

Studie Strommangellage

Bundesamt für Kommunikation (BAKOM)
z.H. Herrn Mark Fitzpatrick
Zukunftstrasse 44
CH-2501 Biel/Bienne

Auftragsnummer:	10'338.000
Autor:	Alex Weigelt, Patrick Gerber
Version:	V 1.1
Datum:	26. Juli 2018
Dokumenttyp	Bericht

Dokumentfreigabe CSI Consulting AG

Version	Datum	Bemerkung	Visum
0.1	08.05.2018	Ersterstellung Inhaltsverzeichnis	Wg
0.2	18.05.2018	Anpassungen Inhaltsverzeichnis nach Review mit Auftraggeber	Wg
0.3	05.06.2018	Erste Inhalte	Wg
0.5	17.06.2018	Einarbeitung Resultate Fragebogen	Wg
0.6	21.06.2018	Einarbeitung Massnahmen FDA	Wg
0.7	22.06.2018	Einarbeitung Modellrechnung und Massnahmen	Ge, Wg
0.9	06.07.2018	Einarbeitung Review mit Projektteam	Wg
0.99	11.07.2018	Interner Review	Ro, Zh
1.0	11.07.2018	Abschluss und Freigabe für Versand	Wg
1.1	26.07.2018	Kleine Anpassungen nach Feedback Auftraggeber	Wg

Inhaltsverzeichnis

1	MANAGEMENT SUMMARY	4
2	EINLEITUNG	6
	2.1 Ausgangslage und Ziele	6
	2.2 Vorgehen – Inhaltlich	6
	2.3 Vorgehen – Ablauf	7
3	IST-SITUATION	8
	3.1 Versorgung mit Fernmeldediensten	8
	3.1.1 Fernmeldedienste und -netze	8
	3.1.2 Inhalte.....	8
	3.1.3 Bezüger und Abdeckung.....	9
	3.2 Ergebnisse aus der Umfrage bei den Fernmeldediensteanbietern	10
	3.2.1 Rücklauf der Fragebogen.....	10
	3.2.2 Allgemeine Fragen	10
	3.2.3 Fragen zur Stromversorgung der Fernmeldediensteanbieter	15
	3.2.4 Fragen zur Priorisierung von Fernmeldediensten, -netzen und Inhalten.....	16
	3.3 Weitere Erkenntnisse.....	16
4	SITUATION IN DER STROMMANGELLAGE	18
	4.1 Allgemeines	18
	4.2 Auswirkungen auf die Fernmeldediensteanbieter – Szenarien	19
	4.2.1 Übersicht	19
	4.2.2 Szenario 1: Ausfall einer Serviceinfrastruktur	20
	4.2.3 Szenario 2: Ausfall Netzinfrastruktur (Backbone, Netzübergänge)	21
	4.2.4 Szenario 3: Ausfall Point-of-Presence	22
	4.2.5 Szenario 4: Ausfall letzte Meile (Mobilfunk und leitungsgebundene Netze).....	23
5	MASSNAHMEN	24
	5.1 Übersicht	24
	5.2 Massnahmen aus den Szenarien	24
	5.3 Massnahmen aus den Folgerungen	26
6	EMPFEHLUNGEN	27
	6.1 Gesetzgeber	27
	6.2 Fernmeldediensteanbieter	28
	6.3 Bezüger und kritische Infrastrukturen.....	28
7	REFERENZEN	29
8	BEGRIFFE – DEFINITIONEN UND ABKÜRZUNGEN	30



1 MANAGEMENT SUMMARY

Ausgangslage und Ziele

Eine langanhaltende Strommangellage ist gemäss dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz [1] das grösste Risiko, welchem die Schweiz ausgesetzt ist. Es wird davon ausgegangen, dass ein solches Ereignis mit einer Häufigkeit von einmal in 30 bis 100 Jahren auftreten kann und Schäden für Wirtschaft und Gesellschaft in der Grössenordnung von 100 Milliarden Franken verursachen kann. Das Szenario geht von einer mehrere Monate dauernden Stromunterversorgung von 30 Prozent in den Wintermonaten aus. Als Massnahmen seitens wirtschaftlicher Landesversorgung sind Nachfrage- und Angebotslenkung wie Kontingentierung oder zyklische Abschaltungen der Stromversorgung vorgesehen.

Die vorliegende Studie soll mögliche Massnahmen zur Aufrechterhaltung von essenziellen Fernmeldediensten während einer Strommangellage konkretisieren sowie Kosten und Wirkung solcher Massnahmen ausweisen.

Vorgehen

In einem ersten Schritt wurden Ist- und Soll-Zustand definiert: Wer wird mit was und wo versorgt? – in der normalen Lage bzw. während der Strommangellage.

- Bezüger und geographische Abdeckung
- Netze, Dienste und Inhalte
- Wie sind die Fernmeldedienstleister auf eine Strommangellage vorbereitet?

Für die Erhebung des Ist-Zustandes bei den Fernmeldedienstleistern sowie für die Klärung der Machbarkeit und von Kosten für Massnahmen wurde an fünf Fernmeldedienstleister ein Fragebogen verschickt [5].

Folgerungen

Die wichtigsten Folgerungen aus der Umfrage sind hier zusammengefasst:

- Für zyklische Abschaltungen in der Strommangellage sind die Fernmeldedienstleister nur marginal gerüstet. Es wird davon ausgegangen, dass es aufgrund von Folgeschäden an der Hardware zu grösseren Ausfällen kommen wird. Von diesem Effekt werden nicht nur die Fernmeldedienstleister betroffen sein, sondern auch IT-Betreiber und andere Organisationen in allen Sektoren.
- Technische Massnahmen zum Schutz vor zyklischen Abschaltungen an den Stromversorgungen der Fernmeldedienstleister sind machbar – Dieselaggregate und moderne Batteriesysteme. Kostenschätzungen liegen vor.
- Das schwächste Glied in der Versorgungskette bleibt die letzte Meile in den leitungsgebundenen Netzen. Es sind daher in erster Linie Massnahmen mit Wirkung auf den Mobilfunk zu prüfen.

Massnahmen und Empfehlungen

Um die Auswirkungen während den zyklischen Abschaltungen und die Wirksamkeit von Massnahmen aufzuzeigen, wurden verschiedene Szenarien untersucht: Stromausfall bei der Service- und Netzinfrastruktur, bei den Point-of-Presence und auf der letzten Meile.

Aufgrund dieser Szenarien und den oben erwähnten Folgerungen sind folgende Massnahmen vorgeschlagen und zur Vertiefung empfohlen worden:

Massnahme		Menge	Kosten	
			Investitionen	Jährlich
M1	Installation von Diesellaggregaten bei den Standorten der Serviceinfrastruktur	70 Standorte	23 MCHF	4.5 MCHF
M2	Installation von Diesellaggregaten bei den Standorten der Netzinfrastruktur	580 Standorte	50 MCHF	10 MCHF
M3	Installation von Batterien in den Point-of-Presence	2'100 Standorte	46 MCHF	14 MCHF
M4a	Installation von Batterien bei den LTE-Sendeanlagen	21'000 Anlagen	165 MCHF	50 MCHF

Die LTE-Sendeanlagen verschiedener Fernmeldediensteanbieter können an gleichen Standorten (Antennenmasten) montiert sein. Die Batterien werden aber durch die zuständige Organisation pro Anlage installiert.

Tabelle 1: Vorgeschlagene Massnahmen zur Verbesserung der Resilienz der Fernmeldedienste und -Netze

Weitere Empfehlungen betreffen den Gesetzgeber, sowie die Bezüger und Organisationen der kritischen Infrastrukturen als Bezüger der Fernmeldedienste. Sie sind hier kurz zusammengefasst:

- Das Konzept der Strommangellage (Kontingentierung und zyklische Abschaltung) ist aufgrund der Erkenntnisse dieser Studie, insbesondere hinsichtlich der Breitenwirkung von Hardwareausfällen, zu überprüfen.
- Der Umfang, die Funktionalität und Qualität der Grundversorgung mit Fernmeldediensten sollten geprüft und unter Umständen an das veränderte Kommunikationsverhalten der Gesellschaft angepasst werden.
- Bezüger und kritische Infrastrukturen sollten über das Konzept der Strommangellage sowie über mögliche Folgen und Vorkehrungen informiert werden.



2 EINLEITUNG

2.1 Ausgangslage und Ziele

Ausgangslage

Eine langanhaltende Strommangellage ist gemäss dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz [1] das grösste Risiko, welchem die Schweiz ausgesetzt ist. Es wird davon ausgegangen, dass ein solches Ereignis mit einer Häufigkeit von einmal in 30 bis 100 Jahren auftreten kann und Schäden für Wirtschaft und Gesellschaft in der Grössenordnung von 100 Milliarden Franken verursachen kann. Das Szenario geht von einer mehrere Monate dauernden Stromunterversorgung von 30 Prozent in den Wintermonaten aus. Als Massnahmen seitens wirtschaftlicher Landesversorgung (WL) sind Nachfrage- und Angebotslenkung wie Kontingentierung oder zyklische Abschaltungen vorgesehen.

Diese Massnahmen betreffen die ganze Schweiz – Gesellschaft, Wirtschaft und die kritischen Infrastrukturen. Insbesondere sind auch die Fernmeldedienste und -netze betroffen. Diese sind aber gerade in solchen ausserordentlichen Lagen eminent wichtig für die Information der Bevölkerung sowie für kritische Prozesse in verschiedenen Sektoren oder an wichtigen Standorten.

Das BWL und das BAKOM haben daher bereits in verschiedenen Arbeiten die Situation analysiert und erste Massnahmen für die Fernmeldedienstleister qualitativ lokalisiert [2], [3], [4].

