



Innovative Netzanschlusskonzepte für Rechenzentren

Zusammenfassung der Studienergebnisse



Hintergrund und Zielstellung

Herausforderung: Räumlich konzentrierter Zubau von Rechenzentren bei begrenzten Netzkapazitäten

Die Zahl der **Anschlussanfragen für Rechenzentren** steigt kontinuierlich und konzentriert sich häufig auf bestimmte **Clusterregionen**. Folglich kommt es zu teils sehr langen Vorlaufzeiten bei der Bereitstellung der notwendigen Netzanschlusskapazität.

Mögliche Lösung für zügige Netzintegration von Rechenzentren: Flexible Connection Agreements (FCA), Netzanschluss mit temporärer Flexibilisierung

Als Lösung zur Netzintegration von Rechenzentren wurde gemeinsam mit Netz- und Rechenzentrumsbetreibern das Konzept der Flexible Connection Agreements (FCA) untersucht. Gemäß § 17 Abs. 2b EnWG können Netzbetreiber einen FCA anbieten, bei dem der Netzanschluss an Bedingungen wie eine temporäre Wirkleistungsbeschränkung geknüpft ist. Dadurch wird ggfls. ein **zeitlich vorgezogener Anschluss** ermöglicht, auch wenn der vollständige Netzausbau noch nicht abgeschlossen ist.

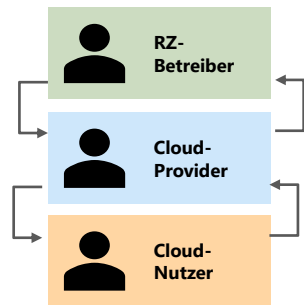
Projektansatz und Zielsetzung

Die Studie entwickelt Ansätze für einen **flexibel gestaltbaren Netzanschluss von Rechenzentren**. Sie analysiert **Flexibilitätpotenziale im Rechenzentrumsbetrieb**, bewertet die daraus entstehenden **Herausforderungen für das Stromnetz** und leitet die erforderlichen **Rahmenbedingungen für die Ausgestaltung von FCA** ab. Die erarbeiteten Inhalte wurden mit Netzbetreibern (ÜNB und VNB) abgestimmt und unter Einbezug von Rückmeldungen aus der Rechenzentrumsbranche weiterentwickelt, um sicherzustellen, dass die Lösungen sowohl den Anforderungen der Netzbetreiber als auch den Bedürfnissen der Branche gerecht werden.



Betriebliche Rahmenbedingungen und Flexibilitätspotenziale von Rechenzentren

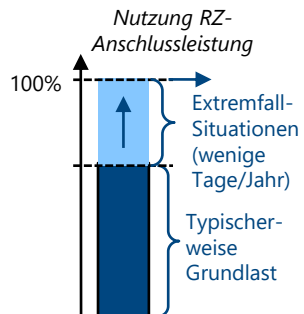
Betriebliche Rahmenbedingungen



Komplexität der Betreiberstruktur

Der Netzanschlussbedarf künftiger Rechenzentren ist zunehmend durch fragmentierte Betreiber- und Nutzerstrukturen geprägt. Eigentum, Betrieb der Infrastruktur und Nutzung der Rechenleistung fallen dabei auseinander.

Betreiber sind Dienstleister für RZ-Nutzer und müssen vertraglich eine hohe Mindestverfügbarkeit sicherstellen.



Hohe Anforderung an Verfügbarkeit

Chance: Die vertraglich zugesicherte Anschlusskapazität wird im Normalbetrieb selten vollständig ausgeschöpft.

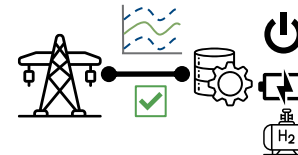
Herausforderung: Bei selten auftretenden Lastspitzen muss die Versorgung des Rechenzentrums sichergestellt sein.

Flexibilitätspotenziale



Direkte Lastanpassung

Das **Potenzial zur Flexibilität** durch Verschiebung von IT- oder Kühlprozessen (z. B. Kältespeicher) ist aus Sicht der Rechenzentrumsbetreiber **sehr gering**.

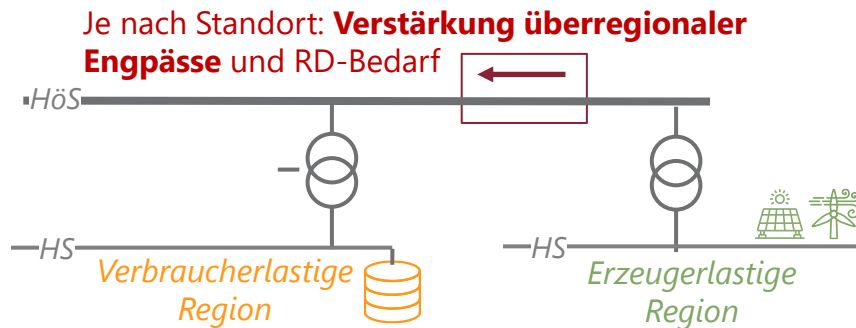


Alternative Energieversorgung

Nutzung vorhandener Notstromanlagen
Zusammenschluss mit Ersatzanlagen wie Batteriespeichern oder eigener Stromerzeugung

