



Hannes GLATZ, BSc

BLACKOUT-Szenarien in der Siedlungswasserwirtschaft

BLACKOUT-Scenarios in Urban Water Management

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur/In

Masterstudium Bauingenieurwissenschaften - Umwelt und Verkehr

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer/In:

Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Günter GRUBER

Mitbetreuende(r) Assistent(en):

Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Johannes LEIMGRUBER, BSc

Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau

Graz, Januar 2018

Kontakt:
Hannes Glatz
h.glatz92@gmx.at

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

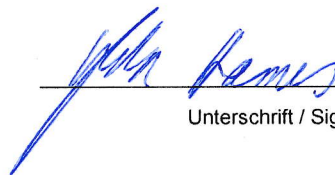
AFFIDAVIT

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used anything other than the declared sources/resources, and that I have explicitly indicated all material which has been quoted either literally or contextually from the sources used. The text document uploaded to TUGRAZonline is identical to the present master's thesis.

24.01.2018

Datum / Date



Unterschrift / Signature

Danksagung

Zu Beginn möchte ich mich bei meinem Betreuer und Begutachter Herrn Prof. Günter GRUBER bedanken. Im Zuge einer Lehrveranstaltung trat er an mich heran und machte mir das Thema Blackout schmackhaft. Durch seine zahlreichen Kontakte konnten auch schnell Wasser- und Abwasserverbände für die Arbeit gefunden und gewonnen werden, um sich der Konfrontation mit diesem Thema zu stellen.

Der nächste Dank gilt meinem zweiten Betreuer Johannes LEIMGRUBER. Durch seine ständige Bereitschaft zu helfen wuchs die Arbeit stetig weiter.

Zudem kommt ein besonderer Dank meinem guten Freund und vielleicht schon baldigen Schwager Martin zu, der den Kontakt zu den Kraftwerks- und Netzbetreibern für mich herstellte und ebnete.

Ein besonderer Dank gilt den an der Masterarbeit teilgenommenen Wasserversorgungsunternehmen (Holding Graz Wasserwirtschaft und Wasserverband Wasserversorgung Grenzland Südost), Abwasserentsorgungsunternehmen (Holding Graz Wasserwirtschaft, Abwasserverband Grazerfeld, Wasserverband Ossiacher See und Wasserverband Mürzverband), Kraftwerks- und Netzbetreibern (KELAG - Erzeugung und Kärnten Netz GmbH), Feuerwehr (Feldkirchen in Kärnten) sowie den an der Befragung teilgenommenen Haushalten. Durch ihre Bereitschaft sich mit dem Thema und den im Rahmen der Masterarbeit entwickelten Fragebögen auseinander zu setzen, sie auszufüllen und zu verbessern, haben die beteiligten Wasserver- und Abwasserentsorger ganz wesentlich zum Gelingen der Arbeit beigetragen.

Insbesondere möchte ich mich bei meinen Eltern und meiner Schwester bedanken, die mich im Laufe der Jahre ständig unterstützt haben. Ohne ihre Hilfe wäre mein Wunsch in Graz zu studieren immer nur ein Wunsch geblieben.

Ein weiterer Dank gebührt meinen langjährigen Schul- und Studienkollegen Eva, Lukas, Philip, Thomas L., Thomas W., die mich seit dem ersten Semester begleitet haben.

Vielen Dank auch an meine guten Freunde Raphael, alias Burgi, und Patrick die mich trotz der Entfernung immer wieder in Graz besucht haben, um die Studienzeit etwas aufzulockern.

Zum Abschluss gilt ein weiterer Dank meinen Studienkollegen/innen, die ich während meiner Studienzeit kennenlernen durfte.

Kurzfassung

Ziel der Masterarbeit ist es, auf Basis einer umfassenden Literaturrecherche festzustellen, wie wahrscheinlich ein Szenario eines großflächigen, länger andauernden Stromausfalles (Blackout) in unseren Breiten ist, mit welchen Auswirkungen gerechnet werden muss und welche Gegenmaßnahmen in Frage kommen. Der Fokus liegt dabei auf der Siedlungswasserwirtschaft (Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung).

Zusätzlich sind neben der Literaturrecherche Fragebögen für einen Trinkwasserversorger, einen Abwasserentsorger und einzelne Haushalte entwickelt worden, die sich mit dem Thema Blackout erstmalig intensiver auseinandersetzen wollen, um zum einen mögliche Auswirkungen eines Blackouts auf die eigene Unternehmung abschätzen und um zum anderen etwaige Gegenmaßnahmen dagegen entwickeln und vorbereiten zu können. Dafür wurden mit einigen Abwasserentsorgern und Wasserversorgern auch direkt vor Ort Workshops durchgeführt, auf Basis derer die entwickelten Fragebögen zum einen getestet und zum anderen auch noch angepasst und weiterentwickelt wurden. Des Weiteren haben auch noch Befragungen bei einem Kraftwerksbetreiber, einem Netzbetreiber und einer Freiwilligen Feuerwehr stattgefunden.

Anhand der durchgeführten Befragungen und Workshops sowie auf Basis der ausgearbeiteten Fragebögen sollte es möglich sein, die aktuelle Sicherheit der Trinkwasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsanlagen in einem solchen Blackout-Szenario abzuschätzen und aufzuzeigen. Daraus können dann in weiterer Folge Maßnahmen abgeleitet und entwickelt werden, um solche flächendeckende Stromausfälle in der Siedlungswasserwirtschaft mit einem Minimum an Schäden zu überbrücken.

Dadurch ist es einerseits möglich die Bevölkerung und die Betreiber für ein solches Blackout-Szenario zu sensibilisieren und andererseits den Wasserversorgern und Abwasserentsorgern aufzuzeigen, in welchen Teilbereichen möglicherweise in der Vorbereitung auf solche Szenarien noch Verbesserungsbedarf besteht. Die kritische Befassung mit und Systemanalyse von solchen Szenarien sollten damit auch einen ersten Schritt zu einem nachfolgenden Risk Assessment und Risk Management darstellen, im Rahmen derer dann auch konkrete unternehmensspezifische Maßnahmenpläne erarbeitet werden sollten.

Im Zuge der Arbeit wurde festgestellt, dass im Bereich der Trinkwasserversorgung schon Einiges in Bezug auf Störfallsicherheiten erarbeitet bzw. oft auch bereits umgesetzt wurde, wohingegen im Abwassersektor vielfach noch Aufhol- und Vorbereitungsbedarf besteht.

Abstract

The aim of the master thesis is to determine based on a comprehensive literature research, how probable a scenario of a large-area blackout in our latitudes is, what effects must be expected and what countermeasures can be considered. The focus is on urban water management (drinking water supply and wastewater disposal).

In addition, questionnaires have been developed for a drinking water supplier, a wastewater disposal company and individual households who want to deal with the subject of blackout more intensively for the first time in order to assess the possible effects of a blackout on their own and to be able to develop and prepare possible countermeasures. For this purpose, workshops were held directly on site with a number of wastewater disposal companies and water suppliers, based on which the developed questionnaires were tested on the one hand and on the other hand adapted and further developed. Furthermore, surveys were also conducted with a power plant operator, a network operator and a volunteer fire brigade.

Based on the surveys and workshops carried out and on the questionnaires drawn up, it should be possible to assess and demonstrate the current safety of drinking water supply and wastewater disposal systems in such a blackout scenario. From this, measures can then be derived and developed in further succession in order to bridge such widespread power outages in urban water management with a minimum of damage.

This makes it possible, on the one hand, to sensitize the population and operators to such a blackout scenario and, on the other hand, to show the water suppliers and wastewater disposal companies in which areas there is still room for improvement in the preparation of such scenarios. The critical examination and system analysis of such scenarios should thus also represent a first step towards a subsequent risk assessment and risk management, within the framework of which concrete company-specific action plans should also be developed.

In the course of this work, it was determined that in the area of drinking water supply, a number of things have already been worked out and often implemented with regard to accident safety, whereas in the waste water sector there is still a lot of catching-up and preparation work to be done.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Zielsetzung und Motivation	1
1.2	Aufgabenstellung und Aufbau der Arbeit.....	2
2	Grundlagen	4
2.1	Richtlinie W 74	4
2.2	Wasserversorgungsplan Steiermark	6
2.3	„Umgang mit Störfällen in der Steiermärkischen Wasserversorgung“	6
2.4	Stadt Feldbach.....	7
3	Methodik	9
4	Blackout	10
4.1	Definition	10
4.2	Zeitdauer und Wahrscheinlichkeit eines Blackouts	11
4.3	Ursachen eines Blackouts.....	13
4.4	Folgen eines Blackouts	18
4.4.1	Trinkwasserversorgung	18
4.4.2	Abwasserentsorgung.....	19
4.4.3	Treibstoffversorgung.....	20
4.4.4	Informationstechnik und Telekommunikation	22
4.4.5	Lebensmittelversorgung	23
4.4.6	Gesundheitswesen	24
4.4.7	Atomkraft	24
4.4.8	Transport und Verkehr.....	25
4.4.9	Öffentliche Sicherheit	26
4.4.10	Finanzwesen	27
4.4.11	Gesellschaft (Bevölkerung)	27
4.4.12	Zeitlicher Ablauf eines Blackouts.....	28
4.5	Beispiele für Blackouts.....	32
4.5.1	Österreich/Deutschland/Schweiz.....	32
4.5.2	Weltweit.....	37
4.6	Energiestabilisierung.....	44
4.6.1	APG-Masterplan 2030	45
4.6.2	Netzentwicklungsplan (NEP) 2016	52
4.7	Simulierte Übungen.....	54

4.7.1	Simulierte Übungen Österreich/Kärnten	54
4.7.2	Simulierte Übung Schweiz	58
4.8	Gegenmaßnahmen.....	59
4.8.1	Trinkwasserversorgung.....	60
4.8.2	Abwasserentsorgung	62
4.8.3	Treibstoffversorgung	63
4.8.4	Informationstechnik und Telekommunikation.....	66
4.8.5	Lebensmittelversorgung.....	66
4.8.6	Gesundheitswesen	66
4.8.7	Atomkraft	66
4.8.8	Transport und Verkehr	67
4.8.9	Öffentliche Sicherheit.....	67
4.8.10	Finanzwesen.....	68
4.8.11	Gesellschaft (Bevölkerung).....	68
4.9	Kosten eines Stromausfalles	69
4.9.1	Kostenschätzung von Blackout-Szenarien in Kärnten	70
4.9.2	Kostenschätzung von Blackout-Szenarien in der Steiermark.....	71
4.9.3	Kostenschätzung von Blackout-Szenarien in Österreich	73
4.9.4	Kostenschätzung von Blackout-Szenarien in Europa	74
4.9.5	Kostenschätzungen für 24-Stunden-Blackouts in europäischen Staaten	76
5	Stromnetz und Gasnetz.....	78
5.1	Stromnetz	78
5.1.1	Aufbau Stromnetz Österreich.....	78
5.1.2	Stromerzeugung Österreich.....	82
5.1.3	Stromzähler Österreich	83
5.1.4	Störfallstatistiken.....	83
5.1.5	Netzstabilität	88
5.1.6	Wiederanfahren bzw. Hochfahren des Stromnetzes.....	91
5.2	Gasnetz	93
5.2.1	Aufbau des Gasnetzes in Österreich	94
5.2.2	Gasspeicher und Gastransport in Österreich.....	95
5.2.3	Stromabhängigkeit in der Gasversorgung.....	96
6	Wasser.....	98
6.1	Wasservorkommen.....	98
6.2	Wassernutzung.....	99

6.2.1	Lebensmittel (Trinkwasser)	99
6.2.2	Brandbekämpfung (Löschwasser).....	99
6.2.3	Landwirtschaft (Bewässerung)	100
6.2.4	Wirtschaft und Produktion	100
6.2.5	Schifffahrt	100
6.2.6	Wassertransport (Abwasserentsorgung)	100
6.3	Verbrauch und Kosten	101
6.3.1	Verbrauch.....	101
6.3.2	Kosten	102
7	Blackout in der Siedlungswasserwirtschaft	103
7.1	Trinkwasserversorgung.....	103
7.1.1	Aufbau und Funktion der Trinkwasserversorgung	103
7.1.2	Stromabhängige Trinkwasserversorgung	106
7.2	Abwasserentsorgung	107
7.2.1	Aufbau und Funktion des Kanals.....	108
7.2.2	Aufbau und Funktion einer Abwasserreinigungsanlage.....	112
7.2.3	Stromabhängigkeit in der Abwasserentsorgung	115
7.3	Energieautarke Abwasserreinigungsanlagen.....	119
7.3.1	Abwasserbürtige Abwasserreinigungsanlage	energieautarke 120
7.3.2	Energieautarke Abwasserreinigungsanlage mit Hilfe von erneuerbaren Energieformen	121
8	Fragebögen.....	124
8.1	Aufbau der Fragebögen	124
8.1.1	Aufbau des Fragebogens zur Trinkwasserversorgung	124
8.1.2	Aufbau des Fragebogens zur Abwasserentsorgung.....	127
8.1.3	Aufbau des Fragebogens für Kunden.....	128
8.2	Durchführung der Befragungen.....	129
9	Auswertung der Fragebögen/Workshops	131
9.1	Wasserverband Wasserversorgung Grenzland Südost	131
9.1.1	Allgemeines.....	131
9.1.2	Unternehmensinterne Fragen.....	132
9.1.3	Probleme und Beschädigungen im Netz	133
9.1.4	Kommunikation.....	133
9.1.5	Simulierte Übungen	133
9.1.6	Notstromaggregate.....	133
9.1.7	Sicherheit	134

9.2	Wasserverband Ossiacher See (WVO)	134
9.2.1	Kanalisation	134
9.2.2	Abwasserreinigungsanlage	136
9.2.3	Allgemeines, Personal und Kommunikation.....	138
9.2.4	Notstromaggregate	139
9.2.5	Sicherheit.....	140
9.3	Haushalte	140
9.4	Zusammenfassung der Ergebnisse	149
9.4.1	Kraftwerksbetreiber und Netzbetreiber	149
9.4.2	Wasserversorger.....	150
9.4.3	Abwasserentsorger	150
9.4.4	Haushalte.....	151
10	Risk Assessment und Risk Management.....	153
11	Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Empfehlungen	157
	Literaturverzeichnis	161
	Anhang A.....	i
	Anhang B.....	ii
	Anhang C.....	iii

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4-1: Zeithorizont Blackout (Saurugg, 2017b).....	11
Abbildung 4-2: Truthahn-Illusion	13
Abbildung 4-3: Offshore Windparks (Österreichisches Bundesheer, 2014).....	14
Abbildung 4-4: Bestehende und absehbare Schwachstellen im APG- Übertragungsnetz bis 2020 (APG, 2013).....	15
Abbildung 4-5: Hierarchien Festnetz (Ladinig & Rizzardi, 2012).....	22
Abbildung 4-6: Übersichtskarte AKWs in Europa (GLOBAL 2000, 2017).....	25
Abbildung 4-7: Zeitlich gestaffelter Ausfall der Infrastrukturen nach einem Blackout (Ladinig, 2011 in Schmaranz, 2014).....	29
Abbildung 4-8: Intakte Stromversorgung in der Telekommunikation und der Treibstoffversorgung (Ladinig & Rizzardi, 2012).....	29
Abbildung 4-9: Ausfälle innerhalb der ersten 6 Stunden nach dem Eintritt des Blackouts (Ladinig & Rizzardi, 2012)	30
Abbildung 4-10: Ausfälle innerhalb der ersten 7 bis 24 Stunden nach den Eintritt des Blackouts (Ladinig & Rizzardi, 2012)	31
Abbildung 4-11: Ausfälle mehr als 24 Stunden nach Eintritt des Blackouts (Ladinig & Rizzardi, 2012)	32
Abbildung 4-12: Ost-West-Engpass am 30.11.2012 (APG, 2013)	34
Abbildung 4-13: Nord-Süd-Engpass am 25.03.2013 (APG, 2013).....	35
Abbildung 4-14: Umgeknickte Strommasten im Münsterland 2005 (Ladinig & Saurugg, 2012b)	36
Abbildung 4-15: Satellitenbild zum Zeitpunkt des Blackouts in Italien 2003 (Attivissimo, 2017, modifiziert)	39
Abbildung 4-16: Blackout im Norden, Nordosten und Osten Indiens (World Socialist Web Site, 2017)	40
Abbildung 4-17: Blackout zufolge Eisregens in Slowenien (wetteronline, 2014).....	41
Abbildung 4-18: Blackout zufolge Eisregens in Slowenien (Saurugg & Steller, 2016).....	42
Abbildung 4-19: Blackout zufolge Eisregens in Slowenien (Saurugg & Steller, 2016).....	42
Abbildung 4-20: Satellitenbild zum Zeitpunkt des Blackouts in Nordost- Amerika (aee, 2017, modifiziert.)	43
Abbildung 4-21: Abweichung Windkraftproduktion von Ist- und Prognosewerten (APG, 2013).....	46
Abbildung 4-22: Geplanter 380 kV- Ring Österreich (Stand 2012) (APG, 2013).....	46

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4-23: Aufrechterhalten der konstanten Netzfrequenz von 50 Hz (APG, 2013).....	47
Abbildung 4-24: Einhaltung des n-1-Kriteriums an einer Übertragungsleitung (APG, 2013).....	48
Abbildung 4-25: Verletzung des n-1-Kriteriums an einer Übertragungsleitung (APG, 2013).....	48
Abbildung 4-26: Installierte Kraftwerksleistung Österreich 2011 (links) und Ziele für 2030 (rechts) (APG, 2013).....	50
Abbildung 4-27: Kraftwerkspotenziale in Österreich bis 2030 (APG, 2013).....	51
Abbildung 4-28: Überblick der Umspannwerksprojekte laut NEP 2016 (APG, 2016, modifiziert).....	53
Abbildung 4-29: Überblick der Leitungsprojekte laut NEP 2016 (APG, 2016, modifiziert).....	54
Abbildung 4-30: Inselbetriebsversuch Kärnten 2011 (Schmaranz, 2014).....	55
Abbildung 4-31: Frequenzverlauf während des Inselbetriebsversuches 2011 (Schmaranz, 2014).....	56
Abbildung 4-32: Ausstattung des DUtrain-Simulators (DUtrain, 2017).....	58
Abbildung 4-33: Ausstattung des DUtrain-Simulators (DUtrain, 2017).....	58
Abbildung 4-34: Simulierte Stromkollaps in der Schweiz (Bundesamt für Bevölkerungsschutz Schweiz, 2007, modifiziert).....	59
Abbildung 4-35: Aufbau eines selbstgebauten Wasserfilters (notvorsorge.com, 2013).....	61
Abbildung 4-36: Blackout nach den ersten 7 bis 24 Stunden mit Treibstoffnotversorgung (Ladinig & Rizzardi, 2012).....	65
Abbildung 4-37: Blackout nach den ersten 7 bis 24 Stunden ohne Treibstoffnotversorgung (Ladinig & Rizzardi, 2012).....	65
Abbildung 4-38: Betroffene Länder in Europa bei der Simulation von Blackout-Szenarien in Europa (Johannes Kepler Universität Linz, 2011, modifiziert).....	74
Abbildung 5-1: Österreichisches Übertragungsnetz, Ausbauzustand 2012 (APG, 2013).....	79
Abbildung 5-2: Verlauf der Leitungen der Kategorie I und II im APG-Übertragungsnetz nach APG (2013).....	81
Abbildung 5-3: Überblick über das 110 kV-Verteilernetz in Kärnten (Kärnten Netz, 2017b).....	82
Abbildung 5-4: Übersicht über die großen Kraftwerksparks Österreichs (APG, 2013).....	83
Abbildung 5-5: Grafische Darstellung geplanter und ungeplanter Versorgungsunterbrechungen von 2006 bis 2015 für das Mittel- und Niederspannungsnetz.....	85

Abbildung 5-6:	Grafische Darstellung durchschnittlicher Gesamtunterbrechungsdauern (ASIDI) von 2006 bis 2015 für das Mittel- und Niederspannungsnetz.....	86
Abbildung 5-7:	Grafische Darstellung der ungeplanten Versorgungsunterbrechungen nach ihrer Häufigkeit von 2006 bis 2015.....	87
Abbildung 5-8:	Länderspezifischer Vergleich ungeplanter Nichtverfügbarkeiten der Stromversorgung in verschiedenen Mittelspannungsnetzen Europas (Ometzberger, 2011).....	88
Abbildung 5-9:	Deltaregelzone vom 16.05.2017 (APG, 2017a)	90
Abbildung 5-10:	Deltaregelzone vom 17.05.2017 (APG, 2017a)	90
Abbildung 5-11:	Erdgasleitungen und Erdgasstätten in Österreich (Stand 2008) (E-Control, 2008, modifiziert).....	94
Abbildung 5-12:	Erdgasleitungen und Erdgasstätten in Kärnten (Stand 2008) (E-Control, 2008)	94
Abbildung 6-1:	Wassersituation rund um den Globus (Weltwassertag, 2017).....	99
Abbildung 6-2:	Wasserverbrauch in Österreich und auf der Welt unterteilt in Sektoren (OEVGW, 2017a)	101
Abbildung 6-3:	Durchschnittlicher Wasserverbrauch einer/eines Österreicherin/Österreichers pro Tag.....	102
Abbildung 7-1:	Anschlussgrad der österreichischen Bevölkerung an kommunale ARAs (BMLFUW, 2014b).....	108
Abbildung 7-2:	Kanalverteilung in Österreich (Stand 2007)	110
Abbildung 7-3:	Kanalverteilung in Wien (Stand 2007).....	110
Abbildung 7-4:	Anteil Kanalverteilung in den einzelnen Bundesländern Österreichs (Stand 2007) (Fenzl, 2011, modifiziert).....	111
Abbildung 7-5:	Kanalnetz inkl. Seedruckleitung am Ossiachersee (WV Ossiachersee, 2017a, modifiziert).....	112
Abbildung 7-6:	Gesamtüberblick der Reinigungsstufen einer ARA (Gujer, 2002).....	115
Abbildung 7-8:	Zulauf zu den Flotationen (WV Millstättersee, 2017a)	122
Abbildung 7-9:	Flotationen (WV Millstättersee, 2017a).....	122
Abbildung 7-10:	Flotationen und Denitrifikationsbecken (WV Millstättersee, 2017a, modifiziert)	123
Abbildung 9-1:	Hauptstromverbraucher der Abwasserreinigungsanlage pro Anlage.....	136
Abbildung 9-2:	Anzahl der Anlagen auf der ARA	137
Abbildung 9-3:	Hauptstromverbraucher der Abwasserreinigungsanlage	137
Abbildung 9-4:	Stationäres Notstromaggregat (640 kW) auf der ARA des WVO.....	139
Abbildung 9-5:	Mobiles Notstromaggregat (52 kW) des WVO	140

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 9-6: Ergebnis zur Frage: Haben Sie schon etwas über Blackout gehört bzw. gelesen?.....	141
Abbildung 9-7: Ergebnis zur Frage: Verfügen Sie zu Hause über Notstromaggregate?.....	142
Abbildung 9-8: Ergebnis zur Frage: Haben Sie zu Hause Treibstoff für Notstromaggregate vorrätig?.....	142
Abbildung 9-9: Ergebnis zur Frage: Sind Sie an das öffentliche Trinkwassernetz angeschlossen?	143
Abbildung 9-10: Ergebnis zur Frage: Sind zusätzlich zur öffentlichen Trinkwasserversorgung noch eigene oder fremde Trinkwasserbezugsstellen vorhanden?	144
Abbildung 9-11: Ergebnis zur Frage: Ist Ihnen bekannt, ob Ihre Trinkwasserversorgung vom Strom abhängig ist?.....	145
Abbildung 9-12: Ergebnis zur Frage: Sind Sie auf ein solches Szenario im Bereich der Trinkwasserversorgung vorbereitet?	145
Abbildung 9-13: Ergebnis zur Frage: Ist Ihnen bekannt, dass im Falle eines Blackouts die Abwasserentsorgung stillstehen kann?.....	146
Abbildung 9-14: Ergebnis zur Frage: Sind Sie auf ein solches Szenario im Bereich der Abwasserentsorgung vorbereitet?.....	147
Abbildung 9-15: Ergebnis zur Frage: Verfügen Sie über hauseigene Brunnen/Quellen?	147
Abbildung 9-16: Ergebnis zur Frage: Haben Sie in Ihrer Hausanschlussleitung zum öffentlichen Kanal ein Rückstausicherung (Rückstauklappe) eingebaut?	148
Abbildung 9-17: Ergebnis zur Frage: Haben Sie Vertrauen zu den folgenden Betrieben der öffentlichen Hand, wenn es zu einem Blackout kommen sollte?.....	149
Abbildung 10-1: Wirkung der Absetzzeit auf städtisches Abwasser nach Sierp (Imhoff und Imhoff, 2007 in Vicuinik, 2013).....	159

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Anwendungen der Versorgungsarten für die Szenarien.....	5
Tabelle 4-1:	Weltweite Blackouts der vergangenen Jahre (Schmaranz, 2014; Österreichs Energie, 2012)	37
Tabelle 4-2:	Durchschnittlicher Tagesbedarf an Treibstoff in Österreich (Ladinig & Saurugg, 2012b).....	64
Tabelle 4-3:	Geschätzte Kosten von Blackout-Szenarien in Kärnten	70
Tabelle 4-4:	Kosten- und Energieanteile der einzelnen Wirtschaftssektoren nach einem einstündigen Blackout in Kärnten.....	71
Tabelle 4-5:	Geschätzte Kosten von Blackout-Szenarien in der Steiermark.....	72
Tabelle 4-6:	Kosten- und Energieanteile der einzelnen Wirtschaftssektoren nach einem einstündigen Blackout in der Steiermark.....	72
Tabelle 4-7:	Geschätzte Kosten von Blackout-Szenarien in Österreich	73
Tabelle 4-8:	Kosten- und Energieanteile der einzelnen Wirtschaftssektoren nach einem einstündigen österreichweiten Blackout	74
Tabelle 4-9:	Geschätzte Kosten von Blackout-Szenarien in Europa	75
Tabelle 4-10:	Kosten- und Energieanteile der einzelnen Wirtschaftssektoren nach einen einstündigen europaweiten Blackout.....	76
Tabelle 4-11:	Zusammenstellung von 24-Stunden-Blackouts in einzelnen europäischen Staaten	77
Tabelle 5-1:	System- und Trassenlängen des APG Netzes, Stand 2012 (APG, 2013)	79
Tabelle 5-2:	Geplante und ungeplante Versorgungsunterbrechungen in Österreich von 2006 bis 2015 für das Mittel- und Niederspannungsnetz	85
Tabelle 5-3:	Unterteilung der ungeplanten Versorgungsunterbrechungen nach ihrer Häufigkeit von 2006 bis 2015 für das Mittel- und Niederspannungsnetz	86
Tabelle 5-4:	Kosten für die Systemstabilisierung in Österreich (Saurugg, 2017a)	91
Tabelle 7-1:	Vor- und Nachteile von Grundwasserarten (Fuchs- Hanusch, 2016).....	104
Tabelle 7-2:	Elektrischer Energieverbrauch auf einer ARA bezogen auf kWh/EW ₁₂₀ /a (Lindtner, 2011)	120
Tabelle 10-1:	Präventionsmaßnahmen für einen Abwasserentsorger.....	155
Tabelle 10-2:	Sofortmaßnahmen während eines Blackouts für einen AW-Entsorger.....	156

Abkürzungsverzeichnis

WWTP	wastewater treatment plants
ARA	Abwasserreinigungsanlage
APG	Austrian Power Grid
TW	Trinkwasser
AW	Abwasser
z. B.	zum Beispiel
GAU	Größter anzunehmender Unfall
TIWAG	Tiroler Wasserkraft AG
EE	Erneuerbare Energien
PSP	Pumpspeicher
BHKW	Blockheizkraftwerk
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
NEP	Netzentwicklungsplan
GuD	Gas- und Dampf-Kombikraftwerke
PV	Photovoltaik
UW	Umspannwerk
KW	Kraftwerk
ENTSO-E	European Network of Transmission System Operators for Electricity
KNG	Kärnten Netz GmbH
RAE	Regional außergewöhnliches Ereignis
ASIDI	Average System Interruption Duration Index
TAG	Trans-Austria-Gasleitung
WAG	West-Austria-Gasleitung
HAG	Hungaria-Austria-Gasleitung
bmwfw	Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft
RAG	Rohöl-Aufsuchungs-Aktiengesellschaft
OMV	Österreichische Mineralölverwaltung
VS	Verdichtungsstation
ÖVGW	Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach
ÖWAV	Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband
MSR-Tech.	Mess-, Steuer-, Regelungs-Technik
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
EVU	Energieversorgungsunternehmen
EW	Einwohnerwert
KPC	Kommunalkredit Public Consulting GmbH
GIS	Geografisches Informationssystem
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition

1 Einleitung

Die Nutzung und Bereitstellung des elektrischen Stroms, wie wir sie heute kennen, sind auf zahlreiche Erfindungen zurückzuführen, die bis ins 17. Jahrhundert zurückreichen (strom.info, 2017). Anhand dieser zahlreichen Entwicklungen wurden im 19. Jahrhundert die ersten Generatoren und Kraftwerke (KW) errichtet. Durch die Erfindung des Radios, Fernsehens und sonstiger elektronischer Geräte im 20. Jahrhundert wurde der Strombedarf immer größer, wodurch sowohl die Industrie als auch die privaten Haushalte Nutzungsgebühren zahlen mussten (strom.info, 2017). Durch den immer größer werdenden Strombedarf in den letzten Jahrzehnten sind die Kraftwerks- und Netzbetreiber vor immer größer werdende Herausforderungen gestellt worden.

Nur einem sehr geringen Anteil der Bevölkerung ist bewusst, wie wichtig und auch lebensnotwendig Strom für unsere Gesellschaft ist. Energie wird nicht nur für Haushaltsgeräte und sonstige elektronische Geräte benötigt, sondern spielt auch eine maßgebende Rolle in der Infrastruktur. Vielen ist einfach nicht bewusst, welche Herausforderungen für die Energieproduktion und -verteilung aufgewendet werden müssen, um zu jeder Zeit Strom zur Verfügung zu stellen. Daraus stellt sich zwangsläufig die Frage, was wäre, wenn die Bereitstellung der Energie aus der Steckdose plötzlich nicht mehr gegeben ist.

1.1 Zielsetzung und Motivation

Das Ziel der Masterarbeit liegt darin, anhand einer umfangreichen Literaturrecherche sowie intensiven Befragungen bei relevanten Unternehmen das Thema Blackout allgemein, den Energiesektor Österreichs (speziell in Kärnten) und Europas sowie die Einflüsse auf die Siedlungswasserwirtschaft detailliert darzustellen und speziell die Siedlungswasserwirtschaft und in diesem Zusammenhang auch die Bevölkerung darauf zu sensibilisieren, um entsprechende vorbereitende Maßnahmen setzen zu können, um solche Perioden möglichst unbeschadet überbrücken zu können.

Im Rahmen der Arbeit soll es möglich sein, festzustellen, in welchen Bereichen der Siedlungswasserwirtschaft Verbesserungsbedarf besteht und in welchen bereits heute ausreichende Maßnahmen getroffen wurden. Um hierfür möglichst realitätsnahe Erkenntnisse zu gewinnen, wurden im Rahmen der Masterarbeit eigens ausgearbeitete Fragebögen für Trinkwasserversorger, Abwasserentsorger und Haushalte entwickelt, welche im Rahmen von Workshops direkt vor Ort mit den Wasserverbänden durchgearbeitet und auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse weiter verbessert wurden. Damit soll durch die ausgearbeiteten und im Anhang angefügten Fragebögen eine Art Anregung und Grundlage für Trinkwasserversorger, Abwasserentsorger und einzelne Haushalte geschaffen werden, um sich mit dem Thema Blackout erstmalig etwas näher zu beschäftigen und um vorbereitende Gegenmaßnahmen dagegen zu entwickeln.

Die Motivation ist somit das Erreichen eines verstärkten Interesses, vor allem von Wasser- und Abwasserverbänden, an diesem Thema und zugleich aber auch eine gewisse Sensibilisierung der Bevölkerung und der Verbände für dieses Thema.

1.2 Aufgabenstellung und Aufbau der Arbeit

Wie bereits eingangs beschrieben, ist Strom eine nicht mehr wegzudenkende Ressource. Im Zuge dieser Masterarbeit wird die Wichtigkeit des Stromes speziell für die Siedlungswasserwirtschaft beurteilt und aufgezeigt und mit welchen Folgen bei einem flächendeckenden Stromausfall zu rechnen ist. Dabei bezieht sich die Arbeit neben der Trinkwasserversorgung vor allem auch auf die Abwasserentsorgung, beginnend von den Spülkästen in den einzelnen Haushalten bis hin zu den Abwasserreinigungsanlagen. Insbesondere in den Abwasserreinigungsanlagen selbst ist ein Betrieb der einzelnen Anlagen und Verfahrensschritte ohne Strom zum Großteil ausgeschlossen. Um hierfür möglichst realitätsnahe Erkenntnisse zu gewinnen, wurden neben Interviews bei einem Kraftwerksbetreiber, einem Netzbetreiber und einer Freiwilligen Feuerwehr auch Workshops bei vier ausgewählten Abwasserentsorgern und zwei ausgewählten Wasserversorgern abgehalten.

Dabei werden in der Masterarbeit die folgenden Hauptfragen gestellt und bearbeitet:

- Was ist überhaupt ein Blackout? Welche Hintergründe sind dafür maßgebend? Welche Folgen sind dabei generell zu erwarten?
- Wie sieht die aktuelle Strom- und Gasversorgung in Österreich, speziell in Kärnten aus?
- Was bedeutet ein Blackout speziell für die Siedlungswasserwirtschaft (Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung)? Welche Folgen für die Bevölkerung sind dabei zu erwarten?
- Kann ein solches Szenario überhaupt verhindert werden? Wenn ja, welche Möglichkeiten und vorbereitenden Maßnahmen können dagegen ergriffen werden?

Im folgenden Kapitel 2 werden Regelwerke, Pilotprojekte und Ansätze angeführt, in denen man sich mit dem Thema Blackout bereits beschäftigt hat.

Im Kapitel 3 wird kurz die Vorgangsweise zum Erreichen der Ziele der Masterarbeit beschrieben.

Im darauffolgenden Kapitel 4 wird der Begriff Blackout näher erläutert. Neben den möglichen Ursachen, die zu einem solchen Blackout führen können, wird auch kurz auf die Folgen in den einzelnen Teilbereichen der Infrastruktur eingegangen. In diese Bereiche fallen neben der Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung jedoch auch die Lebensmittelbranche, die Mineralölbranche,

die Eisenbahn-, U-Bahn- und Straßenbahnnetze, die Kommunikation, Atomkraftwerke, das Gesundheits- und Finanzwesen und vieles mehr. Um darzustellen, wie aktuell das Thema ist, werden einige Beispiele von bereits aufgetretenen Blackouts aus der Vergangenheit, sowohl in Österreich als auch der Welt aufgezeigt und beschrieben.

Im Kapitel 5 wird auf den Aufbau und die Funktion der Energie- und Gasnetze in Österreich und dabei im Speziellen in Kärnten eingegangen.

Im darauffolgenden Kapitel 6 wird versucht, im Allgemeinen zu beschreiben, welche spezielle Bedeutung dabei dem Wasser zukommt. Dabei wird auch ein kurzer Überblick über die Wasserverbräuche in den Haushalten gegeben.

Im Kapitel 7 werden die einzelnen Bereiche der Abwasserentsorgung (Kanalisation und Abwasserreinigungsanlagen (ARA)) und Trinkwasserversorgung (TW-Versorgung) im Hinblick auf ihre Funktionalität beschrieben. Des Weiteren wird in diesem Kapitel aufgezeigt, in welchen dieser Teilbereiche Strom benötigt wird und in welchen ein zumindestens temporärer Betrieb auch ohne Strom möglich ist.

Im Kapitel 8 wird auf die einzelnen Fragebögen für die Trinkwasserversorger, Abwasserentsorger und Haushalte eingegangen. Dabei werden die Fragebögen im Hinblick auf ihren Aufbau beschrieben. Zudem wird dargelegt, wie die Befragungen im Rahmen der Masterarbeit durchgeführt wurden.

Im Kapitel 9 werden die Ergebnisse der Fragebögen-Befragungen detailliert ausgewertet und anschließend nochmals zusammenfassend dargestellt.

Im vorletzten Kapitel 10 wird für einen Abwasserentsorger ein mögliches Risk Assessment (Risikoanalyse) in Form von Maßnahmenplänen skizziert.

Im letzten Kapitel 11 werden die wesentlichen Erkenntnisse der Arbeit zusammengefasst und aus den gewonnenen Erkenntnissen entsprechende Empfehlungen abgeleitet.

Im Anhang befinden sich die im Rahmen der Masterarbeit entwickelten Mustervorlagen der Fragebögen für die Trinkwasserversorger, Abwasserentsorger und Haushalte.

2 Grundlagen

Zu Beginn werden in diesem Kapitel Regelwerke, Pilotprojekte und Ansätze angeführt, in denen man sich mit dem Thema Blackout bereits beschäftigt hat. Zudem wird auch auf deren Inhalte kurz eingegangen.

2.1 Richtlinie W 74

Das Thema Störfall ist in der Siedlungswasserwirtschaft und dabei vor allem in der Trinkwasserversorgung schon seit längerer Zeit ein Thema. Wie intensiv das Thema hier bereits bearbeitet wird, zeigt die eigens von der österreichischen Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (ÖVGW) erstellte und erst im letzten Jahr überarbeitete Richtlinie W 74 (2017). Diese Richtlinie beschäftigt sich ausschließlich mit dem Thema Trinkwassernotversorgung (TNV). Neben den möglichen Ursachen für eine Trinkwassernotversorgung werden auch die rechtlichen Grundlagen sowie das Krisenmanagement der TNV in der W 74 behandelt. Im Krisenmanagement wird dabei nach vier Szenarien und fünf Versorgungsarten unterschieden (OEVGW, 2017b). Die vier Modellszenarien beschäftigen sich mit der Einschränkung der Wassermenge und/oder der Wasserqualität/Wassergüte und werden gemäß OEVGW (2017b) wie folgt unterteilt:

- Szenario 1: Wassermenge ausreichend, keine Trinkwassereignung
- Szenario 2: Wassermenge eingeschränkt, Trinkwassereignung gegeben
- Szenario 3: Wassermenge eingeschränkt, keine Trinkwassereignung
- Szenario 4: Kein Wasser verfügbar

Die fünf möglichen Versorgungsarten, die den einzelnen Modellszenarien zugeordnet werden können, sind laut OEVGW (2017b) folgende:

- Versorgungsart 0: Normale Versorgung

Diese Versorgungsart entspricht einer gewöhnlichen Trinkwasserversorgung.

- Versorgungsart 1: Eingeschränkte zentrale Versorgung

In diesem Fall ist die zentrale Versorgung funktionsfähig, jedoch mengenmäßig ist eine Einschränkung gegeben. Durch beispielsweise Absenken des Druckes oder zeitlicher Begrenzung der täglichen Wasserversorgung kann die Trinkwassermenge reduziert werden. Ausgenommen sind hierbei Krankenhäuser und ähnliches.

- Versorgungsart 2: Holversorgung

Hierbei ist die Wasserversorgung gebietsweise völlig ausgefallen oder für den menschlichen Verzehr ungeeignet. Die Bevölkerung kann hier nur mehr nach dem Holprinzip an den definierten Trinkwasserabholpunkten mit Trinkwasser versorgt werden. Wenn die zentrale Wasserversorgung funktioniert, das Was-

ser jedoch nicht trinkbar ist, kann das Wasser trotzdem als Brauchwasser weiterverwendet werden. Bei völligem Ausfall der zentralen Wasserversorgung muss auch die Bevölkerung mit Brauchwasser an den Abholpunkten versorgt werden. Um Verwechslungen zu vermeiden, hat das Wasser an den Abholpunkten ausschließlich Trinkwasserqualität. In Großstädten, mit mehreren 10.000 Menschen auf engstem Raum, ist diese Versorgungsart jedoch nur sehr schwer umzusetzen.

- Versorgungsart 3: Eigenbevorratung

Ist die zentrale Wasserversorgung komplett ausgefallen, oder für den menschlichen Genuss völlig ungeeignet und sind keine Abholpunkte definiert bzw. vorhanden, so kann die Versorgung nur mit Eigenbevorratung sichergestellt werden. Für die Eigenbevorratung ist jeder Haushalt selbst verantwortlich.

- Versorgungsart 4: Versorgung mit Nutzwasser über das Rohrnetz

Bei kontaminiertem Wasser sollte die zentrale Wasserversorgung trotzdem betrieben werden, um die Versorgung mit Löschwasser sowie Brauchwasser, beispielsweise für Toilettenspülungen und Kühlsysteme, weiter sicherzustellen. Die Konsumenten sind umgehend zu informieren und der Trinkwasserbedarf sollte wie in Versorgungsart 2 oder 3 gedeckt werden.

Welche Versorgungsart für welches Szenario eingesetzt werden kann, zeigt die Tabelle 2-1 (OEVGW, 2017b).

Tabelle 2-1: Anwendungen der Versorgungsarten für die Szenarien

Szenario	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4
Versorgungsart	2,3,4	1,2,3	2,3,4	2,3

Im Anhang der W 74 finden sich zudem noch Mustervorlagen (z. B. „Aufruf zum Wassersparen“; „kontaminiertes Wasser“; „ausgefallene Trink- und Nutzwasserversorgung“), die als Informationsblatt an die einzelnen Haushalte verteilt werden können (OEVGW, 2017b).

2.2 Wasserversorgungsplan Steiermark

Für diejenigen, die sich intensiver mit der Wasserversorgung in der Steiermark beschäftigen wollen, empfiehlt es sich den Wasserversorgungsplan Steiermark 2015 genauer zu betrachten. Neben der Wassergewinnung und den Wasserreserven, werden darin auch der Wasserbedarf sowie der prognostizierte Wasserbedarf in der Steiermark bis 2050 näher erläutert. Zudem wird auch auf das Störfall- und Katastrophenmanagement in der Trinkwasserversorgung eingegangen. Dabei sollen im Wesentlichen die Handlungsbereiche der Wasserversorger, der Gemeinden und verschiedenen Landesebenen im Notfall näher gebracht werden. Wie dies im Detail für die einzelnen Eskalationsstufen, sprich eingeschränkte Netzversorgung, Versorgungsunterbrechung, Not-, Krisen- oder Katastrophenfall auszusehen hat, kann unter folgendem Link nachgelesen werden:

<http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/beitrag/10188852/4660005>

(Letzter Zugriff am 12.11.2017)

2.3 „Umgang mit Störfällen in der Steiermärkischen Wasserversorgung“

Die Universität für Bodenkultur in Wien (BOKU) hat sich im Zeitraum von Ende 2015 bis Anfang 2017 ebenfalls mit dem Thema Störfall in der Wasserversorgung in der Steiermark beschäftigt (Nicolics u. a., 2017). Im Rahmen eines Leitfadens mit dem Titel „Umgang mit Störfällen in der Steiermärkischen Wasserversorgung“ wurde dabei ausschließlich auf die Störfallvorsorge und -planung in der Steiermärkischen Wasserversorgung eingegangen. Die Fragestellungen die im Zuge des Leitfadens gestellt und beantwortet wurden sind folgende:

- Wie gut sind die steiermärkischen Wasserversorger auf gröbere Störungen, Not- oder Krisenfälle vorbereitet?
- Was wird benötigt, um eine durchgehend hohe Versorgungssicherheit zu gewährleisten?

Neben Wasserverbänden und Wasserversorgern wurden auch zahlreiche Wassergenossenschaften und Wassergemeinschaften mit dem Thema konfrontiert.

Wie genau die Umsetzung einer Störfallvorsorgeplanung nach Möglichkeit zu funktionieren hat, wird hier als Leitfaden mit acht Modulen dargestellt. Die acht Module lauten nach Nicolics et al. (2017) wie folgt:

- Modul 1: Teambildung und Grundlagenaufbereitung aus dem Normalbetrieb
- Modul 2: Störfallminimierung (Identifizierung, Elimination und Minimierung von Gefährdungen) durchführen
- Modul 3: Störfallszenarien festlegen

- Modul 4: Störfallabwicklung planen und Arbeitsanweisungen formulieren
- Modul 5: Training der Störfallabwicklung
- Modul 6: Kontinuierliche Verbesserung und Dokumentation
- Modul 7: Abwicklung der Arbeitsanweisungen im Störfall (Notfall, Krise)
- Modul 8: Definition der Schnittstellen und Übergang zum Katastrophenmanagement planen

Was dies im Detail bedeutet und welche Zwischenschritte in den einzelnen Modulen notwendig sind, kann in Nicolics et al. (2017) und im erstellten Leitfaden nachgelesen werden.

Des Weiteren wurde im Rahmen dieser Arbeit ein Fragebogen in Bezug auf Störfälle ausschließlich in der Trinkwasserversorgung erstellt. Der erste Teil des Fragebogens dient zur Informationsgewinnung betreffend Häufigkeiten von Störungen. Teil zwei des Fragebogens soll dazu dienen, den Umsetzungsstand von Störfall-, Notfall-, oder Krisenmanagementplanung abzuschätzen. Im letzten Teil des Fragebogens werden noch allgemeine Betriebsdaten erhoben. (Nicolics u. a., 2017)

Um den Umsetzungsstand beurteilen zu können, wurden fünf Schritte festgelegt, zu denen Mindestanforderungen und K.O.-Kriterien zugeordnet werden. Diese sollten von den Befragten so gut wie möglich erfüllt worden sein, um schon jetzt gut auf einen derartigen Ernstfall vorbereitet zu sein. Die fünf festgelegten Schritte sind nach Nicolics et al. (2017) folgende:

- Gefährdungsidentifizierung
- Präventionsmaßnahmenplanung und Einbindung in den Betrieb
- Sofortmaßnahmenplanung
- Sofortmaßnahmeneinleitung und Alarmierung
- Dokumentation

Es sei jedoch erwähnt, dass sich die BOKU in der Störfallvorsorge und -planung sehr allgemein mit Störfällen und Krisen befasst hat und nicht im Speziellen auf Blackout-Szenarien eingegangen ist.

2.4 Stadt Feldbach

Die Stadt Feldbach befasste sich als erste Stadt Österreichs mit einer speziellen Blackout-Strategie. Diese Strategie umfasst einen 3-Stufen-Plan. Die Stufe eins stellt eine Prävention, sprich Sensibilisierung der Bevölkerung gegenüber dem Thema Blackout dar. In der Stufe zwei werden technische Lösungen entwickelt. Die Stufe drei und somit die letzte Stufe beinhaltet Projekte zur Blackout-Vorsorge, die nicht alleine den Stromsektor betreffen. (Stadt Feldbach, 2017c)

In der Blackout-Vorsorge geht es darum zu überlegen, welche Elektrogeräte unbedingt in Betrieb bleiben müssen und welchen Leistungsbedarf diese auf-

weisen. Zudem sollte geklärt werden, wie lange diese Geräte in Betrieb bleiben müssen. Sind all diese Eckdaten bekannt, kann eine Notstromversorgung (Photovoltaik-Anlagen [PV-Anlage] mit oder ohne Batteriespeicher, Benzin/Diesel-Notstromaggregate) vom Elektrofachbetrieb installiert werden. Es muss jedoch beachtet werden, dass ein Normalbetrieb aller Anlagen mittels Notversorgung nicht möglich ist. (Stadt Feldbach, 2017b)

Wie die Möglichkeiten an Notstromversorgungen zu Hause aussehen könnten und welche Vor- und Nachteile damit verbunden sind, werden in den nachfolgenden Absätzen beschrieben.

Bei herkömmlichen PV-Anlagen muss aus Sicherheitsgründen bei einem Stromausfall die PV-Anlage abgeschaltet werden. PV-Anlagen ohne Speicher aber mit Notstromfunktion könnten bei Stromausfall theoretisch genutzt werden, praktisch gesehen aber eher nicht, da aufgrund der ständigen Witterungsänderungen und schwankenden PV-Leistungen diese Art der Notstromversorgung unpraktikabel ist. Für alle Varianten der Notstromversorgung gilt, dass eine ordnungsgemäße Einbindung in das Hausnetz inklusive Netztrennung und Schutzmaßnahmen erforderlich ist, denn „Sicherheit geht immer vor“! (Stadt Feldbach, 2017a)

Bei einer Notstromversorgung mit PV-Anlagen ohne Batterie muss die von den PV-Modulen erzeugte elektrische Energie bei Netzausfall direkt verwendet werden. Der Nachteil liegt darin, dass bei wechselnder Witterung die PV-Leistung schwankt und bei Überlast (Abnahmeleistung im Haushalt höher als die momentane Leistung der PV-Anlage) der Wechselrichter die Stromversorgung abschaltet. Die Kosten für das Nachrüsten von bestehenden Anlagen betragen 3.500-4.000 €. Bei Neuanschaffung des gesamten Systems muss mit Mehrkosten von 2.500-3.000 € gerechnet werden. (Stadt Feldbach, 2017a)

Die Notstromversorgung durch PV-Anlagen inklusive Batterie steigert die Eigenstromversorgung. Sie ist aufgrund der Speicherlösung eine komfortable Lösung während des Notstrombetriebes als auch während des Normalbetriebes. Die Kosten hierbei liegen bei 9.000 €, zuzüglich Kosten für PV-Module. (Stadt Feldbach, 2017a)

Bei Notstromversorgung mit Benzin/Diesel-Notstromaggregaten erfolgt die Stromproduktion über einen kleinen Verbrennungsmotor, welcher über einen Generator elektrische Energie ins Hausnetz abgibt. Auch hier ist eine ordnungsgemäße Einbindung der Notstromversorgung in das Hausnetz inkl. Netztrennung und Schutzmaßnahmen erforderlich, da sonst Schäden an Elektrogeräten entstehen können. Die Kosten des Aggregates inkl. fachgerechte Einbindung in das Hausnetz betragen circa 2.500 €. (Stadt Feldbach, 2017a)

3 Methodik

Um einen Überblick über das Thema Blackout zu erhalten, wurde eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt. Ergänzend dazu wurden, um den Energiesektor möglichst realitätsnah und umfangreich zu beschreiben, Interviews bei einem Kraftwerksbetreiber und einem Netzbetreiber durchgeführt. Damit ist es möglich, die derzeitige Netzsituation genauer zu beurteilen. Zudem wurde anhand eines Interviews bei einer Freiwilligen Feuerwehr auch die Meinung einer Blaulichtorganisation zu diesem Thema noch berücksichtigt.

Im nächsten Arbeitsschritt wurden Fragebögen speziell für Wasserver- und Abwasserentsorger sowie für Haushalte erstellt, um diesen die Möglichkeit zu geben, sich mit dem Thema erstmalig auseinandersetzen zu können. Diese Fragebögen wurden ausgewählten Haushalten in Papierform zugesandt, während ausgewählten Wasserver- und Abwasserentsorgern die Fragebogen digital übermittelt wurden.

Nach ausreichender Vorlaufzeit wurden anschließend Workshops bei den ausgewählten Wasserver- und Abwasserentsorgern zum Thema Blackout durchgeführt und dabei die möglichen Auswirkungen eines Blackouts auf deren Bereiche näher beleuchtet. Zudem sollten dabei in Bezug auf die Fragebögen allfällige Unklarheiten beseitigt werden und Verbesserungsvorschläge für diese gewonnen werden.

Zum Abschluss können nach der Befassung mit den Fragebögen mögliche Gegenmaßnahmen erarbeitet und Vorsorgemaßnahmen durchgeführt werden, um sowohl die Unternehmen als auch die Haushalte besser auf ein derartiges Blackout-Szenario vorzubereiten.

4 Blackout

In diesem Kapitel wird das Thema Blackout ausführlich behandelt. Zu Beginn wird der Begriff Blackout einmal definiert. Danach wird nach den unterschiedlichen Zeitdauern eines möglichen Stromausfalles unterschieden und erläutert, wie wahrscheinlich ein solches Szenario in Europa und der Welt wirklich ist. Um die Brisanz dieses Themas noch etwas intensiver zu behandeln, werden neben den Ursachen eines solchen Blackouts auch die schwerwiegenden Folgen an den Tagen danach beschrieben. Des Weiteren werden im Kapitel 4.5 Beispiele an Blackouts aus den letzten Jahrzehnten im In- und Ausland aufgezeigt. Zudem wird auch beschrieben, welche Gegenmaßnahmen möglich sind und wie sich die öffentliche Hand auf ein solches Szenario vorbereiten kann. Ergänzend wird noch der volkswirtschaftliche Schaden infolge eines solchen Stromausfalles beurteilt.

4.1 Definition

Im Rahmen dieser Masterarbeit steht der Begriff Blackout für einen speziellen Stromausfall, wobei nicht jeder Stromausfall als Blackout bezeichnet werden sollte. Deshalb werden im nachfolgenden Absatz die möglichen Arten von Stromausfällen kurz erläutert.

Wenn es sich um einen kurzzeitigen Stromausfall im Bereich von wenigen Sekunden handelt, spricht man von einem sogenannten „Netzwischer“. Dieser kann zum Beispiel durch Blitzschläge oder defekte Freileitungen ausgelöst werden. Die nächsthöhere Stufe eines Stromausfalles wird als „Brownout“ oder „Shag“ bezeichnet. Dabei entstehen zufolge Überlastungen im unterdimensionierten Netz Spannungsunregelmäßigkeiten, die durchaus als Vorboten für ein Blackout bezeichnet werden können. In der nächsthöheren Stufe wird dann von einem „Blackout“ gesprochen, wenn es sich um einen totalen, überregionalen und längerfristigen Stromausfall handelt. Das Worst-Case-Szenario ist jedoch der sogenannte „Schwarzfall“, wo der Stromausfall so weit geht, dass es nur mehr schwarzstartfähigen Kraftwerken möglich ist, wieder zu starten. (Niederösterreichische Zivilschutzverband, 2013)

Schwarzstartfähigkeit bedeutet, dass die Erzeugungsanlage ohne elektrische Energiezufuhr aus dem Netz wieder in Betrieb genommen werden kann (Schmaranz, 2014). Hierbei wird die für die Inbetriebnahme des Kraftwerkes erforderliche Energie beispielsweise durch dieselbetriebene Notstromaggregate bereitgestellt (Schmaranz, 2014).

Im Zuge der Recherchen hat sich eine Vielzahl von weiteren Definitionen für den Begriff Blackout ergeben. Nach Saurugg (2017b) ist ein Blackout ein plötzlicher, überregionaler und länger andauernder Strom- und Infrastrukturausfall oder nach Ladinig & Saurugg (2012a) ein plötzlicher, großräumiger und länger

andauernder Stromausfall, wobei es keine quantitative Eingrenzung gibt. Obwohl sich die einzelnen Definitionen im Detail unterscheiden, bleibt deren Kernaussage aber durchgehend dieselbe.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass ein Blackout ein großflächiger und zeitlich kurz bis lang andauernder Stromausfall ist. Diesbezüglich ist anzumerken, dass auch ein kurzer Stromausfall über wenige Stunden, der sich jedoch über mehrere Länder erstreckt, ebenfalls als Blackout bezeichnet werden kann. Unter großflächig ist zu verstehen, dass es sich hierbei entweder um einzelne große Länder (z. B. Italien) handelt oder um mehrere kleine Länder (z. B. Schweiz, Österreich, Slowenien). Im Falle eines sogar europaweiten Blackouts wäre man auf sich alleine gestellt, da eine Hilfe durch die angrenzenden Nachbarländer kaum bzw. nicht möglich ist, da diese selbst an ihre Kapazitätsgrenzen stoßen.

4.2 Zeitdauer und Wahrscheinlichkeit eines Blackouts

Wie bereits im Kapitel 4.1 erwähnt, ist die zeitliche Abgrenzung eines Blackouts nur schwer zu definieren. Die Dauer reicht von Stunden über Tage bis hin zu Wochen und Monaten wie die Abbildung 4-1 zeigt. Dieser Zeithorizont umschließt nicht nur die Dauer des totalen Stillstandes, sondern auch die Zeit bis die Stromversorgung wieder aufgebaut und Normalität wieder eingekehrt ist. Das bedeutet, dass es nach einem erfolgreichen Wiederhochfahren des Stromnetzes zu einer sogenannten Strommangellage kommen kann. Hierbei wird der Strom in regelmäßigen Abständen wieder an- und abgeschaltet. Beispielsweise verfügt man über acht Stunden Strom und für die nächsten vier Stunden über keinen Strom. Dieser Zyklus kann sich über mehrere Tage bis Wochen hinwegsetzen. Damit soll garantiert werden, wieder ein stabiles und zuverlässiges Stromnetz aufzubauen.



Abbildung 4-1: Zeithorizont Blackout (Saurugg, 2017b)

Wie wahrscheinlich ein solcher Blackout ist, lässt sich nur schwer vorhersagen. Im Zuge der Masterarbeit wurden deshalb auch Befragungen bei einem Kraftwerksbetreiber (KELAG), einem Netzbetreiber (Kärnten Netz), einer Freiwilligen Feuerwehr (Feldkirchen) sowie Workshops bei vier Abwasserentsorgern und zwei Wasserversorgern durchgeführt.

Die Ergebnisse der Befragungen in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines solchen Blackout-Szenarios waren ziemlich gleich lautend. Die

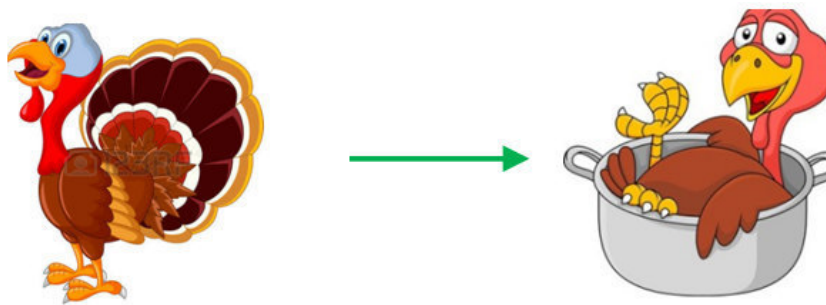
Geschäftsführer des Kraftwerksbetreibers sehen ein solches Blackout-Szenario als eher unwahrscheinlich an, da in letzter Zeit sehr stark in den Netzausbau investiert wurde. Jedoch wurde angemerkt, dass viele dieser Netzausbauprojekte (z. B. 110 kV-Leitung Villach) durch Bürgerinitiativen gestoppt bzw. verzögert werden und damit die Gefahr von Blackouts natürlich erhöht wird (ORF Kärnten, 2017a). Laut Aussagen der Geschäftsführung des Netzbetreibers steigt die Gefahr eines Blackouts in Zukunft allerdings weiter an. Jedoch auch hier wurde darauf verwiesen, dass sehr viele Anstrengungen unternommen werden, um dies zu verhindern bzw. wenn es wirklich zu einem solchen Ernstfall kommt, dass das Netz so schnell wie möglich wieder aufgebaut werden kann.

Auch für den Betriebsleiter der ARA Feldkirchen des Wasserverbandes Ossiacher See in Kärnten ist ein solches Blackout-Szenario in Kärnten/Österreich eher als unwahrscheinlich einzustufen, da es in den letzten 50 Jahren in Kärnten/Österreich nie so etwas Derartiges gegeben hat. Für die befragte Freiwillige Feuerwehr hingegen ist ein solches Szenario durchaus möglich. Jedoch sind solche Einschätzungen laut Aussagen der Feuerwehr meist rein hypothetische Ansätze.

Wenn man jedoch etwas weiter über die Staatsgrenzen hinausblickt, dann ist die Wahrscheinlichkeit eines solchen Blackouts durchaus gegeben. Das europäische Stromversorgungssystem wurde früher durch einfache und leicht steuerbare und berechenbare Großkraftwerke aufgebaut und erfolgreich betrieben. Dadurch konnten die Schwankungen zwischen Erzeugung und Verbrauch leicht ausgeglichen werden. In den letzten 10 – 15 Jahren hat sich allerdings die Stabilität des Stromnetzes rapide verschlechtert. Durch den massiven Ausbau von erneuerbaren Energien (EE), wie zum Beispiel Off-Shore-Windparks in der Nord- und Ostsee oder Photovoltaik-Anlagen, ist die Synchronisierung zwischen Erzeugung und Verbrauch wesentlich erschwert worden. Demzufolge stößt das europäische Netz immer häufiger an die Belastungsgrenzen und wird somit auch anfälliger gegenüber Störungen. (Saurugg, 2014b)

Durch den Anstieg der Vernetzungsdichte steigen auch die gegenseitigen Abhängigkeiten immer weiter an, womit die Wahrscheinlichkeit für unvorhersehbare, nicht berechenbare Ereignisse (sog. „Schwarze Schwäne“) immer weiter ansteigt (Saurugg, 2014a).

Man kann die Gefahr eines Blackouts mit Hilfe der sogenannten "Truthahn-Illusion" einfach erklären. Dabei wird ein Truthahn von seinem Besitzer Tag für Tag gefüttert, ohne zu wissen, was am Tag X passiert. Dabei wiegt sich der Truthahn währenddessen in Sicherheit, da im Zuge der Erfahrungen die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines negativen Ereignisses verkleinert wird. Jedoch am Tag X, z. B. zu Thanksgiving, wird ein Wendepunkt im Leben des Truthahnes mit schwerwiegenden Folgen eintreten. (Saurugg, 2014b)



Truthahn-Illusion

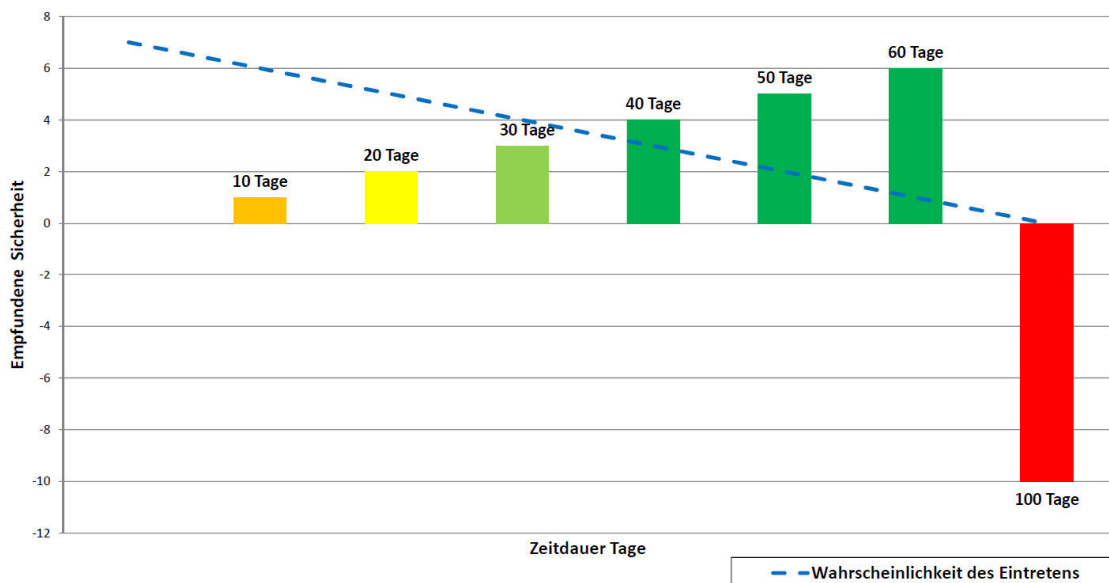


Abbildung 4-2: Die Truthahn-Illusion

Dabei wird in der Abbildung 4-2 beschrieben, dass die Sicherheit von Tag zu Tag steigt und die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines negativen Ereignisses dementsprechend gegen Null sinkt. Dasselbe Prinzip kann man nun auch auf die Menschen aus aller Welt übertragen. Viele von denen sind mit dem Strom aufgewachsen und für sie war er immer verfügbar. Wieso sollte es in den nächsten 50 Jahren anders sein?

4.3 Ursachen eines Blackouts

Die Ursachen eines Blackouts sind sehr unterschiedlich und vielfältig. Die Auslöser können von einem Kurzschluss in einer Trafostation, der sich unter missglückten Umständen zu einem Blackout ausweitet, bis hin zu unvermeidbaren Störungen im hochrangigen europäischen Verbundnetz reichen. Um einen flächendeckenden Blackout zu erzeugen, reicht ein einzelner Auslöser nicht aus. Meistens ist es, wie bereits oben erwähnt, eine Verkettung von unglücklichen Umständen, die sich wie eine Art Dominoeffekt durch das Netz ziehen.

Die häufigsten Ursachen, die in den letzten Jahren zu einem Blackout geführt haben, sind neben den Naturereignissen auch die nur schwer steuerbaren Energieeinspeisungen. Im Zuge der Förderungen von erneuerbaren Energien

vor allem in Deutschland, hat sich die Stabilität des europäischen Verbundnetzes rapide verschlechtert. Dies liegt vor allem daran, dass die früheren systemerhaltenden Großkraftwerke (z. B. Kohle- und Gaskraftwerke) mittlerweile sehr oft nicht mehr rentabel sind und aus diesem Grund vom Netz genommen werden. Aufgrund der großen Energiemengen, welche vorwiegend in den Offshore-Windparks in der Nord- und Ostsee (Abbildung 4-3) produziert werden können, sind die Leitungsnetze an ihre Belastungsgrenze gelangt.



Abbildung 4-3: Offshore Windparks (Österreichisches Bundesheer, 2014)

Das Problem liegt dabei nicht darin Verbraucher zu finden, sondern wie sichergestellt werden kann, dass der Strom vom Norden, wo dieser produziert wird, in den Süden, wo ausreichender Bedarf vorhanden ist, geleitet werden kann. Aufgrund der fehlenden 1000 km an Hochspannungsnetz in Deutschland, ist eine gleichmäßige Verteilung des Lastflusses nur sehr schwer zu bewerkstelligen, wodurch es immer häufiger zu Netzschwankungen im Verbundnetz kommt. Dadurch ist es leichter möglich geworden, durch mehrere unglückliche Umstände in Form eines Dominoeffektes einen europaweiten Blackout zu erleiden.

Nicht nur in Deutschland, sondern auch in Österreich ist in Bezug auf den Netzausbau und somit auf die Netzstabilität noch vieles nicht zu 100 % sicher und ausgebaut. In der nachfolgenden Abbildung 4-4 werden von der Austrian Power Grid (APG), Österreichs Übertragungsnetzbetreiber, die Schwachstellen im inländischen Netz aufgezeigt.

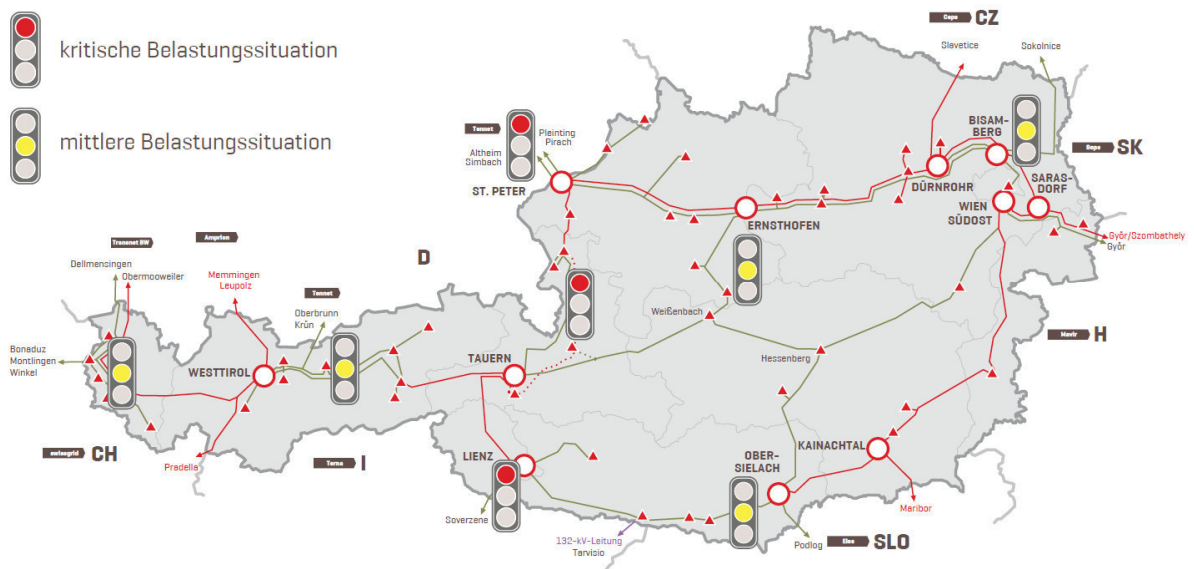


Abbildung 4-4: Bestehende und absehbare Schwachstellen im APG-Übertragungsnetz bis 2020 (APG, 2013)

Insbesondere die Nord-Süd-Verbindungen (220 kV-Leitung von Salzburg über die Tauern, Ernsthofen, Weissenbach nach Tauern; 220 kV-Leitung von Wien-Südost über Ternitz, Hessenberg nach Oberstieglach) stoßen wiederholt an ihre Belastungsgrenzen, da sowohl ihr Alter von mehr als 60 Jahren als auch die zu geringen Seilquerschnitte die erforderlichen Transportkapazitäten nicht mehr aufbringen können. Zwar wurde durch die Inbetriebnahme der 380 kV-Steiermarkleitung Mitte 2009 die Nord-Süd-Verbindung etwas entlastet, jedoch hat sich durch die massiven Investitionen in Windparks im Osten von Österreich die Situation wieder verschärft. Demnach kann dieser Engpass erst durch die Fertigstellung der 380 kV-Salzburgleitung (vom Netzknoten St. Peter über Salzburg und Pongau bis zum Netzknoten Tauern) beseitigt werden. Dadurch können durch einen durchgängigen 380 kV-Betrieb die notwendigen Transportkapazitäten sichergestellt werden. (APG, 2013)

Neben dem Nord-Süd-Engpass in Österreich ist auch die Ost-West Verbindung ein Nadelöhr im österreichischen Übertragungsnetz. Insbesondere die 220 kV-Donauschiene, sowie die 220 kV-Leitungen von Oberstieglach nach Lienz und Zell im Zillertal nach Westtirol sind enormen Belastungen ausgesetzt. Verursacht werden diese Lastflüsse einerseits durch die enormen Erzeugungen in Südosteuropa, sowie Importen von Italien, Frankreich, Deutschland und Belgien und andererseits durch die Windkrafterzeugung im Osten von Österreich. Demzufolge gewinnt der 380 kV-Ringschluss im Süden Österreichs immer mehr an Bedeutung. (APG, 2013)

Nicht nur im inländischen Übertragungsnetz treten solche Schwachstellen auf. Auch an den Staatsgrenzen von Österreich nach Deutschland und Italien weisen die 220 kV-Leitungen überdurchschnittliche Belastungen auf. Die Belastungen der 220 kV-Leitung von Lienz nach Italien, die bereits im Jahre 1953 in Be-

trieb genommen wurde, sind durch das Importverhalten Italiens und den nahe gelegenen Wasser- und Speicherkraftwerken in Kärnten rapide gestiegen. Ähnlich ist die Situation der 220 kV-Leitungen zwischen den Netzknoten St. Peter und Deutschland. Infolge der Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) in Bayern, den erneuerbaren Energien in Deutschland und den Donaukraftwerken, stoßen auch hier die 220 kV-Leitungen immer häufiger an ihre Belastungsgrenzen. (APG, 2013)

Nicht nur die aktuelle Netzsituation ist von Bedeutung, sondern auch die zukünftige Entwicklung der Automobilbranche im Hinblick auf Elektroautos darf nicht vernachlässigt werden. Laut APG hat ein elektrisch betriebener PKW einen durchschnittlichen Energieverbrauch von 25 kWh je 100 gefahrenen Kilometern. Bei einer durchschnittlichen jährlichen Kilometerleistung von 13.800 km ergibt sich ein Jahresverbrauch von 1,38-3,45 MWh pro Fahrzeug. Bei der bis zum Jahre 2020 erwarteten Anzahl von 210.000 E-Autos in Österreich, liegt der zusätzliche Energiebedarf in Österreich pro Jahr zwischen 289 und 725 GWh. Das entspricht 1 % des heimischen Stromverbrauches. (APG, 2013)

Nachfolgend werden alle möglichen Ursachen, die einen Blackout hervorrufen können, gemäß Schmaranz (2014) und Ladinig & Saurugg (2012b) aufgezählt:

- Klima, Klimawandel/ Naturereignisse:
 - Sturm, Blitzschlag, Hochwasser, Schnee und Eis, Vulkanausbruch
 - Erdbeben, Sonneneruptionen/Sonnenstürme, Trockenperioden
- Ressourcenausfall der Primärenergie
 - Mangel an Wasser, Wind, Gas, Kohle, Öl oder Brennstäben
- Netzengpässe an Kupplungsstellen zwischen Übertragungsnetzen
- Mangelnder Netzausbau
- Verletzung der n-1 Sicherheitsregel (Erläuterung im Kapitel 4.6.1)
- Systemische, organisatorische Mängel
 - Netzaufsplitterung
 - Übertriebenes Gewinnstreben
- Divergierende Erzeugungs- und Verbrauchersituation
- Menschliches Versagen
 - Schaltfehler
 - Unaufmerksamkeit
- Technisches Versagen
 - Materialfehler

-
- Produktionsfehler
 - Ausfall von zentralen Betriebsmitteln
 - Überalterung von Anlagenteilen
 - Planungsfehler
 - Fehldimensionierungen von Betriebsmitteln
 - Kommunikationsfehler
 - Ungenügende Kommunikation zwischen den Netzleitstellen untereinander und mit Kraftwerksbetreibern
 - Unzureichende Instandhaltung
 - An Erzeugungsanlagen
 - An Übertragungsanlagen
 - An Verteilungsanlagen
 - Unzureichende Trassenfreihaltung
 - Kriminalität und Terrorismus
 - Erpressung
 - Sabotage
 - Anschläge
 - Betrug
 - Kabeldiebstahl
 - Cyberangriffe/Hackerangriffe
 - Schadsoftware STUXNET (Österreichisches Bundesheer, 2012)
 - Pandemien
 - Krankheitsbedingter Ausfall durch Betriebspersonal
 - Kriegerische Auseinandersetzungen
 - Zerstörung von elektronischen Bauteilen durch elektromagnetische Impulse (EMP-Bombe)

Wenn man einen Blick in die Zukunft wagt, werden, wie heute auch schon, zukünftige Naturereignisse und schwer steuerbare Energieeinspeisungen das wohl höchste Risiko eines Blackouts darstellen. Die gravierendsten Folgen sind dabei bei einem massiven Sonnensturm, ausgelöst durch eine Sonneneruption, zu erwarten. Durch die entstehenden elektromagnetischen Impulse würden dabei sämtliche Mikrochips in allen Anlagen zerstört werden. In vielen Bereichen

wie der Flugsicherung, des Schienensektors, des Finanzwesens, der Gas- und Erdölpipelines sowie in der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung kommen sogenannte Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA-Systeme) zum Einsatz. Dabei handelt es sich um ein System zur Steuerung, Überwachung und Datenerfassung, wo eine Vielzahl an Mikrochips und Ähnlichem verbaut sind. Die vollständige Wiederherstellung der beschädigten Infrastruktur nach einem starken Sonnensturm könnte dabei bis zu 10 Jahre in Anspruch nehmen.