Dazu gehören:

- Verbesserung hinsichtlich Notstromversorgung der Fernmeldedienstleister
- Reduktion des Leistungsumfanges der Versorgung
- Einschränkungen sekundärer Prozesse bei den Fernmeldedienstleistern
- Kontingentierung

Quantitative Aussagen hinsichtlich Machbarkeit, Kosten und Wirkung solcher oder auch weiterer Massnahmen sind bisher nicht evaluiert worden.

Ziele

Die vorliegende Studie soll mögliche Massnahmen zur Aufrechterhaltung von essentiellen Fernmeldediensten während einer Strommangellage konkretisieren sowie Kosten und Wirkung solcher Massnahmen ausweisen.

Sie soll als Grundlage für Entscheide auf Stufe Bund im Bereich der kritischen Infrastrukturen dienen.

2.2 Vorgehen – Inhaltlich

Es wurde wie folgt vorgegangen:

Definition und Evaluation des Ist-Zustandes

Wer wird mit was und wo versorgt?

- Bezüger und geographische Abdeckung
- Netze, Dienste und Inhalte
- Wie sind die Fernmeldedienstleister auf eine Strommangellage vorbereitet?



Definition des Soll-Zustandes

Wer soll weiterhin mit welchen Diensten/Inhalten versorgt werden – und wo?

Hinsichtlich Ausprägung der Strommangellage wurde auf die zyklische Abschaltung im schlimmsten Fall – abwechselnd 4 h Unterbruch und 4 h Versorgung für jedes geographische Teilgebiet – fokussiert.

Definition von Massnahmen

Festlegen von Massnahmen und ihrer Wirkung sowie Schätzung der Kosten.

2.3 Vorgehen – Ablauf

Die Erarbeitung der Studie erfolgte in enger Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber BAKOM und dem Fachbereich IKT des BWL im Rahmen von Workshops beziehungsweise Arbeitssitzungen.

Für die Erhebung des Ist-Zustandes bei den Fernmeldediensteanbietern sowie für die Klärung der Machbarkeit und von Kosten für Massnahmen wurde diesen ein Fragebogen verschickt. Er ging an folgende Unternehmen:

- Quickline
- Salt
- Swisscom
- Sunrise
- UPC

Hier eine kurze Zusammenfassung der Fragen (für die Details siehe [5]):

Allgemeine Fragen

- Was ist der Stromverbrauch der Fernmeldediensteanbieter?
- Welche Massnahmen sind getroffen, um einen 4-stündigen Stromunterbruch aufzufangen?
- Können diese Massnahmen auch zyklischen Abschaltungen standhalten?

Fragen zur Stromversorgung

- Mit welchen Kosten ist zu rechnen, um die Stromversorgungen so aufzurüsten, damit die zyklischen Abschaltungen aufgefangen werden können?

Fragen zur Priorisierung von Fernmeldediensten, -Netzen und Inhalten

- Ist das Deaktivieren von Fernmeldediensten oder das Sperren von Inhalten machbar und würde das Strom sparen?
- Kann die Sendeleistung von bestimmten Mobilfunkantennen erhöht werden?
- Was sind die Kosten, um bestimmte Bezüger-Standorte direkt mit Glasfasern zu erschliessen?



3 IST-SITUATION

3.1 Versorgung mit Fernmeldediensten

3.1.1 Fernmeldedienste und -netze

In der normalen Lage wird grundsätzlich die gesamte Schweiz – alle Bezüger flächendeckend – mit Fernmeldediensten versorgt. Die versorgungsrelevanten Fernmeldedienste und -netze sind hier aufgelistet:

Fernmeldedienste
Datenübertragung – über Managed Networks oder als „over-the-top“-Inhalt über das Internet
Telefonie
Radio- und Fernsehübertragung
Notruf (zentraler Dienst und Leitweglenkung)

Tabelle 2: Fernmeldedienste

Die Erschliessung der Bezüger erfolgt über die folgenden Infrastrukturen:

Netzinfrastrukturen
Fixe, leitungsgebundene Netze mit Kupfer- oder Glasfaserkabel; Kabelfernsehnetze
Terrestrische und satellitengestützte Radio- und Fernsehanlagen
Mobilfunknetze

Tabelle 3: Fernmeldenetze

3.1.2 Inhalte

In der traditionellen Fernmeldewelt – prä-Internet und prä-Mobile – war mit der Wahl des Fernmeldedienstes auch schon weitgehend der Inhalt, oder mindestens die Art des Inhalts festgelegt: Für die individuelle Sprachkommunikation war das Telefon gesetzt, für die Informationsbeschaffung aus der grossen, weiten Welt – oder Bern im Krisenfall – das Radio oder der Fernseher. Diese eindeutige Korrelation gibt es heute nicht mehr bzw. ist am Verschwinden. Internet und mobile Dienste erlauben heute fast beliebigen Zugriff auf Informationen und erlauben individuelle Kommunikation losgelöst von einem fixen Apparat.

Das hat zudem eine Verhaltensänderung in der Bevölkerung verursacht. Insbesondere die jüngeren Generationen kommunizieren mit neuen Mitteln und Kanälen (soziale Netzwerke, Smartphones). Man informiert sich bei «Freunden» über persönlich Erlebtes, Aktivitäten oder Absichten. Man erfährt über diese Kanäle so aber auch Informationen über Ereignisse, Störungen und Gefahren, welche bis anhin durch die Behörden gezielt und orchestriert über dedizierte Dienste kommuniziert wurden.

Für eine differenzierte Betrachtungsweise sind daher Inhalte und deren Priorisierung für die Strommangellage wie folgt spezifiziert worden:

Inhalt	Kritikalität	Erklärung
Notruf	Hoch	Auch während der Strommangellage müssen die Behörden und Organisationen für Rettung und Sicherheit weiterhin erreichbar sein.
Signale (Daten) für kritische Prozesse	Hoch	Auch während der Strommangellage müssen Signale für kritische Prozesse bestimmter Organisationen weiterhin übertragen werden. Z.B.: <ul style="list-style-type: none"> • Datenübertragung zu Spitälern • Datenübertragung zu Logistikzentren • Datenübertragung für den Zahlungsverkehr
Individuelle Kommunikation	Mittel	Ziel: Normales Verhalten so gut wie möglich sicherstellen. Die Dienst-Qualität und -Umfang der Kommunikation für das Individuum kann aber (zugunsten von geographischen, funktionalen oder organisatorischen Einheiten) reduziert werden.
Information (der Bevölkerung)	Niedrig	Die Information der Bevölkerung über die Strommangellage muss zu Beginn der Strommangellage erfolgen und dann periodisch (z.B. täglich). Während der Strommangellage ist der Empfang solcher Informationen innerhalb von 12/24h immer möglich.
Signale (Daten) für unkritische Prozesse	Niedrig	Die Übertragung von Signalen für unkritische Prozesse sollte im Rahmen des Möglichen sichergestellt werden.

Tabelle 4: Inhalte und Kritikalität

Bemerkung:

- Kritische oder unkritische Signale/Prozesse. Die Organisationen müssen entscheiden, ob die Signale kritisch sind. Der Fernmeldedienstanbieter kann das nicht selbständig differenzieren. Beispiele solcher Organisationen können z.B. Spitäler, Banken, Fernwärmekraftwerke sein.
- «Kritisch» heisst: Kritisch für die Schweiz, also für Leistungen, welche die Organisation für die Bevölkerung und Wirtschaft erbringt (und nicht für die Organisation als Solche).

3.1.3 Bezüger und Abdeckung

Bezüger

Bezüger sind grundsätzlich die Bevölkerung der Schweiz. Für eine differenzierte Betrachtung werden folgende Typen unterschieden:

- Bevölkerung – alle natürlichen Personen
- Unternehmen – juristische Personen
- Kritische Infrastrukturen – Prozesse, Systeme und Einrichtungen, die essenziell für das Funktionieren der Wirtschaft bzw. das Wohlergehen der Bevölkerung sind.¹

¹ Nationale Strategie zum Schutz kritischer Infrastrukturen 2018-2022; Schweizerischer Bundesrat. 8. Dezember 2017



Abdeckung

Für die Abdeckung in der normalen Lage wird der Begriff «flächendeckend» verwendet. Damit ist die grösstmögliche Abdeckung mit den bestehenden leitungsgebundenen und mobilen Netzen gemeint. Die adressierten Fernmeldedienstanbieter bei der Umfrage decken

- ca. 87% der Festnetztelefonie,
- ca. 87% des Internet-Access und
- ca. 95% der Mobilfunkdienste ab.

Einschränkungen werden qualitativ beschrieben – Quartiere, Städte, Gemeinden, Regionen – da ein quantitatives Mass aufgrund verschiedener Technologien oder Netztopologien nicht anwendbar ist.

3.2 Ergebnisse aus der Umfrage bei den Fernmeldedienstanbietern

Die Umfrage bei den Fernmeldedienstanbietern hat Folgendes ergeben:

3.2.1 Rücklauf der Fragebogen

- Fünf der sechs angefragten Unternehmen haben geantwortet.
- Der Zeitraum für die Beantwortung der Fragen war eng (ca. 4 Wochen) und daher konnten nicht alle Fragen beantwortet werden.
- Die Antworten sind verglichen und konsolidiert worden.

3.2.2 Allgemeine Fragen

Stromverbrauch der Fernmeldeindustrie

Der Stromverbrauch der befragten Unternehmen macht ca. 1.5 % des Gesamtstromverbrauchs der Schweiz aus und beträgt ca. 720 GWh pro Jahr. 94 % davon, 680 GWh pro Jahr, gehen in den Dienst- und Netzbetrieb und somit 6 % in die sekundären Prozesse der Fernmeldedienstanbieter.

Die Fernmeldedienstanbieter haben an wichtigen Standorten eine Stromautonomie von bis zu 72 h, um eine Kontingentierung überbrücken zu können.

