



Verfahren zur dynamischen Bestimmung des Bedarfs für Sekundärregel- und Minutenreserve

Gutachten

im Auftrag

der deutschen Übertragungsnetzbetreiber

(Auftraggeber: TenneT TSO GmbH)

09. Mai 2018

Verfahren zur dynamischen Bestimmung des Bedarfs für Sekundärregel- und Minutenreserve

Gutachten

im Auftrag

der deutschen Übertragungsnetzbetreiber
(Auftraggeber: TenneT TSO GmbH)

09. Mai 2018

Consentec GmbH

Grüner Weg 1
52070 Aachen
Deutschland
Tel. +49 (2 41) 93 83 6-0
E-Mail: info@consentec.de
<http://www.consentec.de>

In Zusammenarbeit mit:

TenneT TSO GmbH

Bernecker Straße 70
95448 Bayreuth
Deutschland

50Hertz Transmission GmbH

Heidestraße 2
10557 Berlin
Deutschland

Amprion GmbH

Rheinlanddamm 24
44139 Dortmund
Deutschland

TransnetBW GmbH

Osloer Straße 15-17
70173 Stuttgart
Deutschland

Zusammenfassung

In Einklang mit den Anforderungen der BNetzA-Beschlüsse BK6-15-158 und BK6-15-159 sowie der SO GL streben die ÜNB eine dynamische und somit situationsabhängige Bemessung der Sekundärregel- und Minutenreserve an. Analog zu heute soll dabei eine Bemessung auf Basis eines probabilistischen Ansatzes durchgeführt werden.

Um eine probabilistische Dimensionierung durchführen zu können, ist es erforderlich, zunächst Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen von Ungleichgewichten herzuleiten und anschließend mittels Quantilbildung den Regelleistungsbedarf zu bestimmen. Ein Ziel der dynamischen bzw. situationsabhängigen Regelleistungsdimensionierung besteht in einer möglichst bedarfsgerechten Bemessung. Dies impliziert, dass für unterschiedliche Situationen jeweils Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen hergeleitet werden müssen, die die erwartete Situation bzw. den benötigten Regelleistungsbedarf möglichst genau beschreiben. Im Hinblick auf die relativ geringen Quantile bzw. kleinen Defizitwahrscheinlichkeiten bekommen Einzelereignisse bei der Bemessung ein vergleichsweise hohes Gewicht, weshalb es bei der Bemessung erforderlich ist, immer eine Vielzahl historischer Tage bzw. Zeitpunkte in die Datenbasis aufzunehmen und aus dieser die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion zu bilden.

Auf Basis der von den ÜNB durchgeführten Voruntersuchung lässt sich bereits schlussfolgern, dass unterschiedliche Einflussfaktoren auf den RL-Bedarf existieren, die zum Teil sowohl saisonale aber vor allem tageszeitspezifische Abhängigkeiten aufweisen. Gleichzeitig zeigt die Analyse der historischen Bilanzungleichgewichte auf, dass eine statische Klassifizierung, bspw. aller Tage eines Monats, nicht robust möglich ist und die Einflussfaktoren auf den Regelleistungsbedarf nur unzureichend erfasst. Es erscheint allerdings sinnvoll und notwendig, für Sondertage, die vorrangig aus Feier- und Brückentagen definiert sind, eine gesonderte Bemessung durchzuführen.

Neben den saisonalen und tageszeitspezifischen Abhängigkeiten sollten bei einer situationsabhängigen Dimensionierung weitere relevante Einflussfaktoren auf den Regelleistungsbedarf wie die Wind- und die Photovoltaikspeisung, das zu erwartende Lastniveau oder der Außenhandelsaldo Deutschlands berücksichtigt werden. Aufgrund der von der BNetzA vorgegebenen spezifischen Ausschreibungsbedingungen können solche Faktoren allerdings momentan nicht sinnvoll berücksichtigt werden.

Grundsätzlich bestehen auf Basis dieser Erkenntnisse unterschiedliche methodische Herangehensweisen, um einen situationsabhängigen Regelleistungsbedarf zu bestimmen und die zuvor skizzierten Herausforderungen zu beachten. Insbesondere dürfte es dabei nicht ausschließlich ein richtiges Vorgehen geben, sondern die unterschiedlichen Verfahren dürften über individuelle Vor- und Nachteile verfügen.

Der Ansatz der ÜNB sieht vor, zur Bestimmung der dimensionierungsrelevanten Datenbasis keine exogen vorgegebenen Tages- bzw. Monats-Klassifizierungen vorzugeben, sondern stattdessen eine Clusteranalyse anzuwenden. Ein Cluster umfasst dabei jeweils statistische vergleichbare Datenmengen, die sich bei der hier ergebenden Fragestellung aus Zeitpunkten mit vergleichbaren Regelleistungsbedarfen ergeben. Der Cluster-Algorithmus erfordert keine exogene Definition der Klassen, sondern fasst die Daten so zusammen, dass eine minimale quadratische

Abweichung der Daten innerhalb eines Clusters zum Schwerpunkt (hier der mittlere Regelleistungsbedarf) erreicht wird. Dabei werden alle Datenpunkte einbezogen. Im Voraus ist lediglich die Anzahl der zu bildenden Cluster festzulegen.

Für die Regelleistungsbemessung eines Dimensionierungszeitraums, werden anschließend alle zuvor bestimmten Cluster bei der Regelleistungsdimensionierung berücksichtigt, die mindestens einen repräsentativen Zeitpunkt enthalten. Dabei werden die einzelnen Cluster mit der Anzahl der enthaltenen repräsentativen Zeitpunkte gewichtet.

Der wesentliche Vorteil der Verwendung von Datenclustern liegt in der endogenen und somit objektiv bestimmten Gruppenbildung, die sich die Gesamtheit der verfügbaren Daten zunutze macht. Somit ist es nicht notwendig, die Datenbasis statisch, bspw. unter Berücksichtigung von Tageseigenschaften, zu klassifizieren. Gleichzeitig wird mit diesem Ansatz sichergestellt, dass durch die Berücksichtigung der Cluster eine ausreichend große Datenbasis bei der Bildung der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen berücksichtigt wird. Würde man beispielsweise ausschließlich die repräsentativen Zeitpunkte berücksichtigen, wäre die Datenbasis nicht ausreichend. Letztlich muss sich das gewählte Vorgehen allerdings an der an der Güte der damit erzielten Bemessungsergebnisse messen lassen.

Es ist deutlich erkennbar, dass mit der entwickelten situationsabhängigen Regelleistungsdimensionierung und der von den ÜNB vorgeschlagenen Parametrierung eine bedarfsgerechtere Regelleistungsbemessung (mit im Durchschnitt geringerer Vorhaltung) bei gleichzeitiger Gewährleistung des aktuellen Sicherheitsniveaus möglich ist. Die uns vorgelegten und von uns plausibilisierten, jedoch nicht im Detail nachvollzogenen quantitativen Ergebnisse zeigen dabei zudem auf, dass die vorgelegte Bemessungsmethode sinnvolle Ergebnisse liefern kann und die sich ergebenden notwendigen Regelleistungen sich jeweils in plausiblen Größenordnungen befinden. Somit erscheint das vorrangige Ziel der Entwicklung einer gegenüber dem aktuell eingesetzten statischen Bemessungsverfahren verbesserten Regelleistungsdimensionierung erfüllt.

Inhalt

Zusammenfassung	i
Inhalt	iii
1 Hintergrund und Aufbau des Dokumentes	1
2 Aktuell eingesetztes Verfahren der Reservebemessung	2
2.1 Kurzbeschreibung	2
2.2 Abgrenzung von Sekundärregel- und Minutenreserve	3
2.3 Grenzen des aktuellen Verfahrens	4
3 Situationsabhängige Dimensionierung von Sekundärregel- und Minutenreserve	6
3.1 Rechtlich-regulatorische Rahmenbedingungen	6
3.2 Voranalyse historisch aufgetretener Ungleichgewichte	8
3.3 Verfahrensablauf	12
3.3.1 Synthetischer Regelleistungsabruf	14
3.3.2 Clusterung und Auswahl repräsentativer Zeitpunkte	17
3.3.3 Gewichtung und Bemessung	19
3.3.4 Rollierende Überprüfung	21
3.4 Parametrierung	21
3.4.1 Wechselwirkungen	21
3.4.2 Datenbasis und -umfang	22
3.4.3 Einsatzkonzept	23
3.4.4 Anzahl Cluster	23
3.4.5 Auswahl repräsentativer Zeitpunkte	24
3.4.6 Kraftwerksausfälle	25
3.4.7 Quantile und Sicherheitsniveau	25
3.5 Vergleich des aktuellen und neuen Verfahrens	27
3.6 Vergleich aktueller Bemessungsergebnisse mit der Praxis	28
4 Literaturverzeichnis	34

1 Hintergrund und Aufbau des Dokumentes

Der sichere Betrieb elektrischer Netze erfordert eine kontinuierlich ausgeglichene Systembilanz, d. h. ein Gleichgewicht zwischen eingespeister und entnommener Energie. Da diese ausgeglichene Systembilanz auf Basis von Prognose- und Fahrplanwerten nur unvollständig gewährleistet werden kann, muss sie kontinuierlich überwacht und, im Bedarfsfall, durch korrektive Eingriffe sichergestellt werden. Hierfür erbringen die systemverantwortlichen Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) die Systemdienstleistung der Leistungs-Frequenz-Regelung. Diese umfasst die Vorhaltung und den Einsatz von Regelleistung in den drei Reservequalitäten Primärregelreserve, Sekundärregelreserve und Minutenreserve.

In der Guideline System Operation (SO GL) wird aktuell für den kontinentaleuropäischen Synchronverbund ein zeitlich konstanter Bedarf an Primärregelleistung von mindestens 3 GW vorgeschrieben. Zur Bestimmung dieses Leistungsbedarfs referenziert die Guideline auf den überlappenden Ausfall von zwei großen Kraftwerksblöcken mit jeweils 1.500 MW. Die Bestimmung des Bedarfs an Sekundärregel- (SRL) und Minutenreserveleistung (MRL) liegt gemäß SO GL bei den regelzonenverantwortlichen ÜNB, bzw. beim Regelblock.

In der Praxis setzen die deutschen ÜNB aktuell ein probabilistisches Verfahren zur Bemessung der SRL und MRL ein, das auf einer teilweise analytischen, teilweise statistischen Beschreibung der Ursachen von Leistungsungleichgewichten und der Vorgabe einer akzeptierten Wahrscheinlichkeit nicht ausreichender Regelleistung beruht. Das Verfahren wird dabei so eingesetzt, dass ein konstanter Regelleistungsbedarf für den gesamten Dimensionierungszeitraum ermittelt wird. Der Dimensionierungszeitraum beträgt aktuell jeweils ein Quartal.

Tatsächlich ist die Wahrscheinlichkeit des Auftretens und der Höhe von Bilanzungleichgewichten jedoch situationsabhängig unterschiedlich. Ein permanent gleiches Sicherheitsniveau im Systembetrieb würde deshalb eine kontinuierliche Anpassung der vorgehaltenen Regelleistung erfordern. Vor diesem Hintergrund haben die ÜNB daher in jüngster Vergangenheit ein Verfahren zur dynamischen Bestimmung des Regelleistungsbedarfs entwickelt, das eine Reaktion auf sich ändernde Randbedingungen ermöglichen und eine verbesserte Regelleistungsbemessung erlauben soll. Dieses Verfahren zur dynamischen Bestimmung des Regelleistungsbedarfs soll zunächst begutachtet und anschließend öffentlich konsultiert werden. Hierzu hat TenneT TSO GmbH uns stellvertretend für alle vier deutschen ÜNB mit der Erstellung des Gutachtens sowie der Durchführung der Konsultation beauftragt.

Neben dieser Einleitung ist das Gutachten in zwei weitere Kapitel untergliedert.

In Kapitel 2 wird ein Überblick über das bestehende und aktuell eingesetzte Verfahren gegeben. Neben einer kurzen Einführung in die Grundlagen der Regelleistungsdimensionierung werden in diesem Kapitel insbesondere die in der Praxis aufgetretenen Einsatzgrenzen des Verfahrens dargestellt.

Im dritten Kapitel wird das von den ÜNB neu entwickelte Verfahren zur situationsabhängigen Dimensionierung von Sekundärregel- und Minutenreserve vorgestellt. Der Fokus liegt in der Analyse des bestehenden rechtlich-regulatorischen Rahmens, einer Analyse historisch aufgetretener Ungleichgewichte, einem von den ÜNB vorgeschlagenen Verfahrensablauf nebst Parametrierungsvorschlag sowie einer ersten Gegenüberstellung von Bemessungsergebnissen mit in der Praxis ausgeschriebenen Mengen.

2 Aktuell eingesetztes Verfahren der Reservebemessung

2.1 Kurzbeschreibung

Bisher wird der Regelleistungsbedarf von den ÜNB so bestimmt, dass ein vorgegebenes Sicherheitsniveau eingehalten wird. Dabei kommt ein probabilistisches Verfahren zum Einsatz. Mit diesem Verfahren können die für den Regelleistungsbedarf relevanten Einflussfaktoren, wie das Ausfallverhalten der Kraftwerke, Regelzonen-Prognosefehler, das kurzfristige Lastrauschen sowie weitere mögliche Ursachen für Bilanzungleichgewichte, z. B. aufgrund von Handelsaktivitäten oder dem Prognosefehler dargebotsabhängiger Einspeisung, berücksichtigt werden.

Das angewandte Verfahren basiert auf der von der Bundesnetzagentur bestätigten Methode zur Bemessung des Regelleistungsbedarfs und bildet seit mehreren Jahren die anerkannte Grundlage für die gemeinsame Reservebemessung der deutschen ÜNB. Es beruht auf dem Ansatz, dass die für die einzelnen Einflussfaktoren auf die Leistungsbilanz individuell vorliegenden Wahrscheinlichkeitsdichteverteilungen auftretender Bilanzabweichungen durch die mathematische Methode der Faltung in eine gemeinsame Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung der Bilanzabweichung der Regelzone/des Regelblocks überführt werden können. Dabei wird Unkorreliertheit der gefalteten Einflussgrößen bei der Reservebemessung unterstellt. Bilanzabweichungen, die mit einer nicht tolerierten Wahrscheinlichkeit auftreten, sind dann durch Regelleistung auszugleichen. Das eingesetzte analytische Verfahren wird in den beiden Gutachten von Consentec für die BNetzA umfassend beschrieben und ist in Bild 2.1 dargestellt [1, 2].

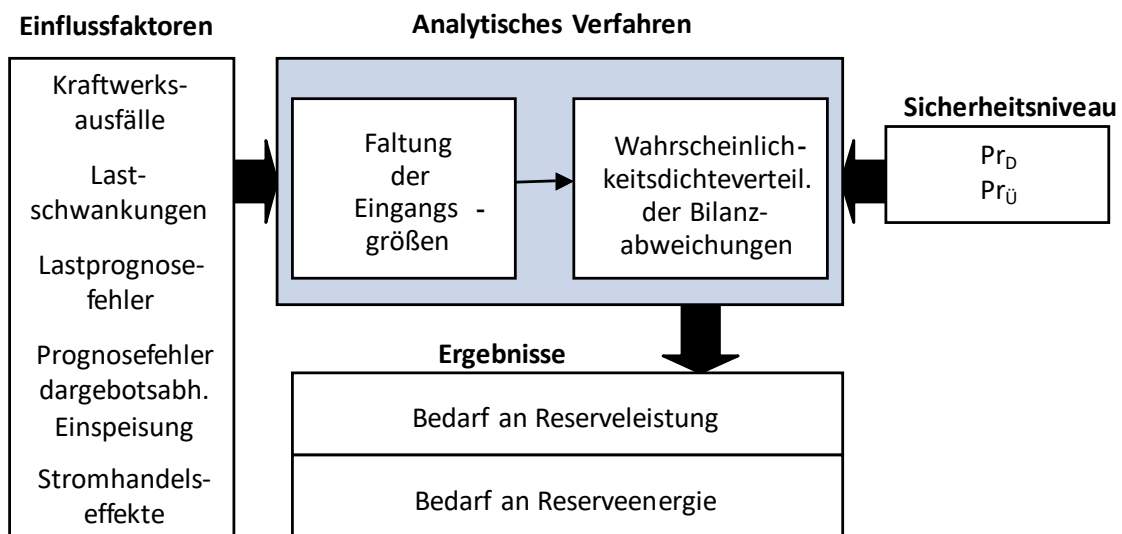


Bild 2.1: Analytisches Verfahren zur Regelleistungsbemessung.

Die Ermittlung des Regelleistungsbedarfs erfolgt anhand der einzuhaltenden Überschuss- (Pr_U) und Defizitwahrscheinlichkeiten (Pr_D).¹ Anhand der Wahrscheinlichkeitsfunktion der Leistungs-

¹ Wenn im Folgenden allgemein von einem Regelleistungsdefizit gesprochen wird, sind damit alle Situationen gemeint, in denen die Regelleistung nicht ausreicht, um Leistungsbilanzüberschüsse (Defizit negativer Regelleistung) oder Leistungsbilanzdefizite (Defizit positiver Regelleistung) auszugleichen.

abweichungen vom Gleichgewichtszustand werden die Werte ermittelt, bei denen die Einhaltung von Pr_D und Pr_U gerade noch gewährleistet ist. Diese Werte entsprechen dann der benötigten positiven bzw. negativen Regelleistung.