4.4 Folgen eines Blackouts

Das europäische Verbundnetz ist im Vergleich zu anderen Verbundnetzen weltweit Vorreiter. Das Stromnetz Österreichs gehört zu den am besten ausgebauten und sichersten Netzen der Welt. Obwohl in den letzten Jahren immer mehr Eingriffe im österreichischen Netzbetrieb verzeichnet wurden, welche diese Stabilität und Verfügbarkeit gefährden, liegt man dennoch weiter im Spitzenfeld. In den vergangenen Jahrzehnten, wo der Strom durch die systemerhaltenden Großkraftwerke (Kohle- und Gaskraftwerke) bereitgestellt wurde, waren die Herausforderungen in Bezug auf die Systemerhaltung wesentlich geringer als heute. Durch den immer größer werdenden Anteil von erneuerbaren Energiequellen, wie zum Beispiel Windkraft- und Photovoltaik-Anlagen und der gleichzeitigen Abschaltung von systemerhaltenden Großkraftwerken, hat sich die Situation zum Schlechteren gewandt. Da die Einspeisung solcher Anlagen stark vom Wetter und Klima beeinflusst wird und die Speicherung von Energien nur in einem sehr begrenzten Maße möglich ist, wird man dadurch in naher Zukunft vor immer größer werdende Herausforderungen gestellt. Nichtsdestotrotz werden bereits heute in Form von sehr kostenintensiven und umfangreichen Engpassmanagementmaßnahmen sämtliche Anstrengungen unternommen, um einen Stromausfall in kaum vorstellbaren Dimensionen zu verhindern. (APG, 2013)

Sollte jedoch der Ernstfall eintreten und ein europaweiter Stromausfall die Energieversorgung für mehrere Tage bis Wochen lahmlegen, dann wären die Folgen für die Gesellschaft katastrophal. In den nachfolgenden Kapiteln 4.4.1 bis 4.4.11 werden die Folgen eines solchen Blackouts für die einzelnen Teilbereiche abgeschätzt und erläutert.

4.4.1 Trinkwasserversorgung

Wasser ist ein wertvolles und lebensnotwendiges Gut. Nicht nur als Nahrungsmittel, sondern auch für die Hygiene spielt Wasser eine zentrale Rolle. Die Trinkwasserversorgung in Österreich wird regional sehr unterschiedlich bewerkstelligt. Einerseits gibt es Gebiete, bei denen das Wasser aus Hochquellenleitungen stammt und in Hochbehältern gesammelt wird, und damit ohne Energiezufuhr in die Haushalte transportiert werden kann. (Österreichischer

Zivilschutzverband, 2013) Bekannte Beispiele hierfür sind die Städte Wien und Graz, die über das Hochschwabgebiet zu einem Großteil (Wien) bzw. zu einem Teil (Graz) mit Trinkwasser (TW) versorgt werden. Andererseits gibt es Gebiete, wo zur Förderung des Trinkwassers ausschließlich Pumpen benötigt werden (Österreichischer Zivilschutzverband, 2013). Bekannte Beispiele hierfür sind das Flachland im Osten Österreichs sowie die Südoststeiermark. Insbesondere in diesen Gebieten wäre ein Ausfall der Stromversorgung katastrophal.

Ein Stromausfall hätte somit gravierende Folgen auf die TW-Versorgung. Allein in Österreich sind mehrere 100.000 Haushalte in Bezug auf die Versorgung mit Trinkwasser vom Strom abhängig. Nicht nur in privaten Haushalten, sondern auch in öffentlichen Einrichtungen, Gewerbe- und Industriebetrieben sowie im Tourismus- und Handelsbereich, wird Wasser zur Deckung von Grundbedürfnissen benötigt (Schmaranz, 2014). Wie wichtig Wasser in Gewerbe und Industriebetrieben ist, zeigen die nachfolgenden Beispiele. Hierfür werden die Mengen an „Virtuellem Wasser“ angegeben, d. h. welche Mengen an Wasser in einem Produkt oder einer Dienstleistung enthalten sind oder für dessen Herstellung verwendet werden. Alleine für die Produktion von 1 kg Käse werden 5.000 L, für 1 Liter Milch 1.000 L oder für 1 kg Rindersteak 15.000 L Wasser benötigt. In der Güterproduktion verhält es sich ähnlich. Für die Herstellung einer Jeans werden schätzungsweise 6.000 L Wasser benötigt. (Gruber, 2013)

Wie bereits erwähnt, ist Wasser neben einem Lebensmittel auch eine wichtige Ressource, wenn es um die Produktion von Waren und die Hygiene geht. Ohne Wasser ist die eigene Körperpflege durch Duschen oder Waschen nicht mehr möglich. Zudem sind in Österreich die Spülkästen der WC-Anlagen zumeist an das Trinkwassernetz angeschlossen, wonach auch der Betrieb der Toilettenspülungen in den betroffenen Gebieten nicht mehr aufrecht erhalten werden kann, sobald der Wassernachschub nicht mehr gewährleistet werden kann. Näheres dazu folgt im Kapitel 4.4.2. (Österreichischer Zivilschutzverband, 2013) Durch die fehlende Körperpflege würde die hygienische Situation immer kritischer werden und die Gefahr der Ausbreitung von Krankheiten dadurch zunehmen (Petermann u. a., 2010).

Zudem steigt auch die Gefahr von Seuchen, da es aufgrund des stillstehenden Wassers und der fehlenden Durchmischung in den Behältern und Leitungen zur Verkeimung in den Transportleitungen kommen kann (Saurugg, 2014b).

Und schließlich könnte dann auch eine Löschwasserbereitstellung über die Trinkwasserversorgung in vielen Gegenden nicht mehr durchgeführt werden.

4.4.2 Abwasserentsorgung

Neben der Trinkwasserversorgung spielt Wasser zudem eine wesentliche Rolle in der Abwasserentsorgung. Das Problem beginnt schon in den Spülkästen zu Hause. In vielen Fällen kann das Wasser ohne Pumpstationen nicht in die

Haushalte und somit in die Spülkästen gelangen. Wer zu dem Teil der Bevölkerung zählt, der mit Wasser rein gravitativ versorgt werden kann, hat im Bezug darauf Glück. Kann das Abwasser auf Grund von sehr flachen Geländebedingungen allerdings nicht mittels Freispiegelabfluss rein gravitativ in der Kanalisation bis zu den Kläranlagen abgeleitet werden, muss es mittels Abwasserpumpwerken gehoben werden, die nur mit Strom funktionieren. Auch in tiefliegenden Kellerbereichen muss das anfallende Abwasser mit kleinen Abwasserhebeanlagen in die öffentliche Kanalisation gehoben werden, die ebenfalls elektrische Energie benötigen. In beiden Fällen droht bei längeren Stromausfällen ein Rückstau von Abwasser in die Wohnbereiche und damit eine hygienische Gefährdung der Bevölkerung. In sehr flachen Kanalnetzen droht ferner durch den zu erwartenden Rückgang des Abwasseranfalls eine Reduktion der Schleppspannung, wodurch Fäkalien in diesen Bereichen verstärkt liegen bleiben können und was zu Geruchsbelästigungen aus der Kanalisation führen kann.

Nicht nur in den Haushalten wird die Situation kritisch. Auch auf den Abwasserreinigungsanlagen (ARAs) kann das Abwasser (AW) nur mehr bedingt gereinigt werden, da auch hier ohne Strom ein reibungsloser Betrieb kaum möglich ist. Dafür muss das Abwasser auf den meisten ARAs zunächst einmal mit Abwasserpumpwerken in die Anlagen gehoben werden. Können aufgrund von Blackout die Belüftungs- und Umwälzaggregate in den Belebungsbecken nicht mehr betrieben werden, droht das Absetzen und Anfaulen des vorhandenen Belebtschlammes in diesen Becken. Dadurch kann im Ernstfall die Einleitung von ungereinigtem Abwasser in den Vorfluter unausweichlich werden. Dies wiederum bedeutet eine schwerwiegende Gefährdung für das dort herrschende Ökosystem. Betrifft dies nur eine ARA, dann sind die Auswirkungen für die Umwelt bereits schwerwiegend, wenn jedoch hunderte ARAs davon gleichzeitig betroffen sind, dann ist die Situation als katastrophal einzustufen. (Österreichisches Bundesheer, 2012)

Des Weiteren hat ein Rückgang der Abwassermengen zur Folge, dass das abgeleitete Schmutzwasser höhere Konzentrationen aufweisen wird als normal. Sollte dieses hoch konzentrierte Abwasser aufgrund von ausgefallenen ARAs unbehandelt in die Vorfluter gelangen, dann wären die Folgen für die Umwelt noch gravierender. (Petermann u. a., 2010)

Eine noch detailliertere Recherche bezüglich der Auswirkungen von Blackouts auf die Siedlungswasserwirtschaft erfolgt im Kapitel 7.

4.4.3 Treibstoffversorgung

In der heutigen Zeit sind fossile Brennstoffe wie Öl, Gas etc. nicht mehr wegzudenken. Im Falle eines Stromausfalles stößt man jedoch auch hier bei der Versorgung mit diesen Gütern sehr schnell an seine Grenzen. Viele Haushalte ver-

fügen über Öl- und Gasheizungen. Im Falle eines Stromausfalles ist ein Beheizen der Wohnräume sowie Duschen mit warmem Wasser nicht mehr möglich, da auch für solche Zentralheizungen eine Steuerungs- und Regelungstechnik erforderlich ist, die ohne Energiezufuhr nicht funktionsfähig ist. Vor allem in den Wintermonaten kann sich das lebensbedrohlich für die Menschen auswirken. (Österreichischer Zivilschutzverband, 2013)

Aber nicht nur in den privaten Haushalten steht man vor enormen Schwierigkeiten, sondern auch die Mineralölindustrie steht vor großen Herausforderungen. Alleine die Treibstoffversorgung an den Tankstellen bricht bei einem Stromausfall komplett zusammen. Das Problem beginnt bereits in den Depots und Großlagern von Österreich. Viele dieser Lager können den Betrieb bei einem Blackout nicht mehr mit der gewohnten Leistung durchführen. Das bedeutet, dass ohne Strom der tägliche Normalbedarf nicht mehr zu den Verbrauchern angeliefert werden kann. Alleine die Fahrzeuge der oberösterreichischen Einsatzorganisationen benötigen für einen normalen Betriebstag, sprich ohne Verkehrsstau und Notstrombetrieb, 17.000 Liter an Treibstoff (6.000 L Rotes Kreuz, 3.000 L Polizei und 8.000 L Feuerwehr) Zusätzlich würden neben dem Normalverbrauch noch 16.000 bzw. 18.000 Liter/Stunde an Treibstoff für die Notstromaggregate der niederösterreichischen und oberösterreichischen Feuerwehren erforderlich sein. Wenn man bedenkt, dass im Falle eines Blackouts viele Aggregate gleichzeitig auf Nachschub angewiesen sind und für die Befüllung eines Tankkraftwagens (max. 32.000 L) ca. 1 Stunde benötigt wird, ist eine dauerhafte Notversorgung kaum möglich. Dafür wäre zwar noch die Möglichkeit gegeben, bei der Befüllung auf zusätzliche Notstromaggregate zurückzugreifen, aber ein solcher Vollastbetrieb mit allen verfügbaren Aggregaten wurde allerdings noch nie getestet. (Donau-Universität Krems, 2013)

Wenn im Falle eines Blackouts nicht einmal die Treibstoffversorgung für die diversen Einsatzorganisationen sichergestellt werden kann, dann sind die Auswirkungen auf den normalen Bürger und die normale Bürgerin noch viel größer. Diese wären rein noch auf die im Fahrzeug befindlichen Treibstoffmengen angewiesen, da eine Betankung an den Zapfsäulen der Tankstellen nicht mehr möglich wäre. Zwar gibt es alleine in Tirol 13 Landestankstellen, die mit Notstromversorgung ausgestattet sind, jedoch würden diese bei einem solchen Szenario primär für die Betankung von Einsatzfahrzeugen verwendet werden (ORF Tirol, 2016). Aber auch hier ist der Nachschub mit weiterem Treibstoff nicht garantiert. Zudem wäre eine Art Notbetankung direkt aus Tanklastwagen nicht möglich, da an diese nur 4-Zoll-Schläuche angeschlossen werden können und für die Betankung von Kraftfahrzeugen ausschließlich 2-Zoll-Schläuche geeignet sind (Ladinig & Saurugg, 2012b).

Somit würde nach einigen Stunden der Individualverkehr und danach dann auch der öffentliche Verkehr sehr bald zum Erliegen kommen. Näheres dazu im Kapitel 4.4.8.

4.4.4 Informationstechnik und Telekommunikation

Aufgrund der fortgeschrittenen Digitalisierung in den letzten Jahrzehnten sind die Bereiche der Telekommunikation und Informationstechnik im Falle eines Blackouts dramatischen Folgen ausgesetzt. Da in beiden Bereichen eine hundertprozentige Stromabhängigkeit vorhanden ist, machen sich die Folgen schon nach wenigen Minuten bis Stunden bemerkbar. Dementsprechend ist deren Betrieb im Falle eines überregionalen, länger andauernden Stromausfalls nicht gewährleistet. (Schmaranz, 2014)

Am stärksten davon betroffen sind diejenigen, die über keinen Festnetzanschluss, sondern ausschließlich über ein Handy verfügen. Zwar sind die Sendemasten mit Notstrom-Akkus ausgestattet, jedoch ist deren Notversorgung auf maximal 2 Stunden ausgelegt. Wenn demzufolge viele gleichzeitig telefonieren, was in einem solchen Szenario durchaus möglich und zu erwarten ist, wird die gespeicherte Energie bereits nach 30 Minuten komplett aufgebraucht sein, was einen sehr baldigen Netzausfall zur Folge hätte. Etwas besser, aber auch nicht weniger dramatisch ist die Situation bei den etwas älteren Festnetzanschlüssen und Apparaten. Das Festnetz ist dabei in 3 Hierarchien aufgebaut, was die Abbildung 4-5 zeigt. Dabei verfügen die Hauptvermittlungsstellen über Generatoren mit einer Laufzeit von bis zu 72 Stunden und die Nebenstellen über Akkus mit einer Betriebsdauer von bis zu 8 Stunden. Jedoch besteht auch hier die Gefahr einer Netzüberlastung, was demzufolge ebenfalls einem Netzausfall gleichkommen würde. (Österreichischer Zivilschutzverband, 2013)

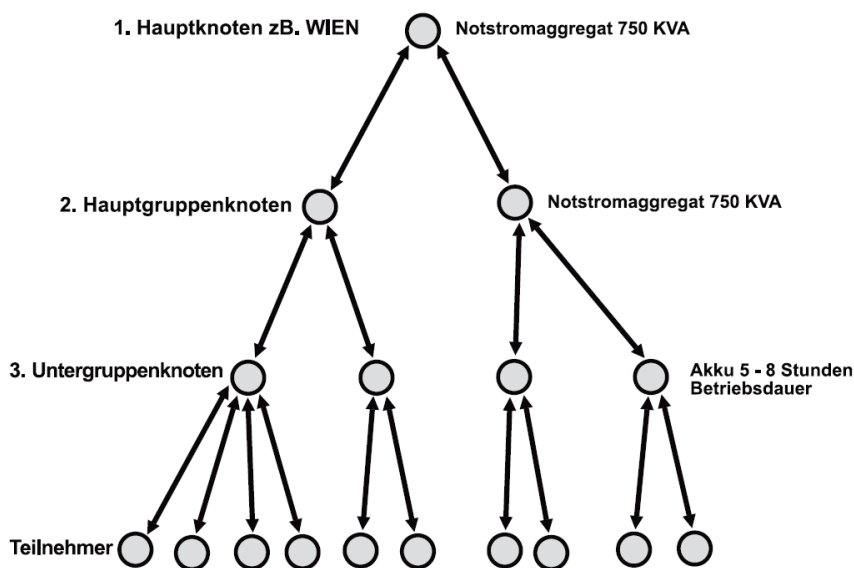


Abbildung 4-5: Hierarchien Festnetz (Ladinig & Rizzardi, 2012)

Laut Aussagen der an der Befragung teilgenommenen Feuerwehr sind sämtliche Freiwilligen Feuerwehren Österreichs, mit Ausnahme jener von Kärnten, mittlerweile mit dem neuen TETRA-Funk (Digitalfunk) ausgestattet. Ebenfalls haben auch sämtliche Rettungsdienste, Polizeieinrichtungen und das Bundesheer österreichweit auf diesen Digitalfunk umgerüstet. Die Gründe für die Umstellung betreffen einerseits die verbesserte Abhörsicherheit für die Polizei und das Bundesheer und andererseits die Vertraulichkeit von Patienteninformationen. Der Hauptnachteil dabei ist jedoch, dass dieser Digitalfunk über die Handymasten läuft und so binnen kurzer Zeit ebenfalls zusammenbrechen würde, was wiederum erhebliche Folgen für die Koordination innerhalb der Einsatzorganisationen haben würde.

Nicht nur die Telekommunikation, sondern auch die Datenübertragungen, wie E-Mail und Internet, würden nach einer gewissen Zeit nur mehr eingeschränkt funktionieren bzw. komplett ausfallen (Österreichischer Zivilschutzverband, 2013).

4.4.5 Lebensmittelversorgung

Die Bevorratung mit Lebensmitteln ist im Lebensmittelhandel mittlerweile sehr gering geworden. Jedes Produkt, welches morgen in den Regalen steht, ist heute bereits auf dem Weg von den Produzenten in die Verteilerzentren (Niederösterreichische Zivilschutzverband, 2013). Um ein Endprodukt vom Produzenten in die Regale von Supermärkten zu bekommen, bedarf es eines enormen, arbeitsintensiven und logistischen Aufwands.

Die Schwierigkeiten beginnen bereits auf den landwirtschaftlichen Betrieben. Durch den Stromausfall fällt vielerorts die Wasserzufuhr zu Stallungen aus, was vor allem für Schweinebetriebe katastrophale Folgen mit sich bringt. Nach und nach würden die Jungschweine sowie die Muttersäue aufgrund von Wassermangel verenden. Auch in der Milchproduktion käme es durch den Ausfall von Melkmaschinen vor allem in den großen Betrieben zum Totalausfall. Aber auch in Geflügelfarmen ist durch den Ausfall der Belüftungs- und Heizungsanlagen ein Massensterben zu befürchten. (Scheffer, 2014)

In den Supermärkten ist mit dem Stromausfall die Kühlung der Lebensmittel nicht mehr möglich. Vor allem Produkte in Gefrierschränken und Kühlregalen sind durch den Ausfall sofort betroffen und verderben. Jene Lebensmittel, die keine Kühlung benötigen, werden in kürzester Zeit durch sog. Hamstereinkäufe vergriffen sein. Des Weiteren werden auch viele Filialen der großen Handelsketten ihren Betrieb frühzeitig einstellen, da man einerseits vielerorts über keine natürliche Beleuchtung mehr verfügt und andererseits die Kassensysteme nicht mehr funktionsfähig sind. (Niederösterreichische Zivilschutzverband, 2013)

4.4.6 Gesundheitswesen

Die Gesundheitsversorgung ist in Österreich flächendeckend gewährleistet. Im Falle eines Blackouts wäre diese jedoch nicht mehr gegeben. Insbesondere sind diejenigen davon betroffen, die auf ständige häusliche Pflege und medizinische Versorgung (z. B. Diabetespatienten) angewiesen sind. Vor allem am Land privat praktizierende Ärzte könnten die ärztliche Betreuung im Falle eines Stromausfalls nicht mehr garantieren. Apotheken könnten nur auf Medikamente des Bestandes zurückgreifen, da ein Nachschub an medizinischem Material aufgrund des Treibstoffmangels, der Verkehrssituation und des Produktionsstopps in den Pharmazieunternehmen nicht mehr möglich wäre. Weiters würde auch in den Apotheken eine Kühlung von temperaturempfindlichen Medikamenten nicht mehr möglich sein. Etwas ruhiger, aber nicht weniger dramatisch ist die Situation in den Krankenhäusern einzuschätzen. Zwar verfügen diese praktisch alle über eigene Notstromaggregate, aber auch hier ist früher oder später eine Nachbetankung erforderlich. Weitere Probleme entstehen im Personalsektor. Es kann nicht garantiert werden, dass in solchen Szenarien sämtliche Ärzte und Krankenpfleger zum Dienst erscheinen können. Zudem können auch Krankentransporte, Hilfeleistungen an Unfallstellen etc. durch das Rote Kreuz aufgrund der Verkehrs- und Treibstoffsituation nur mehr bedingt sichergestellt werden. (Ladinig & Saurugg, 2012b)

Ähnlich wie in Krankenhäusern ist die Situation in Pflegeeinrichtungen einzuschätzen. Neben der Essensvorbereitung, die nur mehr bedingt möglich ist, könnten in diesen wohl auch die Aufzüge in den Einrichtungen nicht mehr verwendet, womit der Transport der pflegebedürftigen Personen stark eingeschränkt werden würde. (Österreichs Energie, 2012)

Des Weiteren ist die Entsorgung medizinischer Abfälle nur mehr eingeschränkt möglich, da auch die Entsorgungsbranche vom Blackout stark beeinträchtigt werden würde. Näheres dazu in Kapitel 4.4.8.

4.4.7 Atomkraft

Wenn man sich einen Blackout vorstellt, so denkt man gerade in Österreich nicht unbedingt sofort an Atomkraft. Trotzdem sollte man im Falle eines Blackouts vor allem auf die Österreich nahem Atomkraftwerke (AKW) im Ausland ein genaues Auge werfen. Wie stark Europa nach wie vor auf Atomenergie angewiesen ist, zeigt die nachfolgende Abbildung 4-6 mit einem Überblick über sämtliche in Europa aktuell in Betrieb befindlichen Atomkraftwerke. Die Probleme, die dort im Falle eines Stromausfalles auftreten können, sind neben dem Ausfall der Regelungs- und Steuertechnik, vor allem der Ausfall der Kühlung für die Brennstäbe und des Reaktors. Zwar verfügen die AKW-Betreiber über eigene Notstromaggregate, die die Kühlung des Reaktors und der Brennstäbe aufrechterhalten sollte, jedoch ist dies nur solange gewährleistet, solange auch

ausreichend Treibstoffnachschub vorhanden ist. Sollte dieser Nachschub unterbrochen werden, dann steigt das Risiko einer Kernschmelze und somit eines größten anzunehmenden Unfalles (GAU) rapide an. Was ein solcher GAU bedeutet, haben uns in den letzten Jahren und Jahrzehnten die Beispiele in Fukushima (Japan 2011) und Tschernobyl (Ukraine 1986) gezeigt. Österreich hat im Hinblick auf die Treibstoffversorgung im Ausland und explizit auf die umliegenden Atomkraftwerke aber keinen direkten Einfluss (Ladinig & Saurugg, 2012b).

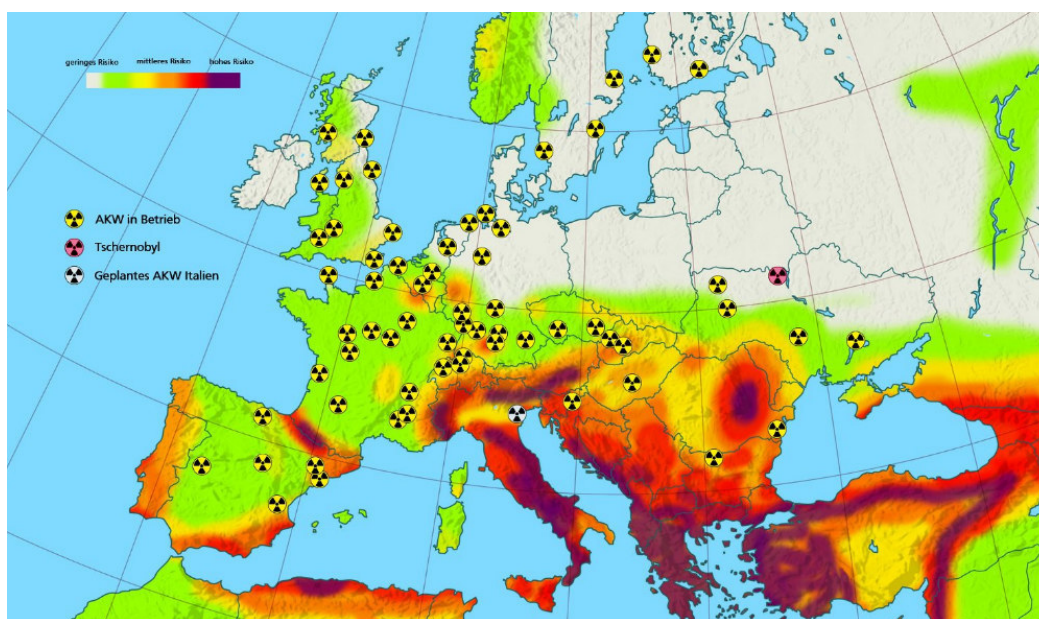


Abbildung 4-6: Übersichtskarte AKWs in Europa (GLOBAL 2000, 2017)

4.4.8 Transport und Verkehr

Ein weiteres gravierendes Problem stellt die Abfallbeseitigung dar. Aufgrund der mangelnden Treibstoffversorgung und der beschränkten Personalverfügbarkeit sowie einer zu erwartenden baldigen Schließung von Müllverbrennungsanlagen, würde die Gefahr von Seuchen und dergleichen entsprechend steigen. Alleine die Mengen an verdorbenen Lebensmitteln könnten aufgrund der begrenzten Einsatzfähigkeit der Entsorgungsunternehmen nicht mehr einwandfrei entsorgt werden. (Österreichischer Zivilschutzverband, 2013)

Ein weiterer wesentlicher Bereich, der von einem Blackout massiv betroffen sein würde, ist der gesamte Verkehrssektor. Vor allem in großen Ballungszentren, wie Wien und Graz, käme der Verkehr sehr bald vollständig zum Erliegen. Nicht nur, dass sämtliche Lichtsignalanlagen und Straßenbeleuchtungen ausfallen würden, auch Straßenbahnen, U-Bahnen und Oberleitungsbusse würden sofort zum Stillstand kommen. Die Folgen wären zahlreiche Unfälle, Verkehrsstaus sowie der vollständige Zusammenbruch des öffentlichen Personennahverkehrs. (Österreichs Energie, 2012) In Österreich ist der öffentliche Schienenverkehr der ÖBB von der restlichen Energieversorgung weitestgehend unabhängig. Diverse wichtige Betriebsteuerungsanlagen können autonom ver-

sorgt werden. Damit ist es möglich, zumindest einen Teilbetrieb der Bahn aufrechtzuerhalten (Österreichischer Zivilschutzverband, 2013). Im Gegensatz dazu ist in anderen europäischen Ländern ein derartiger Teilbetrieb nicht möglich, was demnach den gesamten internationalen öffentlichen Fern- und Nahverkehr lahmlegen würde.

Nicht nur auf den Straßen und Schienen wären die Auswirkungen zu spüren. Auch in der Luft und auf dem Wasser ist mit zahlreichen Problemen zu rechnen. Obwohl größere Flughäfen über eigene Notstromversorgungen verfügen, ist dennoch nur mehr ein eingeschränkter Betrieb möglich, da vor allem mit Problemen in der Flughafenlogistik (Kerosinnachschub, Personalverfügbarkeit etc.) zu rechnen ist. Im Schiffsverkehr und dort insbesondere im Güterbereich wäre das Be- und Entladen mittels Portalkränen und dergleichen nicht mehr möglich. Zusätzlich könnte die Sicherheit und Lagerung von explosiven und gefährlichen Stoffen nicht mehr garantiert werden. (Österreichs Energie, 2012)

Auch Aufzüge in Gebäuden sowie die in den zahlreichen Skigebieten Österreichs vorhandenen Gondel- und Sessellifte würden stehen bleiben. Vor allem in den Wintermonaten würde aufgrund der tiefen Wintertemperaturen die Befreiung der zahlreichen Wintersportler von den Liftanlagen per Helikopter bzw. Seilbergung besonders erschwert werden.

4.4.9 Öffentliche Sicherheit

Auf ein solches Blackout-Szenario ist unser nationales Krisenmanagement nur teilweise vorbereitet. Die Schwierigkeiten insbesondere für eine bundesweite Koordination beginnen bereits in den einzelnen Bundesländern, da jedes über sein eigenes Katastrophenhilfegesetz verfügt. Dadurch würde die Bewältigung eines solchen nationalen Szenarios wesentlich erschwert werden. (Ladinig & Saurugg, 2012b)

Da sowohl die Polizei als auch das Bundesheer für die öffentliche Sicherheit sorgen, könnte diese nicht zu 100 % garantiert werden. Aufgrund des Wegfalls der elektronischen Sicherheitstechnik, der steigenden Angst bzw. Aggressivität der Bevölkerung sowie der Überlastung der Sicherheitsbehörden ist mit einem massiven Anstieg der Kriminalitätsrate zu rechnen (Österreichs Energie, 2012). Zudem wird es in Gefängnissen, die nicht notstromversorgt sind, durch ausgefallene Sicherheitseinrichtungen, wie Überwachungskameras, automatische Schließsysteme etc., zu massiven Problemen kommen (Petermann u. a., 2010).

Durch die zahlreichen eingehenden Notrufe würden sich die Einsatzorganisationen im Dauereinsatz befinden. Wegen der ausgefallenen Treibstoffversorgung und dem immer kleiner werdenden Treibstoffnachschub, würden den Einsatzorganisationen (Feuerwehr, Polizei, Rettung) nur mehr wenige bis gar keine Fahrzeuge zur Verfügung stehen (Ladinig & Saurugg, 2012b). Die Folgen wären dramatisch. Wie bereits in Kapitel 4.4.6 beschrieben, wäre aufgrund der

Verkehrssituation (Staus) und dem Treibstoffmangel ein rechtzeitiges Eintreffen der Einsatzorganisationen am Unfallort bzw. Einsatzort nicht garantiert oder gar unmöglich.

Alleine die Anzahl von 1000 Aufzügen in Wien ließe die Feuerwehr an ihre Grenzen stoßen. Eine Notrettung durch die Feuerwehr wäre nur bedingt wahrscheinlich, da diese auch andere zahlreiche Aufgaben und Einsätze im Falle eines Blackouts zu bewältigen hätte (Ladinig & Saurugg, 2012b). Nicht nur technische Einsätze (z. B. Verkehrsunfälle) stellen die Feuerwehren vor Herausforderungen. Auch bei Brandeinsätzen während eines Blackouts ist neben den oben genannten Faktoren auch die Löschwasserbereitstellung eine sehr schwierige Aufgabe, vor allem dann, wenn diese ausschließlich über eine vom Strom abhängige Trinkwasserversorgung erfolgt.

Ein weiteres Problem, welches vielfach unterschätzt wird, ist, dass zahlreiche Mitglieder dieser Einsatzorganisationen (Rotes Kreuz, Feuerwehr) ihren Dienst ehrenamtlich und auf freiwilliger Basis verrichten. Laut Kommandant der befragten Feuerwehr bestehen beispielsweise sämtliche Feuerwehren im Bezirk Feldkirchen in Kärnten aus 400 freiwilligen Mitgliedern. Österreichweit agieren 4.500 freiwillige Feuerwehren mit 250.000 aktiven Mitgliedern (Österreichischer Zivilschutzverband, 2013). Diesbezüglich ist man jedoch laut Aussagen des Kommandanten sehr skeptisch, dass sämtliche Mitglieder in einem solchen Szenario auch wirklich bereit wären, Tag und Nacht zu helfen, ohne dabei Rücksicht auf die eigenen Bedürfnisse und der eigenen Familien zu nehmen.

4.4.10 Finanzwesen

Anders wie in den oben genannten Teilbereichen ist das Finanzdienstleistungssystem in einzelnen Teilsektoren gegenüber einem länger andauernden Stromausfall sehr robust. Der Daten- und Zahlungsverkehr zwischen den Banken und den diversen Börsen kann durch eigens eingerichtete Notstromversorgungen aufrechterhalten werden. (Schmaranz, 2014)

Jedoch wäre eine Nutzung von Bargeldautomaten sowie Kassensystemen in den Supermärkten durch den Stromausfall nicht mehr möglich (Niederösterreichische Zivilschutzverband, 2013).

4.4.11 Gesellschaft (Bevölkerung)

Ein Blackout würde den Großteil der Bevölkerung völlig unerwartet und aus heiterem Himmel treffen. Wenn danach zusätzlich noch die Versorgung mit lebensnotwendigen Gütern ins Stocken gerät und Informationen von der öffentlichen Hand nicht oder nur sehr eingeschränkt zur Verfügung stehen, beginnen die Betroffenen sehr schnell zu verzweifeln und verfallen in Stress. Demzufolge würde das gesellschaftliche Miteinander sehr bald beeinträchtigt werden und ein Zusammenbruch der öffentlichen Sicherheit wäre die Folge. Viele würden

beginnen, ihre Grundeinstellung sowie ihr Verhalten zu ändern, quasi nach dem Motto: „Nur die Stärksten überleben.“ Das Aggressivitätspotenzial würde ansteigen, die Hilfsbereitschaft und gegenseitige Rücksichtnahme abnehmen (Schmaranz, 2014). Durch die immer größer werdende Gefahr, Ziel eines Überfalls bzw. Einbruches zu werden, kann es durch die zahlreichen Schusswaffen in den diversen Haushalten verstärkt zu Gewaltdelikten kommen.

Einige würden auch versuchen, ihren Nutzen aus solchen Katastrophen zu ziehen. Beispielsweise würden wohl an Flughäfen aufgrund der vollständig überlasteten Autovermietungen, Autofahrten durch Taxis und Privatpersonen zu stark übersteuerten Preisen angeboten werden. Für diese besteht wiederum die Gefahr, wegen der nicht funktionierenden Tankstellen am Straßenrand von Autobahnen und dergleichen zu stranden.

Diejenigen, die zu Hause über Notstromaggregate verfügen, wissen zudem oft nicht, wie damit richtig umgegangen werden sollte. Viele würden die dieselbetriebenen Aggregate wohl auch in den Wohnbereichen betreiben, wodurch die Brandgefahr und vor allem die Gefahr einer Kohlenmonoxid-Vergiftung rapide ansteigen würde. Auch das unüberlegte Hantieren mit offenen Feuern sowie Kerzen in den Haushalten könnte zu zahlreichen Bränden führen (Petermann u. a., 2010).

4.4.12 Zeitlicher Ablauf eines Blackouts

Wie abhängig unsere Gesellschaft vom Strom ist, zeigt das folgende Kapitel sehr gut auf. Dabei wird dargestellt, welche der in Kapiteln 4.4.1 bis 4.4.11 genannten Bereiche im Falle eines Blackouts sofort betroffen sind, welche nach bis zu 6 Stunden, nach 7 bis 24 Stunden und nach mehr als 24 Stunden zusammenbrechen würden.

In der nachfolgenden Abbildung 4-7 wird eine Übersicht über den zeitlichen Ausfall der einzelnen Bereiche wiedergegeben. Vor allem die Bereiche der Wasserversorgung, des Transport- und Schienensektors, die Kommunikationsbranche sowie Mineralölbranche wären ohne Schutzmaßnahmen wie Batterien und Notstromaggregate sofort von einem Ausfall betroffen. Nach ca. 6 Stunden wäre bereits aufgrund der begrenzt verfügbaren Treibstoffreserven ein Teilausfall der Einsatzorganisationen sowie aufgrund der verbrauchten Akkus des Behördenfunks ein Kommunikationsstopp zu erwarten. Ab der 7. Stunde würden auch Notstromaggregate ihre Arbeit wegen Treibstoffmangels einstellen. Somit wären auch die letzten Bereiche von einem Totalausfall betroffen. Nach ca. 24 Stunden wäre nur noch das Bundesheer in der Lage zu kommunizieren und wesentliche Einrichtungen mit Treibstoff zu versorgen. Aber auch hier wäre spätestens nach dem 2. Tag mit einem kompletten Zusammenbruch zu rechnen. (Schmaranz, 2014)



Abbildung 4-7: Zeitlich gestaffelter Ausfall der Infrastrukturen nach einem Blackout (Ladinig, 2011 in Schmaranz, 2014)

Für einen noch detaillierteren zeitlichen Ablauf eines Blackouts und dessen mögliche Auswirkungen auf einzelne Teilbereiche werden die nachfolgenden Abbildungen von Ladinig & Rizzardi (2012) herangezogen. Hierbei werden die Bereiche Telekommunikation und Treibstoffversorgung inkl. Mobilität (Transport und Verkehr) genauer betrachtet und dargestellt. Ein Blackout ist für den Großteil der Bevölkerung ein unerwartetes und sehr unwahrscheinliches Ereignis. Vor dem Eintritt eines Blackouts verfügt man über ein intaktes Stromversorgungssystem. Sämtliche Gebiete der Telekommunikation und der Treibstoffversorgung funktionieren einwandfrei wie die nachfolgende Abbildung 4-8 zeigt.

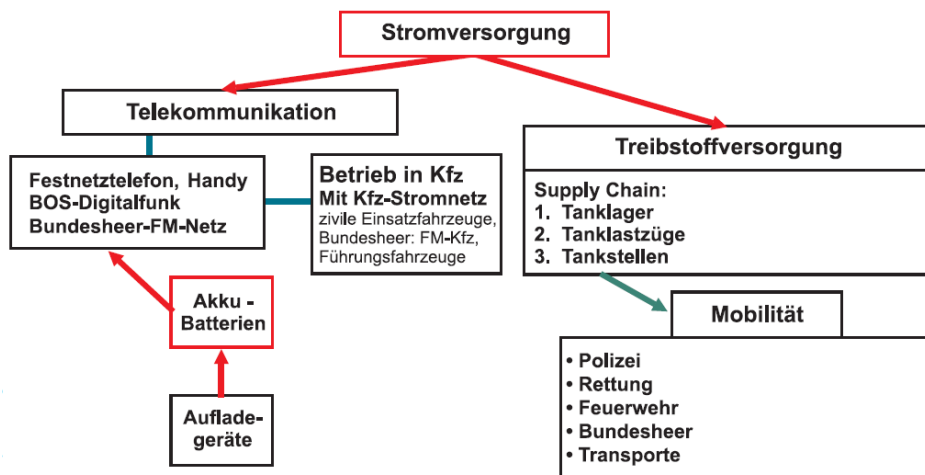


Abbildung 4-8: Intakte Stromversorgung in der Telekommunikation und der Treibstoffversorgung (Ladinig & Rizzardi, 2012)

Im Falle eines Blackouts fallen diejenigen Einrichtungen und Gerätschaften sofort aus, die zu 100 % auf die Energiezufuhr von außen angewiesen sind und über keine Notstromversorgung mittels Batterien, Akkus oder Aggregaten verfügen. Vor allem der Ausfall der Treibstoffversorgung bringt eine Art Dominoef-

fekt mit sich. Sämtliche Fahrzeuge sowie Aggregate verlieren Stück für Stück ihre Einsatzfähigkeit mangels Treibstoffnachschubes, welche sich spätestens nach etwa 6 bis 8 Stunden bemerkbar macht (siehe Abbildung 4-9). Nur Notstromaggregate mit entsprechend großen Tanks und Leistungen können ihre Funktion bis zu 72 Stunden lang aufrechterhalten.

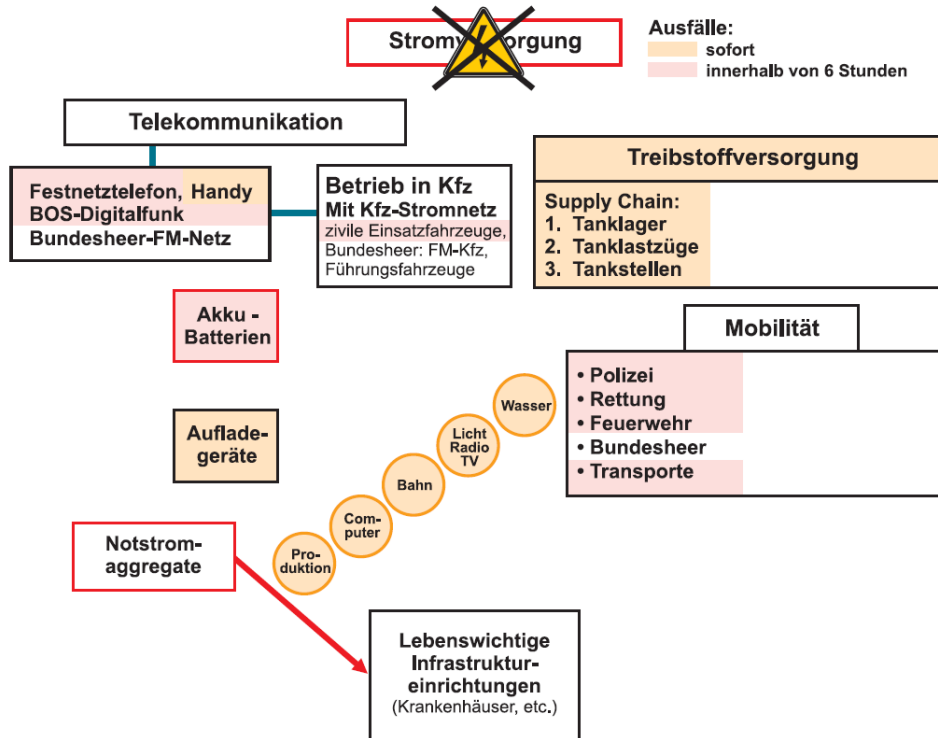


Abbildung 4-9: Ausfälle innerhalb der ersten 6 Stunden nach dem Eintritt des Blackouts (Ladinig & Rizzardi, 2012)

7 bis 8 Stunden nach dem Blackout-Eintritt wird die Versorgungslage durch knapper werdendes bzw. fehlendes Trinkwasser immer dramatischer. Auch die medizinische Versorgung sowie die öffentliche Sicherheit kann nicht mehr garantiert werden (siehe Abbildung 4-10).

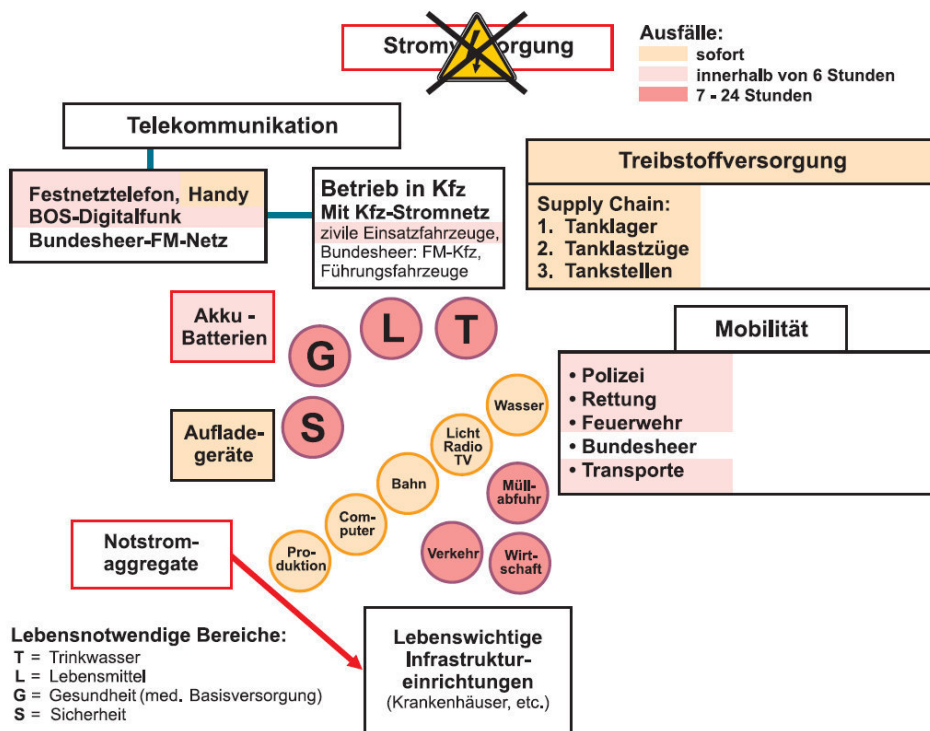


Abbildung 4-10: Ausfälle innerhalb der ersten 7 bis 24 Stunden nach dem Eintritt des Blackouts (Ladinig & Rizzardi, 2012)

Nach etwa 24 Stunden ist das Chaos erreicht, wie die Abbildung 4-11 zeigt. Sämtliche Einsatzorganisationen können auf keines ihrer Fahrzeuge mehr zurückgreifen. Alle Regale in den Supermärkten sind leer, Medikamentenlager ausgeräumt, auch das Kommunikationsnetz des Bundesheeres bricht zusammen, medizinische Versorgung ist nahezu unmöglich usw. Aber auch die Seuchengefahr in den heißen bis sehr kalten Monaten nimmt rapide zu, aufgrund der fehlenden Entsorgung von Tierkadavern, verdorbenen Lebensmitteln sowie mangelnder Abwasserentsorgung (Ladinig & Saurugg, 2012b). Nach über 24 Stunden ohne Strom stößt auch das Bundesheer an seine Grenzen, und kann seinen Beitrag zur Stabilisierung und Versorgung der Lage nicht mehr gewährleisten.

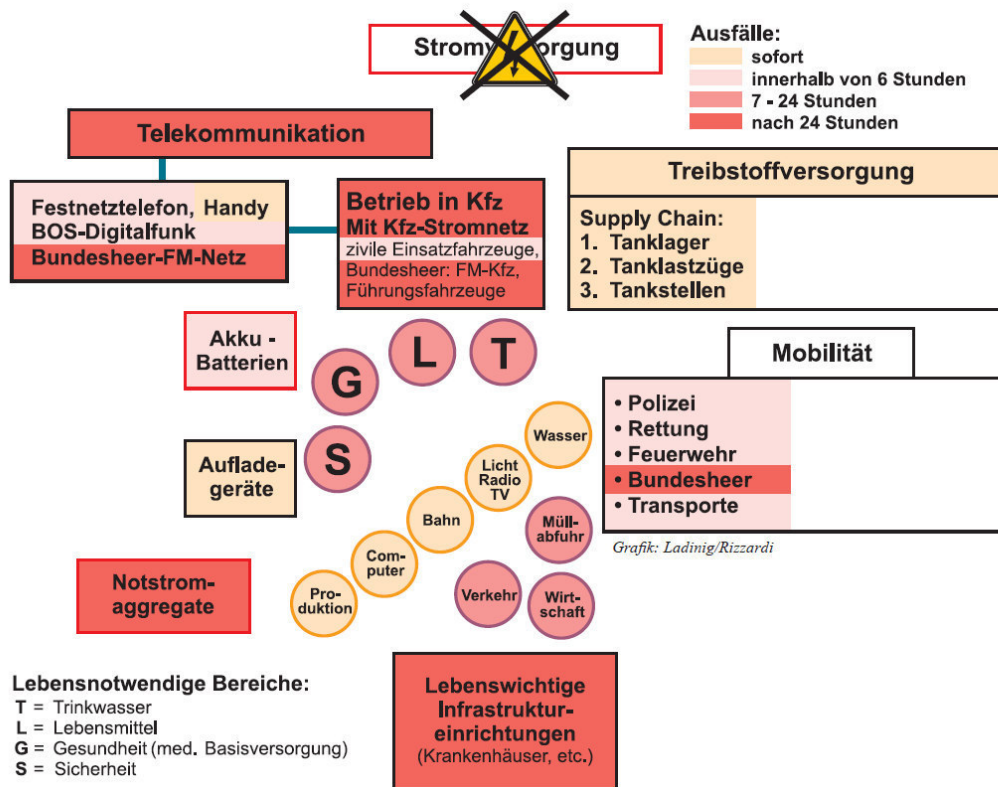


Abbildung 4-11: Ausfälle mehr als 24 Stunden nach Eintritt des Blackouts (Ladinig & Rizzardi, 2012)

Im Zuge des Wiederaufbaues und Wiederhochfahrens des Stromnetzes sind auch in den nächsten Tagen bis Wochen noch Einschränkungen zu erwarten. Es ist völlig normal und durchaus möglich, dass es in diesen Zeiten immer wieder zu erneuten Stromausfällen kommen wird. Erst nach mehreren Wochen kann so etwas wie Normalität im Alltag wieder einkehren.

4.5 Beispiele für Blackouts

Obwohl es für viele überhaupt nicht realistisch erscheint, gab es in den letzten Jahren bis Jahrzehnten immer wieder großflächige Blackouts. Die Stromausfälle traten auf der ganzen Welt auf, von Neuseeland bis Großbritannien, von Indonesien bis Amerika. Aber auch in Europa hat es in den letzten Jahren zahlreiche Blackouts gegeben. In den nachfolgenden Kapiteln 4.5.1 und 4.5.2 werden einige Beispiele aus den letzten Jahrzehnten näher beschrieben.

4.5.1 Österreich/Deutschland/Schweiz

Einen großflächigen Stromausfall hat es in Österreich in den letzten Jahrzehnten nicht gegeben. Kleinere regional begrenzte Ausfälle gab es sehr wohl, wie das nachfolgende Beispiel im Kapitel 4.5.1.1 zeigt. Ebenfalls traten aber auch kritische Situationen auf, wo man einen Blackout gerade noch verhindern konnte (siehe Kapitel 4.5.1.2 und 4.5.1.3).

4.5.1.1 Innsbruck 2017

Am Nachmittag des 31.01.2017 fiel in weiten Teilen Innsbrucks und den umliegenden Gemeinden plötzlich der Strom aus. Straßenbahnen blieben stehen, Aufzüge stecken, Lichtsignalanlagen fielen aus etc. Die Ursache war schnell gefunden. Zuzufolge eines technischen Defektes (Bruch eines Isolators) gab es einen Kurzschluss im Umspannwerk (UW) Pastorstraße (meinbezirk, 2017). Betroffen vom Stromausfall waren rund 45.000 Haushalte und 10.000 Gebäude (Gewerbe etc.). Die Dauer des Stromausfalles betrug ca. 30 Minuten (Tiroler Tageszeitung Online, 2017).

4.5.1.2 Ost-West-Engpass 2012

Die kritische Netzsituation am 30.11.2012 spiegelte einen typischen Ost-West-Engpass wieder (siehe Abbildung 4-12). Dieser Engpass basiert auf mehreren Ursachen. Einerseits gab es durch die geringe Winderzeugung in Deutschland zu dieser Zeit geringe Exporte. Andererseits gab es durch die günstigen Bedingungen der Wasserkrafterzeugung in den südosteuropäischen Staaten ein starkes Exportverhalten aus diesen Regionen. Zusätzlich kamen ein starkes Importverhalten Italiens sowie ein mäßiges Importverhalten Frankreichs hinzu. Aufgrund des dadurch ausgelösten Preisanstieges an den Strombörsen sind in der Regelzone der APG die Erzeugungen zuzufolge thermischen Kraftwerken (3,9 GW) und Speicherkraftwerken (3,0 GW) nach oben geschneilt. Da auch die Windsituation in Österreich günstig war, lag die Windeinspeisung bei 0,8 GW. Durch diese Situation und dem Umstand, dass nur zwei Kuppelleitungen (380 kV und 220 kV) zwischen Italien und Slowenien existieren, kam es zu hohen Lastflüssen im Osten und Nordwesten innerhalb der Regelzone der APG, was eine mehrfache Verletzung des n-1-Kriteriums (Erklärung im Kapitel 4.6.1) mit sich brachte. Nur durch das beherzte Eingreifen der APG und Umsetzen des Engpassmanagements (z. B. Netztrennung im Westen Österreichs mit Tiroler Wasserkraft AG-Netz [TIWAG-Netz]) konnte die Situation entschärft werden. Wäre zu diesem Zeitpunkt, die Einspeisung aus Windkraft bei 4 GW gelegen, was in Österreich bis 2018 zu erwarten ist, wäre ein Blackout unvermeidbar gewesen. (APG, 2013)



Abbildung 4-12: Ost-West-Engpass am 30.11.2012 (APG, 2013)

4.5.1.3 Nord-Süd-Engpass 2013

Wie bereits im Kapitel 4.3 beschrieben ist die Nord-Süd-Verbindung ein Nadelöhr im europäischen Stromnetz. Am 25.03.2013 bahnte sich eine kritische Netzsituation mit Gefahr eines Blackouts an. Die lang anhaltende Kälteperiode in Zentraleuropa führte vor allem in Frankreich zu hohen Energieverbräuchen und damit zu einem starken Import an elektrischer Energie. Demzufolge kam es in Deutschland zu massiven Einspeisungen erneuerbarer Energien (EE). Es wurden dabei 17 GW an Windkraft und nicht weniger als 14 GW an PV-Energien produziert. Dadurch stieg der Export rapide an, da die Marktpreise aufgrund des zu hohen EE-Angebotes fielen. Auch die Regelzone der APG wollte davon profitieren und schraubte das Importverhalten nach oben (siehe Abbildung 4-13). Es kam zu hohen Lastflüssen und somit zu Leitungsauslastungen in Deutschland sowie von Deutschland in Richtung Polen und Tschechien. Demzufolge kam es wiederholt, wie schon am 30.11.2012, zur mehrfachen Verletzung des n-1-Kriteriums. Auch hier konnte ein Blackout nur durch ein vorsorgliches Engpassmanagement verhindert werden. (APG, 2013)

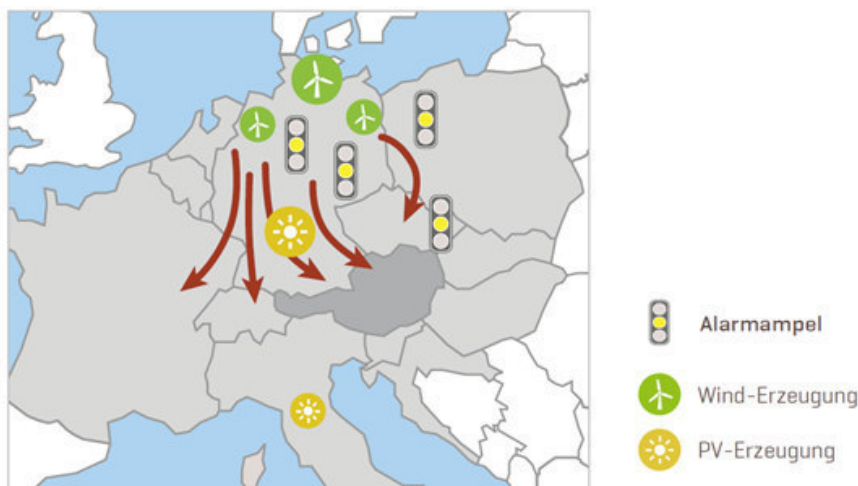


Abbildung 4-13: Nord-Süd-Engpass am 25.03.2013 (APG, 2013)

4.5.1.4 Österreich 2013

Auch Faktoren, die man sich nie vorstellen hätte können, haben im Mai 2013 zu einer äußerst kritischen Situation im österreichischen Stromnetz geführt. Dabei wurde im süddeutschen Raum im Gasnetz ein Steuerbefehl abgesetzt. Aus unerklärlichen Gründen verirrte sich dieser Befehl in das österreichische Stromnetz. Dabei wurde an bestimmten Steuergeräten ein nicht vorhersehbares Verhalten ausgelöst. Die unterschiedlichen Steuersignale waren nicht mehr kontrollierbar, weshalb die automatisierte Stromnetzsteuerung unterbrochen wurde und durch massiven Personaleinsatz manuell fortgesetzt wurde. Aufgrund dieser Situation wurde nachträglich die Kommunikation zwischen den Akteuren verbessert. (Österreichisches Bundesheer, 2014)

4.5.1.5 Münsterland Deutschland 2005

Aufgrund des Klimawandels haben die Extremwetterereignisse in den letzten 10 bis 15 Jahren vielerorts stark zugenommen. Nicht nur der Landwirtschaftssektor sondern auch der Energiesektor leidet darunter. Ein solches Naturereignis brachte im Jahr 2005 im Münsterland (Deutschland) die Energieversorgung im wahrsten Sinne des Wortes zu Fall. Den Ausfall alleine auf die Natur zu schieben wäre zu einfach. Der Zusammenbruch hatte zwei wesentliche Ursachen. Einerseits ist der Großteil der europäischen Stromnetzinfrastruktur veraltet. Viele dieser Netzinfrastrukturen sind mehr als 50 Jahre alt und bedürfen deshalb ständige Wartungen und Instandhaltungen, um den Vorschriften zu entsprechen. Andererseits werden die aufkommenden Extremwetterereignisse immer häufiger. Vor allem die enormen Schneelasten sowie Eislasten bringen die Strommasten und Leitungen an ihre Belastungsgrenze. Die Ursache für diesen Fall konnte auf die Kombination beider Faktoren zurückgeführt werden, wobei der hohe Belastungsgrad den Hauptanteil daran trägt. Die Folgen die sich daraus ergaben waren fatal. Aufgrund unglücklicher Umstände und ungünstigen Lastsituationen knickten rund 50 Strommasten wie Streichhölzer um, wie die

nachfolgende Abbildung 4-14 zeigt. Vom Stromausfall betroffen waren ca. 250.000 Menschen. Viele von den davon Betroffenen mussten daraufhin mehrere Tage ohne Strom auskommen. Die Schäden wurden mit schätzungsweise 130 Millionen Euro beziffert. (Ladinig & Saurugg, 2012b)



Abbildung 4-14: Umgeknickte Strommasten im Münsterland 2005 (Ladinig & Saurugg, 2012b)

4.5.1.6 Schweiz 2005

Am 22. Juni 2005, einem der heißesten Tage des Jahres, brach das Netz der SBB (Schweizerische Bundesbahnen) zusammen. Rund 200.000 Reisende und 2.000 Züge saßen fest. Mit Hilfe von Diesellokomotiven war es möglich, die auf offener Strecke sowie in Tunneln stehen gebliebenen Züge in die nahegelegenen Bahnhöfe zu ziehen. Nach rund drei Stunden konnte die Stromversorgung wiederhergestellt werden. Die Ursache des Stromausfalles setzte sich aus einer Reihe von Fehlern, Fehlplanungen und falschem betrieblichen Verhalten zusammen. Der Ursprung des Ausfalls konnte auf den Kanton Uri zurückgeführt werden, wo zu diesem Zeitpunkt Bauarbeiten durchgeführt wurden. Im Zuge der Bauarbeiten mussten zwei Stromleitungen abgeschaltet werden. Ohne es genauer zu prüfen, ging die SBB davon aus, dass die übrig gebliebene dritte Leitung stärker belastet werden kann. Die Kapazität der Leitung wurde um 30 MW zu hoch eingeschätzt. Im Zuge dieser Fehleinschätzung wurde die verbliebene Leitung dermaßen überbelastet, dass eine Schutzabschaltung erfolgte. Ein weiterer Stromtransport in Richtung Norden war nicht mehr möglich, wodurch 200 MW in der restlichen Schweiz fehlten. Zeitgleich stellten im Süden des Landes Kraftwerke aufgrund fehlender Lastabnahmen ihren Betrieb ein. In Tessin kam es zur Überbelastung, wodurch in weiterer Folge in den Räumen von Tessin und Uri die Stromversorgung zusammenbrach. Hätte man den eigenen

Strom in den funktionierenden Teil des Netzes eingespeist, hätte ein Totalausfall verhindert werden können. Trotzdem wurde der Strom weiter an Dritte verkauft, was sich im Nachhinein als Fehler erwies. Unterm Strich kostete die Strompanne die SBB 5 Millionen Schweizer Franken (ca. 4,6 Millionen Euro). (SRF, 2014)

4.5.2 Weltweit

Wie bereits im Kapitel 4.5 beschrieben, sind in den vergangenen Jahren zahlreiche Blackouts über die ganze Welt verteilt aufgetreten. Die nachfolgende Tabelle 4-1 gibt einen kleinen Überblick darüber, wo und in welchem Ausmaß diese aufgetreten sind. Einige davon werden in diesem Kapitel etwas näher erläutert.

Tabelle 4-1: Weltweite Blackouts der vergangenen Jahre (Schmaranz, 2014; Österreichs Energie, 2012)

Jahr	Region	Ursache	Zahl der Betroffenen (zirka)	Dauer bis zur vollständigen Wiederversorgung
1998	Neuseeland	techn. Defekt	70.000	vier Wochen
1999	Brasilien (70 %)	Naturereignis	97 Mio.	5 Stunden
2001	Indien	techn. Defekt	226 Mio.	12 Stunden
2003	Nordost-Amerika	Kraftwerks- und Leitungsausfälle	50–60 Mio.	fast 48 Stunden
2003	London	wartungsbedingte Freischaltungen	400.000	40 Minuten
2003	Italien	hohe Leitungsbelastung	50 Mio.	20 Stunden
2003	Dänemark/Südschweden	Leitungsabschaltungen und Kraftwerksausfall	k.A.	k.A.
2004	Trier (D)/Luxemburg	zeitliches Zusammentreffen von Kurzschluss und Wartungsarbeiten	k.A.	ca. 4,5 Stunden
2004	Spanien	techn. Defekt/menschliches Versagen	2 Mio.	5 Blackouts in 10 Tagen
2005	Münsterland	extreme Witterung	250.000	mehrere Tage
2005	Indonesien	techn. Defekt	100 Mio.	7 Stunden
2006	Mittel- und Südwesteuropa	Zusammentreffen von Leitungsabschaltung und Lastflussänderung	mehrere Mio.	37 Minuten
2009	Großteil von Brasilien, Paraguay	starker Regen und Sturm	87 Mio.	7 Stunden
2011	Teile von Brasilien	techn. Defekt	53 Mio.	16 Stunden

4.5.2.1 Italien 2003

Da Italien seinen eigenen Strombedarf nur teilweise decken kann, ist es auf den Stromfremdbezug aus Frankreich und der Schweiz angewiesen. Bevor am 28. September 2003 in den frühen Morgenstunden in Italien sowie in den südlichen Regionen der Schweiz der Strom ausfiel, konnten zwei Faktoren beobachtet werden. Einerseits war die Transitleitung (Lukmanier-Leitung) äußerst stark belastet, während die Leitungen zwischen Frankreich und Italien eher mäßige Belastungen aufwiesen. Wie zu diesem Zeitpunkt und in den Nächten zuvor war dies nichts Außergewöhnliches. Doch plötzlich um 03:01 Uhr kam es zum Ausfall der Lukmanier-Leitung aufgrund eines Lichtbogens zwischen einem Leiterseil und einem Baum. Zahlreiche Versuche, die ausgefallene Leitung wieder in Betrieb zu nehmen, scheiterten. Durch den Ausfall musste der Lastfluss auf

andere Transitleitungen umgeleitet werden. Dabei wurde eine weitere Nord-Süd-Transitleitung, die sog. San Bernardino-Leitung, mit 110 % belastet. Trotz rascher Kontaktaufnahme mit den italienischen Netzbetreibern, wurde die San Bernardino-Leitung so stark belastet, dass es infolge der Erwärmung zu starkem Durchhängen der Leitungsseile kam. Dementsprechend kam es wiederholt zu Kurzschlüssen, aufgrund der Berührung von Leitungsseilen mit nahestehenden Bäumen. Durch den Ausfall der beiden Leitungen, kam es innerhalb von 12 Sekunden kaskadenartig zur Abschaltung aller anderen grenzüberschreitenden Transportleitungen nach Italien. Durch die Phase der Instabilität kam es in Norditalien zu einem starken Spannungsabfall, welcher die Abschaltung etlicher Kraftwerke bewirkte. Dies führte, wie die Abbildung 4-15 zeigt, schlussendlich um 03:27 Uhr zum Stromausfall in ganz Italien. Alleine 110 Züge mit rund 30.000 Passagieren waren während der Nacht stundenlang blockiert. Nicht nur an Bahnhöfen, sondern auch an Flughäfen saßen 1.000 Menschen fest. Insgesamt waren ca. 56 Millionen Bürger und Bürgerinnen vom Stromausfall betroffen, der in manchen Regionen bis zu 20 Stunden dauerte. Durch diesen Blackout kamen Schätzungen zufolge fünf Menschen ums Leben. Wäre dieser Stromausfall mitten am Tage während der "Rush Hour" passiert, wären die Folgen weitaus schwerwiegender gewesen. (Schmaranz, 2014; Ladinig & Saurugg, 2012b)

Um ein Übergreifen des Stromausfalles nach Kärnten zu verhindern, wurden sämtliche Schutzschalter und Regler entlang der italienischen Grenze getrennt. Der Lastfluss wurde konstant auf die umliegenden Netze verteilt, und Schwankungen durch zahlreiche Pumpspeicher- (PSP) und Gaskraftwerke ausgeglichen.



Abbildung 4-15: Satellitenbild zum Zeitpunkt des Blackouts in Italien 2003 (Attivissimo, 2017, modifiziert)

4.5.2.2 Mittel- und Südwesteuropa 2006

Am 4. November 2006 um 22:10 Uhr fiel in Mittel- und Südwesteuropa zeitgleich der Strom aus. Als Grund für den Ausfall kann menschliches Versagen sowie mangelnde Kommunikation genannt werden. Der Ausgangspunkt befand sich im Emsland (Raum Hamburg, Deutschland). Dort wurde eine Hochspannungsleitung kurzfristig abgeschaltet, um eine gefahrenlose Überführung eines Kreuzfahrtschiffes zu ermöglichen. Zeitgleich waren einige Netzelemente des deutschen Übertragungsnetzes wegen Wartungs- und Reparaturarbeiten außer Betrieb. Um die kritische Situation im Netz etwas zu beruhigen, wurden ohne Rücksprache und ohne Netzsicherheitsrechnungen Entlastungsschaltungen vorgenommen. Dadurch kam es zur Überlastung der Verbindungsleitung Landesbergen-Wehrendorf, die sich daraufhin automatisch abschaltete. In Sekundenbruchteilen schalteten sich weitere Leitungen von Norden nach Süden quer durch Europa ab. Insgesamt waren 15 Millionen Menschen europaweit von dem Stromausfall betroffen. In Österreich waren dadurch rund 50.000 Haushalte vorübergehend ohne Strom. Nach etwa 1,5 Stunden, um 23:47 Uhr, konnte die Stromversorgung wieder vollständig hergestellt werden. Da das Ereignis auch hier in den Nachtstunden eintrat, wurde es von dem Großteil der Betroffenen kaum bemerkt. (Schmaranz, 2014; Ladinig & Saurugg, 2012b)

4.5.2.3 Indien 2012

Der bisher größte Blackout ereignete sich im Juli 2012 in Indien. Am Montag, den 30. Juli 2012 fiel im Norden Indiens aufgrund einer Panne der Strom aus. Betroffen davon waren 300 Millionen Menschen in neun Bundesstaaten Nordindiens, darunter auch die Millionenstadt Neu Delhi. Um die Stromversorgung wiederherzustellen, wurden die Netze im Westen und Osten des Landes, sowie des Königreichs Bhutan verwendet. Dadurch konnte die Stromversorgung für einige Stunden wieder gewährleistet werden, die Folgen waren jedoch gravierend. Am nächsten Tag (Dienstag) brachen um 13:00 Uhr Ortszeit nacheinander neuerlich drei Hauptstromnetze wegen Überlastung zusammen. Der Grund für den Zusammenbruch war, dass einige Bundesstaaten mehr Strom abgerufen hatten, als ihnen erlaubt war. Wie die Abbildung 4-16 zeigt, waren durch dieses eigenwillige Handeln nun 600 Millionen Menschen (rund die Hälfte der indischen Bevölkerung) in 20 der 28 indischen Bundesstaaten ohne Strom. Auf den Straßen brach das Chaos aus. Straßen- und Lichtsignalanlagen fielen aus, Autofahrer steckten stundenlang in Staus, U-Bahnen sowie rund 400 Züge landesweit blieben auf offener Strecke stehen. Da das Stromnetz Indiens sehr veraltet ist, kommt es insbesondere in den heißen Sommermonaten, wo der Stromverbrauch rapide ansteigt, immer wieder zu Engpässen und in der Folge auch zu Ausfällen. Im Zuge dessen, haben sämtliche Krankenhäuser, Flughäfen, Hotels sowie einige private Haushalte, die es sich leisten können, für solche Fälle eigene Notstromaggregate angeschafft. (Die Presse, 2012; Wiener Zeitung, 2012; SPIEGEL ONLINE, 2012)

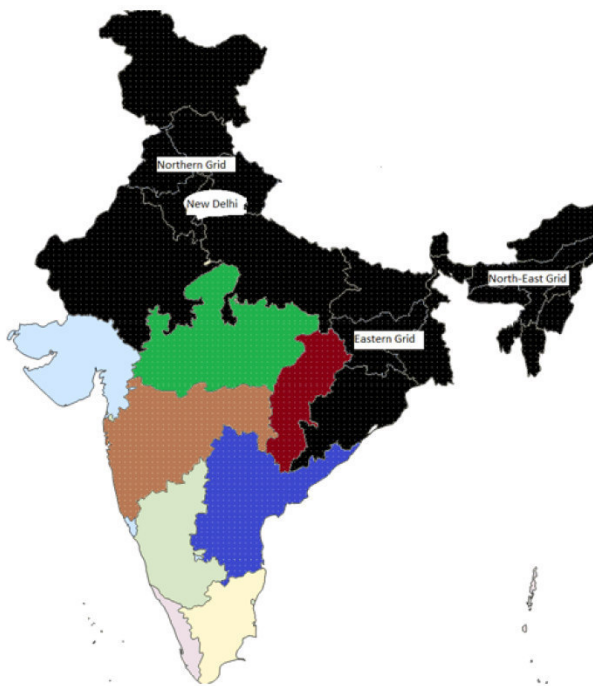


Abbildung 4-16: Blackout im Norden, Nordosten und Osten Indiens (World Socialist Web Site, 2017)

4.5.2.4 Slowenien 2014

Am 31.01.2014 kam es zu einem großflächigen Stromausfall in Slowenien. Insgesamt waren 90 % des Staatsgebietes mit 200.000 Haushalten vom Blackout betroffen. Die Ursache war rasch gefunden. Durch den anhaltenden Regen und die kalten Temperaturen bildeten sich Eisschichten auf Dächern mit einer Mächtigkeit von 50 cm. Auch Zäune und Hochspannungsleitungen wurden kilometerlang von einer 15 cm dicken Eisschicht umhüllt, wie die nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 4-17, Abbildung 4-18 und Abbildung 4-19) zeigen. Das slowenische Verteilernetz brach zufolge der enormen Eislasten zusammen. Glücklicherweise waren negative Auswirkungen auf Europa nicht zu erwarten, da zum Zeitpunkt des Ausfalls 50 % der Abnehmer über slowenischen Atomstrom versorgt wurden. Am stärksten betroffen war die südwestliche Region Sloweniens (Postojna). Die Trinkwasser- und Lebensmittelversorgung aber auch die medizinische Versorgung war stark beeinträchtigt. Nach etwa 4-5 Tagen begann sich das Mobilfunknetz zu regenerieren bzw. aufzutauen. Relativ gering waren die Beeinträchtigungen an den Tankstellen entlang der Autobahn A1, wo man über Lichtwellenleiteranbindungen und Notstromaggregate verfügte. Dadurch konnte von Anfang an die Kommunikation sichergestellt werden. (Saurugg, 2014c)



Abbildung 4-17: Blackout zufolge Eisregens in Slowenien (wetteronline, 2014)



Abbildung 4-18: Blackout zufolge Eisregens in Slowenien (Saurugg & Steller, 2016)



Abbildung 4-19: Blackout zufolge Eisregens in Slowenien (Saurugg & Steller, 2016)

4.5.2.5 Dänemark und Schweden 2003

Am 23.09.2003 fiel in weiten Teilen Dänemarks und Schwedens plötzlich der Strom aus. Alleine in Schweden waren zwei Millionen Menschen vom Blackout betroffen. In Teilen Dänemarks mussten 1,5 Millionen Menschen ohne Strom ausharren. Als Ursache konnte ein Kraftwerksausfall bzw. eine Leitungsabschaltung diagnostiziert werden. Ab Mittag lieferten zwei Atomkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 2.000 MW keinen Strom mehr. Zusätzlich ist eine Überlandleitung von Schweden nach Dänemark ausgefallen. Die Dauer des Stromausfalles beschränkte sich auf zwei Stunden. (SPIEGEL ONLINE, 2003a)

4.5.2.6 Nordost-Amerika und Kanada 2003

Im Jahre 2003 kam es in Amerika und Teilen Kanadas zum schlimmsten und größten Blackout der amerikanischen Geschichte, wie die Abbildung 4-20 zeigt. Rund 50-60 Millionen Menschen hatten vorübergehend und bis zu 48 Stunden keinen Strom mehr. Neben den kanadischen Metropolen Toronto und Ottawa waren auch die amerikanischen Großstädte wie New York (New York), Detroit (Michigan) und Cleveland (Ohio) vom Stromausfall betroffen. Innerhalb von drei Minuten fiel das gesamte Netz im betroffenen Gebiet aus. Die Ursache ist bis heute ungeklärt. Sowohl die amerikanische als auch die kanadische Regierung

konnten die Schuldfrage nicht klären. Einerseits vermutete die kanadische Regierung, dass ein Blitzeinschlag im Kraftwerk Niagara Mohawk (New York) der Auslöser war. Andererseits soll laut den USA der Fehler in einem kanadischen Elektrizitätswerk gelegen haben. (SPIEGEL ONLINE, 2003c)

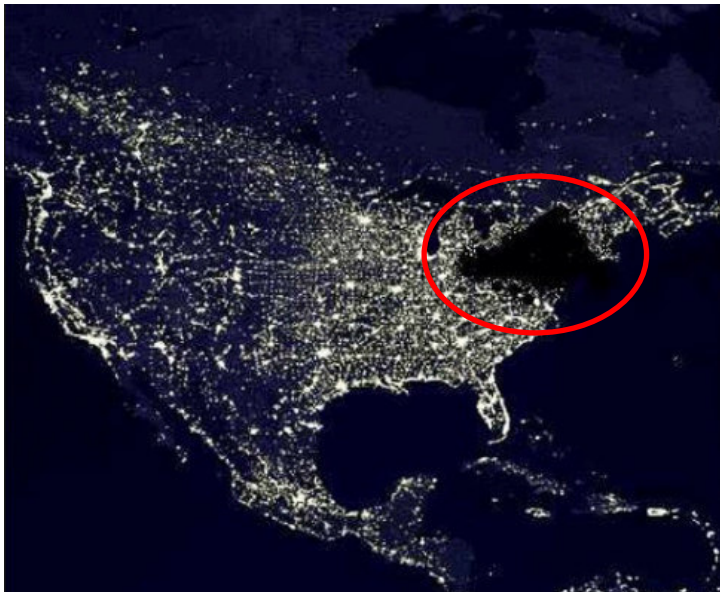


Abbildung 4-20: Satellitenbild zum Zeitpunkt des Blackouts in Nordost-Amerika (aee, 2017, modifiziert.)