Folgerung 1:

- Der Stromverbrauch der Fernmeldedienstanbieter ist gering aus einer Gesamtbeachtung Schweiz. Daher ist die Kontingentierung auf diese Unternehmen angewandt nicht sehr wirksam bzw. kann mehr Schaden als Nutzen verursachen. Ein Teil bzw. Bereiche der Unternehmen sind von der Kontingentierung gar nicht betroffen, da der Bezug lokal zu gering ist.
- Eine Einschränkung der sekundären Prozesse bei den Fernmeldedienstanbietern bringt nur marginale Stromeinsparungen und ist kaum sinnvoll gemessen an den Folgen (vorübergehender Stillstand von wesentlichen Teilen der Organisation).



Massnahmen gegen 4-stündige Stromausfälle

Die zentralen Service-Sites, die Netzinfrastruktur sowie die Point-of-Presence sind mit Dieselaggregaten, unterbruchsfreien Stromversorgungen und Batterien ausgerüstet. Die Autonomie liegt zwischen 2 h und 72 h. Bei einem Unternehmen sind die Netzinfrastruktur sowie die Point-of-Presence nur zu 50% geschützt.

Es gibt Aussagen, dass die Autonomie an bestimmten Standorten auf 30 Minuten reduziert werden soll.

Hingegen weist die letzte Meile sowohl für leitungsgebundene als auch die mobilen Netze praktisch keinen Schutz vor Stromausfällen auf (vereinzelte Autonomie von 1h). Ein Schutz in diesem Abschnitt würde auch nur nützen, wenn die Systeme bei den Bezüglern ebenfalls vor Stromausfällen geschützt sind (in den Gebäuden oder Campus).

Folgerung 2:

- Gegen Stromausfälle in der ordentlichen Lage sind die Fernmeldedienstleister bis zu den Point-of-Presence im Allgemeinen gut gerüstet. Die überbrückbare Zeit weist eine gewisse Streuung auf – 2 bis 72 Stunden, je nach Wichtigkeit des Standortes.
- Schwachstelle ist die letzte Meile, wo de facto keine „Stützung“ vorhanden ist. Allerdings kann davon ausgegangen werden, dass bei einem Stromausfall auf der letzten Meile der leitungsgebundenen Netze auch die dortigen Bezüglern betroffen sind und Massnahmen nichts nützen ohne Massnahmen seitens der Bezüglern.
- Beim Mobilfunk sind die Endgeräte mit Batterien gespiesen; Massnahmen auf der letzten Meile in den Mobilfunknetzen könnten also wirkungsvoll sein.

Resilienz gegen zyklische Abschaltungen

Auf zyklische Abschaltungen sind die Fernmeldedienstleister nicht spezifisch vorbereitet. An den Standorten, die mittels Notstromaggregaten ohnehin eine Autonomie von 72 h oder mehr aufweisen, ist mindestens für die Autonomiedauer eine Überbrückung der zyklischen Abschaltungen gewährleistet. Für die Überbrückung einer Strommangellage sind aber logistische Massnahmen für den Treibstoffnachschub nötig.

An den Standorten, wo Batterien zur Überbrückung von Unterbrüchen bis zu 4 h installiert sind, erfolgte die Auslegung nicht unter dem Gesichtspunkt zyklischer Abschaltungen. Sowohl bei Technologie der Akkumulatoren wie auch bei der Auslegung der Ladeinstallationen (inkl. Energiezuführung zum Standort) ist auch an den batteriegestützten Standorten mit 4 h Autonomie eine Resilienz gegen zyklische Abschaltungen die Ausnahme. Autonomiezeiten von 4 h mit Batteriestützung sind die Ausnahme; üblicherweise werden nur Kurzunterbrüchen (bis typischerweise 1 h) auf diese Weise überbrückt.

Im Weiteren gehen die Fernmeldedienstleister davon aus, dass die zyklische Abschaltungen innert Kürze zu Hardware-Ausfällen führen werden und daher mit grösseren und länger anhaltenden Störungen zu rechnen ist.

**Folgerung 3:**

- Für zyklische Abschaltungen sind die Fernmeldediensteanbieter nur marginal gestützt.
- Es wird davon ausgegangen, dass die Hardware den zyklischen Abschaltungen nicht standhalten kann und es daher zu grösseren Ausfällen kommen wird.
- Von diesem Effekt werden nicht nur die Fernmeldediensteanbieter, sondern auch IT-Betreiber und andere Organisationen in allen Sektoren betroffen sein.

Im Folgenden wird versucht den Effekt der Hardware-Ausfälle zu modellieren, um eine Abschätzung des Ausmasses über die Zeit machen zu können.

Zyklische Abschaltungen während einer Strommangellage stellen für die Netzwerke und deren ungeschützte Ausrüstung eine besondere und wenig untersuchte Belastung dar. Es tritt eine Kumulation der folgenden Effekte auf:

- Architektur:
 - ♦ Obwohl grundsätzlich die Gesamtarchitektur der Netze einen Neustart aller Komponenten oder Teile davon überstehen sollte, kann für kein Netzwerk eine Garantie abgegeben werden, wenn dieser Betriebszustand nicht regelmässig herbeigeführt wird («exercising»). Gerade grössere und unkontrollierte Ausfälle von Stromversorgungen führen Sonderfälle herbei (Zweitwege/Backupsysteme, Inselbetrieb, Split-Operations), die im Normalbetrieb nicht aktiv und entsprechend wenig betriebserprobt sind. Zusätzlich treten zyklische Lastspitzen mit dem Verlust und Wiedereinschalten auf (z.B. Fehlermeldungen und Initialisierungen), die in dieser Ausprägung bisher nicht auftraten. Aufgrund der Vielzahl unerprobter und unbekannter Zustände ist anzunehmen, dass sich versteckte Mängel der Architektur mit dem Beginn der zyklischen Abschaltungen an vielen Orten manifestieren und zu Ausfällen führen.
- Server-Betriebssystem/-Software:
 - ♦ Schon bei Einzelsystemen ist nicht zwingend sichergestellt, dass sie einen ersten unkontrollierten Zyklus überstehen. Ein Neustart von Systemen, die jahrelang in einer stabilen Umgebung ohne Neustart liefen, kann eine Vielzahl von Software-Problemen (inkl. Betriebssystem) verursachen. Als Beispiele müssen gewisse Speicherbereiche der Festplatte oder gewisse Dateien des Betriebssystems nur bei einem Neustart gelesen werden und eine allfällige Beschädigung bleibt im stabilen Betrieb unerkannt. Auch Unverträglichkeiten in der Konfiguration oder beim Patch-Stand treten oft erst mit dem Neustart in Erscheinung.
- Server-Hardware:
 - ♦ Die Hardware von Systemen, die jahrelang unter stabilen Umweltbedingungen lief, ist anfällig auf Neustartprobleme. Neben der mechanischen Harddisk ist vor allem die Stromversorgung mit ihren Lötstellen und Komponenten (Kondensatoren und Leistungstransistoren) durch den hohen Einschaltstrom und die thermische/mechanische Beanspruchung gefährdet. Da die Server-Infrastruktur der Netzwerke an hochwertigen Standorten untergebracht ist, ist der thermische Zyklus gering (Umgebungstemperatur fällt nicht unter 20°C) und die Stromzuführung ist gegen Extreme geschützt (zu tiefe Spannung z.B. bei «brown out» und Spannungsspitzen). Die Hardware ist daher weniger gefährdet.
- Netzwerk-Architektur:



- ◆ Während die Netzwerk-Architektur grundsätzlich für Ausfälle vorbereitet ist, besteht auch hier das Risiko verdeckter Schwachstellen im Bereich grossräumiger Ausfälle/Neustarts. Besonders das erstmalige Entdecken von Unverträglichkeiten und Inkonsistenzen bei Konfiguration, Firmware-/Patch-Ständen ist nicht auszuschliessen.
- Netzwerkausrüstung Hardware:
 - ◆ Ein voller thermischer Zyklus bis unter den Gefrierpunkt, wie er bei Strommangel im Winter auftritt, ist auch für die gehärteten Produkte der letzten Meile eine grosse Beanspruchung. Zusätzlich ist hier eine elektrische Beanspruchung durch Unter- und Überspannungen während der Schaltprozesse anzunehmen, die oft direkt auf die Geräte wirkt. Sowohl die Materialermüdung (Lötstellen sowie bewegte und unbewegte Mechanik) wie auch Erst-/Frühausfälle nach jahrelangem Betrieb wird zu Ausfällen führen. Keine der üblichen Industrie-Normen deckt die zyklische thermische und elektrische Beanspruchung über hunderte von Zyklen ab. Ein Betrieb mit zyklischen Abschaltungen entspricht keinem geprüften Betriebszustand.

Um die Problematik zu veranschaulichen, wurde eine Modellierung für die Netzwerkelemente der letzten Meile vorgenommen, die sowohl die Erstaufälle/Frühausfälle wie auch die Ermüdungsausfälle einbezieht. Das Modell beruht auf folgenden zwei empirischen Annahmen:

1. Frühausfälle nach Jahren des thermisch und elektrisch stabilen Betriebes («steady state») lassen beim ersten Zyklus jedes 1000ste Gerät ausfallen; beim zweiten Zyklus jedes 2000ste, beim dritten Zyklus noch jedes 4000ste. Bei jedem Zyklus geht die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls um den Faktor 2 zurück. Nach wenigen Tagen sind diese Frühausfälle vernachlässigbar.
2. Die Ermüdungsausfälle treten durch die periodische thermische und mechanische Belastung in den Vordergrund. Das Modell geht initial von einem Ausfall pro 10'000 Geräte aus. Mit jedem Zyklus steigt die Wahrscheinlichkeit um 1% an. Nach etwa einem Monat ist somit mit einem Ausfall pro 5'000 Geräte zu rechnen.

