagen	209
1.1. Problemstellung und Begründung des Ansatzes	209
1.1.1. Szenariotechnik als Methode im Umgang mit Unsicherheiten	209
1.2. Charakterisierung der störfall-Parameter	215

1.2.1.	Formale Anforderungen	215
1.2.2.	Mögliches Umfeld einer Strom-Unter- versorgung	216
1.2.2.1.	Uebersicht	216
1.2.2.2.	Ueberlegungen zur Plausi- bilität und den möglichen Wirkungszusammenhängen der Störfall-Parameter	219
	a) Erneuter Eintritt einer Oelkrise und ihre Aus- strahlung auf die Strom- versorgung	
	b) Gleichzeitigkeit ungün- stiger hydrologischer Be- dingungen und Ausfall des KKW Gösgen	
	c) Zusammenhang zwischen Käl- te und angespannter Strom- versorgungslage	
	d) Reduzierte Importmöglich- keiten	
	e) Krisenstarre, admini- strierte Tarife	
1.2.2.3.	Fazit	243
v		
2.	Mögliche Systeme der Stromrationierung	245
2.1.	Problemstellung	245
2.2.	Rationierung über den Preis	246
2.3.	Verbrauchsbeschränkende Massnahmen	253
2.3.1.	Grenzen theoretischer Verteilungs- ansätze	253
2.3.2.	Historische Strombewirtschaftungs- Beispiele	258
2.3.2.1.	Schweiz	258
2.3.2.2.	England	259
2.3.2.3.	Schweden	261
2.3.2.4.	Italien	262
2.3.2.5.	Jugoslawien, Rumänien, Bulgarien	265
2.3.3.	Uebersicht über das gegenwärtige Stromrationierungs-Dispositiv der Schweiz	269
2.3.3.1.	Rechtliche Grundlagen	269
2.3.3.2.	Instrumentelle Grundlagen	272
2.3.3.2.1.	Uebersicht	272

2.3.3.2.2. Allgemeinversorgung	274
2.3.3.2.3. Transportunternehmen des öffentlichen Verkehrs	280
2.4. Ausgewählte Aspekte des praktischen Vollzugs	282
2.4.1. Administrativ-technische Probleme	282
2.4.1.1. Bei der Kontingentierung	282
a) Festlegung der einzelnen Kontingente	
b) Kontrolle und Ueberwachung der Kontingente	
c) Rechtlich-administrativer Aufwand	
2.4.1.2. Bei rotierenden Netzabschaltungen	291
2.4.2. Rechtlich-politische Probleme	297
3. Schlussfolgerungen und Prämissen für die Wirkungsanalyse	302
III. KAPITEL: SEKTORIELLE WIRKUNGSANALYSE EINER STROHBEWIRTSCHAFTUNG	305
A. METHODISCHE ANSAETZE IN DER LITERATUR ZUR ERMITTLUNG DES OEKONOHISCHEN AEQUIVALENTS NICHT GELIEFERTER ELEKTRIZITAET	305
1. Einleitung	305
2. Theoretisch orientierte Ansätze	306
2.1. Produktions-Funktionen	306
2.2. Entgangene Konsumentenrente	308
2.3. Avoidance-cost-Methoden	310
2.4. Bewertung entgangener Freizeit	311
3. Empirisch orientierte Ansätze	312
3.1. Stromausfall-Schadenfunktionen	312
3.2. Willingness-to-pay	313
4. Ergebnisse	315
4.1. Uebersicht	315
4.2. Lücken	316