Zusammenfassend kann allerdings gesagt werden, dass der Blackout in Amerika und Kanada einerseits auf eine Verkettung unglücklicher Umstände und andererseits auf das Alter und den desolaten Zustand des amerikanischen Stromnetzes zurückzuführen war.

4.5.2.7 Ukraine 2015

Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung der Welt, steigt auch die Gefahr von Blackouts durch gezielte Cyber-Attacken rapide an. Das Ziel eines solchen Angriffes wurde beispielsweise die Ukraine zu Weihnachten 2015. Dabei gelang es den Cyber-Kriminellen sich mit Hilfe eines Virus in die IT-Abteilungen diverser Stromkonzerne zu hacken. Dadurch konnten sie die Steuerung über externe Computer übernehmen. Die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen waren faktisch dazu gezwungen, mit anzusehen, wie durch fremdgesteuerte Cursorbewegungen ein Leistungsschalter nach dem anderen deaktiviert wurde. Alleine dabei mussten 250.000 Bürger und Bürgerinnen zu Weihnachten und bei eisigen Wintertemperaturen mehrere Stunden ohne Strom auskommen. Ein Jahr später kam es wiederum zu einem Blackout zufolge Cyber-Attacken. Dabei war die Schadsoftware schon so weit ausgereift, dass die Zerstörung des Stromnetzes ohne menschliches Dirigieren von statten ging. Spätestens von diesem Zeitpunkt an, sollte der Welt klar geworden sein, dass die Gefahr von Cyber-Angriffen auf hochkomplexe Stromsysteme und -netze keine Illusion sondern bereits pure Realität geworden ist. (Schmid, 2017)

4.5.2.8 Mittelamerika 2017

Am Wochenende des 2. und 3. Juli 2017 wurde das öffentliche Leben in weiten Teilen Mittelamerikas zufolge eines Stromausfalles lahmgelegt. Neben Costa Rica, dem am stärksten betroffenen Gebiet, waren auch Panama, Nicaragua und El Salvador davon betroffen. Alleine in Costa Rica mussten fünf Millionen Menschen fünf Stunden lang ohne Strom auskommen. Auf den Flughäfen musste auf Notstromaggregate zurückgegriffen werden. Der Grund für den massiven Stromausfall war eine Havarie einer Stromleitung in Panama. (Kleine Zeitung, 2017)

4.5.2.9 Quebec 1989

Durch einen Sonnensturm wurde das Stromnetz im kanadischen Quebec für neun Stunden lahm gelegt. Betroffen davon waren mehrere Millionen Menschen. Der Gesamtschaden wurde damals auf hunderte Millionen Dollar geschätzt. Schon 1859 gab es bereits einen Sonnensturm, dessen Intensität jedoch weit über der von 1989 lag. Im Vergleich dazu, kann der Sonnensturm im kanadischen Quebec als "Laues Lüftchen" bezeichnet werden (SPIEGEL ONLINE, 2003b). Der Sturm von 1859 führte sogar so weit, dass Polarlichter am Äquator zu sehen waren. Dieses Phänomen weist darauf hin, dass das Magnetfeld der Erde komplett durcheinander war.

4.6 Energiestabilisierung

Wie bereits in den Kapiteln 4.3 und 4.4 beschrieben, haben sich die Stabilitäten des europäischen Verbundnetzes sowie des österreichischen Übertragungsnetzes in den letzten Jahrzehnten zum Negativen entwickelt. Nicht nur die massiven Investitionen in die erneuerbaren Energien und der damit verbundene fehlende Ausbau des europäischen Leitungsnetzes haben die Netzsituation in den letzten Jahren verschärft. Auch der steigende Stromverbrauch führte zu stärkeren Belastungen im europäischen Verbundnetz sowie des österreichischen Übertragungsnetzes. Da Österreich dabei eine zentrale Lage im europäischen Netz einnimmt, wird im Zuge dessen die Energiestabilisierung im österreichischen Übertragungsnetz durch die APG im Folgenden näher erläutert. Eine leistungsfähige Übertragungsnetzinfrastruktur bildet die Grundlage für die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Versorgung mit elektrischer Energie. Demzufolge wurde auf Basis des APG-Masterplans 2030 der Netzentwicklungsplan (NEP) 2016 erstellt. Die Kerngebiete des NEP umfassen neben der Netzintegration der erneuerbaren Energien auch die weitere Entwicklung des Strommarktes. Nur durch die im NEP 2016 und APG-Masterplan 2030 festgelegten Projekte sowie die damit in Zusammenhang stehenden Erhöhungen der Netzkapazitäten, ist es möglich, die Energiewende ohne Risiken umzusetzen (APG, 2017f; APG, 2016). Das Ziel der Energiewende ist es bis zum Jahre 2030 27 % des europäischen Energieverbrauches durch nachhaltige Energieformen zu decken,

um in weiterer Folge auch die Klimaschutz- und Energieziele der europäischen Union zu erreichen. Zusammenfassend bedeutet das eine verstärkte Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen wie beispielsweise Wind- und Solaranlagen. Auf den ersten Blick erscheint dies eine sinnvolle und auch notwendige Strategie. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die vermehrte Nutzung von erneuerbaren Energien auch erhöhte Volatilitäten, d. h. dargebotsabhängige Stromerzeugung, mit sich bringt. Auf lange Sicht hin steigt damit auch die Bedeutung von leistungsstarken Stromnetzen und Speichersystemen an. Alleine die Verstärkung bestehender Hochspannungsleitungen und der Bau neuer Hochspannungsleitungen umfassen einen Umfang von ca. 48.000 km in Europa (davon 10.000 km alleine in Deutschland). Die Kosten dafür würden sich auf 150 Milliarden Euro belaufen. (APG, 2016)

Auch in Österreich steht man aufgrund der massiven Aufstockung der Ökostromförderung vor großen Herausforderungen. Alleine die Erhöhung der installierten Windkraftleistung in Österreich bis 2020 auf 3.000 MW zeigt, wie ernst die Lage ist. Werden trotz der zu erwartenden Einspeiseleistungen keine entsprechenden Netzkapazitäten geschaffen, ist längerfristig gesehen mit negativen Folgeeffekten, wie zum Beispiel ständigen Netzeingriffen durch die Netzbetreiber und fehlenden Versorgungssicherheiten, zu rechnen. Um dem Vorzubeugen, wurde wie bereits im ersten Absatz erwähnt, der APG-Masterplan 2030 sowie der NEP 2016 erstellt. (APG, 2016)

4.6.1 APG-Masterplan 2030

In dem im Jahre 2013 veröffentlichten APG-Masterplan 2030 definiert die APG die langfristige, strategische Netzausbauplanung. Einige dieser Netzausbauprojekte werden als dringlich und besonders notwendig eingestuft. (APG, 2016)

Die APG ist Österreichs unabhängiger Übertragungsnetzbetreiber und für die Gewährleistung der Versorgungssicherheit verpflichtet und verantwortlich (APG, 2013). Wie bereits im Kapitel 4.6 erläutert, führt der massive Ausbau an erneuerbaren Energien zu hohen dargebotsabhängigen und schnellen Leistungsänderungen in der Stromerzeugung. Das bedeutet, dass sich die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nicht nach dem Verhalten der Stromverbraucher richtet, sondern nach dem Dargebot der Natur. Aufgrund dessen ist die Netz- und Systemstabilität nicht mehr garantiert, da ein Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch nur mehr schwer aufrechterhalten werden kann. Wie stark die Abweichungen alleine an einem Tag in Österreich durch Windkraft sein können, zeigt die Abbildung 4-21. Im europäischen Vergleich ist ersichtlich, dass Österreich über kein geschlossenes 380 kV- Netz verfügt, wodurch Engpässe und Schwachstellen, gemäß den Kapiteln 4.5.1.2 und 4.5.1.3, unvermeidlich sind. Um demzufolge die Versorgungssicherheit Österreich langfristig sicherzustellen, ist eine Schließung des 380 kV- Rings unabdingbar (siehe Abbildung 4-22). Damit kann eine durchgehende Verbindung der österreichischen

Blackout

Kraftwerke und Pumpspeicher in den Alpen, den EE-Zentren im Osten Österreichs sowie den Verbraucherzentren und den Kuppelleitungen sichergestellt werden. (APG, 2013)

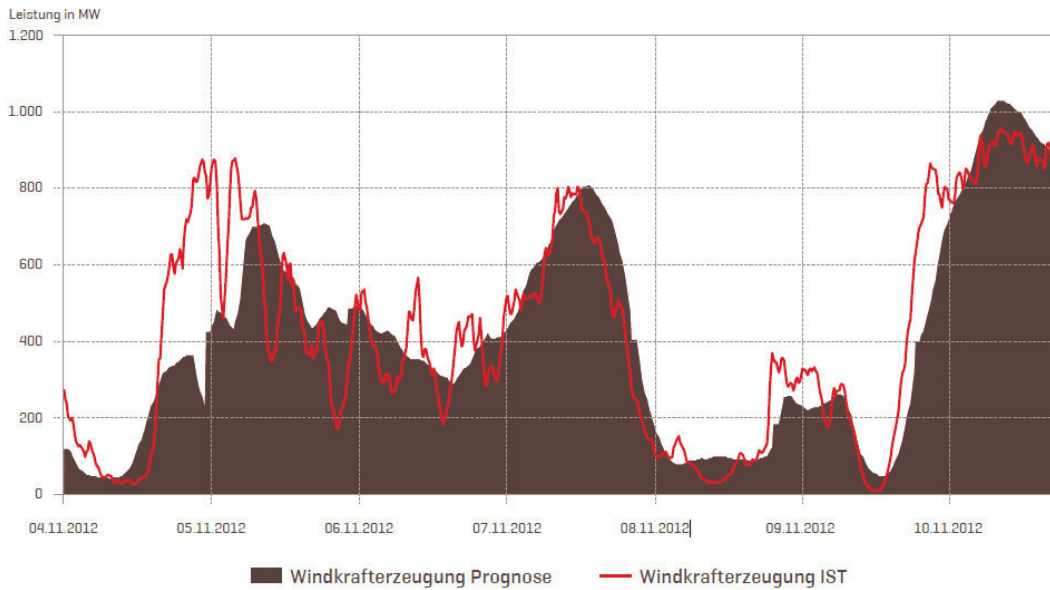


Abbildung 4-21: Abweichung Windkraftherzeugung von Ist- und Prognosewerten (APG, 2013)

Um den Ringschluss zu gewährleisten, sind drei wesentliche Bausteine gemäß APG (2013) umzusetzen:

- Umstellung der Leitung St. Peter - Ernsthofen auf 380 kV-Betrieb
- Salzburgleitung St. Peter - Tauern
- Schließung des 380 kV-Rings im Netzraum Kärntens

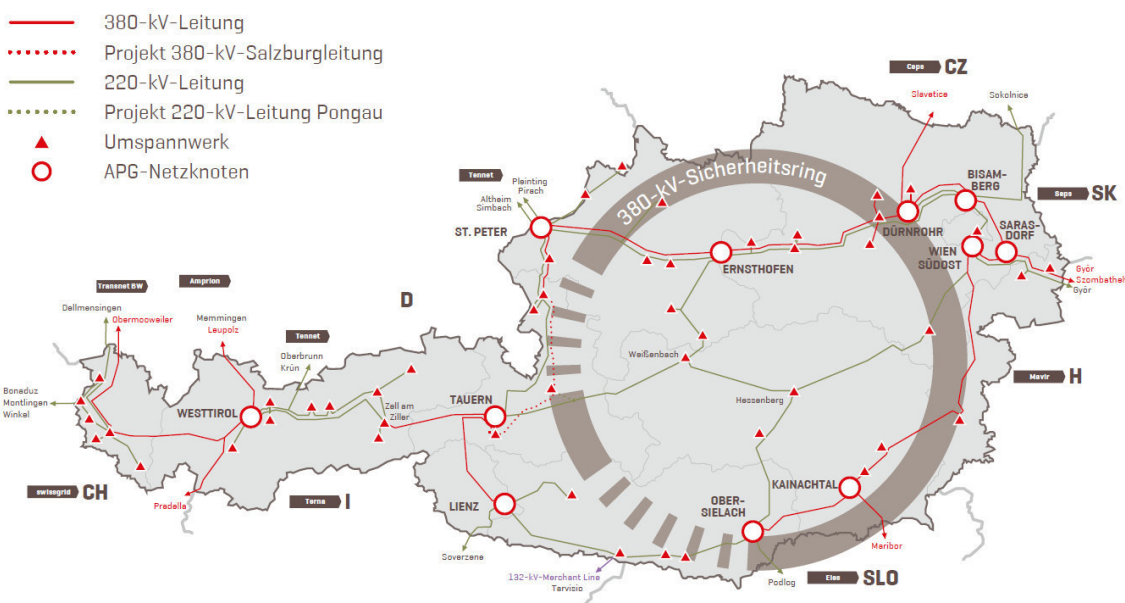


Abbildung 4-22: Geplanter 380 kV-Ring Österreich (Stand 2012) (APG, 2013)

Wie stark das Wachstum an erneuerbaren Energiequellen (EE) ist, zeigt, dass immer mehr systemerhaltende Kraftwerke ihren Betrieb einstellen. Alleine im März 2011 mussten in Deutschland Grundlastkraftwerke mit einer Leistung von rund 8.400 MW vom Netz genommen werden. Neben Italien wurden auch in der Schweiz Ausbaustopps über solche systemerhaltenden Kraftwerke verhängt. Auch Österreich steigert den Anteil an EE zusehends. Lag der Anteil an erneuerbaren Energien im Jahr 2011 bei ca. 65-66 % (vorwiegend Wasserkraft), wird der Anteil bis zum Jahre 2030 bei mehr als 70 % liegen. Je nachdem, wie viel Energie aus erneuerbaren Quellen in das österreichische Netz eingespeist wird, sind unterschiedliche Strategien der APG erforderlich, um die Systemstabilität und Versorgungssicherheit aufrecht zu erhalten. Wird beispielsweise zu viel Energie eingespeist, werden Pumpspeicherkraftwerke aktiviert, die im Pumpbetrieb die Energie speichern. Für den Fall, dass zu wenig Energie zur Verfügung steht, können diese PSP-Kraftwerke die benötigte Energie wieder bereitstellen. (APG, 2013)

Zusätzlich sollte jedoch erwähnt werden, dass nicht alle Länder wie Österreich, die Schweiz und Teile Deutschlands diese Möglichkeiten besitzen, die Schwankungen im Inland mit PSP-Kraftwerken auszugleichen. Würden europaweit die Schwankungen zwischen Verbrauch und Erzeugung jedoch so stark zunehmen, dass eine Stabilisierung mit systemerhaltenden Kraftwerken (z. B. PSP-Kraftwerken, Gaskraftwerken, etc.) nicht mehr möglich ist, führt dies unweigerlich zu einer Abweichung der Netzfrequenz von 50 Hz (siehe Abbildung 4-23). Eine Abweichung von $\pm 0,2$ Hz (48,8 Hz bis 50,2 Hz) von der Netzfrequenz wird bereits als äußerst kritisch eingestuft und fördert somit auch die Gefahr einen Blackout zu erleiden. (APG, 2013)

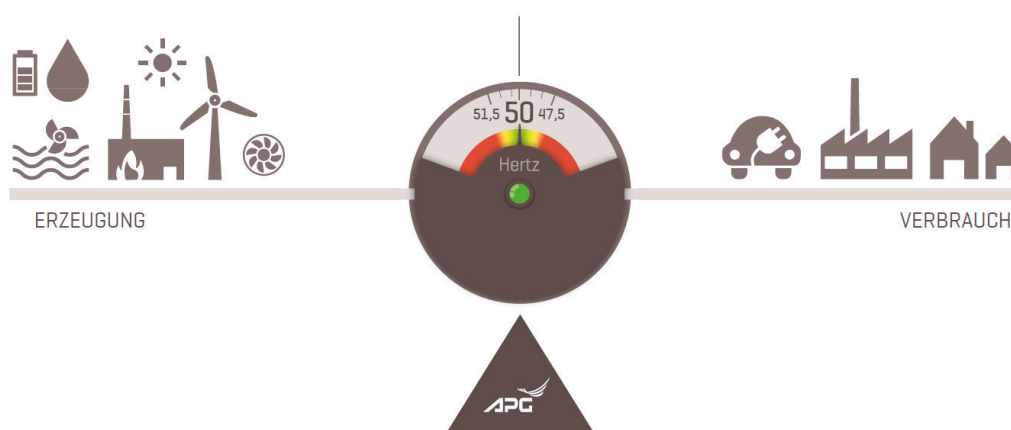


Abbildung 4-23: Aufrechterhalten der konstanten Netzfrequenz von 50 Hz (APG, 2013)

Um im Vorhinein einen sicheren Netzbetrieb zu gewährleisten, müssen sämtliche Betreiber der Übertragungs- und Verteilernetze die sogenannten technisch-organisatorischen Regeln (TOR) einhalten. Diese umfassen die Einhaltung von Spannungsgrenzen, Netzfrequenzen sowie die Erfüllung des n-1-Kriteriums.

Die Wichtigste der drei genannten Regeln ist das n-1-Kriterium. Es besagt, dass es beim Ausfall eines Leitungssystems oder eines Transformators zu keiner Beeinträchtigung im Netzbetrieb kommen darf. In der nachfolgenden Abbildung 4-24 sind zwei Systeme mit einer Auslastung von jeweils 50 % dargestellt. Würde nun eines der beiden Systeme ausfallen, könnte das andere die Leistung des ausgefallenen Systems übernehmen und wäre so zu 100 % ausgelastet. (APG, 2013)

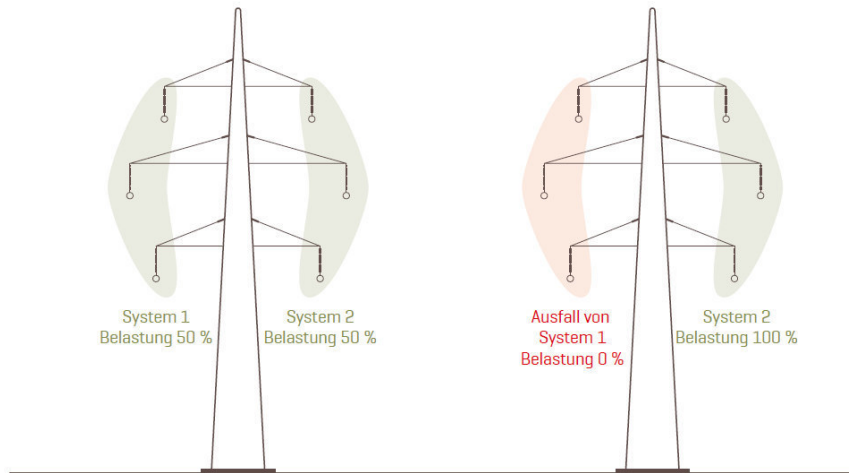


Abbildung 4-24: Einhaltung des n-1-Kriteriums an einer Übertragungsleitung (APG, 2013)

Wären aber beide Systeme zum Beispiel jeweils mit 80 % ausgelastet, würde das n-1-Kriterium verletzt werden. Zwar würde beim Ausfall eines der beiden Systeme das eine vom anderen die Leistung automatisch übernehmen, die Belastung von 160 % wäre jedoch einfach zu hoch. Eine Schutzabschaltung aufgrund dieser Überlastung wäre unabdingbar, was in weiterer Folge zu Versorgungsunterbrechungen führen würde (siehe Abbildung 4-25). (APG, 2013)

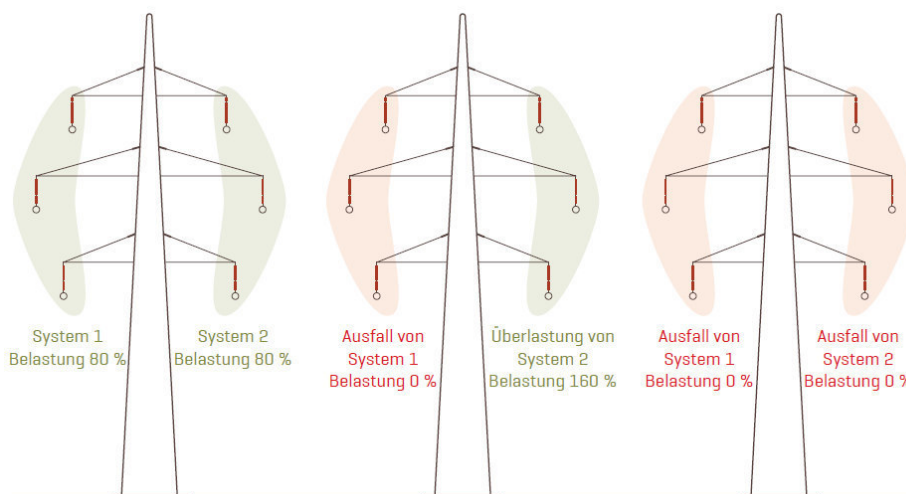


Abbildung 4-25: Verletzung des n-1-Kriteriums an einer Übertragungsleitung (APG, 2013)

Je nach Netztopologie sollten die Auslastungen der einzelnen Leitungen im Übertragungsnetz entsprechend maximal zwischen 50 % bis 70 % (70-Prozent-Regel) liegen, um eine Verletzung des n-1-Kriteriums zu vermeiden (APG, 2013).

Nicht vergessen werden darf der Einfluss des Import- bzw. Exportverhaltens der einzelnen Länder. In Österreich beispielsweise sind die Schwankungen von Importen und Exporten von zwei wesentlichen Faktoren abhängig. Einerseits vom Wasserkraftanteil und andererseits vom Marktverhalten, sprich den Börsenpreisen. Im Jahr 2011 war Österreich der viertgrößte Stromimporteur Europas mit rund 26 TWh (inklusive 18 TWh an Exportenergie). In Gegensatz dazu war Frankreich mit rund 64 TWh der größte Exporteur und Italien mit 47 TWh der größte Importeur Europas. (APG, 2013)

Zum Abschluss wird noch der Einfluss der unterschiedlichen Kraftwerkstypen im Hinblick auf die Netzbelastung genauer beschrieben. Nachfolgend wird nach APG (2013) der Einfluss sechs verschiedener Kraftwerkstypen auf das Netz unterschieden:

- **Moderne thermische Kraftwerke:** Dazu zählen neben Dampf- und Gaskraftwerke auch Gas- und Dampf-Kombikraftwerke. Vor allem moderne Gaskraftwerke sind sehr effizient und können rasch auf Leistungsänderungen reagieren.
- **Thermische Grundlastkraftwerke:** Thermische Grundlastkraftwerke werden vorwiegend mit Öl, Kohle oder Kernkraft betrieben. Diese zählen zu den systemerhaltenden Kraftwerken, da sie einerseits konstante Lastflüsse erzeugen und andererseits die Grundlast der Verbraucher decken. Unter Grundlast bezeichnet man jene Strommenge, die im Tagesverlauf nie unterschritten wird (klimaretter.info, 2017). Das betrifft sämtliche Geräte (z. B. Kühlschränke) und Unternehmen die 24 Stunden am Tag konstant Strom beziehen.
- **Wasserlaufkraftwerke:** Diese werden ebenfalls zur Deckung der Grundlast verwendet. Die Erzeugung ist regional unterschiedlich und stark von der Wasserführung der Flüsse abhängig. Hochwasser kann demnach einen Ausfall hervorrufen, da es zur Reduktion der Fallhöhe kommt. Ist zudem in den Wasserlaufkraftwerken die Möglichkeit eines Schwellbetriebes gegeben, kommt es zu mehr Dynamik in der Netzbelastung. Unter Schwellbetrieb versteht man, dass das Wasser für einige Stunden im Stauraum gesammelt wird und erst danach durch die Turbine befördert wird.
- **Pumpspeicher-Kraftwerke (PSP):** Wie bereits im Kapitel 4.6.1 erwähnt, sind PSP-Kraftwerke sehr flexibel einsetzbar. Demnach besteht die Möglichkeit, die überschüssige Energie zum Pumpen des Wassers von dem

tiefer liegenden Speichersee in den höher liegenden Speichersee zu verwenden. Dieser Vorgang kann sozusagen als Energiespeicherung bezeichnet werden. Sollte es jedoch zu einem Energieengpass kommen, kann diese gespeicherte Energie für die fehlende Netzeinspeisung herangezogen werden.

- **Windkraftwerke:** Die Erzeugung von Energie aus Windkraft ist ausschließlich von den Wetterbedingungen abhängig. Zwar besteht die Möglichkeit überschüssige Windenergie durch PSP-Kraftwerke zu speichern, aber fehlende Energie zufolge Windstille, muss hingegen von anderen rasch regelbaren Kraftwerken bereitgestellt werden. Auch deshalb werden, aufgrund der dargebotsabhängigen Windenergie, die Schwankungen zwischen Erzeugung und Verbrauch im Netz immer größer.
- **Photovoltaik-Anlagen (PV-Anlagen):** Auch für PV-Anlagen gilt dasselbe Prinzip wie für die Windkraftherzeugung. Die Energieerzeugung ist ausschließlich von der Sonneneinstrahlung (Winkel) und Sonnenscheindauer abhängig. Zwar ist über den Frühlings- und Sommermonaten mit guten Erzeugungsleistungen zu rechnen, aber spätestens in den Wintermonaten ist aufgrund der kürzeren Sonnenscheindauer eine Reduktion der Einspeiseleistung zu erwarten.

Im Jahre 2011 betrug die installierte Kraftwerksleistung in Österreich 22,6 GW. (Im Vergleich: Europa 2011 bei 703,3 GW). Bis zum Jahre 2030 wird ein Anstieg der Kraftwerksleistung auf 34,5 GW erwartet. (Im Vergleich: Europa 2030 bei 1010,8 GW). Wie die nachfolgende Abbildung 4-26 zeigt, wird es vor allem im Wind- und Solarbereichen zu massiven Anstiegen kommen. (APG, 2013)

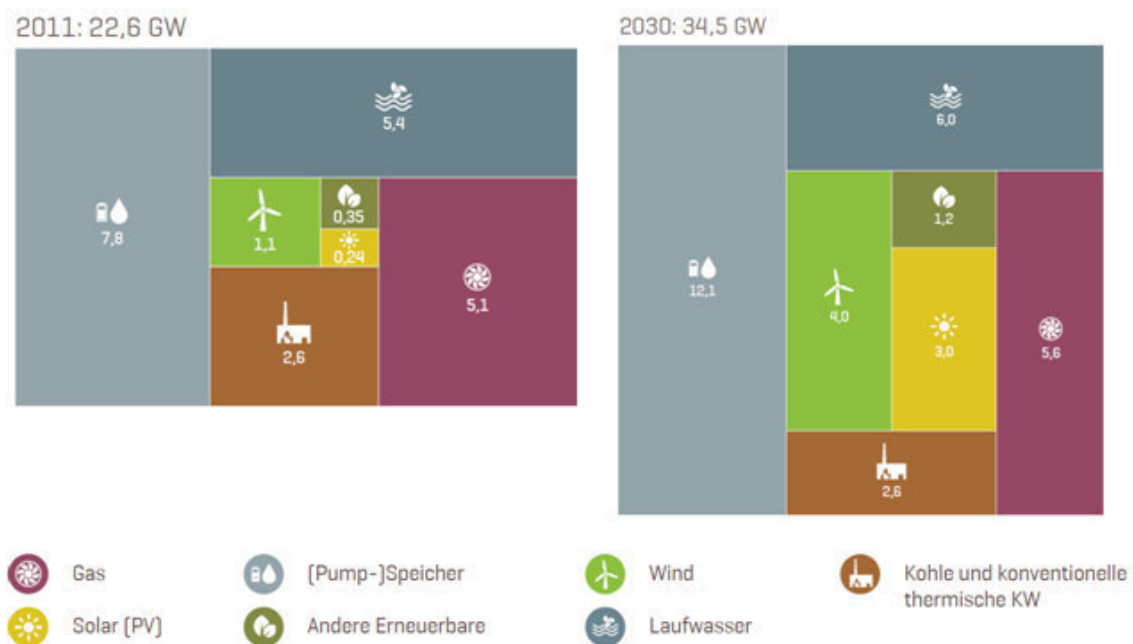


Abbildung 4-26: Installierte Kraftwerksleistung Österreich 2011 (links) und Ziele für 2030 (rechts) (APG, 2013)

Wo zukünftig die potenziellen Standorte der erneuerbaren Energien in Österreich liegen, zeigt die Abbildung 4-27. Klar ersichtlich ist, dass vor allem Pumpspeicherkraftwerke in den Zentralalpen Oberkärntens sowie in den südlichen Landesteilen Tirols die potenziellen Hauptstandorte darstellen. Im Gegensatz dazu werden Windparks vor allem im Flachland im Nordosten Niederösterreichs angedacht.

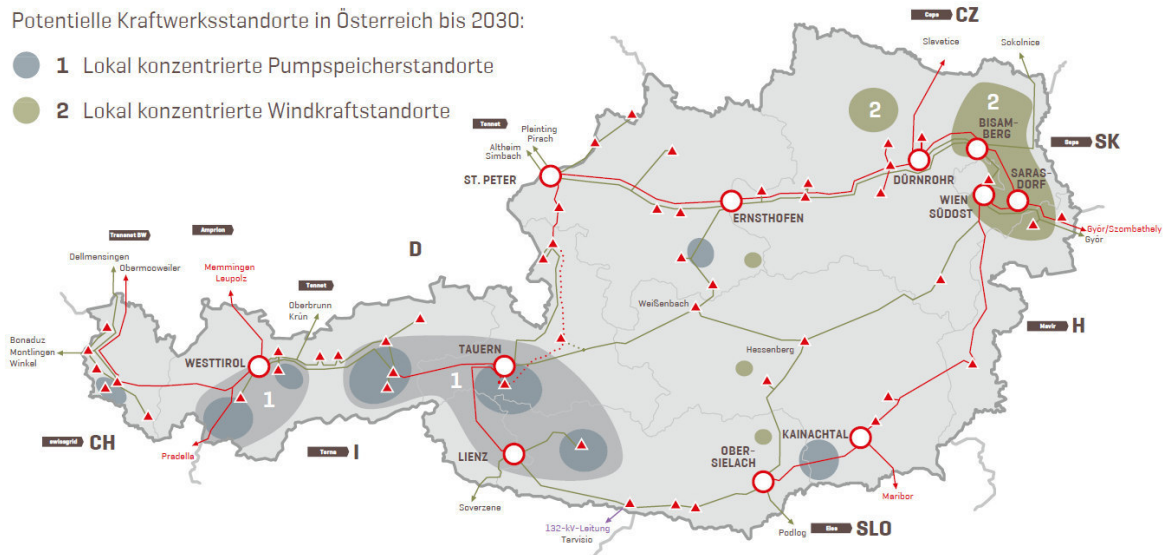


Abbildung 4-27: Kraftwerkspotenziale in Österreich bis 2030 (APG, 2013)

Das bedeutet, dass sich der Trend weiterhin in Richtung erneuerbare Energien bewegen wird und so die APG und alle anderen Netzbetreiber im Hinblick auf die Energiestabilisierung vor immer größer werdende Herausforderungen gestellt werden. Nicht nur der Fortschritt der erneuerbaren Energien, sondern auch die Abschaltung vieler systemerhaltenden Kraftwerke trägt ihren Teil dazu bei.

Wie stark das Wachstum von EE ist, zeigt die nachfolgende Zahl. Alleine im Jahr 2015 wurden weltweit 286 Milliarden Euro in den Neubau von Wind- und Solarkraftwerken investiert. (Auer, 2016)

Trotz alledem sollten laut den befragten Kraftwerksbetreibern beim Bau von neuen Windparks und PV-Anlagen drei wesentliche Aspekte nicht außer Acht gelassen werden:

- **Technische Aspekt:** Die großen Energiemengen aus erneuerbaren Energiequellen können nur durch leistungsstarke und gut ausgebaute Netze getragen werden.
- **Ökologischer Aspekt:** Der "Grüne Gedanke" ist ein bedeutender und wesentlicher Faktor und in weiterer Zukunft unbedingt notwendig.

- **Ökonomischer/wirtschaftlicher Aspekt:** Die diversen Windparks und PV-Anlagen müssen rentabel sein, d. h. die Systeme müssen gewinnbringend zu betreiben sein. Ökostrom ist zurzeit aufgrund der niedrigen Marktpreise nicht rentabel, wodurch ein Überleben nur durch Förderungen möglich ist. Beispielsweise liegt der Marktpreis in Deutschland bei 2-4 Cent/kWh. Aufgrund dessen liegt der Unterstützungsfaktor für erneuerbare Energien beim Doppelten von ca. 6-8 Cent/kWh. Nur so ist es zurzeit möglich Strom aus Wind und Sonne zu finanzieren.

4.6.2 Netzentwicklungsplan (NEP) 2016

Der NEP 2016 basiert auf den APG-Masterplan 2030 (Kapitel 4.6.1), dem Ten-Year-Network-Development-Plan (TYNDP) 2014 und 2016, sowie den NEP 2015. In diesen NEP 2016 wird festgeschrieben, welche Projekte in den nächsten 10 Jahren im Netz der APG umgesetzt werden müssen (APG, 2016). Zu den Projekten zählen neben den 380 kV-Ringschlussvorhaben (Siehe Kapitel 4.6.1) auch folgende gemäß der APG (2016):

- Neue Leitungsprojekte im Ausmaß von 370 km im APG-Übertragungsnetze
- Umstellen von 390 km Leitungen auf ein höheres Spannungsniveau bzw. Auflage neuer Leiterseile
- Neubau und Erweiterungen zahlreicher Umspannwerke in den Spannungsebenen 400 (380)/220/110 kV
- Errichtung von etwa 35 Transformatoren
- Notwendigkeit an umfangreichen Leitungs koordinierungen und Optimierungen der Leitungsstraßen im Zuge der neuen 380 kV-Salzburgleitung
- Altersbedingte Generalsanierungen von Leitungen insbesondere auf den 220 kV- und 110 kV-Netzebenen

Um einen noch detaillierteren Überblick über die diversen Umspannwerks- und Leitungsprojekte zufolge des NEP 2016 zu zeigen, werden die beiden nachfolgenden Abbildungen der AGP (2016) wiedergegeben. In der Abbildung 4-28 werden die zahlreichen Vorhaben an den Umspannwerken Österreichs grafisch dargestellt. Wie aus der Darstellung zu erkennen ist, sind insbesondere entlang der 220 kV-Leitungen Erweiterungen und Neubauten an Umspannwerken geplant (z. B. UW Villach Süd: 220/110 kV-Netzabstützung).

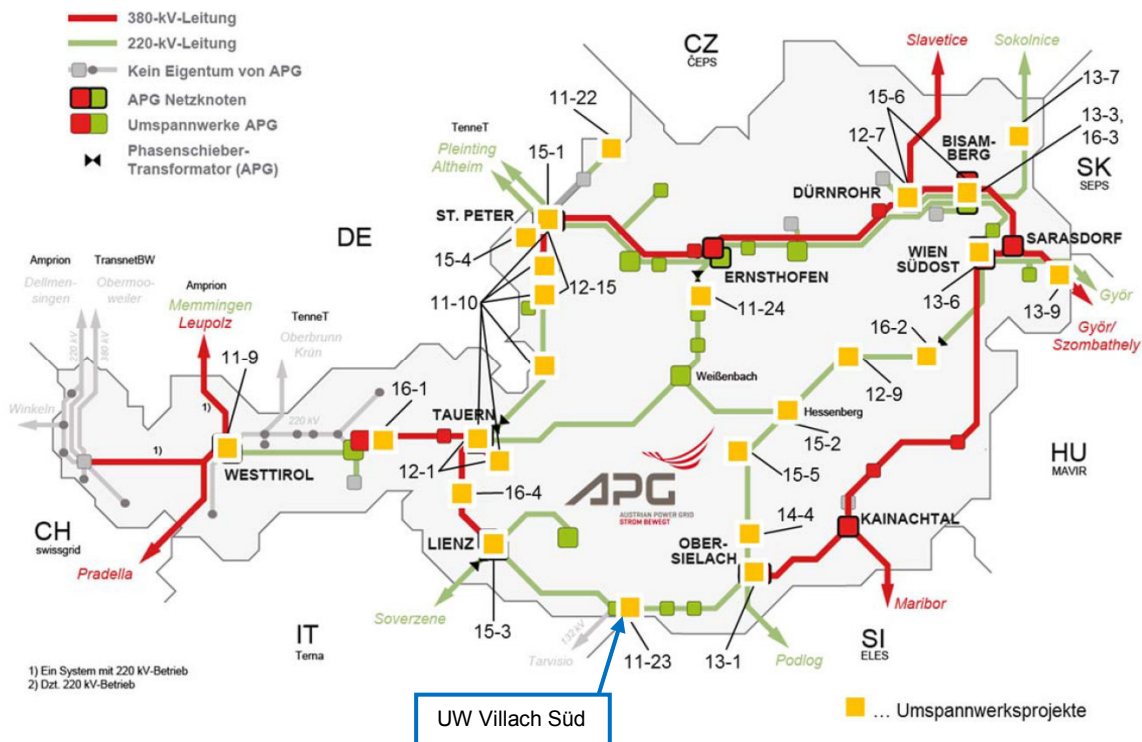


Abbildung 4-28: Überblick der Umspannwerksprojekte laut NEP 2016 (APG, 2016, modifiziert)

In der Abbildung 4-29 werden sämtliche geplanten bzw. bereits in Bau befindlichen Leitungsprojekte dargestellt. Neben den drei wesentlichen Projekten (siehe Aufzählung Kapitel 4.6.1), die den 380 kV-Ringschluss gewährleisten sollen, müssen auch noch zahlreiche Leitungsstraßen des 220 kV- und 110 kV-Netzes generalsaniert werden (z. B. 220 kV-Leitung Westtirol - Zell am Ziller: Leitungsverstärkung).

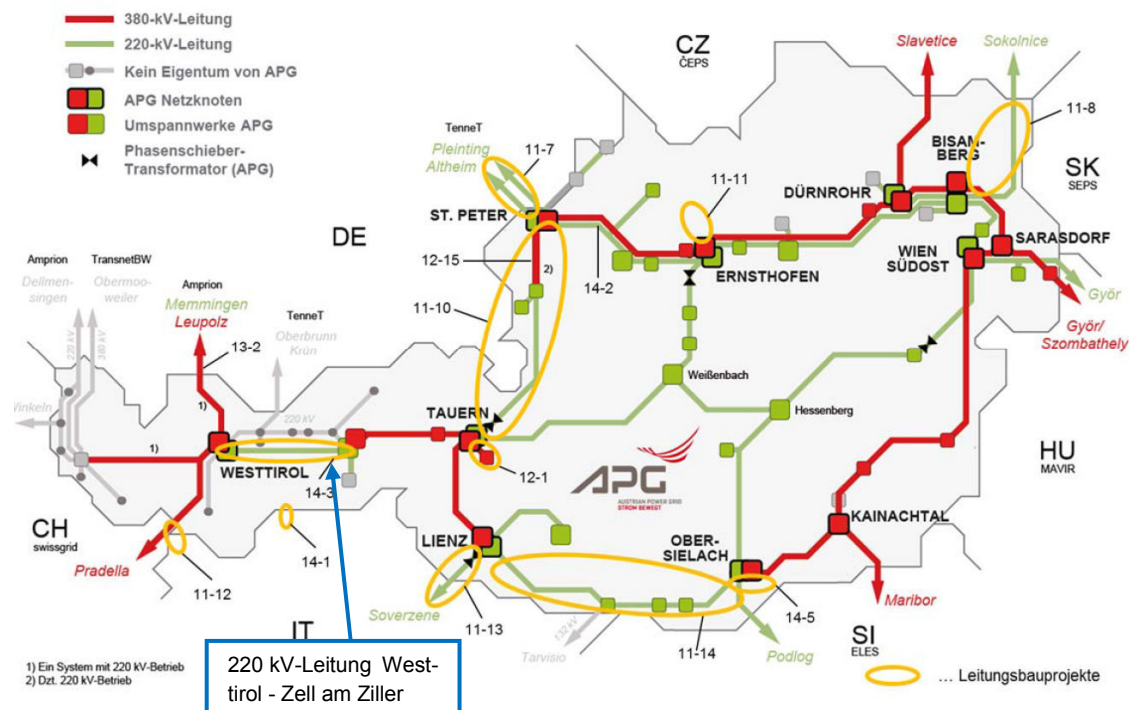


Abbildung 4-29: Überblick der Leitungsprojekte laut NEP 2016 (APG, 2016, modifiziert)

4.7 Simulierte Übungen

4.7.1 Simulierte Übungen Österreich/Kärnten

Sollte der Ernstfall eines Blackouts eintreten, muss das Netz danach so rasch wie möglich wieder in Betrieb gehen. Um diesen Schritt gewährleisten zu können, müssen nach Schmaranz (2014) drei wesentliche Maßnahmen festgelegt und optimiert werden:

- Durchführung von Inselbetriebsversuchen
- Optimierung des Netzwiederaufbaukonzeptes
- Regelmäßiges Training des Leitstellenpersonals

Die drei oben genannten Maßnahmen müssen mit den Übertragungsnetzbetreibern, den angrenzenden Verteilnetzbetreibern, sowie den am Netzwiederaufbau beteiligten Kraftwerksbetreibern abgestimmt werden. Nur so können im Ernstfall Unstimmigkeiten im Vorhinein vermieden werden. (Schmaranz, 2014) In den nachfolgenden Abschnitten werden die drei Maßnahmen näher erläutert.

Durchführen von Inselbetriebsversuchen: Inselbetrieb bedeutet, einen isolierten Netzteil bzw. Netzbereich ausschließlich mit eigenem Kraftwerkseinsatz zu betreiben. In diesen Versuchen werden einerseits die Abläufe und andererseits die Umsetzbarkeit von sich technisch und organisatorisch ändernden Rahmenbedingungen geprüft. Neben der Kommunikation im militärischen Stile, sprich mit sog. Kommandostellen, wird auch der Schwarzstart von Generatoren sowie Lastzu- und Lastabschaltungen erprobt. Es sollte jedoch beachtet wer-

den, dass sämtliche Abläufe und Daten ausreichend dokumentiert werden, um die Erstellung von Simulationsmodellen durch diverse Hochschulen zu erleichtern. (Schmaranz, 2014)

Wie stark Netzbetreiber in Österreich sich mit diesem Thema beschäftigen, zeigt, dass in den Jahren 1986, 2005, 2009, 2010 und 2011 Inselbetriebsversuche im 110 kV-Netz durchgeführt wurden. Damit konnte vor allem in den letzten Jahren regelmäßig der eigenständige Wiederaufbau der elektrischen Energieversorgung trainiert werden. Im Zusammenarbeit mit der TU Graz (Institut für elektrische Anlagen) konnte ein Inselbetriebsversuch sowohl auf theoretischer als auch auf praktischer Ebene 2011 in Kärnten trainiert werden. In der nachfolgenden Abbildung 4-30 wird gezeigt, wie groß das Versuchsnetz war und welche Kraftwerksgruppen daran beteiligt waren. (Schmaranz, 2014)

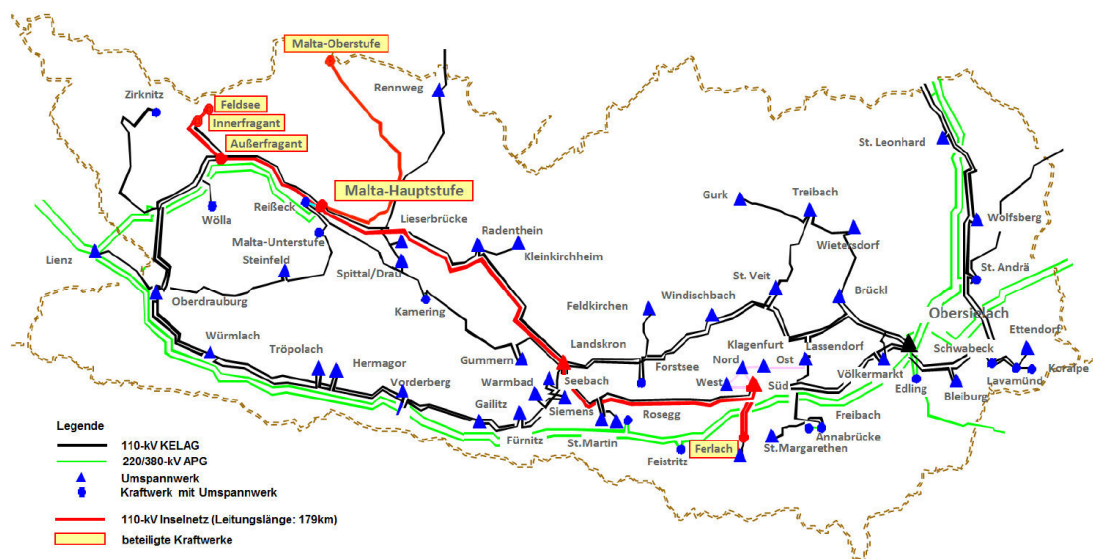


Abbildung 4-30: Inselbetriebsversuch Kärnten 2011 (Schmaranz, 2014)

Als Versuchsannahme wurde ein vollständiger Netzzusammenbruch des Übertragungsnetzes sowie der untergeordneten Verteilnetze festgelegt. Das Versuchsnetz umfasste eine Länge von 179 km 110 kV-Leitung und drei beteiligte Kraftwerksgruppen (Schmaranz, 2014). Nachfolgend wird ein Überblick über den Ablauf des Versuches gegeben.

Am Beginn eines funktionierenden Krisenmanagements steht immer eine einwandfreie Kommunikation zwischen den beteiligten Vertretern. Diesbezüglich wurde eine Kommandostelle eingerichtet, von der aus die Koordination der Beteiligten erfolgte. Als nächster Schritt ist ein Schwarzstart und Aufbau eines Inselnetzes erforderlich. Um diesen Schritt zu gewährleisten, bedarf es schwarzstartfähiger und inselbetriebsfähiger Maschinen. Diese Fähigkeit besitzen in Kärnten zwei Maschinen. Eine im KW Innerfragant und eine im KW Außerfragant. Es handelt sich dabei um zwei schnell regelbare Speicherkraftwerke mit Notstromeinrichtungen. Nach dem Schwarzstart des ersten Maschinensatzes und dem Hochfahren weiterer Maschinensätze, werden zur Erhö-

hung der Stabilität Lasten in Form von Pumpen an das Netz geschaltet. Anschließend werden die beiden Kraftwerke über das 110 kV-Netz mit zwei weiteren Kraftwerken (Malta-Hauptstufe und Ferlach) verbunden. Nach der erfolgten Anbindung kommt es zu Ab- und Zuschaltung von Teillasten in die Inseln, um ein Leistungsgleichgewicht herzustellen. Zu Beginn wurde das sprunghafte Zuschalten von Lasten mit Pumpen versucht. Das Ergebnis war jedoch nicht zufriedenstellend, da Pumpen ein charakteristisches Anlaufverhalten aufweisen. Deshalb wurde das Zuschalten durch Leistungserhöhungen und -reduktionen der Generatorleistung simuliert. Am Ende ist ein Synchronisieren und Trennen der Insel mit dem Verbundnetz erforderlich. Eine Synchronisierung ist deshalb erforderlich, da es früher oder später wieder zum Zusammenschluss mit anderen asynchronen Netzen kommt. Wie die nächste Abbildung 4-31 zeigt, traten während des Versuches Frequenzen zwischen 48,1 Hz und 52,2 Hz auf. (Schmaranz, 2014)

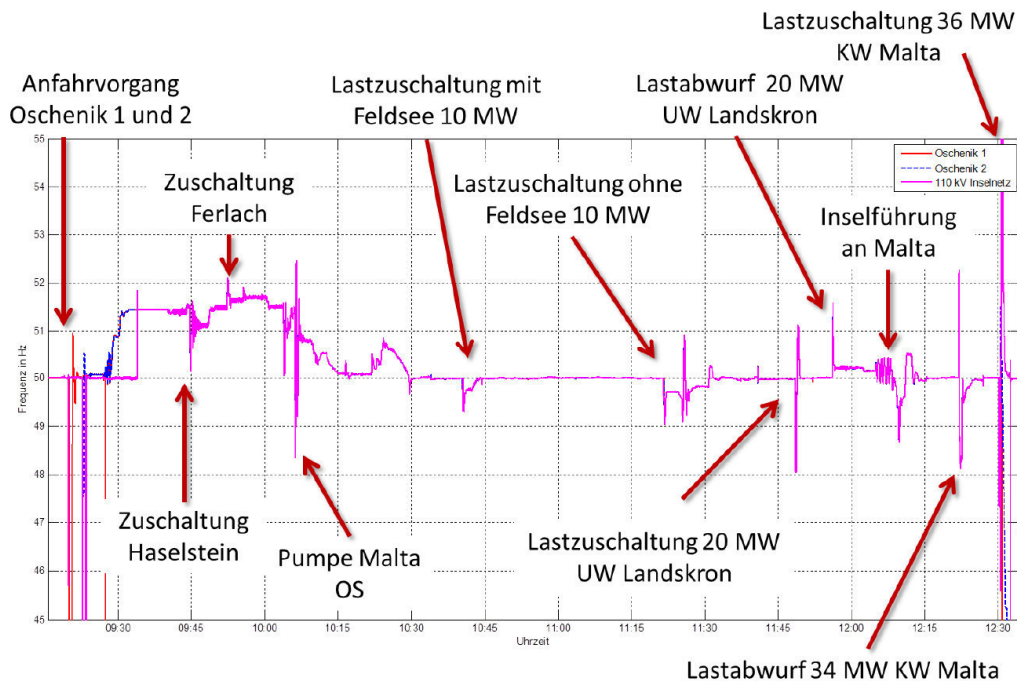


Abbildung 4-31: Frequenzverlauf während des Inselbetriebsversuches 2011 (Schmaranz, 2014)

Optimieren des Netzwiederaufbaukonzeptes: Allein durch Inselbetriebsversuche können keine detaillierten und realen Rückschlüsse auf den Netzwiederaufbau gezogen werden. Deshalb ist es notwendig, ein dynamisches Simulationsmodell zur Optimierung des Gesamtkonzeptes zu erstellen. Als Datenbasis dienen neben den Messdaten aus Inselbetriebsversuchen, auch Leistungs-, Generator- und Turbinendaten. Durch die Simulationsmodelle soll es möglich werden, neue Maschinen schneller in das System des Netzwiederaufbaues zu integrieren. (Schmaranz, 2014)

Regelmäßiges Training des Betriebs- und Leitstellenpersonals: Das Training betrifft sowohl das Leitstellenpersonal der Netzbetreiber als auch der Kraftwerksbetreiber (Schmaranz, 2014).

Zu den Übungen, die das Betriebs- und Leitstellenpersonal regelmäßig abzuhalten hat, zählen nach Schmaranz (2014) unter anderem folgende:

- **Kommunikationstraining:** Die Übung kann wöchentlich durchgeführt werden und bedarf keiner großen Vorbereitung. Im Grunde genommen geht es darum, die Handhabung mit Funkgeräten, Satellitentelefonen und Ähnlichem zu trainieren. Vor allem für Komponenten ohne regelmäßige Einsatzzeiten erscheint die Übung sinnvoll, da es gleichzeitig als Funktionskontrolle gesehen werden kann.
- **Krisenübung:** Die Krisenübungen im Zuge der ausgearbeiteten Notfallpläne bezüglich Großstörungen sollten 1-2-mal jährlich abgehalten werden. Die Übungen sollten auch die Beteiligung Dritter, wie zum Beispiel die des Bundesheeres, beinhalten.
- **Übungen an internen Simulatoren:** Sämtliche großen Energieanbieter verfügen über hauseigene Trainingssimulatoren für ihre eigenen Systeme. Die Nachteile der firmeneigenen Simulatoren sind neben dem hohen Pflege- und Instandhaltungsaufwand vor allem die Beschränkung der Störungssimulationen auf das eigene lokale Netz.
- **Übungen an externen Trainingssimulatoren (z. B. DUtrain-Netzsimulator in Duisburg):** Der Vorteil des DUtrain-Simulators liegt darin, dass Großstörungen netzübergreifend von der Höchstspannungsebene bis hin zur Niederspannungsebene simuliert werden können. Österreichische Kraftwerks- und Netzbetreiber führen diesbezüglich regelmäßige Trainings durch, wobei man sich laut Schmaranz (2014) auf zwei Szenarien konzentriert:
 - Szenario 1: Weiterschaltung einer gesunden Spannung aus dem „European Network of Transmission System Operators for Electricity Raum“ (ENTSO-E). (Top-Down)
 - Szenario 2: Netzwiederaufbau mittels schwarzstartfähigen Kraftwerken nach einem Blackout. (Bottom up)

Der DUtrain-Simulator umfasst 30 Arbeitsplätze, die jeweils mit vier Monitoren und einem Telefon ausgestattet sind (siehe Abbildung 4-32 und Abbildung 4-33). Das Angebot an Simulationen ist breit gefächert. Neben dem Normalbetrieb ist auch die Störungsvermeidung, die Störungsabwendung sowie das Beherrschen kritischer Situationen und der Netzwiederaufbau nach Großstörungen Teil des Angebotes. (DUtrain, 2017)



Abbildung 4-32: Ausstattung des DUtrain-Simulators (DUtrain, 2017)



Abbildung 4-33: Ausstattung des DUtrain-Simulators (DUtrain, 2017)

Aufgrund des damit verbundenen zeitlichen Aufwandes werden solche Trainingssimulationen nur alle zwei Jahre durchgeführt (Schmaranz, 2014).

- **Inselbetriebsversuche:** Dabei sollte, wie bereits eingangs dieses Kapitels erwähnt, ein Netzwiederaufbau möglichst realitätsnah simuliert werden (Schmaranz, 2014).

4.7.2 Simulierte Übung Schweiz

Die Übung mit dem Namen „SCHWEIZ DUNKEL“ soll einen Kollaps der Stromversorgung in der Schweiz simulieren. Infolge eines Erdbebens kommt es zu massiven Engpässen in der Stromversorgung. Durch die Beschädigungen am Unterwerk Laufenburg kommt es zur Reduktion der Stromimporte aus Deutschland und Osteuropa. Aus Sicherheitsgründen werden zudem drei Kernkraftwer-

ke vom Netz genommen. Dadurch kommt es zum Ausfall der Stromversorgung in der gesamten Deutschschweiz, wie die nachfolgende Abbildung 4-34 zeigt. (Bundesamt für Bevölkerungsschutz Schweiz, 2007)

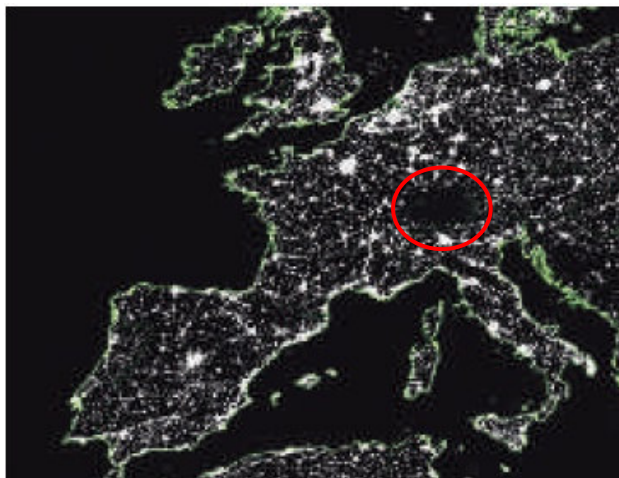


Abbildung 4-34: Simulierte Stromkollaps in der Schweiz (Bundesamt für Bevölkerungsschutz Schweiz, 2007, modifiziert)

An der nationalen Übung beteiligt waren neben der SBB auch Swisscom (Schweizer Telekommunikationsunternehmen) und Swissgrid (Betreiber des schweizerischen Hochspannungsnetzes). Das Hauptaugenmerk bestand darin das neue Kommunikationsinstrument „Info-Flash“, eine Art Web-Formular für Statusmeldungen, unter möglichst realen Bedingungen zu testen. Das Kommunikationsinstrument ist weder auf das Festnetz noch auf das Mobilfunknetz angewiesen. Der Vorteil besteht darin, dass alle Beteiligten im Falle eines Ernstfalles gleichzeitig und unkompliziert miteinander kommunizieren können. Einzige Voraussetzung besteht darin, dass sämtliche Nutzer über Notstromversorgungen verfügen müssen. (Bundesamt für Bevölkerungsschutz Schweiz, 2007; Bundesamt für Bevölkerungsschutz Schweiz, 2009)

Im Zuge einer weiteren Übung 2009, namens „SCHWEIZ DUNKEL II“, wurde ein zweites Kommunikationsinstrument getestet, namens „Netalert“. „Netalert“ verfolgt das Grundprinzip „Geschwindigkeit vor Vollständigkeit“. Damit sollen Einsatz- und Führungsorgane rasch über ein drohendes Ereignis informiert werden, um so entsprechende Vorbereitungen treffen zu können. (Bundesamt für Bevölkerungsschutz Schweiz, 2009)

4.8 Gegenmaßnahmen

Um einen Blackout bestmöglich von Beginn an zu vermeiden, bedarf es massiver Investitionen in das Leitungsnetz und den Kraftwerksbetrieb. Nicht nur einzelne europäische Länder allein, sondern ganz Europa muss hierfür in die Pflicht genommen werden.

Da Österreich gemeinsam mit der Schweiz das Zentrum im europäischen Verbundnetz einnimmt, ist der Lückenschluss der 380 kV-Leitung in Österreich eine

relevante Komponente im Verbundsystem. Aber nicht nur Österreich, sondern auch Deutschland benötigt mehrere 1.000 km an neuen Hochspannungsleitungen. Dabei sollte jedoch unbedingt das in Kapitel 4.6.1 beschriebene n-1-Kriterium eingehalten werden.

Neben dem Leitungsausbau sollte auch der jetzige Kraftwerksbetrieb überdacht und geändert werden. Der Trend in Richtung erneuerbare Energien ist hinsichtlich Klimaschutz wichtig und auch richtig. Dennoch sollten einige systemerhaltenden Kraftwerke wie Gas- und Kohlekraftwerke bestehen bleiben, um die Stabilität des Stromnetzes zu erhöhen und um bei Bedarf in Ernstfällen rechtzeitig eingreifen zu können.

Zusätzlich sollten auch die Förderungen und Anschlussbedingungen neuer Windkraft- und PV-Anlagen vor allem in Deutschland überdacht werden. In Österreich zum Beispiel strebt man seit Jahren ein Gesetz an, in dem man versucht, im Netzanschlussvertrag von neuen EE-Projekten gleichzeitig eine Art Netzausbau-Klausel zu verankern. Das bedeutet, dass ohne gleichzeitige Investitionen in den Leitungsausbau durch den Investor selbst keine Förderungen mehr vergeben werden sollten. Aber bis heute wurde diesbezüglich noch keine politische Übereinkunft getroffen.

Wenn ein Blackout jedoch unvermeidbar ist, sollten die in Kapitel 4.4 genannten Bereiche bestmöglich darauf vorbereitet sein. Wie die Vorbereitungsmaßnahmen sein sollten bzw. könnten, wird in den Kapiteln 4.8.1 bis 4.8.11 näher erläutert.

4.8.1 Trinkwasserversorgung

Bei der Trinkwasserversorgung hat man in Österreich in vielen Bereichen den Vorteil, dass viele Haushalte rein gravitativ, d. h. ohne erforderliche Pumpenergie, mit Wasser versorgt werden können. Jener Teil der Bevölkerung, der auf eine stromabhängige Trinkwasserversorgung angewiesen ist, hat es wesentlich schwieriger. Wasserversorgungsunternehmen, die für die TW-Bereitstellung an ihre Kunden großteils von Pumpenergie abhängig sind, sind gut beraten, sich mit Blackout-Szenarien und möglichen Maßnahmen dagegen intensiver zu befassen. Eines dieser Unternehmen in der Steiermark ist der Wasserversorgungsverband Grenzland Süd Ost, der sich bereits seit mehreren Jahren sehr intensiv mit dem Thema beschäftigt und auch bereits einige Maßnahmen dagegen umgesetzt hat. Diese Maßnahmen teilen sich in zwei Phasen. In der ersten Phase wurde zunächst die Verbandszentrale so umgestaltet, dass sie völlig autark betrieben werden kann. In der zweiten Phase werden nun sukzessive alle wesentlichen Pumpstationen, Übergabeanlagen, Hochbehälter und Bodenanlagen mit entsprechenden Notstromaggregaten ausgestattet. Damit kann nach Abschluss aller vorgesehenen Installationen sichergestellt werden, dass das Versorgungsgebiet in einem Blackout-Fall fünf Tage lang mit Trinkwasser

versorgt werden kann. Dieses Projekt kann anderen Versorgern mit vergleichbaren Randbedingungen durchaus als Vorbild dienen.

Um einen noch längeren Betrieb der Aggregate zu ermöglichen, gibt es zwei Varianten. Die erste bestünde darin, einen dementsprechend großen Treibstoffvorrat anzulegen, wobei aber auch auf die Alterung des Treibstoffes zu achten ist. Die zweite würde sich auf den Einsatz von Aggregaten mit Batteriespeicher beziehen, die über inselbetriebsfähige PV-Anlagen geladen werden könnten. (Saurugg & Kogler, 2015)

Es gibt aber auch Methoden sich selbst mit Trinkwasser zu versorgen. Neben einer Bevorratung mit Wasservorräten (35 Liter pro Person für 14 Tage) besteht auch die Möglichkeit, Trinkwasser aus selbst gebauten Wasserfiltern zu beziehen. Wie der Aufbau eines solchen Filters auszusehen hat, zeigt die Abbildung 4-35.

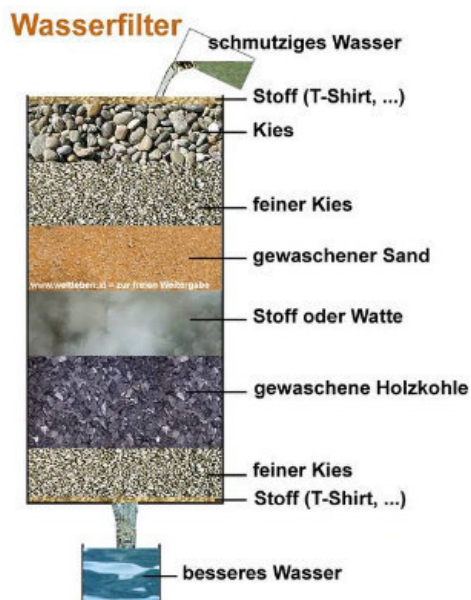


Abbildung 4-35: Aufbau eines selbstgebauten Wasserfilters (notvorsorge.com, 2013)

Nachdem das Rohwasser den Filter durchlaufen hat, sollte es in schwarzen Kanistern in der Sonne stehend kurz aufbewahrt werden, um es für eine Stunde auf ca. 65 °C zu erhitzen. Damit sollten auch die restlichen Krankheitserreger abgetötet werden. (notvorsorge.com, 2013)

Brauchwasser, wie beispielsweise für die Toilettenspülung, kann mittels Eimern aus den nächst gelegenen Bächen und Seen entnommen werden. Man sollte dieses Wasser jedoch für mehrere Zwecke in der richtigen Abfolge verwenden, beispielsweise zuerst zum Waschen und danach erst für die Toilettenspülung (Niederösterreichische Zivilschutzverband, 2013). Dabei sollte jedoch nicht vergessen werden, dass ein manuelles Befüllen von vielfach schon in den Wänden eingebauten Spülkästen durch Eimer nicht mehr möglich ist.

Ein nicht zu vernachlässigender Punkt ist die Löschwasserbereitstellung für die Feuerwehren, die vielfach auch über die Trinkwassernetze erfolgt. In Österreich und da insbesondere in Kärnten ist man dafür allerdings in einer beneidenswerten Situation. Bei Ausfall des Hydrantennetzes kann laut der an der Befragung teilgenommenen Feuerwehr fast überall auf die umliegenden Bäche und Seen zurückgegriffen werden. Dabei wird das Wasser mittels Pumpen aus dem Gewässer gefördert. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass man über genügend Treibstoff für den Pumpbetrieb verfügt.

4.8.2 Abwasserentsorgung

Da viele ARAs ohne Strom ihren Betrieb einstellen müssen, kann es im Falle von Blackout zu massiven Problemen mit der Abwasserentsorgung und der Abwasserbehandlung kommen. In diesen Fällen sollten die Fäkalien nicht über die WC-Anlagen in den Haushalten, sondern über separat aufgestellte WC-Anlagen (Notlatrinen) entsorgt werden. Befinden sich jedoch keine öffentlich aufgestellten WC-Anlagen in der näheren Umgebung, sollten Fäkalien in verschlossenen Müllsäcken in Kübeln mit Deckel gesammelt werden (Niederösterreichische Zivilschutzverband, 2013). Dazu sei angemerkt, dass für die Bereitstellung von Notlatrinen bzw. öffentlichen temporären WC-Anlagen nicht unbedingt der jeweilige Abwasserentsorger zuständig ist.

Bei ARAs, die über ein Blockheizkraftwerk (BHKW) mit separatem Erdgasanschluss verfügen und zudem auf eigene Notstromaggregate und inselbetriebsfähige PV-Anlagen zurückgreifen können, kann der Betrieb für gewisse Stunden bis Tage aufrechterhalten werden. Damit ein Notstromaggregat bzw. eine PV-Anlage inselbetriebsfähig ist, bedarf es des Einbaus eines inselbetriebsfähigen Wechselrichters sowie einer Batterieanlage als Energiespeicher. Des Weiteren wird aufgrund des Arbeitnehmerschutzes vorgeschrieben, dass inselbetriebsfähige PV-Anlagen im Falle eines Stromausfalles sich automatisch vom Netz entkoppeln. Die Investitionskosten für solche Anlagen sind sehr hoch, wobei die Wartungskosten für Batterien wesentlich niedriger liegen als für Notstromaggregate. Zudem kann mit Hilfe der in den Batterien gespeicherten Energie Strom auch in der Nacht zur Verfügung gestellt werden. Es sei jedoch zu beachten, dass ein vollständiger Betrieb des BHKW im Blackout-Fall nur durch eine funktionierende, stromunabhängige Erdgasversorgung, falls es eine solche gibt, garantiert werden kann. Weiters sind dafür noch der Einbau eines Spannungsreglers inklusive Blindleistungsregler sowie ein geeignetes Last-Management erforderlich. Blindleistung belastet das Stromnetz ohne diese jedoch mechanisch verwenden zu können. Diese Blindleistung entsteht durch verschiedene Betriebsmittel, die im Inselbetrieb durch den Stromerzeuger kompensiert werden muss. Diese Kompensation geschieht durch den Blindleistungsregler. Finanziell gesehen liegt eine solche Investition im Bereich von 10.000 € bis 20.000 €. Sind all diese Einbauten im BHKW vorhanden, stellt sich

noch die Frage, ob eine stromunabhängige Erdgasversorgung überhaupt vorhanden ist. Auf diese Frage wird im Kapitel 5.2 noch näher eingegangen und beantwortet. Zusätzlich sollte man nach Saurugg & Kogler (2015) bei einer funktionierenden, stromunabhängigen Wasserversorgung die Wassermengen zur ARA reduzieren, um diese im Notbetrieb nicht zu überlasten. Um den Transport des Abwassers im Kanalnetz gewährleisten zu können, müssen noch weitere Maßnahmen getroffen werden. So müssen an den diversen Hebeanlagen und Übergabestellen entlang des Kanalnetzes entsprechende Notstromaggregate installiert und betrieben werden, um auch dort den Betrieb aufrechtzuerhalten. Stehen keine eigenen Kanalspülfahrzeuge zur Verfügung bedarf es bei Kanalabschnitten mit sehr geringer Sohlneigung eventuell auch der Unterstützung durch die Feuerwehr, um ein regelmäßiges Spülen dieser Abschnitte zu gewährleisten und damit Ablagerungen im Sohlbereich zu vermeiden. Jedoch ist laut Auskunft der befragten Feuerwehr ein regelmäßiges Spülen in solchen Abschnitten durch die geringe Kapazität an Tanklöschwagen nur eingeschränkt möglich.