2.2 Abgrenzung von Sekundärregel- und Minutenreserve

Das Prinzipschema aus Bild 2.1 beschreibt zunächst nur die Ermittlung *einer* Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung von Bilanzungleichgewichten. In der Praxis ist aber zu berücksichtigen, dass nicht ausregelbare Leistungsdefizite bzw. Überschüsse aufgrund von zwei separaten Effekten auftreten können:

Da Minutenreserveleistung (MRL) durch Sekundärregelleistung (SRL) vollständig substituiert werden kann, ist eine Ausschöpfung der MRL alleine noch kein Grund für ein Regelleistungsdefizit. Die Summe der in beiden Qualitäten vorgehaltene Gesamtregelleistung (GRL, Summe aus SRL und MRL) zu gering sein, um eine auftretende Bilanzabweichung auszuregeln. In diesem Fall entsteht ein Regelleistungsdefizit infolge *unzureichender Gesamtreserve*.

Ein Regelleistungsdefizit kann auch dann auftreten, wenn zwar ausreichend Gesamtregelleistung vorhanden, diese jedoch z. B. nach einem Kraftwerksausfall nicht zeitgerecht und somit schnell genug verfügbar ist, weil die Sekundärregelleistung allein nicht ausreicht und die Minutenreserve erst zeitverzögert vollständig aktivierbar und daher zu langsam ist. In diesem Fall spricht man von einem Regelleistungsdefizit infolge *unzureichender Sekundärregelreserve*.

Bei der Abgrenzung von SRL und MRL ist weiterhin zu berücksichtigen, dass der Gesamtreservebedarf zwar durch das Zusammenwirken aller Einflussgrößen bestimmt wird, dass jedoch nur ein Teil dieser Einflussgrößen auch einen Bedarf an schneller Regelleistung, also SRL verursacht (siehe Bild 2.2).

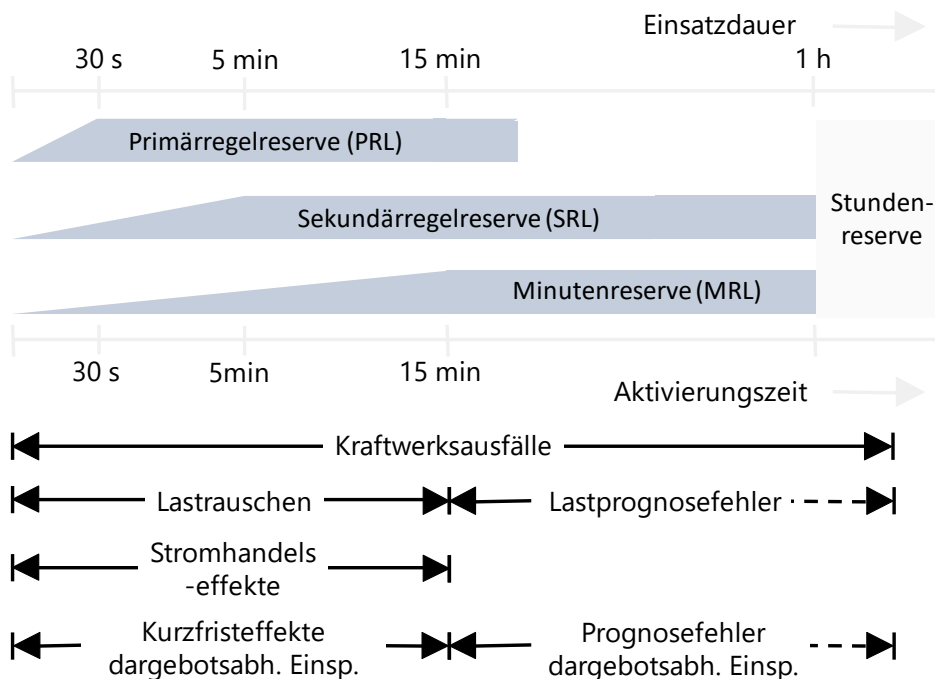


Bild 2.2: Einsatz der Regelleistungsarten in verschiedenen Zeitbereichen.

Dass alle Einflussgrößen, die auf einer Prognose beruhen (Lastprognosefehler und Prognosefehler dargebotsabhängiger Einspeisung) auch über den in Bild 2.2 angegebenen Zeitraum von einer Stunde hinaus wirksam sein können und Regelleistungsbedarf verursachen, wird durch die gestrichelten Pfeile verdeutlicht.

Bild 2.3 verdeutlicht die beiden unterschiedlichen Ursachen nicht ausreichender Reservevorhaltung noch einmal anhand zweier exemplarischer Ereignisse und klärt die Zuordnung entstehender Defizitzeiten zu den beiden genannten Defizitursachen. Das Defizit in den ersten 15 Minuten durch das Ereignis 1 wird demnach der Ursache „unzureichende SRL“ zugeordnet, da hier keine ausreichende SRL, wohl aber ausreichende GRL vorliegt. Das Defizit in den ersten 15 Minuten durch das Ereignis 2 wird hingegen der Ursache „unzureichende GRL“ zugeordnet, da hier keine ausreichende GRL (wenn auch hier gleichzeitig keine ausreichende SRL) vorliegt. Damit wird deutlich, dass ein Leistungsdefizit in den ersten 15 Minuten nur dann der Ursache nicht ausreichender Sekundärregelleistung zugeordnet wird, wenn die vorgehaltene GRL ausreicht, um das Defizit zu decken. Eine derartige Zuordnung zu nur einer Defizitursache ist notwendig, um eine doppelte Zählung entsprechender Defizitzeiten zu vermeiden.

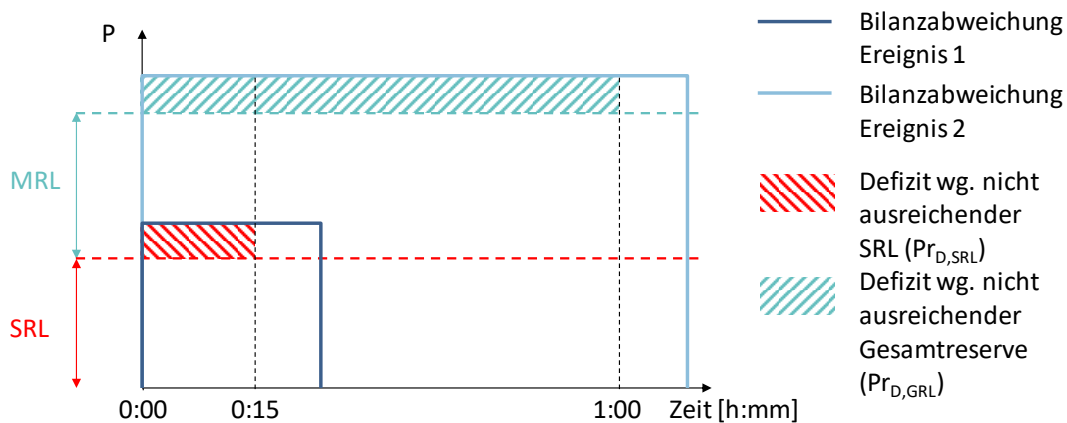


Bild 2.3: Exemplarische Darstellung der Zuordnung von Bilanzabweichungen zu den verschiedenen Defizitursachen.

Um diese SRL und GRL zu bestimmen, muss das tolerierte Gesamtdefizitniveau vorab auf die beiden möglichen Defizitursachen aufgeteilt werden. Diese Aufteilung stellt grundsätzlichen einen Freiheitsgrad bei der Bemessung dar.

2.3 Grenzen des aktuellen Verfahrens

Beim Einsatz des bestehenden Verfahrens haben sich in der Vergangenheit verschiedene Schwachpunkte gezeigt:

- Die Dimensionierung wird aktuell weitgehend statisch durchgeführt. Das bedeutet, dass die bemessene Regelleistung für den mehrmonatigen Dimensionierungszeitraum konstant und keine situationsabhängige Bemessung innerhalb dieses Zeitraums möglich ist. Das Sicherheitsniveau wird damit im Bemessungszeitraum zwar durchschnittlich erreicht, situationsabhängig aber über- oder unterschritten. Demgegenüber könnte eine situationsabhängige Bemessung ein jederzeit annähernd gleich hohes Sicherheitsniveau gewährleisten. In diesem Zusammenhang wäre dann auch die Berücksichtigung von aktualisierten Prognosen bei wesentlichen Treibern des Regelleistungsbedarfs notwendig, die in der aktuellen Dimensionierungspraxis wenig konzeptgemäß wäre.

- Die Methode der Faltung unterstellt eine weitgehende Unkorreliertheit der Ursachen von Leistungsungleichgewichten. Aus aktuellen Untersuchungen der Ursachen von Leistungsungleichgewichten geht allerdings hervor, dass diese nicht immer gegeben ist. Daher wurden in der Vergangenheit bereits historisch aufgetretene Ungleichgewichte berücksichtigt, die implizit Korrelationen zwischen den Ursachen von Bilanzungleichgewichten mit erfassen.
- Bei der aktuellen Bemessung wird ein Einsatzkonzept der SRL und MRL unterstellt, das von dem in der Praxis umgesetzten Konzept zum Teil deutlich abweicht. Insbesondere geht das Bemessungsverfahren davon aus, dass der Mittelwert der Bilanzabweichungen innerhalb einer Balancing Settlement Period (15 Minuten) vollständig durch MRL als die langsamere und niederwertigere Reservequalität ausgeglichen wird. SRL dient dann der Ausregelung von Abweichungen der Systembilanz vom 15-Minuten-Mittelwert. In der Praxis wird hingegen primär SRL eingesetzt und MRL zur Ablösung der SRL verwendet, wenn der Anteil nicht eingesetzter SRL einen bestimmten Wert unterschreitet (Bild 2.4). Die aktuelle Bemessungsmethode kann somit den SRL-Bedarf systematisch unterschätzen und damit das angestrebte Sicherheitsniveau in der Realität verfehlen. Entsprechende Diskussionen wurden bereits in der Vergangenheit z. B. mit Blick auf die Ausregelung von „Stundensprüngen“ geführt und letztendlich durch heuristische Anpassungen der Bemessungsmethodik adressiert. Vor dem Hintergrund der Preisverhältnisse an den Regelleistungsmärkten erscheint zudem fraglich, ob das unterstellte Einsatzkonzept – wie in der Vergangenheit angestrebt – zu einer Minimierung der Regelungskosten führt.

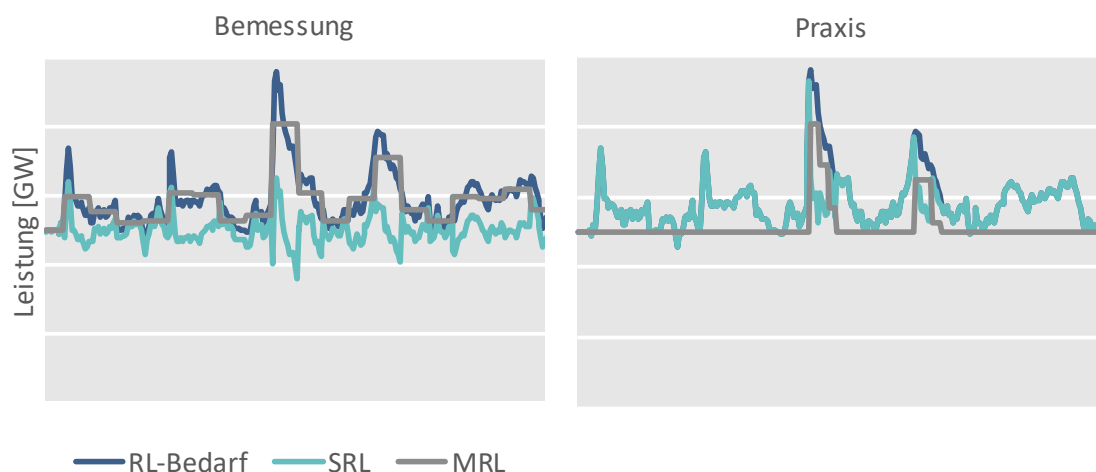


Bild 2.4: Vergleich des bei der Bemessung berücksichtigten mit dem in der Praxis eingesetzten Einsatzkonzept.

3 Situationsabhängige Dimensionierung von Sekundärregel- und Minutenreserve

3.1 Rechtlich-regulatorische Rahmenbedingungen

Sowohl auf nationaler wie auch auf internationaler Ebene werden konkrete Anforderungen an die heutige und zukünftige Regelleistungsdimensionierung gestellt. Im Rahmen der Konzeptentwicklung müssen die ÜNB daher gewährleisten, dass das neu entwickelte Dimensionierungsverfahren konform zu den geltenden oder absehbaren rechtlich-regulatorischen Rahmenbedingungen ist. Dies gilt zum einen für die jüngst in Kraft getretenen europäischen Gesetzesvorgaben in Form der EU Network Codes bzw. Guidelines. Auf nationaler Ebene sind die Beschlüsse der Bundesnetzagentur zum Regelleistungsmarkt und zur Kostentragung von Systemdienstleistungskosten relevant.

Konkrete Vorgaben für das Verfahren zur Regelleistungsdimensionierung ergeben sich insbesondere aus der Guideline System Operation (SO GL). Zwar werden auch in der Guideline Electricity Balancing Anforderungen an die ÜNB definiert, diese betreffen aber vorrangig Transparenzvorgaben oder Markt- und Koordinationsregeln. Des Weiteren hat die BNetzA mit ihren Beschlüssen BK6-15-158 sowie BK6-15-159 Ausschreibungsbedingungen und Veröffentlichungspflichten für Sekundärregelung und Minutenreserve angepasst und festgelegt, die Rückwirkungen auf die Regelleistungsdimensionierung haben und an die sich die ÜNB zukünftig halten müssen.

In der SO GL werden an die nationale Regelleistungsdimensionierung unter anderem folgende Anforderungen gestellt:

- Verwendung einer probabilistischen Bemessungsmethode;
- Dimensionierung auf Basis historischer Ungleichgewichte eines Zeitraums von mindestens einem Jahr, der höchsten 6 Monate vor dem Dimensionierungszeitpunkt endet;
- Vorhaltung einer Mindestleistung an GRL in Höhe eines Referenzstörfalls (augenblickliche Wirkleistungsänderung bei Ausfall einer Stromerzeugungs- oder Verbrauchsanlage, einer HGÜ-Verbindung oder einer Netztrennung bei Ausfall einer Drehstromleitung); und
- Einhaltung von Defizit-/Überschussniveaus von jeweils höchstens 1 %.

In den Beschlüssen BK6-15-158 sowie BK6-15-159 werden die Bemessungsvorgaben weiterhin folgend konkretisiert:

- Beginn der Ausschreibung eine Woche im Voraus (d-7);
- Durchführung einer kalendertäglichen Ausschreibung;
- 6 Produktzeitscheiben von jeweils 4 Stunden Umfang bei Sekundärregel- und Minutenreserve.

Durch diese Anforderungen und Vorgaben soll gewährleistet werden, dass die Qualität der Leistungsfrequenzregelung auch zukünftig sichergestellt ist.

Ein Teil der Anforderungen, insbesondere diejenigen aus der SO GL, wird bereits durch das bestehende Verfahren zur Regelleistungsdimensionierung erfüllt. Die ÜNB setzen bereits seit Jahren ein Verfahren ein, das eine probabilistische Bemessung der Regelleistung vornimmt und bei

dem historische Daten der letzten vier Jahre berücksichtigt werden. Da beim bisherigen Vorgehen allerdings immer die Vorjahresquartale verwendet werden, ist fraglich, ob durch diese Filterung der Datenbasis die Anforderungen aus der SO GL erfüllt werden, da die verwendete Datenbasis faktisch vor einem Jahr endet, anstatt wie gefordert vor 6 Monaten.

Momentan ist das Defizit-/Überschussniveau mit 0,025 % bereits bedeutend geringer, als in der SO GL vorgeschrieben. Fraglich ist, ob die Berücksichtigung von Referenzstörfällen zu Änderungen im Regelleistungsbedarf führen würde. Bisher wurden diese zwar nicht explizit betrachtet, der bisher bestimmte GRL-Bedarf lag in der Vergangenheit bisher aber jeweils deutlich über in Deutschland zu betrachtenden Referenzstörfällen.

Zusammenfassend sind mit Ausnahme der derzeit verwendeten Datenbasis in der SO GL keine Anforderungen erkennbar, die eine Anpassung bzw. Erweiterung des bestehenden Verfahrens notwendig machen würden. Dennoch muss auch das neue Verfahren die in der SO GL definierten Anforderungen erfüllen.

Andererseits konkretisieren die Beschlüsse der BNetzA die Rahmenbedingungen bei der Methodenentwicklung zum Teil deutlich. Zwar steht bei den Beschlüssen der Ausschreibungs- bzw. Beschaffungsprozess der Sekundärregel- und Minutenreserveleistung im Fokus, dieser ist aber eng mit der Regelleistungsdimensionierung verknüpft. Durch die Einführung von jeweils 6 Produkten sowohl für die SRL als auch für die MRL wird vorgegeben, dass der ausgeschriebene und somit inhärent auch der bemessene Regelleistungsbedarf über 4 Stunden konstant ist. Gleichzeitig werden durch die Beschlüsse die Zeitfenster der Bemessung vorgegeben, die jeweils um 0 Uhr eines Tages beginnen. Ohne diese konkreten Vorgaben wäre es beispielsweise denkbar gewesen, eine situationsabhängige Bemessung der Regelleistung für jede Viertelstunde durchzuführen. Aus der Definition der Produktzeitscheiben geht allerdings nicht hervor, dass der Regelleistungsbedarf für mehrere Produkte unterschiedlich sein muss. Die Beschaffung und Bemessung eines über den Tag konstanten Regelleistungsbedarfs ist beispielsweise weiterhin möglich.