Der kumulierte Effekt der beiden Modelle ist in der Abbildung 1 dargestellt. Sie zeigt, dass bei den ersten Zyklen zu Beginn der zyklischen Abschaltungen eine Spitze an Verlusten auftritt und ab dem 10. Zyklus, entsprechend dem dritten Tag, stark zurückgeht. Betrachtet auf die 10'000 oder mehr Elemente der letzten Meile heisst dies aber auch, dass bei jedem Zyklus mit einzelnen Verlusten zu rechnen ist.

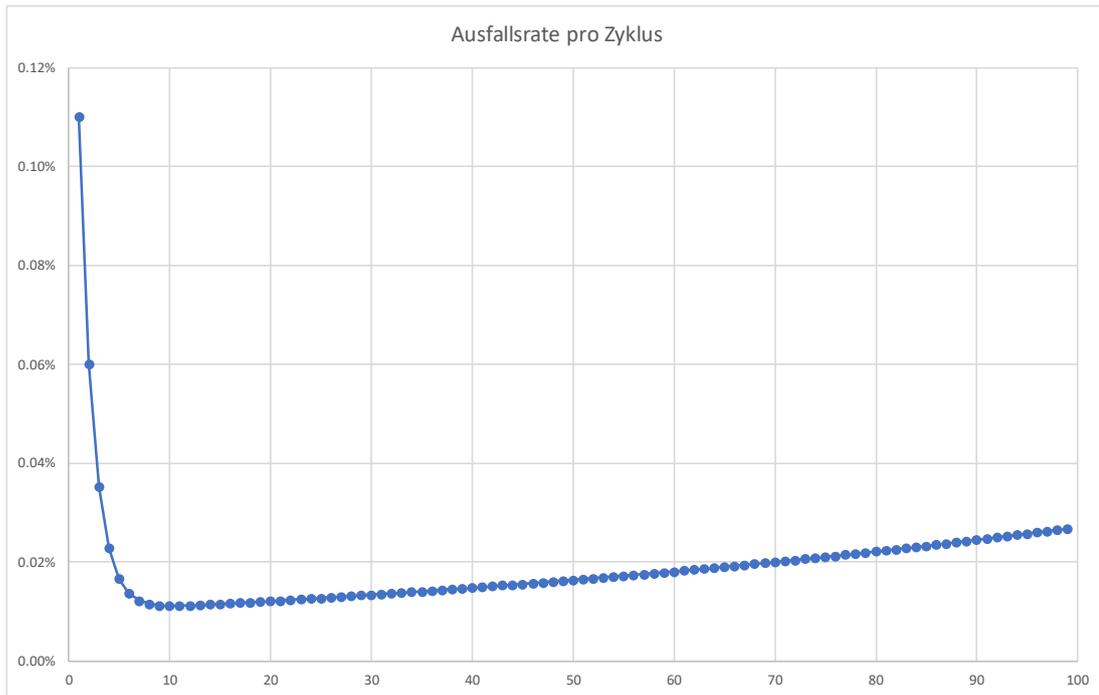


Abbildung 1: Ausfälle in Abhängigkeit der Anzahl Abschaltzyklen

Für die Versorgungssicherheit sind die verbleibenden funktionstüchtigen Geräte entscheidend, die grafisch in der Abbildung 2 dargestellt sind.

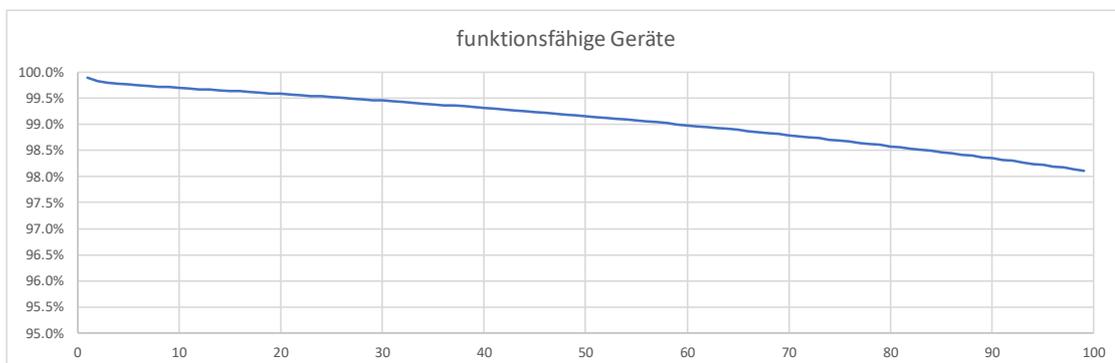


Abbildung 2: Funktionstüchtige Geräte in Abhängigkeit der Anzahl Abschaltzyklen

Für die Versorgung ist zu unterscheiden, ob die Nutzer wie beim Mobilfunk Zugriff auf mehrere Endgeräte haben und somit Ausfälle im tiefen Prozentbereich im Allgemeinen problemlos überbrückt werden können. Bei der Festnetztopologie hingegen ist der Nutzer nur mit einem Point-of-Presence verbunden. Dessen Ausfall führt für ihn unmittelbar zu einem Versorgungsverlust.

Ein weiterer Punkt betrifft den Betrieb der Notstromaggregate (Diesel). Diese sind nicht für einen zyklischen Betrieb mit hunderten von Starts alle 8 Stunden ausgelegt. Als Alternative könnte man die Aggregate durchgängig während der Strommangel-lage laufen lassen und so ggf. zur Minderung der Mangellage beitragen. Dies stösst aber logistisch schnell an Grenzen.

3.2.3 Fragen zur Stromversorgung der Fernmeldedienstleister

Bei diesen Fragen ging es darum, die Machbarkeit, Kosten und ein Mengengerüst für den Schutz vor zyklischen Abschaltungen zu eruieren. Es konnten nicht alle Fernmeldedienstleister alle Details beantworten, aber es liegen Zahlen vor, welche für die untenstehenden Massnahmen-Betrachtungen genügend sind. Hier eine Übersicht über Mengen und typische Kostenangaben.

Infrastruktur	Menge
Standorte Netzinfrastruktur	
Serviceinfrastruktur	ca. 70 Standorte
Netzinfrastruktur	ca. 580 Standorte
Point-of-Presence	ca. 2'100 Standorte
Letzte Meile leitungsgebundene Netze	> 4'500 Standorte
Total Standorte	> 7'500 Standorte
Sendeanlagen Mobilfunk (etzte Meile Mobilfunk)	
GSM-Technologien	ca.26'000 Sendeanlagen
UMTS-Technologien	ca. 26'000 Sendeanlagen
LTE-Technologien	ca. 21'000 Sendeanlagen
Total Sendeanlagen	ca.73'000 Sendeanlagen

Mit Standorten sind Gebäude der Fernmeldedienstleister mit den entsprechenden Infrastrukturen gemeint. Mit Sendeanlagen sind technologie-spezifische Anlagen (GSM-R, LTE, UMTS) gemeint. Auf einem Antennenmast können mehrere solcher Sendeanlagen installiert sein.

Tabelle 5: Mengengerüste (Summe über die angefragten Fernmeldedienstleister)

Infrastruktur	Massnahme	Kostenangaben
Standorte der Serviceinfrastruktur	Dieselaggregate	bis 3'000 kCHF
Standorte der Netzinfrastruktur	Dieselaggregate	bis 150 kCHF
Standorte Point-of-Presence	Batterien	bis 100 kCHF
Standorte letzte Meile (leitungsgeb.)	Batterien	bis 15 kCHF
Sendeanlagen letzte Meile (mobil)	Batterien	bis 8 kCHF

Die Kostenangaben sind pro Standort und sind die maximalen Werte der Umfrageergebnisse.

Standorte mit Dieselaggregaten beinhalten jeweils ebenfalls batteriegestützte Stromversorgungen, um das Hochfahren des Aggregates überbrücken zu können.

Standorte mit Batterien werden so bestückt, dass die 4 Stunden überbrückt werden können.

Tabelle 6: Kostenangaben für den Schutz vor zyklischer Abschaltung (Investitionen)

**Folgerung 4:**

- Technische Massnahmen an den Stromversorgungen für die Service- und Netzinfrastrukturen zum Schutz gegen die zyklischen Abschaltungen sind machbar; Kostenschätzungen liegen vor. Die Massnahmen basieren vorwiegend auf batteriegestützten Lösungen aber auch auf Dieselaggregaten.
- Beim Einsatz von Dieselaggregaten ist sicherzustellen, dass die Dieselvorräte vor Ort und der Nachschub während der Strommangellage entsprechend geregelt werden.²
- Diese Aussagen gelten auch für die letzte Meile in den Mobilfunknetzen (Antennenstandorte) – Stützung mit Batterien ist grundsätzlich möglich. Ausnahmen bilden Kleinstanlagen (sogenannte Pico-Zellen).
- Auf der letzten Meile der leitungsgebundenen Netze sind solche Massnahmen aus Platzgründen in den meisten Fällen nicht machbar.

3.2.4 Fragen zur Priorisierung von Fernmeldediensten, -netzen und Inhalten

Bei diesen Fragen ging es darum, die Machbarkeit und allfällige Kosten für die Priorisierung von Fernmeldediensten oder das Sperren von bestimmten Inhalten zu eruieren. Zudem wurde geklärt, ob eine Erhöhung der Sendeleistung von Sendeanlagen möglich ist und welche Kosten typischerweise anfallen für eine direkte Glasfaseranbindung von priorisierten Bezüger-Standorten.

Folgerung 5:

- Das dedizierte Deaktivieren von Diensten oder Sperren von Inhalten ist kaum möglich und hat keine Wirkung auf den Stromverbrauch der Anlagen.
- Beim Abschalten von Technologien im Mobilfunkbereich könnten zwischen 30 und 50% Energie eingespart werden.
- Für die Erhöhung der Sendeleistung braucht es vertiefte Abklärungen und Massnahmen hinsichtlich NISV und Funknetzplanung.
- Eine direkte Anbindung mit Glasfasern ist mit neuen Technologien bis zu 40 km möglich.