4.8.3 Treibstoffversorgung

Fossile Treibstoffe sind nach wie vor eine nicht mehr wegzudenkende Ressource und auch im Falle eines Blackouts unentbehrlich. In Österreich umfassen die Treibstoffreserven eine Menge, die für ca. 90 Tage ausreichen würde. Damit sollte auch eine Überbrückung eines länger andauernden Stromausfalles theoretisch leicht möglich sein. Die Praxis sieht jedoch zurzeit noch anders aus. Aufgrund dessen, dass der überwiegende Anteil an Tankstellen in Österreich über keine Notstromversorgung verfügt, kann somit der Treibstoff an den Tankstellen im Falle eines Blackouts auch nicht mehr abgegeben werden. Jedoch ist eine gesicherte Treibstoffversorgung in Krisensituationen unabdingbar, damit Fahrzeuge der Einsatzorganisationen, der Kommunikationsnetze (Handynetz), der Infrastruktureinrichtungen (Krankenhäuser) und weiterer lebensnotwendiger Einrichtungen den Betrieb wesentlich länger aufrechterhalten können. (Ladinig & Saurugg, 2012b)

In der nachfolgenden Tabelle 4-2 wird der Durchschnittsbedarf an Treibstoff in Österreich pro Tag im Jahre 2010 veranschaulicht. Heute ist der Bedarf geringfügig höher.

Tabelle 4-2: Durchschnittlicher Tagesbedarf an Treibstoff in Österreich (Ladinig & Saurugg, 2012b)

Treibstoffversorgung Österreich 2010 (Verbrauch in Liter)			
2.656 Tankstellen		4 OMV-Tanklager	
Gesamt pro Tag	15,8 Mio.	Gesamt pro Tag	10,8 Mio.

Der tägliche Treibstoffbedarf in Österreich liegt bei ca. 26,6 Millionen Litern (2016: 27,4 Millionen Liter) (WKO, 2017). Dabei werden 15,8 Millionen Liter an öffentlichen Tankstellen verkauft während die restlichen 10,8 Millionen Liter direkt an Großverbraucher (z. B. Transportunternehmen) abgegeben werden.

Im Jahr 2010 (2015) waren zwischen 2600-2700 (2641) Tankstellen in Österreich in Betrieb (WKO, 2016). Ein kleiner Teil der vorhandenen Tankstellen, nämlich 3,5 % (91 Tankstellen), würde ausreichen, um die durchschnittliche Tagesmenge an Treibstoff alleine zur Verfügung zu stellen. Voraussetzung dafür wäre ein 24-Stunden-Betrieb mit sechs betriebsbereiten Zapfsäulen. Wären diese 91 Tankstellen in einem entsprechenden Raster über Österreich verteilt und mit Notstromaggregaten ausgestattet, dann würde dies eine wesentliche Erhöhung der Versorgungssicherheit in Krisenzeiten mit sich bringen. (Ladinig & Saurugg, 2012b)

In Tirol wurde bereits, wie in Kapitel 4.4.3 erwähnt, ein Schritt in diese Richtung gemacht. Dabei wurden die 13 Landestankstellen in Tirol mit Notstromaggregaten ausgestattet, die in Krisenzeiten die Betankung der Einsatzfahrzeuge sicherstellen sollen. Um jedoch ein unkontrolliertes Beziehen des Treibstoffes zu verhindern, wurden entsprechende Maßnahmen gesetzt. So dürfen neben Einsatzorganisationen nur Ärzte, Energieversorger, Frächter lebensnotwendiger Güter und sonstige behördliche Personen mit entsprechender Berechtigung die Nottankstellen nutzen (Ladinig & Saurugg, 2012b).

Welche Verbesserungen eine mögliche Notversorgung von Tankstellen mit sich bringen würde, zeigt die nachfolgende Abbildung 4-36 im Vergleich mit Tankstellen ohne Notversorgung (siehe Abbildung 4-37).

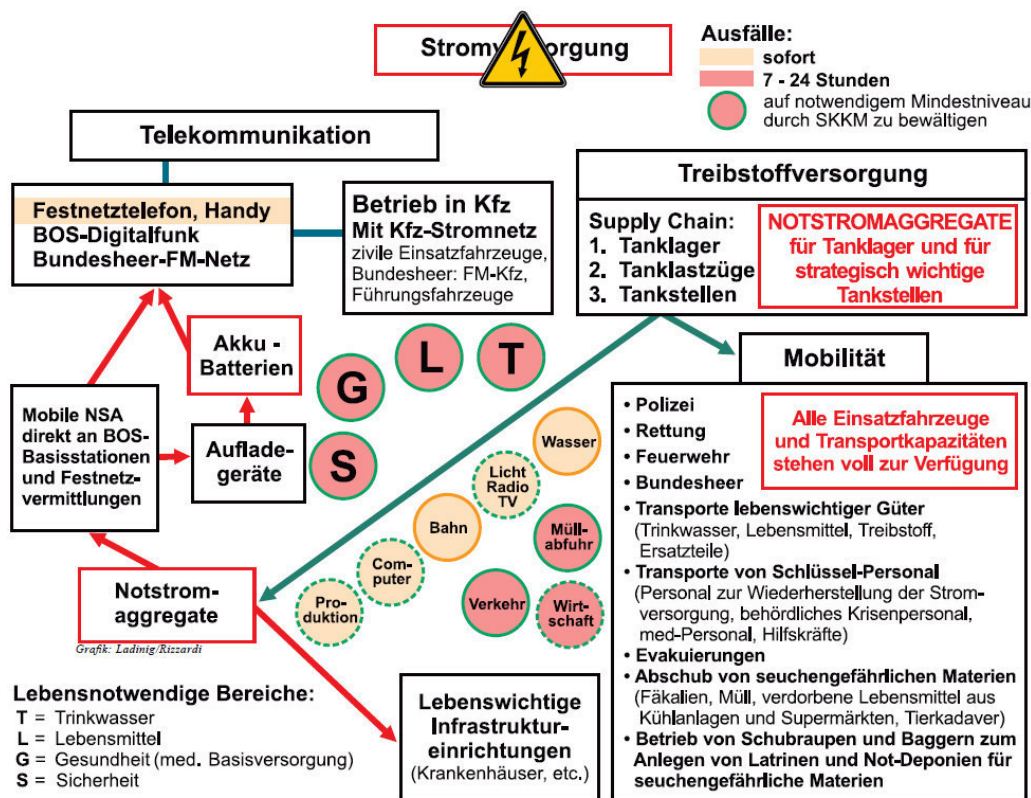


Abbildung 4-36: Blackout nach den ersten 7 bis 24 Stunden mit Treibstoffnotversorgung (Ladinig & Rizzardi, 2012)

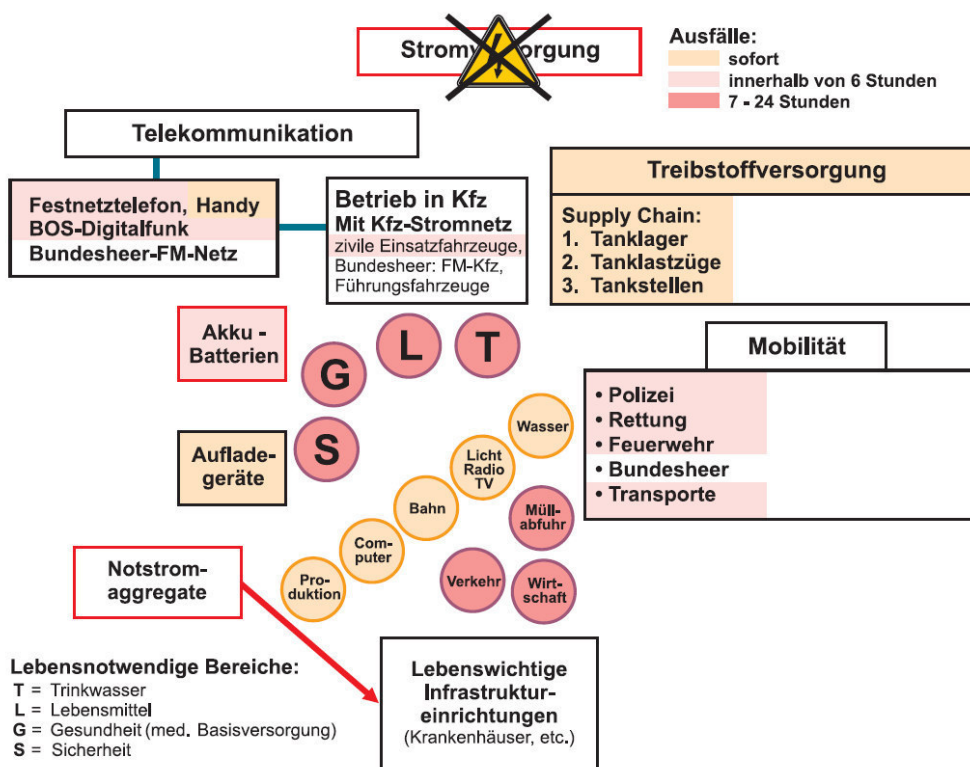


Abbildung 4-37: Blackout nach den ersten 7 bis 24 Stunden ohne Treibstoffnotversorgung (Ladinig & Rizzardi, 2012)

4.8.4 Informationstechnik und Telekommunikation

Wie bereits im Kapitel 4.4.4 erwähnt, sind Hauptvermittlungsstellen, Nebenstellen und Sendemasten mit einer Notstromversorgung ausgestattet. Die Dauer des Notbetriebs reicht von 72 Stunden an den Hauptvermittlungsstellen über 8 Stunden an den Nebenstellen bis hin zu gerade einmal 2 Stunden an den Handysendemasten (Österreichischer Zivilschutzverband, 2013). Deshalb wird angestrebt, auch Amateurfunken (rund 6.300 allein in Österreich) in die nationale Krisenkommunikation miteinzubinden. Vor allem deren gute Organisation, die großen Reichweiten der Geräte und deren eigene Notstromversorgung sprechen dafür. (Ladinig & Saurugg, 2012b)

Wie bereits im Kapitel 4.4.4 ebenfalls erwähnt, sind die Einsatzorganisationen (Polizei, Rotes Kreuz, Feuerwehr) mittlerweile fast alle mit dem digitalen Funk TETRA ausgestattet. Nur die Feuerwehren in Kärnten setzen laut eigenen Aussagen weiter auf die alten Funkgeräte, da diese keinerlei Handymasten für den Sendebetrieb benötigen und zudem unabhängig von anderen Kommunikationseinrichtungen sind.

4.8.5 Lebensmittelversorgung

Um eine sofortige Schließung der Supermärkte aufgrund ausgefallener Kühlungen, Kassensystemen und Beleuchtungen zu verhindern, ist die Ausstattung mit Notstromaggregaten unabdinglich. Kühlhäuser können zudem auch mit inselbetriebsfähigen PV-Anlagen inkl. Speichermöglichkeit ausgestattet werden, um damit den Betrieb teilweise sicherzustellen (Saurugg & Kogler, 2015). Das gleiche sollte für große landwirtschaftliche Betriebe überlegt werden. Damit könnte ein Massensterben von Tieren zufolge nicht funktionierender Melkmaschinen, Belüftungen etc. verhindert werden.

4.8.6 Gesundheitswesen

Jedes Krankenhaus verfügt wie bereits im Kapitel 4.4.6 erwähnt über eine eigene Notstromversorgung über mindestens 24 Stunden. Große Krankenhäuser können auch mehrere Tage ohne Treibstoffnachschub ihren Betrieb aufrechterhalten. Dennoch ist auch hier früher oder später ein Treibstoffnachschub erforderlich, wodurch Krankenhäuser in Bezug auf die Fremdversorgung mit Treibstoff ganz oben auf jeder Prioritätenliste stehen sollten. Da die Medikamentenlager in Apotheken während eines Blackouts rapide abnehmen würden und deren Nachbelieferung nicht gewährleistet werden kann, sollten medizinische DauerpatientInnen stets einen ausreichenden Vorrat an notwendigen Medikamenten zu Hause haben. (Niederösterreichische Zivilschutzverband, 2013)

4.8.7 Atomkraft

Wie bereits in Kapitel 4.4.7 erläutert, verfügen AKWs über eigene Notstromaggregate, um die Kühlung der Reaktoren und der Brennstäbe sicherzustellen.

Jedoch ist man auch hier früher oder später auf Treibstoffnachschub angewiesen. Deshalb sollten im Vorhinein Verträge mit Treibstofflieferanten abgeschlossen werden, um im Ernstfall auf weitere Treibstoffreserven zugreifen zu können. Neben entsprechenden Verträgen können aber auch eigene Vorrattanks mit stromunabhängiger Entleerung am Firmengelände vorgesehen werden. Dabei sollte jedoch auf das Alter des Treibstoffes geachtet werden. Österreich hat auf diesen Bereich und die möglichen Maßnahmen dagegen keinen Einfluss und muss deshalb auf die Kompetenz der verantwortlichen Betreiber im Ausland vertrauen.

4.8.8 Transport und Verkehr

Im Transport- und Verkehrssektor sind die Gegenmaßnahmen auf ein Mindestmaß beschränkt. Der Verkehr in den Großstädten wird aufgrund ausgefallener Lichtsignalanlagen und beginnenden Treibstoffmangel zusammenbrechen. Deshalb sollten Autofahrten, die nicht unbedingt notwendig sind, vermieden werden, um so die Verkehrssituation zu entlasten und den Einsatzorganisationen freie Fahrt zu gewährleisten. Alternativ dazu bietet sich an, Erledigungen mit dem Fahrrad oder zu Fuß zu absolvieren.

Nur im Flug- und Schienenverkehr wurden bereits, wie in Kapitel 4.4.8 beschrieben, Ersatzmaßnahmen festgelegt. Der Flugverkehr kann durch eigene Notstromaggregate beschränkt aufrechterhalten werden. Das Bahnstromnetz der ÖBB beispielsweise ist vom öffentlichen Stromnetz weitestgehend unabhängig, da Betriebssteuerungszentralen mit autonomen Stromversorgungen ausgestattet sind. Damit kann auch hier während eines Stromausfalles der Betrieb eingeschränkt sichergestellt werden. (Niederösterreichischer Zivilschutzverband, 2013; Österreichischer Zivilschutzverband, 2013)

Des Weiteren sollten die zahlreichen Gondel- und Sesselliftanlagen mit stationären Notstromaggregaten ausgestattet werden, um die Beförderung der Personen in die jeweiligen Berg- und Talstationen zu garantieren.

4.8.9 Öffentliche Sicherheit

Um für solche Katastrophen von Beginn an gerüstet zu sein, sollten folgende Aufgaben im Vorhinein gemäß Niederösterreichischen Zivilschutzverband (2013) erfüllt werden:

- Erstellen von Katastrophenschutzplänen inklusive Sonderalarmplänen für spezielle Szenarien, wie zum Beispiel Blackouts
- Unterstützen des behördlichen Einsatzleiters durch eingerichtete Führungsstäbe
- Regelmäßiges Abhalten von Übungen sowie Besuchen von Ausbildungskursen

- Aufbau krisensicherer Kommunikationseinrichtungen (z. B. Funknetz)
- Aufbau von Alarm- und Warneinrichtungen zur rechtzeitigen Alarmierung der Bevölkerung
- Ausreichend Personalressourcen und Einsatzgerätschaften vorhalten

Um auch einzelne Einsatzorganisationen wie zum Beispiel die Feuerwehren zu entlasten, bestünde die Möglichkeit, Aufzüge mit einer Notfunktion auszustatten. Diese soll gewährleisten, dass im Falle eines Blackouts die Aufzüge automatisch in das nächst tieferliegende Stockwerk fahren, um so ein Aussteigen der Fahrgäste ohne Unterstützung der Feuerwehr zu ermöglichen. Das würde eine enorme Entlastung der Feuerwehren mit sich bringen, da beispielsweise alleine in Wien zurzeit mehrere 1.000 Aufzüge in Betrieb sind.

Auch das Aufhängen von Plakaten, sowie das Zustellen von Flugblättern in mehreren Sprachen durch den Zivilschutz soll die Kommunikation zur Bevölkerung aufrechterhalten.

Zudem arbeitet zurzeit das Land Kärnten mit dem Zivilschutzverband, dem Bundesheer sowie den Blaulichtorganisationen (Feuerwehr, Rettung, Polizei) eng zusammen, um gerade für einen großflächigen Stromausfall entsprechende Schutz- und Einsatzpläne zu erarbeiten. Erste Ergebnisse sollten unter Umständen bereits Ende Juli 2017 vorgelegt werden. In Folge dessen sind auch diverse Workshops im Herbst 2017 zu diesem Thema geplant. (ORF Kärnten, 2017b)

4.8.10 Finanzwesen

Wie bereits im Kapitel 4.4.10 erwähnt, sind einzelne Teilsektoren des Finanzdienstleistungssystems gegenüber länger andauernden Stromausfällen sehr robust. Beispielsweise kann der Daten- und Zahlungsverkehr zwischen Banken und Börsen durch eigens eingerichtete Notstromaggregate aufrechterhalten werden. Probleme entstehen eher im Bargeldverkehr, da Geldautomaten ihren Betrieb einstellen. Demnach sollte jeder immer einen gewissen Geldbetrag für Notfälle zu Hause oder in der Brieftasche haben.

4.8.11 Gesellschaft (Bevölkerung)

Nicht nur die öffentliche Hand, sondern auch der Bürger und die Bürgerin selbst kann Vorkehrungen treffen. Neben der Bevorratung von Trinkwasser (35 Liter pro Person für 14 Tage) und Lebensmitteln (Langzeitlebensmittel) sollten auch stromunabhängige Beleuchtungsmöglichkeiten wie Taschenlampen, Gaslampen etc. vorhanden sein. Des Weiteren sollte die Bevölkerung durch batteriebetriebene Radios und Ähnlichem auf die Hinweise der Einsatzorganisationen achten. Um der Gefahr von Seuchen vorzubeugen, sollte jeder sich Gedanken über die Lagerung des anfallenden Mülls machen. Besonders wichtig ist die

medizinische Erstversorgung zu Hause, wonach ausreichend Medikamente und Verbandsmaterialien vorrätig sein sollten. (Niederösterreichische Zivilschutzverband, 2013)

Zudem sollten in solchen Krisenzeiten Begriffe wie Nachbarschaftshilfe großgeschrieben werden. Je länger jedoch ein solcher Ernstfall dauert, desto größer wird die Gefahr von Plünderungen, weshalb man gegenüber fremden Personen besonders vorsichtig agieren sollte. (Niederösterreichische Zivilschutzverband, 2013)

Weiteres ist die Anschaffung hauseigener Notstromaggregate sinnvoll aber auch genauer zu hinterfragen. Alleine die Instandhaltung dieser Geräte ist mit einem hohen Arbeitsaufwand verbunden. Zusätzlich müssen auch ausreichend Ersatzteile, Betriebsmittel und nicht überalterte Treibstoffe dafür vorrätig sein (Saurugg, 2017c). Erfahrungsgemäß sollte dafür fast ein komplettes zweites Notstromaggregat desselben Bautyps zu Hause vorgehalten werden. Zudem besteht unter Umständen auch noch die Gefahr, dass bei länger andauerndem Blackout sämtliche zur Verfügung stehende Notstromaggregate vom Bundesheer eingezogen werden, um damit die öffentliche Ordnung und Versorgung der Bevölkerung sicherzustellen.

4.9 Kosten eines Stromausfalles

Die Kosten eines Stromausfalles sind sehr schwer abzuschätzen und von mehreren Faktoren abhängig.

Neben der Dauer des Stromausfalles spielt auch die Größe des betroffenen Gebietes, der Wochentag, sowie die Tages- und Jahreszeit eine wesentliche Rolle. Des Weiteren muss auch beachtet werden, wer davon betroffen ist. Sind es ausschließlich private Haushalte oder sind auch Industriezentren davon betroffen?

Zusätzlich darf auch nicht vergessen werden, dass nicht nur während des Stromausfalles, sondern auch in der Zeit des Wiederauffahrens bis hin zur Rückkehr zur Normalität weitere Kosten in Millionenhöhe entstehen können.

Wie hoch diese Kosten sein können, kann mit Hilfe des an der Johannes Kepler Universität Linz am Institut für Energie im Rahmen des Forschungsprojektes "Black Ö1" erstellten Blackout-Simulators abgeschätzt werden (APG, 2013).

In den nachfolgenden Kapiteln 4.9.1 bis 4.9.4 werden mit Hilfe dieses Blackout-Simulators (Reichel & Schmidthaler, 2011) die Kosten für mehrere Szenarien ermittelt. In allen Szenarien wurden die Kosten unter Berücksichtigung der Inflation berechnet. Als Stichtag dafür dient Dienstag der 16. Mai 2017.

Die Ergebnisse der Simulationen werden in Form von Tabellen dargestellt. In der ersten Tabelle des jeweiligen Kapitels werden zeitlich unterschiedliche Blackout-Szenarien für das betroffene Gebiet simuliert. In der vorletzten Spalte

der Tabellen „Fehlende Energie“ wird jene Energiemenge verstanden, die aufgrund des Ausfalles nicht an den Stromkunden geliefert werden kann. In der letzten Spalte „Geschätzte Schadenskosten“ versteht man die Kosten aller indirekten Schäden. Als indirekte Schäden werden jene Folgen bezeichnet, die aufgrund der Nichtverfügbarkeit an Energie entstehen. Als Beispiel hierfür können Personalkosten genannt werden, die trotz stillstehender Produktionsanlagen anfallen. (Schmaranz, 2014)

In der zweiten Tabelle des jeweiligen Kapitels werden die finanziellen und energetischen Auswirkungen eines einstündigen Blackouts auf die einzelnen Wirtschaftssektoren dargestellt.

4.9.1 Kostenschätzung von Blackout-Szenarien in Kärnten

In den nachfolgenden Tabelle 4-3 werden die unterschiedlichen Blackout-Szenarien für Kärnten mit Hilfe des Blackout-Simulators durchgespielt.

Tabelle 4-3: Geschätzte Kosten von Blackout-Szenarien in Kärnten

Blackout-Szenarien in Kärnten						
Datum	Wochentag	Beginn Uhrzeit	Ende Uhrzeit	Dauer des Stromausfalles [Stunden]	Fehlende Energie [GWh]	Geschätzte Schadenskosten [Mio. €]
16.05.2017	Dienstag	0:00	01:00	1	0,35	2,49
16.05.2017	Dienstag	13:00	14:00	1	0,59	5,39
16.05.2017	Dienstag	07:00	10:00	3	1,66	10,61
16.05.2017	Dienstag	14:00	17:00	3	1,68	11,48
16.05.2017	Dienstag	0:00	24:00	24	11,50	65,69
20.05.2017	Samstag	0:00	24:00	24	11,15	44,42
21.05.2017	Sonntag	0:00	24:00	24	9,93	43,50
15.05.2017-21.05.2017	Montag-Sonntag	0:00	24:00	168	78,89	416,37

Aus der Tabelle 4-3 ist klar ersichtlich, dass der Energieaufwand nachts wesentlich niedriger ist als am Tag. Des Weiteren ist festzuhalten, dass die Schadenskosten dienstags um ein Drittel höher sind als samstags oder sonntags, was auf die arbeitsfreie Zeit zurückgeführt werden kann.

Für eine noch detailliertere Darstellung wurde nachfolgend eine weitere Tabelle, Tabelle 4-4, erstellt. In dieser werden die energetischen und finanziellen Folgen auf die einzelnen Wirtschaftssektoren getrennt dargestellt. Stichtag hierfür ist Dienstag der 16. Mai 2017 von 13:00 Uhr bis 14:00 Uhr.

Tabelle 4-4: Kosten- und Energieanteile der einzelnen Wirtschaftssektoren nach einem einstündigen Blackout in Kärnten

Einstündiges Blackout-Szenario von 13:00 Uhr - 14:00 Uhr in Kärnten		
Wirtschaftssektor	Fehlende Energie [GWh]	Geschätzte Schadenskosten [Mio. €]
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	0,007	0,127
Bergbau Energie- und Wasserversorgung, Kanalisation, Abfall- und Sanierungsmaßnahmen	0,046	0,170
Fertigung, Warenherstellung	0,226	2,849
Bau	0,011	0,249
Groß- und Kleinhandel, Transport	0,049	0,318
Information und Kommunikation	0,002	0,049
Finanz- und Versicherungsleistung	0,002	0,126
Immobilienleistungen, Serviceleistungen, Technische Tätigkeiten	0,018	0,443
Öffentliche Verwaltung, Gesundheit und Soziales, Bildung, sonstige Dienstleistungen	0,045	0,901
Haushalte	0,179	0,160

Laut der Tabelle 4-4 liegen die größten finanziellen und energetischen Folgen im Sektor der Fertigung und Warenherstellung. Im Gegensatz dazu liegen die geringsten Auswirkungen in der Informations- und Kommunikationsbranche.

4.9.2 Kostenschätzung von Blackout-Szenarien in der Steiermark

Wie bereits im vorherigen Kapitel 4.9.1 werden auch hier mit Hilfe des Blackout-Simulators unterschiedliche Szenarien für die Steiermark durchgespielt.

In der Steiermark ist gemäß Tabelle 4-5 dasselbe Phänomen zu erkennen wie in Kärnten allerdings mit dem Unterschied, dass die Schadenskosten und der fehlende Energiebedarf um den Faktor 2,5 höher liegen, was auf die Größe des Landesgebietes sowie auf die Anzahl der Betroffenen zurückgeführt werden kann.

In Tabelle 4-6 wird wie bereits für Kärnten am Dienstag den 16. Mai 2017 ein einstündiger Blackout in der Steiermark von 13:00 Uhr bis 14:00 Uhr simuliert und die Auswirkungen auf die einzelnen Wirtschaftssektoren daraus abgeschätzt.

Wie in Kärnten sind auch in der Steiermark die größten Schäden in der Fertigung und Warenherstellung zu erwarten. Die geringsten finanziellen Schäden werden auch hier in der Kommunikations- und Informationsbranche ausgewiesen. Die kleinsten energetischen Folgen ergeben sich jedoch im Finanzierungs- und Versicherungssektor.

Blackout

Tabelle 4-5: Geschätzte Kosten von Blackout-Szenarien in der Steiermark

Blackout-Szenarien in der Steiermark						
Datum	Wochentag	Beginn Uhrzeit	Ende Uhrzeit	Dauer des Stromausfalles [Stunden]	Fehlende Energie [GWh]	Geschätzte Schadenskosten [Mio. €]
16.05.2017	Dienstag	0:00	01:00	1	0,81	6,28
16.05.2017	Dienstag	13:00	14:00	1	1,40	13,60
16.05.2017	Dienstag	07:00	10:00	3	3,94	26,20
16.05.2017	Dienstag	14:00	17:00	3	4,03	28,48
16.05.2017	Dienstag	0:00	24:00	24	27,18	162,90
20.05.2017	Samstag	0:00	24:00	24	25,87	110,89
21.05.2017	Sonntag	0:00	24:00	24	23,07	109,03
15.05.2017-21.05.2017	Montag-Sonntag	0:00	24:00	168	184,85	1034,42

Tabelle 4-6: Kosten- und Energieanteile der einzelnen Wirtschaftssektoren nach einem einstündigen Blackout in der Steiermark

Einstündiges Blackout-Szenario von 13:00 Uhr -14:00 Uhr in der Steiermark		
Wirtschaftssektor	Fehlende Energie [GWh]	Geschätzte Schadenskosten [Mio. €]
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	0,021	0,364
Bergbau, Energie- und Wasserversorgung, Kanalisation, Abfall- und Sanierungsmaßnahmen	0,071	0,259
Fertigung, Warenherstellung	0,656	8,282
Bau	0,021	0,484
Groß- und Kleinhandel, Transport	0,100	0,646
Information und Kommunikation	0,005	0,122
Finanz- und Versicherungsleistung	0,004	0,264
Immobilienleistungen, Serviceleistungen, Technische Tätigkeiten	0,042	1,036
Öffentliche Verwaltung, Gesundheit und Soziales, Bildung, sonstige Dienstleistungen	0,089	1,794
Haushalte	0,390	0,348

4.9.3 Kostenschätzung von Blackout-Szenarien in Österreich

In diesem Kapitel werden unterschiedliche Blackout-Szenarien für das gesamte Bundesgebiet von Österreich mittels dem Blackout-Simulator durchgeführt.

Ein Blackout über das gesamte Bundesgebiet von Österreich würde im Durchschnitt einen Schaden von ca. 70 Millionen Euro pro Stunde verursachen und ein Ausbleiben von 7,7 GWh/Stunde an Energiebedarf mit sich bringen (siehe Tabelle 4-7).

Tabelle 4-7: Geschätzte Kosten von Blackout-Szenarien in Österreich

Blackout-Szenarien in Österreich						
Datum	Wochentag	Beginn Uhrzeit	Ende Uhrzeit	Dauer des Stromausfalles [Stunden]	Fehlende Energie [GWh]	Geschätzte Schadenskosten [Mio. €]
16.05.2017	Dienstag	0:00	01:00	1	5,63	42,92
16.05.2017	Dienstag	13:00	14:00	1	9,64	95,35
16.05.2017	Dienstag	07:00	10:00	3	27,26	188,21
16.05.2017	Dienstag	14:00	17:00	3	27,76	203,68
16.05.2017	Dienstag	0:00	24:00	24	187,94	1154,42
20.05.2017	Samstag	0:00	24:00	24	179,09	761,95
21.05.2017	Sonntag	0:00	24:00	24	159,39	747,38
15.05.2017-21.05.2017	Montag-Sonntag	0:00	24:00	168	1283,24	7281,43

Würde sich ein Blackout mitten in der Nacht ereignen, so wären die energetischen und finanziellen Folgen um ca. 50 % geringer als am Tag.

Die nachfolgende Tabelle 4-8 zeigt die finanziellen und energetischen Folgen auf die einzelnen Sektoren der österreichischen Wirtschaft, die ein einstündiger, bundesweiter Blackout mit sich bringen würde. Als Stichtag wird auch hier der 16. Mai 2017 von 13:00 Uhr bis 14:00 Uhr herangezogen.

Wie schon in Kärnten und der Steiermark sind auch für das gesamte Bundesgebiet von Österreich die massivsten Schäden bzw. Folgen in der Fertigungs- und Herstellungsbranche zu erwarten. Die geringsten finden sich, wie in der Tabelle 4-8 wiederum dargestellt, im Informations- und Kommunikationssektor.

Blackout

Tabelle 4-8: Kosten- und Energieanteile der einzelnen Wirtschaftssektoren nach einem einstündigen österreichweiten Blackout

Einstündiges österreichweites Blackout-Szenario von 13:00 Uhr -14:00 Uhr		
Wirtschaftssektor	Fehlende Energie [GWh]	Geschätzte Schadenskosten [Mio. €]
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	0,102	1,751
Bergbau, Energie- und Wasserversorgung, Kanalisation, Abfall- und Sanierungsmaßnahmen	0,612	2,244
Fertigung, Warenherstellung	4,074	51,439
Bau	0,153	3,547
Groß- und Kleinhandel, Transport	0,781	5,045
Information und Kommunikation	0,054	1,334
Finanz- und Versicherungsleistung	0,068	4,293
Immobilienleistungen, Serviceleistungen, Technische Tätigkeiten	0,345	8,439
Öffentliche Verwaltung, Gesundheit und Soziales, Bildung, sonstige Dienstleistungen	0,736	14,834
Haushalte	2,714	2,424

4.9.4 Kostenschätzung von Blackout-Szenarien in Europa

In diesem Kapitel werden Blackout-Szenarien in sämtlichen EU-Mitgliedsstaaten von 2011 mit Ausnahme von Luxemburg simuliert. In der Abbildung 4-38 wird diesbezüglich eine Übersicht über die betroffenen Gebiete in Europa gegeben. Die dunkelblau markierten Gebiete sind diejenigen, die vom Blackout betroffen sind.



Abbildung 4-38: Betroffene Länder in Europa bei der Simulation von Blackout-Szenarien in Europa (Johannes Kepler Universität Linz, 2011, modifiziert)

Bei einem Blackout, der den Großteil Europas betreffen würde, würden sich die Kosten und fehlenden Energien in kaum vorstellbare Dimensionen begeben, wie die Tabelle 4-9 zeigt. Dabei würden sich die Schadenskosten auf ca. 3 Milliarden Euro pro Stunde und der ausbleibende Energiebedarf auf 0,3 TWh/Stunde belaufen.

Tabelle 4-9: Geschätzte Kosten von Blackout-Szenarien in Europa

Blackout-Szenarien Europa						
Datum	Wochentag	Beginn Uhrzeit	Ende Uhrzeit	Dauer des Stromausfalles [Stunden]	Fehlende Energie [TWh]	Geschätzte Schadenskosten [Mrd. €]
16.05.2017	Dienstag	0:00	01:00	1	0,253	1,869
16.05.2017	Dienstag	13:00	14:00	1	0,338	4,089
16.05.2017	Dienstag	07:00	10:00	3	0,884	7,756
16.05.2017	Dienstag	14:00	17:00	3	0,948	8,365
16.05.2017	Dienstag	0:00	24:00	24	6,915	49,035
20.05.2017	Samstag	0:00	24:00	24	7,655	34,183
21.05.2017	Sonntag	0:00	24:00	24	6,950	33,523
15.05.2017- 21.05.2017	Montag- Sonntag	0:00	24:00	168	50,367	312,881

In der nachfolgenden Tabelle 4-10 werden die Auswirkungen eines einstündigen, europaweiten Blackouts auf die einzelnen Wirtschaftssektoren dargestellt. Stichtag ist auch hierfür wieder Dienstag der 16. Mai 2017 von 13:00 Uhr bis 14:00 Uhr.

Tabelle 4-10: Kosten- und Energieanteile der einzelnen Wirtschaftssektoren nach einem einstündigen europaweiten Blackout

Einstündiges europaweites Blackout-Szenario von 13:00 Uhr -14:00 Uhr		
Wirtschaftssektor	Fehlende Energie [GWh]	Geschätzte Schadenskosten [Mio. €]
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	3,747	86,434
Bergbau, Energie- und Wasserversorgung, Kanalisation, Abfall- und Sanierungsmaßnahmen	23,164	106,541
Fertigung, Warenherstellung	114,478	2052,149
Bau	3,464	129,369
Groß- und Kleinhandel, Transport	25,182	205,773
Information und Kommunikation	1,806	65,885
Finanz- und Versicherungsleistung	3,249	155,493
Immobilienleistungen, Serviceleistungen, Technische Tätigkeiten	13,501	547,363
Öffentliche Verwaltung, Gesundheit und Soziales, Bildung, sonstige Dienstleistungen	24,977	581,359
Haushalte	124,034	158,977

Wie die Tabelle 4-10 zeigt, würden sich alleine die Schäden in den Bereichen der Fertigung und Herstellung pro Stunde auf ca. zwei Milliarden Euro belaufen. Auch in der Informations- und Kommunikationsbranche, die in den Simulationen immer die geringsten Schäden verzeichneten, würden trotzdem pro Stunde Schäden von 65 Millionen Euro entstehen.

4.9.5 Kostenschätzungen für 24-Stunden-Blackouts in europäischen Staaten

In diesem Kapitel werden die energetischen und finanziellen Auswirkungen eines 24-Stunden-Blackouts, welcher jeweils die einzelnen führenden Wirtschaftsnationen Europas betreffen würde, miteinander verglichen. Als Stichtag dient auch hierfür wieder Dienstag der 16. Mai 2017 von 0:00 Uhr bis 24:00 Uhr.

Tabelle 4-11: Zusammenstellung von 24-Stunden-Blackouts in einzelnen europäischen Staaten

Zusammenstellung von 24-Stunden-Blackout-Szenarien			
Betroffenes Gebiet	Wochentag des Blackouts	Fehlende Energie [GWh]	Schadenskosten [Mrd. €]
Deutschland	Dienstag	1124,08	10,115
Frankreich	Dienstag	1081,14	7,264
Italien	Dienstag	806,56	5,800
Großbritannien	Dienstag	639,28	4,994
Spanien	Dienstag	597,53	3,782
Österreich	Dienstag	187,94	1,154
Europa	Dienstag	6914,87	49,035

Aus Tabelle 4-11 ist abzulesen, dass der finanzielle Schaden Österreichs im Vergleich zum europäischen, finanziellen Gesamtschaden sich mit einem Anteil von 1/43 ergeben würde, wohingegen sich der Anteil an fehlendem Energiebedarf auf 1/37 des gesamten europaweiten Energiebedarfes belaufen würde.

Den größten wirtschaftlichen Schaden würde Deutschland mit mehr als 10 Milliarden Euro pro Tag erleiden. Im Vergleich dazu würde der finanzielle Schaden Frankreichs 7,3 Milliarden Euro pro Tag betragen, wobei sich aber der energetische Verlust, ähnlich wie in Deutschland, auch mit ca. 1,1 TWh/Tag ergeben würde.

Alleine die vier führenden Wirtschaftsnationen Europas (Deutschland, Frankreich, Italien, Großbritannien) würden nach diesem Simulations-Szenario einen finanziellen Schaden von ca. 28 Milliarden Euro pro Tag erleiden, was rund 58 % des finanziellen Gesamtschadens Europas ausmachen würde.

Weitere Blackout-Szenarien können vollkommen kostenfrei am Blackout-Simulator <http://www.blackout-simulator.com> (Reichel & Schmidthaler, 2011; letzter Zugriff am 08.01.2018) durchgeführt werden.

5 Stromnetz und Gasnetz

5.1 Stromnetz

Mit einem Strombedarf von mehr als 3,3 Millionen Gigawattstunden pro Jahr und einem Kraftwerkspark von rund 870 GW gehört die europäische Union zu den größten Strommärkten der Welt. Um diese Dimensionen etwas einordenbarer zu machen, können die 870 GW mit der in Österreich aktuell installierten Kraftwerkskapazität verglichen werden, welche im Vergleich dazu nur ca. 1/40 beträgt. Das Übertragungsnetz (380 kV und 220 kV) der europäischen Übertragungsnetzbetreiber (ENTSO-E) umfasst eine Länge von mehr als 300.000 Kilometern, was dem 7,5-fachen Erdumfang (40.075 km) entspricht. (Niederösterreichische Zivilschutzverband, 2013)

5.1.1 Aufbau Stromnetz Österreich

Das Stromnetz in Österreich ist in vier verschiedene Spannungsebenen eingeteilt und umfasst eine gesamte Systemlänge von mehr als 259.000 km (Niederösterreichische Zivilschutzverband, 2013).

- Höchstspannungsebene: 380 kV (400 kV)/220 kV
- Hochspannungsebene: 110 kV
- Mittelspannungsebene: 20 kV
- Niederspannungsebene: 400 V

Die APG, Österreichs Übertragungsnetzbetreiber, ist für den Betrieb der Höchstspannungsebene und Teilen der Hochspannungsebene im gesamten Bundesgebiet verantwortlich. Dieses Übertragungsnetz der APG bildet somit das Rückgrat der österreichischen Stromversorgung und sichert mittels Kuppelleitungen den Anschluss an das europäische Verbund- und Übertragungsnetz. Wie das Netz der APG bis zum Jahr 2012 ausgebaut war, zeigt die nachfolgende Abbildung 5-1. In den letzten 40 Jahren ist das Stromnetz der APG stark gewachsen. Neben den älteren 220 kV-Leitungen und diversen 110 kV-Netzabschnitten besteht das Netz zusehends aus leistungsfähigen 380 kV-Leitungen, die seit 1975 in Betrieb genommen wurden. Dabei ist allerdings zu beachten, dass der angestrebte Ringschluss des 380 kV-Ringes in Salzburg bis heute noch nicht vollzogen werden konnte. (APG, 2013)

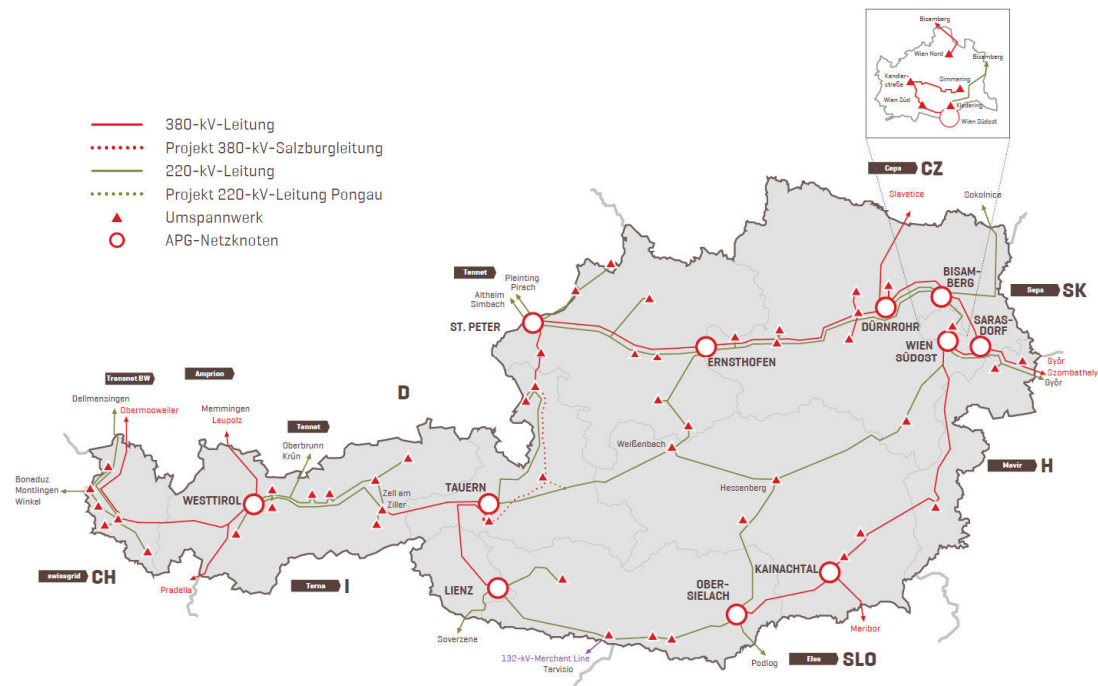


Abbildung 5-1: Österreichisches Übertragungsnetz, Ausbauzustand 2012 (APG, 2013)

Wie viele Kilometer an Leitungsnetzen die APG zu betreiben und instandzuhalten hat, wird in der Tabelle 5-1 detailliert aufgelistet.

Tabelle 5-1: System- und Trassenlängen des APG Netzes, Stand 2012 (APG, 2013)

Spannungsebenen	Trassenlängen [km]	Systemlängen [km]
380 kV	1.150	2.373
220 kV	1.614	3.219
110 kV	880	1.184
Summe		
380 kV/220 kV/110 kV	3.424	6.776

Nicht jeder der in Abbildung 5-1 dargestellten Leitungen kommt dieselbe Bedeutung zu. Aufgrund der Lage und Funktion einer Leitung herrschen für den Fall der Nichtverfügbarkeit unterschiedliche Risiken. Deshalb werden die Leitungen im Übertragungsnetz der APG, das bedeutet also vorwiegend die 380 kV- und 220 kV-Leitungen, nach den folgenden Kriterien in drei Kategorien unterschieden (APG, 2013):

Die Kriterien lauten gemäß APG (2013):

- Versorgungssicherheit
- Netzbetriebssicherheit unter Einhaltung von Gesetzen und Regelungen
- Konsequenzen im Falle der Nichtverfügbarkeit

- Dringlichkeit der Wiederherstellung

Was die unterschiedlichen Kategorien aussagen und welche Bedeutung ihnen zukommt wird nachfolgend erklärt:

Kategorie I:

Leitungen dieser Kategorie sind hochrangige Leitungsverbindungen, an welche höchste Anforderungen an Sicherheit und Verfügbarkeit gestellt werden. Aufgrund ihrer erforderlichen Kosten- und Raumintensität werden diese Leitungen allerdings ohne Redundanz mit demselben Typ ausgeführt. Demzufolge führt der Ausfall einer solchen Leitung zu einer massiven Lastflussverlagerung, was im Worst Case eine Störungsausweitung ins europäische Übertragungsnetz mit sich bringen könnte. Dementsprechend ist eine rasche Beseitigung von Problemen an diesen Leitungen unabdingbar. (APG, 2013)

Kategorie II:

Leitungen der Kategorie II sind ebenfalls Verbindungen mit hohem Stellwert, weshalb auch hierfür hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit gestellt werden. Im Unterschied zu Leitungen der Kategorie I würde allerdings ein Ausfall solcher Leitungen kein unmittelbares Risiko für die Stromversorgung bedeuten. Vor allem durch redundante, gleich starke und parallel geführte Leitungen kann ein solcher Ausfall verhindert werden (n-1 Kriterium, siehe Abbildung 4-24 und Abbildung 4-25). Eine mögliche Ausweitung der Störung ist damit kaum gegeben. (APG, 2013)

Kategorie III:

In diese fallen Leitungen mit lokaler Bedeutung, wie beispielsweise für die Anbindungen zu kleineren Kraftwerken und Industriebetrieben (APG, 2013).

Welche Leitungen im APG-Übertragungsnetz welcher Kategorie zugeordnet werden können, wird in der Abbildung 5-2 nochmals für die Kategorien I und II veranschaulicht.

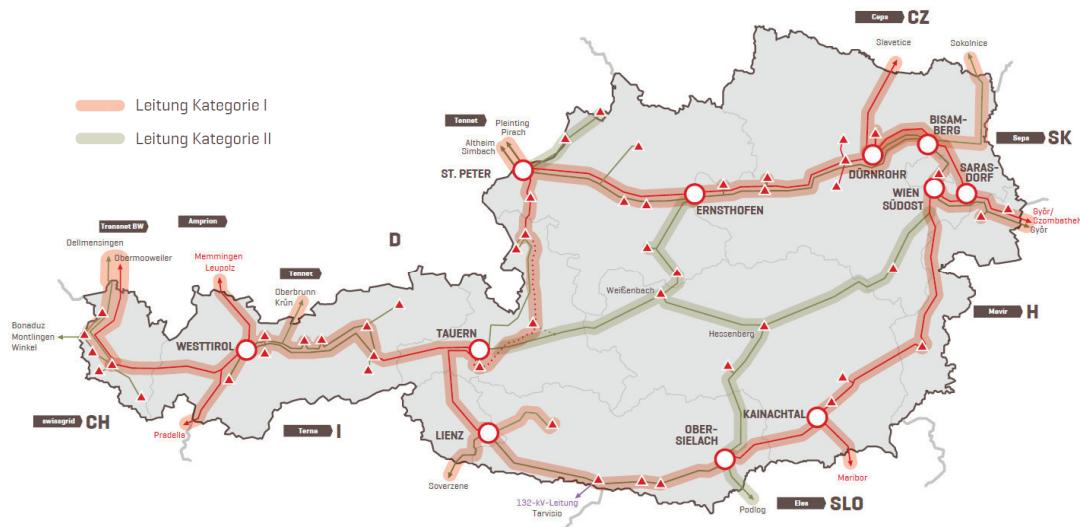


Abbildung 5-2: Verlauf der Leitungen der Kategorie I und II im APG-Übertragungsnetz nach APG (2013)

Das Übertragungsnetz (380 kV und 220 kV) wird somit vorwiegend zum Stromtransport über große Entfernungen im nationalen und internationalen Raum verwendet. Neben ausreichenden Kapazitäten für den Stromtransport muss somit das Übertragungsnetz auch die Versorgungssicherheit durch Regel- und Ausgleichsleistungen gewährleisten. (APG, 2013)

Nach dem Stromtransport im Übertragungsnetz wird dieser über Umspannwerke in das lokale 110 kV-Netz eingespeist. Aufgrund der Netzverluste sind diese lokalen 110 kV-Verteilernetze räumlich in ihrer Ausdehnung beschränkt (APG, 2013), denn je höher die Spannung im Netz ist, desto geringer sind die Übertragungsverluste (APG, 2017e). Die Zuständigkeit der einzelnen Verteilernetze obliegt neben der APG vorwiegend den landesspezifischen Netzbetreibern, wie beispielsweise der Kärnten Netz GmbH (KNG), der Tiroler Wasserkraft AG (TIWAG-Netz-AG), der Stromnetz Steiermark GmbH usw..

Das 110 kV-Verteilernetz wird anhand des 110 kV-Netzes in Kärnten im Folgenden näher beschrieben. Wie das 110 kV-Verteilernetz in Kärnten aufgebaut ist, zeigt die nachfolgende Abbildung 5-3.

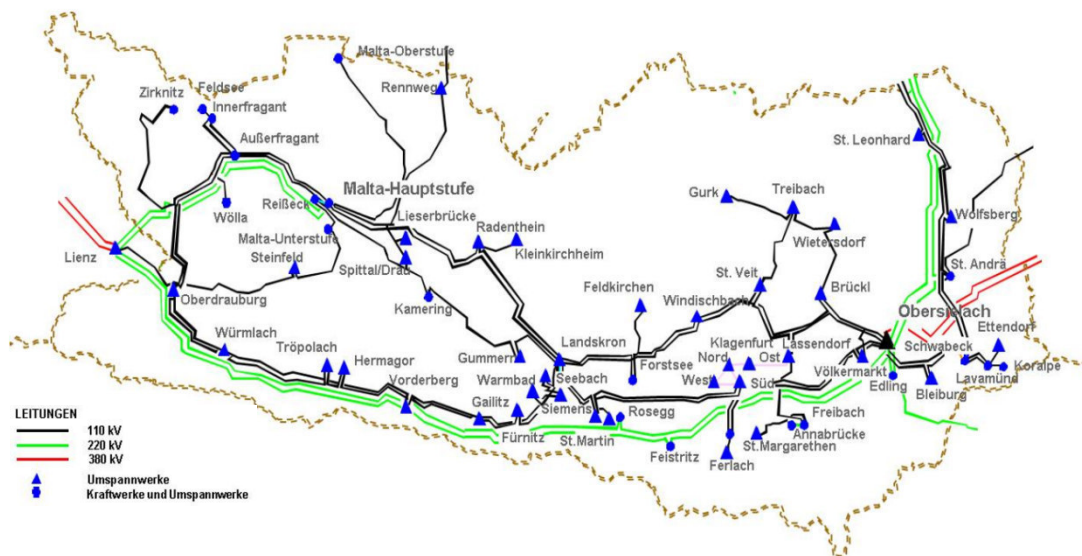


Abbildung 5-3: Überblick über das 110 kV-Verteilernetz in Kärnten (Kärnten Netz, 2017b)

Das 110 kV-Netz in Kärnten wird an den Umspannwerken Obersielach, Malta und Lienz an das Übertragungsnetz der APG angeschlossen. Insgesamt umfasst das 110 kV-Netz von Kärnten eine Länge von rund 1.336 km, wobei nur 850 km davon in die Zuständigkeit der KNG fallen. Über dieses 110 kV-Netz werden 47 Umspannwerke (110/20 kV) versorgt und mit diesen der Strom in die Mittelspannungsebene (20 kV) transformiert. (Kärnten Netz, 2017b)

Über dieses 20 kV-Verteilernetz wird der Strom über Trafostationen in die Niederspannungsebene (400 Volt) geleitet (Kärnten Netz, 2017d). Über diese Niederspannungsleitungen wird der Strom über weitere Trafostationen schließlich zu den Endkunden (Haushalte) befördert. (Kärnten Netz, 2017e)

5.1.2 Stromerzeugung Österreich

Damit Strom überhaupt fließen kann, muss dieser zuerst erzeugt werden. Wo welche Kraftwerkstypen zum Einsatz kommen, hängt in Österreich sehr stark von der Topografie ab. Zu den unterschiedlichen Kraftwerkstypen die vorwiegend in Österreich zum Einsatz kommen, zählen unter anderem Laufwasser-, Speicher-, Pumpspeicherkraftwerke, thermische Kraftwerke sowie Energie aus erneuerbaren Energiequellen (PV-Anlagen, Windkraft, Biomasse). Die Laufwasserkraftwerke wurden entlang der großen österreichischen Flüsse gebaut, wie beispielsweise der Donau, Drau und Mur. Der Betrieb von Speicherkraftwerken erfolgt in Österreich vorwiegend im zentralen Alpenraum, d. h. vor allem in Tirol, Vorarlberg, dem Süden Salzburgs sowie Oberkärnten. Thermische Kraftwerke hingegen werden möglichst nahe an großen Verbraucherzentren errichtet und betrieben, wie zum Beispiel im Umland von Wien, Graz und Linz. Energie aus Wind wird vorzugsweise in windreichen, flachen Gebieten produziert. In Österreich eignen sich dafür Flachlandbereiche des Burgenlands und

von Niederösterreich besonders gut. Abbildung 5-4 gibt eine Übersicht über die Standorte der großen Kraftwerksparks in Österreich (APG, 2013).

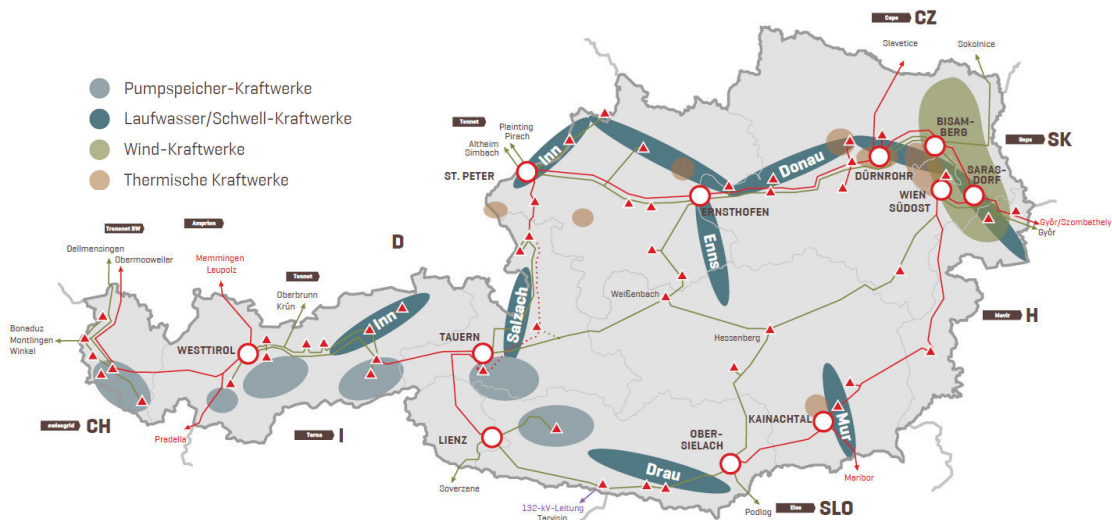


Abbildung 5-4: Übersicht über die großen Kraftwerksparks Österreichs (APG, 2013)

5.1.3 Stromzähler Österreich

Werden heute Zählerstände noch per E-Mail an den zuständigen Energieversorger übermittelt, wird dies in naher Zukunft der Vergangenheit angehören. Ziel ist es, bis 2019 95 % aller privaten Haushalte mit den sogenannten Smart Meter (Intelligente Stromzähler) auszustatten (Schmid, 2017). Dabei werden sämtliche Zählerstände in regelmäßigen Abständen (einmal pro Tag) automatisch an den Energieversorger übermittelt. Bereits am darauffolgenden Tag werden die gesammelten Daten für den Kunden / die Kundin im Internet einsehbar online gestellt, womit auch die KundInnen regelmäßig und täglich über ihre eigenen Stromverbräuche informiert werden (Kärnten Netz, 2017h).

Dabei sollte nicht unerwähnt bleiben, dass die Angriffspunkte für Cyber-Attacken durch den Einbau von Smart Metern zwar erhöht werden, aber laut Aussagen eines Energieversorgers die Verwundbarkeit des neuen Systems sehr gering sein. Der Grund dafür ist ein hochkomplexer, völlig unabhängiger und abgeschotteter IT-Bereich der Unternehmen, der keinesfalls das Ziel von Cyber-Angriffen werden kann. Auch die geforderten Sicherheitskriterien in solchen IT-Zentren liegen laut Aussagen des Energieversorgers über jenen von Banken. Außerdem haben die verwendeten Smart Meter nicht zwingend etwas mit dem Netzbetrieb zu tun, sondern sind nur Messeinrichtung, die zentral abfragbar sind.

5.1.4 Störfallstatistiken

Bei den Störfällen im österreichischen Stromnetz sind prinzipiell zwei Arten von Unterbrechungen zu unterscheiden:

- Geplante Versorgungsunterbrechungen
- Ungeplante Versorgungsunterbrechungen

Geplante Unterbrechungen:

Unter geplanten Unterbrechungen werden jene verstanden, bei dem das Teilnetz planmäßig vom Netz genommen wird, wie beispielsweise bei Revisionsarbeiten am Stromnetz. Gekennzeichnet sind planmäßige Abschaltungen dadurch, dass die betroffenen Kunden frühzeitig von der Abschaltung informiert werden. (E-Control, 2015)

Ungeplante Unterbrechungen:

Ungeplante Versorgungsunterbrechungen treten ohne Vorlaufzeit in Zusammenhang mit äußeren Einflüssen, Anlagenstörungen oder sonstigen Störungen auf. Die Ursachen für ungeplante Unterbrechungen werden gemäß E-Control (2015) wie folgt unterteilt:

- Atmosphärische Einwirkungen
 - Stürme, Gewitter, Eis, Schnee, Kälte, Hitze
 - Lawinen, Erdbeben, Felssturz
- Fremdeinwirkungen (durch Dritte)
 - Erd- und Baggerarbeiten, Fahrzeuge
 - Baumfällungen
 - Tiere
- Netzbetreiber intern
 - Fehlschaltungen und Fehlfunktionen
 - Überalterung und Überlastungen
- Versorgungsausfall/Rückwirkungsstörung
 - Störung aus einem anderen Netz
- Regional außergewöhnliches Ereignis (RAE): Erst seit Anfang 2013 statistisch erfasst.
 - Starke regionale Naturkräfte (z. B. Überschwemmungen, Erdbeben, orkanartige Stürme)

In welchem Ausmaß $[\frac{\text{min}}{a}]$ die geplanten und ungeplanten Versorgungsunterbrechungen in den Jahren von 2006 bis 2015 im Mittel- und Niederspannungsnetz in Österreich aufgetreten sind, zeigt die nachfolgende Tabelle 5-2. Sämtliche Daten zur grafischen Darstellung der Versorgungsunterbrechungen wurden aus den „Ausfall- und Störungsstatistiken für Österreich“ der E-Control entnommen. Als Bezugsgröße dient die Transformatorleistung. (E-Control, 2016)

Tabelle 5-2: Geplante und ungeplante Versorgungsunterbrechungen in Österreich von 2006 bis 2015 für das Mittel- und Niederspannungsnetz

Jahreszahl	Geplante Versorgungsunterbrechungen [min/a]	Ungeplante Versorgungsunterbrechungen [min/a]	Durchschnittliche Gesamtunterbrechungsdauer (ASIDI) [min/a]
2006	22,38	48,07	70,45
2007	18,77	45,47	64,24
2008	19,58	43,69	63,26
2009	17,17	36,65	53,82
2010	19,87	31,77	51,64
2011	21,26	27,48	48,73
2012	19,58	34,73	54,31
2013	16,22	33,96	50,18
2014	17,81	27,69	45,50
2015	15,39	24,11	39,50

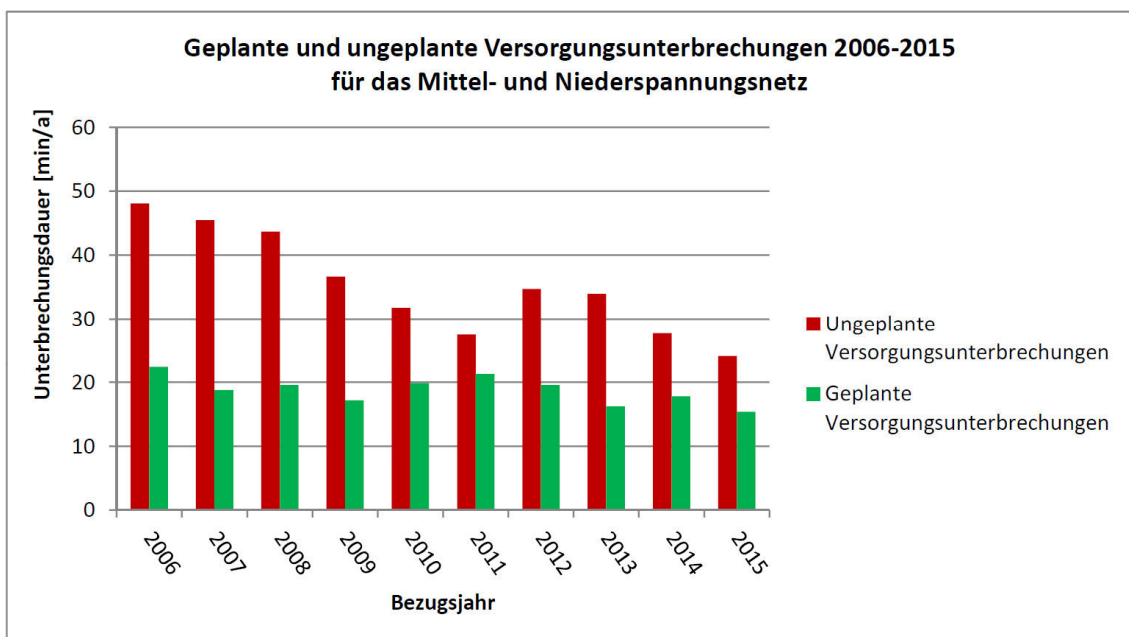


Abbildung 5-5: Grafische Darstellung geplanter und ungeplanter Versorgungsunterbrechungen von 2006 bis 2015 für das Mittel- und Niederspannungsnetz

Aus Abbildung 5-5 ist ersichtlich, dass die ungeplanten Versorgungsunterbrechungen überwiegen, was vor allem auf die nicht vorhersehbaren Naturereignisse zurückgeführt werden kann.

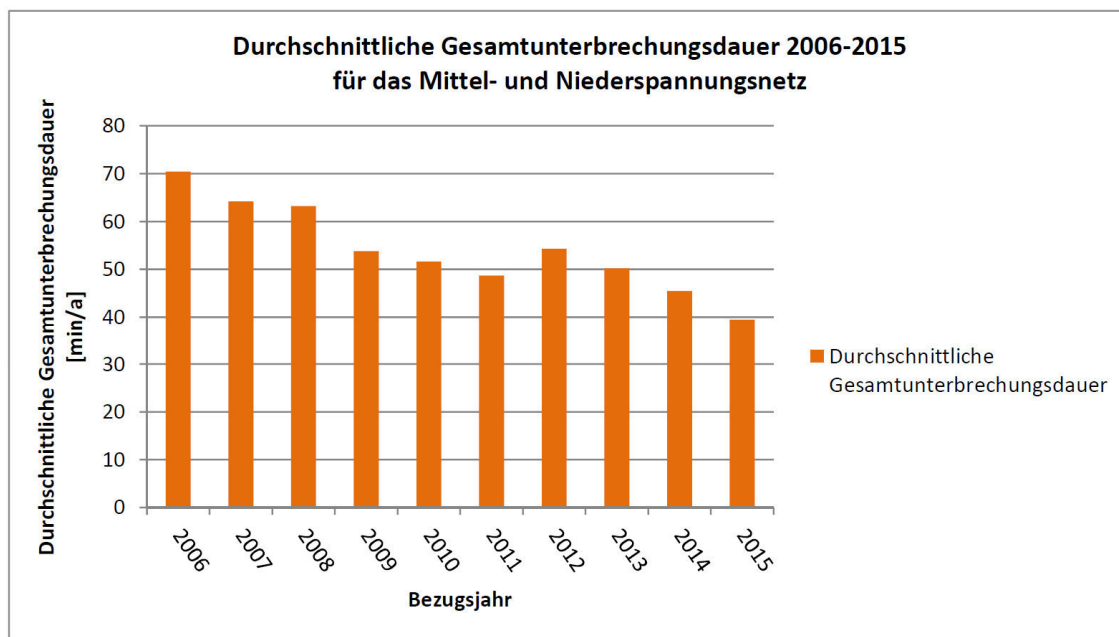


Abbildung 5-6: Grafische Darstellung durchschnittlicher Gesamtunterbrechungsdauern (ASIDI) von 2006 bis 2015 für das Mittel- und Niederspannungsnetz

Wie in Abbildung 5-6 dargestellt nehmen die Gesamtunterbrechungsminuten im Laufe der letzten 10 Jahre sukzessive ab. Ein Grund für den Rückgang liegt darin, dass seit dem Jahr 2013 die regional außergewöhnlichen Ereignisse (RAE) gesondert berücksichtigt werden, wie die nachfolgende Tabelle 5-3 zeigt.

Tabelle 5-3: Unterteilung der ungeplanten Versorgungsunterbrechungen nach ihrer Häufigkeit von 2006 bis 2015 für das Mittel- und Niederspannungsnetz

Unterteilung der ungeplanten Versorgungsunterbrechungen nach ihrer Häufigkeit					
Jahreszahl	Ursachen				
	Atmosphärische Einwirkungen [%]	Fremdeinwirkungen durch Dritte [%]	Netzbetreiber intern [%]	Versorgungsausfall/Rückwirkungsstörung [%]	Regional außergewöhnliche Ereignisse (RAE) [%]
2006	47,82	21,59	25,94	4,65	-
2007	53,42	18,37	25,04	3,17	-
2008	60,14	17,39	19,62	2,84	-
2009	47,57	20,32	29,20	2,91	-
2010	40,91	23,76	31,94	3,39	-
2011	40,81	23,86	32,64	2,69	-
2012	49,55	18,39	28,60	3,47	-
2013	40,52	23,44	27,06	3,31	5,67
2014	30,60	15,33	20,02	1,90	32,16
2015	33,19	21,08	28,34	3,05	14,34

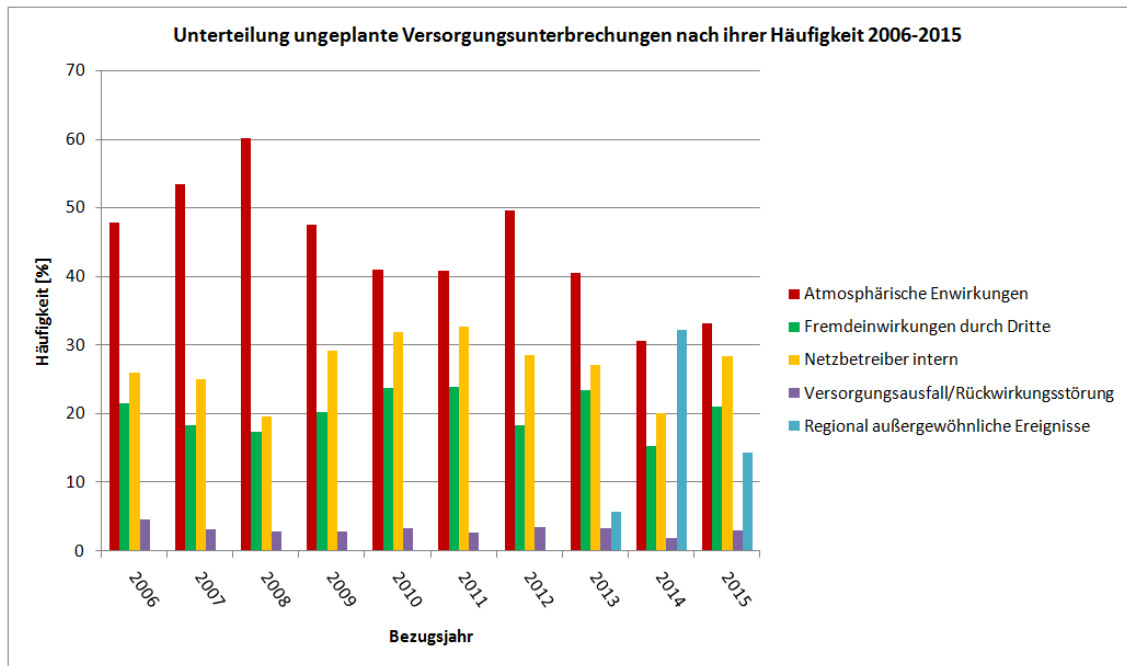


Abbildung 5-7: Grafische Darstellung der ungeplanten Versorgungsunterbrechungen nach ihrer Häufigkeit von 2006 bis 2015

In Abbildung 5-7 werden die Häufigkeiten der ungeplanten Versorgungsunterbrechungen gesondert dargestellt. Bis einschließlich zum Jahr 2012 sind die atmosphärischen Einwirkungen sehr dominant, da auch regionale Ereignisse in diese Kategorie übernommen wurden. Erst ab dem Jahr 2013 wurden, wie bereits im oberen Absatz erwähnt, die RAEs gesondert berücksichtigt.

Insbesondere im Kalenderjahr 2014 sind die RAEs deutlich angestiegen. Die Ursachen liegen in den Extremwetterereignissen innerhalb des Jahres 2014. Zu Beginn des Jahres gab es massive Schneefälle in Kärnten. Ein Monat später, Anfang Februar legte ein Eisregen in Kärnten und der Steiermark einige Stromnetze lahm. Des Weiteren gab es mit den beiden Stürmen Yvett (Mitte Mai) und Gonzalo (Oktober) weitere Unterbrechungen im Versorgungsnetz. Alleine diese vier Wetterereignisse verursachten 3438 Unterbrechungen mit einer Gesamtdauer von 975.557 Minuten. Insgesamt waren davon mehr als 1,5 Millionen Kunden betroffen. (E-Control, 2015)

Trotzdem liegt die Verfügbarkeit der Stromversorgung in Österreich laut E-Control bei 99,99 %. Dieses Ergebnis unterstreicht die ausgezeichnete Stabilität des österreichischen Stromversorgungssystems und bringt Österreich im internationalen Vergleich einen Platz im Spitzenfeld ein, wie die nachfolgende Abbildung 5-8 zeigt.

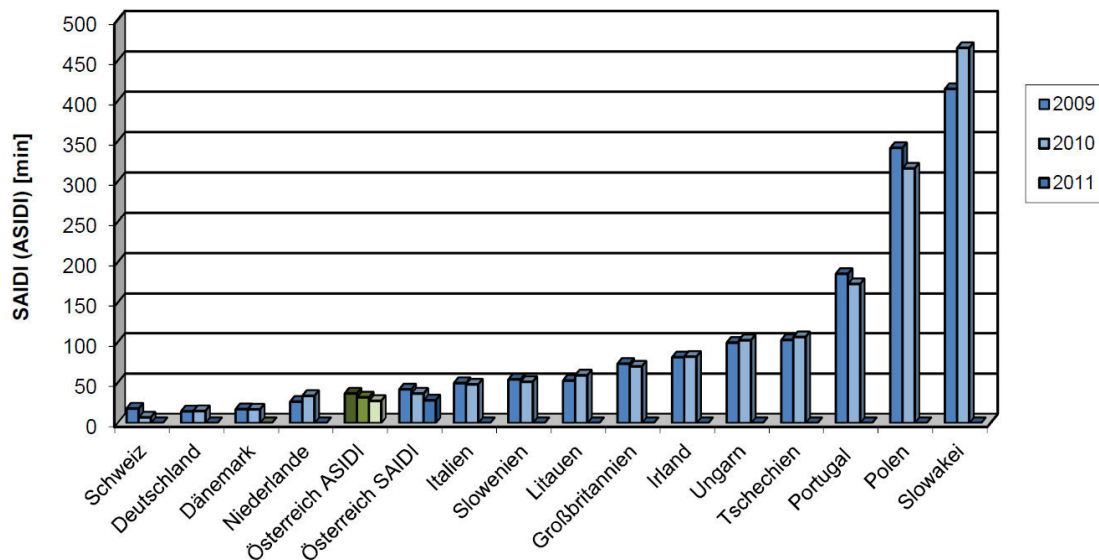


Abbildung 5-8: Länderspezifischer Vergleich ungeplanter Nichtverfügbarkeiten der Stromversorgung in verschiedenen Mittelspannungsnetzen Europas (Ometzberger, 2011)

5.1.5 Netzstabilität

Wie bereits in Kapitel 4.6 erwähnt, sind die häufigsten Ursachen für Schwankungen im System hausgemacht. Im Zuge der Energiewende wurde begonnen vermehrt auf erneuerbare Energien zu setzen.

In Österreich ist das Problem zwar nicht so gravierend wie in Deutschland, aber es sollte dennoch nicht vernachlässigt werden. Österreich besitzt im Gegensatz zu Deutschland den Vorteil, dass ein Großteil der Energie aus Wasserkraft gewonnen wird, wohingegen in Deutschland in den letzten Jahren vorwiegend in Offshore-Windparks und PV-Anlagen investiert wurde.