B. FALLBEISPIELE AUS DEN BEREICH HIRTSCHAFT UND INFRASTRUKTUR	322
1. Methodik: Ansatz, Probleme und Grenzen	322
2. Fall-Beispiele aus dem Industriebereich	324
2.1. Uebersicht über die Strukturmerkmale der untersuchten Betriebe	324
2.1.1. Zusammensetzung der Stichprobe	324
2.1.2. Energiemässige Ausgangslage	326
2.1.2.1. Seit 1973 realisierte und bis 1990 geplante Energiesparmassnahmen	326
2.1.2.2. Substitutionsmöglichkeiten	329
2.1.2.3. Saisonalität des Stromverbrauchs	331
2.1.3. Abschätzung der Entwicklung des betrieblichen Energieverbrauchs bis 1990	333
2.2. Konsequenzen einer Stromverbrauchs-Kontingierung	335
2.2.1. Möglichkeiten und Grenzen kurzfristig realisierbarer Stromspar-Massnahmen	335
2.2.1.1. Begriffsklärung	335
2.2.1.2. Ergebnisse	336
2.2.2. Weitere mögliche Anpassungsstrategien	339
2.2.3. Betriebswirtschaftliche Konsequenzen	343
2.2.3.1. Uebersicht	343
2.2.3.2. Produktionsausfälle	345
2.2.3.3. Beschäftigungsrückgang	346
2.2.3.4. Kosten- und Ertragswirkungen	347
2.3. Probleme und Konsequenzen im Zusammenhang mit Netzabschaltungen	353
2.3.1. Vorbemerkung: Einspeisungstechnische Ausgangslage	353
2.3.2. Angekündete Netzabschaltungen	354
2.3.2.1. Weitgehende Lähmung der Arbeits- und Kapitalproduktivität	354
2.3.2.2. Ausgewählte Sonderprobleme	358

a)	Beeinträchtigung von Qualitäts- und Hygienestandards	
b)	Unterbrüche bei kontinuierlichen Prozessen	
2.3.3.	Ueberraschende Netzzusammenbrüche	363
2.3.3.1.	Technischer Hintergrund	363
2.3.3.2.	Oekonomische Folgen	369
a)	Beispiele aus der Nahrungsmittelindustrie	
b)	Beispiele aus der Maschinen-, Apparate- und Elektroindustrie	
c)	Textilindustrie	
d)	Chemische Industrie	
2.3.4.	Haftungsrechtliche Aspekte	377
3.	Fall-Beispiele aus dem Bereich Handel und Dienstleistungen	381
3.1.	Detailhandel	381
3.1.1.	Bedeutung der Elektrizität im Detailhandel	381
3.1.2.	Konsequenzen einer Stromrationierung	386
3.1.2.1.	Sparmöglichkeiten	386
3.1.2.2.	Direkte und indirekte Folgen	387
a)	angebotsseitige Aspekte	
b)	nachfrageseitige Aspekte	
c)	allgemeine Schlussfolgerungen	
3.2.	Problemfeld Kühlkette	393
3.2.1.	Kälte als Konservierungs-Hilfsmittel	393
3.2.2.	Beurteilung der Verletzbarkeit der Tiefkühlkette bei Stromversorgungsstörungen	396
3.2.3.	Fazit	408
3.3.	Dienstleistungen	410
3.3.1.	Banken und Versicherungen	410
3.3.1.1.	Sparmöglichkeiten	411
3.3.1.2.	Aspekte der Verletzbarkeit des Finanzsektors bei Netzentbrüchen	412
a)	Ausgangslage: Komplexe und hochintegrierte Informations-Netzwerke	