3.3 Weitere Erkenntnisse

Im Rahmen der Arbeiten an der Studie sind noch folgende Punkte aufgebracht worden, die mit der Strommangellage direkt nichts zu tun haben, aber auf die Fernmeldediensteanbieter bzw. die Regulierung einen Einfluss haben könnten.

- Der Technologie-Trend «All-IP» - eigentlich schon state-of-the-art – und die bereits unter 3.1.2 erwähnten Entwicklungen in der Gesellschaft verursachen eine markante Verschiebung von Inhalten aus den klassischen Diensten auf das Internet

² Das BWL verfügt über Lagerbestände, welche eine Versorgung über drei Monate sicherstellen (gesamte Schweiz und Verbraucher).



als sogenannte over-the-top Dienste (OTT). Zusätzlich ergibt sich eine Verschiebung der «Service-Intelligenz» weg von den klassischen Netzinfrastrukturen zu den Service-Anbietern oder den Endgeräten der Bezüger (z.B. Skype).

- In diesen Zusammenhang ist auch die Verbreitung von Radio- und Fernsehinhalten zu stellen. Auch sie werden vermehrt als OTT über das Internet verteilt und konsumiert werden. Für die Radio- und Fernsehübertragung über die klassischen terrestrischen und satellitengestützten Infrastrukturen werden daher in dieser Studie keine weiteren Massnahmen evaluiert. Bei einer zyklischen Abschaltung des Stromes sind die Radio- und Fernsehgeräte ohnehin ohne Strom.

Folgerung 6:

- Das veränderte Kommunikationsverhalten in der Gesellschaft, wie auch die technologischen Trends bewirken eine Verschiebung der Inhalte von den klassischen Fernmeldediensten weg als OTT-Dienste auf das Internet. Die Service-Intelligenz verschiebt sich entsprechend weg von den klassischen Netzinfrastrukturen zu den Service-Anbietern oder den Endgeräten und Anlagen der Bezüger.
- Im Lichte dieser Entwicklungen müssten Umfang, Funktionalität und Qualität der Grundversorgung im Fernmeldegesetz geprüft und angepasst werden.

4 SITUATION IN DER STROMMANGELLAGE

4.1 Allgemeines

Das Szenario Strommangellage geht von einer mehrere Monate dauernden Stromunterversorgung von 30 Prozent in den Wintermonaten aus. Als Massnahmen seitens wirtschaftlicher Landesversorgung (WL) sind Nachfrage- und Angebotslenkung wie Kontingentierung oder zyklische Abschaltungen vorgesehen.

Für die Studie steht die zyklische Abschaltung – abwechselnd 4 h Unterbruch und 4 h Versorgung für jedes geographische Teilgebiet – im Vordergrund. Dabei werden durch die Energieunternehmen bestimmte geographische Teilgebiete alle 4 h ausgeschaltet und dann nach 4 Stunden wieder eingeschaltet – diese Abschaltpläne sind in der Kompetenz der Energieversorger. Wer, wann und wo betroffen ist, ist nicht publiziert und wird je nach Szenario durch die OSTRAL publiziert.

Folgerung 7:

- Das Konzept der Strommangellage, die möglichen Massnahmen im Ereignisfall und die Folgen sind den Bezügerinnen nicht bekannt.

Die zyklische Abschaltung erfolgt undifferenziert auf der sogenannten (Strom-) Netzebene 5. Diese Abschaltungen wirken sich dann direkt auf die unterliegenden betroffenen Segmente der Netzebene 7 aus. Hier ist das Gros der Endverbraucher typischerweise mit 230/400 V angeschlossen (Haushalte, Geschäfte, kleine Unternehmen, Point-of-Presence der Fernmeldedienstleister oder Mobilfunkanlagen).

Das Abschalten in einem solchen geographischen Teilbereich unterbricht also typischerweise die Kommunikationsverbindung vom Point-of-Presence bis zum Endgerät des Bezügers. Systeme auf der letzten Meile der drahtgebundenen Netze oder Geräte im Gebäude der Bezüger fallen aus.

Es sind nur noch autonom mit Strom versorgte Geräte über einen nicht planbaren Zeitraum funktionsfähig. Dazu gehören in erster Linie mobile Geräte.

Folgerung 8:

- Es sind in erster Linie Massnahmen mit Wirkung auf den Mobilfunk zu prüfen, weil zurzeit nur dort autonom mit Strom versorgte Endgeräte eine hohe Verbreitung haben.
- Die leitungsgebundene Versorgung wird bei der zyklischen Abschaltung sowohl auf der letzten Meile, als auch bei den Bezügerinnen stromlos.



4.2 Auswirkungen auf die Fernmeldedienstleister – Szenarien

4.2.1 Übersicht

Um die Auswirkungen während den zyklischen Abschaltungen und die Wirksamkeit von Massnahmen aufzuzeigen werden verschiedene Szenarien untersucht:

- Stromausfall bei der Serviceinfrastruktur
- Stromausfall bei der Netzinfrastruktur
- Stromausfall bei den Point-of-Presence
- Stromausfall auf der letzten Meile

Für alle Szenarien wird ein „Schadenswert“ (S-Wert) ermittelt, der sich aus drei Komponenten zusammensetzt:

- Wo hat der Ausfall Auswirkungen – geographische Abdeckung?
- Wer ist vom Ausfall betroffen – Bezüger?
- Was ist betroffen – Dienste und Inhalte?

S Wert	Wo Geographie	Wer Bezüger	Was Inhalte
0	Nirgends betroffen	Niemand betroffen	Nichts betroffen
1	Einzelne Standorte	Einzelne Bezüger	Wenig (Inhalte niedriger Kritikalität)
2	Städte & Agglomerationen	Bestimmte Gruppen	Mittel (Inhalte mittlerer Kritikalität)
3	Ganze Regionen	Alle	Viel (Inhalte hoher Kritikalität)
4	Überall		Alles

Priorisierung der Inhalte: Siehe 3.1.2
S-Wert: Schadenswert

Tabelle 7: Schadensbewertung

Der Schadenwert insgesamt für ein Szenario wird als Produkt der einzelnen Schadenswerte berechnet.

<p>$S = 0$: kein Schaden (normale Lage)</p> <p>$S = 48$: maximaler Schaden (alles ist überall ausgefallen, alle sind betroffen)</p>

Der Schadenswert macht eine rein qualitative Aussage.

Für die Wirksamkeit (W) einer Massnahme wird der verbleibende Schadenswert S_M ermittelt (nach Umsetzung der Massnahme). Die Wirksamkeit ist die Differenz der beiden Werte:

$W = S - S_M$

4.2.2 Szenario 1: Ausfall einer Serviceinfrastruktur

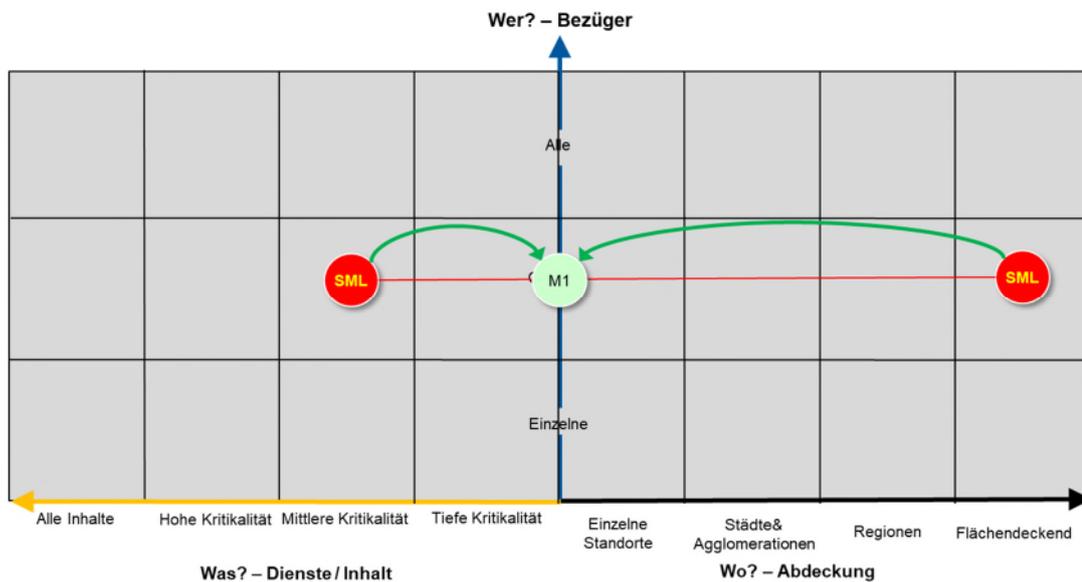
Beschreibung:

- Die Serviceinfrastruktur (z.B. Rechenzentrum) für einen bestimmten Service ist durch die zyklische Abschaltung betroffen.
- Die betrifft alle Bezüger diese Services und die Inhalte in der ganzen Schweiz.
- Als Massnahme wird die Netzinfrastruktur mit einem Dieselaggregat mit genügend grossem Tank bestückt oder evtl. batteriegestützt und damit vor der zyklischen Abschaltung geschützt.

Schadensbetrachtung:

Schadenswert SML ohne Massnahme			Schadenswert mit Massnahme		
S _{wo}	4	Flächendeckender Ausfall	S _{wo}	0	Grundsätzlich überall wieder verfügbar für die Bezüger dieses Service
S _{wer}	2	Die Bezüger dieses Service	S _{wer}	0	
S _{was}	2	Inhalte dieses Service	S _{was}	0	
S	16		S_M	0	
Wirksamkeit: 16 bzw. 100% Verbesserung					

Tabelle 8: Schadensbetrachtung Szenario 1



SML: Schadensausmass in der Strommangellage; M1: Schadensausmass mit Massnahme 1

Abbildung 3: Ausfall Serviceinfrastruktur

Bemerkung zur Abbildung:

Die Abbildung ist wie folgt zu lesen:

- Die drei Komponenten, die betroffen sein können (Wo, Wer, Was?), sind auf den drei Achsen (nach rechts, nach oben, nach links) mit den möglichen Schadenswerten aufgezeichnet.