Dieser „grüne“ Trend hat sich in den letzten Jahren jedoch zu einem Problem entwickelt. Immer mehr Windkraft- und PV-Anlagen sind mit dem Nachteil an die bestehenden Netze angeschlossen worden, keine konstante Energieerzeugung gewährleisten zu können. Je nach Wetterlage steht dadurch entweder zu viel oder zu wenig Energie zur Verfügung, was bei Missachten des Problems zu einer Abweichung von der Netzfrequenz von 50 Hz führen und damit zu einem Stromausfall führen kann. Um diese Differenzen auszugleichen, müssen sogenannte systemerhaltenden Kraftwerke (Regelkraftwerke) je nach Bedarf und Notwendigkeit entweder aktiviert oder deaktiviert werden. Zu diesen Regelkraftwerken wird jedoch nicht jedes Kraftwerk gezählt. Im Rahmen von Untersuchungen werden den dafür geeigneten Kraftwerken entsprechende Zertifikate verliehen. Am besten eignen sich dafür Pumpspeicher- und Gaskraftwerke, da diese sehr schnell regelbar sind. Je nachdem wie hoch die auszugleichende Schwankung nach oben oder nach unten ist, steht den eingesetzten Kraftwerksbetreibern eine finanzielle Entschädigung zu. Dafür gibt es in Deutschland

mittlerweile Kraftwerke, welche die meiste Zeit stillstehen und ausschließlich für solche Zwecken in Betrieb genommen werden. Da in den letzten Jahren die Lastflüsse stark zugenommen haben, gewinnen diese Regelkraftwerke immer mehr an Bedeutung.

Solche Netzeingriffe werden in drei Stufen eingeteilt:

- Stufe 1: Primärregelung
- Stufe 2: Sekundärregelung
- Stufe 3: Tertiärregelung

Die Primärregelreserve wird zur Stabilisierung der Netzfrequenz verwendet. Bei einer Abweichung vom Sollwert (50 Hz, siehe Abbildung 4-23) kommt es zur automatischen Aktivierung dieser Primärregelung. Sie muss innerhalb von 30 Sekunden nach Eintreten der Frequenzabweichung und für die darauffolgenden 30 Minuten vollständig zu Verfügung stehen. (APG, 2017b)

Die Sekundärregelung dient zum Ausgleich der Deltaregelzone der APG. Die Deltaregelzone beschreibt den Überschuss bzw. das Defizit an elektrischer Energie in der Regelzone der APG (APG, 2017a). Wie stark die Schwankungen in der Regelzone jeden Tag sind, wird in den beiden nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 5-9 und Abbildung 5-10) gezeigt. Die Sekundärregelung wird immer dann automatisch aktiviert, wenn die Beeinflussung des Netzes länger als 30 Sekunden dauert. Das wiederum bedeutet, dass sämtliche Netzabweichungen, die nicht länger als 30 Sekunden dauern, von der Primärregelung kompensiert werden müssen. In der Sekundärregelung wird die Sekundärregelreserve dazu eingesetzt, die Primärregelreserve zu entlasten, um somit deren vollständige Verfügbarkeit wieder zu gewährleisten. (APG, 2017c)

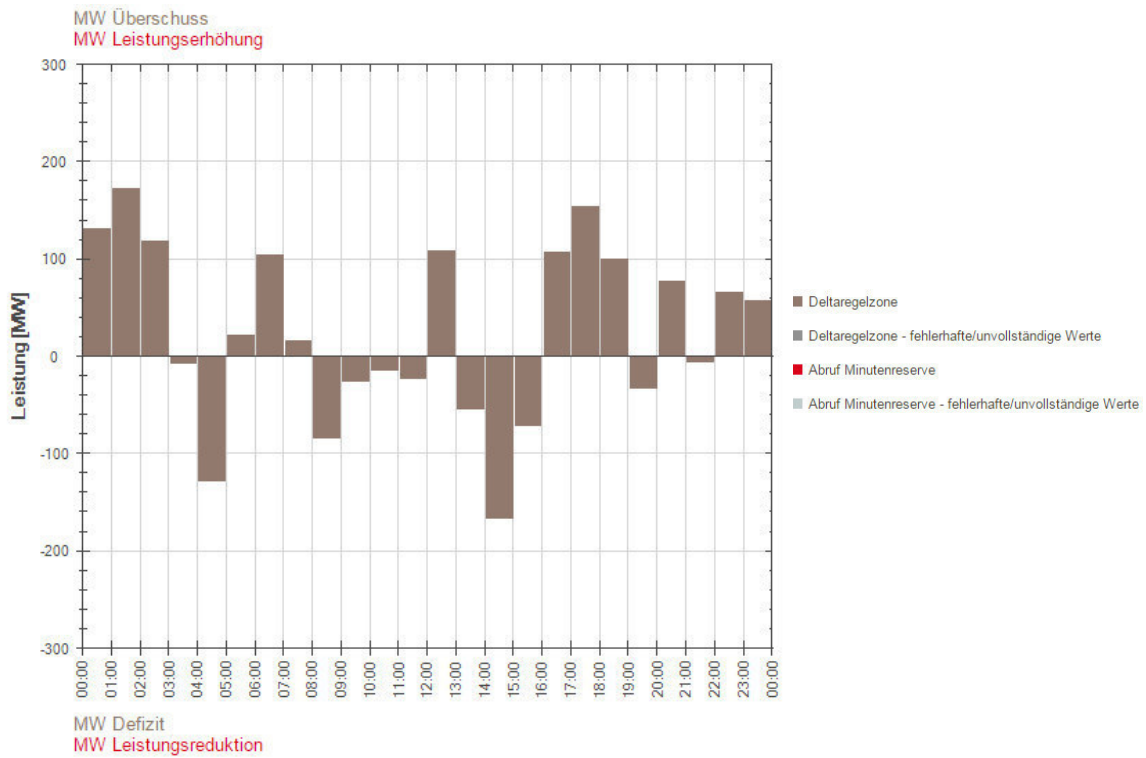


Abbildung 5-9: Deltaregelzone vom 16.05.2017 (APG, 2017a)

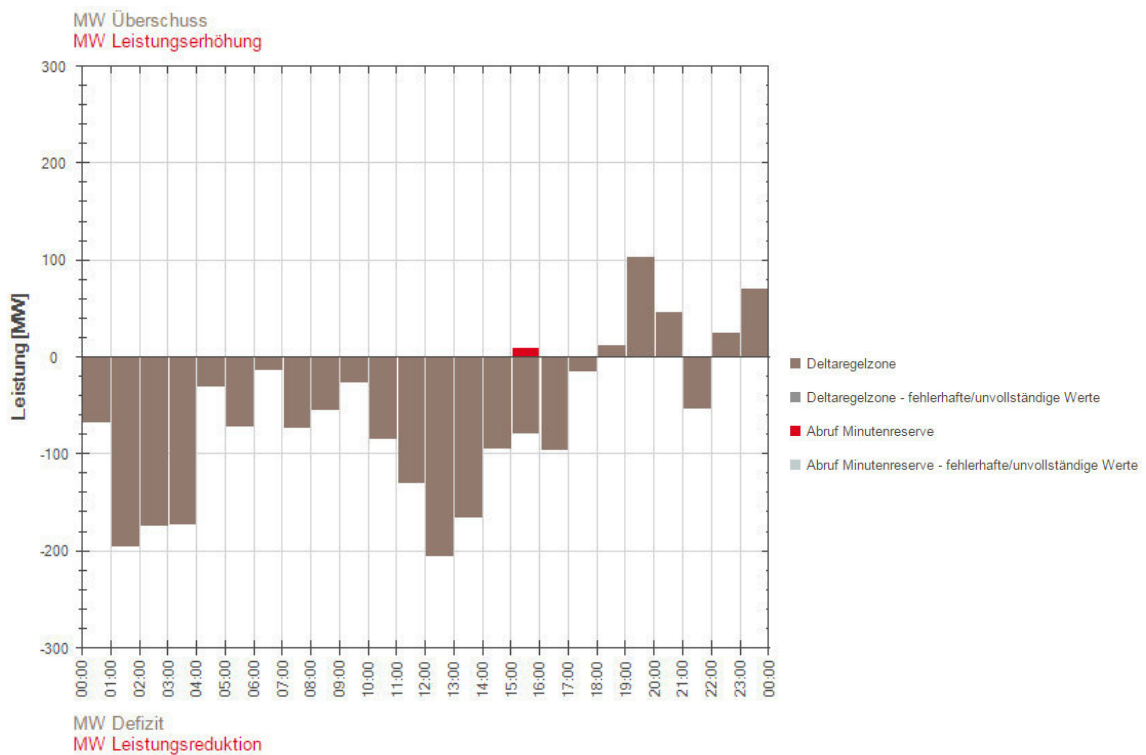


Abbildung 5-10: Deltaregelzone vom 17.05.2017 (APG, 2017a)

Die Tertiärregelung (Minutenregelung) wird dann durch die APG aktiviert, wenn die Abweichung im Netz mindestens 15 Minuten lang dauert und die Sekundär- und Primärregelung entlastet werden müssen (APG, 2017d).

Zusätzlich sollte der finanzielle Aspekt dieser Maßnahmen nicht unerwähnt bleiben. In Deutschland stiegen beispielsweise die Kosten der Systemstabilisierungsdienstleistungen von 1,1 Milliarden Euro im Jahr 2014 auf 1,6 Milliarden Euro im Jahr 2015 an. Aber nicht nur in Deutschland, sondern auch in Österreich sind diese Kosten in den letzten Jahren stark angestiegen, wie die Tabelle 5-4 zeigt. (Saurugg, 2017a)

Tabelle 5-4: Kosten für die Systemstabilisierung in Österreich (Saurugg, 2017a)

Jahr	Kosten für die Systemstabilisierung [Mio. €]
2011	2
2013	13
2014	22
2015	200
2016	150

5.1.6 Wiederanfahren bzw. Hochfahren des Stromnetzes

Ein Wiederanfahren bzw. Hochfahren eines zusammengebrochenen Stromnetzes ist keine leichte Aufgabe. Für den notwendigen Wiederaufbau müssen schwarzstart- und inselbetriebsfähige Maschinen zur Verfügung stehen. Wie ein solches Konzept abzulaufen hat, wurde bereits im Kapitel 4.7.1 beschrieben. Schwarzstartfähigkeit bedeutet, dass die Erzeugungsanlage ohne elektrische Energiezufuhr aus dem Netz in Betrieb genommen werden kann (Schmaranz, 2014). Inselbetriebsfähigkeit sagt aus, dass Kraftwerke in Hinblick auf Spannung und Frequenz so ausgelegt sind, dass sie ohne Hilfe einer Steuerstelle in den zulässigen Wertebereich eines Normalbetriebes zurückgeführt werden können und diesen auch bei Laständerungen aufrecht erhalten können (Schmaranz, 2014).

Durch die zahlreich durchgeführten Inselbetriebsversuche am DUtrain-Simulator konnten viele neue Erkenntnisse gezogen werden. Unter der Annahme, dass sämtliche Betriebsmittel, wie beispielsweise Kraftwerke, Transformatoren und Schaltanlagen vollständig zur Verfügung stehen würden, könnte nach einem österreichweiten Blackout nach ca. 10 bis 12 Stunden ein 25-prozentiger Versorgungsgrad wieder gewährleistet werden. Damit könnte die Versorgung des Höchstspannungsnetzes sowie der 110-kV-Übergabestellen zu den einzelnen Verteilnetzbetreibern sichergestellt werden. Eine vollständige Versorgung des gesamten Mittel- und Niederspannungsnetzes könnte dann erst wieder nach ca. 20 bis 30 Stunden erreicht werden, allerdings nur unter der Voraussetzung, dass es zu keinerlei Behinderung während des Netzwiederaufbaues kommt. Da jedoch stets mit neuen Störungen gerechnet werden muss, wie beispielsweise Kurzschlüssen, Überlastungen und dergleichen, wird sich die Dauer

bis zur kompletten Wiederherstellung der Stromversorgung aller Kunden wesentlich verlängern. (Schmaranz, 2014)

Um einen solchen Netzwiederaufbau zu beschleunigen, bedarf es mehrerer schwarzstartfähiger Kraftwerke in Österreich. Um das bestmögliche Ergebnis zu erzielen, müsste jedes Bundesland über ein eigenes schwarzstartfähiges Kraftwerk verfügen, um damit zunächst einmal landeseigene Strominseln aufzubauen und zu betreiben. Der Vorteil eines solchen regionalen Inselnetzes besteht darin, dass dessen Aufbau unabhängig und parallel zur Störungssituation im Übertragungsnetz erfolgen kann. Später könnten dann diese mit der Insel des Übertragungsnetzbetreibers mittels Synchronisierung zusammengeschaltet werden (Schmaranz, 2014). Durch diese Maßnahme könnten nach Schmaranz (2014) folgenden Vorteile erzielt werden:

- Die Möglichkeit mehrere Startpunkte für einen Netzwiederaufbau nutzen zu können
- Kürzere Ausfallszeiten
- Reduktion des volkswirtschaftlichen Schadens durch kürzere Ausfallszeiten
- Schnelle Wiederversorgung von Ballungsräumen
- Erhöhte Gesamtnetzstabilität nach erfolgter Synchronisierung mit der Insel des Übertragungsnetzbetreibers

Von besonderer Wichtigkeit sind im Falle eines Blackouts die Definition der Verantwortungsbereiche aller beteiligten Unternehmen und Personen. Diese müssen schon im Vorhinein abgeklärt werden, um in Ernstfall keine Zeit zu verlieren. Hinzu kommt, dass für jede Netzinsel ein Frequenzführer bestimmt werden muss, um im Falle des Zusammenschlusses von Netzinseln die Frequenzvorgaben einzuhalten. Nicht nur der rechtliche Aspekt, sondern auch der finanzielle Aspekt sollte dabei nicht vergessen werden. Durch die Entscheidung regionale Netzinseln zu betreiben, bedarf es hoher finanzieller Aufwendungen (Schmaranz, 2014). In welcher Art diese für die Netz- und Kraftwerksbetreiber, sowie für den Handel anfallen würden, verdeutlicht die nachfolgende Aufzählung nach Schmaranz (2014):

- Netzbetreiber
 - Konzepterstellung und -anpassung
 - Erstellung eines Simulationsmodells
 - Simulator-Training des Leitstellenpersonals
 - Durchführen und Auswerten von Inselbetriebsversuchen

- Kraftwerksbetreiber
 - Mehraufwand für Schwarzstart- und Inselbetriebsfähigkeit, wie zum Beispiel in Form von Investitionen, Wartungen, Betriebskosten für Batterien, Notstromaggregate etc.
 - Funktionskontrolle in Form von Inselbetriebsversuchen
 - Ausbilden und Weiterbilden des Leitstellenpersonals
- Handel
 - Erlösentgang während der Inselbetriebsversuche

Den größten Kostenanteil der oben genannten Punkte verursachen die schwarzstart- und inselbetriebsfähigen Maschinensätze der Kraftwerke, die noch nicht in das Netzwiederaufbaukonzept integriert sind (Schmaranz, 2014).

Wird ein solches regionales Netzwiederaufbaukonzept abgelehnt, muss beachtet werden, dass mittelfristig gesehen ein Rückbau von inselbetriebsfähigen Anlagenkomponenten die Folge sein wird. Zusätzlich kommt es auch zur Streichung von regelmäßig erforderlichen Trainingsabläufen, was zu einem Know-How-Verlust des Personals führen wird. Deshalb sollten Entscheidungen immer mit Bedacht getroffen werden. Demzufolge sollte zudem auch jedem bekannt sein, dass eine Rückkehr zu einem solchen regionalen Netzwiederaufbaukonzept mit sehr hohen Aufwendungen verbunden ist. (Schmaranz, 2014)

5.2 Gasnetz

Nicht nur in der Stromversorgung, sondern auch in der Gasversorgung nimmt Österreich aufgrund seiner zentralen Lage eine bedeutende Rolle ein. Allein der Knotenpunkt Baumgarten zählt zu den wichtigsten Verteilerpunkten in Mitteleuropa (bmfwf, 2014). Wie dicht das Gasnetz in Österreich ausgeprägt ist, zeigt die nachfolgende Abbildung 5-11.

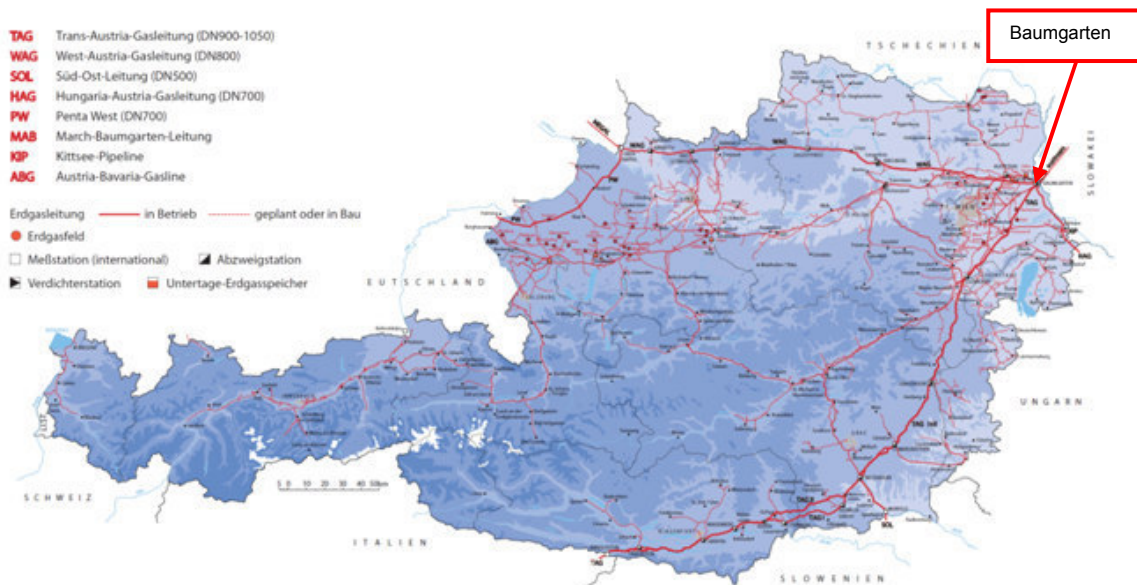


Abbildung 5-11: Erdgasleitungen und Erdgasstätten in Österreich (Stand 2008) (E-Control, 2008, modifiziert)

Das österreichische Gasnetz umfasst eine Länge von rund 46.000 km. Auf das Fernleitungsnetz entfallen hierbei rund 2.000 km. Zu den Fernleitungen in Österreich zählen vorwiegend die Transit-Verbindungen wie TAG (Trans-Austria-Gasleitung), WAG (West-Austria-Gasleitung), HAG (Hungaria-Austria-Gasleitung) usw. (E-Control, 2017).

In Abbildung 5-12 ist das Erdgasnetz in Kärnten im Detail dargestellt.

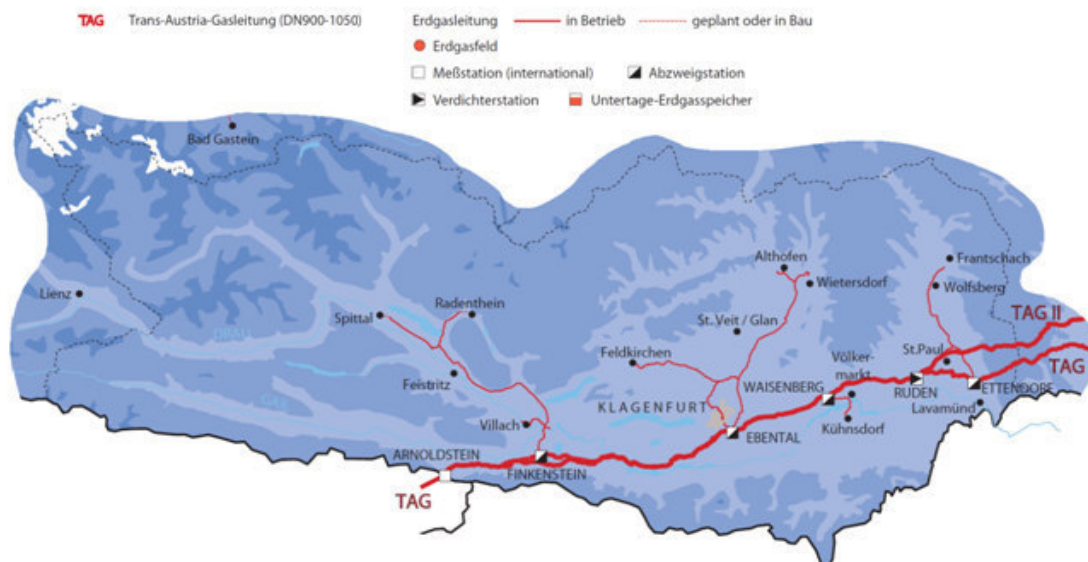


Abbildung 5-12: Erdgasleitungen und Erdgasstätten in Kärnten (Stand 2008) (E-Control, 2008)

5.2.1 Aufbau des Gasnetzes in Österreich

Das Gasnetz ist wie das Stromnetz in unterschiedliche Ebenen eingeteilt. Ausschlaggebend für die Differenzierung der unterschiedlichen Erdgasleitungen ist

der Betriebsdruck. Nachfolgend werden die Erdgasleitungen gemäß Kärnten Netz (2017g) wie folgt klassifiziert:

- Erdgasleitung mit einem Betriebsdruck bis zu 70 bar
- Erdgasleitung mit einem Betriebsdruck bis zu 16 bar
- Erdgasleitung mit einem Betriebsdruck bis zu 10 bar
- Erdgasleitung mit einem Betriebsdruck bis zu 4 bar
- Erdgasleitung mit einem Betriebsdruck bis zu 1 bar

Das Rückgrat der Kärntner Erdgasversorgung bildet die 70 bar Hochdruckleitung, die an vier Übergabestationen von der TAG (Trans-Austria-Gasleitung) gespeist wird. Daraus resultieren vier Leitungssysteme, die nicht miteinander verbunden sind (siehe Abbildung 5-12) (Kärnten Netz, 2017a). Als Beispiel einer solchen Hochdruckleitung kann das System „Ebenthal-Wietersdorf“ genannt werden, das unter anderem Althofen, Feldkirchen in Kärnten, Glanegg und Maria Saal/Kamburg mit Erdgas versorgt (Kärnten Netz, 2017c).

Entlang dieser Hochdruckleitungen befinden sich Druckreduzierungsstationen, über die das Erdgas mit stark reduziertem Druck in das Verteilernetz eingespeist wird. Zurzeit gibt es im gesamten Gebiet von Kärnten 15 Gas-Verteilanlagen. Demzufolge gibt es alleine in Kärnten 15 Mitteldruckleitungssysteme, von denen 13 mit 0,9 bar und zwei mit 4,0 bar betrieben werden. Da Erdgas ein geruchloses und farbloses Gas ist, wird es zur Sicherheit mit einem Geruchstoff versetzt, wodurch ein Gasaustritt an einem der Übergabe- und Verteilstationen auch bereits in geringen Konzentrationen leichter aufspürbar ist (Kärnten Netz, 2017c).

5.2.2 Gasspeicher und Gastransport in Österreich

Der Bedarf an Erdgas schwankt je nach Tages- und Jahreszeit stark. Wie stark die Schwankungen sein können, zeigte der Winter 2012. An einem durchschnittlichen Wintertag beträgt der Bedarf in Österreich ca. 800.000 m³/Stunde. Aufgrund einer anhaltenden Kältewelle im Winter 2012 stieg der Bedarf in den ersten beiden Februarwochen jedoch auf ca. 1,7 Millionen Kubikmeter pro Stunde an. Deshalb ist es notwendig, Erdgas in ausreichenden Mengen in sogenannten Gasdepots zu speichern. Insgesamt lagern in den österreichischen Gasspeichern rund sieben Milliarden Kubikmeter Erdgas. Das entspricht ca. 85 % des jährlichen Bedarfes (Kolm, 2012).

Die gespeicherten Gasmengen werden zum Großteil in Österreich auf fünf große Gasdepots aufgeteilt, die sich im Besitz der Rohöl-Aufsuchungs-Aktiengesellschaft (RAG) und der Österreichische Mineralölverwaltung (OMV) befinden. Die RAG-Erdgasspeicher Haidach, Thann und Puchkirchen in Oberösterreich, umfassen einen Speicherinhalt von ca. 5,94 Mrd. Kubikmeter. Die Speicher der

OMV in Tallesbrunn und Schönkirchen in Niederösterreich umfassen mehr als 2,2 Mrd. Kubikmetern (bmwfw, 2014).

All diese unterirdischen Erdgasspeicher sind als Porenspeicher ausgeführt. Für den notwendigen Einpressdruck sorgen Turboverdichter. Zudem befinden sich unterhalb der Speicher oft wasserführende Schichten, wodurch der Wasserdampfanteil im Erdgas erhöht ist und somit über Trocknungsanlagen reduziert werden muss (Edler, 2013).

Um das Gas zu den Verbrauchern zu transportieren, bedarf es mehrerer Zwischenschritte. Dabei wird das geförderte Gas zunächst mittels Druck in die Pipelines gepresst. Die Geschwindigkeiten in den Pipelines betragen durchschnittlich 28 km/h. Somit benötigt das in Russland geförderte Gas sechs Tage bis es den Verteilerknoten Baumgarten erreicht (Gas CONNECT AUSTRIA, 2011c). Von dort aus wird es über die Fernleitungen wie TAG weiter transportiert. Über diverse Verdichtungsstationen (VS), Mess- und Übergabestationen gelangt das Gas schließlich in das Verteilnetz (Gas CONNECT AUSTRIA, 2011a).

Um das Erdgas schlussendlich zu dem Endverbraucher zu transportieren, wird es somit über diverse Reduzierungsanlagen von 70 bar bzw. 16 bar auf 4 bar bzw. 1 bar reduziert. Am Endkunden angekommen wird es nochmals auf 0,02 bis 0,1 bar reduziert. Der Vorteil dabei ist, dass diese Reduzierungsstationen wohl vollautomatisch arbeiten, jedoch elektronisch überwacht werden müssen (Kärnten Netz, 2017f), wofür auch elektrischer Strom erforderlich ist.

Nur wenige Verdichtungsstationen können stromunabhängig betrieben werden, wie beispielsweise die VS WAG (Gas CONNECT AUSTRIA, 2011b). Dabei wird ein Teil des Gases aus dem Gasstrom entnommen und über Kompressoren verdichtet. Der komprimierte Gasstrom wird in eine Gasturbine geleitet und dort verfeuert. Durch die Verdichtung entsteht Wärme, die über ein Kühlsystem an die Außenluft abgegeben werden muss (Edler, 2013). Für den Transport von Gas ist somit eine elektrische Stromversorgung unumgänglich, da nicht jede einzelne Verdichtungs- und Übergabestation energieautark betrieben werden kann. So wird an der Gasstation Baumgarten eine der zwei VS, die VS OGG, zu 100 % elektrisch betrieben, während die andere, VS WAG, nur teilweise elektrisch betrieben wird (Gas CONNECT AUSTRIA, 2011b).

5.2.3 Stromabhängigkeit in der Gasversorgung

Für die Gasversorgung ist, wie man in den vorhergehenden Kapiteln 5.2.1 und 5.2.2 sehen konnte, elektrische Energie von außen unbedingt erforderlich. Es beginnt bereits in den Gasdepots, wo Trocknungsanlagen, Turboverdichter sowie eine Vielzahl an Sicherungstechniken ohne Strom nicht betriebsfähig sind. Entlang des Transportnetzes sind in wenigen hundert Kilometern Abstand Verdichtungsstationen erforderlich, um die auftretenden Rohrleitungsdruckverluste

ausgleichen zu können (Edler, 2013). Zwar kann ein Teil dieser Verdichtungsstationen völlig energieautark betrieben werden, aber einige, wie beispielsweise die VS OGG in Baumgarten, wird im Gegensatz dazu zu 100 % elektrisch betrieben. Zudem ist aufgrund der durch die Verdichtung erzeugten Wärme stets ein Kühlsystem an die Außenluft erforderlich. Um den Druck in den Leitungen zu reduzieren, kommen an den zahlreichen Übergabestellen Gasdruckregelanlagen samt Sicherheitseinrichtungen zum Einsatz, die ohne Strom nicht funktionsfähig sind (Edler, 2013).

Somit kann eine, wie in Kapitel 4.8.2 angedachte, stromunabhängige, funktionierende Erdgasversorgung zu den BHKWs in ARAs nicht gewährleistet werden.

6 Wasser

Wasser ist eines der wertvollsten Güter in unserer Gesellschaft. Es spielt nicht nur in der Wasserversorgung, sondern auch in der Abwasserentsorgung eine bedeutende Rolle. In den nachfolgenden Kapiteln wird ein kurzer Überblick über die Bedeutung des Wassers in unserer Gesellschaft gegeben.

6.1 Wasservorkommen

Der Name "Blauer Planet" kommt nicht von irgendwoher. Mit diesem Namen bezieht man sich auf das Wasservorkommen der Erde. Rund 2/3 der Erdoberfläche sind dabei mit Wasser bedeckt. Bei der Betrachtung der Wasservorkommen sollte man zwischen Süß- und Salzwasservorkommen unterscheiden. Dabei entfallen 97,5 % des gesamten Wasservorkommens auf das Salzwasser. Dieser enorme Anteil wird vorwiegend durch die Weltmeere getragen. Nur ein verschwindend kleiner Anteil, nämlich 2,5 %, entfallen auf Süßwasservorräte. Es darf dabei aber nicht vergessen werden, dass von den 2,5 % an Süßwasser nicht alles als Trink- und Brauchwasser zur Verfügung steht. Splittet man diese 2,5 % an Süßwasser weiter auf, so ergeben sich die folgenden weiteren Anteile: Der überwiegende Anteil des Süßwassers, rund 69 %, ist in den Eiskappen sowie den Gletschern als Eis gebunden und somit für die Wasserversorgung nicht direkt nutzbar. Lediglich 30 % des Süßwassers sind als Grundwasser vorhanden. Die restlichen 1 % entfallen auf verfügbares Oberflächenwasser wie Seen und Flüsse sowie auf die Bodenfeuchtigkeit und den Wasserdampf in der Atmosphäre. (OEVGW, 2017e)

Zusätzlich muss man feststellen, dass die Süßwasservorkommen nicht gleichmäßig auf der Erde verteilt sind. Vor allem in Afrika, Südost-Asien, Australien sowie im Westen der USA wird die Versorgung mit Wasser immer schwieriger und wird in diesen Regionen in den nächsten zehn Jahren zu einer enormen Herausforderung werden. Die nachfolgende Abbildung 6-1 zeigt die aktuelle Wassersituation der Weltbevölkerung.

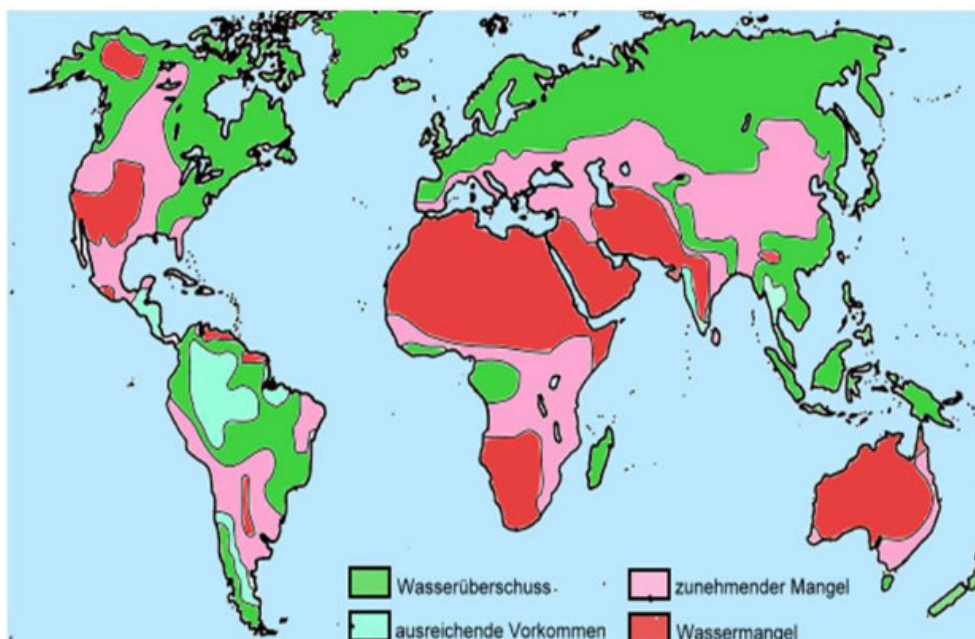


Abbildung 6-1: Wassersituation rund um den Globus (Weltwassertag, 2017)

In Gegensatz zu den gefährdeten Ländern gehört Österreich zu den wasserreichsten Ländern der Erde. Wie sich die Wasserbilanz Österreichs im Detail darstellt, wird im Kapitel 6.3 beschrieben.

6.2 Wassernutzung

Wasser ist vielseitig einsetzbar und in vielen Bereichen unserer Gesellschaft unentbehrlich. In welchen Bereichen Wasser einen hohen Stellenwert einnimmt, wird in den nachfolgenden Kapiteln 6.2.1 bis 6.2.6 beschrieben.

6.2.1 Lebensmittel (Trinkwasser)

Den wichtigsten Zweck, den Wasser zu erfüllen hat, ist die Verwendung als Lebensmittel. Jeder weiß, dass ein gesunder Mensch ohne Flüssigkeitszunahme in der Regel nur zwischen drei und vier Tagen überleben kann (gesund24.at, 2016). Demzufolge ist eine funktionierende und frei von Beeinträchtigungen vorhandene Trinkwasserversorgung unabdinglich. Demzufolge sind ständige Kontrollen durch die Gesundheitsbehörde, sowie Überwachungen durch die Wasserverbände selbst durchzuführen, um hygienisch einwandfreies Trinkwasser zur Verfügung stellen zu können.

6.2.2 Brandbekämpfung (Löschwasser)

Wesentlich für eine erfolgreiche Brandbekämpfung ist, im Brandfall auf genügend Löschwasser zurückgreifen zu können. Die Löschwasserentnahme erfolgt entweder direkt über die Wasserversorgungsanlagen (Hydranten) oder über spezielle Löschwasserentnahmestellen wie beispielsweise offene Gerinne, Teiche, Löschwasserteiche etc. Je nachdem, um welche Bebauungsart (Streusiedlungen, Ortsgebiete, Betriebsgebiete oder Altstadtgebiete) es sich handelt, kann

gemäß der Richtlinie W 77 der ÖVGW der Löschwasserbedarf berechnet werden. Vor allem in Industriegebieten und vielfach auch im ländlichen Raum ist die Errichtung von zusätzlichen Löschwasserteichen in Abstimmung mit den zuständigen Feuerwehren notwendig. (Fuchs-Hanusch, 2014a)

6.2.3 Landwirtschaft (Bewässerung)

Auch in der Landwirtschaft ist Wasser unentbehrlich. Vor allem in den Regionen, in denen Niederschläge in Form von Regen selten sind bzw. oft über die Sommermonate sogar ausbleiben, ist Wasser für die künstliche Bewässerung der landwirtschaftlichen Flächen unbedingt notwendig.

6.2.4 Wirtschaft und Produktion

Die größten Wasserverbraucher findet man in dem Gewerbe- und Industriesektor. Wie bereits in Kapitel 4.4.1 erwähnt, wird mit dem von Prof. John Anthony Allan eingeführten Begriff „Virtuelles Wasser“ jene Menge an Wasser bestimmt, die in der Herstellung eines Produktes bzw. bei Ausführen einer Dienstleistung erforderlich ist bzw. verwendet wird. Ein Kilogramm Papier beispielsweise, verschlingt in der Produktion 700 Liter Wasser. Die Herstellung eines Microchips (2 g) verbraucht 32 Liter Wasser. Aber nicht nur in den Gewerbe- und Industriebetrieben ist der Wasserverbrauch enorm, auch in der Lebensmittelbranche sind die verbrauchten Wassermengen sehr hoch. Allein die Herstellung von einem Kilogramm Schweinefleisch benötigt 5.000 Liter an Wasser.

6.2.5 Schifffahrt

Wasser ist auch im Transportsektor nicht wegzudenken. Vor allem in der Binnenschifffahrt (auf Flüssen und Kanälen) ist Wasser von besonderer Bedeutung.

6.2.6 Wassertransport (Abwasserentsorgung)

In der Abwasserentsorgung kommt Wasser eine wichtige Rolle zu. Um einen kontinuierlichen Weitertransport der Fäkalien und sonstigen Schmutzstoffe im Kanalnetz bis hin zur ARA zu gewährleisten, bedarf es eines Transportmediums. In den Schmutzwasserkanälen resultiert es aus den Spül- und Reinigungswässern der Haushalte, der öffentlichen Bereichen und aus den Gewerbebereichen, in Mischwasserkanälen im Regenwetterfall zusätzlich auch noch durch das abgeleitete Niederschlagswasser, das je nach Herkunft unterschiedlich stark verschmutzt sein kann.

6.3 Verbrauch und Kosten

6.3.1 Verbrauch

Zu Beginn wird kurz auf die Wasserbilanz Österreichs eingegangen. Durch die durchschnittlichen jährlichen Niederschläge von rund 92 Milliarden m³ und einem Zufluss von rund 26 Milliarden m³ entsteht ein jährliches Wasservolumen von 118 Milliarden m³. Davon gehen durch die Verdunstung wiederum 42 Milliarden m³ in die Atmosphäre verloren. Schlussendlich bleiben 76 Milliarden m³ an nutzbarem Wasser übrig, wovon wieder circa ein Drittel auf das Grundwasser entfällt. (OEVGW, 2017c)

Die jährliche Wassernutzung liegt in Österreich zwischen 2,2 bis 2,6 Milliarden m³, was so viel bedeutet, dass nur 3 % der heimischen Wasservorräte verbraucht werden. Somit wäre Österreich alleine in der Lage, ohne die Wasserreserven heranziehen zu müssen, 440 Millionen Menschen mit Trinkwasser zu versorgen. (OEVGW, 2017d)

Je nach Land verteilt sich der Wasserverbrauch in den Sektoren Industrie, Haushalt und Landwirtschaft sehr unterschiedlich. Die nachfolgende Abbildung 6-2 zeigt, dass in Österreich der Wasserverbrauch in der Landwirtschaft im Vergleich zum weltweiten Gesamtverbrauch eher gering ist, währenddessen dort ein Großteil für die Landwirtschaft benötigt wird. Der Grund für diesen Unterschied liegt in den verschiedenen Topografien der einzelnen Länder, wobei regenarme Regionen praktisch immer auf künstliche Bewässerungsanlagen angewiesen sind.

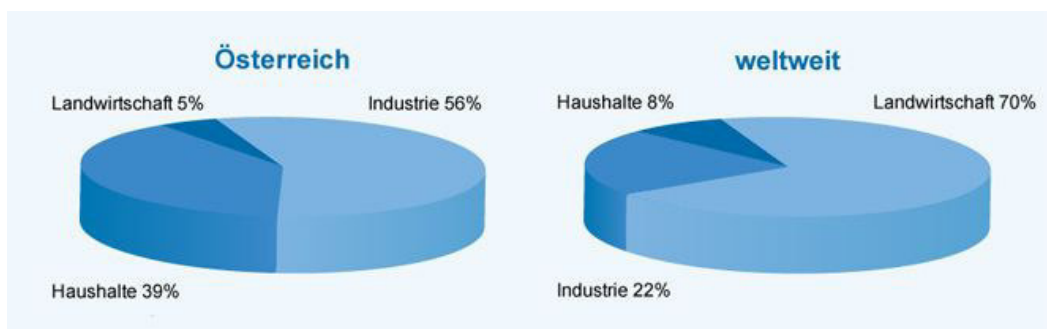


Abbildung 6-2: Wasserverbrauch in Österreich und auf der Welt unterteilt in Sektoren (OEVGW, 2017a)

Täglich verbraucht die/der durchschnittliche ÖsterreicherIn circa 130 Liter Wasser am Tag, wobei nur rund 2 % als Trinkwasser verwendet werden. Wie sich diese 130 Liter zusammensetzen, zeigt die Abbildung 6-3. Würden Betriebe ebenfalls in die Statistik mit aufgenommen werden, so läge der Wasserverbrauch bei rund 260 Litern am Tag. Würde zudem der Wasserverbrauch für die Produktion und den Handel der Nahrungsmittel sowie Industriegüter mitberücksichtigt werden, dann würde der tägliche Wasserverbrauch 4.500 Litern pro Tag und Kopf betragen. (OEVGW, 2017a)

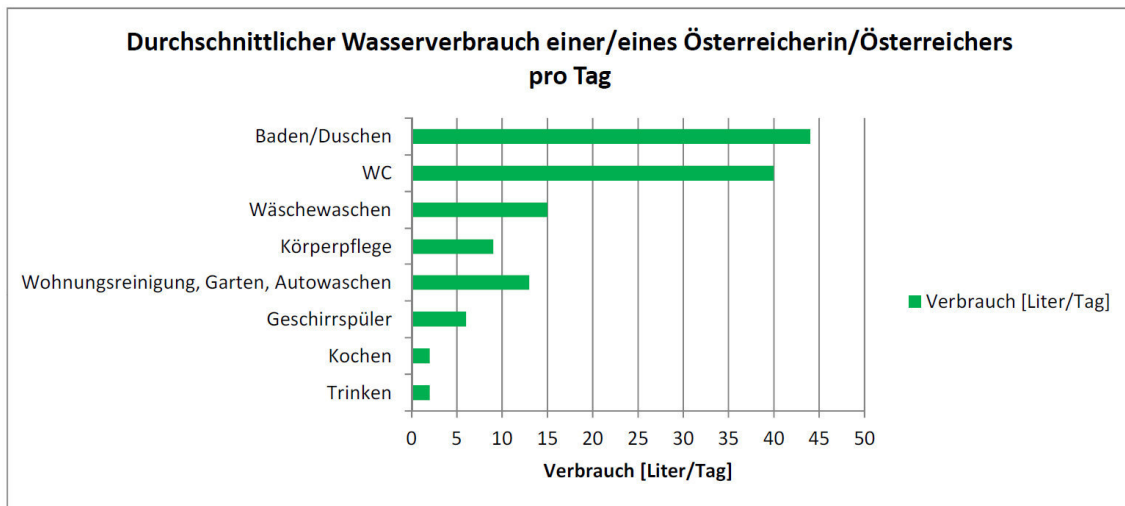


Abbildung 6-3: Durchschnittlicher Wasserverbrauch einer/eines Österreicherin/Österreichers pro Tag

6.3.2 Kosten

Die Wasserpreise variieren je nach Gemeinde stark. Eine länger andauernde reduzierte Wasserentnahme aus den Leitungen würde direkte Auswirkungen auf den Wasserpreis mit sich bringen. Die Ursache dafür ist einfach erklärt. Die Wasserversorger haben für die laufend durchzuführenden Instandhaltungsarbeiten vor allem hohe Fixkosten zu decken, wodurch der Wasserpreis pro abgegebenen m³ bei rückläufigen Abgabemengen zur Kostendeckung automatisch steigen muss. (OEVGW, 2017a)

7 Blackout in der Siedlungswasserwirtschaft

7.1 Trinkwasserversorgung

Das österreichische Trinkwasser kommt zu fast 100 % aus Grund- und Quellwasser. Rund 90 % der österreichischen Bevölkerung werden durch zentrale Wasserversorgungsanlagen versorgt. Dabei umfasst das Leitungsnetz eine Länge von circa 77.300 km. Für den reibungslosen Ablauf der Wasserversorgung sowie das Einhalten der gesetzlichen und hygienischen Vorschriften in den zentralen Wasserversorgungsanlagen sind die rund 5.500 Wasserversorgungsunternehmen Österreichs verantwortlich. Dazu zählen Genossenschaften, Wasserverbände sowie kommunale Anlagen. Die restlichen 10 % der Bevölkerung beziehen Trinkwasser über hauseigene Brunnen und Quellen. Dabei sind die Besitzer der Quellen und Brunnen selbst dafür verantwortlich, dass das hauseigene Wasser dem hygienischen Standard Österreichs entspricht. (BMLFUW, 2014c)

7.1.1 Aufbau und Funktion der Trinkwasserversorgung

In der Trinkwasserversorgung muss, wie bereits im Kapitel 7.1 erläutert, zwischen einer Einzel-Wasserversorgung (Hauswasserversorgung) und einer zentralen (öffentlichen) Wasserversorgung unterschieden werden.

7.1.1.1 Einzel-Wasserversorgung

Vor allem einzeln stehende Häuser und Bauernhöfe sind zumeist auf die Wasserversorgung durch hauseigene Brunnen und Quellen angewiesen. Bei einer Versorgung durch Quellen, die wesentlich höher liegen als das zu versorgende Objekt, ist eine Abhängigkeit von Strom nicht gegeben. Jedoch versorgt sich der Großteil dieser Einzel-Versorger durch hauseigene Brunnen, wodurch das Wasser dort auch erst über Pumpen zu den Entnahmestellen gefördert werden muss. (Fuchs-Hanusch, 2014a)

7.1.1.2 Zentrale (öffentliche) Wasserversorgung

Die zentrale Wasserversorgung wird nach Fuchs-Hanusch (2014a) in fünf verschiedene Bereiche unterteilt:

- Wassergewinnung und Wasserförderung
- Eventuell notwendige Wasseraufbereitung
- Wasserspeicherung
- Wassertransport und -verteilung
- Wasserverbrauch

Wassergewinnung und Wasserförderung:

Für die Gewinnung von Trink- und Brauchwasser gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder aus unterirdischem Wasser oder aus oberirdisch gefasstem Wasser. Bevorzugt werden zur Trinkwassergewinnung unterirdische Wässer wie Quell- und Grundwasser. Ein Vorteil des unterirdisch gewonnenen Wassers sind die hygienisch einwandfreien Eigenschaften, die dieses in der Regel aufweist. Sollte jedoch quantitativ nicht genügend Wasser unterirdisch zu Verfügung stehen, dann müssen oberirdische Wässer wie Niederschlags- und Oberflächenwasser (Seen, Flüsse) zusätzlich noch herangezogen werden. Als besonders rein erweisen sich zumeist die Grundwässer. Dabei kann zwischen echtem, uferfiltriertem und künstlich angereichertem Grundwasser unterschieden werden. Alle drei Grundwasserarten weisen Vorteile aber auch Nachteile auf, die in der Tabelle 7-1 beschrieben werden. (Fuchs-Hanusch, 2016)

Tabelle 7-1: Vor- und Nachteile von Grundwasserarten (Fuchs-Hanusch, 2016)

Echtes Grundwasser	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> - Chemisch und biologisch einwandfrei - Geringe Temperaturschwankungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Wassermengen sind begrenzt - Qualitätsverlust durch Eisen, Mangan und aggressive Kohlensäure
Uferfiltriertes Grundwasser	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> - Große Mengen verfügbar - Relativ gute Qualität 	<ul style="list-style-type: none"> - Durch Verschmutzungen leicht beeinträchtigt
Künstlich angereichertes Grundwasser	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> - Speicherung des Wassers möglich - Menge und Qualität entsprechen den Anforderungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Aufbereitungs- und Versickerungsanlagen erforderlich - Hohe Kosten

Eventuell notwendige Wasseraufbereitung:

Besonders wichtig ist die Qualität des Wassers. Entspricht die Wasserqualität nicht den Anforderungen, um als Trinkwasser nach der Trinkwasserverordnung klassifiziert zu werden, sind Wasseraufbereitungsanlagen erforderlich. Eine Wasseraufbereitung kann beispielsweise durch eine Enteisung, Entsäuerung oder auch durch eine Desinfektion des Wassers erfolgen. (Fuchs-Hanusch, 2014a)

Verunreinigungen sind nicht nur in Quellwasser, sondern auch im Grundwasser möglich. Beispielsweise können Quellwässer, die aus Kluft- und Oberflächen-

wasser gespeist werden, leicht bakteriologisch beeinträchtigt sein. Grundwasser und da insbesondere uferfiltriertes Wasser ist ebenfalls stark von der Qualität des Oberflächenwassers abhängig und daher leicht beeinträchtigbar. Im Gegensatz dazu ist bei künstlich angereichertem Grundwasser der Einsatz von Aufbereitungsanlagen unverzichtbar. (Fuchs-Hanusch, 2016)

Wasserspeicherung:

Um einen Ausgleich der Schwankungen zwischen Wasserdargebot und -bedarf im Wasserversorgungssystem zu gewährleisten, bedarf es entsprechend große Speichermöglichkeiten. Dabei müssen die Speicher laut Fuchs-Hanusch (2014b) so dimensioniert werden, dass folgende Bedingungen erfüllt und eingehalten werden:

- Ausgleich zwischen Wasserdargebot und -bedarf
- Sicherstellen und Bereitstellen einer ausreichenden Löschwassermenge
- Wasserreserven für Betriebsstörungen vorhalten
- Aufrechterhalten eines konstanten Betriebsdruckes im Netz.

Zur Wasserspeicherung werden vorwiegend Hochbehälter, Tiefbehälter oder Löschwasserbehälter verwendet. Als betriebssicherste Variante hat sich die Verwendung von Hochbehältern bewährt. Hierbei besteht auch bei einem Stromausfall bzw. einem Rohrbruch in der Zuleitung die Möglichkeit, die Versorgung des Gebietes für einen bestimmten Zeitraum aufrechtzuerhalten. Der Wasserspiegel im Tiefenbehälter hingegen liegt stets tiefer als die erforderliche Druckhöhe im Versorgungsgebiet. Um den erforderlichen Versorgungsdruck aufrecht zu erhalten, muss das Wasser entweder in kleinere Hochbehälter gepumpt oder direkt über Druckerhöhungsanlagen in das Versorgungsnetz eingespeist werden. Löschwasserbehälter werden zur Sicherstellung des Löschwassers verwendet und sollten zudem möglichst nahe an dem zu schützenden Objekt situiert werden. Diese Löschwasserbehälter werden entweder als Löschwasserteiche oder als Tiefenbehälter ausgeführt und neben Trinkwasser oft auch mit Niederschlags- und Oberflächenwasser gespeist. (Fuchs-Hanusch, 2014b)

Zusätzlich sei noch erwähnt, dass in allen Behältern ein ausreichender Löschwasservorrat zu jeder Zeit vorhanden sein muss. Um diesbezüglich einer unbeabsichtigten Wasserentnahme entgegenzuwirken, bedarf es zumeist einer elektronischen Wasserspiegelüberwachung in Kombination mit einem Minimalalarm. (Fuchs-Hanusch, 2014b)

Wassertransport und -verteilung:

Beim Transport des Wassers sollte zwischen Zubringerleitungen und Versorgungsleitungen unterschieden werden. Zubringerleitungen werden zum Wassertransport zwischen der Wassergewinnungsstelle und dem Behälter und/oder

des Versorgungsgebietes verwendet. Entlang dieser Leitung sind keine oder nur vereinzelte Anschlussleitungen vorhanden. Versorgungsleitungen hingegen dienen zur Wasserverteilung im Versorgungsgebiet und weisen eine Vielzahl von Verbraucheranschlüssen auf. (Fuchs-Hanusch, 2014a)

Dabei müssen die Zubringer-, Haupt- und Versorgungsleitungen das Wasser in ausreichender Menge, mit ausreichendem Druck sowie in entsprechender Qualität zum Endverbraucher transportieren (Fuchs-Hanusch, 2014c).

Um eine möglichst hohe Ausfallsicherheit zu erzielen, sollte das Rohrleitungsnetz als Ring mit möglichst wenigen Endleitungen ausgeführt werden. An den Endpunkten von Endleitungen sollte Hydranten zur Spülung vorgesehen werden. Des Weiteren sollten Schieber an den Anschlussleitungen von Hydranten, an jedem Knotenpunkt der Leitungsstränge sowie innerhalb des Leitungsstranges im Abstand von 150 m bis 200 m angeordnet werden. Damit können beschädigte oder beeinträchtigte Abschnitte leicht und schnell vom Gesamtnetz getrennt werden. Damit auch eine ausreichende Wasserqualität im Netz gewährleistet werden kann, sollten an den Hochpunkten Entlüftungseinrichtungen (z B.: Hydranten, Hausanschlüsse, Entlüftungsventile) und an Tiefpunkten Entleerungsmöglichkeiten angeordnet werden. (Fuchs-Hanusch, 2014c)

Wasserverbrauch:

Zu den Wasserverbrauchern zählen neben den privaten Haushalten auch öffentliche Einrichtungen sowie Gewerbe- und Industriebetriebe.

7.1.2 Stromabhängige Trinkwasserversorgung

In welchen Bereichen der Einzel-Wasserversorgung und zentralen Wasserversorgung Strom unbedingt notwendig ist, wird in den nachfolgenden Kapiteln 7.1.2.1 und 7.1.2.2 erläutert.

7.1.2.1 Stromabhängigkeit in der Einzel-Wasserversorgung

Wie bereits im Kapitel 7.1.1.1 erläutert, versorgen sich ein Großteil der Einzelversorger durch hauseigene Brunnen. Um jedoch das Wasser von den Brunnen zu den Entnahmestellen zu befördern, bedarf es des Betriebes von Pumpen. Diese können ohne Strom nicht betrieben werden, wodurch hier ein Stromausfall auch zu einer Versorgungsunterbrechung führen würde.

7.1.2.2 Stromabhängigkeit in der zentralen Wasserversorgung

Schon am Beginn einer zentralen Wasserversorgung ist die Notwendigkeit von Strom zumeist unvermeidbar. Bei Quellwasser- und Grundwasservorkommen, die tiefer liegen als das zu versorgende Gebiet, bedarf es des Einsatzes von Pumpen zur Wasserförderung. Daneben sind hier auch elektrische Anlagen zur ständigen Überwachung sowie Steuerung erforderlich. Bei verunreinigtem Wasser sind zudem Wasseraufbereitungsanlagen notwendig, deren einzelnen

Verarbeitungsstufen wie Absetz- und Sandfangbecken, Flockungsanlagen, Schlammräumer etc. ohne elektrische Energiezufuhr ebenfalls nicht betrieben werden können (Grombach u. a., 2000 in Petermann u. a., 2010). Neben den diversen Pumpen, ist auch eine Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (MSR-Technik) für den reibungslosen Betrieb in der Aufbereitungsanlage von Nöten. Im Bereich der Wasserspeicherung ist man nur bedingt auf den Strombezug angewiesen. Während Hochbehälter fast völlig stromunabhängig betrieben werden können, sind Tiefenbehälter von der Versorgung mit Strom angewiesen. Aufgrund der Lage von Tiefbehältern, muss das Wasser über Pumpen zu kleineren Hochbehältern gepumpt oder direkt durch Druckerhöhungsanlagen in das Versorgungsnetz eingespeist werden. Auch dabei ist der Einsatz von MSR-Technik unbedingt notwendig. Wie in Kapitel 7.1.1.2 erwähnt, ist in allen Behältern eine elektronische Wasserspiegelüberwachung eingebaut, um auch unbeabsichtigten Wasserentnahmen entgegenzuwirken. Auch innerhalb des Rohrleitungsnetzes sind je nach Topografie Pumpstationen erforderlich sowie auch elektronische Überwachungseinrichtungen und MSR-Techniken für den reibungslosen Betriebsablauf. Zu guter Letzt sind aber auch viele Endverbraucher von einem Strombezug zur Aufrechterhaltung der Trinkwasserversorgung angewiesen. So muss beispielsweise in Hochhäusern das Wasser über Druckerhöhungsanlagen nach oben transportiert werden. Aber auch zum Bereitstellen von Warmwasser in den Haushalten wird oftmals Strom benötigt.

Aufgrund der fortschreitenden Automatisierung werden diese Einrichtungen auch immer häufiger fernüberwacht, wobei eine umfangreiche Informations-, Kommunikations- und Fernwirktechnik zum Einsatz kommt, die wiederum die Stromabhängigkeit weiter erhöht (Ebel, 1995 in Petermann u. a., 2010).

Nach einem überstandenen, vor allem länger andauernden Blackout sollten vor dem Wiederaufstart des Systems aufgrund von Luftpneumatisierungen und eventuell aufgetretenen Verkeimungen umfangreiche Spülvorgänge und Desinfektionsvorgänge durchgeführt werden. Diese sind mit einem zeit- und personalintensiven Aufwand verbunden (Wricke & Korth, 2007 in Petermann u. a., 2010). Zusätzlich muss auch darauf geachtet werden, dass die Belastungen des Rohrnetzes beim Wiederaufstart nicht zu hoch werden, da ansonsten Rohrbrüche drohen könnten (Petermann u. a., 2010).

7.2 Abwasserentsorgung

Österreich nimmt im internationalen Vergleich in Bezug auf die Qualität der Abwasserreinigung eine Vorreiterrolle ein (BMLFUW, 2014a). Im Jahre 2014 waren 95 % der österreichischen Bevölkerung an kommunale ARAs angeschlossen. Im Vergleich zu dem Jahre 1971 ist das eine Verdoppelung des Anschlussgrades, wie die nachfolgende Abbildung 7-1 zeigt. Die restlichen 5 % der Bevölkerung, vorwiegend Streusiedlungen, verfügen über Hauskläranlagen

und Senkgruben. Die Länge des österreichischen Kanalnetzes wurde im Jahr 2014 auf circa 91.600 km geschätzt (BMLFUW, 2014b).

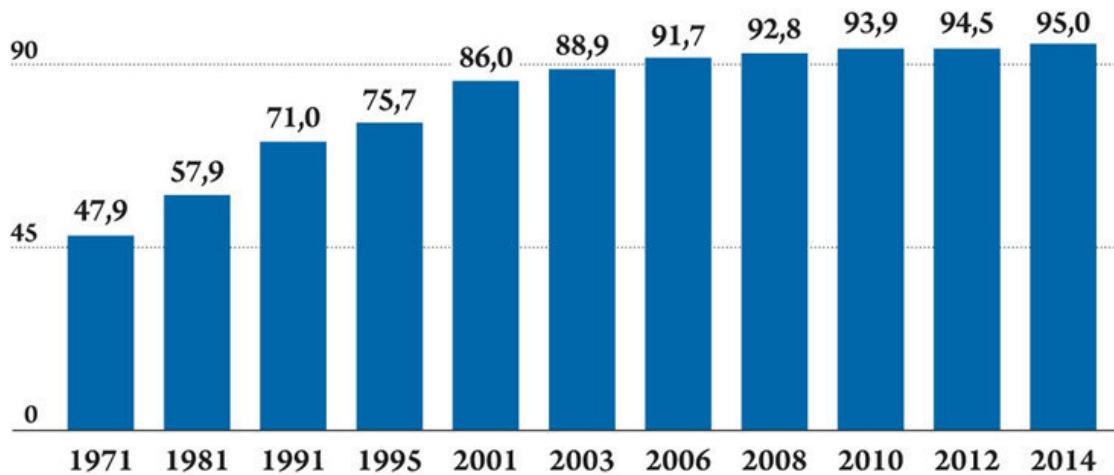


Abbildung 7-1: Anschlussgrad der österreichischen Bevölkerung an kommunale ARAs (BMLFUW, 2014b)

Das zumeist praktizierte Abwasserentsorgungskonzept ist einfach. Das Abwasser wird in der Kanalisation gesammelt und zu ARAs transportiert. In der ARA wird das Abwasser durch mehrere Stufen gereinigt und anschließend zumeist in Oberflächengewässer eingeleitet oder in manchen Bereichen auch den Untergrund zugeführt und versickert. In Österreich werden, wie bereits im Kapitel 6.3.1 erwähnt, zurzeit nur rund 3 % des gesamten Wasserdargebots genutzt. Ein Teil des entnommenen Wassers wird für die Bewässerung in der Landwirtschaft genutzt, der Rest wird zu Abwasser und gelangt über ARAs und Industriekläranlagen in den Wasserkreislauf zurück. Das Wasser weist unterschiedliche Verunreinigungen auf, je nachdem ob es aus Haushalten oder Industrieanlagen stammt (BMLFUW, 2014a). Auch abgeleitetes Niederschlagswasser kann je nach Herkunftsflächen erheblich verschmutzt sein.

7.2.1 Aufbau und Funktion des Kanals

Um einwandfreie hygienische Verhältnisse im Siedlungsgebiet sowie in Gebäuden garantieren zu können, muss Abwasser auf schnellstem Wege über die Kanalisation zur ARA transportiert werden (Muschalla, 2015). Dabei wird das Abwasser zumeist über ein Rohrsystem mit möglichst durchgehendem Gefälle und freiem Wasserspiegel (drucklos) abgeleitet. Dadurch ist man beim Bau eines Kanalnetzes stark an die Geländeverhältnisse gebunden und wo diese für einen Freispiegelabfluss zu flach sind, muss das Abwasser an dafür geeigneten Stellen mittels Abwasserpumpen gehoben oder aber auch über längere Abschnitte durchgehend gepumpt werden (Muschalla, 2015).

In der Kanalisation kommt dem Wasser somit als Trägermedium, wie bereits in Kapitel 6.2.6 beschrieben, eine bedeutende Rolle zu. Nicht aber nur Wasser

sondern auch eine ausreichende Luftzirkulation ist zur Aufrechterhaltung von möglichst aeroben Verhältnisse in der Kanalisation unverzichtbar.

Hinsichtlich der verwendeten Kanalsysteme kann nach Muschalla (2015) zwischen folgenden Arten unterschieden werden:

- Mischverfahren
- Trennverfahren
- Schmutzwasserkanalisation

Mischverfahren:

Im Mischverfahren werden sowohl Schmutzwasser als auch Niederschlagswasser in einem gemeinsamen Kanalsystem abgeleitet. Aufgrund der daraus im Regenwetterfall resultierenden großen Abwassermengen, sind zur hydraulischen Entlastung von ARAs Entlastungsbauwerke in Form von Mischwasserüberläufen oder Mischwasserüberlaufbecken erforderlich und dementsprechend zu betreiben. (Muschalla, 2015)

Dabei sollten aber auch die Möglichkeiten, Niederschlagswässer von gering verschmutzten Flächen wie von Dächern direkt vor Ort zu versickern oder in den nächsten Vorfluter möglichst gedrosselt einzuleiten, verstärkt genutzt werden. Dieses Kriterium gilt in der Regel als erfüllt, wenn das Niederschlagswasser nicht stärker verunreinigt ist als der Ablauf einer ARA. Dabei sollte die Leistungs- und Aufnahmefähigkeit des Vorfluters nicht außer Acht gelassen werden. Somit sollte zukünftig nur noch stark verschmutztes Niederschlagswasser (z. B. von Straßen, landwirtschaftlichen Hofflächen etc.) in die Mischkanalisation eingeleitet werden, dass dann als modifiziertes Mischverfahren bezeichnet wird. (Muschalla, 2015)

Trennverfahren:

Beim Trennverfahren werden Schmutzwasser und Niederschlagswasser in getrennte Leitungen geführt. Somit sind beim klassischen Trennsystem ein Schmutzwasserkanal und ein Regenwasserkanal erforderlich, wobei der Regenwasserkanal stets einen wesentlich größeren Querschnitt aufweisen muss. Eine Einleitung von Schmutzwasser durch Fehllanschlüsse in einen Regenwasserkanal und umgekehrt muss auf jeden Fall unterbunden werden. (Muschalla, 2015)

Wie auch beim Mischverfahren sind auch beim Trennverfahren Modifikationen möglich. Auch hierbei wird nur stark verschmutztes Niederschlagswasser in einen Regenwasserkanal eingeleitet, wohingegen gering verschmutztes Niederschlagswasser wieder möglichst vor Ort zur Versickerung gebracht oder zur Gartenbewässerung verwendet werden sollte. (Muschalla, 2015)

Schmutzwasserkanalisation:

Vor allem im ländlichen Raum findet man oftmals nur noch eine reine Schmutzwasserkanalisation ausgeführt. Das Niederschlagswasser wird in diesen Bereichen oft nicht gezielt abgeleitet, sondern seinem natürlichen Abflussgeschehen überlassen. Dabei ist jedoch durch regelmäßige Kontrollen darauf zu achten, dass in diesen Bereichen dann nicht wiederrechtlich Dachrinnen und Drainageleitungen an die Schmutzwasserkanalisation angeschlossen werden. (Muschalla, 2015)

Wie unterschiedlich nun die einzelnen Kanalisationsverfahren in Österreich bzw. in einer Großstadt wie Wien vertreten sind, zeigen die beiden nachfolgenden Abbildungen, Abbildung 7-2 und Abbildung 7-3. Die Auswertungen hierfür stammen von Roland Fenzl, die Daten selbst wurden dankenswerterweise von der Kommunalkredit Public Consulting GmbH (KPC) zur Verfügung gestellt (Fenzl, 2011).

Kanalverteilung in Österreich

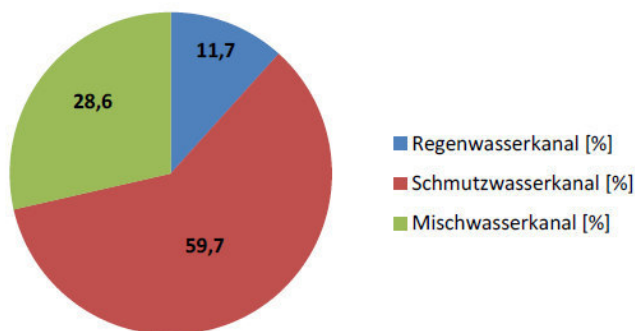


Abbildung 7-2: Kanalverteilung in Österreich (Stand 2007)

Kanalverteilung in Wien

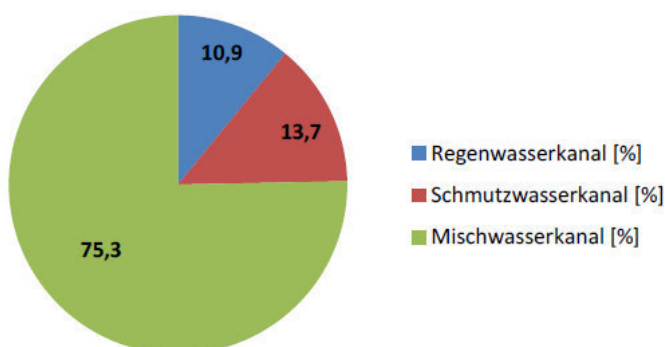


Abbildung 7-3: Kanalverteilung in Wien (Stand 2007)

Aus der Abbildung 7-2 ist klar zu erkennen, dass in Österreich der Anteil an Schmutzwasserkanälen mit rund 60 % überwiegt, wohingegen man insbesondere in den Großstädten wie Wien überwiegend Mischwasserkanäle vorfindet,

wie in der Abbildung 7-3 dargestellt ist. Bei Betrachtung der einzelnen Bundesländer überwiegt in jedem der Anteil an Schmutzwasserkanälen mit Ausnahme von Wien, wie die nachfolgende Abbildung 7-4 veranschaulicht. Wien bildet dabei insofern eine Ausnahme, da die Stadt Wien und das Bundesland Wien identisch sind.

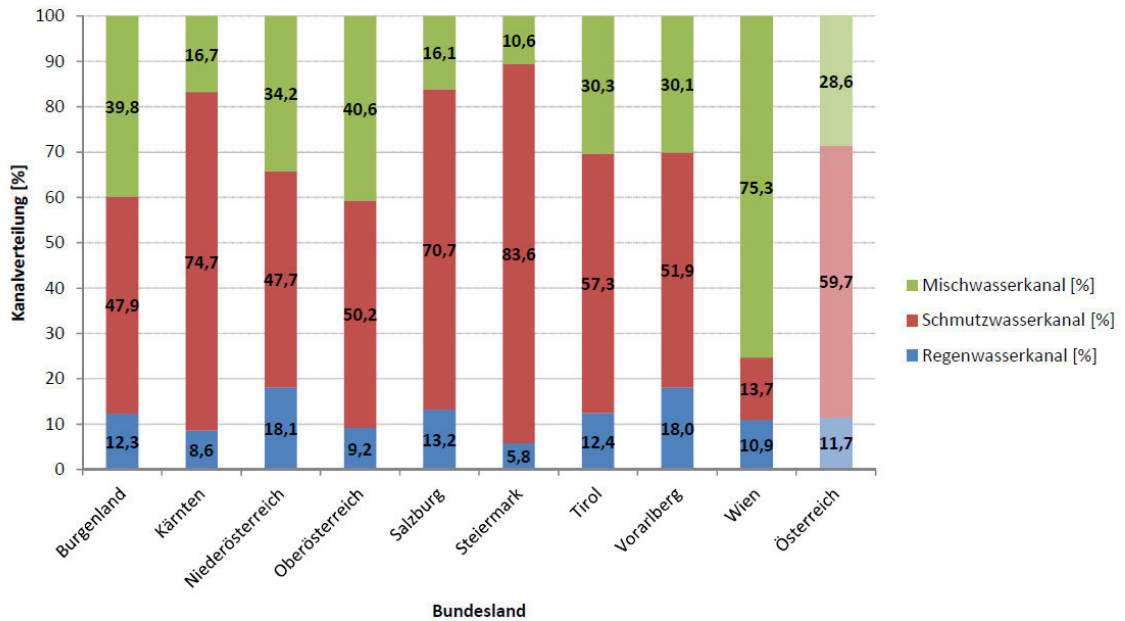


Abbildung 7-4: Anteil Kanalverteilung in den einzelnen Bundesländern Österreichs (Stand 2007) (Fenzl, 2011, modifiziert)

Besondere Herausforderungen entstehen bei der Abwasserbeseitigung rund um die Seen. In solchen Fällen wird das Abwasser zumeist durch am Seeufer situierte Pumpwerke direkt über Druckrohrleitungen zur ARA am Seeauslauf geführt. Dabei werden die Druckrohrleitungen ring- oder gabelförmig um den See oder direkt durch den See geführt. (Muschalla, 2015)

Als Beispiel für eine solche Seedruckleitung wird die Seedruckleitung Ossiacher See etwas genauer beschrieben. Aufgrund der Einleitung von bestenfalls nur mechanisch gereinigtem Abwassers hat sich die Wasserqualität des Ossiacher Sees in den Jahren von 1964 bis 1967 rapide verschlechtert. Somit stand man vor der Herausforderung, die häuslichen Abwässer der Ortschaften rund um den Ossiacher See vom See fernzuhalten. Dafür wurde der Bau einer Seedruckleitung durch den See beschlossen, bei der das Wasser über eine Kette von Pumpstationen zum Seeauslauf transportiert wird. Von dort aus fließt das Abwasser im freien Gefälle zur ARA Villach. Insgesamt umfasst die Seedruckleitung eine Länge von 27,7 km und wird mit Hilfe von neun Hauptpumpstationen betrieben. Damit werden jährlich 1,1 Millionen m³ an Abwasser durch die Seedruckleitung befördert. Abbildung 7-5 gibt einen Überblick über das Kanalnetz inklusive Seedruckleitung rund um den Ossiacher See (WV Ossiacher See, 2017b).