b) Realisierte Notstromlösungen	
3.3.1.3. Sozio-ökonomische Konsequenzen einer Stromrationierung	422
a) Stromverbrauchs-Kontingenzierung	
b) Netzabschaltungen	
c) Allgemeine Schlussfolgerungen	
3.3.2. Oeffentliche Verwaltung	429
3.3.2.1. Vorbemerkungen zum Fall-Beispiel	429
3.3.2.2. Probleme und Konsequenzen von Strombewirtschaftungsmassnahmen	431
a) Begrenzte Sparmöglichkeiten	
b) Folgen der Netzabschaltungen	
c) tungen	
3.3.3. Gastgewerbe und Tourismus	435
3.3.3.1. Vorbemerkungen zur Datelage und den Fall-Beispielen	435
3.3.3.2. Energieverbrauchs-Charakteristiken	437
a) Im Gastgewerbe	
b) Bei Bergbahnbetrieben	
c) Winterlastigkeit des tourismusbedingten Stromverbrauchs in Graubünden	
3.3.3.3. Direkte Konsequenzen von Stromverbrauchs-Restriktionen auf das touristische Angebot	445
3.3.3.3.1. Kontingenzierung	446
a) Hotels und Restaurants	
b) Parahotellerie	
c) Bergbahnen, Skilifte	
3.3.3.3.2. Netzabschaltungen	450
a) Hotels und Restaurants	
b) Parahotellerie	
c) Bergbahnen, Skilifte	
3.3.3.4. Uebersicht über krisenbedingte nachfrage- und angebotsseitige Wechselwirkungen	455
3.3.3.5. Inzidenz-Analyse	461
a) Allgemeine Vorbemerkungen zur Ausgangslage	

b) Lokal- und regionalwirtschaftliche Auswirkungen (Beispiel Graubünden/Wallis)

4. Fall-Beispiele aus dem Bereich 'Gewerbe'	478
4.1. Lebensmittelgewerbe	478
4.1.1. Ausgangslage	478
4.1.2. Sparmöglichkeiten und Konsequenzen	480
4.1.3. Probleme und Konsequenzen von Netzabschaltungen	481
a) Angekündete Netzabschaltungen	
b) Ueberraschende Netzunterbrüche	
4.2. Baugewerbe	484
4.2.1. Ausgangslage	484
4.2.2. Möglichkeiten und Konsequenzen von Stromverbrauchseinschränkungen	485
a) Kontingentierung	
b) Neztunterbrüche	
4.3. Fazit	489
5. Fall-Beispiele aus dem Bereich 'Landwirtschaft'	490
5.1. Begrenzte kurzfristige Spar- und Substitutionsmöglichkeiten	492
5.2. Ausgewählte Sonderprobleme bei Netzunterbrüchen	498
a) Schweinezucht- und Mastbetrieb	
b) Geflügelzuchtbetrieb	
5.3. Fazit	504
6. Fall-Beispiele aus dem Infrastruktur-Bereich	506
6.1. Fernmeldewesen der PTT	506
6.1.1. Grundaufgaben und Speisequellen der Stromversorgung bei Fernmeldeanlagen	506
6.1.2. Grundzüge der Notstromversorgung im Fernmeldebereich	509
6.1.3. Aspekte der Verletzbarkeit der Telekommunikationsdienste im Falle einer Stromrationierung	512
6.1.3.1. Aus der Sicht der PTT	512
6.1.3.2. Aus der Sicht der Benutzer	516
6.2. Postcheckdienste und übrige postbetriebliche Einrichtungen	522
6.2.1. Postcheckdienste	522
a) Ausgangslage	

b) Möglichkeiten und Konsequenzen von Sparmassnahmen	
c) Probleme und Konsequenzen bei Netzabschaltungen	
6.2.2. Brief- und Paketpost	529
6.3. Verkehr	531
6.3.1. Betroffenheit des Individualverkehrs von Netzabschaltungen	531
6.3.1.1. Konsequenzen für die Verkehrssteuerung und -Überwachung	531
6.3.1.2. Oeffentliche Beleuchtung als Sicherheitsfaktor	535
6.3.2. Probleme und Konsequenzen von Stromrationierungs-Massnahmen beim öffentlichen verkehr	537
6.3.2.1. Bei den SBB	537
a) Bahnstromversorgung: Ausgangslage	
b) Nachfrage-Effekte einer kombinierten Energiekrise auf den Bahnverkehr	
c) Spar- und Substitutionsmöglichkeiten	
d) Sonderprobleme im Zusammenhang mit rotierenden Netzabschaltungen bei der Allgerneinversorgung	
6.3.2.2. Am Beispiel von zwei öffentlichen Nahverkehrsbetrieben (Ortsbetriebe)	550
a) Charakteristiken der Stromversorgung	
b) Einsparungen beim Elektrizitätsverbrauch	
c) Konsequenzen von Netzabschaltungen	
6.4. Spitäler	556
6.4.1. Sparmöglichkeiten	556
6.4.2. Notstromversorgung	557
6.4.3. Schlussfolgerungen	559
7. Exkurs: Möglichkeiten und Grenzen der Notstromversorgung	562
7.1. Problemstellung	562
7.2. Typologie und Funktionsweise von Notstromanlagen	565