- „SML“ lokalisiert das Schadensausmass beim Eintreten der Strommangellage (hier; flächendeckend, bestimmte Gruppen, mittlere Kritikalität).
- „M1“ lokalisiert das Schadensausmass nach Umsetzung der Massnahme 1.
- Mit den grünen Pfeilen wird die Wirkung graphisch aufgezeigt.

4.2.3 Szenario 2: Ausfall Netzinfrastruktur (Backbone, Netzübergänge)

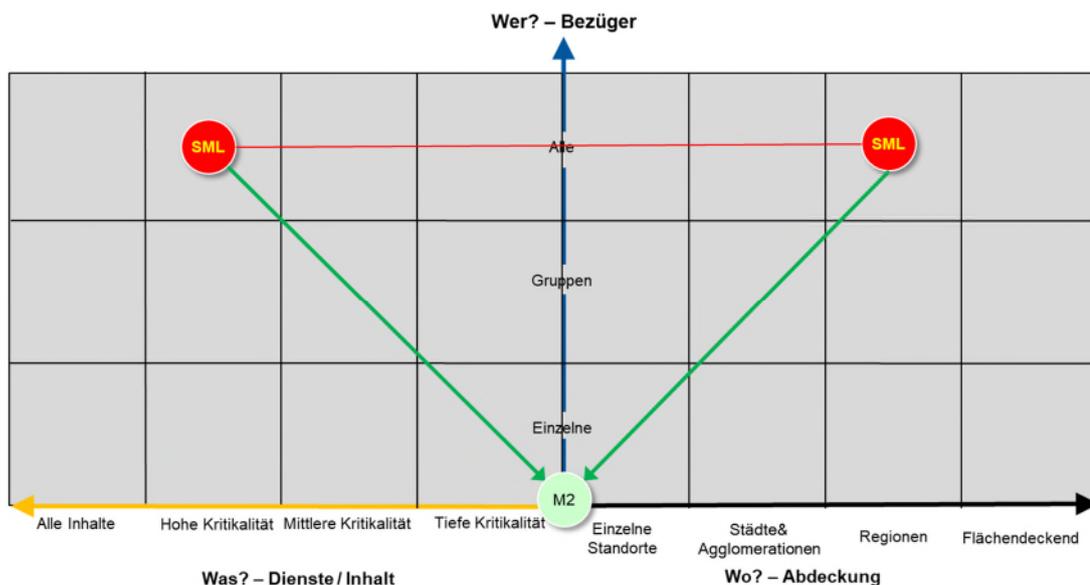
Beschreibung:

- Die Netzinfrastruktur (z.B. wichtige Standorte der Backbone-Netze) ist durch die zyklische Abschaltung betroffen.
- Dies betrifft alle Bezüger beim betroffenen Fernmeldedienstanbieter in der betroffenen Region.
- Es betrifft alle auf dieser Infrastruktur betriebenen Services und Inhalte.
- Als Massnahme wird die Netzinfrastruktur mit einem Diesellaggregat mit genügend grossem Tank bestückt oder evtl. batteriegestützt und damit vor der zyklischen Abschaltung geschützt.

Schadensbetrachtung:

Schadenswert SML ohne Massnahme			Schadenswert mit Massnahme		
S _{wo}	3	Ausfall in einer Region	S _{wo}	0	Grundsätzlich überall alles wieder verfügbar.
S _{wer}	3	Alle Bezüger	S _{wer}	0	
S _{was}	3	Inhalte der betr. Service	S _{was}	0	
S	27		S_M	0	
Wirksamkeit: 27 bzw. 100% Verbesserung					

Tabelle 9: Schadensbetrachtung Szenario 2



SML: Schadensausmass in der Strommangellage; M2: Schadensausmass mit Massnahme 2

Abbildung 4: Ausfall Netzinfrastruktur

4.2.4 Szenario 3: Ausfall Point-of-Presence

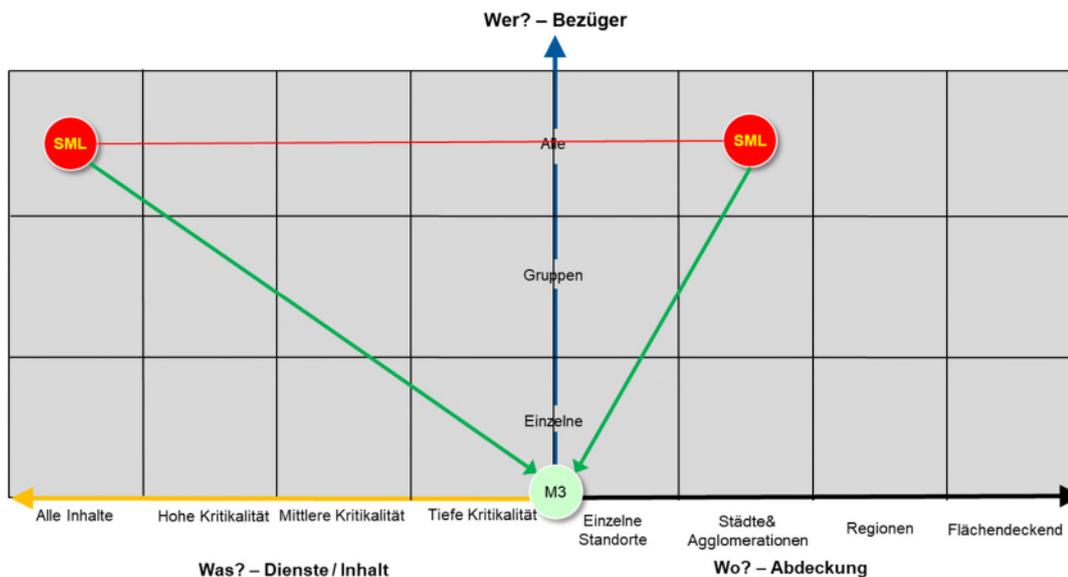
Beschreibung:

- Ein Point-of-Presence ist durch die zyklische Abschaltung betroffen.
- Dies betrifft alle Bezüger innerhalb des Perimeters des Point-of-Presence, typischerweise Quartiere oder kleinere Städte.
- Es betrifft alle auf diesem Point-of-Presence betriebenen Services und Inhalte.
- Als Massnahme wird der Point-of-Presence mit Batterien bestückt, welche die zyklischen Abschaltungen überbrücken können (Dieselaggregate wären auch denkbar, aber die hohe Anzahl Standorte ist zu berücksichtigen).

Schadensbetrachtung:

Schadenswert SML ohne Massnahme			Schadenswert mit Massnahme		
S _{wo}	2	Ausfall Stadt/Agglomeration	S _{wo}	0	Grundsätzlich überall alles wieder verfügbar.
S _{wer}	3	Alle Bezüger	S _{wer}	0	
S _{was}	4	Alle Services und Inhalte	S _{was}	0	
S	24		S_M	0	
Wirksamkeit: 24 bzw. 100% Verbesserung					

Tabelle 10: Schadensbetrachtung Szenario 3



SML: Schadensausmass in der Strommangellage; M3: Schadensausmass mit Massnahme 3

Abbildung 5: Ausfall Point-of-Presence



4.2.5 Szenario 4: Ausfall letzte Meile (Mobilfunk und leitungsgebundene Netze)

Beschreibung:

- Die letzte Meile ist ohne Strom – bei den leitungsgebundenen, wie den mobilen Netzen (Ausfall von Sendeanlagen und Systemen in den Verteilnetzen).
- Dies betrifft alle Bezüger innerhalb dieses Perimeters, typischerweise Quartiere oder kleinere Städte. Partiiell ist eine Abdeckung durch die Nachbarzelle der Mobilfunknetze noch möglich.
- Dies betrifft dann alle Services und Inhalte.
- Als Massnahme wird die Sendeanlage mit Batterien bestückt, welche die zyklische Abschaltung überbrücken. Damit wird mindestens ein Teil der Bezüger (diejenigen mit geladenen Smartphones) über Mobilfunk-Services auf einen Grossteil der Inhalte zugreifen können.

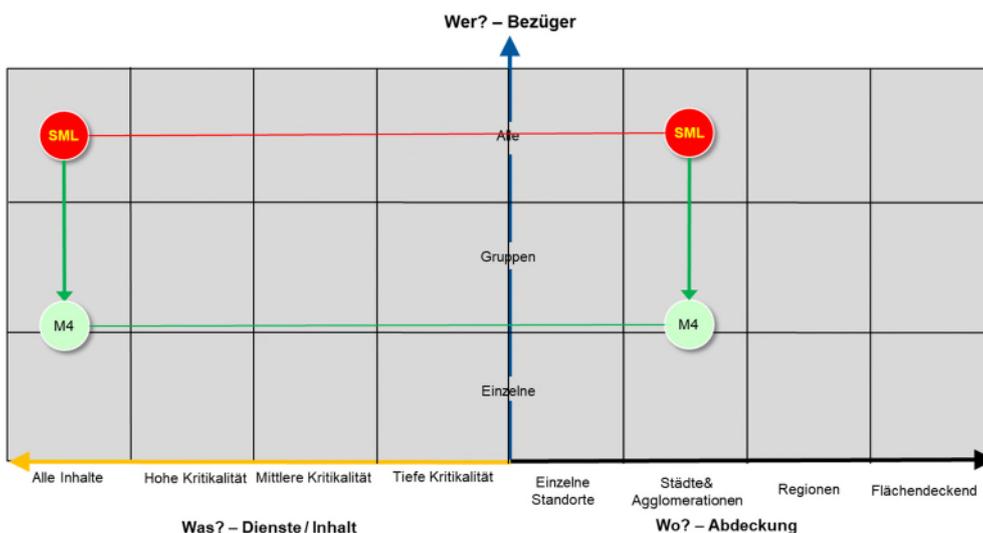
Schadensbetrachtung:

Schadenswert SML ohne Massnahme			Schadenswert mit Massnahme		
S _{wo}	2	Ausfall in einer Region	S _{wo}	2	Ausfall Quartier/Stadt
S _{wer}	3	Alle Bezüger	S _{wer}	1-2	Bezüger im leitungsgebundenen Netz
S _{was}	4	Inhalte der betr. Service	S _{was}	4	Alle Services und Inhalte
S	24		S_M	8-16	
Wirksamkeit: 8-16 bzw. 33 bis 66% Verbesserung					

Tabelle 11: Schadensbetrachtung Szenario 4

Bemerkung

- Es kann angenommen werden, dass der Anteil von Mobil-Bezügern sehr hoch ist verglichen mit den Teilnehmern, die nur über einen leitungsgebundenen Anschluss verfügen. Daher die 1-2 Bewertung.