Die Festlegung auf kalendertägliche Ausschreibungen erhöht tendenziell die Freiheitsgrade der ÜNB bei der Bemessung. So ist es beispielsweise möglich, unterschiedliche Regelleistungsbedarfe für unterschiedliche Tage einer Woche zu bestimmen. Eine wöchentliche Ausschreibung, wie bei der SRL in der Vergangenheit praktiziert, hätte hingegen erfordert, dass der Regelleistungsbedarf auch für eine Woche unverändert vorgegeben werden muss.

Die größten Einschränkungen hinsichtlich der Regelleistungsdimensionierung ergeben sich aus der Anforderung nach einem Beginn der Ausschreibung eine Woche vor Echtzeit. Für die ÜNB ergibt sich hieraus die Anforderung, ebenfalls bereits eine Woche im Voraus den Regelleistungsbedarf verbindlich festzulegen und zu veröffentlichen. Gegenüber der heutigen Praxis stellt diese Forderung zwar keine Einschränkungen dar, da die ÜNB den Regelleistungsbedarf momentan jeweils für ein Quartal fest vorgeben, bei einer dynamischen und somit situationsabhängigen Regelleistungsdimensionierung müssen die ÜNB aber zwangsweise geeignete Annahmen über die zu erwartende Konstellation treffen, auf deren Basis letztlich der Regelleistungsbedarf bestimmt wird. Diese konkrete Konstellation müssen die ÜNB somit mit einer Vorlaufzeit von einer Woche möglichst robust abschätzen können. Bei einigen Ursachen für Regelleistungsbedarf – wie beispielsweise bei einer Wochentags- oder Saisonabhängigkeit – ist dies problemlos möglich. Insbesondere bei stochastisch auftretenden und somit schwer zu prognostizierenden Ursachen für Leistungsungleichgewichte, wie Prognosefehler der Stromerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien, verhindert eine große Vorlaufzeit jedoch eine an die Situation angepasste Bemessung. In der Vergangenheit hat sich z. B. gezeigt, dass eine hohe Windeinspeiseprognose

tendenziell auch zu hohen Bilanzungleichgewichten führen kann. Im Grundsatz wäre als situationsabhängig bei einer hohen Windeinspeiseprognose eine höhere Reservevorhaltung angemessen. Da die Windeinspeisung mit einer Woche Vorlaufzeit allerdings nur äußerst ungenau abgeschätzt werden kann, können aufgrund der geforderten Vorlaufzeit der Dimensionierung solche Faktoren bei der Bemessung nicht berücksichtigt werden.

Diese Überlegungen gelten grundsätzlich für alle Einflussfaktoren, deren Prognosegüte bei einer Vorlaufzeit von einer Woche nicht ausreichend robust ist. Nach aktueller, von uns geteilter Einschätzung der ÜNB können daher bei einer situationsabhängigen Dimensionierung unter den gültigen Randbedingungen relevante Einflussfaktoren wie die Wind- und die Photovoltaikeinspeisung, das zu erwartende Lastniveau oder der Außenhandelsaldo Deutschlands nicht sinnvoll berücksichtigt werden.

Daher sieht der aktuelle Vorschlag der ÜNB zur zukünftigen Bemessung des Regelleistungsbedarfs vor, diese Einflussfaktoren nicht zu berücksichtigen. Dies schließt nicht aus, diese Faktoren zukünftig aufzunehmen, falls die BNetzA die Ausschreibungsbedingungen ändern sollte. Daher ist die von den ÜNB vorgeschlagene und im folgenden begutachtete Methodik zur dynamischen Bemessung des Regelleistungsbedarfs darauf ausgelegt, perspektivisch um diese Einflussfaktoren erweitert werden zu können. Im Rahmen dieses Gutachtens werden sie aber nicht weiter diskutiert.

3.2 Voranalyse historisch aufgetretener Ungleichgewichte

Um eine dynamische und somit situationsabhängige Dimensionierung durchführen zu können, ist es erforderlich, den Dimensionierungszeitraum, für den die Regelleistung bestimmt werden soll, möglichst genau zu beschreiben und dabei Treiber des Regelleistungsbedarfs abzuschätzen.

Um mögliche Zusammenhänge zwischen den Tageseigenschaften und dem Regelleistungsbedarf zu identifizieren, haben die ÜNB daher in einem ersten Schritt eine umfassende Voranalyse historisch aufgetretener Ungleichgewichte vorgenommen. Dabei wurde insbesondere herausgearbeitet, inwiefern der Regelleistungsbedarf charakteristischen Tagesprofilen unterliegt und saisonale Abhängigkeiten aufweist. Dabei ist zu beachten, dass durch die Analyse der Tagesprofile implizit auch externe Einflussfaktoren mit abgebildet werden. Dieser Zusammenhang könnte bspw. bei der vertikalen Netzlast und der Einspeisung aus Fotovoltaikanlagen gelten, sollte unserer Einschätzung nach bei der Windeinspeisung, die keinen ausgeprägten typischen Tagesgang aufweist, hingegen jedoch allenfalls schwach ausgeprägt sein.

Der zu bestimmende Regelleistungsbedarf leitet sich aus den Zeitpunkten mit hohen Bilanzabweichungen ab. Um diese abzubilden, haben die ÜNB daher für die historische Datenbasis die jeweiligen Quantile ausgewertet. In Bild 3.1 sind unterschiedliche Quantile der viertelstündlich historisch aufgetretenen Bilanzabweichungen über die letzten Jahre dargestellt.

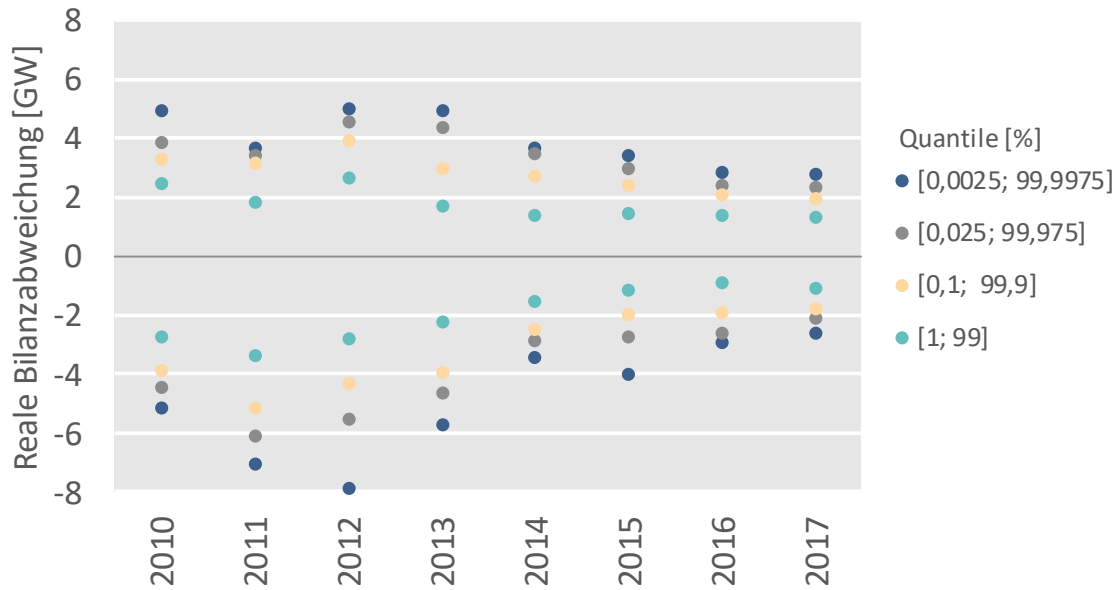


Bild 3.1: Quantile der 15-Min-Zeitreihe historischer Bilanzabweichungen in 2010-2017.

Aus der Analyse der historischen Bilanzabweichungen über die letzten Jahre geht deutlich hervor, dass die maximalen und minimalen Bilanzabweichungen über den Zeitverlauf deutlich zurückgehen und in der Folge ebenfalls der Regelleistungsbedarf kontinuierlich abgenommen hat. Während in den Jahren 2010 bis 2013 das 0,025 %-Quantil betragsmäßig im Schnitt jenseits der 4 GW lag, liegen die Bilanzabweichungen in den Jahren danach deutlich niedriger und gehen in 2017 auf etwa 2 GW zurück. Dass in den letzten Jahren der Regelleistungsbedarf kontinuierlich abgenommen hat, ist auf verschiedene Gründe wie bspw. die Stärkung der Bilanzkreistreue zurückzuführen. Es erscheint somit zumindest fraglich, ob die tendenziell hohen Regelleistungsbedarfe in der Vergangenheit, insbesondere in den Jahren 2010 bis 2013, weiterhin als repräsentativ angesehen und bei der Regelleistungsbemessung berücksichtigt werden sollten. Zumindest im Rahmen der hier vorgenommenen Verfahrensentwicklung wird dieser Zeitraum nicht weiter betrachtet, sondern es werden ausschließlich die historischen Ungleichgewichte ab 2014 berücksichtigt.

Auch bei der weiteren Analyse der historisch aufgetretenen Ungleichgewichte sowie der Berechnung weiterer Quantile wird ausschließlich der Zeitraum ab 2014 berücksichtigt. In Bild 3.2 sind unterschiedliche Quantile der viertelstündlich historisch aufgetretenen Bilanzabweichungen differenziert nach Monaten dargestellt.

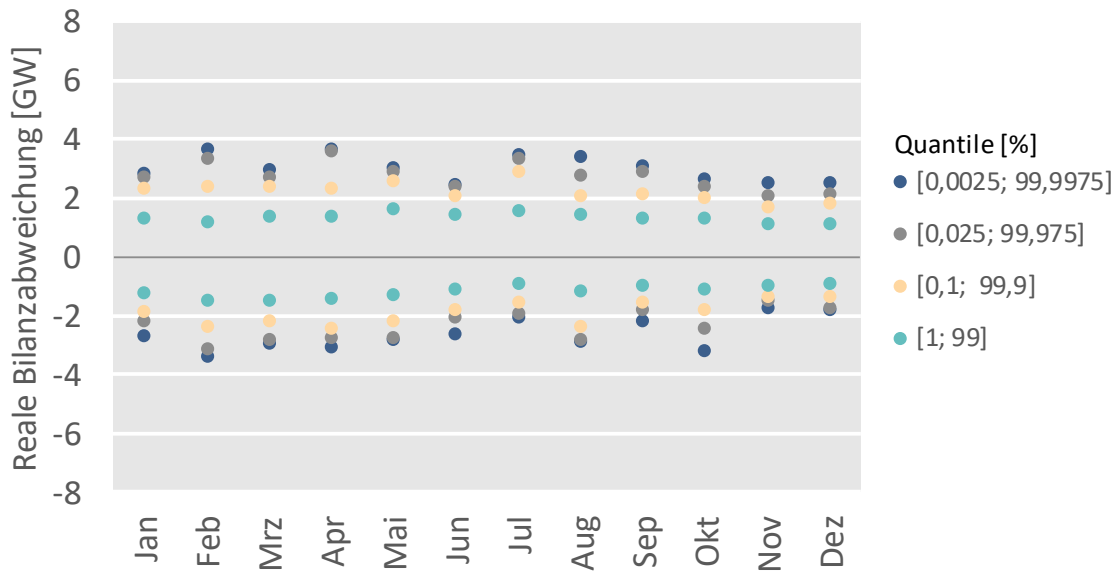


Bild 3.2 Quantile der 15-Min-Zeitreihe historischer Bilanzabweichungen in 2014-2017 nach Monaten.

Die Auswertung zeigt, dass die monatspezifischen Regelleistungsbedarfe offensichtlich deutlich schwanken. Dabei scheint es, dass einige Monate deutliche Ausreißer haben, die insbesondere anhand des 0,0025 %-Quantil ersichtlich werden, während hingegen die 1 % Quantile nur in allen Monaten moderat schwanken. Gemessen an den 1 %-Quantilen weisen die Herbstmonate im Vergleich geringere Regelleistungsbedarfe auf.

Insgesamt ist somit zwar zum einen eine saisonale Abhängigkeit des Regelleistungsbedarfs erkennbar, gleichzeitig wird aber auch deutlich, dass es offensichtlich schwierig möglich ist, konkrete Zeitbereiche als unterschiedlich hinsichtlich des Regelleistungsbedarfs zu klassifizieren. Eine starre Einteilung erscheint zumindest nicht sinnvoll.

Neben diesen saisonalen Abhängigkeiten haben die ÜNB zudem die Tageszeitabhängigkeit des Regelleistungsbedarfs untersucht. Hierzu sind in Bild 3.3 die unterschiedlichen Quantile der viertelstündlich historisch aufgetretenen Bilanzabweichungen differenziert nach 4-Stunden-Zeitscheiben dargestellt. Die Zeitscheiben bilden dabei die aus den Beschlüssen der BNetzA hervorgehende kleinstmögliche Zeiträume der Dimensionierung ab.

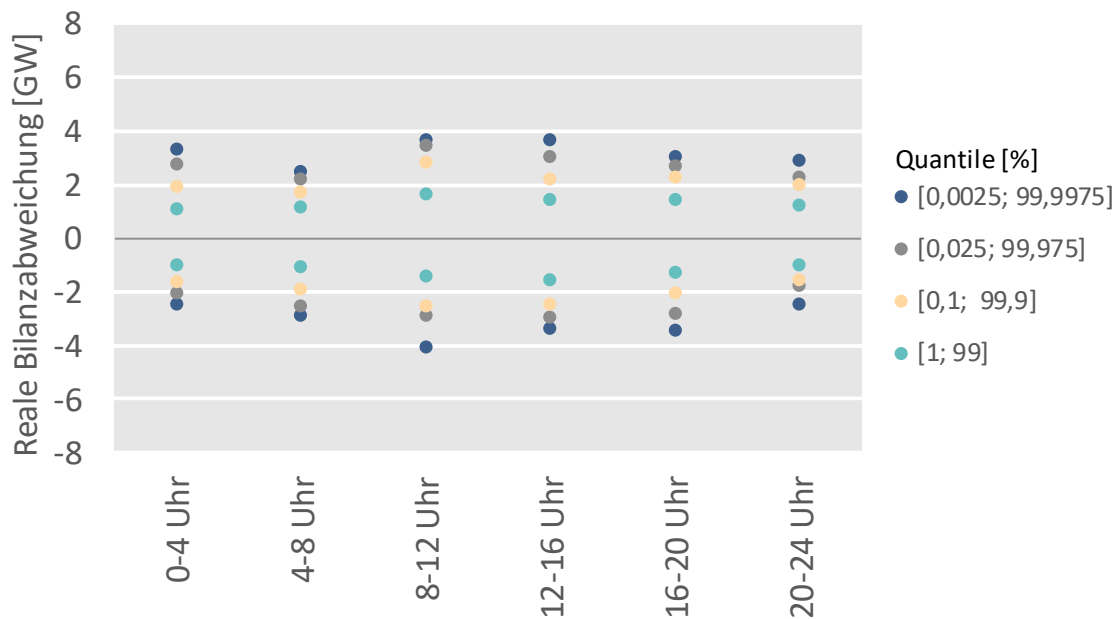


Bild 3.3 Quantile der 15-Min-Zeitreihe historischer Bilanzabweichungen in 2014-2017 nach Tageszeit.

Aus der Auswertung geht hervor, dass der historische Regelleistungsbedarf deutliche Tageszeitabhängigkeiten aufweist. Dabei ist eine grobe Klassifizierung des Regelleistungsbedarfs in Tages- und Nachtstunden möglich. In dem Zeitraum zwischen 16 Uhr abends und 8 Uhr morgens fällt der Bedarf geringer aus als in dem Zeitraum zwischen 8 und 16 Uhr mittags. Der geringste Bedarf ist dabei zwischen 20 und 4 Uhr erkennbar. Dies gilt sowohl für das 0,0025 %-Quantil, als auch für das 1 %-Quantil. Der höchste Regelleistungsbedarf zeigt sich in den Stunden zwischen 8 und 12 Uhr.

Auf Basis dieser Untersuchung erscheint es daher sinnvoll, wenn die ÜNB einen unterschiedlichen Regelleistungsbedarf für die untersuchten Zeitscheiben bestimmen und ausschreiben. Gegebenenfalls kann es zudem sinnvoll sein, zukünftig auch stundenscharf den jeweiligen Regelleistungsbedarf auszuschreiben, wenn die gesetzlich-regulatorischen Rahmenbedingungen dies ermöglichen. Eine Zusammenfassung von Dimensionierungszeiträumen erscheint hingegen, zumindest unter reinen Aspekten der Dimensionierung, nicht sinnvoll.

Darüber hinaus haben die ÜNB den Regelleistungsbedarf in Abhängigkeit von den Wochentagen ausgewertet. In Bild 3.4 sind die entsprechenden Quantile der viertelstündlich historisch aufgetretenen Bilanzabweichungen differenziert nach Wochentagen dargestellt. Neben den Wochentagen wurden dabei auch Sondertage (ST) ausgewertet, die vorrangig Feier- und Brückentage, sowie sonstige Sonderkonstellationen wie beispielsweise die Sonnenfinsternis 2015 umfassen. Auch in dieser Auswertung wurde lediglich der Zeitraum zwischen 2014 und 2017 untersucht.