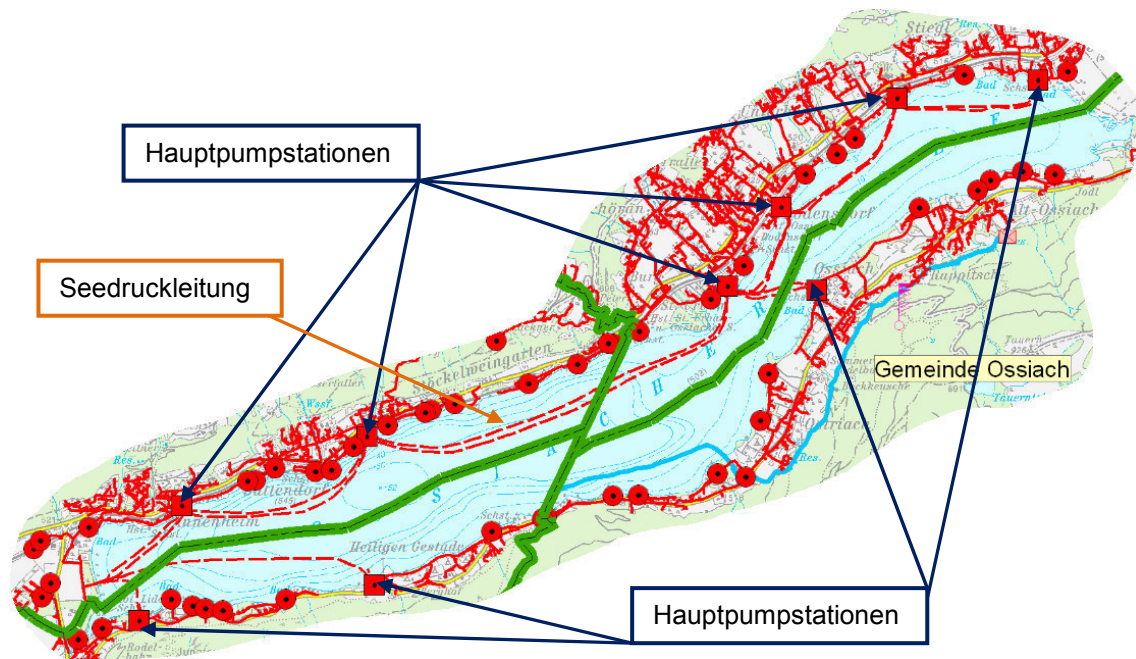


Abbildung 7-5: Kanalnetz inkl. Seedruckleitung am Ossiacher See (WV Ossiacher See, 2017a, modifiziert)

7.2.2 Aufbau und Funktion einer Abwasserreinigungsanlage

Um Abwasser wieder möglichst unbedenklich dem natürlichen Wasserkreislauf rückführen zu können, muss es heutzutage einer aus mehreren Stufen bestehenden Reinigung unterzogen werden. In der ARA durchläuft das Abwasser im Wesentlichen drei Reinigungsstufen die nach Gruber (2016b) wie folgt eingeteilt werden:

- Mechanische Reinigung
- Biologische Reinigung
- Schlammbehandlung

Bevor das Abwasser in einer ARA behandelt werden kann, muss es zunächst in den meisten Fällen im Zuflussbereich der ARA mittels Hebewerke (Pumpen) aus der ankommenden Kanalisation in die Anlage gehoben werden, wonach dann die einzelnen Anlagenteile zumeist im freien Gefälle durchflossen werden können.

Mechanische Reinigung:

In der mechanischen Reinigung wird das Abwasser von Grobstoffen, Sanden, Schotter und Fetten getrennt. Zu Beginn ist insbesondere bei vorgelagerten Mischsystemen zunächst ein Schotterfang situiert, in dessen Vertiefung Steine und Ähnliches zurückgehalten und mittels Greifer oder Schnecke aus dem Abwasserstrom entfernt werden können. Danach durchläuft das Abwasser die Grob- und Feinrechen, in dem ebenfalls gröbere Materialien und Stoffe entfernt werden. Je nach Größe der ARA gibt es unterschiedliche Rechenanlagen wie

beispielsweise Umlauf- oder Stufenrechen. Diese benötigen für ihren Betrieb alle elektrische Energie. In kleineren Anlagen kommen oft auch Siebe, wie zum Beispiel Trommelsiebe, zum Einsatz, deren Betrieb jedoch ebenfalls vom Strom abhängig ist. Um feineres Material wie Sand aus dem Abwasser zu entfernen, kommen nach den Rechenanlagen sogenannte belüftete Sand- und Fettfänge zum Einsatz. Auch hier ist ein ordnungsgemäßer Betrieb nur durch Strom möglich, da bei diesen einerseits Druckluft eingeblasen werden muss und andererseits der abgesetzte Sand kontinuierlich durch fahrende Räumrichtungen zu den Sammeltrichtern transportiert werden muss. Aus diesen ist von Zeit zu Zeit ein Auspumpen des abgesetzten Sandes erforderlich. Als letzte Stufe der mechanischen Reinigung dient das Vorklärbecken. Hierbei werden die absetzbaren organischen Stoffe vom Abwasser getrennt und mittels Schild- oder Kettenräumer in einen Schlammtrichter befördert und dort gesammelt. Mehrmals pro Tag wird der angesammelte Schlamm (Primärschlamm) von dort mittels Pumpen in die Schlammbehandlungsanlage weiter transportiert. (Gruber, 2016b)

Biologische Reinigung:

Das Belebungsbecken bildet das Herzstück der biologischen Reinigungsstufe (WV Ossiachersee, 2017c). Dabei nehmen die Bakterien (Mikroorganismen) die im Abwasser enthaltenen gelösten, organischen Verbindungen in ihren Zellen auf. Ein Teil wird innerhalb der Zelle veratmet, der andere Teil in neue Biomasse (Belebtschlamm) umgewandelt. Um für die aeroben Mikroorganismen ideale Lebensbedingungen mit ausreichend Sauerstoff zu schaffen, muss das Abwasser ständig belüftet und umgewälzt werden. Durch das ständige Umwälzen und Belüften wird zudem das Absetzen des Belebtschlammes im Belebungsbecken verhindert. (Gruber, 2016a)

Im Laufe der Zeit haben sich unterschiedliche Belüftungssysteme entwickelt. Dabei werden folgende Systeme nach Gruber (2016a) unterschieden:

- Oberflächenbelüftung
 - Stabwalzenbelüftung
 - Kreiselbelüftung
- Druckluftbelüftung
 - Grobblasige Belüftung
 - Feinblasige Belüftung

Heute werden vorwiegend feinblasige Druckluft-Belüftungen mit Membranbelüftungselementen in den neu errichteten ARAs eingesetzt. Erzeugt wird die Druckluft mittels Drehkolbenkompressoren oder Turboverdichtern, die mittels Elektromotoren angetrieben werden, die zumeist in einem sogenannten Gebläsehaus situiert sind. Hierbei blähen sich die Membrane bei Beaufschlagung mit Druckluft auf, wodurch die Membranporen geöffnet werden und Luft in

Form von kleinen Bläschen in das Wasser austritt. Bei abgeschalteter Belüftung schließen sich die Poren, wodurch deren Verstopfung durch Schmutzstoffe verhindert wird. Aus diesem Grund können diese Belüftungssysteme auch intermittierend betrieben werden und sollten auch bei einem Wiederanfahren nach einer längeren Belüftungspause wieder betrieben werden können.

In den darauffolgenden Nachklärbecken wird der gebildete Belebtschlamm durch Sedimentation vom Abwasser getrennt. Der abgesetzte Belebtschlamm wird kontinuierlich von der Beckensohle geräumt und mittels Rücklaufschlamm-pumpen wieder ins Belebungsbecken zurückgepumpt, um dort eine möglichst hohe Bakteriendichte zu gewährleisten. Überschüssiger Schlamm (Sekundär-schlamm) wird nach einer mechanischen Voreindickung wie der Primär-schlamm der Schlammbehandlung zugeführt. (Gruber, 2016a)

Ein Ausfall der Belüftung, der Umwälzeinrichtungen und der Rücklaufschlamm-pumpen wären somit für die Prozesse in den beiden Becken sehr negativ, da sich die Biomasse dann auch in den Belebungsbecken absetzen würde und durch die fehlende Belüftung die Gefahr besteht, dass die Biomasse dort zu faulen beginnt, was mit erheblichen Geruchsproblemen einhergehen kann. Erfahrungsgemäß ist damit zu rechnen, dass diese anaeroben Prozesse bereits innerhalb der ersten 24 Stunden beginnen können.

Schlammbehandlung:

Am Beginn der Schlammbehandlung steht zumeist ein Eindicker, mit dem Ziel das Volumen des Schlammes zu verringern. Ein rotierendes Krählerwerk (vertikale, rechenähnliche Stäbe) erzeugt dabei in einem Behälter einen Wirbel, wodurch die Flockung und das Absetzen des Schlammes unterstützt werden und das Schlammwasser abgeleitet werden kann. Der am Boden eingedickte Schlamm wird mittels Schlammräumer abgezogen und gelangt von dort zur Hygienisierung (thermischer Prozess bei circa 70°C), wo Krankheitserreger abgetötet werden. In den anschließenden ebenfalls geschlossenen Faulbehältern werden die abbaubaren, organischen Stoffe anaerob mineralisiert und zum Teil in Biogas umgesetzt. Dafür wird der Schlamm in einen Faulturn transportiert und hat dort eine Verweilzeit von circa 20 Tagen. Dort werden die Faulvorgänge durch das Beheizen des Schlammes auf 30°C bis 35°C und durch das Umwälzen mittels Pumpen oder Rührwerke beschleunigt. Das entstehende Faulgas wird in einer Gassammelhaube gesammelt und zum Gasspeicher befördert. Von dort aus wird es zumeist in ein Blockheizkraftwerk (BHKW) geleitet, wo es zur Erzeugung elektrischer und thermischer Energie verwendet wird. Der aus den Faulbehältern ausgefauelte und wieder ausgetragene Schlamm wird wiederum einem Eindicker (Nacheindicker) zugeführt, um das Volumen weiter zu verringern. Anschließend wird der Schlamm entwässert, um danach dann entweder landwirtschaftlich genutzt oder in Verbrennungsanlagen verbrannt zu werden. (Gruber, 2016c)

In der nachfolgenden Abbildung 7-6 werden noch einmal grafisch die wichtigsten Reinigungsstufen und Anlagenteile einer typischen ARA dargestellt.

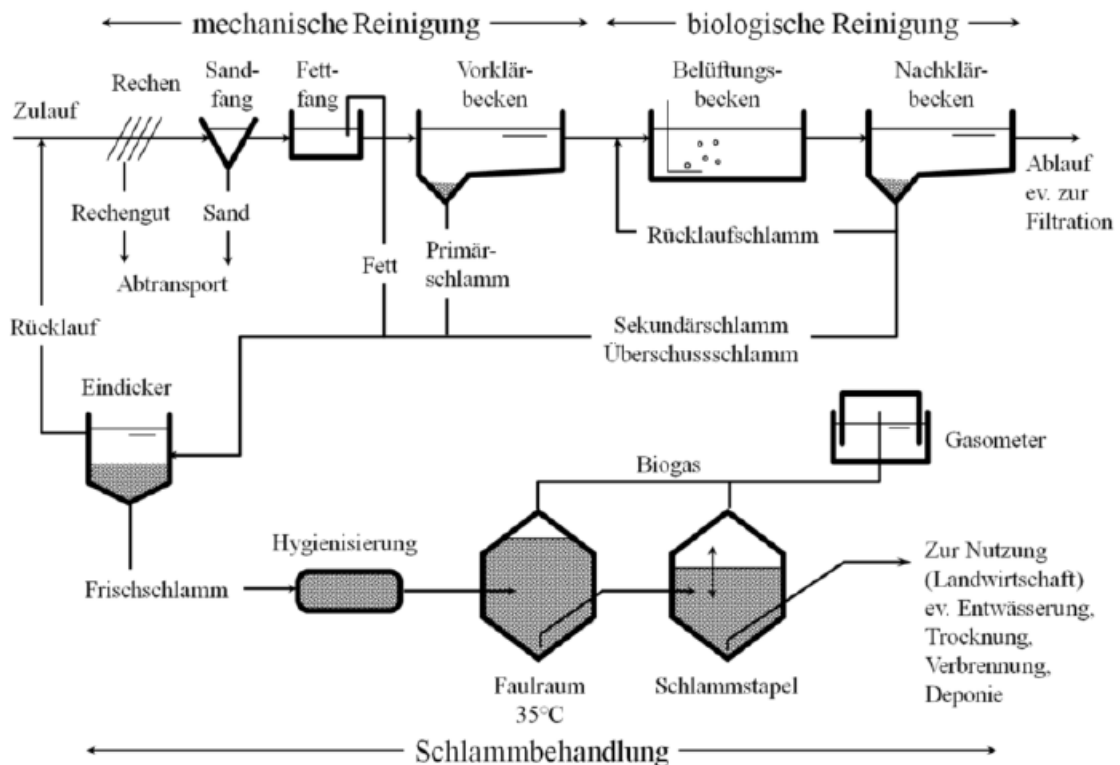


Abbildung 7-6: Gesamtüberblick der Reinigungsstufen einer ARA (Gujer, 2002)

7.2.3 Stromabhängigkeit in der Abwasserentsorgung

Um einen reibungslosen Ablauf der Abwasserentsorgung zu gewährleisten, bedarf es an den verschiedensten Stellen elektrischer Energiezufuhr von außen. Sowohl im Kanalnetz im Bereich der Abwasserpumpen als auch auf den ARAs selbst ist Strom unverzichtbar. Wo im Detail Strom zum Einsatz kommt, wird in den beiden nachfolgenden Kapiteln 7.2.3.1 und 7.2.3.2 erläutert.

7.2.3.1 Stromabhängigkeit in der Kanalisation

Dabei beginnt die Stromabhängigkeit bereits in den Haushalten. Bei denjenigen, deren Wasserversorgung vom Strom abhängig ist, ist im Falle eines Blackouts auch eine Bereitstellung von Wasser in den Spülkästen der WC-Anlagen nicht mehr möglich. Diejenigen, die mit Wasser rein gravitativ versorgt werden können, können auch ihre WC-Spülkästen weiterbetreiben. Probleme können hier allerdings bei der Abwasserableitung aus tieferen Kellerbereichen auftreten, sofern diese mit kleineren Abwasserpumpen in die öffentliche Kanalisation gehoben bzw. gepumpt werden müssen. Können die mit hauseigenen Notstromaggregaten nicht versorgt werden, droht die Gefahr eines Abwasser-rückstaus in die Wohnbereiche, wodurch es dort zu geruchlichen und hygienischen Beeinträchtigungen kommen kann. Aber je nach Gefälleneigung in den öffentlichen Kanälen muss das Abwasser dort auch sehr oft mit Abwasser-

pumpwerken gehoben oder sogar über längere Abschnitte gepumpt werden, Um deren Betrieb aufrechtzuerhalten, bedarf es großer Mengen an elektrischer Energie. Aber nicht nur Pumpstationen, sondern auch Kontrollschächte und Überwachungsstellen benötigen für die gesamte MSR-Technik Strom. Besonders kritisch wird die Situation rund um die zahlreichen Seen. Dort werden zur Abwasserbeseitigung sehr oft Seedruckleitungen eingesetzt. Wie in Kapitel 7.2.1 bereits beschrieben, wird beispielsweise zur Abwasserentsorgung rund um den Ossiacher See eine Kette von mehreren Pumpstationen benötigt, um das Abwasser vom See zur ARA zu transportieren. Aus diesem Grund wäre ein Blackout vor allem in diesen Bereichen ein echter Katastrophenfall für die Abwasserentsorger. Durch den Ausfall der zahlreichen Hebeanlagen kann das Abwasser nicht mehr Richtung ARA transportiert werden. Dadurch kommt es vor den nicht mehr betreibbaren Pumpwerken zum Einstau des Kanalnetzes mit Abwasser, wodurch bei nicht funktionierenden Rückstauklappen an den Hausanschlussleitungen die Gefahr besteht, dass das rückgestaute Abwasser in die Wohnbereiche der angeschlossenen Häuser eindringen kann. Dabei sei jedoch erwähnt, dass bei ausgefallener Wasserversorgung auch das anfallende Abwasser von der Menge her zurückgehen wird und damit die Gefahr eines Rückstauens von Abwasser zumindestens länger dauern würde.

In sehr flachen Kanalnetzen droht ferner durch den zu erwartenden Rückgang des Abwasseranfalls eine Reduktion der Schleppspannung, wodurch Fäkalien in diesen Bereichen verstärkt liegen bleiben können und was zu Geruchsbelästigungen aus der Kanalisation führen kann.

Eine Bereitstellung von öffentlichen WC-Anlagen und Notlatrinen ist in kurzer Zeit kaum zu organisieren. Sollte trotz Stromausfalles der Betrieb des Kanalnetzes aufrechterhalten werden können, steht man ohne Strom spätestens an den ARAs vor großen Herausforderungen.

Nach einem überstandenen, länger andauernden Blackout sind aufgrund der zu erwartenden, verstärkten Ablagerungen an Sand, Kies, Fäkalien und sonstigen festen Inhaltsstoffen im Kanalnetz insbesondere in sehr flachen Kanalabschnitten umfangreiche Spülmaßnahmen erforderlich und zu empfehlen (Petermann u. a., 2010).

7.2.3.2 Stromabhängigkeit auf Abwasserreinigungsanlagen

Ein Betrieb einer ARA ohne Strom ist nicht möglich. Schon im Zulaufbereich der meisten ARAs sind Hebeanlagen (Pumpstationen) erforderlich, um das Abwasser aus der Kanalisation in die ARA zu transportieren, wo es dann zumeist ohne weitere Pumpenergie im freien Gefälle die einzelnen Anlagenteile durchläuft. Bereits in der ersten Reinigungsstufe, der mechanischen Reinigung, wird für den Betrieb der Rechenanlagen Strom benötigt. Fällt dieser aus, ist dieser schon nach kürzester Zeit verstopft bzw. verklebt, was nur durch händischen

Einsatz Vorort sehr mühevoll verhindert werden kann. Das aus der Kanalisation noch zur ARA ankommende Abwasser kann bei einem nicht mit Notstrom versorgbaren Zulaufpumpwerk nicht mehr der Anlage zugeführt werden, würde sich daraufhin in der Kanalisation zurückstauen und an (Not-)Entlastungspunkten ungeklärt in die Vorfluter gelangen. Auf den ARAs könnten nach den Rechenanlagen auch die belüfteten Sandfänge und Vorklärbecken nicht mehr ordnungsgemäß betrieben werden, was durch die dann nicht mehr funktionierende Sand- bzw. Schlammräumung zu einem Aufakkumulieren dieser Fraktionen in den jeweiligen Becken führen würde, was dort früher oder später zu anaeroben Zuständen führen würde. Durch die fehlende Druckluft ist in den belüfteten Sandfängen keine Umwälzströmung mehr gegeben, wodurch sich dann hier auch die organischen Bestandteile bereits verstärkt absetzen und zu faulen beginnen würden. In den Vorklärbecken könnte der abgesetzte Primärschlamm ohne Stromzufuhr auch nicht mehr zur Schlammbehandlung gefördert werden, wodurch durch die mangelnde Substratzugabe auch die Gasproduktion in den Faulbehältern zurückgehen und schließlich zum Erliegen kommen würde.

Die Belebungsbecken könnten durch den Ausfall der Stromversorgung nicht mehr belüftet und auch nicht mehr umgewälzt werden, wodurch sich der Belebtschlamm in den Becken absetzen würde, was hier ebenfalls früher oder später zu anaeroben Zuständen und zu Geruchsproblemen führen würde.

Auch im nachfolgenden Nachklärbecken könnte der abgesetzte Belebtschlamm nicht mehr geräumt und auch nicht mehr in die Belebungsbecken zurückgepumpt bzw. als Überschussschlamm abgezogen werden. Ein Ausfall der Belüftung und der Rücklaufschlammpumpe würde, wie bereits im Kapitel 7.2.2 erwähnt, die biologische Reinigungsstufe sehr wahrscheinlich innerhalb von 24 Stunden bis Tagen zum Kippen bringen. Auch der in den Nachklärbecken abgesetzte und nicht mehr geräumte Schlamm würde früher oder später zu faulen beginnen

Auch in der Schlammbehandlung ist elektrische Energie unverzichtbar. Schon die Vor- und Nacheindicker benötigen für den Betrieb der rotierenden Krählwerke elektrische Energie. Diese wird ferner auch für den Betrieb der Umwälzung in den Faulbehältern, für deren Beschickung und auch für deren Beheizung benötigt. Auch für eine Hygienisierung, wofür Temperaturen von 70°C benötigt werden, ist Strom zur Erbringung dieser Heizleistung erforderlich. Durch die fehlende Heizleistung können partikuläre, organische Stoffe nicht mehr aufgelöst und Bakterien nicht mehr abgetötet werden.

Und schließlich könnte der ausgefaulte Schlamm ohne elektrischer Energie auch nicht mehr entwässert werden.

Im Kläranlagenablauf muss das gereinigte Abwasser manchmal über Pumpwerke in weiter entfernte oder höher gelegene Vorfluter geleitet werden, wofür ebenfalls Strom erforderlich ist.

Oftmals sind Betreiber von ARAs im Besitz eines eigenen Blockheizkraftwerkes (BHKW), in welchem das in den Faulbehältern erzeugte Faulgas zu Strom und Wärme umgewandelt wird. Die produzierte Menge an Faulgas reicht aber in der Regel nicht aus, um die gesamte Anlage mit Energie zu versorgen und außerdem würde die produzierte Gasmenge in den Faulbehältern bei unterbrochener Substratzufuhr (Primär- und Sekundärschlamm) auch sehr bald zurückgehen. Deshalb besitzen einige BHKW noch einen separaten Erdgasanschluss, um mehr Gas zur Verfügung zu haben, welches jedoch im Falle eines Stromausfalles nicht garantiert werden kann. Wie in Kapitel 5.2.2 beschrieben, sind entlang der Erdgasleitungen Pumpstationen und Druckreduzierungsanlagen notwendig, die ohne Strom nicht betrieben werden können. Auch im BHKW selbst ist eine Vielzahl an MSR-Technik eingebaut, welche ebenfalls elektrische Energie benötigt.

Nach einem überstandenen Blackout ist beim Wiederauffahren der einzelnen Anlagenteile behutsam vorzugehen. Je nachdem, ob die gesamte ARA oder Teile davon während des gesamten Blackouts mit Notstrom versorgt werden konnte oder nicht, ist in den Belebungsbecken eine noch funktionierende Bakterienkultur erhalten geblieben oder zu rekultivieren. Ablagerungen in den Sandfängen, den Vorklär-, Belebungs- und Nachklärbecken müssen entfernt werden. Verklauste Rechenanlagen und verstopfte Pumpen und Rohrleitungen sind wieder frei und gängig zu machen. Zudem sollte die Erstinbetriebnahme nach einem Blackout nicht sofort unter Vollast geschehen, um weitere Beschädigungen an den Anlagen zu vermeiden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass praktisch sämtliche Anlagenteile einer ARA Strom benötigen und die Folgen einer nicht funktionierenden ARA auf die Umwelt in Abhängigkeit der jeweiligen Vorfluter-Situation erheblich sein können. Zwar kann ein Teil des noch anfallenden Abwassers für gewisse Stunden bis Tage mittels Einsatz von Notstromaggregaten und einem BHKW weiter auf der Anlage zumindestens teilgereinigt werden, aber auch hier stößt man früher oder später an Grenzen. Spätestens nach einem Ausfall einer Notstromversorgung kann eine ARA nicht mehr betrieben werden. Eine Einleitung von ungeklärtem oder bestenfalls grob gereinigtem Abwassers würde eine ernste Gefährdung für die aquatische Umwelt und auch eine hygienische Gefährdung der Bevölkerung zur Folge haben, wie bereits in Kapitel 4.4.2 angeschnitten wurde.

Trotz alledem sollte es nicht unerwähnt bleiben, dass bereits heute ARAs in Österreich in Betrieb sind, die unter Normalbetrieb zu 100 % energieautark betrieben werden können. Als Beispiel hierfür können die ARA Millstättersee, Strass im Zillertal und Bad Ischl genannt werden. Dementsprechend wird im nachfolgenden Kapitel 7.3 auf energieautarke ARAs noch etwas näher eingegangen.

7.3 Energieautarke Abwasserreinigungsanlagen

Unter einer energieautarken ARA versteht man, dass auf der ARA im Jahresmittel gleich viel oder mehr Energie produziert wird, als benötigt. Dabei muss jedoch zwischen zwei Arten von Energieautarkie unterschieden werden (Lindtner, 2011):

- ARAs, die den mittleren jährlichen Energiebedarf ausschließlich mit der im Abwasser enthaltenen Energie durch Verstromung des gewonnenen Faulgases (ohne Co-Fermentation) abdecken können. Dabei handelt es sich um ARAs mit einer Faulgasnutzung durch BHKW. Diese Anlagen werden als abwasserbürtige, energieautarke ARAs bezeichnet.
- ARAs, die den mittleren jährlichen Energiebedarf mit Hilfe von auf der ARA betriebenen Anlagen, inklusive erneuerbaren Energieformen wie Photovoltaik, Windkraft oder Biomasse (inkl. Co-Fermentation) abdecken können. Unter Co-Fermentation versteht man die gemeinsame Vergärung von Klärschlamm mit biogenen Abfällen wie Speisereste, Öle und Fette.

Da auf der ARA sowohl elektrische als auch thermische Energie von Nöten ist, wird typischerweise nach Lindtner (2011) auf folgende Energieträger zurückgegriffen:

- Elektrische Energie von Energieversorgungsunternehmen (EVU)
- Erdgas bezogen von Energieversorgungsunternehmen
- Elektrische und thermische Energie aus Faulgas durch eigene BHKWs

Damit jedoch ein energieautarker Betrieb der Anlage gewährleistet werden kann, bedarf es des Einsatzes von erneuerbaren Energieträgern und einer ständigen Abwasser- bzw. Substrat-Zufuhr zur ARA. Bei den erneuerbaren Energieträgern werden laut Lindtner (2011) folgende Energieformen bevorzugt:

- Biomasse (fest, flüssig oder gasförmig)
- Photovoltaikanlagen
- Windkraft
- Kleinwasserkraftwerke am Ablauf der ARA
- Solarthermie (d. h. Umwandlung von Sonnenenergie in thermische Energie)

Bei Kleinwasserkraftwerken am Ablauf der ARA spielt neben dem Durchfluss vor allem die Fallhöhe eine wesentliche Rolle. Je geringer die Fallhöhe, desto weniger Energie kann erzeugt werden. Als Beispiel kann die Hauptkläranlage Wien genannt werden, wo bei Durchflussmengen von 2,5 bis 8,0 m³/s und einer nutzbaren Fallhöhe von 2,9 bis 5,7 m bis zu 1,3 GWh an Strom pro Jahr produ-

ziert werden können. Als Vergleich liegt der jährliche Strombedarf der Hauptkläranlage Wien bei circa 59,0 GWh/a. (Reichel, 2016)

Die nachfolgende Tabelle 7-2 gibt einen Überblick über die durchschnittlichen Energieverbräuche der einzelnen Bereiche (kWh/EW_{120/a}) innerhalb einer ARA:

Tabelle 7-2: Elektrischer Energieverbrauch auf einer ARA bezogen auf kWh/EW_{120/a} (Lindtner, 2011)

		Normalbereich	
Kläranlage gesamt	kWh/EW_{120/a}	20	50
1) Zulaufpumpwerk und mechanische Vorreinigung	kWh/EW_{120/a}	2,5	5,5
1.1 Zulaufpumpwerk	kWh/EW _{120/a}	1,5	3,5
1.2 Rechen	kWh/EW _{120/a}	0,5	1
1.3 Sand- u. Fettfang	kWh/EW _{120/a}	0,5	1
2) Mechanisch-biologische Abwasserreinigung	kWh/EW_{120/a}	14,5	33
2.1 Belüftung	kWh/EW _{120/a}	11,5	22
2.2 Rührwerk	kWh/EW _{120/a}	1,5	4,5
2.3 RS-Pumpen	kWh/EW _{120/a}	1	4,5
2.4 Sonstiges (VKB, NKB,...)	kWh/EW _{120/a}	0,5	2
3) Schlammbehandlung	kWh/EW_{120/a}	2	7
3.1 MÜSE und stat. Eindicker	kWh/EW _{120/a}	0,5	1
3.2 Faulung	kWh/EW _{120/a}	1	2,5
3.3 Schlammentwässerung	kWh/EW _{120/a}	0,5	3,5
4) Infrastruktur	kWh/EW_{120/a}	1	4,5
4.1 Heizung	kWh/EW _{120/a}	0	2,5
4.2 sonstige Infrastruktur	kWh/EW _{120/a}	1	2

EW₁₂₀ Einwohnerspezifische Schmutzfracht = 120 g CSB/(E*d)

CSB....Chemischer Sauerstoffbedarf

Wie aus der Tabelle 7-2 ersichtlich ist, wird der Großteil der erforderlichen Energie in der mechanisch-biologischen Reinigungsstufe benötigt.

In den nachfolgenden beiden Kapiteln 7.3.1 und 7.3.2 werden die möglichen Voraussetzungen beschrieben, die erfüllt werden müssen, um überhaupt einen energieautarken Betrieb einer ARA zu ermöglichen.

7.3.1 Abwasserbürtige energieautarke Abwasserreinigungsanlage

Insgesamt müssen nach Lindtner (2011) folgende drei Bedingungen erfüllt sein, um einen energieautarken Betrieb einer abwasserbürtigen ARA zu gewährleisten:

- Der Energieverbrauch der ARA muss bei 20 kWh/EW_{120/a} oder weniger liegen.

- Ein täglicher Faulgasanfall von mindestens 24 Litern pro EW_{120} mit einem Methangasanteil von mindestens 65 % muss garantiert sein.
- Der elektrische Wirkungsgrad des BHKW muss mindestens bei 35 % oder höher liegen.

7.3.2 Energieautarke Abwasserreinigungsanlage mit Hilfe von erneuerbaren Energieformen

Dabei wird nachfolgend zwischen zwei Varianten unterschieden:

7.3.2.1 Aerobe stabilisierende energieautarke Abwasserreinigungsanlage

Auch hier müssen für den energieautarken Betrieb der ARA laut Lindtner (2011) drei Bedingungen erfüllt sein:

- Energieverbrauch der ARA von 50 kWh/ EW_{120}/a oder weniger.
- Pro 100 EW_{120} muss eine Photovoltaik-Fläche von 33 Quadratmetern errichtet werden.
- Pro Quadratmeter Photovoltaik-Fläche müssen 150 kWh/Jahr an Energie erzeugt werden.

7.3.2.2 Energieautarke Abwasserreinigungsanlage mit Faulgasnutzung inklusive Co-Fermentation

Für diese Form der ARA müssen nach Lindtner (2011) sogar vier Bedingungen für den energieautarken Betrieb erfüllt werden:

- Energieverbrauch der ARA von 25 kWh/ EW_{120}/a oder weniger.
- Wirkungsgrad des BHKW muss bei mindestens 35 % liegen, unter der Annahme eines Faulgasanfalles von 24 Litern/ EW_{120}/a und einem Methangasanteil von 65 %.
- Eine Photovoltaikanlage mit einer Fläche von mindestens $1 \text{ m}^2/100 \text{ } EW_{120}$ muss errichtet werden.
- Sämtliche biogene Abfälle, wie Speisereste, Fette und Öle des Einzugsgebietes werden als Co-Fermentationsprodukte zur Faulgasproduktion übernommen (Annahme 18 kg/ EW_{120}/a).

Um den energieautarken Betrieb einer ARA etwas näher zu beleuchten, wird die ARA Millstättersee etwas genauer betrachtet. Dabei produziert diese Anlage im Regelbetrieb mehr Energie (ca. 105 %) als sie benötigt. Dafür waren einige Umstellungen erforderlich. Dabei wurde das Vorklärbecken durch eine 4-Stufen-Entspannungsflotation ersetzt, wie in der Abbildung 7-7, Abbildung 7-8 und Abbildung 7-9 dargestellt ist. Der Kläranlagenbetrieb wurde vor allem hinsichtlich hocheffizienter Verwertung des erzeugten Biogases in zwei BHKWs

optimiert. Zudem wurde eine Photovoltaikanlage mit 150 kW auf der Komposthalle sowie ein Kleinwasserkraftwerk mit 2 kW am Ablauf der ARA errichtet. 2011 konnte bereits die gesamte erforderliche elektrische Energie alleine durch Verstromung des durch die Faulung erzeugten Biogases gewonnen werden (WV Millstättersee, 2011). Voraussetzung dafür ist allerdings, dass ausreichend Klärschlamm und Co-Substrate zur Faulung vorhanden sind.



Abbildung 7-7: Zulauf zu den Flotationen (WV Millstättersee, 2017a)



Abbildung 7-8: Flotationen (WV Millstättersee, 2017a)

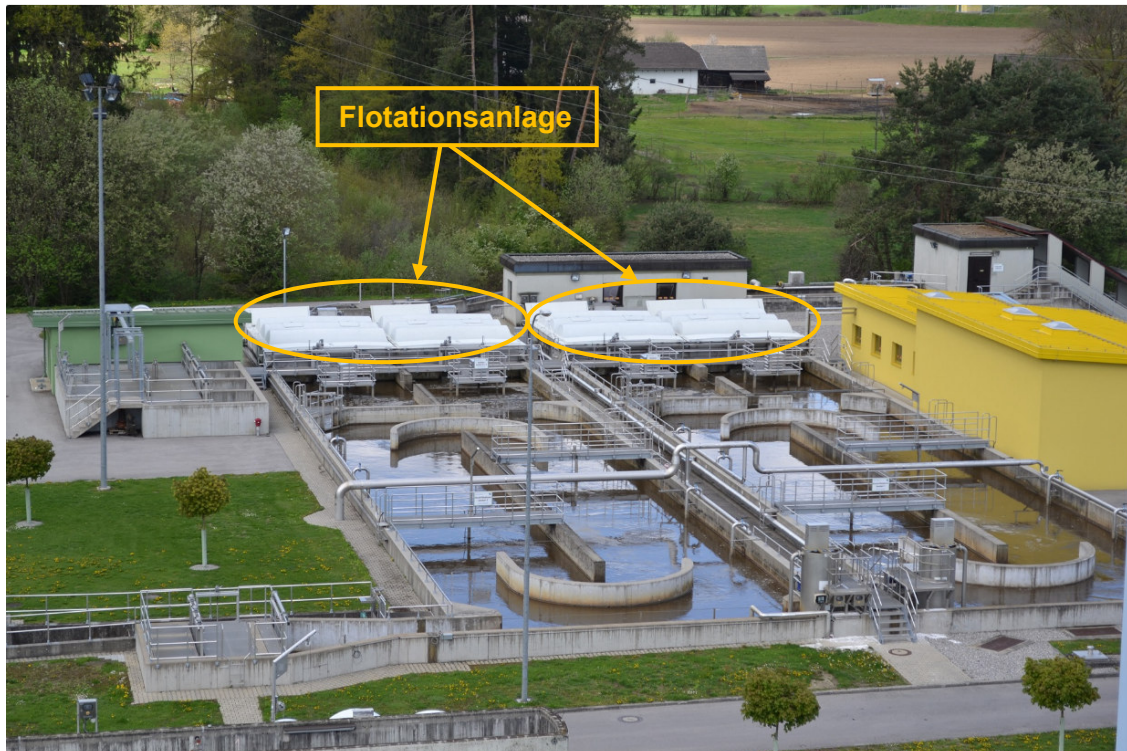


Abbildung 7-9: Flotationen und Denitrifikationsbecken (WV Millstättersee, 2017a, modifiziert)

Bei dieser ARA durchläuft das Abwasser in der mechanischen Reinigungsstufe nach den Rechen und den Sandfängen keine Vorklärbecken, sondern gelangt zu einer 4-stufigen Entspannungsflotation. Dort werden die restlichen im Abwasser enthaltenen Schwebstoffe durch mikroskopisch kleine Luftbläschen vom Abwasser getrennt. Der Vorteil der Entspannungsflotation ist neben dem geringen Platzbedarf vor allem die Erzeugung von energiereichem Primärschlamm. Dabei kann durch Zugabe von Fäll- und Flockungsmitteln die Reinigungsleistung der Flotation noch unterstützt werden. Von dort gelangt das Abwasser, wie bereits in Kapitel 7.2.2 beschrieben, zur biologischen Reinigungsstufe sowie die erzeugten Schlämme zur Schlammbehandlungsanlage. (WV Millstättersee, 2017b)

8 Fragebögen

Um die Siedlungswasserwirtschaft über die Wasserversorger und die Abwasserentsorger und sowie aber auch die Bevölkerung auf das Thema Blackout zu sensibilisieren wurden im Rahmen dieser Masterarbeit drei Fragebögen für diese drei Zielgruppen entwickelt und mit der Unterstützung von einigen ausgewählten Betreibern weiterentwickelt. Durch die Befassung mit den Fragebögen sollen mehrere Dinge erreicht werden. Neben einer Abschätzung der Auswirkungen eines Blackouts auf einzelne Anlagenteile, sollen die Betreiber vor allem zum Nachdenken gebracht werden, inwieweit sie auf ein solches Ereignis vorbereitet wären und welche Gegenmaßnahmen sie dagegen vorbereitend ergreifen könnten. Die Fragebögen sollen daher nicht nur dazu dienen, den aktuell Stand der Dinge in den Unternehmungen aufzuzeigen, sondern auch eine Art Anregung für die Betreiber geben, um sich intensiver mit dem Thema Blackout zu beschäftigen und für sich auch herauszufinden, in welchen Bereichen sie noch Handlungsbedarf haben.

8.1 Aufbau der Fragebögen

Eine Erstversion der Trinkwasser- und Abwasserfragebögen stammte bereits aus einem Masterprojektarbeit von Manuel Pliem (Pliem, 2016), welche dann im Rahmen der vorliegenden Masterarbeit und nach Durchführung von einigen Workshops mit Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsunternehmen weiterentwickelt wurden. In den Fragebögen werden zum einen offene Fragen gestellt, wo die/der Befragte freie Hand bei den Antworten hat, und zum anderen geschlossene Fragen, wo die Antwortmöglichkeiten (z. B. mit Ja/Nein) bereits vorgegeben sind. Auch kombinierte Fragestellungen bestehend aus einem offenen und einem geschlossenen Fragenteil kommen zur Anwendung.

Die auf Basis des Feedbacks der Betreiber während der durchgeführten Workshops entwickelten TW-, AW- und Kunden-Fragebögen befinden sich im Anhang zu dieser Masterarbeit.

8.1.1 Aufbau des Fragebogens zur Trinkwasserversorgung

Der TW-Fragebogen ist in sieben Kapiteln unterteilt und umfasst insgesamt 39 Fragen. Die sieben Kapitel sind Allgemeines (Kapitel 1), unternehmensinterne Fragen (Kapitel 2), Probleme und Beschädigungen im Netz (Kapitel 3), Kommunikation (Kapitel 4), simulierte Übungen (Kapitel 5), Notstromaggregate (Kapitel 6) und Sicherheit (Kapitel 7).

Zu Beginn des Fragebogens werden im ersten Kapitel zunächst allgemeine Kennzahlen wie der Gesamtwasserbedarf im Versorgungsgebiet abgefragt. Um den Gesamtwasserbedarf zahlenmäßig erfassen zu können, werden die Kennzahlen mittlerer jährlicher Wasserbedarf (Q_m [m^3 /Jahr]), maximaler täglicher Wasserbedarf ($\max Q_d$ [m^3 /d]) und maximaler stündlicher Wasserbedarf

($\max Q_h$ [m^3/h]) sowie die Anzahl der versorgten Einwohner hierfür abgefragt. Da manche Verbände das gesamte Verbandsgebiet in verschiedene Versorgungszonen unterteilen, wird auch dies erhoben. Um die Größe der Versorgungszonen abschätzen zu können, werden auch hierfür dieselben Kennzahlen angewandt, wie bereits oben beschrieben. Ob in Blackout-Fällen eine Notversorgung gewährleistet werden kann, wird durch die Abfrage von eventuell bereits vorhandenen Notstromaggregaten in den einzelnen Versorgungszonen ermittelt. Des Weiteren wird untersucht, ob gegenüber Großverbrauchern im Versorgungsgebiet, wenn diese vorhanden sind, besondere vertragliche Verpflichtungen im Falle von Störfällen bestehen. Zudem wird auch die Höhe des Energieverbrauches im gesamten Versorgungsgebiet erhoben. Um eine noch genauere Aufschlüsselung des Energieverbrauches im Versorgungsgebiet zu erhalten, wird in die stromabhängigen Bereiche der Wasserförderung, Wasseraufbereitung, Wasserverteilung und Wasserspeicherung unterschieden. Dabei soll durch die Angabe von eventuell vorhandenen Notstromaggregaten in den einzelnen Teilbereichen geklärt werden, ob ein Betrieb der Anlagen in Krisenfällen gewährleistet werden kann. Als Zusatz soll zudem für den Fall von vorhandenen Wasseraufbereitungsanlagen geklärt werden, ob in Krisenfällen sowohl in technischer als auch in qualitativer Hinsicht die Möglichkeit besteht, nicht aufbereitetes Wasser in das TW-Netz einzuspeisen.

Da eine ständige Überwachung und Steuerung der Wasserversorgungsanlagen unabdinglich sind, soll auch überprüft werden, ob diese in Blackout-Fällen weiter betrieben werden können. Des Weiteren wird untersucht, mit welchen Auswirkungen auf stromabhängige Systeme, wie beispielsweise EDV-Systeme, Telekommunikationsnetz etc. im Versorgungsgebiet zu rechnen ist. Da man im TW-Bereich sehr oft auch von den Jahreszeiten abhängig ist, soll auch geklärt werden, mit welchen besonderen Problemen im Blackout-Fall zu den einzelnen Jahreszeiten zu rechnen ist.

Wenn eine Notstromversorgung des gesamten aber auch von Teilen des Versorgungsgebietes nicht möglich ist, wird hinterfragt, ob zentrale Entnahmestellen zur Trinkwasser- oder Nutzwassernotversorgung vorgesehen sind. Vor allem das Bekämpfen von Bränden kann in solchen Krisenfällen mit besonderen Problemen verbunden sein, weshalb ermittelt wird, wie die vorhandenen Löschwassermengen gesichert werden bzw. wie die Versorgung mit Löschwasser im Störfall sichergestellt werden kann.

Im Kapitel 2 („unternehmensinterne Fragen“) des TW-Fragebogens wird auf die unternehmensinternen Belange näher eingegangen. Dabei wird beispielsweise die Anzahl der Kraftfahrzeuge im Unternehmen abgefragt und zwar je nach Art des Treibstoffbedarfs der zum Einsatz kommenden Fahrzeuge. Dabei wird auch der vorhandene Treibstoffvorrat im Unternehmen erhoben und auch wie dieser gesichert wird. Des Weiteren wird ermittelt, ob spezielle Verträge mit Treibstoff-

lieferanten bestehen. Der zweite große Punkt im Kapitel „unternehmensinterne Fragen“ betrifft die Anzahl der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen im Unternehmen. Dabei wird in Abhängigkeit der Dauer eines Blackouts sowie unter Berücksichtigung allfälliger Ruhezeiten und Krankenstände abgefragt, wie viele Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen tatsächlich im Falle eines Blackouts für den Betrieb der gesamten Anlage notwendig sind. Zudem wird untersucht, ob es in diesem Zusammenhang bereits ausgearbeitete Personaleinsatzpläne sowie Festlegungen gibt, worin definiert ist, wer beispielsweise für die Bereitstellung und den Anschluss der Notstromaggregate zuständig bzw. verantwortlich ist. Des Weiteren wird abgefragt, ob man für den Fall eines Blackouts bereits Überlegungen angestellt hat, wie der Transport der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen vom Wohnort zur Arbeit durchgeführt werden soll und wie die Vorbereitung der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen auf ein solches Blackout-Szenario aussieht.

Im Kapitel 3 („Probleme und Beschädigungen im Netz“) wird ermittelt, mit welchen Auswirkungen/Beschädigungen im Netz zu rechnen ist, wenn über längere Zeit der Strom ausfällt. Damit soll es möglich sein abzuschätzen, was dies beispielsweise für längere Zeit still stehende Pumpen oder nicht betriebene Leitungsabschnitte bedeuten kann. Des Weiteren wird erhoben, mit welchen Problemen bei der Wiederinbetriebnahme des Systems zu rechnen ist, wie zum Beispiel beim Wiederaufstart der Pumpen und Druckerhöhungsanlagen im Versorgungsgebiet.

Im Kapitel 4 („Kommunikation“) wird untersucht, ob bei Ausfall des Mobilfunk- und Festnetzes im Verbandsgebiet auf alternative Kommunikationsmöglichkeiten, wie zum Beispiel firmeneigenen Funk, zurückgegriffen werden kann. Zudem soll abgeklärt werden, wie in Krisenfällen die Kommunikation nach außen zur Bevölkerung stattfindet.

Im Kapitel 5 („simulierte Übungen“) wird abgefragt, ob bereits Übungen in Bezug auf einen länger andauernden Stromausfall durchgeführt worden sind und ob bereits Erfahrungen über eine Zusammenarbeit mit diversen Hilfs- und Einsatzorganisationen vorliegen.

Im Kapitel 6 („Notstromaggregate“) werden ausschließlich Fragen in Bezug auf eventuell bereits vorhandene Notstromaggregate gestellt. Dabei wird ermittelt, ob die Aggregate regelmäßig gewartet und getestet werden. Zudem wird abgefragt, wie oft im Jahr Überprüfungen der Aggregate durchgeführt werden und ob ausreichend Ersatzteile auf Lager sind. Zum Abschluss wird auch noch erhoben, welche Leistungen die Aggregate erbringen können und mit welchen Verbräuchen unter Vollast und unter Leerlauf gerechnet werden muss. Damit soll sichergestellt werden, dass einem Einsatz der Aggregate nichts im Wege steht und nichts Unvorhergesehenes passiert, wie beispielsweise zu wenig Treibstoff im Tank oder auf Lager.

Im letzten und siebenten Kapitel („Sicherheit“) des TW-Fragebogens wird noch kurz auf die Sicherheiten im Verband und den Anlagen eingegangen. Dabei wird z. B. abgefragt, ob Maßnahmen zur Verdunkelung der Betriebsanlagen und von Betriebsgebäuden durchgeführt werden können, um im Ernstfall nicht als Anlaufpunkt für Hilfesuchende zu dienen. Weiters wird noch hinterfragt, ob auch der Brandschutz während eines Blackouts noch aufrechterhalten werden kann.

8.1.2 Aufbau des Fragebogens zur Abwasserentsorgung

Der AW-Fragebogen ist in fünf Kapiteln unterteilt und umfasst insgesamt 52 Fragen. Die fünf Kapitel sind: Kanalisation (Kapitel 1), Abwasserreinigungsanlage (Kapitel 2), Allgemeines, Personal und Kommunikation (Kapitel 3), Notstromaggregate (Kapitel 4) und Sicherheit (Kapitel 5).

Im ersten Kapitel des Fragebogens wird die Größe des Entwässerungsgebietes durch Abfrage der Kanallängen und der kanalisierten Flächen ermittelt. Zudem wird auch abgefragt, ob spezielle Entwässerungsverfahren zur Anwendung kommen wie beispielsweise Seedruckleitungen etc. Des Weiteren wird untersucht, ob im Entwässerungsnetz Bereiche vorhanden sind, die mit sehr flachen Sohlneigungen ausgeführt sind. Vor allem in solchen Bereichen kann es leicht zu Ablagerungen kommen, die zum einen Verstopfungen aber auch Geruchsprobleme verursachen können. Zusätzlich wird auch die Anzahl und Art größerer betrieblicher Indirekteinleiter erhoben. Unter Indirekteinleiter versteht man einen Abwasserproduzenten, der sein ungereinigtes bzw. vorgereinigtes Abwasser über die öffentliche Kanalisation und somit über eine kommunale ARA indirekt in ein Gewässer einleitet (Wasser-Wissen.de, 2017). Weiters wird auch erhoben, welches Entwässerungssystem verwendet wird und ob im Entwässerungssystem Speicherbecken vorhanden sind und wie deren Reinigungen und Entleerungen vor sich gehen.

Auch Regenereignisse während eines Blackouts stellen gewisse Herausforderungen dar, weshalb auch die zu erwartenden Probleme in der Kanalisation, die ein solches Regenereignis während eines Blackouts mit sich bringen würde, erhoben werden. Weiters wird abgefragt, wie viel Prozente des gesamten Entwässerungsgebietes rein gravitativ zur ARA entwässert werden können und welche Anteile gepumpt werden müssen. In diesen Zusammenhang wird auch die Anzahl sämtlicher elektrischer Hebeanlagen und Pumpen im Entsorgungsgebiet abgefragt, um die Abhängigkeit der Abwasserentsorgung vom Strom zu erfassen. Dazu wird auch erhoben, ob bzw. wie viele dieser elektrischen Anlagen mit Notstromaggregaten ausgestattet werden können. Damit soll der Umfang eines möglichen Notstrombetriebes abgeschätzt werden.

Des Weiteren werden neben den Beeinträchtigungen in der Kanalisation, die ein länger andauernder Stromausfall über Tage bis hin zu Wochen in der Kana-

lisation mit sich bringen würde, auch eventuelle Probleme bei der Wiederinbetriebnahme abgefragt.

Im Kapitel 2 („Abwasserreinigungsanlage“) des Fragebogens wird im Detail auf die ARA im Entsorgungsgebiet eingegangen. Die Befragung reicht von der Größe der ARA (EW_{60}), über die hydraulische Auslegung (maximaler Kläranlagenzufluss [$\max Q_{ARA}$] und dem maximalen Trockenwetterabfluss [$\max Q_T$]) bis hin zum gesamten Energiebedarf auf der ARA. Vor allem die Abfrage des Energiebedarfes der einzelnen Anlagenteile auf der ARA ist von besonderer Bedeutung, da hiermit die Stromgroßverbraucher erhoben werden. Zudem wird hierbei auch abgeklärt, inwieweit und wie lange durch eine eventuelle Drosselung der Energieverbräuche der einzelnen Anlagenteile eine Art Notbetrieb der Anlage noch aufrecht erhalten werden könnte. Des Weiteren werden auch die zu erwartenden Hauptprobleme der einzelnen Anlagenteile während eines Blackouts sowie auch etwaige Probleme beim Wiederauffahren nach einem solchen Ereignis erhoben. Zudem wird auch abgefragt, in wie weit die ARA von Stromfremdbezug abhängig ist. Auch die Möglichkeiten, die ARA mittels BHKW mit elektrischer und thermischer Energie zu versorgen, wird untersucht. In Zusammenhang mit dieser Frage soll auch geklärt werden, ob man über einen externen Erdgasanschluss für das BHKW verfügt und wie hoch dabei die Versorgungssicherheit mit Erdgas eingeschätzt wird.

Im Kapitel 3 („Allgemeines, Personal und Kommunikation“) des AW-Fragebogens entsprechen die ersten zehn Fragen den Fragestellungen im TW-Fragebogen. Des Weiteren wird in diesem Kapitel ermittelt, welche Auswirkungen ein Stromausfall auch auf andere stromabhängigen Systeme, wie beispielsweise EDV-Systeme, Kommunikationssysteme etc. mit sich bringen würde. Zudem wird abgefragt, ob alternative Kommunikationsmöglichkeiten wie Funk vorhanden sind und wie die Kommunikation zur Bevölkerung in solchen Krisenfällen stattfinden würde. Zusätzlich wird in diesem Kapitel auch erhoben, ob bereits Übungen in Bezug auf einen Stromausfall durchgeführt worden sind und ob bereits Vorbereitungen für eine Zusammenarbeit mit Hilfs- und Einsatzorganisationen getroffen wurden.

Die Kapitel 4 („Notstromaggregate“) und 5 („Sicherheit“) des AW-Fragebogens enthalten dieselben Fragestellungen wie die Kapitel 6 („Notstromaggregate“) und 7 („Sicherheit“) des TW-Fragebogens.

8.1.3 Aufbau des Fragebogens für Kunden

Der Fragebogen für die Kunden bzw. Haushalte, gliedert sich in vier Kapitel und umfasst 16 Fragen. Der Fragebogen gliedert sich in die Kapitel Allgemeines (Kapitel 1), Trinkwasser (Kapitel 2), Abwasser (Kapitel 3) und Resümee (Kapitel 4).

Im Zuge des ersten Kapitels wird abgefragt, ob die Befragten schon etwas über den Begriff Blackout gehört bzw. gelesen haben. Des Weiteren wird ermittelt, ob Notstromaggregate zu Hause zur Verfügung stehen würden und ob für diese auch Treibstoff vorrätig wäre.

Im zweiten Kapitel („Trinkwasser“) wird untersucht, ob die Befragten an das öffentliche Trinkwassernetz angeschlossen sind und wissen, ob ihre Versorgung mit Trinkwasser vom Strom abhängig ist. Um zu ergründen, ob sich die Befragten bereits Gedanken über ein solches Blackout-Szenario gemacht haben, wird zudem erhoben, ob sich diese auch bereits Gedanken zu einer alternativen TW-Versorgung gemacht haben.

Im dritten und umfangreichsten Kapitel („Abwasser“) wird ähnlich wie bereits im Kapitel 2 des Kunden-Fragebogens erhoben, ob die Befragten wissen, dass im Falle eines Blackouts auch die Abwasserentsorgung stillstehen kann und ob sie diesbezüglich auch für den AW-Bereich bereits alternative Überlegungen angestellt haben, wie man dem begegnen kann. Dabei wird auch abgefragt, ob die Befragten über hauseigene Brunnen verfügen und ob im eigenen Haus Abwasserhebeanlagen zur Entwässerung des Kellerbereiches in Betrieb sind. Zusätzlich wird auch das Vorhandensein einer eventuell eingebauten Rückstausicherung in der Hausanschlussleitung sowie deren regelmäßige Überprüfung erhoben. Als letzter Punkt in diesem Kapitel wird noch untersucht, ob es die Möglichkeit eines alternativen Wasserbezuges für die Toilettenspülung gibt.

Im letzten und vierten Kapitel („Resümee“) des Kunden-Fragebogens werden die Befragten gebeten, ihr Vertrauen zur öffentlichen Hand und zu ihren Ver- und Entsorgern hinsichtlich möglicher Blackout-Ereignisse in Prozenten zu bewerten.

8.2 Durchführung der Befragungen

Erste Kontaktaufnahmen zu potenziellen Wasserversorgern und Abwasserentsorgern sowie auch erste Workshops mit der Holding Graz Wasserwirtschaft und dem Abwasserverband Grazerfeld wurden bereits im Rahmen des Masterprojektes von Manuel PLIEM (2016) durchgeführt. Weitere Workshops mit dem Wasserverband Ossiacher See, der Wasserverband Wasserversorgung Grenzland Südost und dem Wasserverband Mürzverband folgten dann noch zusätzlich während der Bearbeitung dieser Masterarbeit. Die Kunden-Datenerhebung erfolgte im Zeitraum von August 2017 bis Oktober 2017.

Den dankenswerterweise teilnehmenden Betreibern wurde der Fragebogen zunächst einmal digital übermittelt und die Unternehmen wurden gebeten, den Fragebogen möglichst genau durchzuarbeiten und nach Möglichkeit auch vollständig auszufüllen sowie auch Verbesserungsvorschläge anzuregen. Nach einer ausreichenden Vorlaufzeit wurden auf Basis der ausgefüllten Fragebögen jeweils direkt Vorort bei den Betreibern Workshops durchgeführt, im Rahmen

derer die ausgefüllten Fragebogen nochmals gemeinsam durchgearbeitet wurden, um etwaige Unstimmigkeiten bzw. Unklarheiten zu beseitigen und um weitere sinnvolle Anregungen in die Fragebögen noch mit aufzunehmen.

Auf einzelne Ergebnisse aus den Workshops wird noch im Kapitel 9 näher eingegangen. Beispielhaft werden im Rahmen dieser Masterarbeit die Ergebnisse eines Wasserversorgungsunternehmens (Wasserversorgung Grenzland Süd Ost) und eines Abwasserentsorgungsunternehmens (Wasserverband Ossiacher See) näher dargestellt und beschrieben.

Die KundInnen-Fragebögen wurden an ausgewählte Haushalte in Papierform persönlich übergeben und auch wieder persönlich abgeholt. Die Auswertung dieser Fragebögen erfolgte in anonymisierter Form. Das Erhebungsgebiet der Haushaltsbefragungen beschränkte sich allerdings nur auf das Umland und das Stadtgebiet von Feldkirchen in Kärnten.

Um aber auch von der Energieseite her, sprich von der Stromerzeugung und vom Netzbetrieb, noch aus erster Hand Informationen über die aktuelle Black-out-Gefahr einzuholen, wurden bei einem Energieversorger in Kärnten zwei Besprechungen in Form von Interviews durchgeführt. Die Ergebnisse aus diesen beiden Interviews wurden direkt in die Masterarbeit eingearbeitet. Und um zu guter Letzt auch noch die Meinung einer Blaulichtorganisation zu diesem Thema einzuholen und zu berücksichtigen, wurde auch noch eine Befragung bei einer Freiwilligen Feuerwehr in Kärnten durchgeführt. Auch diese Ergebnisse wurden direkt in die Masterarbeit eingearbeitet.

9 Auswertung der Fragebögen/Workshops

Anhand der im Nachfolgenden beschriebenen beispielhaften Ergebnisse für einen Wasserversorger und einem Abwasserentsorger soll veranschaulicht und abgeschätzt werden, wie gut die Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsunternehmen sowie auch die einzelnen Haushalte aktuell auf ein derartiges Blackout-Szenario vorbereitet sind und an welchen Schwachstellen noch vorsorgliche Gegenmaßnahmen vorbereitet werden sollten.

9.1 Wasserverband Wasserversorgung Grenzland Südost

9.1.1 Allgemeines

Das Verbandsgebiet zählt flächenmäßig zu den größten Österreichs. Über sechs Brunnenfelder, 35 Pumpstationen und neun Hochbehälter wird gewährleistet, dass rund 110.000 Einwohner jeden Tag zu jedem Zeitpunkt mit Trinkwasser versorgt werden können. Die Bereiche, bei denen ein hoher Energiebedarf vonnöten ist, liegen primär in der Wasserverteilung und Wasserförderung und nur sekundär in der Wasserspeicherung. Vor allem die hohe Anzahl an Pumpstationen entlang des Verteilernetzes ist maßgebend für die Stromverbräuche im Verbandsgebiet. Die Steuerung und Überwachung der Anlagen erfolgt durch eine der modernsten Funkfernwirkanlagen von der Verbandszentrale aus. Durch die Ausstattung der Funkfernwirkanlage mittels Akkus ist es möglich, die Steuerung und Überwachung der Anlagen im Falle eines Blackouts trotzdem zu gewährleisten. Zudem besitzt der Verband in der Zentrale eine eigene PV-Anlage, einen Batteriespeicher (USV) sowie ein intelligentes Steuerungssystem, was die Zentrale selbst notstromsicher macht.

Dadurch wären die Auswirkungen eines Blackouts auf die stromabhängigen Systeme im Verband, wie beispielsweise Telekommunikationsnetz, EDV-Systeme und Betriebstankstelle innerhalb der ersten Tage eines Blackouts kaum spürbar. Der Wasserverband besitzt einen firmeneigenen Funk mit eigener Funkfrequenz, für dessen Nutzung jährlich Lizenzbeiträge bezahlt werden. Zudem können die gesamten EDV-Einrichtungen in der Zentrale über USV-Batterien mit Notstrom versorgt werden. Zu guter Letzt besitzt der Verband eine firmeneigene Tankstelle im Bereich der Verbandszentrale mit einem 20.000 Liter-Tank. Im Unternehmen wird ausschließlich Diesel mit einem Bioanteil von Null (B0-Diesel) und im Winter mit Winter-B0-Diesel getankt.

Jahreszeitenabhängige Probleme in Kombination mit einem Blackout sieht der Verband vor allem im Sommer und dort vor allem in der Landwirtschaft, wie beispielsweise der Schweinemast, dem Weinanbau etc. und in den besiedelten Bereichen vor allem durch das Befüllen von Swimmingpools, wodurch es während eines Blackouts während der Sommermonate auch zu Versorgungsengpässen kommen könnte.

Dem Verband ist es ferner möglich, auf zentrale Entnahmestellen zur Trinkwasser- und Nutzwassernotversorgung zurückzugreifen. Zusätzlich dazu besteht auch noch die Möglichkeit, stillgelegte Quellen und Brunnen in den einzelnen Mitgliedsgemeinden zu reaktivieren, allerdings mit dem Nachteil, dass das Wasser dort zumeist keine gesicherte Trinkwasserqualität aufweist. Auch das Sicherstellen von Löschwasser in Krisenfällen kann durch eigens errichtete, mit Plomben versehene Notfallhydranten zumindestens teilweise gewährleistet werden.

9.1.2 Unternehmensinterne Fragen

Wie bereits im Kapitel 9.1.1 erwähnt, kann das Unternehmen jederzeit auf 20.000 Liter B0-Diesel, welcher in einem oberirdischen Vorratstank gelagert wird, zurückgreifen. Bioanteil Null (B0) bedeutet, dass der Diesel frei von Zusätzen wie Raps und dergleichen ist, wodurch ein Verstopfen der Filter in den Notstromaggregaten weitestgehend ausgeschlossen werden kann. Zudem wird der Diesel in den Wintermonaten durch spezielle Zusätze wintertauglich gemacht. Um den oberirdischen Tank zudem vor Frost zu schützen, wurden eigens Frostwächter installiert.

Da man sich jedoch in einem Schongebiet befindet, ist die Lagerung von Treibstoff nur unter Einhaltung strenger Auflagen möglich. Dafür war beispielsweise die Ausführung einer öldichten Auffangwanne sowie das Aufbewahren von Ölbindemittel direkt vor Ort erforderlich. Damit auch zu jedem Zeitpunkt ausreichend Treibstoff auf Lager ist, kommt ein automatischer Füllstandssensor zum Einsatz. Fällt der Füllstand unter die 50 Prozent-Marke, wird der Tank spätestens am nächsten Tag wieder aufgefüllt. Zwar verfügt der Wasserverband über keinen fixen Liefervertrag, kann jedoch aktuell auf fünf potenzielle Lieferanten zurückgreifen. Über ein Bestbieterprinzip, wo nicht nur der Preis, sondern auch der Liefertermin maßgebend ist, wird der Zuschlag erteilt.

Um im Notfall auch genügend Personal vor Ort zu haben, sind dementsprechend Personaleinsatzpläne erstellt worden. So müssen sich sechs Stunden nach Eintreten eines Blackouts alle Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen inklusive Sekretariat in der Zentrale einfinden. Im nächsten Schritt bekommt jeder Monteur einen Bereich im Verbandsgebiet zugeteilt. Da jedem Mitarbeiter und jeder Mitarbeiterin ein geografisches Informationssystem (GIS) am Handy zur Verfügung steht, wird per Funk von der Zentrale aus übermittelt, wo in seinem zugewiesenen Bereich zurzeit Probleme vorliegen. Über GIS kann der Monteur damit die Koordinaten der schadhafte Stelle abrufen. Ein Nichterscheinen der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen in der Zentrale würde mittels Disziplinarverfahren bestraft werden.

Die Vorbereitungen der eigenen Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen auf den Ernstfall werden nach Auskunft des Wasserversorgers als ausreichend eingestuft.

Dabei stellt sich jedoch die Frage, wie gut die Wassermeister in den einzelnen Mitgliedsgemeinden in Hinblick auf den Umgang mit Notstromaggregaten geschult und vorbereitet sind. Diesen sollte beispielsweise klar sein, dass beim Einsatz mobiler Aggregate immer Erdungsspieße zu verwenden sind.

9.1.3 Probleme und Beschädigungen im Netz

Vor allem bei länger stillstehenden Rohrleitungen kann es zu Problemen im Hinblick auf die Hygienevorschriften kommen. Das Wiederanfahren kann ebenfalls zu Problemen führen. So kann sich beispielsweise in den stillgelegten Leitungen Luft ansammeln, die zuerst über Entlüftungspunkte entfernt werden müsste. Des Weiteren könnte es beim Wiederanfahren zu Problemen mit heruntergefahrenen Servern geben.

9.1.4 Kommunikation

Wie bereits in Kapitel 9.1.1 erwähnt, verfügt das Unternehmen über einen firmeneigenen Funk. Die Akkus der Funkgeräte werden über USV-Batterien geladen, die wiederum mittels Notstrom aufgeladen werden können. Für die Information der Bevölkerung ist laut dem Wasserverband der jeweilige Bürgermeister oder die jeweilige Bürgermeisterin in den Mitgliedsgemeinden zuständig und verantwortlich. Die Aufgabe des Verbandes besteht nur darin, die Bürgermeister oder die Bürgermeisterin über Einschränkungen im Betrieb zu informieren.

9.1.5 Simulierte Übungen

Es wurde bisher bereits eine Übung im kleinen Rahmen durchgeführt: Hierbei wurde in einem Hauptwasserwerk in einer Gemeinde der Betrieb unterbrochen, um zu sehen was dann passiert. Alle Wasserwerke im Verbandsgebiet nur zu Übungszwecken auf einmal abzuschalten, kann der Bevölkerung nicht zugemutet werden. Vorbereitungen für die Zusammenarbeit mit Hilfs- und Einsatzorganisationen speziell für Blackout-Fälle sind nicht vorhanden.

9.1.6 Notstromaggregate

In Bezug auf seine Ausstattung mit Notstromaggregaten kann dieser Wasserverband als vorbildhaft bezeichnet werden. Aktuell besitzt der Verband bereits zehn stationäre Notstromaggregate mit einer Gesamtleistung von 1.000 kW und ein mobiles Aggregat mit 80 kW. Zusätzlich dazu hat der Verband einen Jahresbauvertrag mit einem Bau-Unternehmen abgeschlossen, das in Besitz von drei weiteren Aggregaten ist. Bei Bedarf kann eines dieser Aggregate angemietet werden, sofern es allerdings frei ist. Um jedoch für die Zukunft noch besser gerüstet zu sein, ist bereits die Anschaffung von weiteren 12 Aggregaten bis 2025 geplant. Sämtliche Aggregate werden mit B0-Diesel betrieben. Alternativen wie Wasserstoff oder geladene Batterien mittels Sonnenenergie wären zwar vorhanden, sind aber laut dem Verband zurzeit noch nicht zielführend. Für

wasserstoffbetriebene Aggregate ist die dafür erforderliche Infrastruktur nicht vorhanden und auch das Personal darauf nicht geschult. Bei Aggregaten mit Batterien, die über PV-Anlagen geladen werden, ist aufgrund der Sonnenabhängigkeit keine ausreichende Zuverlässigkeit gegeben.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Verband bereits heute rund 80 % des Verbandgebietes fünf Tage lang über die bestehenden Notstromaggregate mit 100 Litern Trinkwasser pro Sekunde versorgen kann. Danach wären alle Diesel-Vorratstank aufgebraucht und es würde einer neuen Lieferung bedürfen, welche im Blackout-Fall schwierig werden könnte. Allerdings wären die meisten Hochbehälter nach diesen fünf Tagen voll, wodurch dann ein paar Gemeinden auch noch rein gravitativ einen weiteren Tag mit Trinkwasser versorgt werden könnten. Durch die geplanten Investitionen in weitere 12 Aggregate soll bis zum Jahr 2025 in einem Blackout-Fall die Versorgung des gesamten Verbandsgebietes garantiert werden können.

9.1.7 Sicherheit

Über Verdunkelungsmaßnahmen im Ernstfall wurden noch keine Überlegungen angestellt. Im Notfall sind die Brandmeldeanlagen über Notstrom versorgt, wodurch auch der Brandschutz weiter aufrechterhalten werden kann.

9.2 Wasserverband Ossiacher See (WVO)

9.2.1 Kanalisation

Das Verbandsgebiet umfasst ein Kanalnetz mit einer Länge von rund 800 km. Der Großteil von diesem Kanalnetz ist als Schmutzwasserkanal ausgeführt. Nur ein kleiner Teil des Kanalnetzes, circa 10 %, ist als Mischwasserkanal konzipiert. Der Anteil an reinen Regenwasserkanälen liegt nur bei lediglich 2,6 %. Besondere Kennzeichen dieses Verbandsgebietes sind die unterschiedlichen Seehöhen, die auf kürzestem Wege überwunden werden müssen. Sie liegen zwischen 496 m.ü.A und 1.906 m.ü.A. Des Weiteren kommt auch ein Sonderentwässerungsverfahren zum Einsatz. Dabei handelt es sich um eine ca. 28 km lange Seedruckleitung mit neun Hauptpumpstationen. Der maximale, tägliche Trockenwetterabfluss der Seedruckleitung ($Q_{T,d,max}$) liegt bei rund 14.200 m³/d. Die Anzahl an Hausanschlüssen, die zur Entwässerung des Kellers Abwasserpumpwerke benötigen, ist dem Verband nicht bekannt. Auch liegt die Zuständigkeit hierfür bei den Baubehörden in den Mitgliedsgemeinden.

Der Anteil, der im Entsorgungsgebiet rein gravitativ mit Trinkwasser versorgt werden kann, ist dem WVO nicht bekannt.

Bereiche im Kanalnetz mit flachen Sohlneigungen sind vorhanden, wobei aber dazu bisher noch keine Überlegungen zur Aufrechterhaltung der erforderlichen Schleppspannungen durch Reinwasser betrachtet wurden.

Im Entsorgungsgebiet ist nur ein wesentlicher betrieblicher Indirekteinleiter bekannt, dessen betrieblicher Schmutzwasseranfall sich allerdings auf $100 \text{ m}^3/\text{d}$ ($Q_{G,d,max}$) beschränkt. Besondere Vorgaben bzw. vorbereitetes Informationsmaterial im Falle eines Blackouts sind für diesen nicht vorhanden.

Das Entwässerungssystem umfasst im Bereich der ARA als Speicherbecken zwei Mischwasserrückhaltebecken mit einem Speichervolumen von zusammen 18.000 m^3 und einem Schmutzwasserbecken mit einem nicht bekannten Speichervolumen. Die Entleerung der Mischwasserrückhaltebecken erfolgt mittels Regenwasserschnecken, die mit einem Notstromaggregat ausgestattet sind. Die Reinigung dieser Mischwasserrückhaltebecken erfolgt mittels acht drehbar gelagerten Wasserwerfern automatisch. Das Schmutzwasserbecken kann nur mit Pumpen gefüllt, aber rein gravitativ wieder entleert werden.

Die Probleme und Auswirkungen, die ein Regenereignis während eines Blackouts mit sich bringen würde, wurden dermaßen abgeschätzt, dass der vollständige Abwassertransport zu der Verbandskläranlage in einem solchen Fall nicht mehr gewährleistet werden kann.

Die Anzahl an elektrischen Hebeanlagen im Einzugsgebiet ist beachtlich und liegt bei ca. 250 Anlagen mit einem Gesamtenergiebedarf pro Jahr von rund 450.000 kWh . Nur drei Hauptpumpstationen im Verbandgebiet sind mit stationären Notstromaggregaten und Vorratstanks ausgestattet. Der Rest der Hebeanlagen muss im Notfall über mobile Aggregate betrieben werden. Rund 40 % der Schmutzwasserkanalisation im Entwässerungsgebiet kann bei Trockenwetter rein gravitativ bis zur ARA entwässert werden. Bei der Regenwasser- und Mischkanalisation ist die gravitative Entwässerung zu 100 % gegeben. Ein länger andauernder Stromausfall über Tage bis hin zu Wochen wäre für die Kanalisation und deren Einbauten katastrophal. Viele der Kanäle und nicht funktionierenden Hebeanlagen würden sehr bald eingestaut werden bzw. verstopfen, was unweigerlich sehr bald auch zu Geruchsbelästigungen führen würde. Beim Wiederanfahren nach einem Blackout ist ebenfalls mit Problemen zu rechnen. Auch in den Schmutzwasserkanälen kann es durch Gewitter zum Eindringen von Schotter durch die Kanalöffnungen kommen, was die bereits im Kanal vorhandenen Ablagerungen weiter anwachsen ließe. Damit steigt auch der Reinigungsaufwand nach einem Blackout an. Für das Wiederanfahren der Pumpen und Hebewerke wird auf die Energieversorgungsunternehmen (EVUs) verwiesen.

Ein Szenario für einen Blackout-Fall wurde bisher im Verband noch nie durchgespielt. Nur in Bezug auf die Seedruckleitung wurde ein Notfallplan samt Risk-Managementplan erstellt. Dafür soll die Zusammenarbeit mit allen zuständigen Behörden und Einsatzorganisationen intensiviert werden.

9.2.2 Abwasserreinigungsanlage

Die ARA im Verbandsgebiet ist auf 50.000 EW (Einwohnerwert) ausgelegt. Zusätzlich dürfen Abwasserfrachten von 34.000 EW in eine ARA eines anderen Verbandsgebietes eingeleitet werden. Zudem kommen noch diverse Kleinkläranlagen im Einzugsgebiet des Verbandes hinzu, deren Anzahl jedoch nicht bekannt ist. Im gesamten Einzugsgebiet sind mehr als 95 % an die öffentliche Kanalisation angeschlossen. Die ARA im Verband ist laut Bescheid auf eine Zulaufmenge bei Trockenwetter (max Q_T) von 200 L/s ausgelegt. Davon werden jedoch maximal 165 L/s auf die ARA geleitet.

Mit welchem Rückgang der Abwassermengen im Falle eines Blackouts zu rechnen ist, kann von diesem Verband nicht beantwortet werden.