SML: Schadensausmass in der Strommangellage; M4: Schadensausmass mit Massnahme 4

Abbildung 6: Ausfall Letzte Meile



5 MASSNAHMEN

5.1 Übersicht

Aufgrund der oben untersuchten Szenarien und erwähnten Folgerungen sind die untenstehenden Massnahmen zu prüfen.

Alle aufgeführten Massnahmen haben präventiven Charakter. Der Umsetzungshorizont ist unterschiedlich, dürfte aber bei den technischen Massnahmen einige Jahre dauern. Über die Umsetzung der Massnahmen ist vorerst zu beschliessen und dann ein Umsetzungsplan und -Konzept zu erarbeiten, welches der Langfristigkeit auch im Rahmen der Technologie-Lebenszyklen Rechnung trägt.

Massnahmen während der Strommangellage, z.B. Information und Anweisungen an das Verhalten der Bezüger, sind im Rahmen der Studie nicht behandelt worden.

5.2 Massnahmen aus den Szenarien

Diese Massnahmen verursachen Kosten bei den Fernmeldediensteanbietern und müssen entweder durch den Regulator angeordnet oder empfohlen werden. Die Finanzierung wäre zu regeln.

Die Massnahmen sind oben in Kapitel 4.2 qualitativ beschrieben. Hier sind die Varianten und deren Kostenfolgen aufgeführt. Die Mengen und Kosten beziehen sich auf die Angaben der Fernmeldediensteanbieter; die Menge bezeichnet die Menge über alle Anbieter und damit die gesamte Schweiz.

Die Kostenangaben der Fernmeldediensteanbieter beinhalten Investitionskosten. Die jährlichen Kosten wurden daraus wie folgt berechnet:

Für Massnahmen mit Dieselaggregaten:

- Jährliche Kosten für Instandhaltung, Ersatzteile, Betriebsmittel, etc.: 15% der Investitionen
- Lebensdauer: 20 Jahre
- Jährliche Kosten: (Investitionen + 20 x 15% der Investitionen) / 20

Für Massnahmen mit Batterien:

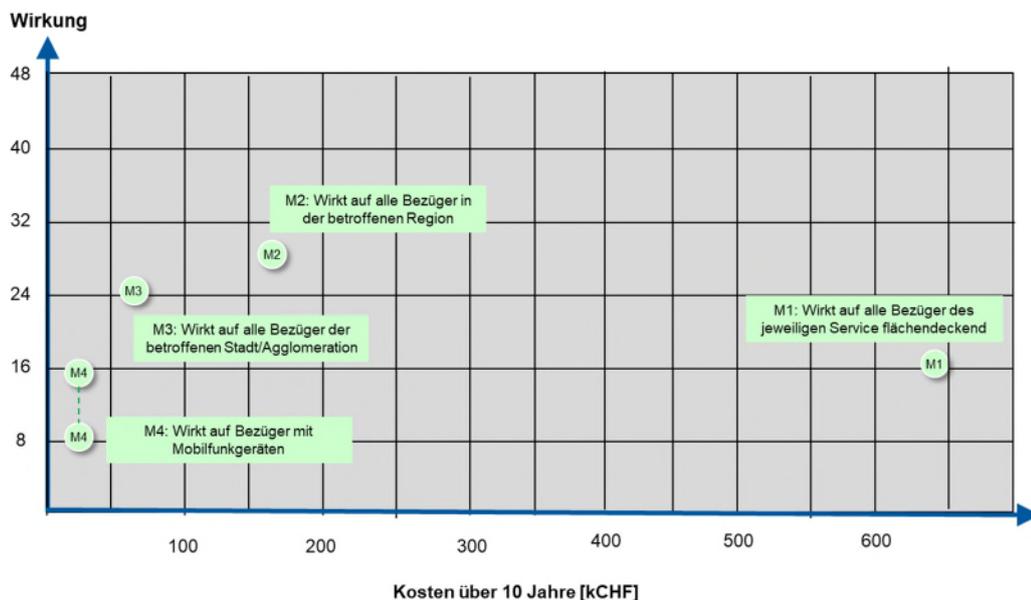
- Jährliche Kosten für Instandhaltung, Ersatzteile, Betriebsmittel, etc.: 20% der Investitionen
- Lebensdauer: 10 Jahre
- Jährliche Kosten: (Investitionen + 10 x 20% der Investitionen) / 10

Massnahme		Menge	Investitions kosten	Jährliche Kosten
M1	Installation von Dieselaggregaten bei den Standorten der Serviceinfrastruktur	70 Standorte	23 MCHF	4.5 MCHF
M2	Installation von Dieselaggregaten bei den Standorten der Netzinfrastruktur	580 Standorte	50 MCHF	10 MCHF
M3	Installation von Batterien in den Point-of-Presence	2'100 Standorte	46 MCHF	14 MCHF
M4	Installation von Batterien bei den Sendeanlagen der Mobilfunknetze	73'000 Anlagen	579 MCHF	173 MCHF
M4a	Wie M4 aber nur LTE-Sendeanlagen	21'000 Anlagen	165 MCHF	50 MCHF
M4b	Wie M4 aber nur GSM-Sendeanlagen	26'000 Anlagen	207 MCHF	62 MCHF
M4c	Wie M4 aber nur UMTS-Sendeanlagen	26'000 Anlagen	207 MCHF	62 MCHF

Die Mengen und Kosten basieren auf der Umfrage bei den Fernmeldediensteanbietern. Die Menge ist die Summe über die angefragten Fernmeldediensteanbieter, die Kosten ein gemittelter Wert der Angaben der Fernmeldediensteanbieter. Jährliche Kosten, wie oben beschrieben.

Tabelle 12: Massnahmen aus den Szenarien – Zahlen gelten für eine schweizweite Umsetzung

Die Wirksamkeit einer einzelnen Massnahme (an einem Standort/Anlage) ist in der folgenden Graphik den Kosten gegenübergestellt:



M1: Dieselaggregat für einen Service-Standort, M2: Dieselaggregat für einen Standort der Netzinfrastruktur
 M3: Batterien für einen Point-of-Presence, M4: Batterien für eine Sendeanlage

Abbildung 7: Kosten und Wirksamkeit (Nutzen) der Massnahmen

Wirksamkeit gemäss den Szenarien in 4.2.

5.3 Massnahmen aus den Folgerungen

Massnahmen aus den Folgerungen im Kapitel 3 sind:

	Massnahme	Quelle	Adressat
M5	Fernmeldediensteanbieter von der Kontingentierung während einer Strommangellage ausnehmen, da der Verbrauch der Branche aus einer Gesamtbetrachtung gering ist (ist heute technisch nicht möglich wegen Anbindung an Netzebene 7)	Folg. 1	BWL
M6	Das Konzept der zyklischen Abschaltungen – worst case mit abwechselnd 4 h Unterbruch und 4 h Versorgung für jedes geographische Teilgebiet – ist zu überdenken, da die Folgen von Hardwareausfällen eine Breitenwirkung über die Fernmeldedienste hinaus auf alle Bezüger und kritischen Infrastrukturen hat. Als Alternative sollte eine umfassende „Smart-Metering-Lösung“ in Betracht gezogen werden, die gezielte Abschaltungen vornehmen kann.	Folg. 3	BWL, OST-RAL, EL-COM
M7	Für die Standorte der Fernmeldediensteanbieter mit Dieselaggregaten (Dauerbetrieb während der Strommangellage) sollte ein übergeordnetes Versorgungskonzept erarbeitet werden, welches diese Standorte während der Strommangellage zeitgerecht mit Treibstoff versorgt.	Folg. 4	BWL, OT-RAL
M8	Die Frage betreffend Erhöhung der Sendeleistung von Mobilfunkantennen ist zu prüfen – Aufwand und Nutzen sind zu klären.	Folg. 4	BAKOM
M9	Organisationen der kritischen Infrastrukturen oder auch anderen sollte empfohlen werden, ihre wichtigen Standorte direkt mit Glasfasern an einen Point-of-Presence anzuschliessen und vor Ort ebenfalls Massnahmen gegen die zyklischen Abschaltungen zu treffen.	Folg. 5	BWL
M10	Der Umfang, Funktionalität und Qualität der Grundversorgung mit Fernmeldediensten sollte geprüft und unter Umständen an das veränderte Kommunikationsverhalten der Gesellschaft angepasst werden.	Folg. 6	BAKOM
M11	Unternehmen, Organisationen sowie Wirtschaft und Bevölkerung sollten über das Konzept der Strommangellage informiert werden. Insbesondere sollen sich Unternehmen und Organisationen auf den Zeitpunkt der Abschaltungen vorbereiten können, um ihre IT-Infrastruktur kontrolliert herunterzufahren.	Folg. 7	Bezüger über BWL
M12	Wirtschaft und Bevölkerung sollten informiert werden, dass im Falle einer Strommangellage der Mobilfunkversorgung Priorität eingeräumt wird (sofern obige Massnahmen umgesetzt werden).	Folg. 8	Bezüger über BAKOM, BWL

Tabelle 13: Massnahmen aus den Folgerungen

6 EMPFEHLUNGEN

Für das weitere Vorgehen wird Folgendes empfohlen:

6.1 Gesetzgeber

Für die Massnahmen M5, M6 und M10 (Details siehe 5.3) sollten die folgenden nächsten Schritte eingeleitet werden:

- Die Zuständigkeiten sind zu verifizieren.
- Mit den zuständigen Stellen sollte der Inhalt der Massnahmen präzisiert werden und in den jeweiligen gesetzlichen Kontext gestellt werden.
- Die Machbarkeit ist generell und im Rahmen allfällig laufender Gesetzesrevisionen zu klären und die Konsequenzen sind aufzuzeigen.
- Eine allfällige Umsetzung ist zu planen.