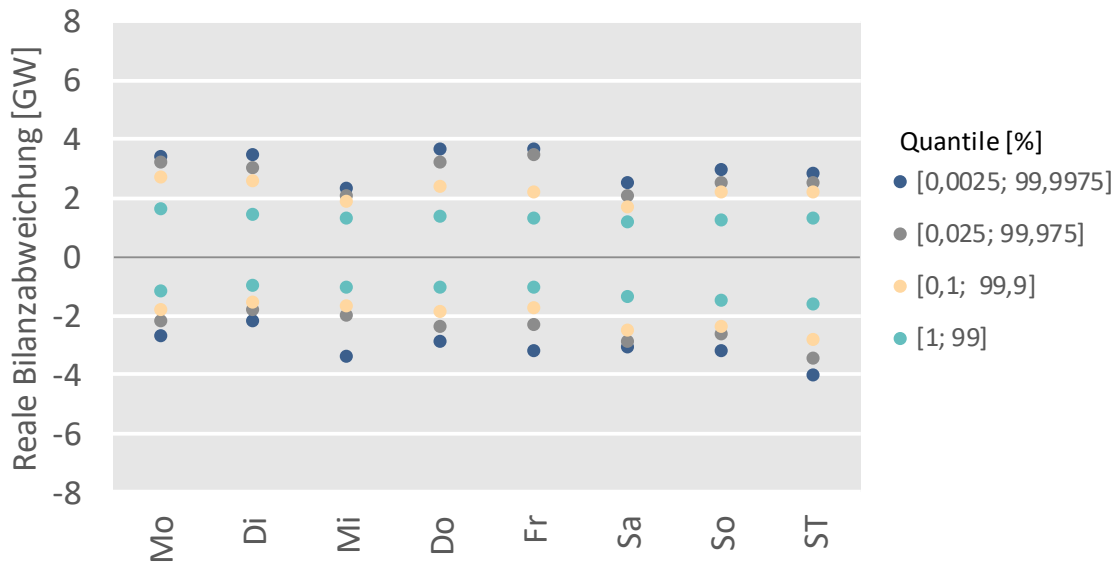


Bild 3.4 Quantile der 15-Min-Zeitreihe historischer Bilanzabweichungen in 2014-2017 nach Wochentag.

Gemessen an den 1 %-Quantilen weisen der Dienstag bis Freitag einen vergleichsweise niedrigen Regelleistungsbedarf auf. Gleichzeitig zeigt sich aber, dass sowohl am Donnerstag als auch am Freitag offensichtlich ebenfalls hohe Bilanzabweichungen, gemessen an den 0,0025 %-Quantilen, aufgetreten sind. Beim Sonn- und Montag treten ebenfalls vergleichsweise hohe Regelleistungsbedarfe auf. Die höchsten Abweichungen, insbesondere bei den 0,0025 %-Quantilen, haben hingegen die von den ÜNB als Sondertage deklarierten Tage.

Eine eindeutige und zweifelsfreie starre Klassifizierung erscheint auch hier, analog wie bei der Analyse der Monate, nicht sinnvoll möglich. Es erscheint hingegen aber zumindest ratsam, die Eigenschaft von Sondertagen bei der Bemessung entsprechend zu berücksichtigen.

3.3 Verfahrensablauf

Die Voranalyse der historisch aufgetretenen Ungleichgewichte hat gezeigt, dass der Regelleistungsbedarf offensichtlich sowohl Tageszeitabhängigkeiten aufweist als auch saisonal unterschiedlich hoch ausfällt. Gleichzeitig ist ein deutlicher Trend zu einem kontinuierlich abnehmbaren Regelleistungsbedarf über die ausgewerteten Jahre ersichtlich. Die ÜNB sehen daher vor, ein Verfahren einzusetzen, das eine zeitlich rollierende Bemessung des Regelleistungsbedarfs vornimmt. Hierdurch ist gewährleistet, dass saisonalen Abhängigkeiten bei der Bemessung erfasst werden und zudem die aktuellste Datenbasis bei der Bemessung berücksichtigt wird. In Bild 3.5 ist eine grobe Untergliederung des Verfahrensablaufs dargestellt. In Bild 3.6 sind die einzelnen Verfahrensstufen detaillierter dargestellt.

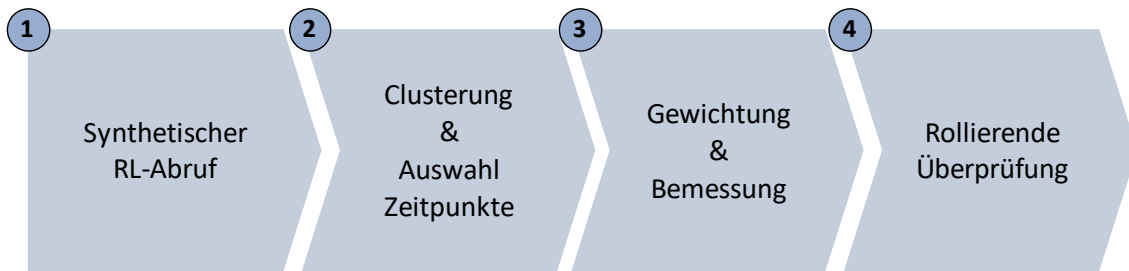


Bild 3.5: Verfahrensablauf zur situationsabhängigen Dimensionierung von Sekundärregel- und Minutenreserve.

Das Verfahren lässt sich grob in vier Schritte untergliedern. Im ersten Schritt werden die historischen Regelleistungsbedarfe aufbereitet und mittels eines unterstellten regelbasierten Einsatzkonzeptes für die SRL und MRL ein unter Idealbedingungen und unverzerrt von betrieblichen Entscheidungen auftretender synthetischer Regelleistungsbedarf bestimmt. Dieser wird nach SRL und GRL differenziert und stellt letztlich die Grundlage für die Bemessung dar. Diese Bedarfe werden im anschließenden zweiten Schritt geclustert. Das Ziel der Clusterung besteht darin, einerseits typische Muster von SRL- und GRL-Regelleistungsbedarfen zu erkennen, gleichzeitig Informationen über die dabei weiterhin auftretenden Bedarfsschwankungen zu erhalten. Gleichzeitig erfolgt im zweiten Schritt eine Auswahl für den Bemessungszeitraum möglichst repräsentativer Zeitpunkte aus der historischen Datenbasis. Im dritten Schritt wird mittels dieser Zeitpunkte und der ihnen zugeordneten Cluster durch Gewichtung eine für den Bemessungszeitraum möglichst repräsentative, empirisch basierte SRL- und GRL-Verteilungsdichtefunktion des Regelleistungsbedarfs ermittelt. Basierend auf dieser situationsabhängigen Verteilungsdichtefunktion werden dann – im Grundsatz analog zum bisherigen Verfahren – sowohl die SRL- als auch die GRL, und somit die MRL, bestimmt. Anschließend erfolgt eine rollierende Überprüfung, ob die in der SO GL definierten Anforderungen eingehalten werden, oder ob einer der Verfahrensschritte zuvor angepasst werden muss.

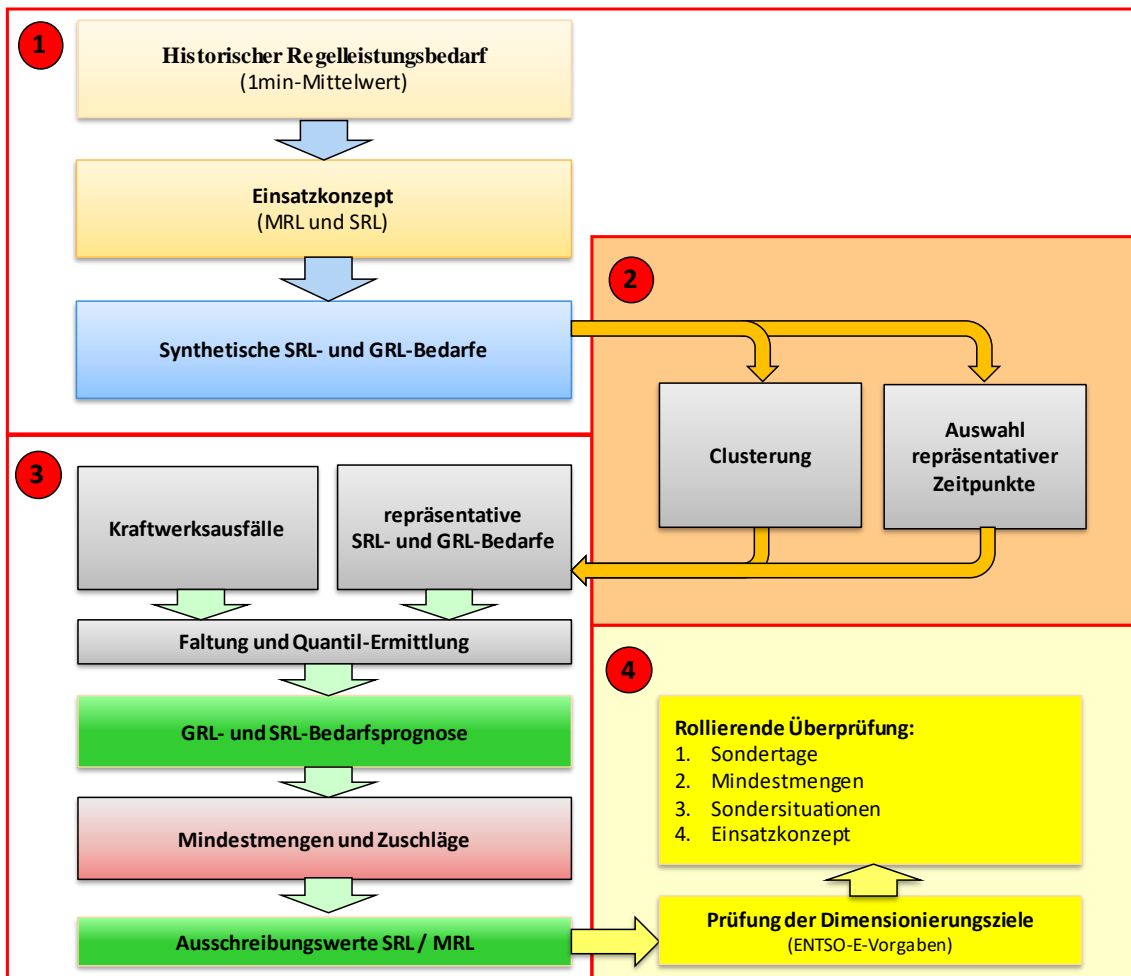


Bild 3.6: Detaillierter Verfahrensablauf zur situationsabhängigen Dimensionierung von Sekundärregel- und Minutenreserve

Die einzelnen Verfahrensstufen werden im Folgenden detaillierter beschrieben.

3.3.1 Synthetischer Regelleistungsabruf

Ähnlich dem heutigen Vorgehen wird bei der Bemessung zwischen kurzfristigen und länger andauernden Bilanzungleichgewichten unterschieden. Die kurzfristigen Ungleichgewichte treiben ausschließlich den Bedarf an SRL, während die länger anhaltenden Ungleichgewichte prinzipiell auch durch MRL ausgeglichen werden könnten und entsprechend den GRL-Bedarf beeinflussen. Zudem wird entsprechend der heutigen Praxis berücksichtigt, dass vergleichsweise niedrige Ungleichgewichte – unabhängig von ihrer Dauer – vollständig von der SRL ausgeglichen werden. Analog zur heutigen Bemessung werden als kleinste berücksichtigte Zeiteinheit Ungleichgewichte im Minutenraster betrachtet.

Grundlage der Bemessung bilden historisch aufgetretene Bilanzungleichgewichte über einen hinreichend großen und somit repräsentativen Zeitraum. Die Nutzung historischen aufgetretener Ungleichgewichte gewährleistet, dass alle Einflussgrößen auf Bilanzungleichgewichte sowie deren möglicherweise vorliegende Korrelationen erfasst werden. Einzige Ausnahme bilden Kraftwerksausfälle, deren Auftreten – zumindest mit Blick auf die wenigen besonders dimensionierungsrelevanten sehr großen Blöcke – einerseits vergleichsweise selten und damit in der

betrachteten historischen Datenbasis ggf. nicht stochastisch abgesichert repräsentiert ist. Andererseits sind Kraftwerksausfälle als untereinander und von den sonstigen Ursachen für Ungleichgewichte stochastisch unabhängig einzustufen, so dass die Betrachtung von Korrelationen, die sinnvoll nur auf Basis historischer Daten möglich ist, hier nicht notwendig erscheint. Einflüsse von Kraftwerksausfällen werden daher, zumindest soweit den ÜNB bekannt, aus der historischen Datenbasis herausgerechnet und in der Folge synthetisch durch eine Faltung erneut hinzugefügt.

Um den synthetischen Regelleistungsabruf zu ermitteln, wird in einem ersten Schritt der historische Regelleistungsbedarf als Minutenmittelwert bestimmt. Dieser setzt sich aus der aktivierten Regelleistung, eingesetzter Zusatzmaßnahmen und nicht ausgeglichener Bilanzabweichungen (aufgrund von unzureichender Regelleistung oder Aktivierungsverzögerungen) zusammen. Zusätzlich beinhaltet der historische Regelleistungsbedarf auch Leistungsbilanzungleichgewichte, die mit den angrenzenden ÜNB innerhalb der International Grid Control Cooperation (IGCC) saldiert wurden und somit nicht zu einem Regelleistungsabruf geführt haben.

Letzteres ist sinnvoll, weil das historisch aufgetretene Saldierungspotential im IGCC bspw. aufgrund der ungewissen Verfügbarkeit der nach Intraday-Handel vorhandenen Grenzkuppelkapazitäten nicht sicher in die Zukunft fortgeschrieben werden kann. Sollen die deutschen ÜNB auch zukünftig selbstständig in der Lage sein, in Deutschland verursachte Bilanzungleichgewichte auszuregulieren, sind saldierte Leistungsungleichgewichte deshalb in die Bemessung der Vorhaltung miteinzubeziehen.

Wie bereits in Abschnitt 2.3 erläutert, wird bei der aktuellen Bemessung ein Einsatzkonzept der SRL und MRL unterstellt, das von dem in der Praxis umgesetzten Konzept zum Teil deutlich abweicht. Insbesondere geht der aktuelle Bemessungsansatz als theoretischer Optimalfall davon aus, dass der Mittelwert der Bilanzabweichungen innerhalb einer Viertelstunde vorab bekannt ist und somit vollständig durch MRL ausgeglichen wird und die SRL kurzfristige Abweichungen der Systembilanz vom 15-Minuten-Mittelwert ausgleicht. Diese Bemessungsmethode kann den SRL-Bedarf systematisch unterschätzen. In der Realität war deshalb in der Vergangenheit davon auszugehen, dass das tatsächlich realisierte Sicherheitsniveau unter dem Bemessungskriterium liegt.

Um diese Diskrepanz aufzulösen, wird in dem neuen Verfahren (bei Anpassung des Bemessungskriteriums, s.u.) ein Einsatzkonzept des SRL- und MRL-Abrufs unterstellt, das möglichst nah an dem Einsatzkonzept aus der Praxis angelehnt ist. Dabei wird unterstellt, dass leistungsspezifisch geringe Ungleichgewichte vollständig mit SRL ausgeglichen werden und ein Abruf von MRL erst erfolgt, wenn die ÜNB einen hohen Regelleistungsbedarf für die kommende Viertelstunde prognostizieren. Hierzu schätzen die ÜNB den zukünftigen Regelleistungsbedarf auf Basis von Istwerten ab.

In der Praxis ist es möglich, dass aufgrund von Prognosefehlern ein ineffizienter und somit zu hoher oder zu niedriger Abruf von MRL erfolgt. Entsprechend sehen die ÜNB auch Prognosefehler beim synthetischen Einsatzkonzept vor. Weiterhin wird das aktuelle und in der Praxis bewährte Abrufkonzept bei der MRL hinterlegt, das einen über eine Viertelstunde konstante Erbringung von MRL vorsieht und jeweils zu Beginn bzw. Ende einer Viertelstunde endet. Die Anforderung von MRL seitens der ÜNB erfolgt dabei mit einer Vorlaufzeit von mindestens 7,5 Minuten.

Die ÜNB schätzen demnach den GRL-Bedarf der kommenden Viertelstunde auf Basis der vergangenen Viertelstunde ab. Übersteigt der erwartete Regelleistungsbedarf dabei ein gewisses Niveau, fordern die ÜNB MRL an. Der Umfang der abgerufenen MRL erfolgt in Abhängigkeit von

der Höhe des prognostizierten Ungleichgewichts und einem zuvor festgelegten relativen Anteil, zu dem die MRL das Ungleichgewicht ausregeln soll. Dieser relative Anteil wird einmalig definiert. Zudem wird berücksichtigt, dass weiterhin ein gewisser Anteil von der SRL übernommen wird. Hierdurch wird zum einen berücksichtigt, dass ein Gegeneinanderregeln von unterschiedlichen Regelleistungsqualitäten möglichst vermieden wird und zum anderen der Einfluss von Prognosefehlern des Regelleistungsbedarfs verringert wird. Das beschriebene Einsatzkonzept ist in Bild 3.7 dargestellt.