Die gesamte ARA fördert pro Jahr rund 2.511.000 m³ Abwasser. Allein zu Spitzenzeiten fördert die Anlage 11.937 m³ Abwasser pro Tag. Der Energieverbrauch der ARA beträgt im Durchschnitt 1.187.460 kWh/Jahr. Wo auf der Anlage die größten Stromverbraucher liegen, zeigen die nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 9-1, Abbildung 9-2 und Abbildung 9-3):

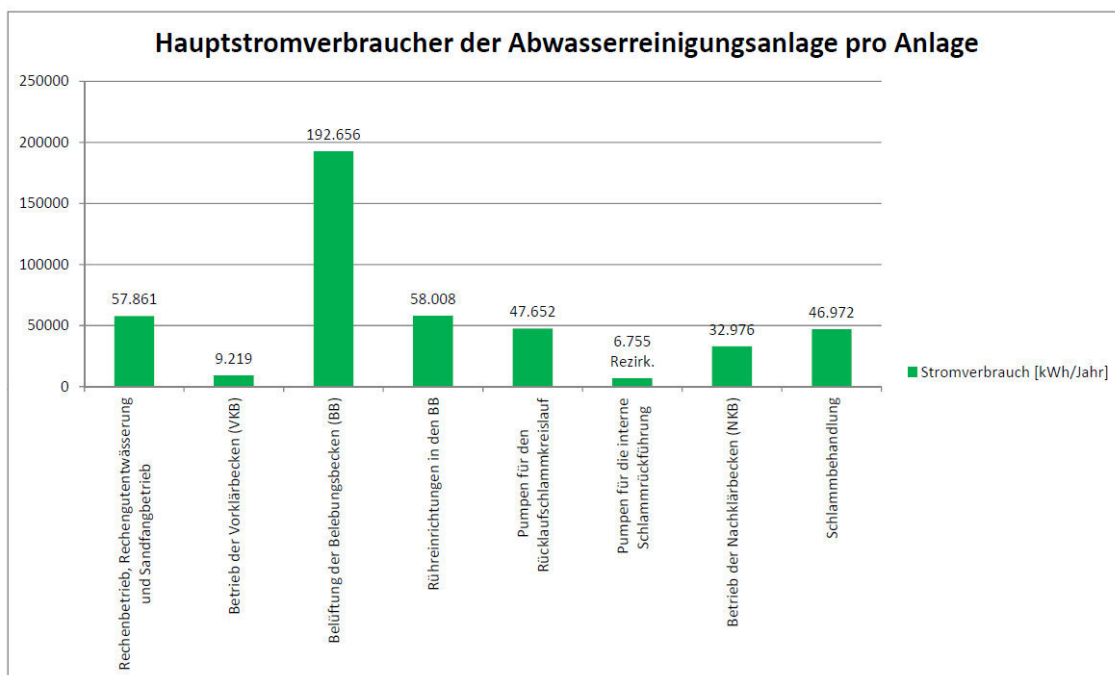


Abbildung 9-1: Hauptstromverbraucher der Abwasserreinigungsanlage pro Anlage

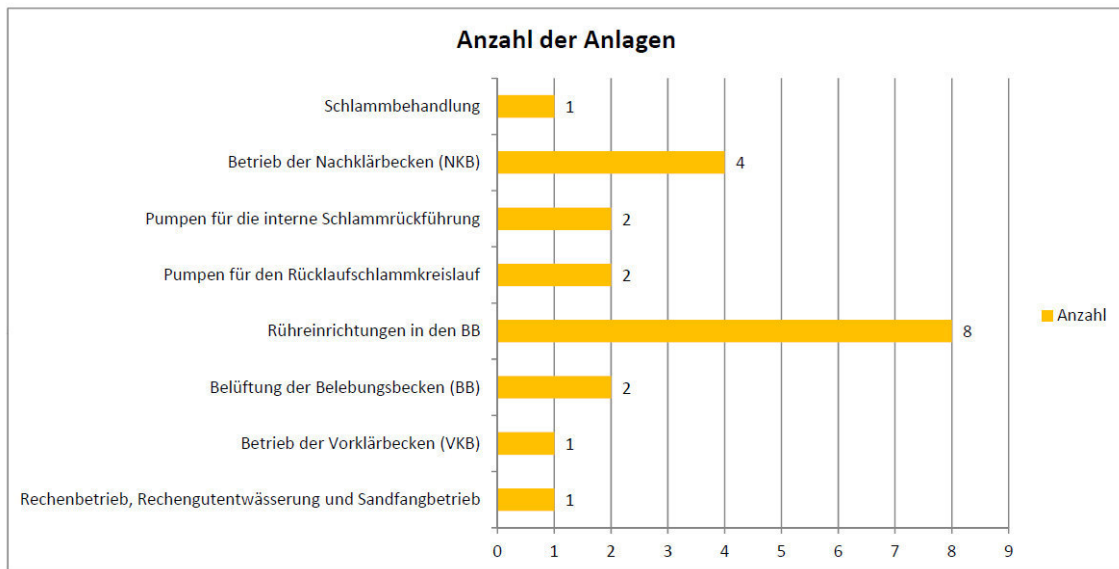


Abbildung 9-2: Anzahl der Anlagen auf der ARA

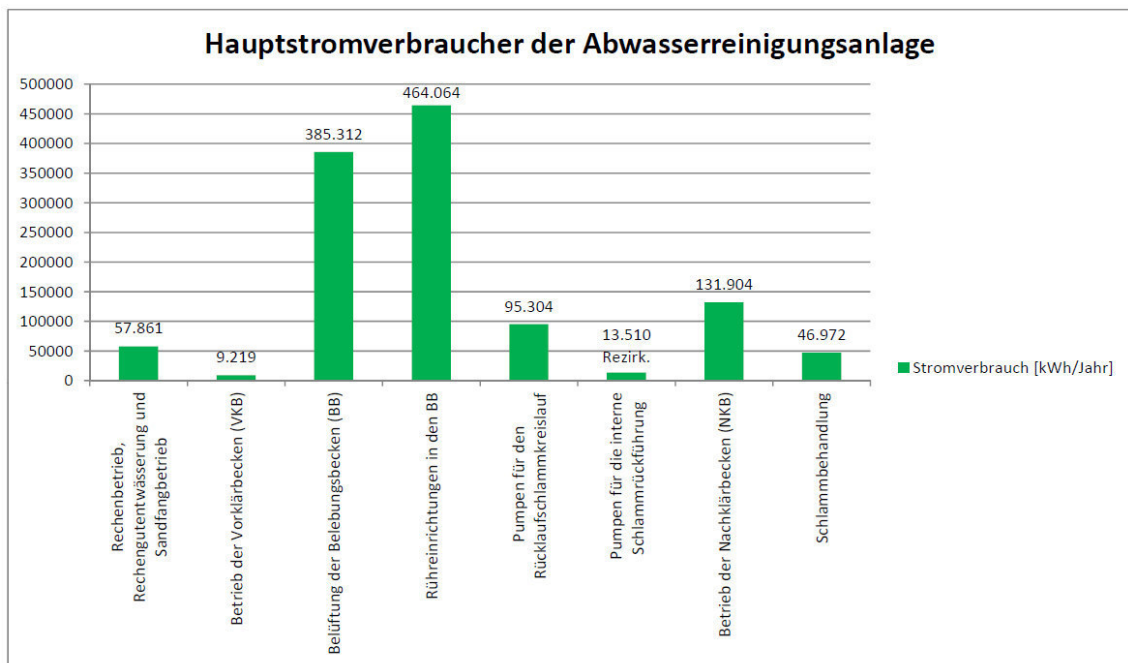


Abbildung 9-3: Hauptstromverbraucher der Abwasserreinigungsanlage

Die gesamte ARA ist mit einem stationären Notstromaggregat ausgestattet, welches eine Leistung von 640 kW aufweist. Dieses wird ausschließlich mit Heizöl betrieben, wofür extra eine Bewilligung vom Zollamt eingeholt wurde. Die halbe Leistung des Aggregates würde bereits ausreichen, um die gesamte Anlage bei vollem Tank mindestens drei Tage lang mit Strom versorgen zu können.

Auf dieser ARA sind bei Blackout keine besonderen Auswirkungen auf einzelne Anlagenteile zu erwarten, da mit Hilfe des stationären Notstromaggregates der Betrieb weitestgehend aufrechterhalten werden kann. Demzufolge werden auch keine größeren Probleme beim Wiederanfahren erwartet.

Eine Abhängigkeit von Stromfremdbezug ist im Notbetrieb nicht vorhanden. Wie bereits im oberen Absatz erwähnt, reicht das stationäre Notstromaggregat aus, um die Anlage mehrere Tage lang mit Strom zu versorgen. Zudem muss auf der gesamten Anlage das Abwasser nur zweimal gehoben werden. Des Weiteren besteht im Ernstfall die Möglichkeit, das ankommende Abwasser sowie auch das gereinigte Abwasser im Mischwasserrückhaltebecken (18.000 m³) zwischen zu speichern.

Die ARA verfügt über ein BHKW ohne separaten Erdgasanschluss. Dabei sei jedoch angemerkt, dass ein Inselbetrieb dieses BHKW nicht möglich ist, da dies den Einbau von Spannungsreglern inkl. Blindleistungsregler erfordern würde. Eine Umstellung darauf wäre allerdings sowohl elektronisch als auch finanziell gesehen kein großes Problem, da eine Umrüstung nur in etwa 10.000 € bis 20.000 € kosten würde. Zudem verfügt der Abwasserverband auf der ARA auch noch über eine Photovoltaikanlage, die jedoch während eines Blackouts aufgrund der Brandschutzbestimmungen und der Arbeitssicherheit ebenfalls nicht als Insel betrieben werden darf. Außerdem wurde sie ohne Batterieanlagen und Wechselrichter konzipiert.

9.2.3 Allgemeines, Personal und Kommunikation

Das Unternehmen verfügt über acht Fahrzeuge, die in Krisenfällen alle benötigt werden. Weder Treibstoffvorräte auf der Anlage noch spezielle Lieferverträge mit Treibstofflieferanten sind derzeit vorhanden. In Summe beschäftigt das Unternehmen 18 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen, wovon fünf auf den persönlichen PKW angewiesen sind. Der Rest kann den Weg zum Arbeitsplatz auch zu Fuß bewältigen. Im Blackout-Fall wird je nach Dauer des Stromausfalles eine gewisse Anzahl an Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen benötigt. Je länger der Stromausfall andauert, desto mehr Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen werden benötigt. Nach circa einem Tag kann davon ausgegangen werden, dass die gesamte Mannschaft für den Notbetrieb erforderlich ist.

Über den Transport der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen vom Wohnort zum Arbeitsplatz während eines Blackouts wurden noch keine Überlegungen gemacht. Auch spezielle Personaleinsatzpläne für ein Blackout-Szenarium fehlen. Eine gezielte Vorbereitung der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen auf einen derartigen Ernstfall wird als nicht notwendig erachtet, da der Bereitschaftsdienst genau weiß, was er zu tun hat. Für den Betrieb der Notstromaggregate ist ebenfalls der jeweilige Bereitschaftsdienst zuständig.

Im Kommunikationsbereich ist man im Ernstfall mit einem eigenen Funknetz ausgestattet. Auch die EDV-Systeme können durch zusätzlich noch installierte USV-Batterien (10 kVA) circa 10 Stunden lang mit Strom versorgt werden. Danach werden die EDV-Systeme über das stationäre Notstromaggregat versorgt.

Eine direkte Kommunikation zur Bevölkerung wäre bei Ausfall des Fest- und Mobilfunknetzes nicht mehr möglich.

Übungen, die einen Totalausfall des Stromnetzes simulieren, wurden noch nicht durchgeführt. Jedoch wird im Winter 2017/2018 eine Krisenübung angestrebt, die ein Platzen der Seedruckleitung simuliert. Dabei wird mit sämtlichen Behörden und Einsatzorganisationen zusammengearbeitet werden.

Überlegungen, im Ernstfall Notlatrinen oder mobile Toiletten aufzustellen, wurden noch nicht angestellt und werden vom Abwasserverband als nicht prioritär betrachtet und fallen auch eher in den Bereich der Mitgliedsgemeinden. Der Grund dafür liegt auch darin, dass der Verband während eines Blackouts vollkommen mit der Aufrechterhaltung des Abwassertransportes sowie dem Betrieb der ARA ausgelastet wäre.

9.2.4 Notstromaggregate

Im gesamten Verbandsgebiet samt ARA verfügt man über vier stationäre Notstromaggregate sowie über ein mobiles Aggregat inklusive Erdungsspieß. Die stationären besitzen Leistungen von 640 kW (siehe Abbildung 9-4), 220 kW, 164 kW und 26,4 kW, das mobile (siehe Abbildung 9-5) eine Leistung von 52 kW.



Abbildung 9-4: Stationäres Notstromaggregat (640 kW) auf der ARA des WVO



Abbildung 9-5: Mobiles Notstromaggregat (52 kW) des WVO

Die Verbräuche der einzelnen Aggregate unter Vollast reichen von 8,1 Liter/Stunde bis hin zu 170 Liter/Stunde. Ersatzteile für die Aggregate sind nicht vorhanden. Der Hauptgrund dafür ist, dass ein komplettes zweites Aggregat des gleichen Bautyps auf Lager sein müsste, um für alle Eventualitäten gerüstet zu sein.

9.2.5 Sicherheit

Über Verdunkelungsmaßnahmen, um im Krisenfall nicht als Anlaufpunkt für Hilfesuchende zu dienen, wurden bisher noch nicht angedacht. Im Ernstfall kann der Brandschutz der Anlage gewährleistet werden.

9.3 Haushalte

In Summe wurden 31 Haushalte mit dem Thema „Auswirkungen von Blackout-Szenarien auf die Siedlungswasserwirtschaft“ konfrontiert. Der Rücklauf der ausgegebenen Fragebögen betrug 100 Prozent. Welche relevanten Ergebnisse aus den Befragungen erzielt wurden, werden in den nachfolgenden Diagrammen dargestellt und beschrieben.

Zu Beginn des Fragebogens wird im allgemeinen Teil zunächst abgefragt, wer bereits schon etwas über Blackouts gehört bzw. gelesen hat und welche Auswirkungen er oder sie damit für sich und seine Familien erwartet.

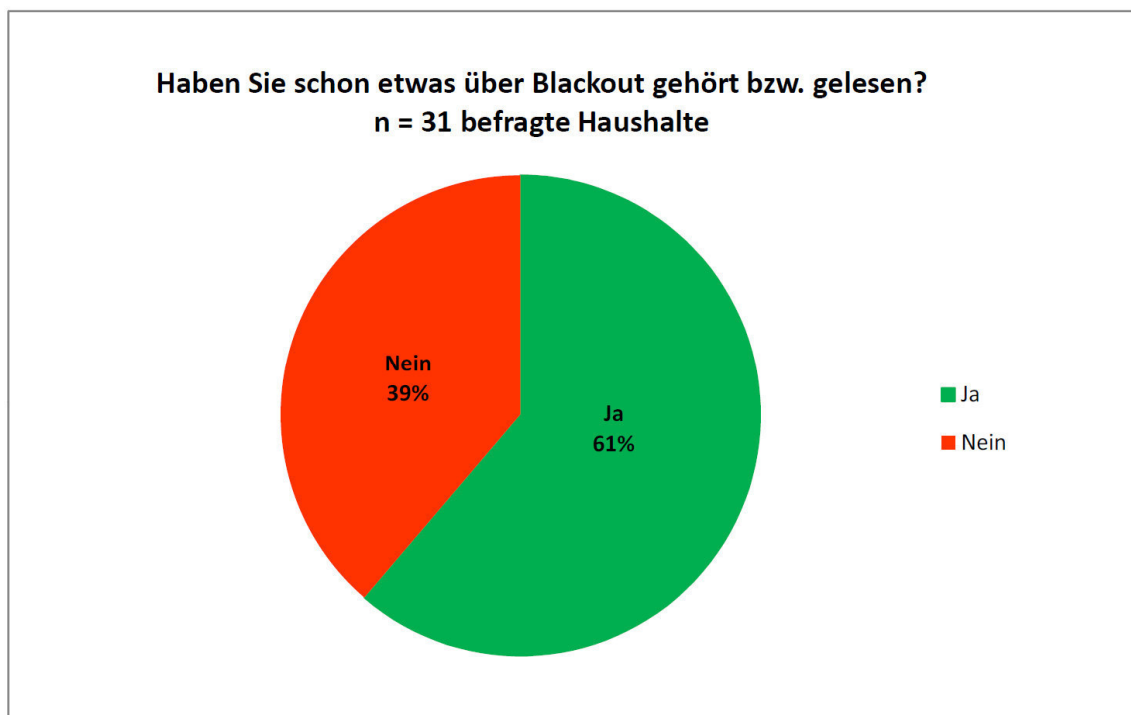


Abbildung 9-6: Ergebnis zur Frage: Haben Sie schon etwas über Blackout gehört bzw. gelesen?

Wie die Abbildung 9-6 zeigt, gaben 61 % der Befragten an, schon etwas über einen Blackout gehört bzw. gelesen zu haben. Immerhin 39 % wurden damit allerdings zum ersten Mal konfrontiert. Diejenigen, für die so ein Krisenfall bekannt ist, sind sich in Bezug auf die Auswirkungen durchaus einig. Demnach erwarten diese unter einer Blackout-Dauer von zwei Stunden noch keine größeren Probleme. Auch alles unter 24 Stunden sei für diese noch akzeptabel. Geht die Dauer jedoch über einen Tag hinaus, dann werden die erwartbaren Folgen von furchtbar bis unvorstellbar eingestuft. Wie gut die einzelnen Haushalte in Bezug auf Notstrom bereits selber vorbereitet sind, zeigen die beiden nachfolgenden Diagramme der Abbildung 9-7 und Abbildung 9-8:

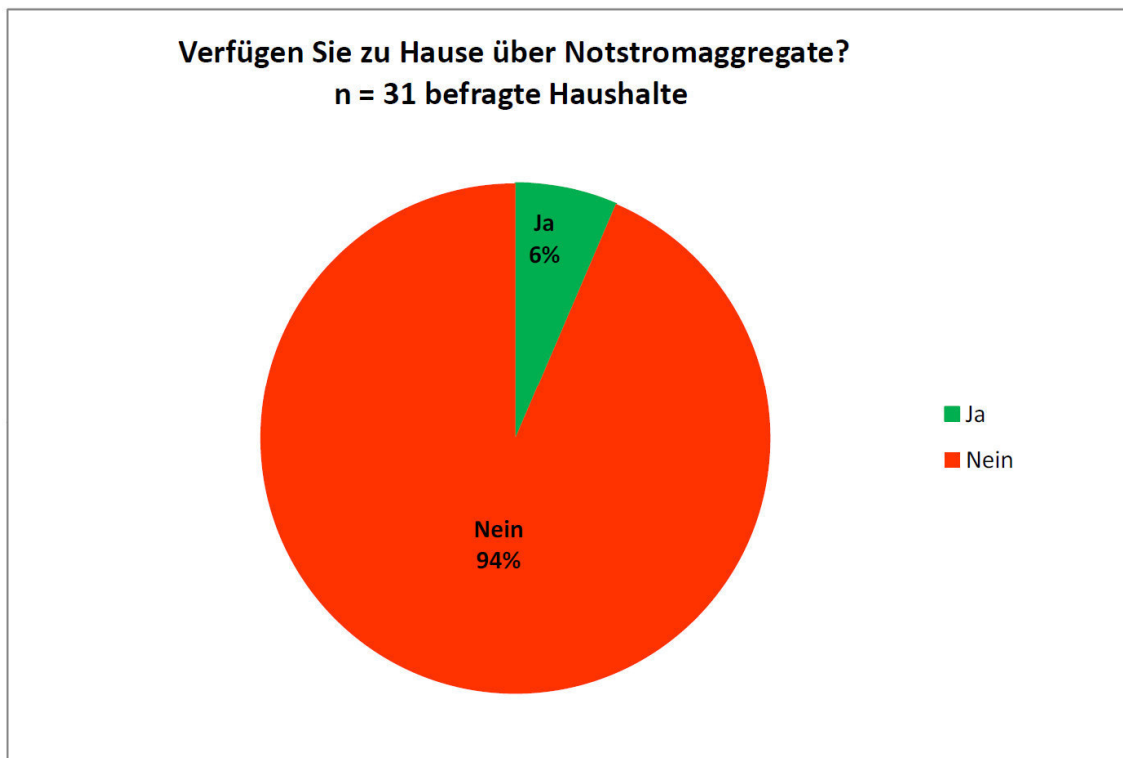


Abbildung 9-7: Ergebnis zur Frage: Verfügen Sie zu Hause über Notstromaggregate?

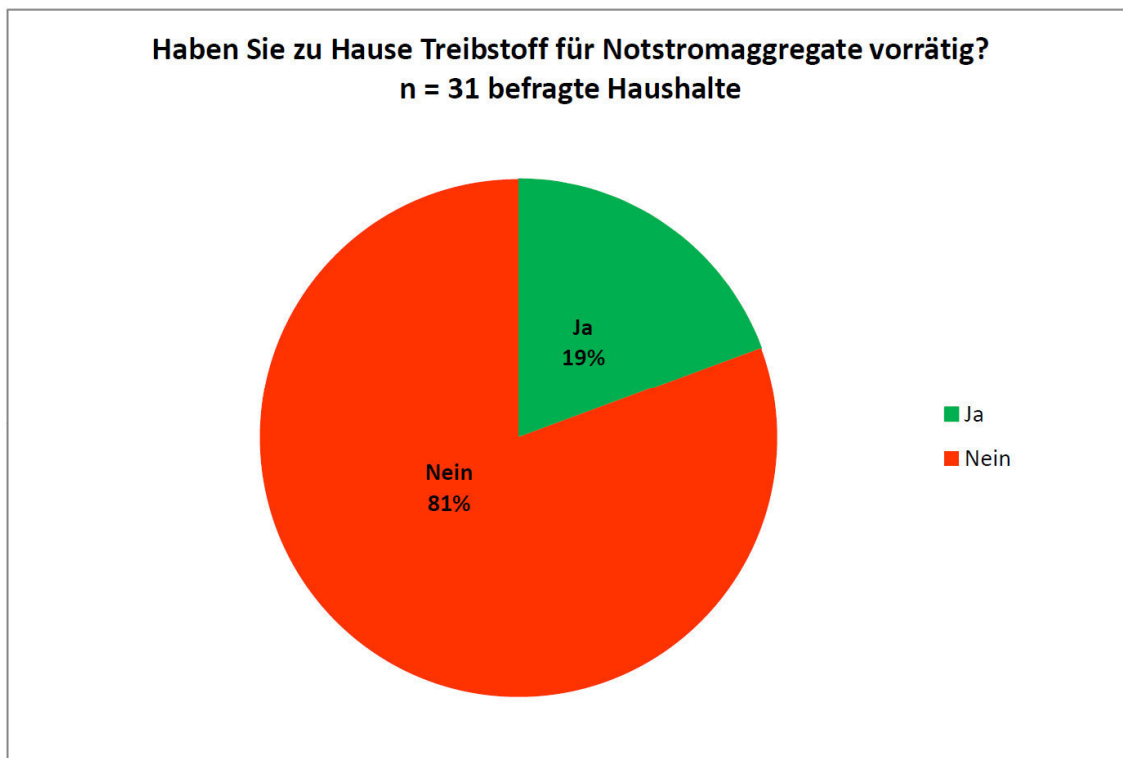


Abbildung 9-8: Ergebnis zur Frage: Haben Sie zu Hause Treibstoff für Notstromaggregate vorrätig?

Nur lediglich 6 % der befragten Haushalte befinden sich im Besitz von Notstromaggregaten, wie die Abbildung 9-7 zeigt. Im Gegensatz dazu haben aber, wie in Abbildung 9-8 dargestellt ist, bereits 19 % der Befragten Treibstoff vorrä-

tig, egal ob es sich hierbei um Diesel, Benzin oder Heizöl handelt. Der höhere Anteil beim Treibstoffvorrat lässt sich dadurch erklären, dass auch Heizöl, welches für Heizzwecke in Zentralheizungen zu Hause verwendet wird, auch als Vorrat angesehen wurde.

Im 2. Teil des Fragebogens soll zu Beginn ermittelt werden, wie viele der befragten Haushalte an das öffentliche Trinkwassernetz angeschlossen sind. Laut Abbildung 9-9 sind rund 94 % der Befragten an das öffentliche Trinkwassernetz angeschlossen. Die restlichen 6 % versorgen sich ausschließlich über hauseigene Brunnen oder Quellen.

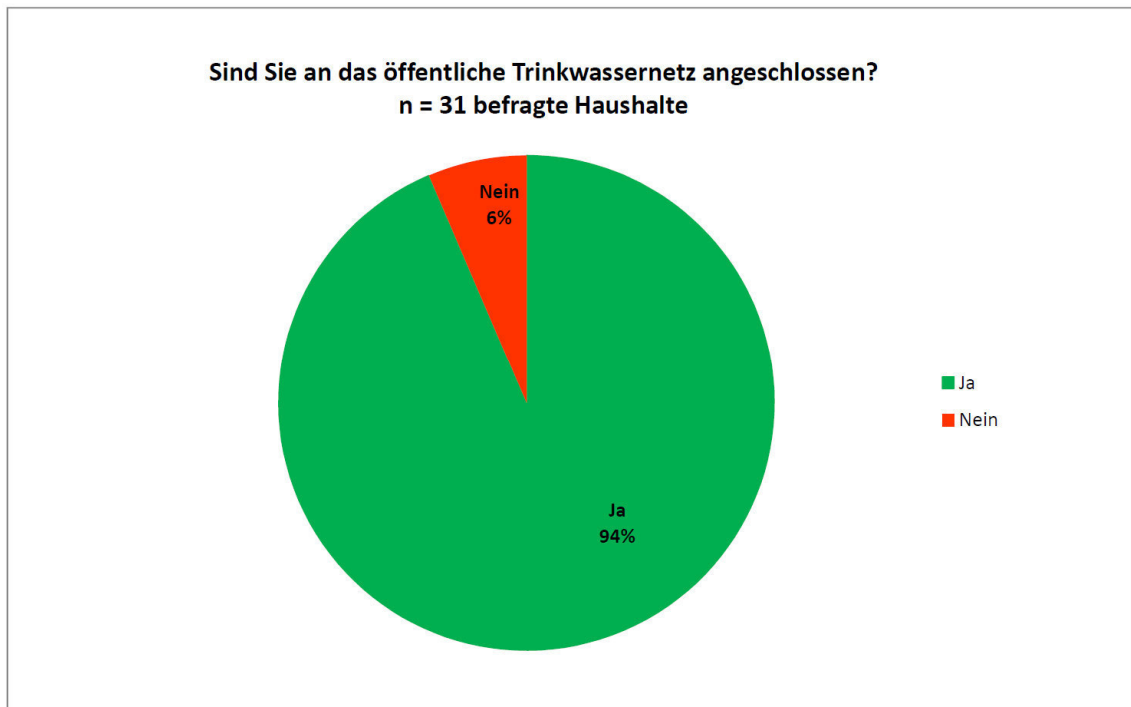


Abbildung 9-9: Ergebnis zur Frage: Sind Sie an das öffentliche Trinkwassernetz angeschlossen?

Einige der Befragten können neben der öffentlichen Trinkwasserversorgung auch auf private Trinkwasserversorgungsmöglichkeiten zurückgreifen. Wie dies im Detail aussieht, wird in der Abbildung 9-10 dargestellt.

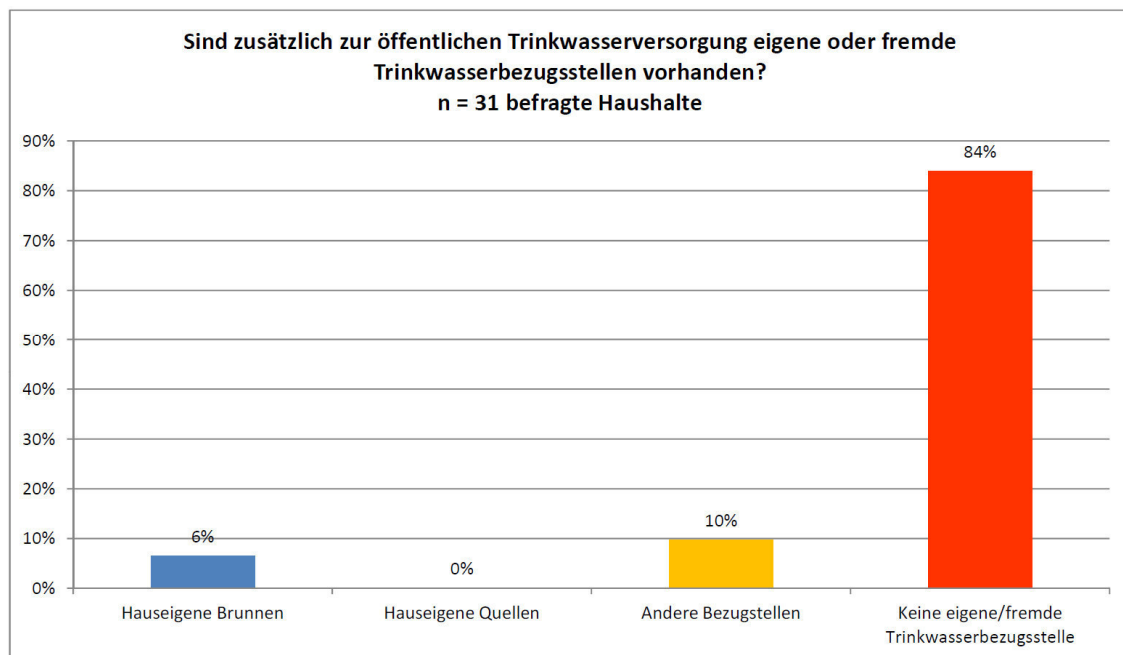


Abbildung 9-10: Ergebnis zur Frage: Sind zusätzlich zur öffentlichen Trinkwasserversorgung noch eigene oder fremde Trinkwasserbezugsstellen vorhanden?

Nach der Abbildung 9-10 können rund 16 % der Befragten neben der öffentlichen Trinkwasserversorgung auch noch auf eigene oder fremde Trinkwasserbezugsstellen zurückgreifen. Dazu sei Angemerkt, dass unter andere Bezugsstellen jene Trinkwasserbezugsstellen verstanden werden, die sich nicht in eigenem Besitz und auch nicht im Besitz der öffentlichen Hand befinden sondern im Besitz Dritter.

Wie vielen der Befragten überhaupt bekannt ist, dass ihre Trinkwasserversorgung vom Strom abhängig ist, soll die Abbildung 9-11 zum Ausdruck bringen. Rund 48 % der Befragten war nicht bekannt, ob ihre Trinkwasserversorgung vom Strom abhängig ist. Damit würde in einem Blackout-Fall fast die Hälfte der Befragten bezüglich ihrer Wasserversorgung eventuell eine böse Überraschung erleben.

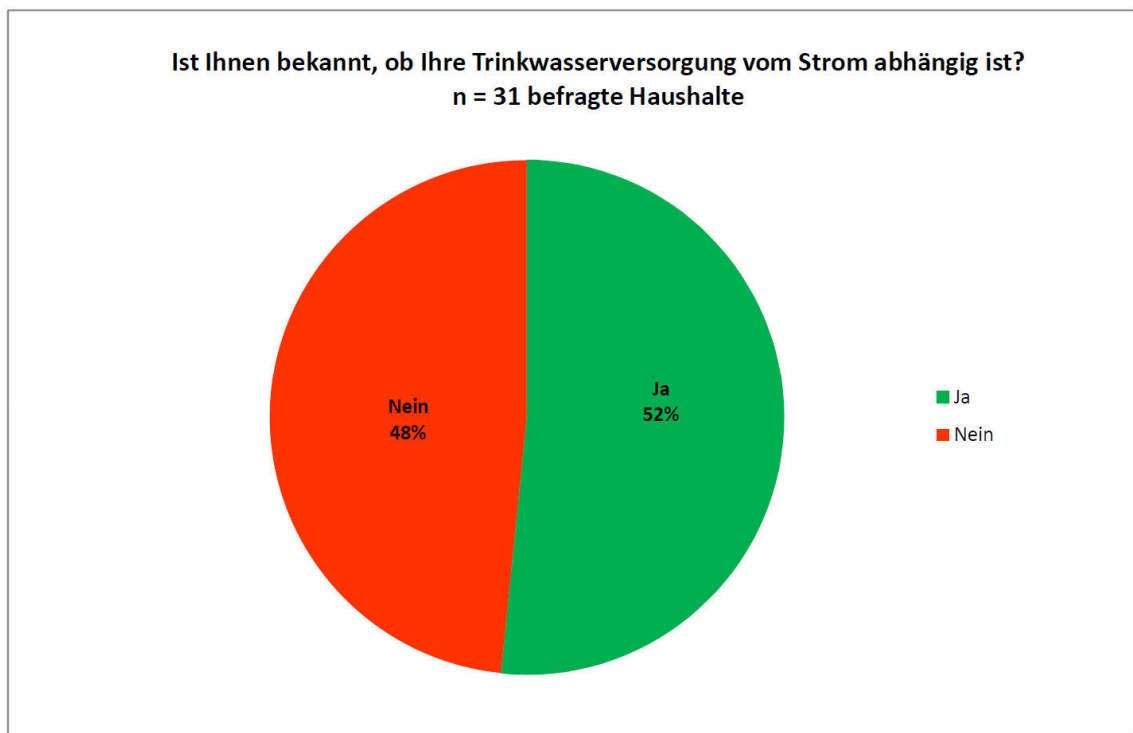


Abbildung 9-11: Ergebnis zur Frage: Ist Ihnen bekannt, ob Ihre Trinkwasserversorgung vom Strom abhängig ist?

Auf die Frage, wie gut man im Ernstfall selbst im Bereich der Trinkwasserversorgung vorbereitet wäre, stimmt das nachfolgende Ergebnis der Abbildung 9-12 etwas sorgenvoll.

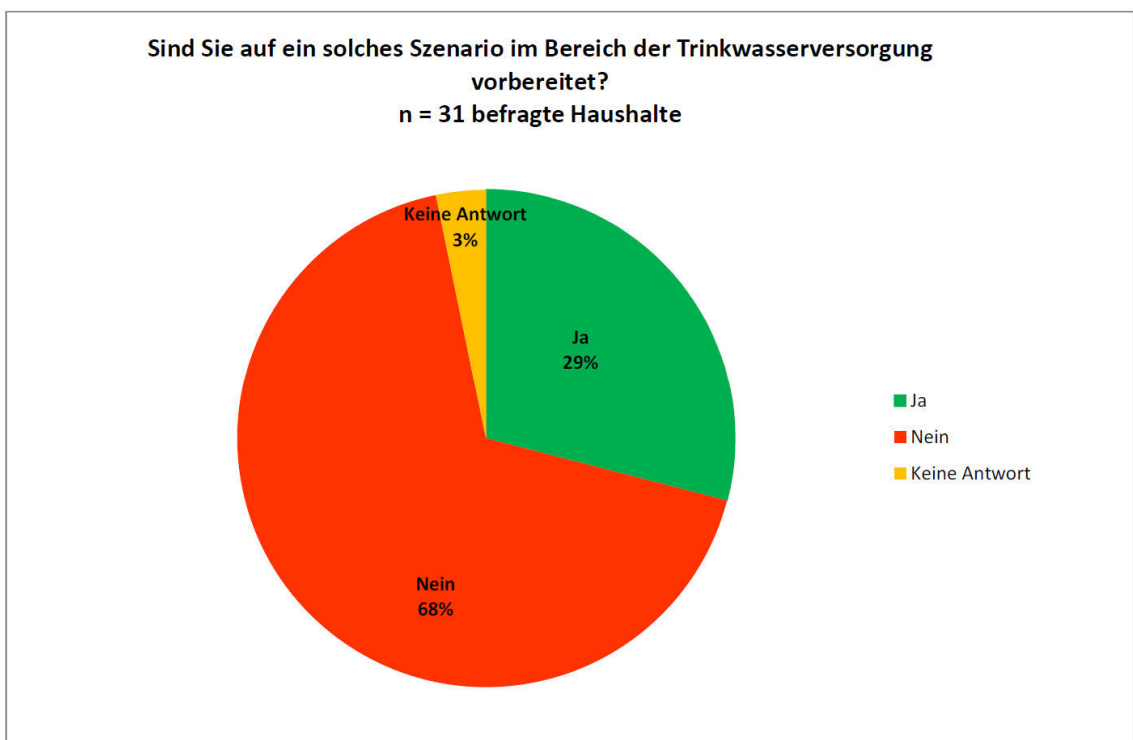


Abbildung 9-12: Ergebnis zur Frage: Sind Sie auf ein solches Szenario im Bereich der Trinkwasserversorgung vorbereitet?

Demnach wären nach der Abbildung 9-12 nur 29 % der Befragten im Ernstfall vorbereitet. Von diesen gaben viele an, ausreichend Mineralwasser und ähnliches auf Vorrat zu haben. 68 % hingegen wären offensichtlich vollkommen unvorbereitet und hätten keinerlei Wasservorräte zu Hause.

Im Abwasser relevanten Teil des Fragebogens wurde zunächst abgefragt, ob den Befragten bekannt ist, dass die komplette Abwasserentsorgung ebenfalls vom Strom abhängig ist. Aufschluss darüber gibt die nachfolgende Abbildung 9-13.

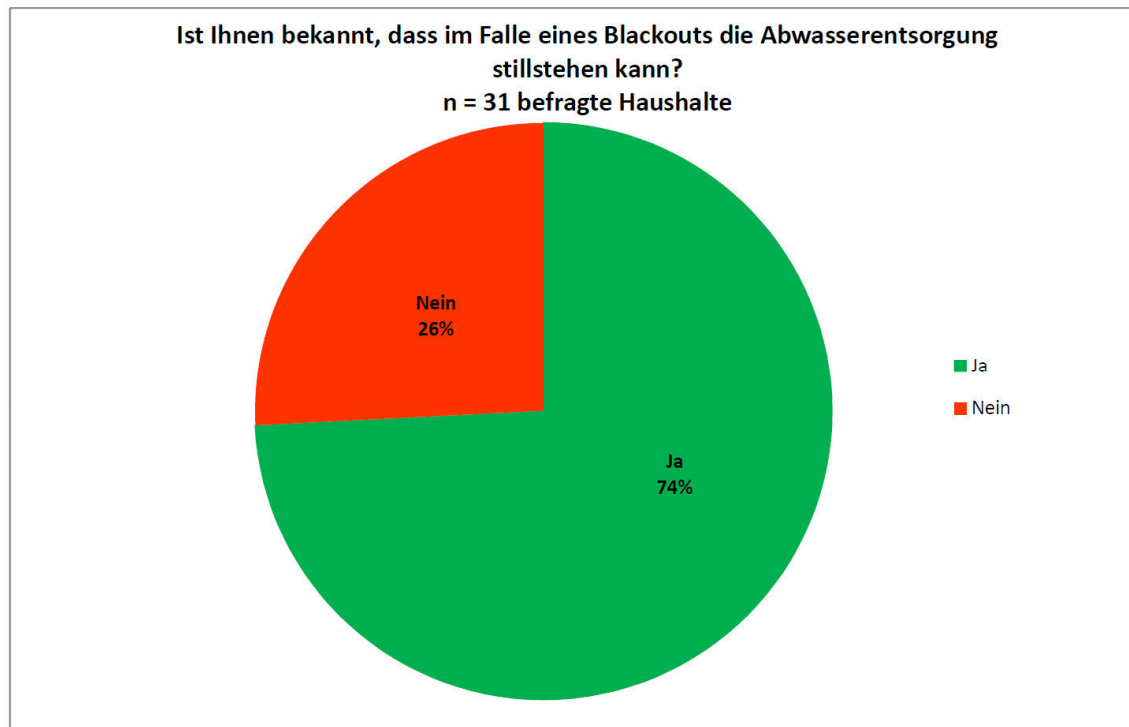


Abbildung 9-13: Ergebnis zur Frage: Ist Ihnen bekannt, dass im Falle eines Blackouts die Abwasserentsorgung stillstehen kann?

74 %, d. h. rund 3/4 gaben an, dass ihnen sehr wohl bekannt ist, dass im Ernstfall die Abwasserentsorgung stillstehen kann. Die Ergebnisse auf die Frage, wie gut sie selbst im Bereich der Abwasserentsorgung für einen Blackout-Fall vorbereitet wären zeigt die Abbildung 9-14. Der Großteil der Befragten, rund 90 %, wäre diesbezüglich nicht vorbereitet bzw. ist es nicht klar, wie man sich darauf vorbereiten könnte. Die restlichen 10 %, welche angaben vorbereitet zu sein, gaben beispielsweise an, dass sie im Notfall zu Hause noch auf alte Senkgruben zurückgreifen könnten.

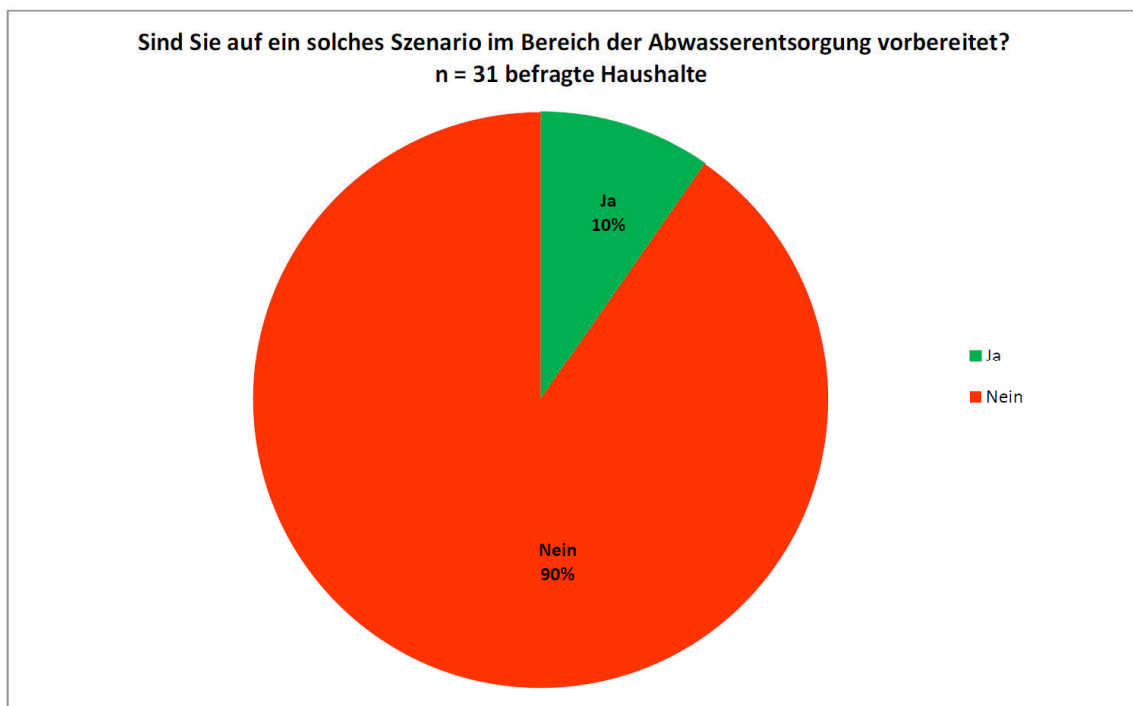


Abbildung 9-14: Ergebnis zur Frage: Sind Sie auf ein solches Szenario im Bereich der Abwasserentsorgung vorbereitet?

Um bei Bedarf auf Wasser zurückgreifen zu können, wie beispielsweise Spülwasser für die Toilettenspülung oder Wasser für die Körperhygiene, wurde abgefragt, wer über hauseigene Brunnen und/oder Quellen verfügt, die nicht zur eigenen Trinkwasserversorgung verwendet werden.

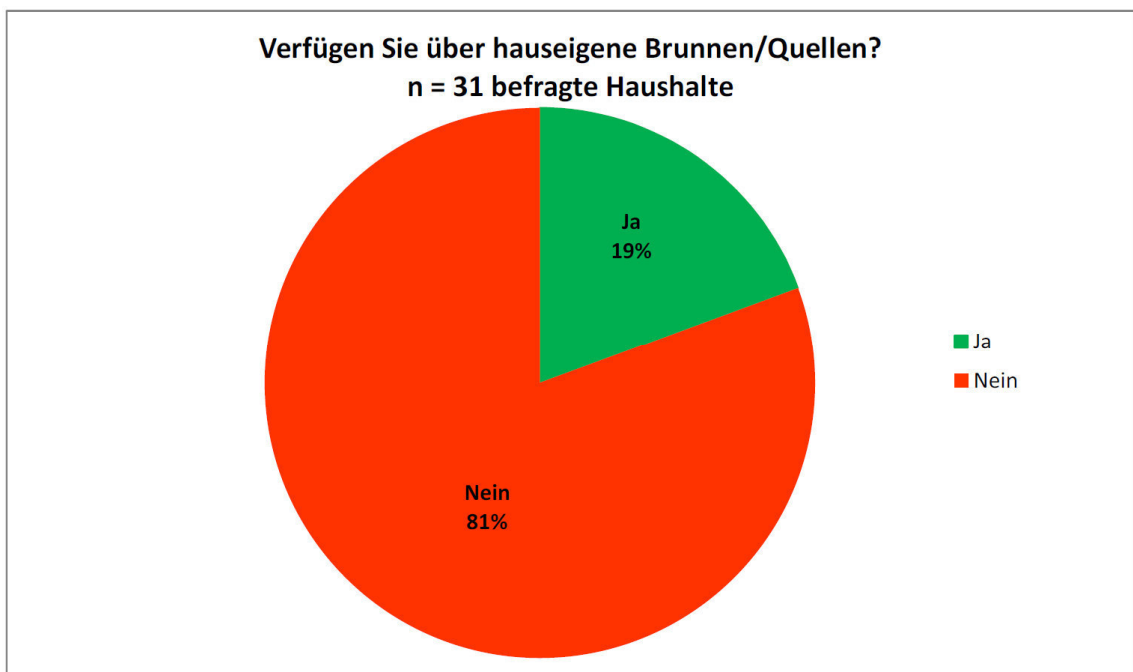


Abbildung 9-15: Ergebnis zur Frage: Verfügen Sie über hauseigene Brunnen/Quellen?

Aus der Abbildung 9-15 wird ersichtlich, dass 19 % der Befragten auf eine alternative Wasserquelle zurückgreifen könnten.

Gegen die Gefahr des Rückstaus aus der Kanalisation in die Keller- und Wohnbereiche kann man sich und soll man sich durch den Einbau und die regelmäßige Funktionsüberprüfung von Rückstauklappen schützen. Aus diesem Grund wurde auch das Vorhandensein von Rückstausicherungen abgefragt. Nach den Ergebnissen der nachfolgenden Abbildung 9-16 haben nur 23 % der befragten Haushalte derartige Rückstausicherungen eingebaut.

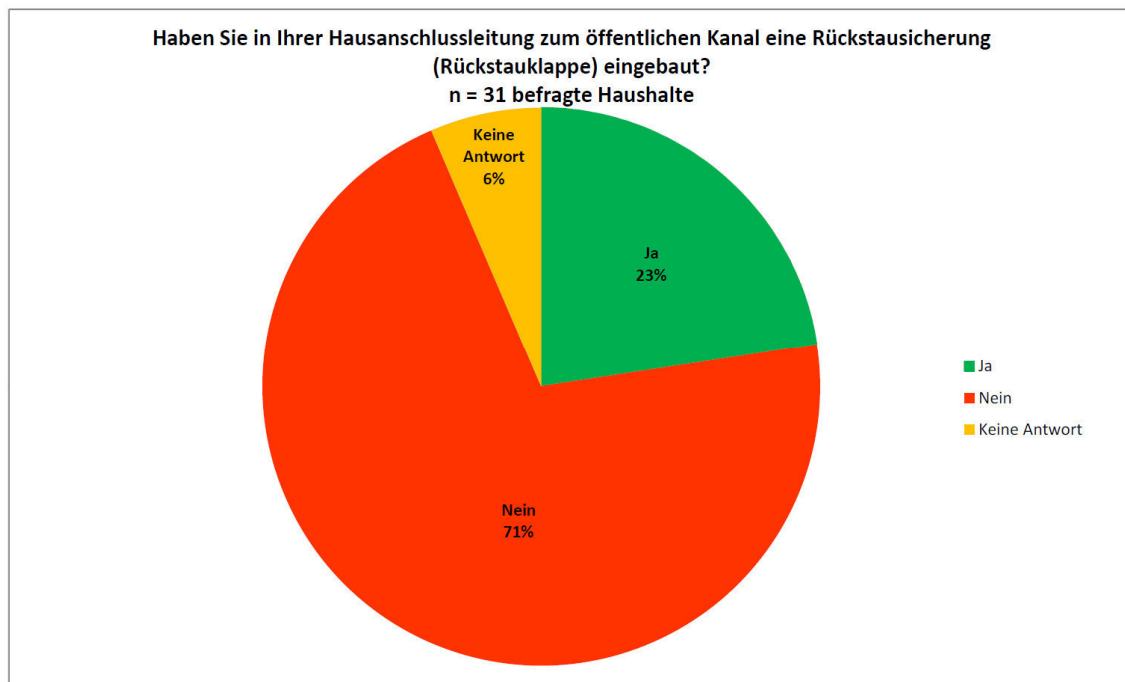


Abbildung 9-16: Ergebnis zur Frage: Haben Sie in Ihrer Hausanschlussleitung zum öffentlichen Kanal ein Rückstausicherung (Rückstauklappe) eingebaut?

71 % der Befragten gaben an, keine Rückstausicherungen eingebaut zu haben. Für lediglich 6 % war die Frage nicht zu beantworten.

Zu guter Letzt wurde noch nach dem Vertrauensgrad der Haushalte gefragt, den sie gegenüber den für sie zuständigen Betreibern für ihre Trinkwasserversorgung, Abwasserentsorgung und Stromerzeugung haben. Wie stark dabei das Vertrauen ist, wird in der Abbildung 9-17 dargestellt. Dabei sei angemerkt, dass einer der Befragten aus unbekanntem Gründen keine Angaben zu seinem Trinkwasserversorger gemacht hat. Wie die Abbildung 9-17 zeigt, haben der Großteil der Befragten ein gutes bis volles Vertrauen in ihre Ver- und Entsorger. Aber durchaus überraschend dabei war, dass es auch in den drei schlechteren Bewertungskategorien Bewertungen gab und zwar uneinheitlich in Bezug auf die Betreiber.

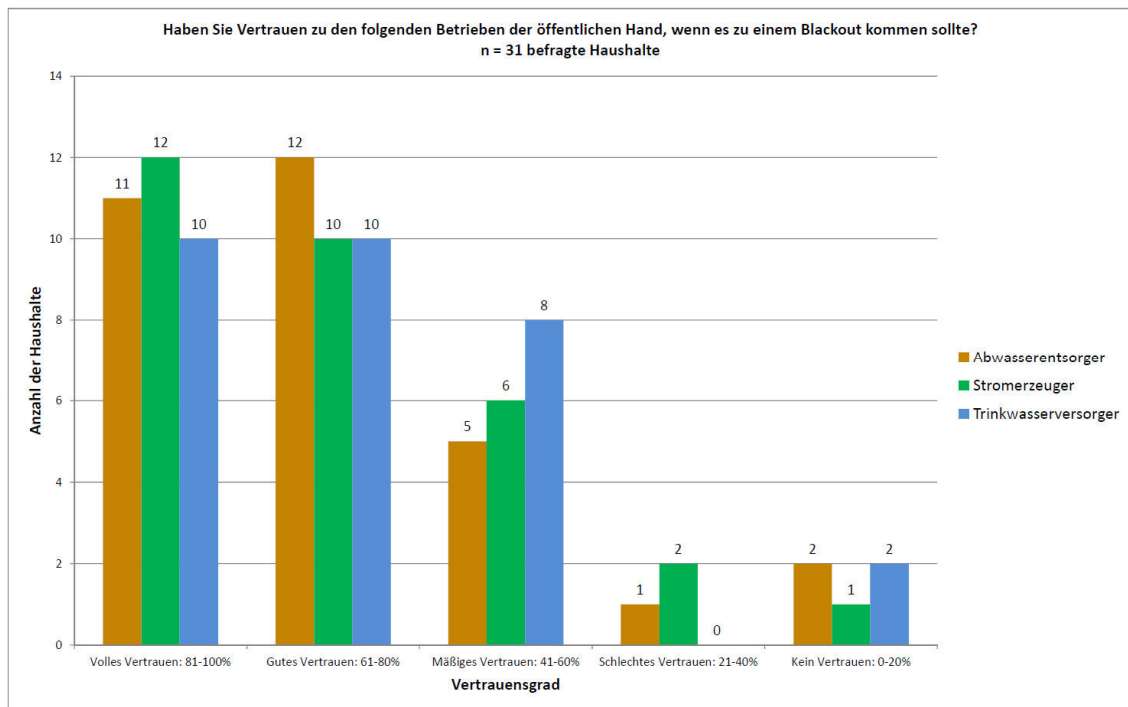


Abbildung 9-17: Ergebnis zur Frage: Haben Sie Vertrauen zu den folgenden Betrieben der öffentlichen Hand, wenn es zu einem Blackout kommen sollte?

9.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Aus den drei während der Bearbeitung dieser Masterarbeit durchgeführten Workshops direkt vor Ort bei Wasser- und Abwasserverbänden sowie aus den Befragungen bei Kraftwerks- und Netzbetreibern konnten einige hilfreiche Erkenntnisse hinsichtlich möglicher Auswirkungen von Blackout-Szenarien auf die Siedlungswasserwirtschaft gewonnen werden, die es erlauben, sich gezielter auf solche Szenarien vorzubereiten. Inwieweit sich die einzelnen Betreiber nun bereits über einen möglichen Blackout Gedanken gemacht haben und in weiterer Folge auch schon begonnen haben, sich mit Maßnahmen dagegen vorzubereiten, hängt sehr stark von den wasserwirtschaftlichen Randbedingungen und auch von der Struktur der Betreiber sowie sicherlich auch von budgetären Randbedingungen ab. Welche Erkenntnisse nun aus den Befragungen und Workshops gezogen werden konnten, werden in den nachfolgenden Kapiteln 9.4.1 bis 9.4.3 beschrieben. Im Kapitel 9.4.4 werden zudem auch die gewonnenen Erkenntnisse aus den Haushaltsbefragungen nochmals kurz zusammengefasst.

9.4.1 Kraftwerksbetreiber und Netzbetreiber

Wie schon im Kapitel 5.1.4 dargelegt, liegt die Verfügbarkeit des Stroms aktuell in Österreich bei 99,99 %, womit Österreich zur Weltspitze gehört. Auch die Stabilität des Stromnetzes in Österreich ist als hervorragend einzustufen, nicht zuletzt auch durch die Investitionen in Millionenhöhe in den letzten Jahren (siehe Tabelle 5-4).

Sollte dennoch der kaum vorstellbare Krisenfall eintreten, kann ein Wiederaufbau des Stromnetzes in Österreich, beispielsweise in Kärnten, schneller gewährleistet werden als im Rest von Europa. Wie lange dies dauern könnte und ablaufen würde ist im Kapitel 5.1.6 kurz beschrieben.

Vor allem durch die Tatsache, dass wir in Österreich über mehrere schwarzstartfähige Kraftwerke verfügen, sind länger andauernde Blackout-Szenarien in Österreich im Vergleich zum Rest Europas und der Welt sehr unwahrscheinlich.

9.4.2 Wasserversorger

Die bereits durchgeführten und noch geplanten Vorbereitungsmaßnahmen gegen Blackout-Szenarien der an der Masterarbeit dankenswerterweise teilgenommenen Wasserversorgungsunternehmen können als vorbildlich und beispielgebend betrachtet werden. Beispielhaft dafür wurde auf die aktuelle Situation des Wasserverbands Wasserversorgung Grenzland Südost eingegangen und näher beschrieben. Wie im Kapitel 9.1.6 im Detail beschrieben, können dort schon heute durch zehn stationär installierte Notstromaggregate rund 80 % der Einwohner im Verbandsgebiet in Blackout-Fällen mit Trinkwasser versorgt werden. Bis zum Jahre 2025 sollen noch 12 weitere Aggregate angeschafft werden, womit es dann möglich sein sollte, sämtliche Einwohner im Verbandsgebiet im Notfall mit Trinkwasser zu versorgen. Wenn man bedenkt, dass es sich hierbei um einen Wasserverband handelt, der sowohl für die Gewinnung als auch für den Transport des Trinkwassers ausschließlich auf Pumpen angewiesen ist, ist das bisher schon Umgesetzte bereits beachtlich.

Damit dies alles möglich wurde, bedurfte es kleiner bis mittelgroßer Investitionen. Zu Beginn stand eine energieautarke Energieversorgung der Verbandszentrale im Vordergrund. Dafür sollte die Steuerung und Überwachung im Falle eines Blackouts von der Verbandszentrale aus gewährleistet werden. In einer zweiten Phase werden nun sukzessive alle Außenanlagen wie Brunnen, Pumpwerke, Hochbehälter usw. mit stationären Notstromaggregaten ausgestattet. Damit im Krisenfall ein reibungsloser Betrieb gewährleistet werden kann, bedarf es auch daraufhin gut geschulte Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen. Dafür sind auch entsprechende ein Personaleinsatzplan zu entwickeln.

Wasserversorger, die einen Großteil ihres Trinkwassers von Quellen aus Mittel- und Hochgebirgslagen beziehen können und dieses dann zum Großteil auch rein gravitativ zu ihren Kunden transportieren können, haben deutlich weniger Vorbereitungsbedarf gegenüber Blackout-Szenarien, sollten sich mit dem Thema aber auch beschäftigen.

9.4.3 Abwasserentsorger

Wo die Hauptprobleme während eines Blackouts für einen Abwasserentsorger auftreten werden, ist einfach erklärt. Im Falle einer hohen Anzahl von nicht mit

Notstrom versorgbaren Hebeanlagen (Pumpen) sind unter der Voraussetzung, dass die Trinkwasserversorgung in der Region funktionsfähig bleibt, zunächst im Kanalnetz durch den Rückstau von Abwasser zu den Kunden die größten Probleme zu erwarten. Im Gegensatz dazu sind die ARAs, wie am Beispiel des Wasserverbandes Ossiacher Sees gezeigt werden konnte, durch die vorausschauende Installation eines leistungsfähigen, stationären Notstromaggregates leichter in der Lage, selbst einige Tage andauernde Blackout-Szenarien zu überbrücken. Zudem kann dort im Bedarfsfall auch die Leistung der Anlage reduziert werden und das ankommende Abwasser in Mischwasserrückhaltebecken zwischengespeichert werden.

Bei großen Abwasserverbänden ist eine Ausstattung aller Hebeanlagen mit stationären Aggregaten finanziell kaum vertretbar. Hierbei sollten nur die Hauptpumpstationen mit stationären Aggregaten ausgestattet werden, während an den mittelgroßen bis kleinen Pumpanlagen mittels mobilen Aggregaten versucht werden sollte, das Abwasser weiter zu pumpen oder in Güllefässer umzupumpen. Mit Hilfe der Güllefässer kann das Abwasser dann nach einem Blackout auch direkt zur ARA transportiert werden und dort auch einer Reinigung unterzogen werden.

Im Vergleich zur Trinkwasserversorgung bekam ich mit der Bearbeitung der Masterarbeit den Eindruck, dass dieser Bereich der Siedlungswasserwirtschaft im Abschätzen von Blackout-Szenarien und im Vorbereiten und Umsetzen von Gegenmaßnahmen dagegen etwas weiter ist, als der Bereich der Abwasserentsorgung.

9.4.4 Haushalte

Da 39 % der befragten Haushalte von Blackouts bis zur durchgeführten Befragung noch nichts gehört bzw. gelesen hatten, sehe ich auch hier entsprechenden Aufholbedarf, in der Sensibilisierung der Bevölkerung für dieses Thema. Zudem war fast der Hälfte nicht bekannt, ob ihre Trinkwasserversorgung vom Strom abhängig ist oder nicht. Dies kann im Ernstfall zu bösen Überraschungen führen, sofern man überhaupt keine Wasservorräte zu Hause hat. Nur lediglich 29 % der Befragten haben Wasservorräte zu Hause. Dabei muss aber auch an die Bevölkerung selbst appelliert werden, da die Anschaffung von Trinkvorräten für ein bis zwei Wochen mit keinen hohen Investitionen verbunden ist. Eine Vorbereitung im Abwasserbereich ist für die Haushalte selbst nur sehr schwer möglich. Neben nicht in der Wand verbauten Spülkästen, wo alternatives Nutzwasser per Hand mittels Kübeln nachgefüllt werden könnte, stehen im ländlichen Raum vielleicht auch noch alte Senkgruben zur Verfügung oder, wenn es sich zeitlich organisieren lässt, könnten im Fall von längeren Blackouts auch noch mobile WC-Anlagen und Notlatrinen aufgestellt werden. Auch im Hinblick auf die wichtige Funktion von Rückstausicherungen in den Hausanschlussleitungen sollte die Bevölkerung regelmäßig informiert werden, damit in einem

Auswertung der Fragebögen/Workshops

Blackout-Fall nicht Abwasser in die Keller- und Wohnbereiche zurückgestaut wird. Regelmäßige Informationen an die Bevölkerung helfen erfahrungsgemäß auch das Vertrauensverhältnis zu den Kunden zu verbessern.

10 Risk Assessment und Risk Management

Die im Rahmen dieser Masterarbeit entwickelten und mit der Hilfe von ausgewählten Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsunternehmen weiterentwickelten Fragebögen zum Thema Blackout sollen vor allem der Sensibilisierung von Betreibern in der Siedlungswasserwirtschaft dienen, die sich mit dem Thema Blackout erstmalig intensiver auseinandersetzen wollen, um mögliche Auswirkungen eines Blackouts auf die eigene Unternehmung abschätzen zu können und um etwaige Gegenmaßnahmen dagegen entwickeln und vorbereiten zu können. Sie sollen daher in erster Linie einer kritischen Systemanalyse für solche Szenarien dienen.

In einem nächsten Schritt sollten dann die entsprechenden Risiken für die eigene Unternehmung bewertet und entsprechende Maßnahmenpläne zu deren Reduzierung bzw. Vermeidung entwickelt werden, was sehr gerne als Risk Assessment und Risk Management bezeichnet wird.

Dabei wird unter anderem niedergeschrieben, wie wahrscheinlich ein solches Blackout-Szenario ist, wer im Krisenfall die Entscheidungen trifft und welche Maßnahmen hierbei erforderlich sind. Diese Maßnahmen werden in Form eines Maßnahmenplanes festgehalten.

Wie schon im Kapitel 4.2 ausgeführt, ist die Wahrscheinlichkeit eines Blackouts, welcher von Österreich ausgeht, sehr unwahrscheinlich. Trotzdem ist die Möglichkeit eines solchen Szenarios durchaus gegeben, wenn man die bereits weltweit oder aber auch die in Europa bereits stattgefundenen analysiert. Die Vergangenheit lehrt, dass oft wirklich Kleinigkeiten, die unter unglücklichen Umständen eine Kettenreaktion auslösen können zu einem flächendeckenden Blackout geführt haben. Tatsache ist auf jeden Fall, dass durch die verstärkte Nutzung und Einspeisung von Windkraftenergie und PV-Anlagen unsere Stromnetze deutlich labiler geworden sind und dadurch die Blackout-Wahrscheinlichkeiten in den letzten Jahren zugenommen haben. Einen genauen Zeitpunkt voraussagen, wann ein solcher Blackout eintreten kann, ist schier unmöglich. Es kann schon morgen sein oder auch erst in 50 Jahren.

Sollte dieser außergewöhnliche Fall trotzdem eintreten, stellt sich die Frage, wer dann in solchen Fällen die Entscheidungsbefugnisse hat. In der Schweiz beispielsweise verfügt jeder Kanton über einen kantonalen Krisenstab, der in solchen Fällen die Verantwortung und Führung übernimmt. In diesem Krisenstab sitzen die führenden Personen von behördlichen Einrichtungen und Einsatzorganisationen. In Österreich sollte ein ähnliches Konzept überlegt werden, was auch zum Teil länderspezifisch bereits umgesetzt wurde. Um eine reibungslose Überbrückung einer derartigen Krisensituation zu bewältigen, ist es von besonderer Wichtigkeit, Vertreter aller Behörden, Einsatzorganisationen/Blaulichtorganisationen sowie des Bundesheeres, des Zivilschutzverband-

des und des Innenministeriums an einen Tisch zu bekommen. Denn Kommunikation untereinander ist in solchen Situationen das Um und Auf. Wer dann schlussendlich in Absprache mit allen anderen die Entscheidungen trifft, ist dann eher nebensächlich, gehört aber auch definiert.

Um einen strukturierten Ablauf zu ermöglichen, ist es notwendig, einen Maßnahmenplan für jeden Bereich zu erstellen. Beispielsweise wird in Kärnten, wie im Kapitel 4.8.9 beschrieben, seit Anfang 2017 daran gearbeitet, Maßnahmenpläne für die Bereiche Infrastruktur, Kommunikation und Stromversorgung zu erstellen. Da die Siedlungswasserwirtschaft einen essentiellen Teil der Infrastruktur darstellt, sollte sie dabei unbedingt miteinbezogen werden.

Als ein Beispiel für mögliche Maßnahmenpläne werden im Nachfolgenden zwei Maßnahmenpläne für einen Abwasserentsorger, einmal für die Prävention (Tabelle 10-1) und einmal für Sofortmaßnahme (Tabelle 10-2) während eines Blackouts skizziert.

Tabelle 10-1: Präventionsmaßnahmen für einen Abwasserentsorger

Nr.	Präventionsmaßnahmen	Verantwortung	Bemerkungen
1	Identifizieren von Problembereichen im Kanalnetz und auf der Abwasserreinigungsanlage	Geschäftsführung Betriebsleiter/in	In Absprache mit den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen
2	Anschaffung stationärer und mobiler Notstromaggregate, Errichtung inselbetriebsfähiger PV-Anlagen, Anschaffung eines firmeneigenen Funks	Geschäftsführung Obmann/Obfrau Betriebsleiter/in	
3	Ausreichenden Treibstoffvorrat sicherstellen	Geschäftsführung Betriebsleiter/in	
4	EDV-Systeme über Batterien puffern	Geschäftsführung Betriebsleiter/in	
5	Regelmäßige Schulung der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen über den richtigen Umgang mit den Notstromaggregaten und PV-Anlagen	Geschäftsführung Obmann/Obfrau Experte/in	Experten/Expertinnen werden von der Geschäftsführung bestellt.
6	Erstellen einer Kontaktliste: Mitgliedsgemeinden, Wasserverbände, EVU, Feuerwehr, Zivilschutz, Obmann/Obfrau des Wasserverbandes	Geschäftsführung Betriebsleiter/in	
7	Erstellen eines Personaleinsatzplanes	Geschäftsführung Betriebsleiter/in	In Absprache mit den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen
8	Abhalten regelmäßiger Übungen in Bezug auf einen Stromausfall	Geschäftsführung Betriebsleiter/in	
9	Dokumentation der Erkenntnisse aus den Übungen. Wo besteht Verbesserungsbedarf?	Geschäftsführung Betriebsleiter/in	In Absprache mit den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen

Tabelle 10-2: Sofortmaßnahmen während eines Blackouts für einen AW-Entsorger

Nr.	Sofortmaßnahmen	Verantwortung	Bemerkungen
1	Informationsbeschaffung zur aktuellen nationalen Lage	Geschäftsführung	
2	Feststellung der zurzeit kritischen Bereiche auf der ARA sowie im Kanalnetz	Mitarbeiter/Mitarbeiterin Betriebsleiter/in	
3	Setzen von Primärmaßnahmen: Zuschalten von Notstromaggregaten, Inbetriebnahme von firmeninternen Sprechfunk	Mitarbeiter/Mitarbeiterin Betriebsleiter/in	In Rücksprache mit der Geschäftsführung
4	Einholen von Informationen vom Netzbetreiber (Voraussichtliche Dauer des Blackouts)	Geschäftsführung	
5	Ermittlung des erforderlichen Personalbedarfs für die nächsten Stunden bis Tage	Geschäftsführung	In Rücksprachen mit dem/der Betriebsleiter/in
6	Ständiges Überprüfen der Anlagen	Mitarbeiter/Mitarbeiterin Betriebsleiter/in	
7	Sekundäre Maßnahmen: Beobachtung der Zulaufmengen zur ARA und ev. reduzieren der Leistungsfähigkeit von Anlagenteile, um den Treibstoffverbrauch zu senken	Mitarbeiter/Mitarbeiterin Betriebsleiter/in	In Rücksprache mit der Geschäftsführung
8	Wenn möglich, beschaffen von weiteren Treibstoffvorräten	Geschäftsführung Betriebsleiter/in	
9	Update und ständige Kontaktaufnahme zu den EVUs und Krisenstäben.	Geschäftsführung	

11 Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Nach einer Einführung in das Thema Blackout inkl. einer Abschätzung von Auftretenswahrscheinlichkeiten, einer Darstellung möglicher Ursachen und einer Abschätzung möglicher Folgen wurde im Rahmen dieser Masterarbeit schwerpunktmäßig der Infrastrukturbereich Siedlungswasserwirtschaft mit den beiden Hauptbereichen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung einer näheren Betrachtung unterzogen. Nach einer eingehenden Analyse aller wesentlichen Anlagenteile und deren Stromabhängigkeit wurden schließlich drei Fragebögen für Wasserversorger, Abwasserentsorger und deren Kunden entwickelt und mit der Hilfe von ausgewählten Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsunternehmen weiterentwickelt. Die Fragebögen sollen vor allem der Sensibilisierung von Betreibern in der Siedlungswasserwirtschaft dienen, die sich mit dem Thema Blackout erstmalig intensiver auseinandersetzen wollen, um mögliche Auswirkungen eines Blackouts auf die eigene Unternehmung abschätzen und um etwaige Gegenmaßnahmen dagegen entwickeln und vorbereiten zu können. Sie sollen daher in erster Linie einer kritischen Systemanalyse für solche Szenarien dienen und können damit dann auch einen ersten Schritt zu einem nachfolgenden Risk Assessment und Risk Management darstellen, im Rahmen derer dann auch konkrete unternehmensspezifische Maßnahmenpläne erarbeitet werden sollten.

In der Trinkwasserversorgung ist es im Vergleich zur Abwasserentsorgung relativ einfach, ihre Funktion auch im Falle eines Blackouts aufrecht erhalten zu können. Dies erfordert vor allem den Einsatz von entsprechend dimensionierten, stationären Notstromaggregaten sowie ausreichende Treibstoffvorrattanks. Sowohl in Bereichen der Wassergewinnung, einer eventuell erforderlichen Wasseraufbereitung, der Wasserspeicherung als auch im Transport- und Verteilernetz sind stationäre Aggregate inkl. Vorrattanks notwendig. Durch den Einsatz von Treibstoff in Schutz- und Schongebieten sind besondere Auflagen, wie Ölbindemittel vor Ort, öldichte Auffangwannen, doppelwandige Leckagetanks etc., zu beachten und zu erfüllen (Friedl, 2017). Als Vorreiter in Sachen krisensichere Wasserversorgung kann der Wasserverband Wasserversorgung Grenzland Südost in der Steiermark angesehen werden. Dabei sind die bereits installierten Aggregate so in den Prozess integriert, dass sie sich im Falle einer plötzlichen Stromunterbrechung auch automatisch aktivieren und in den Prozess integrieren.

Wenn die Trinkwasserversorgung während eines Blackouts nicht aufrechterhalten werden kann, wird auch Abwasser in geringeren Mengen aber sehr wahrscheinlich in höheren Konzentrationen anfallen, da dann auch kein verdünntes Spülwasser, Waschwasser etc. mehr zur Verfügung gestellt werden kann.

Dadurch kann aber auch Zeit gewonnen werden, da ein Ein- und Rückstau durch nicht notstromgepufferte Pumpwerke in der Kanalisation nicht so schnell eintreten wird, als wenn die Trinkwasserversorgung komplett notstromversorgt wäre oder rein gravitativ sichergestellt werden kann. Gleichzeitig auftretende Regenereignisse können die Situation aber auch wieder verschlimmern, weil dann z. B. an Entlastungspunkten größere Schmutzfrachtspitzen in die Gewässer abgeschlagen werden könnten. Dementsprechend sollten an den neuralgischen Punkten der Kanalisation, wie z. B. an Hauptpumpwerken, stationäre Notstromaggregate mit ausreichendem Tankvolumen bereitgestellt werden. Durch den zusätzlichen Einsatz von mobilen Notstromaggregaten kann dann an untergeordneten Hebeanlagen das Abwasser in bestimmten Abständen weiter gefördert werden.