M5	Fernmeldedienstanbieter von der Kontingentierung während einer Strommangellage ausnehmen.
M6	Das Konzept der zyklischen Abschaltungen – worst case mit abwechselnd 4 h Unterbruch und 4 h Versorgung für jedes geographische Teilgebiet – ist zu überdenken, da die Folgen von Hardwareausfällen eine Breitenwirkung über die Fernmeldedienste hinaus auf alle Bezüger und kritischen Infrastrukturen hat. Als Alternative sollte eine umfassende „Smart-Metering-Lösung“ in Betracht gezogen werden, die gezielte Abschaltungen vornehmen kann.
M10	Der Umfang, Funktionalität und Qualität der Grundversorgung mit Fernmeldediensten sollte geprüft und unter Umständen an das veränderte Kommunikationsverhalten der Gesellschaft angepasst werden.

6.2 Fernmeldediensteanbieter

Zur Verbesserung der Resilienz der Fernmeldedienste und -netze sollten für die Massnahmen M1, M2, M3 und M4a (Details siehe 5.2) die folgenden Schritte eingeleitet werden:

- Die Fernmeldediensteanbieter sollten über die Erkenntnisse der Studie informiert werden und auf die potentiellen Auswirkungen der zyklischen Abschaltungen hingewiesen werden.
- Mit den Fernmeldediensteanbietern sollte geklärt werden, ob die Massnahmen oder ein Teil davon im Rahmen der ordentlichen Lifecycle-Prozesse der Infrastrukturen eingeführt werden können.
- Das BAKOM und das BWL sollten prüfen, ob im Sinne der Versorgungssicherheit den Fernmeldediensteanbietern Auflagen für die Umsetzung gemacht werden müssten.
- Die Massnahme M7 ist als flankierende Massnahme zu M1 und M2 einzuführen.

M1	Installation von Dieselaggregaten bei den Standorten der Serviceinfrastruktur
M2	Installation von Dieselaggregaten bei den Standorten der Netzinfrastruktur
M3	Installation von Batterien in den Point-of-Presence
M4	Installation von Batterien bei den Sendeanlagen der Mobilfunknetze
M4a	Installation von Batterien bei den LTE-Sendeanlagen
M7	Übergeordnetes Diesel-Versorgungskonzept für die Standorte der Fernmeldediensteanbieter.

6.3 Bezüger und kritische Infrastrukturen

Für die Massnahmen M9, M11 und M10 (Details siehe 5.3) sollten die folgenden nächsten Schritte eingeleitet werden:

- Generelle Information der Schweiz über das Konzept der Strommangellage insbesondere über mögliche Folgen und individuelle Vorkehrungen (Ausfallrisiken von Geräten, Bereitstellung von Batterien).
- Spezifische Information der Organisationen der kritischen Infrastrukturen und Unternehmen über mögliche Folgen der zyklischen Abschaltungen (Ausfallrisiken) und möglichen Vorkehrungen zur Sicherstellung der Versorgung mit Fernmeldediensten (direkte Glasfaseranschlüsse und Batterien vor Ort).
- Die Zuständigkeit für diese „Informations-Kampagnen“ ist zu verifizieren – BWL oder / und BAKOM.

M9	Direkter Glasfaser-Anschluss an Point-of-Presence und Schutzmassnahmen vor Ort für Organisationen der kritischen Infrastrukturen oder auch andere.
M11	Information von Unternehmen, Organisationen sowie Wirtschaft und Bevölkerung über das Konzept der Strommangellage.
M12	Information der Wirtschaft und Bevölkerung, dass im Falle einer Strommangellage der Mobilfunkversorgung Priorität eingeräumt wird.



7 REFERENZEN

Nummer	Dokument
[1]	Katastrophen und Notlagen Schweiz: Technischer Risikobericht 2015, Faktenblatt dazu
[2]	Bericht über die Sicherstellung der Telekommunikation bei Strommangellagen; BAKOM, BWL, 2016
[3]	Massnahmen zur Stärkung der IKT-Resilienz der Telekommunikation; 2017
[4]	Risiko- und Verwundbarkeitsanalyse des Teilssektors Telekommunikation; BWL, 2018
[5]	Fragebogen für die Fernmeldedienst- und Netzanbieter betreffend die Studie Strommangellage – SML; BAKOM 26. April 2018

Tabelle 14: Referenzen

8 BEGRIFFE – DEFINITIONEN UND ABKÜRZUNGEN

In diesem Dokument gelten die folgenden Begriffe bzw. Definitionen.

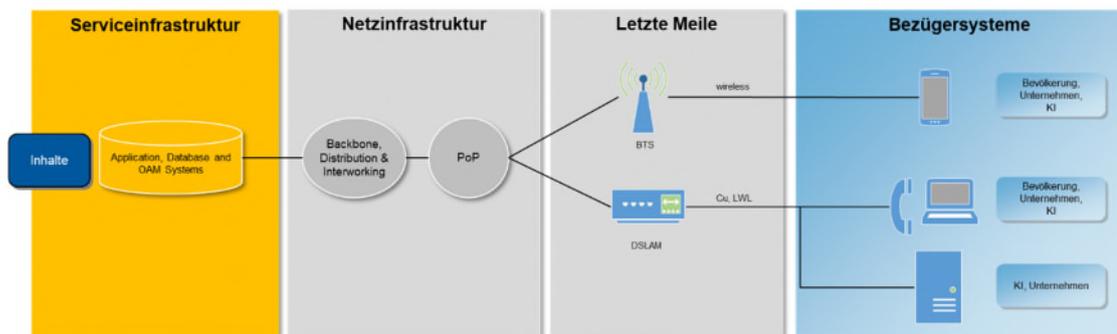


Abbildung 8: Begriffe – Definitionen

Begriff/Abkürzung	Definition
Serviceinfrastruktur	Zentrale Applikationen, Datenbanken und Betriebssysteme sowie die unterliegenden technischen Plattformen und Systeme für die Erbringung von Fernmeldediensten. Diese befinden sich typ. in einem (Service-) RZ oder einer RZ-ähnlichen Umgebung.
Netzinfrastruktur – Backbone, Distribution & Interworking	Zentrale Netzelemente für die Sicherstellung der Konnektivität (Layer 1 bis 3) zwischen der Serviceinfrastruktur, Verteilzentralen und Netzübergängen. Die Begriffe und Abgrenzung zwischen Backbone und Distribution dürften je nach Netzanbieter und Technologie unterschiedlich sein und sind hier als generische «Platzhalter» eingesetzt. Hinsichtlich Stromversorgung wird vom Gleichen ausgegangen, wie bei der Serviceinfrastruktur.
Netzinfrastruktur – PoP (Point-of-Presence)	Lokale/regionale Netzelemente in Verteilzentralen für die Sicherstellung der Konnektivität (Layer 1 bis 3) zwischen den zentralen Netzelementen und den Systemen in der letzten Meile.
Letzte Meile	Netzelemente, welche die Konnektivität (Layer 1 bis 3) zu den Geräten bei den Bezüglern und damit zum Bezüglern sicherstellen.
Bezüglersysteme	Systeme oder Endgeräte der Kunden für den Bezug der Fernmeldedienste.
Bezüglern	Bezüglern der Fernmeldedienste. <ul style="list-style-type: none"> • Bevölkerung • Unternehmen • Kritische Infrastrukturen
Inhalte	Mit Inhalten (Content) werden die Informationen verstanden, welche über die Fernmeldedienste und -netze verteilt oder übertragen werden.
Kontingentierung	Der Begriff meint in diesem Kontext die Strom-Kontingentierung, welche die wirtschaftliche Landesversorgung in einer Strommangellage anordnen kann. Davon betroffen sind Grossverbraucher; mögliche Kontingentierungssätze sind 90%, 80%, 66% und 50%.



Begriff/Abkürzung	Definition
	<p>Grossverbraucher sind solche Unternehmen, die mehr als 100 MWh pro Jahr beziehen.</p> <p>Die Einschränkung von Fernmeldediensten oder -inhalten wird mit dem Begriff «deaktivieren» bzw. «sperrern» behandelt.</p>
Zyklische Abschaltungen	Intervallmässige Abschaltung von Teilen der Strom-Versorgungsnetze gemäss vorbereiteten Abschaltplänen. Die Umsetzung erfolgt mit verschiedenen Abschaltzyklen (4h/8h oder 4h/4h).
BAKOM	Bundesamt für Kommunikation
BWL	Bundesamt für wirtschaftliche Landesversorgung
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
NISV	Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung
OSTRAL	Organisation für Stromversorgung in ausserordentlichen Lagen. Sie wird beim Eintreten einer Strommangellage auf Anweisung der wirtschaftlichen Landesversorgung aktiv.

Tabelle 15: Begriffe – Definitionen und Abkürzungen