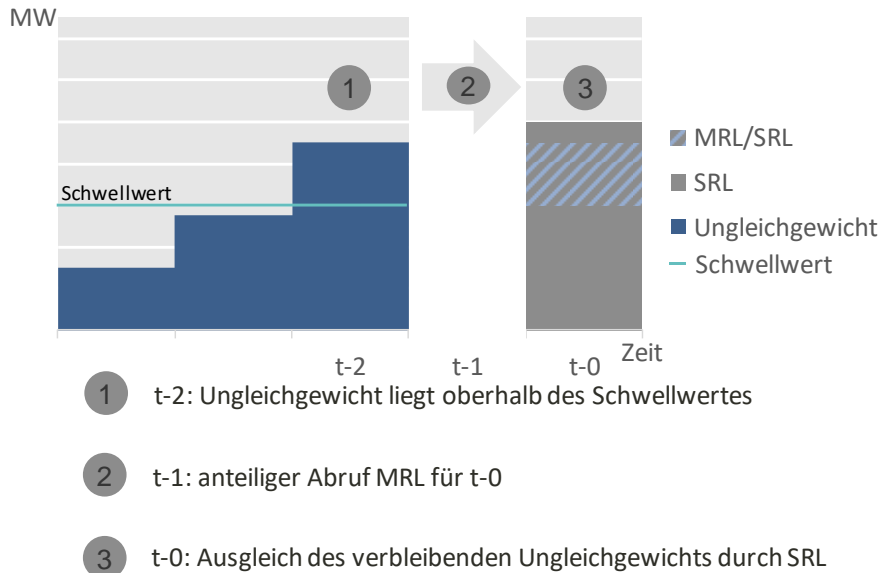


Bild 3.7 Abruf von MRL bei Überschreitung eines Schwellwertes sowie hinterlegtes Einsatzkonzept.

Zur Verdeutlichung wird in folgendem Zahlenbeispiel unterstellt, dass der relative Anteil des Ungleichgewichtes, das von der MRL ausgeglichen werden soll, zu 70 % gesetzt ist. Das von der SRL übernommene Leistungsband betrage konstant 600 MW. Somit würden sich folgende MRL-Abrufe ergeben:

- Beispiel 1: erwarteter Regelleistungsbedarf: 2600 MW
 - MRL-Abruf: $1400 \text{ MW} = (2600 \text{ MW} - 600 \text{ MW}) \times 0,7$
- Beispiel 2: erwarteter Regelleistungsbedarf von 1600 MW
 - MRL-Abruf: $700 \text{ MW} = (1600 \text{ MW} - 600 \text{ MW}) \times 0,7$

Der synthetische SRL-Abruf ergibt sich als minutenscharfe Zeitreihe der Differenz von GRL-Bedarf und berechnetem MRL-Abruf. Dieser so synthetisch ermittelte SRL-Abruf bzw. GRL-Abruf je Minute wird dann im weiteren Verlauf des Dimensionierungsprozesses berücksichtigt.

Die ÜNB greifen bewusst nicht auf tatsächliche historische Abrufe zurück, da ansonsten die Ausschreibungsmengen konzeptionell von den historischen Abrufen abhängig wären. Dies würde bedeuten, dass ein in der Praxis zu beobachtender äußerst geringer Abruf der MRL gleichzeitig auch dazu führen würde, dass MRL zukünftig nicht mehr ausgeschrieben, sondern durch SRL ersetzt würde.

3.3.2 Clusterung und Auswahl repräsentativer Zeitpunkte

Im zweiten Schritt werden die zuvor ermittelten synthetischen SRL- bzw. GRL-Bedarfe geclustert. Das Ziel des Verfahrensschritts besteht darin, Zeitpunkte mit möglichst vergleichbaren Regelleistungsabrufen zu identifizieren. Die Clusterung erfolgt auf Viertelstundenbasis. Als Clusterkriterium werden ausschließlich die zuvor synthetisch ermittelten mittleren SRL- bzw. GRL-Regelleistungsbedarfe einer Viertelstunde und explizit keine weiteren Eigenschaften der Zeitpunkte, wie Tageeseigenschaften o.ä. berücksichtigt.

Als Clustermethode wird der k-means-Algorithmus eingesetzt, der Cluster aus Zeitpunkten bei gleichzeitiger Minimierung der Summe der quadrierten euklidischen Abstände bildet. Die Anzahl der Cluster muss dabei extern vorgegeben werden. Jeder Zeitpunkt wird dann genau einem Cluster zugeordnet. Die Größe der jeweiligen Cluster wird durch den Algorithmus bestimmt. Als Ergebnis erhält man eine Zuordnung von Zeitpunkten zu den Clustern, wie in Bild 3.8 beispielhaft bei einer Clusterzahl von 3 dargestellt. Würden beispielsweise 6 Cluster berücksichtigt (drei für Viertelstunden mit positivem RL-Abruf sowie drei für Viertelstunden mit negativem RL-Abruf) könnte sich als Ergebnis eine Einteilung der Viertelstunden gemäß hohem, mittlerem und niedrigem Regelleistungsbedarf ergeben.

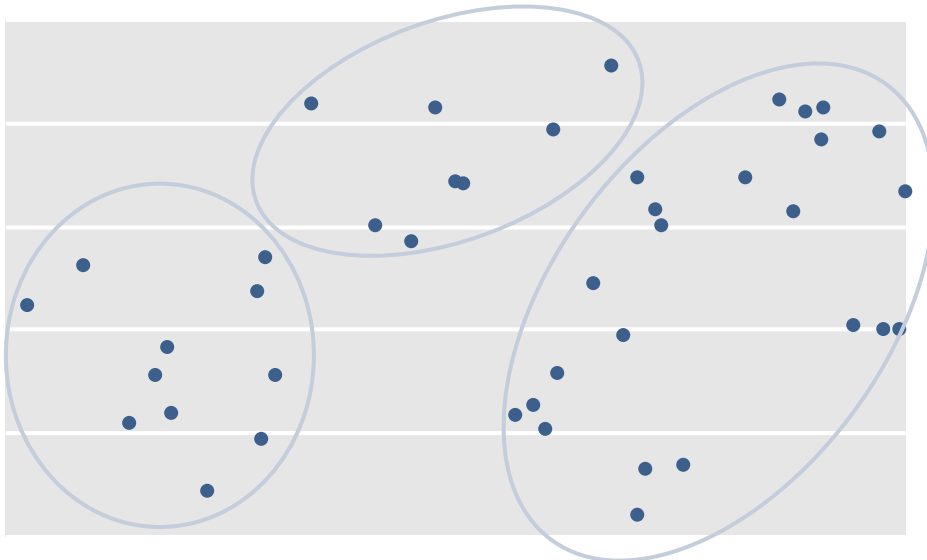


Bild 3.8: Clusterung von viertelstündlichen Regelleistungsbedarfen (schematische Darstellung).

Um für einen konkreten Zeitpunkt bzw. 4-Stunden-Zeitraum eine Regelleistungsbemessung durchzuführen, werden die zuvor bestimmten Cluster gefiltert und anschließend gewichtet. Dabei werden ausschließlich die Cluster ausgewählt, die den konkreten Zeitpunkt möglichst genau repräsentieren. Hierzu werden *Referenz-Tageeseigenschaften* sowie *Referenz-Zeiträume* definiert und ausgewertet, wie häufig Zeitpunkte mit übereinstimmenden *Referenz-Tageeseigenschaften* und *Referenz-Zeiträumen* in den jeweiligen Clustern vertreten sind.

Die *Referenz-Tageeseigenschaften* beschreiben dabei möglichst genau die Eigenschaften der Dimensionierungsperiode. Beispiele hierfür sind:

- Tag: Wochentag/Sonntag, Montag, Dienstag, ...
- Zeitraum: 0 bis 4 Uhr, 4 bis 8 Uhr, ...

Der *Referenz-Zeitraum* beschreibt den Zeitabschnitt bzw. die Zeitabschnitte innerhalb der historischen Datenbasis, die besonderes repräsentativ für die Dimensionierungsperiode sind. Hierdurch werden in erster Linie saisonale Abhängigkeiten erfasst. Die Voranalyse in Abschnitt 3.2 hat gezeigt, dass es sinnvoll erscheint, einen zeitlich gleitenden Zeitraum exogen vorgegebener Länge zu berücksichtigen und keinen starren Zeitraum vorzusehen, wie beispielsweise auf Basis von konkreten Monaten. In Bild 3.9 ist die Auswahl repräsentativer Zeitpunkte innerhalb der Referenz-Zeiträume durch Abgleich der Referenz-Tageseigenschaften dargestellt.

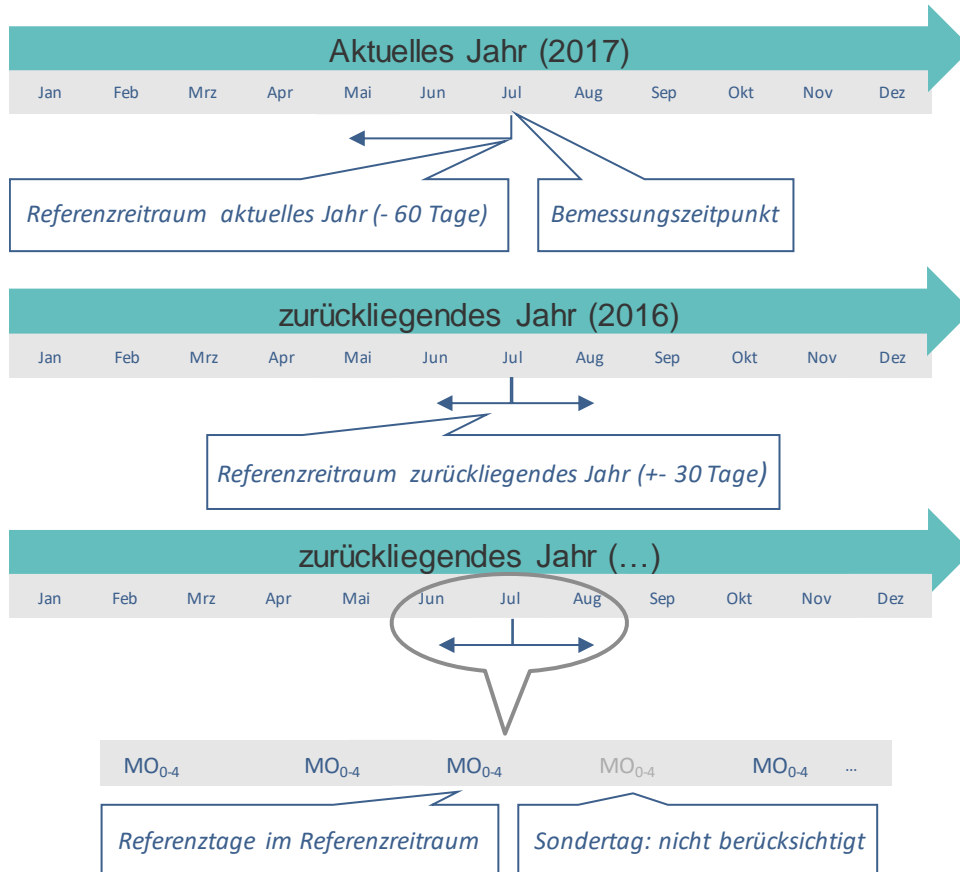


Bild 3.9 Auswahl repräsentativer Zeitpunkte innerhalb des Referenzzeitraums durch Abgleich der Referenz-Tageseigenschaften.

Zunächst wird für einen konkreten Zeitpunkt der Referenzzeitraum bestimmt. In der Grafik wird beispielhaft der Regelleistungsbedarf für einen Montag im Juli in 2017 zwischen 0 und 4 Uhr bestimmt. Der Umfang des Referenzzeitraums sei mit 60 Tagen pro betrachtetem Jahr in der Datenbasis festgelegt. Der Referenzzeitraum würde sich dann aus den aktuellsten 60 Tagen des laufenden Jahres, sowie den jeweils den Zeitpunkt umgebenden 30 Tagen der vergangenen Jahre ergeben. Für den 15. Juni würde der 15. April bis 14. Juni für das aktuelle Jahr, sowie jeweils der 15. Mai bis 15. Juli der vergangenen Jahre berücksichtigt.

Anschließend werden in dem so bestimmten Referenz-Zeitraum die Zeitpunkte ausgewählt, deren Tageseigenschaften mit den Referenz-Tageseigenschaften übereinstimmen. Dies wären alle Zeitpunkte an einem Montag zwischen 0 und 4 Uhr, an denen der Montag kein Feiertag bzw. Sondertag ist.

Die Auswahl dieser repräsentativen Zeitpunkte wird im anschließenden Schritt der Gewichtung und Bemessung berücksichtigt.

3.3.3 Gewichtung und Bemessung

Um eine probabilistische Dimensionierung durchführen zu können, ist es erforderlich, zunächst eine Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion von Ungleichgewichten herzuleiten. Hierzu sehen die ÜNB vor, Informationen über die im zweiten Schritt analytisch hergeleiteten Cluster sowie die ausgewählten repräsentativen Zeitpunkte zu kombinieren. Die ÜNB analysieren, ob und wie häufig sich die repräsentativen Zeitpunkte in einem Cluster befinden. Bei der sich anschließenden Regelleistungsdimensionierung werden ausschließlich die Cluster weiter betrachtet, in denen sich mindestens ein zuvor als repräsentativ ermittelter Zeitpunkt befindet.

Aus den sich in diesen Clustern befindlichen Zeitpunkten werden je eine Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion für den SRL- bzw. GRL-Bedarf gebildet. Dabei wird berücksichtigt, dass sich die repräsentativen Zeitpunkte ungleichmäßig auf die einzelnen Cluster aufteilen können, die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einzelner Cluster somit ebenfalls unterschiedlich ist (Bild 3.10). Würden im Extremfall alle repräsentativen Zeitpunkte in einem Cluster liegen, würde ausschließlich dieses Cluster bei der anschließenden Dimensionierung zu Grunde gelegt. Daher erfolgt bei der Ermittlung der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion eine Gewichtung der Cluster untereinander.

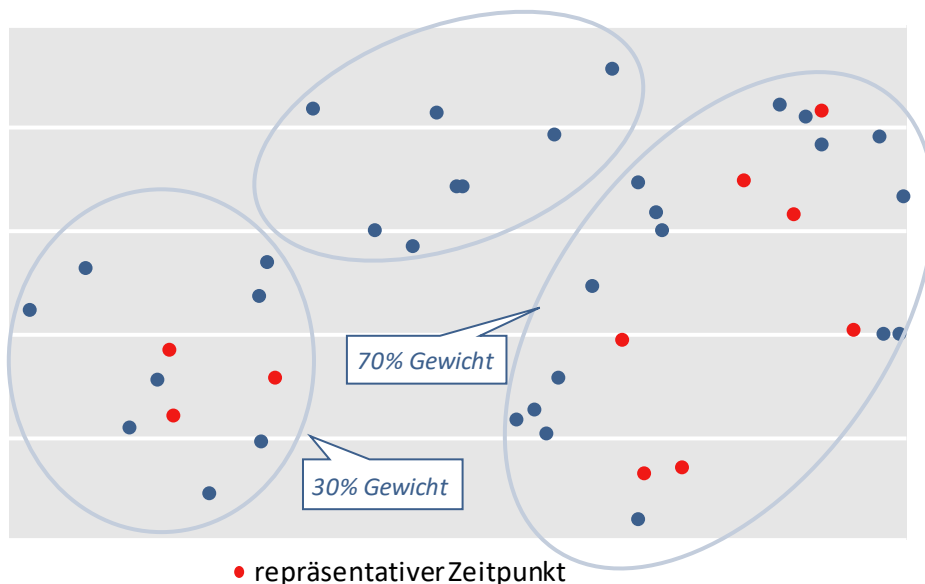


Bild 3.10: Auswahl und Gewichtung der Cluster auf Basis der repräsentativen Zeitpunkte.

Als Ergebnis erhält man je eine Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion für die SRL und GRL, die zwar ausschließlich historisch aufgetretene Ungleichgewichte enthalten, bei denen sich die Gewichtung eines historischen Ereignisses für eine konkrete Bemessung aber an der über Clustering und Auswahl von Referenz-Zeitpunkten gemessenen „Ähnlichkeit“ der historischen Situation zur Dimensionierungsperiode bemisst. Diese situationsabhängigen Verteilungsdichtefunktionen werden anschließend, gemäß dem heutigen Verfahren, mit je einer Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion von potentiellen Kraftwerksausfällen gefaltet (s. Abschnitt 3.4.6), da Kraftwerksausfälle, wie bereits beschrieben, zuvor manuell aus der Datenbasis herausgerechnet wurden.

Somit ergeben sich zwei Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen, die jeweils mit den zuvor bestimmten Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen des repräsentativen SRL- und GRL-Bedarfs gefaltet werden.

Über Vorgabe von Quantilen kann im Anschluss der SRL- und GRL-Bedarf bestimmt werden. Hierbei gleicht das von den ÜNB vorgeschlagene Vorgehen dem Ansatz der heutigen Bemessung. Das Vorgehen ist in Bild 3.11 dargestellt.

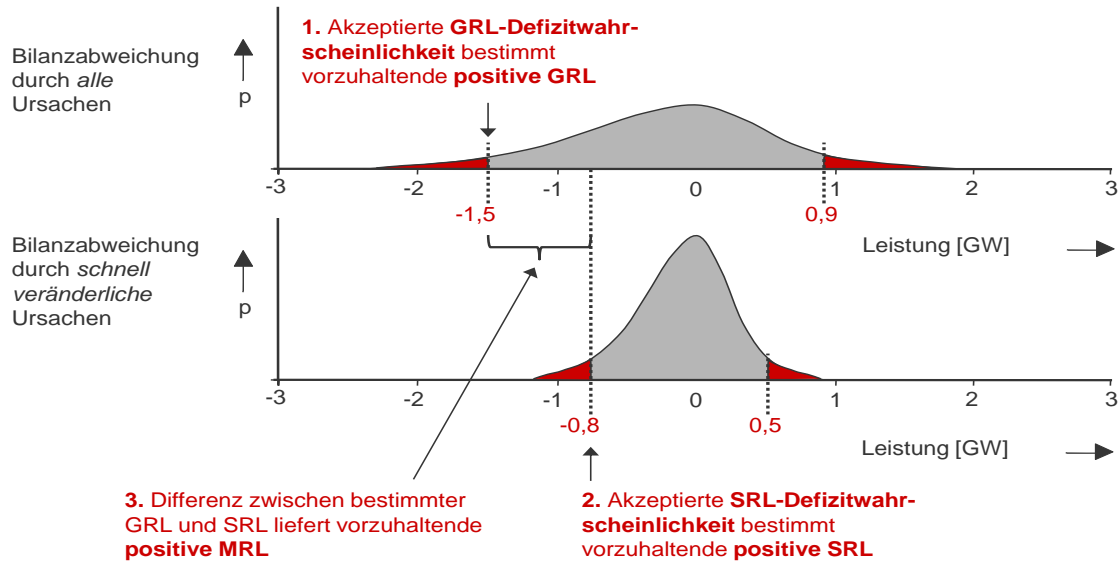


Bild 3.11: Methodik zur Bestimmung der SRL und MRL.