Zudem kann und muss man dann oft auch auf unkonventionelle Lösungen zurückgreifen, wie zum Beispiel beim Stromausfall im Münsterland 2005. Hierbei wurde an den kritischen Punkten im Kanalnetz das Abwasser mittels Einsatz von mobilen Pumpen und Notstromaggregaten in Güllefässern umgepumpt. Mit diesen wurde dann das Abwasser zu jenen Punkten transportiert, von wo es dann ohne weitere Energiezufuhr von außen im freien Gefälle zur ARA fließen konnte. (Petermann u. a., 2010)

Bei der ARA angekommen, gibt es eine optimale, eine vertretbare sowie eine nicht vertretbare Lösung, wie mit dem ankommenden Abwasser während eines Stromausfalles umgegangen werden kann. Die optimale Lösung inkludiert die Anschaffung eines leistungsstarken, stationären Notstromaggregates mit dazugehörigem Vorrattank, mit dem es möglich ist, die komplette Anlage für ein bis zwei Wochen mit Strom zu versorgen. Wie so ein Aggregat aussehen kann, wurde uns im Rahmen des Workshops beim Wasserverband Ossiacher See auf der ARA Feldkirchen präsentiert (siehe Abbildung 9-4). Zusätzlich dazu kann erwogen werden, die Leistung einzelner Anlagenteile der ARA zu reduzieren, um damit den Gesamtenergieverbrauch zu senken und damit dann auch den Zeitraum mit Notstromversorgung zu verlängern. Dies kann beispielsweise durch teilweises Abschalten von Umwälz- und Belüftungseinrichtungen in den Belebungsbecken erfolgen, wenn diese in großer Anzahl vorhanden sind. Sofern der Abwasserstrom im Zulaufbereich erst nach dem Durchlaufen der mechanischen Reinigungsstufen gehoben wird, wie es z. B. bei der ARA Graz der Fall ist, kann das bei der ARA noch ankommende Abwasser die mechanischen Reinigungsstufen mit relativ geringem Energiebedarf rein gravitativ durchlaufen und danach ohne erforderliche Pumpenergie in das Gewässer zumindestens mechanisch vorgereinigt geleitet werden. Dadurch, dass das Abwasser dann zumindestens mechanisch vorgereinigt werden kann, können in Abhängigkeit von der Aufenthaltszeit in den Vorklärbecken die im Abwasser enthaltenen Feststoffe und auch die organischen Kohlenstoffsummenparameter (CSB und

BSB₅) bereits deutlich reduziert werden, was im nachfolgenden Diagramm nach Sierp (Abbildung 11-1) abgelesen werden kann.

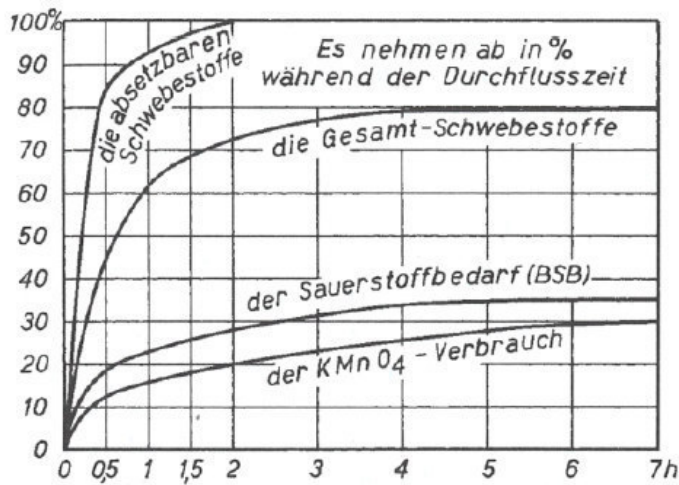


Abbildung 11-1: Wirkung der Absetzzeit auf städtisches Abwasser nach Sierp (Imhoff und Imhoff, 2007 in Vicuini, 2013)

Dabei ist jedoch zu beachten, dass der dann verstärkt im Sohlbereich der Vorklärbecken abgelagert Primärschlamm auch noch geräumt und entfernt werden sollte, was nur sehr schwer ohne elektrischer Energie funktionieren wird. Auch das rein manuelle Reinigen der Rechenanlage wäre eine sehr mühevoll Aufgabe und müsste wohl auch kontinuierlich durchgeführt werden, um Verstopfungen und Verklausungen zu vermeiden. Zudem würden sich im belüfteten Sandfang zufolge einer ausgefallenen Belüftung neben Sand auch bereits die organischen Bestandteile verstärkt ablagern, was wie beim sehr energiereichen Primärschlamm in den Vorklärbecken auch hier bereits zu Geruchsproblemen führen kann. Aus diesem Grund sollten diese Anlagenteile, deren Energiebedarf gegenüber jenen der biologischen Reinigungsstufe deutlich geringer ist, auf jeden Fall mit Notstrom versorgt werden können, um deren Funktionsweise nach Möglichkeit auch automatisch aufrecht erhalten zu können.

Zudem ist eine Ausstattung von ARAs mit Blockheizkraftwerken (BHKW) sinnvoll, da durch diese neben elektrischer Energie auch thermische Energie erzeugt wird, die beide auf der Anlage selbst verwendet werden können. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass der überwiegende Teil der ARAs in Österreich nicht allein durch die Energie von BHKW energieautark betrieben werden kann. Es gibt zwar mittlerweile einige wenige Ausnahmen, die allerdings auch nur solange funktionieren würden, solange ausreichend Klärschlamm und Co-Substrat sowie eine voll funktionsfähige Faulung inkl. Faulgasgewinnung gewährleistet werden können.

Eine zusätzliche Ausstattung der ARA mit PV-Anlagen ist nur dann sinnvoll, wenn diese inselbetriebsfähig sind und zudem über Speichermöglichkeiten, wie Batterien, verfügen. Dabei ist jedoch aufgrund der Arbeitssicherheit eine auto-

matische Netzentkopplung der PV-Anlage vom Versorgungsnetz im Blackout-Fall sicherzustellen. Eine Ausstattung der ARA mit Kleinwasserkraftwerken im Ablaufbereich kann ebenfalls Abhilfe schaffen, sofern dort eine ausreichende Fallhöhe in das Gewässer vorhanden ist. Im Hochwasserfall oder sofern deutlich geringere Abwassermengen zur ARA gelangen, führt das aber auch unweigerlich zu einer Leistungsreduktion des Kraftwerkes.

Sollte der Betreiber einer ARA all diese oben angeführten Möglichkeiten für eine Blackout-Bewältigung nicht besitzen, bleibt im Blackout-Fall nach der Ausnutzung sämtlicher Zwischenspeichermöglichkeiten nur mehr der Abschlag des völlig ungeklärten Abwassers in die aquatische Umwelt. Die Folgen für das dort vorherrschende Ökosystem wären je nach Wasserführung in den Gewässern fatal. Sollte es sich dabei zudem um ein Gewässer handeln, aus welchem Oberflächenwasser für die Trinkwasserversorgung entnommen wird, wären die Folgen noch dramatischer.

Da die betriebsinterne Kommunikation während eines Blackouts sehr wichtig ist, sollte jeder Wasserver- und Abwasserentsorger über einen firmeninternen Sprechfunk mit möglichst eigener Funkfrequenz verfügen.

Sollte ein Blackout-Szenario tatsächlich eintreten, liegt es in der Hand der Kraftwerks- und Netzbetreiber, die Energieversorgung so schnell wie möglich wiederherzustellen. Zuzufolge der im Rahmen dieser Masterarbeit durchgeführten Recherchen sind unsere Energieversorgungsunternehmen in Österreich sehr gut auf einen solchen Ernstfall vorbereitet und dieser aufgrund der zur Verfügung stehenden Kraftwerksanlagen gerade in Österreich auch sehr unwahrscheinlich. Will man sich als normaler Bürger trotzdem für so einen Extremfall vorbereiten, empfiehlt sich die Anschaffung eines hauseigenen Diesel-Notstromaggregates inkl. Vorratstank sowie die Bevorratung mit Trinkwasser und Lebensmitteln für rund zwei Wochen.

Sofern man über Notstromaggregate verfügt, ist eine regelmäßige, mindestens monatliche Überprüfung inkl. Testlauf unbedingt zu empfehlen, um im Ernstfall negative Überraschungen möglichst zu vermeiden. Dies gilt sowohl für die einzelnen Haushalte, als auch für die Trinkwasserversorger und Abwasserentsorger selbst. Auch auf den richtigen Umgang mit diesen Aggregaten ist ein besonderes Augenmerk zu legen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich die Wasserversorger und Abwasserentsorger bisher sehr unterschiedlich mit dem Thema Blackout in der Siedlungswasserwirtschaft auseinandergesetzt haben. Während man sich im Trinkwasserbereich schon seit einiger Zeit intensiver mit derartigen Krisen beschäftigt, besteht hier im Abwasserbereich meiner Einschätzung nach noch Nachholbedarf. Als sehr positives Beispiel aus dem Trinkwasserbereich sei hier das gerade erst aktualisierte W 74 des ÖVGW zu nennen.

Literaturverzeichnis

- ae (2017) Stromausfall Amerika 2003. ae.at. [online]
http://www.ae.at/ae/images/Bilder-fuer-Zeitungen/2006-01/images/01_2.gif (Zugegriffen 10. November 2017).
- APG (2017a) APG - Marktinformationen - Deltaregelzone. apg.at. [online]
<https://www.apg.at/de/markt/Markttransparenz/Netzregelung/Deltaregelzone> (Zugegriffen 13. Juni 2017).
- APG (2017b) APG - Marktinformationen - Primärregelung. apg.at. [online]
<https://www.apg.at/de/markt/netzregelung/primarregelung> (Zugegriffen 13. Juni 2017).
- APG (2017c) APG - Marktinformationen - Sekundärregelung. apg.at. [online]
<https://www.apg.at/de/markt/netzregelung/sekundaerregelung> (Zugegriffen 13. Juni 2017).
- APG (2017d) APG - Marktinformationen - Tertiärregelung. apg.at. [online]
<https://www.apg.at/de/markt/netzregelung/tertiaerregelung> (Zugegriffen 13. Juni 2017).
- APG (2017e) APG - Netz - Leitungsnetz. apg.at. [online]
<https://www.apg.at/de/netz/anlagen/leitungsnetz> (Zugegriffen 14. Juni 2017).
- APG (2017f) APG - Netz - Netzentwicklungsplan. [online]
<https://www.apg.at/de/netz/netzausbau/Netzentwicklungsplan> (Zugegriffen 5. Juni 2017).
- APG (2013) MASTERPLAN 2030. [online]
<https://www.apg.at/de/netz/netzausbau/masterplan> (Zugegriffen 25. Mai 2017).
- APG (2016) Netzentwicklungsplan 2016. [online]
<https://www.apg.at/de/netz/netzausbau/netzentwicklungsplan>.
- Attivissimo, P. (2017) Stromausfall 2003 Italien. attivissimo.net. [online]
http://www.attivissimo.net/antibufala/blackout_italia_foto/blackout.jpg (Zugegriffen 10. November 2017).
- Auer, M. (2016) Europa spart bei sauberer Energie. Die Presse. [online]
<http://diepresse.com/home/wirtschaft/energie/4955066/Europa-spart-bei-sauberer-Energie> (Zugegriffen 6. Juni 2017).
- BMLFUW (2014a) Abwasser in Österreich, BMLFUW. Ministerium für ein lebenswertes Österreich. [online]
<https://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasserqualitaet/abwasserreinigung/allgemeines.html> (Zugegriffen 26. Juni 2017).

- BMLFUW (2014b) Abwasserentsorgung, BMLFUW. Ministerium für ein lebenswertes Österreich. [online] <https://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasser-oesterreich/zahlen/Abwasserentsorgung.html> (Zugegriffen 26. Juni 2017).
- BMLFUW (2014c) Wasserversorgung und -verwendung in Österreich,. Ministerium für ein lebenswertes Österreich. [online] <https://www.bmlfuw.gv.at/wasser/nutzung-wasser/versorgung.html> (Zugegriffen 22. Juni 2017).
- bmwfw (2014) Energieland Österreich. [online] <https://www.bmwfw.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieversorgung/Seiten/default.aspx>.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz Schweiz (2007) Schweiz Dunkel. [online] <https://www.naz.ch/de/dokumentation/uebungen.html>.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz Schweiz (2009) Schweiz Dunkel II. [online] <https://www.naz.ch/de/dokumentation/uebungen.html>.
- Die Presse (2012) Gigantischer Blackout: Halb Indien ohne Strom. Die Presse. [online] http://diepresse.com/home/panorama/welt/1273363/Gigantischer-Blackout_Halb-Indien-ohne-Strom (Zugegriffen 2. Juni 2017).
- Donau-Universität Krems (2013) Treibstoffversorgung der Einsatzkräfte im Katastrophenfall. Vernetzung & Komplexität. [online] <http://www.herbert.saurugg.net/2015/blog/stromversorgung/treibstoffversorgung-der-einsatzkraefte-im-katastrophenfall> (Zugegriffen 30. Mai 2017).
- DUtrain (2017) dutrain | Das Trainingszentrum. DUtrain.de. [online] http://www.dutrain.de/?page_id=27 (Zugegriffen 7. Juni 2017).
- E-Control (2015) Ausfall- und Störungsstatistik für Österreich. [online] <https://www.e-control.at/de/statistik/strom/statistik-fuer-versorgungsqualitaet/stoerungsstatistik>.
- E-Control (2016) Ausfalls- und Störungsstatistik. E-Control Austria. [online] <https://www.e-control.at/statistik/strom/statistik-fuer-versorgungsqualitaet/stoerungsstatistik> (Zugegriffen 16. Juni 2017).
- E-Control (2008) Erdgasleitungen und Erdgasstätten in Österreich. [online] <https://www.e-control.at/industrie/gas/gasnetz>.
- E-Control (2017) Gasnetz. E-Control Austria. [online] <https://www.e-control.at/industrie/gas/gasnetz> (Zugegriffen 20. Juni 2017).
- Edler, C. (2013) Das österreichische Gasnetz. Bachelorarbeit an der TU Wien.
- Fenzl, R. (2011) Im Spiegel der Statistik: Die öffentliche Kanalisation in Österreich. Master-Projektarbeit an der TU Graz.

- Friedl, F. (2017) Notstromversorgung bei Blackout.
- Fuchs-Hanusch, D. (2016) Grundwassernutzung. Vorlesung an der TU Graz.
- Fuchs-Hanusch, D. (2014a) Wasserversorgung-System, Wasserbedarf, Wasserverteilung. Vorlesung an der TU Graz.
- Fuchs-Hanusch, D. (2014b) Wasserversorgung-Wasserspeicherung. Vorlesung an der TU Graz.
- Fuchs-Hanusch, D. (2014c) Wasserversorgung-Wassertransport, Wasserverteilung. Vorlesung an der TU Graz.
- Gas CONNECT AUSTRIA (2011a) GAS CONNECT AUSTRIA - Auf einen Blick. GAS CONNECT AUSTRIA. [online] <http://www.gasconnect.at/de/Das-Netz/Interaktive-Karte> (Zugegriffen 20. Juni 2017).
- Gas CONNECT AUSTRIA (2011b) GAS CONNECT AUSTRIA - Baumgarten. GAS CONNECT AUSTRIA. [online] http://www.gasconnect.at/de/Das-Netz/~/link.aspx?_id=46D89E460E6F42C38A2241AB7ECAE0D2&_z=z (Zugegriffen 20. Juni 2017).
- Gas CONNECT AUSTRIA (2011c) GAS CONNECT AUSTRIA - Erdgas-Transport. GAS CONNECT AUSTRIA. [online] <http://www.gasconnect.at/de/KnowHow/Erdgas-Transport> (Zugegriffen 20. Juni 2017).
- gesund24.at (2016) Wie lange kann ein Mensch ohne Wasser überleben? gesund24.at. [online] <http://www.gesund24.at/medizin/Wie-lange-kann-ein-Mensch-ohne-Wasser-ueberleben/224303034> (Zugegriffen 30. November 2017).
- GLOBAL 2000 (2017) Atomkraftwerke Europas im Überblick. GLOBAL 2000 - Die österreichische Umweltschutzorganisation. [online] https://www.global2000.at/sites/global/files/import/content/atom/SeismicMapKW-undLegendeweb.jpg_me/SeismicMapKW-undLegendeweb.jpg (Zugegriffen 10. November 2017).
- Gruber, G. (2016a) Abwasserbehandlung- Biologische Abwasserreinigung. Vorlesung an der TU Graz.
- Gruber, G. (2016b) Abwasserbehandlung- Mechanische Abwasserreinigung. Vorlesung an der TU Graz.
- Gruber, G. (2013) Nutzung des Wassers, Interessenskonflikte. Vorlesung an der TU Graz.
- Gruber, G. (2016c) Schlammbehandlung. Vorlesung an der TU Graz.
- Gujer, W. (2002) *Siedlungswasserwirtschaft*, Springer, ETH Zürich.

- Johannes Kepler Universität Linz (2011) Blackout Simulator. blackout-simulator.com. [online] <http://www.blackout-simulator.com/> (Zugegriffen 12. Juni 2017).
- Kärnten Netz (2017a) Hochdruckleitungen - Kärnten Netz. kaerntennetz.at. [online] <http://www.kaerntennetz.at/content/hochdruckleitungen-663.html> (Zugegriffen 19. Juni 2017).
- Kärnten Netz (2017b) Hochspannungsleitungen - Kärnten Netz. kaerntennetz.at. [online] <http://www.kaerntennetz.at/content/hochspannungsleitungen-812.html> (Zugegriffen 14. Juni 2017).
- Kärnten Netz (2017c) Mittel-, Niederdruckleitungen - Kärnten Netz. kaerntennetz.at. [online] <http://www.kaerntennetz.at/content/mittel-niederdruckleitungen-663.html> (Zugegriffen 19. Juni 2017).
- Kärnten Netz (2017d) Mittelspannungsleitungen - Kärnten Netz. kaerntennetz.at. [online] <http://www.kaerntennetz.at/content/mittelspannungsleitungen-822.html> (Zugegriffen 14. Juni 2017).
- Kärnten Netz (2017e) Niederspannungsleitungen - Kärnten Netz. kaerntennetz.at. [online] <http://www.kaerntennetz.at/content/niederspannungsleitungen-828.html> (Zugegriffen 14. Juni 2017).
- Kärnten Netz (2017f) Schieber- und Reduzierstationen - Kärnten Netz. kaerntennetz.at. [online] <http://www.kaerntennetz.at/content/schieber-und-reduzierungsstationen-669.html> (Zugegriffen 19. Juni 2017).
- Kärnten Netz (2017g) Verteilernetz - Kärnten Netz. kaerntennetz.at. [online] <http://www.kaerntennetz.at/content/verteilernetz-660.html> (Zugegriffen 19. Juni 2017).
- Kärnten Netz (2017h) Was ist Smart Metering? - Kärnten Netz. kaerntennetz.at. [online] <http://www.kaerntennetz.at/content/was-ist-smart-metering-939.html> (Zugegriffen 8. August 2017).
- Kleine Zeitung (2017) Millionen Menschen nach Panne stromlos.
- klimaretter.info (2017) Grundlast, Grundlastkraftwerk. klimaretter.info. [online] <http://www.klimaretter.info/tipps-klima-lexikon/6127-grundlast-grundlastkraftwerk> (Zugegriffen 6. Juni 2017).
- Kolm, E. (2012) RAG - Veröffentlichungen - Presse. RAG.AUSTRIA.ENERGIE. [online] <http://www.rag-austria.at/presse/veroeffentlichungen/details/article/rag-erdgasspeicher-haben-alle-rekorde-gebrochen.html> (Zugegriffen 20. Juni 2017).
- Ladinig, U. & Rizzardi (2012) Truppendienst Blackout.

- Ladinig, U. & Saurugg, H. (2012a) Bundesheer - TRUPPENDIENST - Ausgabe 1/2012 - Blackout. [online] <http://www.bundesheer.at/truppendienst/ausgaben/artikel.php?id=1250> (Zugegriffen 24. Mai 2017).
- Ladinig, U. & Saurugg, H. (2012b) Truppendienst Blackout.
- Lindtner, S. (2011) Energieautarke Kläranlage. [online] http://www.noe.gv.at/noe/Wasser/Abwasser_Energieautarke_Klaeranlagen.html.
- meinbezirk (2017) Flächendeckender Stromausfall in Innsbruck – Land gibt Verhaltenstipps. [meinbezirk.at](https://www.meinbezirk.at/innsbruck/lokales/flaechendeckender-stromausfall-in-innsbruck-land-gibt-verhaltenstipps-d2009716.html). [online] <https://www.meinbezirk.at/innsbruck/lokales/flaechendeckender-stromausfall-in-innsbruck-land-gibt-verhaltenstipps-d2009716.html> (Zugegriffen 1. Juni 2017).
- Muschalla, D. (2015) Abwasserentsorgung- Abwasser, Entwässerung, Bemessungsabflüsse. Vorlesung an der TU Graz.
- Nicolics, S., Mayr, E., Salomon, A., & Perfler, R. (2017) Umgang mit Störfällen in der Steiermärkischen Wasserversorgung- Ist-Stand Erhebung und Leitfadenerstellung. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 2017, 69/5-6, 2017, DOI 10.1007/s00506-017-0391-2.
- Niederösterreichische Zivilschutzverband (2013) Safety Ratgeber-Blackout. [online] <http://www.noezsv.at/noe/pages/startseite/zivilschutz-themen-az/blackout.php>.
- notvorsorge.com (2013) Krisenvorsorge Trinkwasser. [notvorsorge.com](https://notvorsorge.com/krisenvorsorge-trinkwasser). [online] <https://notvorsorge.com/krisenvorsorge-trinkwasser> (Zugegriffen 8. Juni 2017).
- OEVGW (2017a) Verbrauch | Wasserwerk. [WASSERWERK.at](http://www.wasserwerk.at/home/alles-ueber-wasser/verbrauch). [online] <http://www.wasserwerk.at/home/alles-ueber-wasser/verbrauch> (Zugegriffen 22. Juni 2017).
- OEVGW (2017b) *W 74 Trinkwassernotversorgung*, Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach, Wien.
- OEVGW (2017c) Wasserbilanz | Wasserwerk. [WASSERWERK.at](http://www.wasserwerk.at/home/alles-ueber-wasser/wasserbilanz). [online] <http://www.wasserwerk.at/home/alles-ueber-wasser/wasserbilanz> (Zugegriffen 21. Juni 2017).
- OEVGW (2017d) Wasserressource / Österreich | Wasserressource | Wasserwerk. [WASSERWERK.at](http://www.wasserwerk.at/home/alles-ueber-wasser/wasserressource/16). [online] <http://www.wasserwerk.at/home/alles-ueber-wasser/wasserressource/16> (Zugegriffen 21. Juni 2017).
- OEVGW (2017e) Wasserressource / Weltweit | Wasserressource | Wasserwerk. [WASSERWERK.at](http://www.wasserwerk.at/home/alles-ueber-wasser/wasserressource/17). [online] <http://www.wasserwerk.at/home/alles-ueber-wasser/wasserressource/17> (Zugegriffen 21. Juni 2017).

- Ometzberger, B. (2011) E-Control: 2011 neuer Spitzenwert bei Stromversorgungssicherheit erreicht.
- ORF Kärnten (2017a) Keine UVP für 110-kV-Leitung nötig. kaernten.orf.at. [online] <http://kaernten.orf.at/news/stories/2856240/> (Zugegriffen 8. August 2017).
- ORF Kärnten (2017b) Stromausfall: Land arbeitet Schutzpläne aus -. kaernten.ORF.at. [online] <http://kaernten.orf.at/news/stories/2849537/> (Zugegriffen 20. Juni 2017).
- ORF Tirol (2016) Notstromversorgung für Landestankstellen -. tirol.ORF.at. [online] <http://tirol.orf.at/news/stories/2785550/> (Zugegriffen 30. Mai 2017).
- Österreichischer Zivilschutzverband (2013) Blackout- Selbstschutz bei großen Stromausfällen. Blackout Ratgeber. [online] <http://www.zivilschutz.steiermark.at/blackout.html>.
- Österreichisches Bundesheer (2014) Bundesheer - TRUPPENDIENST - Ausgabe 1/2012 - Blackout. [online] <http://www.bundesheer.at/truppendienst/ausgaben/artikel.php?id=1250> (Zugegriffen 25. Mai 2017).
- Österreichisches Bundesheer (2012) Bundesheer - TRUPPENDIENST - Ausgabe 5/2012 - Blackout - Die Netzwerkgesellschaft und das nationale Krisenmanagement. [online] <http://www.bundesheer.at/truppendienst/ausgaben/artikel.php?id=1442> (Zugegriffen 25. Mai 2017).
- Österreichs Energie (2012) Blackout Das unterschätzte Risiko. Fachmagazin der österreichischen E-Wirtschaft.
- Petermann, T., Bradke, H., Lüllmann, A., Poetzsch, M., & Riehm, U. (2010) Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften – am Beispiel eines großräumigen Ausfalls der Stromversorgung.
- Grombach, P., Haberer, K., Merkl, G., Trueb, E.U. (2000): Handbuch der Wasserversorgungstechnik. DVGW, München/Wien zitiert in Petermann, T., Bradke, H., Lüllmann, A., Poetzsch, M., & Riehm, U. (2010) Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften – am Beispiel eines großräumigen Ausfalls der Stromversorgung.
- Ebel, O.-G. (1995): Lehr- und Handbuch Wasserversorgung. Bd.3, Maschinelle und elektrische Anlagen in Wasserwerken. München zitiert in Petermann, T., Bradke, H., Lüllmann, A., Poetzsch, M., & Riehm, U. (2010) Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften – am Beispiel eines großräumigen Ausfalls der Stromversorgung.

- Wricke, B., Korth, A. (2007): Auswirkungen demografischer Entwicklungen auf die Wasserversorgung. In: Energie/Wasserpraxis 10/2007 zitiert in Petermann, T., Bradke, H., Lüllmann, A., Poetzsch, M., & Riehm, U. (2010) Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften – am Beispiel eines großräumigen Ausfalls der Stromversorgung.
- Pliem, M. (2016) Auswirkungen von Blackoutszenarien auf die Siedlungswasserwirtschaft – Entwicklung eines Fragebogens zur Sensibilisierung von Ver- und Entsorgern.
- Reichel, M. (2016) Wiens Kläranlage wird zum Öko-Kraftwerk. Energiegespräche am Technischen Museum Wien.
- Reichel & Schmidthaler (2011) Blackout Simulator. [blackout-simulator.com](http://www.blackout-simulator.com/). [online] <http://www.blackout-simulator.com/> (Zugegriffen 12. Juni 2017).
- Saurugg, H. (2017a) Auswertung Redispatching & Intradaystops. Vernetzung & Komplexität. [online] <http://www.herbert.saurugg.net/strom-blackout/risiko-eines-strom-blackouts/auswertungen> (Zugegriffen 6. Juni 2017).
- Saurugg, H. (2014a) Blackout – Eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung. [online] <http://www.herbert.saurugg.net/ueber-mich/publikationen>.
- Saurugg, H. (2017b) Ein europaweiter Strom- und Infrastrukturausfall („Blackout“). Vernetzung & Komplexität. [online] <http://www.herbert.saurugg.net/strom-blackout> (Zugegriffen 24. Mai 2017).
- Saurugg, H. (2014b) Ein-Blackout-und-die-Wasserversorgung. [online] <http://www.herbert.saurugg.net/ueber-mich/publikationen>.
- Saurugg, H. (2014c) Erfahrungsbericht aus dem Hilfeinsatz in Slowenien / Stromausfall. Vernetzung & Komplexität. [online] <http://www.herbert.saurugg.net/2014/blog/krisenvorsorge/erfahrungsbericht-aus-dem-hilfeinsatz-in-slowenien-stromausfall> (Zugegriffen 2. Juni 2017).
- Saurugg, H. (2017c) Informationen zu Notstromaggregaten. Vernetzung & Komplexität. [online] <http://www.herbert.saurugg.net/strom-blackout/vorbereitungen-auf-ein-blackout/notstromversorgung> (Zugegriffen 9. Juni 2017).
- Saurugg, H. & Kogler, H. (2015) Meine Gemeinde auf ein Blackout vorbereiten. [online] <http://www.herbert.saurugg.net/ueber-mich/publikationen>.
- Saurugg, H. & Steller, S. (2016) Die organisierte Hilfe im Fall eines Blackouts.
- Scheffer, U. (2014) Deutschland ohne Strom. Der große Blackout. [online] <http://www.tagesspiegel.de/politik/deutschland-ohne-strom-der-grosse-blackout/11173270.html>.

Schmaranz, R. (2014) *Zuverlässigkeits- und sicherheitsorientierte Auslegung und Betriebsführung elektrischer Netze*, TU Graz, Graz.

Udo Ladinig, Graphik: Die Presse am Sonntag, Seite 11, Österreich, 16. Oktober 2011 zitiert in Schmaranz, R. (2014) *Zuverlässigkeits- und sicherheitsorientierte Auslegung und Betriebsführung elektrischer Netze*, TU Graz, Graz.

Schmid, F. (2017) Blackout durch Hacker wird real – ist Österreich vorbereitet? derStandard.at. [online] <http://derstandard.at/2000061032966/Blackout-durch-Hacker-wird-real-ist-Oesterreich-vorbereitet> (Zugegriffen 8. August 2017).

SPIEGEL ONLINE, (2003a) Chaos in Schweden und Dänemark: Millionen Skandinavier ohne Strom -. SPIEGEL ONLINE. [online] <http://www.spiegel.de/panorama/chaos-in-schweden-und-daenemark-millionen-skandinavier-ohne-strom-a-266825.html> (Zugegriffen 2. Juni 2017).

SPIEGEL ONLINE (2012) Mega-Blackout: Stromausfall in halb Indien. SPIEGEL ONLINE. [online] <http://www.spiegel.de/panorama/gesellschaft/blackout-in-indien-stromausfall-trifft-600-millionen-menschen-a-847382.html> (Zugegriffen 2. Juni 2017).

SPIEGEL ONLINE (2003b) Sonneneruptionen: „Es war der perfekte Sturm“. Spiegel Online. [online] <http://www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/sonneneruptionen-es-war-der-perfekte-sturm-a-271661.html>.

SPIEGEL ONLINE, (2003c) Stromausfall in Nordamerika: Blackout dauert an. SPIEGEL ONLINE. [online] <http://www.spiegel.de/panorama/stromausfall-in-nordamerika-blackout-dauert-an-a-261328.html> (Zugegriffen 2. Juni 2017).

SRF (2014) srf.ch. [online] <http://www.srf.ch/news/schweiz/der-blackout-2005-ein-schwarzer-tag-fuer-die-sbbDer> (Zugegriffen 2. Juni 2017).

Stadt Feldbach (2017a) „Blackout-Vorsorge“ – für private Eigenheime (Teil 2). Gemeindezeitung Neue Stadt Feldbach.

Stadt Feldbach (2017b) „Blackout-Vorsorge“ der Neuen Stadt Feldbach. Gemeindezeitung Neue Stadt Feldbach.

Stadt Feldbach (2017c) Blackout-Vorsorge Strategie der NEUEN Stadt Feldbach. Gemeindezeitung Neue Stadt Feldbach.

strom.info (2017) Geschichte des Stroms. strom.info. [online] <http://www.strom.info/strom-geschichte.html> (Zugegriffen 18. April 2017).

- Tiroler Tageszeitung Online (2017) Stromausfall legte bis zu 45.000 Haushalte lahm. Tiroler Tageszeitung Online. [online] <http://www.tt.com/home/6098112-91/stromausfall-legte-bis-zu-45.000-haushalte-lahm.csp> (Zugegriffen 1. Juni 2017).
- Imhoff, K. and K. R. Imhoff (2007). Taschenbuch der Stadtentwässerung, Oldenbourg Industrieverlag München. zitiert in Vicuini, R. (2013) Untersuchungen zur Dynamik der Feststoffsedimentation in Absetzbecken.
- Wasser-Wissen.de (2017) Indirekteinleiter. Wasser-Wissen.de. [online] <http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/i/indirekteinleiter.htm> (Zugegriffen 30. August 2017).
- Weltwassertag (2017) Weltwassersituation. Weltwassertag. [online] <https://www.weltwassertag.com/weltwassersituation> (Zugegriffen 21. Juni 2017).
- wetteronline (2014) Eiskatastrophe lähmt Slowenien. wetteronline.de. [online] <http://www.wetteronline.de/fotostrecken/2014-02-05-es?part=single> (Zugegriffen 2. Juni 2017).
- Wiener Zeitung (2012) Mega-Blackout: 600 Millionen in Indien tappten im Dunkeln. Wiener Zeitung.at. [online] http://www.wienerzeitung.at/nachrichten/panorama/chronik/476893_Mega-Blackout-600-Millionen-in-Indien-tappten-im-Dunkeln.html (Zugegriffen 2. Juni 2017).
- WKO (2017) Mineralölindustrie: Dieselverbrauch 2016 gestiegen. WKO.at. [online] <https://www.wko.at/branchen/industrie/mineraloelindustrie/Dieselverbrauch-2016-gestiegen.html> (Zugegriffen 20. Juni 2017).
- WKO (2016) Mineralölindustrie: Tankstellenanzahl in Österreich stabil. WKO.at. [online] <https://www.wko.at/branchen/industrie/mineraloelindustrie/Mineraloelindustrie:-Tankstellenanzahl--in-Oesterreich-st.html> (Zugegriffen 20. Juni 2017).
- World Socialist Web Site (2017) Stromausfall Indien 2012. wsws.org. [online] <https://www.wsws.org/en/media/photos/legacy/2012aug/a01-indi-480.png> (Zugegriffen 10. November 2017).
- WV Millstättersee (2017a) Bilder - Flotation - Wasserverband Millstättersee ... wir klären das! Wasserverband Millstättersee. [online] <http://www.wvm.at/bilder-flotation.html> (Zugegriffen 30. Juni 2017).
- WV Millstättersee (2011) Energie (100% energieautark) - Wasserverband Millstättersee ... wir klären das! Wasserverband Millstättersee. [online] <http://www.wvm.at/energie.html> (Zugegriffen 30. Juni 2017).

- WV Millstättersee (2017b) Funktionsbeschreibung Kläranlage - Wasserverband Millstättersee ... wir klären das! Wasserverband Millstättersee. [online] <http://www.wvm.at/klaeranlage-funktionsbeschreibung.html> (Zugegriffen 30. Juni 2017).
- WV Ossiachersee (2017a) Kanalnetz. Wasserverband Ossiachersee. [online] <http://www.wvo.at/de/abwasserentsorgung/kanalnetz> (Zugegriffen 27. Juni 2017).
- WV Ossiachersee (2017b) Seedruckleitungen Ossiacher See. Wasserverband Ossiachersee. [online] <http://www.wvo.at/de/abwasserentsorgung/seedruckleitungen> (Zugegriffen 27. Juni 2017).
- WV Ossiachersee (2017c) Verbandskläranlage Feldkirchen. Wasserverband Ossiachersee. [online] <http://www.wvo.at/de/abwasserentsorgung/klaeranlagefeldkirchen> (Zugegriffen 29. Juni 2017).

Anhang A

Fragenbogen Wasserversorgung

Auswirkungen von Blackoutszenarien auf die Siedlungswasserwirtschaft


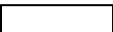

BLACKOUT-Fragebogen: Wasserversorgung

Stand: 19.10.2017

Erklärung des Begriffes „Blackout“:

Ein „Blackout“ ist ein großflächiger Stromausfall über eine Zeitdauer von Stunden,
über Tage, bis hin zu Wochen.

Der Fragebogen wird streng vertraulich und anonymisiert behandelt!

LEGENDE:		Nicht Ausfüllen
		Ausfüllen
		Ankreuzen

1 Allgemeines

1.1 Wie hoch ist der Gesamtwasserbedarf?

Gesamtwasserverbrauch	Q_m [m³/Jahr]	$maxQ_d$ [m³/d]	$maxQ_h$ [m³/h]	Versorgte Einwohner [Anz]
Im Versorgungsgebiet				
Davon Großverbraucher				-
Für Weiterleitung an Dritte				-

1.2 Ist das Versorgungsgebiet in Versorgungszonen unterteilt und wenn ja, wie sind diese charakterisiert?

Zonenbezeichnung	$maxQ_d$ [m³/d]	$maxQ_h$ [m³/h]	Versorgte Einwohner [Anz]	Mit Notstromaggregate ausgestattet? [Ja/Nein]		Falls Notstromaggregate vorhanden:			
						Fix [Anz]	Mobil [Anz]	Ge- mietet [Anz]	Mögliche Dauer eines Notbetrie- bes?[h]
				Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
				Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
				Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
				Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
				Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
				Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				

1.3 Bestehen besondere vertragliche Verpflichtungen mit Großverbrauchern in Bezug auf einen Störfall?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Wenn ja, welche?		

1.4 Falls eine Wasseraufbereitungsanlage vorhanden ist, gibt es Szenarien, nichtaufbereitetes Wasser ohne Behandlung in das Trinkwassernetz einzuspeisen?

Wasseraufbereitung	Einspeisung aus technischer Sicht möglich		Einspeisung aus qualitativer Sicht möglich	
	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
Wenn ja, mit welchen Auswirkungen?				

1.5 Wie hoch ist der Energieverbrauch aller Wasserversorgungsanlagen im Versorgungsgebiet?

	Energiebedarf elektrisch [kWh/Jahr]	Energiebedarf elektrisch [kWh/d]	Spitzenleistung [kW _{Peak}]
Summe			

1.6 Wie hoch ist der Anteil der stromabhängigen Wasserförderung im Versorgungsgebiet?

Wasserförderung	Anlagen [Anz]	maxQ _d [m ³ /d]	Falls Pumpwerke vorhanden			Falls Notstromaggregate vorhanden:				
			Stromverbrauch [kWh/Jahr]	kW _{Peak} [kW]	Mit Notstromaggregate ausgestattet? [Ja/Nein]	Fix [Anz]	Mobil [Anz]	Gemietet [Anz]	Mögliche Dauer eines Notbetriebes?[h]	
Quellen					Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
Brunnen					Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
Zuspeisung von Dritten					Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
Summe										

1.7 Wie hoch ist der Anteil der stromabhängigen Wasseraufbereitung im Versorgungsgebiet?

Wasseraufbereitung	Anlagen [Anz]	Versorgte Einwohner [Anz]	maxQ _d [m³/d]	Falls Pumpwerke vorhanden				Falls Notstromaggregate vorhanden			
				Stromver- brauch [kWh/Jahr]	kW _{Peak} [kW]	Mit Notstrom- aggregate ausgestattet? [Ja/Nein]		Fix [Anz]	Mobil [Anz]	Gemietet [Anz]	Mögliche Dauer eines Notbetrie- bes?[h]
Summe						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
WAA_						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
WAA_						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
WAA_						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
WAA_						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				

1.8 Wie hoch ist der Anteil der stromabhängigen Wasserverteilung im Versorgungsgebiet?

Wasserverteilung	Anlagen [Anz]	maxQ _d [m ³ /d]	Stromver- brauch [kWh/Jahr]	kW _{Peak} [kW]	Mit Notstrom- aggregate ausgestattet? [Ja/Nein]		Falls Notstromaggregate vorhanden			
							Fix [Anz]	Mobil [Anz]	Gemietet [Anz]	Mögliche Dauer eines Notbetrie- bes?[h]
Druckerhöhungsanlagen					Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
Druckerhöhungsanlagen auf Kundenseite					Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
Druckregelschächte					Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
Wasserzählerschächte intern					Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
Wasserzählerschächte zu/von anderen Versorgern					Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
Summe										

1.9 Wie hoch ist der Anteil der stromabhängigen Wasserspeicherung im Versorgungsgebiet?

Wasserspeicherung	Anlagen [Anz]	Gesamt- speicher- inhalt [m³]	Nutzbarer Speicher- inhalt [m³]	Falls Pumpwerke vorhanden			Falls Notstromaggregate vorhanden				
				Stromver- brauch [kWh/Jahr]	kW _{Peak} [kW]	Mit Notstromag- gregate ausge- stattet? [Ja/Nein]	Fix [Anz]	Mobil [Anz]	Gemie- tet [Anz]	Mögliche Dauer eines Notbetrie- bes?[h]	
Hochbehälter						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
Tiefbehälter						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
Wassertürme						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
Summe											

1.10 Ist während eines BLACKOUTS die fernwirktechnische Überwachung und Steuerung der Wasserversorgungsanlagen weiterhin möglich?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Falls nein, welche Teile der Fernwirktechnik wären nicht funktionsfähig?		
Könnte über Ersatzstromanlagen die fernwirktechnische Überwachung und Steuerung der Anlagen wieder hergestellt werden?		
Wie lange wäre die Versorgung damit gesichert (in h)?		
Welche Systeme zur Datenübertragung kommen zum Einsatz(z. B. Funk, Kabel)?		
Bestehen Abhängigkeiten zu anderen Firmen (z. B. hinsichtlich der Datenübertragung)?		

1.11 Welche Auswirkungen hat der Ausfall folgender stromabhängiger Systeme auf die Wasserversorgung?

Telekommunikationsnetz	
EDV-System	
Gasversorgung	
Fernwärme	
Tankstellen	

1.12 Sind besondere Probleme in Abhängigkeit der Jahreszeit und in Kombination mit einem BLACKOUT zu erwarten?

Im Winter:	
Im Frühling:	
Im Sommer:	
Im Herbst:	

1.13 Gibt es Brunnen und zentrale Entnahmestellen (z. B. Quellfassungen, Bäche, Teiche, Hydranten, an denen eine Entnahmestelle eingerichtet wird) zur Trinkwasser- oder Nutzwassernotversorgung?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
Wenn ja, wieviele? [Anz]	
Maximale Fördermenge in [m ³ /d] bzw. [m ³ /h]	
Davon Trinkwasser in [m ³ /d] bzw. [m ³ /h]	
Wie werden diese eingesetzt und wie und wo sind diese eingebunden?	

1.14 Verfügt das Unternehmen über eine stationäre oder mobile Abfüllanlage für Trinkwasser?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>		
Kapazität [m ³ /d] bzw. [m ³ /h]			
Gibt es Szenarien, nicht versorgte Zonen auf diesem Weg zu versorgen und wie sehen diese aus?			

1.15 Wie kann die Löschwassermenge gesichert werden bzw. wie sieht die Versorgung mit Löschwasser im Notfall aus?

Wurden diese Pläne mit den zuständigen Feuerwehren abgesprochen? [Ja/Nein]	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>

2 Unternehmensinterne Fragen

2.1 Wie viele Kraftfahrzeuge gibt es im Unternehmen?

Davon dieselbetrieben	
Davon benzinbetrieben	
Davon anders betrieben (z. B. strom- oder gasbetrieben)	
Summe	
Wie viele werden davon im Krisenfall benötigt?	
Davon dieselbetrieben	
Davon benzinbetrieben	
Davon anders betrieben (z. B. strom- oder gasbetrieben)	

2.2 Über welchen für die Betankung von Fahrzeugen verfügbaren Kraftstoffvorrat in Litern verfügt das Unternehmen?

Energieträger	Davon in Fahrzeugen[Liter]	Davon in Vorrats-tanks[Liter]	Anzahl
Diesel			-
Benzin			-
Heizöl			-
Gas (flüssig)			-
Solar-Ladestationen	-	-	
Summe			

2.3 Wie werden die vorhandenen Treibstoffvorräte gesichert?**2.4 Gibt es garantierte Lieferverträge mit Treibstofflieferanten speziell für Blackout-Szenarien?**

2.5 Wie viele Personen sind im Unternehmen beschäftigt?

Personal	[Anz]
Summe	
Davon im Innendienst	
Davon im Aussendienst	
Davon Pendler	
Davon Pendler und auf den persönlichen PKW angewiesen	
Welcher Teil des Personals kann den Weg zur Arbeit zu Fuß bewältigen?	

2.6 Wie viele Personen werden unter Berücksichtigung ausreichender Ruhezeiten und evtl. Krankenstände pro Tag benötigt, um die Versorgung aufrecht erhalten zu können?

Personal	Zeitdauer eines Blackouts			
	Blackout bis 2h [Anz]	Blackout bis 24h [Anz]	Blackout bis 3 Tage [Anz]	Blackout mehr als 3 Tage [Anz]
Im Innendienst				
Im Aussendienst				
Summe				

2.7 Gibt es Personaleinsatzpläne für einen derartigen Notfall?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Wenn ja, wie sehen diese aus?		

2.8 Gibt es Überlegungen hinsichtlich des Transports der Mitarbeiter vom Wohnort zur Arbeit bzw. von der Arbeit zum Wohnort?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Wenn ja, wie sehen diese aus?		

2.9 Wer ist im Ernstfall für den Anschluss der mobilen sowie fix installierten Notstromaggregate zuständig? Gibt es im Unternehmen eigens dafür ausgebildete Fachkräfte?

Wieviele Personen sind dafür notwendig? [Anz]	

2.10 Wie sieht die Vorbereitung der MitarbeiterInnen auf ein BLACKOUT aus?

--

3 Probleme und Beschädigungen im Netz

3.1 Welche Auswirkungen/Beschädigungen sind zu erwarten, wenn über längere Zeit (Tage bis Wochen)...

...in den Wasserwerken Feuchteregelung und Korrosionsschutz ausfallen?	
...Rohrleitungen still gelegt werden?	
...Pumpen still gelegt werden?	
...Wasseraufbereitungsanlagen still gelegt werden?	

3.2 Mit welchen Haupt-Problemen ist beim Wiederanfahren des Systems zu rechnen? Insbesondere in Bezug auf...

...das Anfahren der EDV- und Fernwirkanlagen?
...das Anfahren der Pumpen und Druckerhöhungsanlagen?
...das Anfahren der Wasseraufbereitungsanlagen?
...der Wiederinbetriebnahme des kompletten Rohrnetzes?
...dem Wiederanlaufen der organisatorischen Prozesse?
Sonstige denkbare Probleme beim Wiederanfahren des Systems:

4 Kommunikation

4.1 Gibt es im Unternehmen bei Ausfall von Mobilfunk, Festnetz und Internet alternative Kommunikationssysteme? Wird Funk eingesetzt? Wenn ja, wie werden die Akkus/Batterien geladen?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>		
Wenn ja, welche? Wenn nein, warum?			
Wird Funk eingesetzt?	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Wenn ja, wie werden die Akkus/Batterien geladen?			

4.2 Wie findet im Notfall die Kommunikation zur Bevölkerung statt (Hinweise zur Wasserqualität, zum Abkochen, zur Verfügbarkeit, ...)?

Wer ist dafür zuständig?		
Mittels vorbereitete Flug- und Infoblätter?	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
Mittels Lautsprecher-Fahrzeuge mit vorbereiteten Informationen?	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
Oder andere Hilfsmittel?		

5 Simulierte Übungen

**5.1 Wurde bereits eine Übung hinsichtlich eines länger andauernden Totalausfalls des Stromnetzes durchgeführt?
Wenn ja, wie sah der Übungsablauf aus und welche Erkenntnisse konnten daraus gezogen werden?**

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	Wenn ja, wie viele? [Anz]		
Wenn ja, welche Erkenntnisse konnten daraus gezogen werden?				
Wenn ja, wie sah der Übungsablauf aus?				

5.2 Gibt es Vorbereitungen für eine Zusammenarbeit mit Hilfs- und/oder Einsatzorganisationen (z. B. dem Bundesheer, der Feuerwehr)?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Wenn ja, wie sehen diese aus?		

6 Notstromaggregate

6.1 Werden stationäre (fixe), mobile und gemietete Notstromaggregate regelmäßig gewartet und getestet?

Anlagen:	Gewartet [Ja/Nein]		Getestet [Ja/Nein]	
	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
Stationäre (Fixe) Notstromaggregate	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
Mobile Notstromaggregate	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
Gemietete Notstromaggregate	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>

6.2 Wie oft wird die Funktionstüchtigkeit der Notstromaggregate pro Jahr überprüft?

Anlagen:	Überprüfungen/Jahr [Anz/Jahr]
Stationäre (Fixe) Notstromaggregate	
Mobile Notstromaggregate	
Gemietete Notstromaggregate	

6.3 Welche Leistungen können die Notstromaggregate erbringen?

Anlagen:		Spitzenleistung kW_{PEAK} [kW]
Stationäre (Fixe) Notstromaggregate:	Typ 1:	
	Typ 2:	
	Typ 3:	
Mobile Notstromaggregate:	Typ 1:	
	Typ 2:	
	Typ 3:	
Gemietete Notstromaggregate:	Typ 1:	
	Typ 2:	
	Typ 3:	

6.4 Welche Inhalte fassen die Tanks der Notstromaggregate und wie hoch ist deren Verbrauch im Leerlauf und unter Vollast?

Anlagen:		Inhalt Tanks [Liter]	Verbrauch [Liter/h]	
			Leerlauf	Vollast
Stationäre (Fixe) Notstromaggregate:	Typ 1:			
	Typ 2:			
	Typ 3:			
Mobile Notstromaggregate:	Typ 1:			
	Typ 2:			
	Typ 3:			
Gemietete Notstromaggregate:	Typ 1:			
	Typ 2:			
	Typ 3:			

6.5 Sind genügend Ersatzteile für die Notstromaggregate vorhanden?

Anlagen:	Genügend Ersatzteile vorhanden [Ja/Nein]	
Stationäre (Fixe) Notstromaggregate	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
Mobile Notstromaggregate	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
Gemietete Notstromaggregate	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>

7 Sicherheit

7.1 Gibt es Maßnahmen zur Verdunkelung, um in solchen Krisenfällen nicht als Anlaufpunkt für Hilfesuchende zu fungieren?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
-----------------------------	-------------------------------

7.2 Kann der Brandschutz bei den Betriebsgebäuden und sonstigen Betriebseinrichtungen aufrechterhalten werden?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
-----------------------------	-------------------------------

7.3 Funktionieren Brandmeldeanlagen und Feuerlöschanlagen auch ohne Stromversorgung?

Anlagen:	Funktionsbereit ohne Strom [Ja/Nein]	
Brandmeldeanlagen	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
Feuerlöschanlagen	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>

Anhang B

Fragenbogen Abwasserentsorgung

Auswirkungen von Blackoutszenarien auf die Siedlungswasserwirtschaft


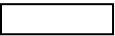
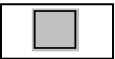
BLACKOUT-Fragebogen: Abwasserentsorgung

Stand: 19.10.2017

Erklärung des Begriffes „Blackout“:

Ein „Blackout“ ist ein großflächiger Stromausfall über eine Zeitdauer von Stunden,
über Tage, bis hin zu Wochen.

Der Fragebogen wird streng vertraulich und anonymisiert behandelt!

LEGENDE:		Nicht Ausfüllen
		Ausfüllen
		Ankreuzen

1 Kanalisation

1.1 Entwässerungssysteme

Entwässerungssystem	Kanallängen [km]	Entwässerte Flächen [ha]
a) Mischwasserkanäle		
b) Schmutzwasserkanäle		
c) Regenwasserkanäle		

1.2 Kommen Sonderentwässerungsverfahren zum Einsatz (z. B. Drucksysteme, Vakuumsysteme, Seedruckleitungen, ...)?

Wenn ja, welche?	$Q_{T,d,max}$ [m ³ /d]	$Q_{T,max}$ [m ³ /h]

1.3 Kommunale Hausanschlüsse

1.3.1 Ist jene Anzahl an Hausanschlüssen und Einwohnern bekannt, welche zur Entwässerung von Kellerbereichen private Abwasserpumpwerke benötigen?

Anzahl bekannt? [J/N]		Anzahl	Einwohner
Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>		

1.3.2 Gibt es für den Fall eines BLACKOUTS vorbereitete Informationen an diese Hauseigentümer, dass die Entwässerung in den öffentlichen Kanal in diesen Fällen nicht mehr funktionieren würde und Sie dafür auch Notstromaggregate bräuchten?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Anmerkungen:		

1.4 Gibt es in diesen Entsorgungszonen Bereiche mit sehr flachen Sohlneigungen, die generell zu Ablagerungen in der Kanalisation neigen?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Wenn ja, wo?		

1.5 Gibt es evtl. Überlegungen, Reinwasser zur Aufrechterhaltung der erforderlichen Schleppspannung in diesen Bereichen zu verwenden?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Wenn ja, wie sehen diese Überlegungen im Detail aus?		

1.6 Indirekteinleiter

1.6.1 Große betriebliche Indirekteinleiter

Welche?	$Q_{G,d,max}$ [m ³ /d]	$Q_{G,max}$ [m ³ /h]

1.6.2 Gibt es in den Indirekteinleiterverträgen Hinweise, Bestimmungen bzw. Vorgaben für den Fall eines BLACKOUTS?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Wenn ja, welche?		

1.6.3 Gibt es vorbereitetes Informationsmaterial für Indirekteinleiter, was diese im Falle eines BLACKOUTS zu tun haben?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Wenn ja, welches?		

1.7 Welche und wie viele Speicherbecken gibt es im Entwässerungssystem und wie erfolgt die Entleerung dieser Becken?

Speicherbecken	Anlagen [Anz]	Speichervolumen [m³]	Wie geschieht die Entleerung dieser Becken?	Falls Pumpwerke vorhanden sind:			Falls Notstromaggregate vorhanden:				
				Stromverbrauch [kWh/Jahr]	kW _{Peak} [kW]	Mit Notstromaggregat ausgestattet? [Ja/Nein]	Fix [Anz]	Mobil [Anz]	Gemietet [Anz]	Mögliche Dauer eines Notbetriebes? [h]	
Mischwasserüberlaufbecken						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
Stauraumkanäle						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
Mischwasserrückhaltebecken						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
Regenrückhaltebecken						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				

1.7.1 Welche und wie viele Speicherbecken gibt es im Entwässerungssystem und wie geschieht die Reinigung dieser Becken?

Speicherbecken	Anlagen [Anz]	Speichervolumen [m³]	Wie geschieht die Reinigung dieser Becken?	Falls automatische Reinigungseinrichtungen vorhanden sind:			Falls Notstromaggregate vorhanden:				
				Stromverbrauch [kWh/Jahr]	kW _{Peak} [kW]	Mit Notstromaggregat ausgestattet? [Ja/Nein]	Fix [Anz]	Mobil [Anz]	Gemietet [Anz]	Mögliche Dauer eines Notbetriebes? [h]	
Mischwasserüberlaufbecken						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
Stauraumkanäle						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
Mischwasserrückhaltebecken						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
Regenrückhaltebecken						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				

1.8 Welche Auswirkungen und Probleme sehen Sie im Falle eines BLACKOUTS bei Regenereignissen?

Kanalisation	Auswirkungen, Probleme und Nachteile im Vergleich
Mischkanalisation	
Trennkanalisation	

1.9 Welche Teile des Entwässerungsgebietes können bei Trockenwetter durchgängig und rein gravitativ bis zur Abwasserreinigungsanlage (ARA) ohne Hebewerke, Pumpen und sonstige elektrische Einrichtungen entwässert werden?

Kanalisationsart	[%]	[m³/d]
Mischkanalisation		
Schmutzwasserkanalisation		
Regenwasserkanalisation		

1.10 Wie hoch ist die Anzahl der elektrischen Hebeanlagen bzw. Pumpen im Einzugsgebiet (ohne ARA)?

Anlagenart	Anlagen [Anz]	Falls Pumpwerke vorhanden:			Falls Notstromaggregate vorhanden				
		Stromverbrauch [kWh/Jahr]	kW _{Peak} [kW]	Mit Notstromaggregat ausgestattet? [Ja/Nein]	Fix [Anz]	Mobil [Anz]	Gemietet [Anz]	Mögliche Dauer eines Notbetriebes? [h]	
Mischwasserkanäle				Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
Schmutzwasserkanäle				Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
Regenwasserkanäle				Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				

1.11 Wurden für den Fall von BLACKOUTS bisher bereits Szenarien durchgespielt, welche Auswirkungen ein längerer Ausfall der Pumpen im Einzugsgebiet (ohne ARA) hätte?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Wenn ja, mit welchen Erkenntnissen?		

1.12 Mit welchen Beeinträchtigungen ist zu rechnen, wenn über längere Zeit (Tage bis Wochen) die folgenden Bauteile der Kanalisation nicht stromversorgt wären?

Anlagenteile	Beeinträchtigungen
Kanäle	
Entlastungsbauwerke	
Dükerbauwerke	
Pumpen und Hebewerke	

1.13 Mit welchen zentralen Problemen ist bei der Wiederaufnahme des Kanalbetriebs nach einem BLACKOUT zu rechnen?

Anlagenteile	Probleme bei Wiederaufnahme des Kanalbetriebs
Kanäle	
Entlastungsbauwerke	
Dükerbauwerke	
Pumpen und Hebewerke	

2 Abwasserreinigungsanlage (ARA)

2.1 Anzahl und Ausbaugröße der ARAs im Einzugsgebiet in EW_{60} ? Gibt es auch Kleinkläranlagen?

ARAs		Kleinkläranlagen		
Anzahl:	Ausbaugröße [EW_{60}]:	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	Wenn ja, wie viele?

2.2 Hydraulische Auslegung: $MaxQ_T$ (l/s) und $maxQ_M$ (l/s) = Q_{ARA} (l/s) sowie $maxQ_{T,d}$ (m^3/d) und $maxQ_{M,d}$ (m^3/d)

$maxQ_T$ in [l/s]	$maxQ_M = Q_{ARA}$ in [l/s]	$maxQ_T$ in [m^3/d]	$maxQ_M = Q_{ARA}$ in [m^3/d]

2.3 Wie groß ist im Einzugsgebiet der ARA der Anteil, der öffentlich über die ARA entsorgt wird? Anschlussgrad?

Anschlussgrad:[%]		
-------------------	--	--

2.4 Gibt es im Entsorgungsgebiet Industrie- bzw. Gewerbebetriebe mit einer eigenen ARA?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	Wenn ja, wie viele? [Anz]		
Anmerkungen:				

2.5 Wie hoch ist der gesamte Energiebedarf der ARA?

Anlagenart	Anlagen [Anz]	Abwasserförderung [m³/Jahr]	maxQ _d [m³/d]	Stromverbrauch [kWh/Jahr]	kW _{Peak} [kW]	Mit Notstromaggregat ausgestattet? [Ja/Nein]		Falls Notstromaggregate vorhanden			
								Fix [Anz]	Mobil [Anz]	Gemietet [Anz]	Mögliche Dauer eines Notbetriebes? [h]
Summe						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
a) Davon für die Hebewerke						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
b) Davon für den Rechenbetrieb						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
c) Davon für die Rechengutentwässerung						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
d) Davon für den Betrieb der Sandfänge						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
e) Davon für den Betrieb der Vorklärbecken (VKB)						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
f) Davon für die Belüftung der Belebungsbecken (BB)						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
g) Davon für die Rühr-einrichtungen in den BB						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
h) Davon Pumpen für den Rücklaufschlammkreislauf						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
i) Davon Pumpen für die interne Schlammrückführung						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
j) Davon für den Betrieb der Nachklärbecken (NKB)						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
k) Davon für die Schlammbehandlung						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
l) Davon für die Schlamm-entwässerung						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				
m) Davon für die Heizungsenergie						Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>				

2.6 Worin sehen Sie bei den folgenden Anlagenteilen die Hauptprobleme bei einem BLACKOUT?

Anlagenteil	Auswirkung
a) Zulaufhebwerke	
b) Sonstige Hebewerke	
c) Rechen	
d) Belüfteter Sandfang	
e) Vorklärbecken	
f) Belebungsbecken	
g) Nachklärbecken	

h) Pumpen für Schlammrückläufe (Externer und interner)	
i) Belüftungseinrichtungen	
j) Phosphorfällung	
k) Schlammbehandlung	
l) Schlamm entwässerung	
m) Schlamm entsorgung	
n) Heizungsanlagen	
o) EDV-Anlage und MSR	

2.7 Inwiefern ist die ARA von Stromfremdbezug zur Aufrechterhaltung des Betriebs abhängig?

2.8 Verfügt die ARA über eine anaerobe Schlammfäulung und über Blockheizkraftwerke (BHKWs) zur Umwandlung des Faulgases in elektrische Energie?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>		
Wenn ja:			
Art der Anlage?			
Kann die Anlage als Inselösung betrieben werden?	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Der Betrieb welcher Anlagenteile könnte damit wie lange abgedeckt werden?			

2.9 Verfügen die BHKWs auch über einen externen Erdgas-Anschluss?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
-----------------------------	-------------------------------

2.10 Wenn ja, von welcher Versorgungssicherheit kann bei Erdgas ausgegangen werden? Gibt es dafür spezielle Verträge mit dem Erdgaslieferanten?

2.11 Mit welchen Problemen ist bei der Wiederaufnahme des Betriebs der ARA zu rechnen?

Anlagenteil	Auswirkung
a) Zulaufhebwerke	
b) Sonstige Hebewerke	
c) Rechen	

d) Belüfteter Sandfang	
e) Vorklärbecken	
f) Belebungsbecken	
g) Nachklärbecken	
h) Pumpen für Rücklaufschlamm (externer und interner)	
i) Belüftungseinrichtungen	
j) Phosphorfällung	
k) Schlammbehandlung	

l) Schlammwässerung	
m) Schlammbehandlung	
n) Heizungsanlage	
o) EDV-Anlage und MSR	

3 Allgemeines, Personal und Kommunikation

3.1 Wie viele Kraftfahrzeuge gibt es im Unternehmen?

Davon dieselbetrieben	
Davon benzinbetrieben	
Davon anders betrieben (z. B. strom- oder gasbetrieben)	
Summe	
Wie viele werden davon im Krisenfall benötigt?	
Davon dieselbetrieben	
Davon benzinbetrieben	
Davon anders betrieben (z. B. strom- oder gasbetrieben)	

3.2 Über welchen für die Betankung von Fahrzeugen verfügbaren Kraftstoffvorrat in Litern verfügt das Unternehmen?

Energieträger	Davon in Fahrzeugen[Liter]	Davon in Vorrats-tanks[Liter]	Anzahl
Diesel			-
Benzin			-
Heizöl			-
Gas (flüssig)			-
Solar-Ladestationen	-	-	
Summe			

3.3 Wie werden die vorhandenen Treibstoffvorräte gesichert?

--

3.4 Gibt es garantierte Lieferverträge mit Treibstofflieferanten speziell für Blackout-Szenarien?

--

3.5 Wie viele Personen sind im Unternehmen beschäftigt?

Personal	[Anz]
Summe	
Davon im Innendienst	
Davon im Aussendienst	
Davon Pendler	
Davon Pendler und auf den persönlichen PKW angewiesen	
Welcher Teil des Personals kann den Weg zur Arbeit zu Fuß bewältigen?	

3.6 Wie viele Personen werden unter Berücksichtigung ausreichender Ruhezeiten und evtl. Krankenstände pro Tag benötigt, um die Entsorgung aufrecht erhalten zu können?

Personal	Zeitdauer eines Blackouts			
	Blackout bis 2h [Anz]	Blackout bis 24h [Anz]	Blackout bis 3 Tage [Anz]	Blackout mehr als 3 Tage [Anz]
Im Innendienst				
Im Aussendienst				
Summe				

3.7 Gibt es Personaleinsatzpläne für einen derartigen Ernstfall und wenn ja, wie sehen diese aus?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Wenn ja, wie sehen diese aus?		

3.8 Gibt es Überlegungen hinsichtlich des Transports der Mitarbeiter vom Wohnort zur Arbeit bzw. von der Arbeit zum Wohnort? Und wenn ja, wie sehen diese aus?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Wenn ja, wie sehen diese aus?		

3.9 Wer ist im Ernstfall für den Anschluss der mobilen sowie fix installierten Notstromaggregate zuständig? Gibt es im Unternehmen eigens dafür ausgebildete Fachkräfte?

Wieviele Personen sind dafür notwendig? [Anz]	

3.10 Wie sieht die Vorbereitung der MitarbeiterInnen auf ein BLACKOUT aus?

3.11 Welche Auswirkungen hat der Ausfall folgender stromabhängiger Systeme auf die Abwasserentsorgung?

System	Auswirkungen
Telekommunikationsnetz	

EDV-Systeme	
Gasversorgung	
Fernwärme	

Tankstellen	
-------------	--

3.12 Gibt es im Unternehmen bei Ausfall von Mobilfunk, Festnetz und Internet alternative Kommunikationssysteme? Wird Funk eingesetzt? Wenn ja, wie werden die Akkus/Batterien geladen?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>		
Wenn ja, welche? Wenn nein, warum?			
Wird Funk eingesetzt?	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Wenn ja, wie werden die Akkus/Batterien geladen?			

**3.13 Wie findet im Notfall die Kommunikation mit der Bevölkerung statt (Hinweise über die Benutzung der Sanitär-
anlagen, bzgl. evtl. Notlatrinen)?**

Wer ist dafür zuständig?		
Mittels vorbereiteter Flug- und Infoblätter?	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
Mittels Lautsprecher-Fahrzeuge mit vorbereiteten Informationen?	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
... oder mit anderen Hilfsmittel?		

**3.14 Wurde bereits eine Übung hinsichtlich eines länger andauernden Totalausfalls des Stromnetzes durchgeführt?
Wenn ja, wie sah der Übungsablauf aus und welche Erkenntnisse konnten daraus gezogen werden?**

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	Wenn ja, wie viele? [Anz]			
		Wenn ja, welche Erkenntnisse konnten daraus gezogen werden?			
		Wenn ja, wie sah der Übungsablauf aus?			

3.15 Gibt es Vorbereitungen für eine Zusammenarbeit mit Hilfs- und/oder Einsatzorganisationen (z. B. dem Bundesheer, der Feuerwehr, ...)?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Wenn ja, wie sehen diese aus?		

3.16 Ist der Einsatz mobiler Toiletten oder die Errichtung von Notlatrinen geplant? Bestehen andere Überlegungen, um WCs und Wascheinrichtungen öffentlich bereit zu stellen? Wo sollen diese aufgestellt bzw. errichtet werden?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Wenn nein, welche anderen Überlegungen gibt es?		
Wo sollen diese aufgestellt werden?		

4 Notstromaggregate

4.1 Werden stationäre (fixe), mobile und gemietete Notstromaggregate regelmäßig gewartet und getestet?

Anlagen:	Gewartet [Ja/Nein]		Getestet [Ja/Nein]	
Stationäre (Fixe) Notstromaggregate	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
Mobile Notstromaggregate	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
Gemietete Notstromaggregate	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>

4.2 Wie oft wird die Funktionstüchtigkeit der Notstromaggregate pro Jahr überprüft?

Anlagen:	Überprüfungen/Jahr [Anz/Jahr]
Stationäre (Fixe) Notstromaggregate	
Mobile Notstromaggregate	
Gemietete Notstromaggregate	

4.3 Welche Leistungen können die Notstromaggregate erbringen?

Anlagen:		Spitzenleistung kW_{PEAK} [kW]
Stationäre (Fixe) Notstromaggregate:	Typ 1:	
	Typ 2:	
	Typ 3:	
Mobile Notstromaggregate:	Typ 1:	
	Typ 2:	
	Typ 3:	
Gemietete Notstromaggregate:	Typ 1:	
	Typ 2:	
	Typ 3:	

4.4 Welche Inhalte fassen die Tanks der Notstromaggregate und wie hoch ist deren Verbrauch im Leerlauf und unter Volllast?

Anlagen:		Inhalt Tanks [Liter]	Verbrauch [Liter/h]	
			Leerlauf	Volllast
Stationäre (Fixe) Notstromaggregate:	Typ 1:			
	Typ 2:			
	Typ 3:			
Mobile Notstromaggregate:	Typ 1:			
	Typ 2:			
	Typ 3:			
Gemietete Notstromaggregate:	Typ 1:			
	Typ 2:			
	Typ 3:			

4.5 Sind genügend Ersatzteile für die Notstromaggregate vorhanden?

Anlagen:	Genügend Ersatzteile vorhanden [Ja/Nein]	
Stationäre (Fixe) Notstromaggregate	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
Mobile Notstromaggregate	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
Gemietete Notstromaggregate	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>

5 Sicherheit

5.1 Gibt es Maßnahmen zur Verdunkelung, um in solchen Krisenfällen nicht als Anlaufpunkt für Hilfesuchende zu fungieren?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
-----------------------------	-------------------------------

5.2 Kann der Brandschutz auf dem Kläranlagengelände aufrechterhalten werden?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
-----------------------------	-------------------------------

5.3 Funktionieren Brandmeldeanlagen und Feuerlöschanlagen auch ohne Stromversorgung?

Anlagen:	Funktionsbereit ohne Strom [Ja/Nein]	
Brandmeldeanlagen	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
Feuerlöschanlagen	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>

Anhang C

Fragebogen Kunden

Auswirkungen von Blackoutszenarien auf die Siedlungswasserwirtschaft


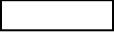
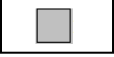
BLACKOUT-Fragebogen für Kunden

Stand: 19.10.2017

Erklärung des Begriffes „Blackout“:

Ein „Blackout“ ist ein großflächiger Stromausfall über eine Zeitdauer von Stunden,
über Tage, bis hin zu Wochen.

Der Fragebogen wird streng vertraulich und anonymisiert behandelt!

LEGENDE:		Nicht Ausfüllen
		Ausfüllen
		Ankreuzen

1 Allgemeines

1.1 Wohnort?

Bezirk	Gemeinde	Straße/Gasse

1.2 Haben Sie schon etwas über einen BLACKOUT gehört bzw. gelesen?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Wenn ja, welche Auswirkungen erwarten Sie dabei für sich selber und Ihre Familie?		
Auswirkungen bei einer Dauer von <2h		
Auswirkungen bei einer Dauer von <24h		
Auswirkungen bei einer Dauer von bis zu 3 Tagen		
Auswirkungen bei einer Dauer von mehr als 3 Tagen		

1.3 Verfügen Sie zu Hause über Notstromaggregate?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Wenn ja, wie viele? [Anzahl]		Wenn ja, mit welcher Leistung? [kW]

1.4 Haben Sie zu Hause Treibstoff für Notstromaggregate vorrätig?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>		
Wenn ja, wie viel folgender Arten?	Arten	Liter	Anzahl
	Diesel		-
	Benzin		-
	Heizöl		-
	Gas (flüssig)		-
	Solar-Ladestation	-	

2 Trinkwasser

2.1 Sind Sie an das öffentliche Trinkwasserversorgungsnetz angeschlossen?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>		
Wenn nein, woher beziehen Sie Ihr Trinkwasser?	Arten	Anzahl	Q_{TW} [m³/h]
	Hauseigener Brunnen		
	Hauseigene Quellen		
	Andere Bezugsstellen		
Wenn nein, wie wird die eigene Anlage betrieben?	Mechanisch und mit Strom	Mit Strom	Mechanisch
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.2 Ist Ihnen bekannt, ob Ihre Trinkwasserversorgung (TW-Versorgung) vom Strom abhängig ist?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
-----------------------------	-------------------------------	--

2.3 Sind Sie auf ein solches Szenario im Bereich der TW-Versorgung vorbereitet?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Wenn ja, wie sind Sie darauf vorbereitet?		

3 Abwasser

3.1 Ist Ihnen bekannt, dass im Falle eines BLACKOUTS die Abwasserentsorgung stillstehen kann?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
-----------------------------	-------------------------------	--

3.2 Sind Sie auf ein solches Szenario im Bereich der Abwasserentsorgung vorbereitet?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Wenn ja, wie sind Sie darauf vorbereitet?		

3.3 Verfügen Sie über hauseigene Brunnen/Quellen?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>			
Wenn ja, wie wird die Anlage betrieben?	Mechanisch	Mit Strom	Mechanisch und mit Strom	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Wenn ja, wofür wird die Anlage verwendet?	Trinkwasser	Brauchwasser Nutzwasser	Sonstiges:	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

3.4 Haben Sie im Keller eine Abwasserhebeanlagen (Abwasserpumpwerk) zur Entwässerung des Kellerbereiches?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
-----------------------------	-------------------------------	--

3.5 Haben Sie in Ihrer Hausanschlussleitung zum öffentlichen Kanal eine Rückstausicherung (Rückstauklappe) eingebaut, um im Falle eines BLACKOUTS das Eindringen von Abwasser durch Rückstau in den Keller zu verhindern? Wird diese regelmäßig auf Funktionsfähigkeit überprüft?

3.5.1 Existenz einer Rückstausicherung:

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
-----------------------------	-------------------------------	--

3.5.2 Regelmäßige Überprüfung der Rückstausicherung:

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
-----------------------------	-------------------------------	--

3.6 Ist ein alternativer Wasserbezug für Toilettenspülungen vorhanden bzw. möglich?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	
Wenn ja, welcher?		

4 Resümee

4.1 Haben sie Vertrauen zu den folgenden Betrieben der öffentlichen Hand, wenn es zu einem solchen BLACKOUT kommen sollte? [0%=>Kein Vertrauen, 100%=>Volles Vertrauen]

Betreiber	Bewertung [0-100 %]
Abwasserentsorger	
Stromerzeuger	
Trinkwasserversorger	