7.2.1. Uebersicht	565
7.2.2. Systemaufbau und Funktionsweise einer unterbrechungsfreien Sofortbereitschaftsanlage	567
7.3. Grenzen des Notstrom-Einsatzes	569
7.3.1. Potentialbetrachtung	569
7.3.2. Grenzen der Potentialnutzung	572
7.3.2.1. Zeitliche Reichweite	572
7.3.2.2. Technisch-praktische Restriktionen	572
7.3.2.3. Gesamtenergetische Verluste	577
7.3.2.4. Uebrige Grenzen der Verfügbarkeit	579
7.3.3. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	582
C. SEKTOR HAUSHALTUNGEN	585
1. Problemstellung und Lagebeurteilung	585
1.1. Energiesparen: Dissonanzen zwischen Wissen, Einstellungen und effektivem Verbraucherverhalten	585
1.2. Voraussetzungen und Hemmnisse einer kurzfristigen Aktivierung von Stromsparpotentialen während einer Stromkrise	591
1.2.1. Sparpotential	593
1.2.2. Sparwillen	598
1.2.2.1. Beispiele der (Nicht-)Akzeptanz von Verbrauchseinschränkungen bei Energieverknappungen in der Vergangenheit	599
1.2.2.2. Opfersymmetrie als Voraussetzung	603
1.2.2.3. Sanktionierbarkeit undisziplinierter Verbraucher	605
1.2.3. Sparkompetenz	605
2. Wirkungsanalyse	609
2.1. Direkte Konsequenzen im Wohnbereich	609
2.1.1. Verbot bestimmter Stromanwendungen	609
2.1.2. Kontingentierung	611
2.1.3. Netzabschaltungen	618
2.2. Veränderungen im sozio-ökonomischen Umfeld	621

3. Fazit	622
IV. KAPITEL: VOLKSWIRTSCHAFTLICHE AUSWIRKUNGEN	623
1. Methodisch-analytische Probleme einer Quantifizierung	623
2. Gesamtwirtschaftliche Effekte einer kombinierten Energiekrise	628
2.1. Summarischer Rückblick auf die gesamtwirtschaftlichen Konsequenzen vergangener Ölkrisen	628
2.2. Kurzfristige Effekte während der Stromrationierungsperiode	632
2.2.1. Einleitung	632
2.2.2. Einbussen bei der Produktion und Wertschöpfung	634
2.2.3. Beschäftigungs- und Einkommenswirkungen	637
2.2.4. Preis- und Kostenwirkungen	638
2.2.5. Aussenwirtschaftliche Effekte	640
2.2.5.1. Allgemein	640
2.2.5.2. Exporte	641
2.2.5.3. Importe	644
2.2.5.4. Uebrige Zahlungsbilanz-Effekte	645
2.2.6. Wirkungen auf Staatseinnahmen und -Ausgaben	646
2.3. Mögliche längerfristige Nachwirkungen	
V. KAPITEL: RISIKOPOLITISCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN	650
1. Quintessenz aus der vorliegenden Untersuchung	650
1.1. Empfehlungen zur Krisenvermeidung	651
1.2. Empfehlungen zu einer optimaleren Krisenbeherrschung	654
2. Ausblick	656
Anhänge I-IV	657
Literaturverzeichnis	679