Zunächst wird die für die GRL relevante Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung bestimmt. Betragen das akzeptierte Defizit bzw. der akzeptierte Überschuss aufgrund unzureichender GRL (Defizit/Überschusswahrscheinlichkeit $Pr_{D/\bar{U}, GRL}$) jeweils $x\%$, kann die vorzuhaltende GRL als $x\%$ bzw. $1-x\%$ Quantil der Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung abgelesen werden.

Im zweiten Schritt wird die Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung für den SRL-Bedarf berücksichtigt. Diese Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung wird nun an beiden Seiten an den Stellen der zuvor bestimmten notwendigen GRL-Vorhaltung (an den $x\%$ bzw. $1-x\%$ Quantilen der GRL-Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung) abgeschnitten, größere im SRL-Bereich relevante Bilanzabweichungen werden somit nicht weiter betrachtet. Dieser Beschnitt der Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung reflektiert die unter Abschnitt 2.2 eingeführte vollständige und vom betrachteten Zeitbereich unabhängige Zuordnung von Bilanzabweichungen, die die Gesamtreservevorhaltung übersteigen, zur Defizitursache unzureichender GRL. Sie verhindert die doppelte Zählung entsprechender Defizitzeiten.

Analog zur Vorgehensweise bei der Festlegung der vorzuhaltenden GRL kann nun die vorzuhaltende SRL aus der akzeptierten Defizit- bzw. Überschusswahrscheinlichkeit aufgrund unzureichender SRL $Pr_{D/\bar{U}, SRL}$ und den entsprechenden Quantilen der beschnittenen Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung abgelesen werden. Die akzeptierte Defizit- bzw. Überschusswahrscheinlichkeit aufgrund unzureichender SRL $Pr_{D/\bar{U}, SRL}$ resultiert dabei aus $Pr_{D/\bar{U}, GRL}$ und der insgesamt akzeptierten Defizit- bzw. Überschusswahrscheinlichkeit $Pr_{D/\bar{U}}$ nach $Pr_{D/\bar{U}, SRL} = Pr_{D/\bar{U}} - Pr_{D/\bar{U}, GRL}$.

Die vorzuhaltende MRL ergibt sich dann als Differenz aus vorzuhaltender GRL und vorzuhaltender SRL.

Um die aus der SO GL hervorgehenden Vorgaben für Mindestmengen, bspw. im Hinblick auf Referenzstörfälle, zu erfüllen, wird anschließend überprüft, ob der ermittelte GRL-Bedarf ausreichend ist. Andernfalls wird der Regelleistungsbedarf auf die Mindestmengen festgesetzt, die dann die finalen Ausschreibungsergebnisse darstellen. Die SO GL definiert dabei nicht, ob sich die Mindestmengen auf ausreichend SRL oder MRL beziehen. Da die Referenzstörfälle, wie

bspw. Kraftwerksausfälle, in augenblicklichen und zudem hohe Leistungsungleichgewichten resultieren, sehen die ÜNB momentan vor, die in der SO GL definierten Anforderungen auf einen Mindestbedarf an SRL zu beziehen, da MRL die augenblicklich auftretenden Ungleichgewichte nur mit einer deutlichen zeitlichen Verzögerung ausgleichen könnte.

3.3.4 Rollierende Überprüfung

Im vierten und letzten Schritt erfolgt eine ständige Kontrolle der durchgeführten Bemessungsschritte und der erzielten Ergebnisse. Insbesondere wird überprüft, ob in der Praxis aufgetretene Veränderungen eine Anpassung der grundsätzlichen Vorgehensweise oder zumindest der gewählten Parametrierung erfordern. Beispielsweise ist denkbar, dass sich aus Veränderungen des gesetzlich-regulatorischen Rahmens neue Freiheitsgrade oder Anforderungen ergeben, oder sich die stochastischen Eigenschaften der in der Praxis zu beobachtenden Ungleichgewichte grundlegend verändern und in der Konsequenz die Aussagekraft der repräsentativen Zeitpunkte abnimmt.

Von der rollierenden Überprüfung sind im Grundsatz alle Verfahrensschritte und gewählten Parametrierungen betroffen. Dies betrifft insbesondere

- die Definition von Sonder- bzw. Feiertagen,
- Mindestmengen, die insbesondere aus den Referenzstörfällen resultieren,
- Sondersituationen, wie beispielsweise eine Sonnenfinsternis sowie
- das Einsatzkonzept.

Um in der Praxis beobachtete Änderungen, die eine Anpassung des Bemessungsverfahrens notwendig machen, zu berücksichtigen, halten wir es für sinnvoll, dass die ÜNB in Zukunft selbstständig (die grundlegenden Prämissen nicht verändernde) Vorschläge zur Anpassung des Verfahrens erarbeiten, diese Anpassungen und ihre Wirkung transparent dokumentieren und nach Abstimmung mit der Bundesnetzagentur umsetzen.

3.4 Parametrierung

3.4.1 Wechselwirkungen

Losgelöst von der grundsätzlichen Vorgehensweise der Bemessungsmethodik existieren hinsichtlich der Parametrierung verschiedene Freiheitsgrade, die die Bemessungsergebnisse zum Teil deutlich beeinflussen können und von den ÜNB somit sorgfältig abgewogen werden sollten. Neben den ausgeschriebenen SRL- und MRL-Mengen müssen dabei auch zusätzliche Aspekte, wie das anvisierte und tatsächlich erreichte Versorgungssicherheitsniveau und somit die Robustheit des Verfahrens berücksichtigt werden. Grundsätzliche Freiheitsgrade bestehen dabei in der Parametrierung bzw. Definition folgender Randbedingungen:

- Datenbasis und -umfang
- Einsatzkonzept
- Anzahl Cluster
- Auswahl repräsentativer Zeitpunkte

- Kraftwerksausfälle
- Quantile und Sicherheitsniveau

Das von den ÜNB vorgeschlagene Verfahren bietet zwar an diesen Stellen unterschiedliche Parametrierungsmöglichkeiten an, diese können aber nur in einem gewissen Umfang sinnvoll miteinander kombiniert werden. Dabei sind grundsätzlich zwei Aspekte gegeneinander abzuwägen:

- Dynamik der Ausschreibungsergebnisse.
- Prognosegüte und Erfüllung des anvisierten Versorgungssicherheitsniveaus.

Ein Ziel der dynamischen bzw. situationsabhängigen Regelleistungsdimensionierung besteht in einer möglichst bedarfsgerechten Bemessung. Auf Basis der Voruntersuchung lässt sich daraus schlussfolgern, dass – zumindest bei Erfassung der unterschiedlichen Einflussfaktoren bei der Bemessung – dies zu einem dynamischen Regelleistungsbedarf führt. Dabei wären sowohl innerhalb eines Tages als auch innerhalb einer Woche große Schwankungen des Bedarfs denkbar.

Neben diesem grundsätzlich – zumindest aus Sicht der Bemessung – gewünschten Schwankungen des Bedarfs und der Ausschreibungsmengen, ist weiterhin zu beachten, dass zu große kurzfristige Schwankungen zu Liquiditätsproblemen auf dem Markt führen können. Gleichzeitig ist dabei zu bedenken, dass die konkreten Bemessungsergebnisse aber eine Woche im Voraus von den ÜNB veröffentlicht werden müssen und dem Markt mit einem hinreichend großen Zeitraum bekannt sein sollten.

Die bei einer dynamischen Bemessung abnehmende Prognosegüte kann dazu führen, dass Situationen zunehmen, in denen die ausgeschriebene Regelleistung nicht ausreichend ist und das anvisierte Versorgungssicherheitsniveau nicht erfüllt wird. In diesen Fällen wird das Ungleichgewicht beispielsweise über Notreserveverträge mit ausländischen ÜNB oder zeitlich verzögert durch sonstige von den ÜNB initiierten Maßnahmen ausgeglichen.

Die ÜNB haben auf Basis verschiedener Sensitivitätsanalysen unterschiedliche Parametrierungsvarianten ausgewertet und hinsichtlich ihrer Eignung überprüft. Um einen objektiven Vergleich der Varianten vornehmen zu können, haben sie hierzu unterschiedliche Gütekriterien definiert. Diese sind:

- durchschnittliche Höhe der notwendigen Regelleistung
- Anzahl Zeitpunkte mit fehlender Regelleistung
- Summe der in Zeitpunkten fehlenden, quadratisch gewichteten Regelleistung

Basierend auf diesen Gegenüberstellungen schlagen die ÜNB eine sinnvoll erscheinende Parametrierung vor. Im Folgenden werden die einzelnen Parametrierungsmöglichkeiten sowie die jeweils sinnvoll erscheinenden Bandbreiten und Vor- und Nachteile beschrieben.

3.4.2 Datenbasis und -umfang

Die bei der Bemessung berücksichtigte Datenbasis sollte zum einen ausreichend umfassend und repräsentativ sein und zum anderen die in der SO GL formulierten Anforderungen erfüllen.

Die Voranalyse der historisch aufgetretenen Ungleichgewichte hat gezeigt, dass der Regelleistungsbedarf in den letzten Jahren kontinuierlich zurückgegangen ist. Insbesondere ist deutlich, dass in den Jahren 2010 bis 2013 die Regelleistungsbedarfe – zumindest im Maximum und somit

in den dimensionierungsrelevanten Zeitpunkten – deutlich höher waren als in den darauffolgenden Jahren. Da derartig hohe Bedarfe in den letzten Jahren nicht mehr aufgetreten sind, gleichzeitig verschiedene Anstrengungen zur Stärkung der Bilanzkreistreue und damit zur Begrenzung der Regelleistungsbedarfe unternommen wurden, erscheint es fraglich, ob diese Jahre weiterhin als repräsentativ angesehen werden können. Zumindest im Rahmen der hier vorgenommenen Verfahrenserweiterung, bei der vorrangig eine Regelleistungsbemessung für das Jahr 2017 vorgenommen wurde, wurde dieser Zeitraum nicht weiter betrachtet, sondern die historischen Ungleichgewichte ab 2014 berücksichtigt.

Die bisherigen Ergebnisse haben gezeigt, dass eine Dimensionierung auf Basis dieses 3-Jahres-Zeitraums robuste und plausible Ergebnisse liefern kann. Daher schlagen wir vor, zukünftig bei der Regelleistungsdimensionierung einen gleitenden 3-Jahres-Zeitraum zu berücksichtigen. Durch stochastische Auswertungen der Ungleichgewichte, entsprechend der Voruntersuchung, sollte in einem regelmäßigen Turnus überprüft werden, ob die berücksichtigte Datenbasis weiterhin den Anspruch an die Repräsentativität erfüllt.

3.4.3 Einsatzkonzept

Durch das Einsatzkonzept werden der synthetische SRL- und MRL-Abruf bestimmt. Über diese werden die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen für die SRL und GRL gebildet, die letztlich die Bemessungsgrundlage bilden. Entsprechend kann das Einsatzkonzept einen großen Einfluss auf die Bemessung haben.

Gegenüber der heutigen Bemessung wurde das Einsatzkonzept durch die ÜNB grundsätzlich überarbeitet und insbesondere stärker an die Praxis angelehnt. Zur Konkretisierung des Einsatzkonzeptes schlagen die ÜNB folgende Parametrierung vor:

- Prognose Regelleistungsbedarf für übernächste Viertelstunde.
- Leistungsband SRL-Abruf von 600 MW.
- Ausregelung des Ungleichgewichtes über 600 MW durch MRL in Höhe von 70 %.

Zwar erfolgt in der Praxis der Abruf von MRL manuell durch die Leitwarte, so dass situationsspezifisch über einen Abruf von MRL entschieden wird, die dabei berücksichtigten Standard-Regeln entsprechen dabei nach den Aussagen der ÜNB grundsätzlich der vorgeschlagenen Parametrierung.

Wir schlagen daher vor, die von den ÜNB aufgeführten Werte zu übernehmen. Sollte sich im Rahmen der rollierenden Überprüfung der Bemessungsergebnisse und des Vorgehens zeigen, dass in der Praxis und bei der Bemessung andere Einsatzkonzepte sinnvoll erscheinen, sollten die ÜNB in enger Abstimmung mit BNetzA entsprechende Anpassungen vornehmen.

3.4.4 Anzahl Cluster

Durch die Filterung und Gewichtung der Cluster werden die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen gebildet, mit denen anschließend der SRL- und MRL-Bedarf ermittelt wird. Durch die Anzahl der Cluster kann somit indirekt beeinflusst werden, aus wie vielen unterschiedlichen Zeitpunkten die jeweiligen Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen gebildet werden. Je mehr Cluster bei der Bemessung berücksichtigt werden, desto situationsabhängiger und auch dynamischer ist der

ermittelte und ausgeschriebene Regelleistungsbedarf. Gleichzeitig nimmt, wie bereits oben erläutert, aber auch die Prognosegüte ab, wodurch Situationen mit nicht ausreichender Regelleistung zunehmen. Würde die Datenbasis in lediglich einem Cluster zusammengefasst, würden immer alle Zeitpunkte bei der Bemessung berücksichtigt. In diesem Fall würde man – entsprechend dem heutigen Vorgehen –statisch dimensionieren.

Letztlich ist es eine Abwägung, wie viele Cluster bei der Bemessung berücksichtigt werden sollen. Eine sinnvolle Bandbreite scheint entsprechend den uns von den ÜNB vorgelegten Beispielrechnungen dabei zwischen 3 und 15 Clustern zu liegen – abhängig von Wechselwirkungen mit sonstigen Parametrierungen. Bei einer Clusteranzahl über diesen Werten nimmt die Prognosegüte deutlich ab, was zu unzulässig hohen Defizitniveaus führt.

Die von den ÜNB angestrebte Parametrierung sieht eine Verwendung von vier Clustern vor.

3.4.5 Auswahl repräsentativer Zeitpunkte

Neben der Anzahl an Clustern hat die Auswahl der repräsentativen Zeitpunkte einen maßgeblichen Einfluss auf die Bildung der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion und in der Konsequenz auf den Regelleistungsbedarf. Die Auswahl der repräsentativen Zeitpunkte nehmen die ÜNB zum einen über die Definition der Referenz-Tageeseigenschaften und zum anderen über den Referenz-Zeitraum vor.

Der Zusammenhang zwischen der Dynamik der Ausschreibungsergebnisse und der Prognosegüte und Erfüllung des anvisierten Versorgungssicherheitsniveaus, der oben bereits beschrieben wurde, gilt auch bei der Auswahl der repräsentativen Zeitpunkte. Somit ist bei der Definition der Referenz-Tageeseigenschaften und des Referenz-Zeitraums dieselbe Abwägung zu treffen.

Je unspezifischer die Referenz-Tageeseigenschaften definiert werden, desto mehr Zeitpunkte werden bei der Bildung der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen betrachtet. Tageeseigenschaften können beispielsweise definiert werden über

- Wochentag (Mo, Di, Mo-Do, Werktag, Feiertag, Sonntag, ...)
- Zeitraum (0 – 4 Uhr, 0 – 12 Uhr, ganztägig, ...)
- Monat (Jan, Feb, 1. Quartal, ...)
- Sonstige Einflüsse (Wind- oder Fotovoltaikeinspeisung, ...)

Der Referenz-Zeitraum konkretisiert den Teil der Datenbasis, in den Übereinstimmungen einzelner Zeitpunkte mit den definierten Referenz-Tageeseigenschaften identifiziert werden. Je größer der Referenz-Zeitraum gewählt wird, desto mehr Zeitpunkte erfüllen diese Anforderungen und desto weniger dynamisch wird letztlich die Bemessung.

Die ÜNB sehen aktuell vor, als Referenz-Tageeseigenschaft den Wochentag und das konkrete Zeitfenster der Bemessung zu berücksichtigen. Bspw. Montag zwischen 0 und 4 Uhr. Darüber hinaus definieren die ÜNB Sonderstage. Darunter werden alle Tage erfasst, die andere stochastische Eigenschaften der Bilanzungleichgewichte aufweisen, als vergleichbare Tage. Beispiele sind Feier- oder Brückentage.

Der von den ÜNB vorgeschlagene Referenzzeitraum beträgt aktuell 60 Tage eines Jahres. Von dem aktuell laufenden Jahr werden die jeweils aktuellsten 60 Tage betrachtet, von den zurückliegenden Jahren jeweils ein Zeitraum von 30 Tagen um den Bemessungszeitpunkt.

3.4.6 Kraftwerksausfälle

Die Verfügbarkeit von Kraftwerken ist wie bei allen technischen Anlagen beschränkt, weshalb für den nicht vorhersehbaren Ausfall von Kraftwerksanlagen Regelleistung vorgehalten werden muss. Aufgrund seines stochastischen Charakters lässt sich das Ausfallverhalten der Kraftwerke nur über statistische Kenngrößen und nicht über historische Ungleichgewichte beschreiben. Seit mehreren Jahrzehnten greifen die ÜNB daher zu der vom VGB PowerTech e.V., Essen geführten Kraftwerksverfügbarkeitsstatistik zurück. Auch im neu entwickelten Verfahren sehen die ÜNB vor, dieselben Ausfallkenngrößen zu verwenden, die bereits im bestehen Verfahren zum Einsatz kommen.

Analog zur aktuellen Bemessung wird angenommen, dass auftretende Bilanzungleichgewichte innerhalb der ersten 15 Minuten ausschließlich durch Sekundärregelleistung ausgeglichen werden. Daher wird für die Bemessung von Sekundärregelreserve eine Ausfalldauer von 15 Minuten und für die Bemessung von Gesamtreserveleistung von 60 Minuten berücksichtigt. Nach 60 Minuten geht nach der heutigen Gesetzeslage die Verantwortung für den in Folge des Kraftwerksausfalls notwendigen Bilanzausgleich vom ÜNB auf den betroffenen Kraftwerksbetreiber über [3].

Momentan sehen die ÜNB vor, jeweils eine statische Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der Kraftwerksausfälle für den SRL- und GRL-Bedarf zu bestimmen. Dies entspricht auch der Vorgehensweise bei der heutigen Bemessung. Perspektivisch sehen die ÜNB aber vor, dynamische Einflüsse auf die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion zu berücksichtigen. Zum einen könnte ein an die Lastsituation angepasster Kraftwerkseinsatz hinterlegt werden. Zum anderen wollen die ÜNB zukünftig ebenfalls Ausfälle bei Pumpspeicherkraftwerken und größeren Windparks oder Hochspannungsgleichstromübertragungen (grenzüberschreitend oder bei Windparks) mit berücksichtigen, deren Ausfallverhalten auch zu einem Bedarf an negativer Regelleistung führt.

3.4.7 Quantile und Sicherheitsniveau

Nachdem die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen für den SRL- und GRL-Bedarf bestimmt wurden, erfolgt anschließend die Bemessung über Vorgabe von akzeptierten Defizitniveaus für nicht ausreichende Regelleistungsvorhaltung. Diese spiegeln dabei das Versorgungssicherheitsniveau wider. Je niedriger akzeptierte Niveaus gewählt werden, desto weniger werden Situationen mit nicht ausreichender Regelleistung toleriert, was letztlich den Bedarf erhöht. Wie bereits beschrieben wird dabei zwischen Defizit- und Überschusswahrscheinlichkeiten unterschieden (zu wenig positive, bzw. zu wenig negative Regelleistung). Diese Defizitniveaus müssen zudem auf die beiden Defizitursachen nicht ausreichender GRL sowie nicht ausreichender SRL aufgeteilt werden.

Die Aufteilung des insgesamt tolerierten Defizitniveaus auf die beiden Defizitursachen stellt prinzipiell einen Freiheitsgrad dar. Die resultierenden Abhängigkeiten sind stark nichtlinear. Für ein vorgegebenes Defizitniveau erhält man den in Bild 3.12 skizzierten typischen Verlauf der notwendigen GRL in Abhängigkeit von der vorgehaltenen Sekundärregelleistung.

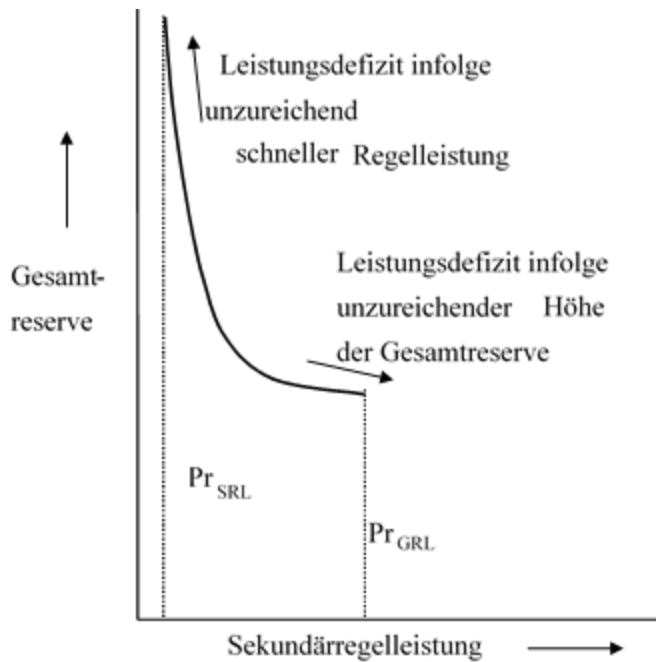


Bild 3.12: Typischer Verlauf der Gesamtreserve in Abhängigkeit von der vorgehaltenen Sekundärregelleistung.

Jeder Punkt der Kurve führt zu einer identischen gesamten Defizitwahrscheinlichkeit und unterscheidet sich lediglich hinsichtlich der Ursache für nicht ausregelbare Defizite bzw. Überschüsse. Wird beispielsweise ausschließlich SRL vorgehalten, so ergibt sich das Leistungsdefizit vollständig aufgrund der unzureichenden Höhe der GRL (Bild 3.12). Die vollständig in Form von SRL vorgehaltene GRL ist in diesem Fall minimal. Im Falle einer minimalen SRL können Abweichungen nicht ausreichend schnell ausgeglichen werden. Die Höhe der GRL ist hingegen weitgehend ausreichend ($\Pr_{D/\bar{U}, GRL} \approx 0\%$).

Prinzipiell sind aber verschiedene Aufteilungen auf die beiden Regelleistungsqualitäten zulässig. Eine eindeutige Entscheidung erfordert deshalb weitere technische oder wirtschaftliche Entscheidungskriterien, z. B. die Vermeidung von Gegenläufigkeiten, die Minimierung der Kosten oder die Maximierung der Flexibilität im Regelleistungseinsatz.

Die mit der Bundesnetzagentur abgestimmten und aktuell von den ÜNB umgesetzten Defizit- und Überschusswahrscheinlichkeiten liegen für die Sekundärregelleistung bei $\Pr_{D/\bar{U}, SRL} = 0,0025\%$ und für die Gesamtregelleistung bei $\Pr_{D/\bar{U}, GRL} = 0,0225\%$.

Für $\Pr_{D/\bar{U}, SRL} + \Pr_{D/\bar{U}, GRL}$ ergibt sich somit ein Wert von $0,025\%$.

Es hat sich aber gezeigt, dass die in der Praxis tatsächlich erreichten Defizitniveaus zum Teil deutlich von diesen Vorgaben abweichen. Während das Defizitniveau bei der GRL leicht unterschritten wurde, da in der als Bemessungsgrundlage verwendeten historischen Datenbasis zum Teil für den Bemessungszeitpunkt nicht mehr repräsentative hohe Ungleichgewichte aufgetreten sind, die dimensionierend gewirkt haben, wurden hingegen bei der Sekundärregelleistung die bei der Bemessung angesetzten Defizitniveaus zum Teil deutlich überschritten. Der Grund hierfür liegt in der bereits eingangs erläuterten Unterstellung eines nur theoretisch umsetzbaren Einsatzkonzepts von SRL und MRL bei der Bemessung. Die resultierende Überschreitung der in der Bemessung angesetzten Defizitniveaus in der Praxis wurde in der Vergangenheit bewusst in Kauf genommen.

Die ÜNB streben jedoch nun nachvollziehbar an, bei der Dimensionierung ein praxisnäheres Einsatzkonzept zu unterstellen und gleichzeitig die in der Dimensionierung anzuwendenden Defizitniveaus anzupassen. Soll nicht gleichzeitig das faktische Versorgungssicherheitsniveau verändert werden, bietet es sich an, diese möglichst nah an tatsächlich in der Praxis beobachtete Werte anzugleichen. Entsprechend uns vorgelegten Berechnungen der ÜNB ergibt sich hierbei eine Defizit- bzw. Überschusswahrscheinlichkeit für die Gesamtregelleistung von 0,025 % und für die Sekundärregelleistung von 0,050 %. Die Summe der Defizit- bzw. Überschusswahrscheinlichkeit liegt mit 0,075 % somit weiterhin deutlich unter der in der SO GL definierten Obergrenze von 1 %.

3.5 Vergleich des aktuellen und neuen Verfahrens

In Tabelle 3.1 wird das von den ÜNB neu entwickelte Verfahren dem aktuell eingesetzten Verfahren gegenübergestellt.

	Heutiges Verfahren	Neues Verfahren
Ansatz	statisch	dynamisch
Zyklus	quartalsweise	wöchentlich* (täglich möglich)
Datenbasis	entsprechende Quartale der Vorjahre	Cluster mit repr. Zeitpunkten
kurzfristige Ungleichgewichte	vertikale Netzlast (1min-Mittelwert)	Regelleistungsbedarf (1min-Mittelwert)
Einsatzkonzept SRL/MRL	MRL: 1/4h-Mittelwert SRL: Rauschen	praxisnahes Einsatzkonzept
Defizit-/Überschusswahrscheinlichkeiten	GRL: 0,0225 % SRL: 0,0025 %**	GRL: 0,025 % SRL: 0,05 %

* In der Übergangsphase planen die ÜNB, eine quartalsweise Bemessung durchzuführen.

** Aufgrund des Einsatzkonzepts wurde das Sicherheitsniveau in der Vergangenheit deutlich überschritten.

Tabelle 3.1: Gegenüberstellung des aktuellen und des neuen Verfahrens.

Abweichend von dem heutigen wird bei dem neuen Verfahren ein dynamischer Bemessungsansatz eingesetzt und somit eine situationsabhängige Dimensionierung der Regelleistung vorgenommen. Bei dem heutigen Verfahren wird die Regelleistung statisch bemessen und somit zeitlich konstant bemessen.

Momentan wird die Regelleistung für ein Quartal konstant vorgegeben und die Regelleistung entsprechend quartalsweise neu bemessen. Zukünftig sehen die ÜNB vor, die notwendige Regelleistung in einem wöchentlichen Turnus zu aktualisieren. Zwar wäre mit dem neuen Verfahren auch eine vortägliche Dimensionierung der Regelleistung möglich, aufgrund der Beschlüsse der BNetzA ist dies zumindest in absehbarer Zeit nicht möglich.

Bei der Dimensionierung werden ausschließlich Cluster berücksichtigt, in denen sich Zeitpunkte befinden, die vorher als repräsentativ identifiziert wurden. Diese werden zudem im Verhältnis

der Anzahl der repräsentativen Zeitpunkte gewichtet. Bei der aktuellen Bemessung werden momentan die identischen Quartale der letzten vier Jahre verwendet. Eine Gewichtung einzelner Quartale wird nicht vorgenommen.

Um kurzfristige Bilanzschwankungen zu erfassen, wurde in der Vergangenheit bisher das Rauschen der vertikalen Netzlast aufgezeichnet. Hierzu haben die ÜNB an den Übergabestellen zu den nachgelagerten Netzebenen minütliche Schwankungen aufgezeichnet. In diesem Lastrauschen sind somit auch implizit Schwankungen von Erzeugungsanlagen erfasst. Zukünftig werden die ÜNB direkt den Minutenmittelwert des historisch aufgetretenen Regelleistungsbedarfs aus.

Die aktuelle Bemessung sieht vor, dass der viertelstündliche Mittelwert durch die MRL ausgeglichen wird, während die kurzfristigeren Ungleichgewichte durch die SRL ausgeglichen werden. Dieses Vorgehen führt zu einer Minimierung der notwendigen SRL. Da dieses bei der Bemessung unterstellte Einsatzkonzept in der Praxis allerdings nicht umgesetzt wird, sondern ein Abruf von MRL unter anderen Kriterien durch die ÜNB erfolgt, schlagen die ÜNB vor, für die Bemessung ein Einsatzkonzept einzuführen, das sich nah an der Praxis orientiert.

Ein Übergang auf dieses neue Einsatzkonzept ist dabei nur sinnvoll, wenn gleichzeitig die Defizitniveaus angepasst werden. Dabei ist es insbesondere notwendig, die Defizitniveaus aufgrund nicht ausreichender SRL zu erhöhen. Die ÜNB schlagen vor, hierzu das Defizitniveau auf das tatsächlich in der Praxis erreichte Sicherheitsniveau anzuheben, das sich bei den heute ausgeschriebenen Mengen ergibt. Diesem Ansatz folgend sieht der Vorschlag der ÜNB vor, das in der Praxis zu beobachtende Defizitniveau beizubehalten.

3.6 Vergleich aktueller Bemessungsergebnisse mit der Praxis

Um eine Einordnung des Verfahrens und erste robuste Abschätzung zukünftiger Bemessungsergebnisse zu bekommen, haben die ÜNB mittels des neuen Verfahrens für einen historischen Zeitraum die SRL- und MRL-Mengen bestimmt, die sich bei der oben vorgeschlagenen Parametrierung ergeben würde. Dabei nehmen die ÜNB einen Vergleich mit den tatsächlich ausgeschriebenen Mengen vor.

In Bild 3.13 sind die in der Praxis ausgeschriebenen sowie mit dem neuen Verfahren bemessenen GRL-Mengen über den Zeitraum 2013 bis 2017 dargestellt.

Situationsabhängige Dimensionierung von Sekundärregel- und Minutenreserve

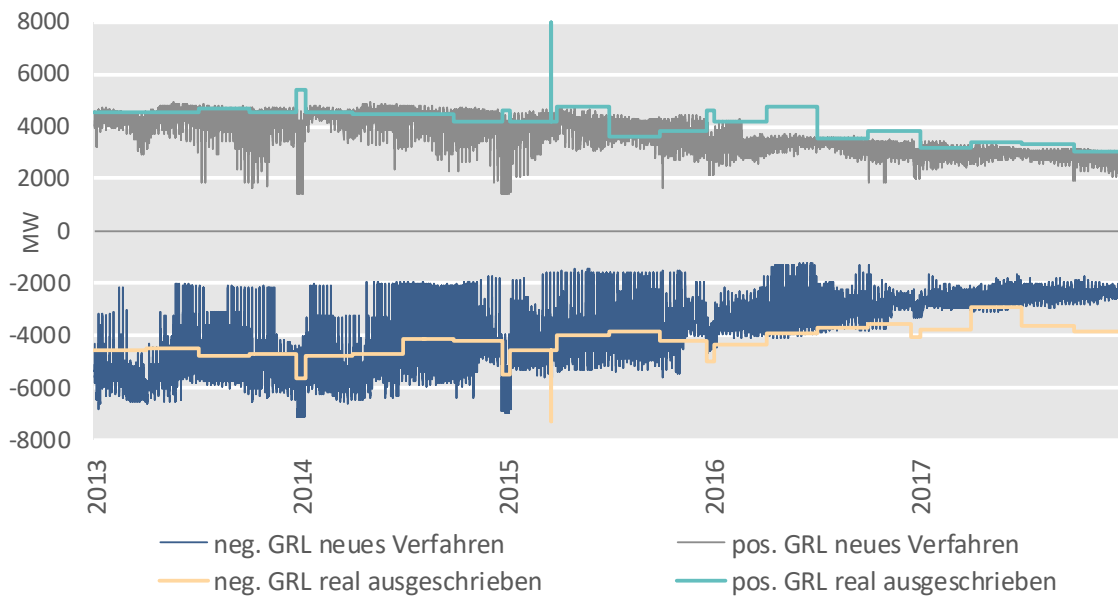


Bild 3.13: Vergleich der in der Praxis ausgeschriebenen und mit dem neuen Verfahren bemessenen GRL-Mengen.

Während der tatsächlich ausgeschriebene GRL-Bedarf in der Vergangenheit – insbesondere auch quartalsübergreifend – weitgehend konstant war, hätte sich bei Verwendung des neuen Verfahrens eine deutlich volatilere GRL-Ausschreibung ergeben, die mal über, mal unter den ausgeschriebenen Mengen liegt. In dem Zeitraum zwischen 2013 und 2015 sind Schwankungen insbesondere bei der negativen GRL in Höhe von etwa 4 GW in kurzen zeitlichen Abständen ersichtlich. Ab 2016 nehmen die absoluten Schwankungen deutlich ab, liegen aber weiterhin bei etwa 2 GW. Dabei ist ersichtlich, dass der mit dem neuen Verfahren bemessene Regelleistungsbedarf im Mittel deutlich unter den tatsächlich ausgeschriebenen Mengen gelegen hätte. Dies liegt an der ex-post-betrachtet nicht repräsentativen Datenbasis, die bei dem heutigen Verfahren zu Grunde gelegt wird und bereits in Abschnitt 3.2 diskutiert wurde.

In Bild 3.14 ist die analoge Auswertung für den SRL-Bedarf dargestellt.

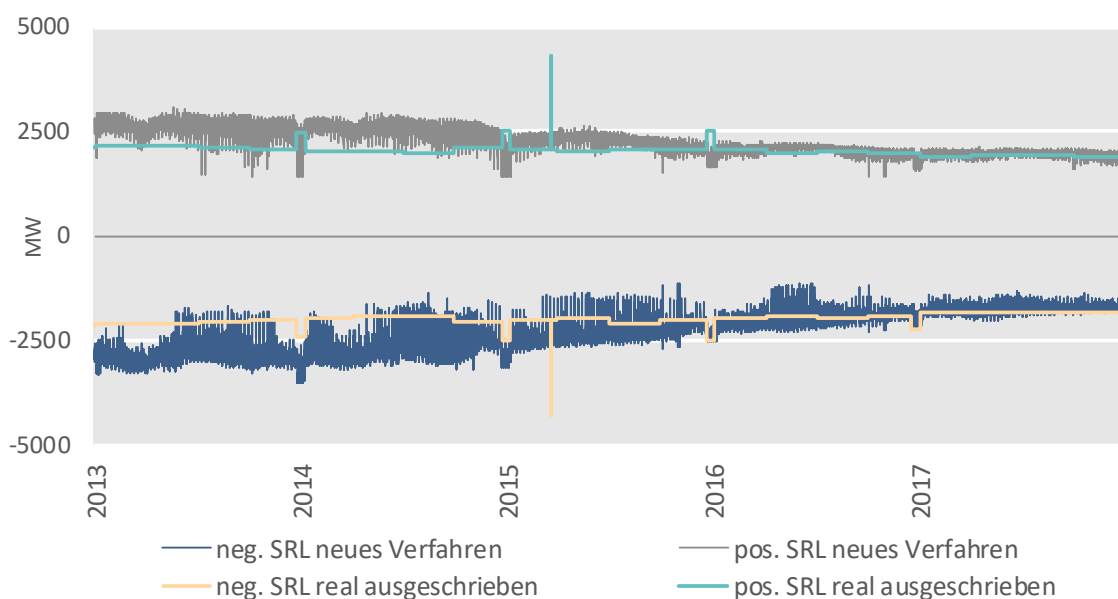


Bild 3.14: Vergleich der in der Praxis ausgeschriebenen und mit dem neuen Verfahren bemessenen SRL-Mengen.

Auch bei der SRL zeigt sich gegenüber den in der Praxis ausgeschriebenen Mengen ein deutlich volatilerer Bedarf. Im Vergleich zur GRL sind die Schwankungen dabei allerdings nicht ganz so stark, sondern liegen in den Jahren 2013 bis 2015 bei etwa 1 GW und nehmen in den beiden darauffolgenden Jahren auf etwa 500 MW ab.

Auch der SRL-Bedarf nimmt über den Zeitverlauf deutlich ab. Im Gegensatz zum GRL-Bedarf, bei dem in 2017 bei Verwendung des neuen Verfahrens deutlich weniger Regelleistung ausgeschrieben worden wäre, liegen der bemessene und ausgeschriebene SRL-Bedarf in 2017 auf demselben Niveau. Dies ist auch auf die von den ÜNB gewählte Parametrierung zurückzuführen, bei der das SRL-Defizitniveau sich an den in der Praxis zu beobachtenden Werten orientiert. Offensichtlich hätte dieses Defizitniveau in den Jahren vor 2015 dazu geführt, dass deutlich höhere SRL-Mengen ausgeschrieben worden wären.

In Bild 3.15 sind die mit dem neuen Verfahren berechneten Regelleistungsmengen für die SRL und MRL über eine Woche dargestellt. In der dargestellten Woche befinden sich keine Sonder- oder Feiertage.

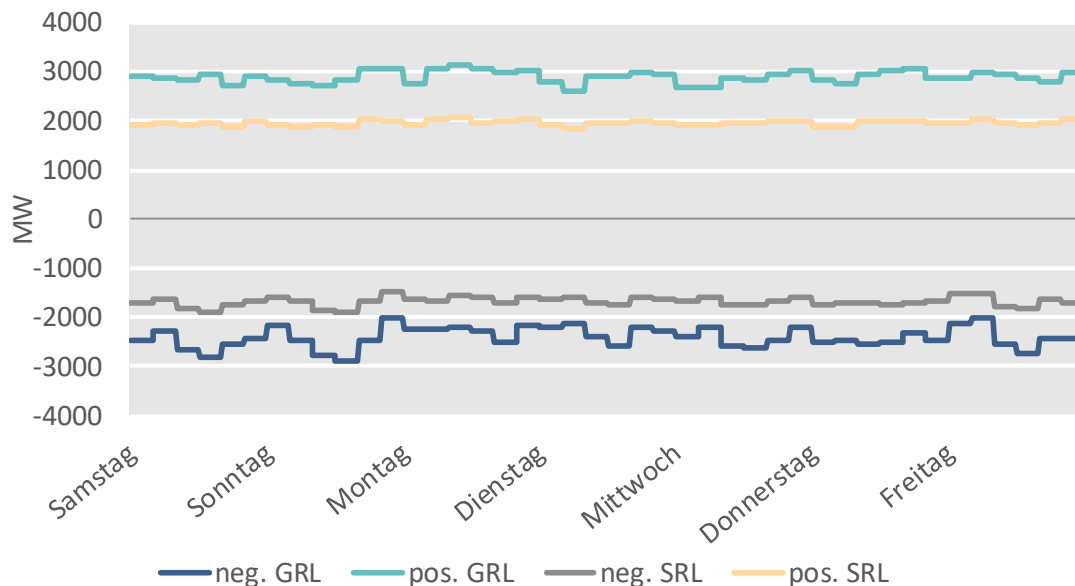


Bild 3.15: Beispielhafter Verlauf der berechneten Regelleistung über eine typische Woche (05. bis 11.08.2017).

Die zeitlich höher aufgelöste Darstellung des Regelleistungsbedarfs zeigt die Schwankungen innerhalb einer Woche auf. Dabei ist ein deutliches Tagesprofil zu erkennen. Sowohl für die negative als auch für die positive Regelleistung ist dabei ersichtlich, dass der GRL-Bedarf volatil als der SRL-Bedarf ist. In der Folge sind auch die Schwankungen beim MRL-Bedarf, der sich aus der Differenz des GRL- und SRL-Bedarfs ergibt, stärker ausgeprägt. Während der SRL-Bedarf um 240 MW (pos.) bzw. 420 MW (neg.) schwankt, sind die Schwankungen beim MRL-Bedarf mit 330 MW (pos.) bzw. 520 MW (neg.) höher.

In Bild 3.16 ist der Regelleistungsverlauf über Woche nach Weihnachten dargestellt und somit in einem Zeitraum, der sich aufgrund der Sondertage von einer typischen Arbeitswoche deutlich unterscheiden dürfte.

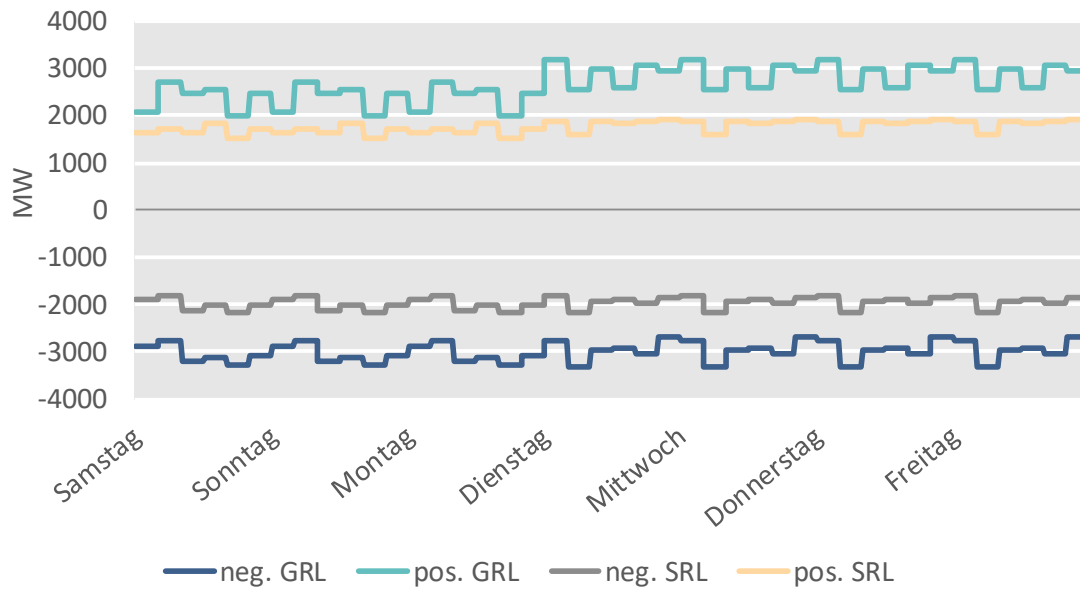


Bild 3.16: Beispielhafter Verlauf der berechneten Regelleistung über eine Woche mit Sondertagen (24. bis 30.12.2016).

Auch in diesem Weihnachtszeitraum sind deutliche Schwankungen des Regelleistungsbedarfs erkennbar, die ebenfalls einem klaren Tagesverlauf unterliegen. Im Vergleich zur zuvor dargestellten Arbeitswoche sind die Schwankungen dabei höher. Der SRL-Bedarf schwankt sowohl für den positiven als auch für den negativen Bedarf um jeweils 380 MW. Der MRL-Bedarf schwankt um 290 MW (neg.) sowie 830 MW (pos.).

In Bild 3.17 sind die GRL- und SRL-Regelleistungsmengen (links) sowie die Defizitwahrscheinlichkeiten (rechts) für das heutige und das neue Verfahren für 2017 dargestellt. Bei dem Regelleistungsbedarf sind neben den mittleren aufgetretenen Bedarfen zusätzlich die für das Jahr 2017 bemessenen maximalen und minimalen Bedarfe abgebildet. Bei den Defizitniveaus wurden zur besseren Vergleichbarkeit die Wahrscheinlichkeiten für nicht ausreichend positive und negative Regelleistung zusammengefasst.

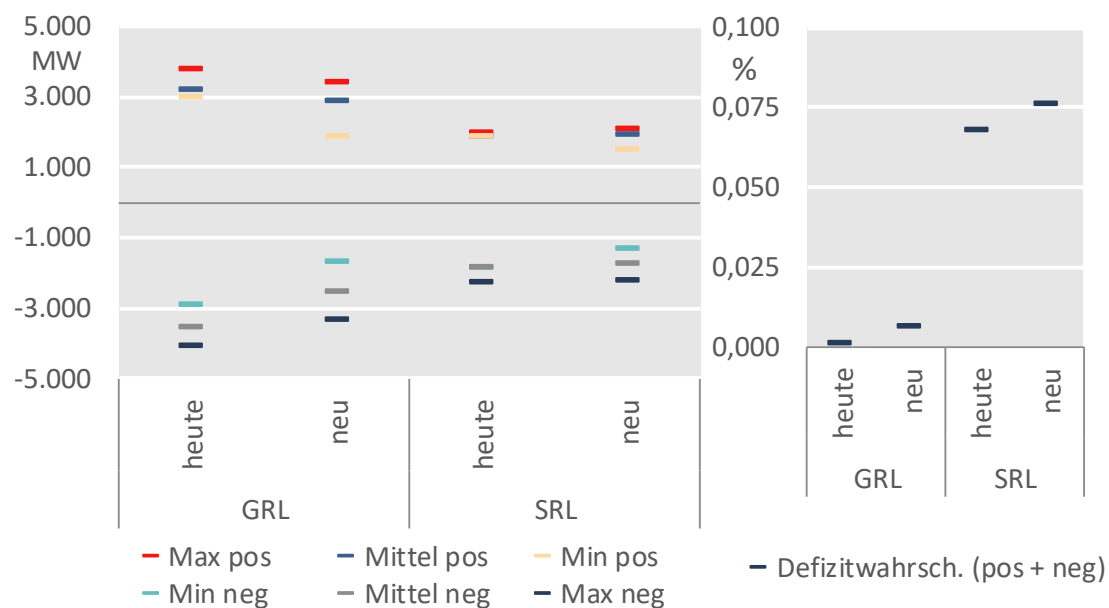


Bild 3.17: Vergleich der Regelleistungsmengen (links) und Defizitwahrscheinlichkeiten (rechts) zwischen dem heutigen und dem neuen Verfahren in 2017.

Im Vergleich zum aktuellen Verfahren nimmt der Regelleistungsbedarf insbesondere bei der GRL ab. Der positive GRL-Bedarf sinkt im Mittel von etwa 3.200 MW um 10 % auf 2.900 MW ab. Der negative GRL-Bedarf sinkt sogar von 3.500 MW um knapp 30 % auf 2.500 MW.

Bei der SRL sind die relativen Änderungen der durchschnittlich ausgeschriebenen Mengen weniger stark ausgeprägt, was letztlich an der bereits beschriebenen Parametrierung des SRL-Defizitniveaus liegt, das sich an den heute in der Praxis auftretenden Werten orientiert. Die Schwankungen des SRL-Bedarfs sind gegenüber der heutigen Bemessung allerdings höher und liegen bei der positiven SRL bei 580 MW und bei der negativen SRL bei 870 MW, während heute eine weitgehend statische Beschaffung der SRL erfolgt.

Der Vergleich der Defizitniveaus zeigt, dass bei beiden Verfahren das anvisierte GRL-Sicherheitsniveau deutlich übererfüllt wird. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in 2017 der Regelleistungsbedarf gegenüber den Vorjahren, auf deren Basis die Bemessung durchgeführt wird, deutlich abgenommen hat. Im Vergleich liegt das neue Verfahren aber näher an den anvisierten Niveaus.

Um den Effekt der nicht repräsentativen Datenbasis des Jahres 2013 bei dem aktuell eingesetzten Verfahren zu eliminieren ist in Bild 3.18 der Regelleistungsbedarf angegeben, der sich ergeben würde, wenn auch für das aktuell eingesetzte Verfahren ausschließlich auf Basis der Jahre 2014 bis 2016 bemessen worden wäre. Die Ergebnisse für das neue Verfahren entsprechen den bereits gezeigten Ergebnissen aus Bild 3.17.

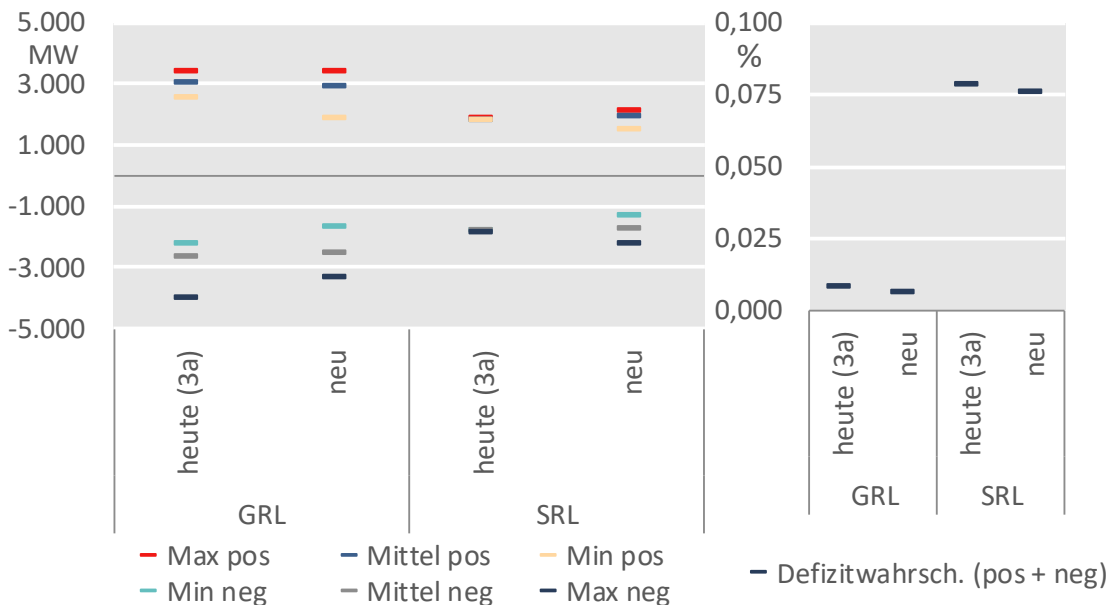


Bild 3.18: Vergleich der Regelleistungsmengen (links) und Defizitwahrscheinlichkeiten (rechts) zwischen dem heutigen und dem neuen Verfahren in 2017 bei Vernachlässigung des nicht repräsentativen Zeitraums 2013 beim heutigen Verfahren.

Wird der nicht repräsentative Zeitraum 2013 bei dem heutigen Verfahren aus der Datenbasis genommen, gehen die Regelleistungsbedarfe deutlich zurück. In der Folge sind auch die relativen Unterschiede zwischen dem heutigen und dem neuen Verfahren geringer. Während der mittlere SRL-Bedarf konstant bleibt, sinkt der mittlere GRL-Bedarf um durchschnittlich 5 % ab. Zudem zeigt sich, dass die ausgeschriebenen Mengen beim neuen Verfahren deutlich volatil als beim heutigen Verfahren sind.

Die Defizitniveaus für die GRL und SRL steigen in der Tendenz zwar an, liegen aber weiterhin deutlich unter den bei der Bemessung anvisierten Niveaus. Es zeigt sich weiterhin, dass das neue

Verfahren bei gleicher genutzter Datenbasis zu geringeren Defizitwahrscheinlichkeiten führt als das aktuell eingesetzte Verfahren.

Zusammengefasst sind somit die bemessenen Regelleistungsbedarfe mit dem neuen Verfahren im Durchschnitt geringer und gleichzeitig dynamischer als beim heutigen Verfahren und führen darüber hinaus zu geringeren Defizitwahrscheinlichkeiten.

4 Literaturverzeichnis

- [1] Consentec
Gutachten zur Dimensionierung des Regelleleistungsbedarfs unter dem NRV
Gutachten im Auftrag der Bundesnetzagentur, Aachen, 2010.
- [2] Consentec, Prof. Haubrich
Gutachten zur Höhe des Regelenergiebedarfs
Gutachten im Auftrag der Bundesnetzagentur, Aachen, 2008.
- [3] Bundestag der Bundesrepublik Deutschland
Verordnung über den Zugang zu Elektrizitätsversorgungsnetzen (Stromnetzzugangsverordnung)
Gesetz, Berlin, 2005.