Netztechnische Herausforderungen beim Anschluss von Rechenzentren

Herausforderungen aus Sicht des ÜNB



- Neue Anschlusskunden können überregionale Engpässe verursachen oder verstärken.
- Somit sind standortspezifisch für den Anschluss neuer Netzkunden Ausbaumaßnahmen im Übertragungsnetz erforderlich, um zusätzliche Engpässe und damit verbundenen Redispatch-Bedarf zu vermeiden.
- Überproportional hohe Redispatch-Mengen durch einzelne Netznutzer deuten auf ein Risiko für die Systemsicherheit hin.
- In kritischen Fällen kann eine Abregelung oder Notstromversorgung notwendig werden.

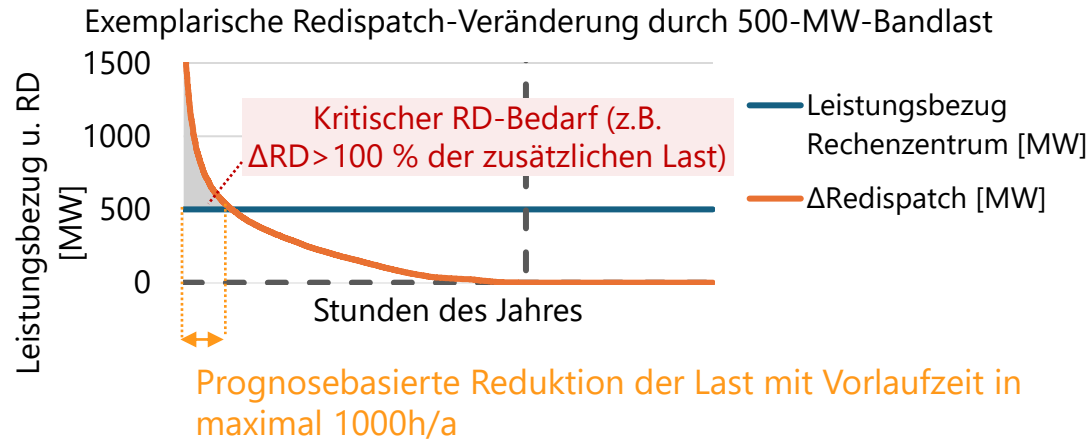
Herausforderungen aus Sicht des VNB



- Die Netzanschlusskapazität im Verteilnetz hängt unter anderem von der Kuppelkapazität zum ÜNB ab.
- Durch die Umsetzungsdauer des Netzausbaus kann die verfügbare Anschlusskapazität zunächst geringer ausfallen als angefragt.
- Angefragte Kapazitäten stehen daher möglicherweise erst langfristig zur Verfügung.

Lösungsansätze mit FCA: Anschluss vor Netzausbau durch Flexibilisierung

Konzept 1: FCA im Übertragungsnetz

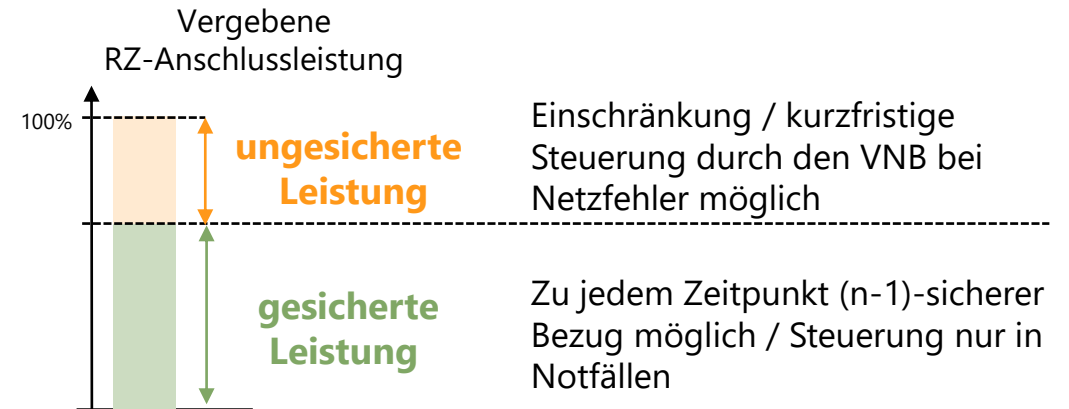


Prinzip: Prognosebasierte Reduktion der Last für maximal 1.000 Stunden pro Jahr.

Anwendung: FCA ermöglicht ggfls. den Anschluss von Rechenzentren trotz zusätzlicher Redispatch-Mengen im Übertragungsnetz.

Ziel: Anschluss am Wunschstandort und Absicherung gegen kritische Netzsituationen sowie massive Redispatch-Zunahme für den ÜNB.

Konzept 2: FCA im Verteilnetz



Prinzip: Kurzfristige Einschränkung oder Steuerung durch den VNB bei Netzengpässen möglich.

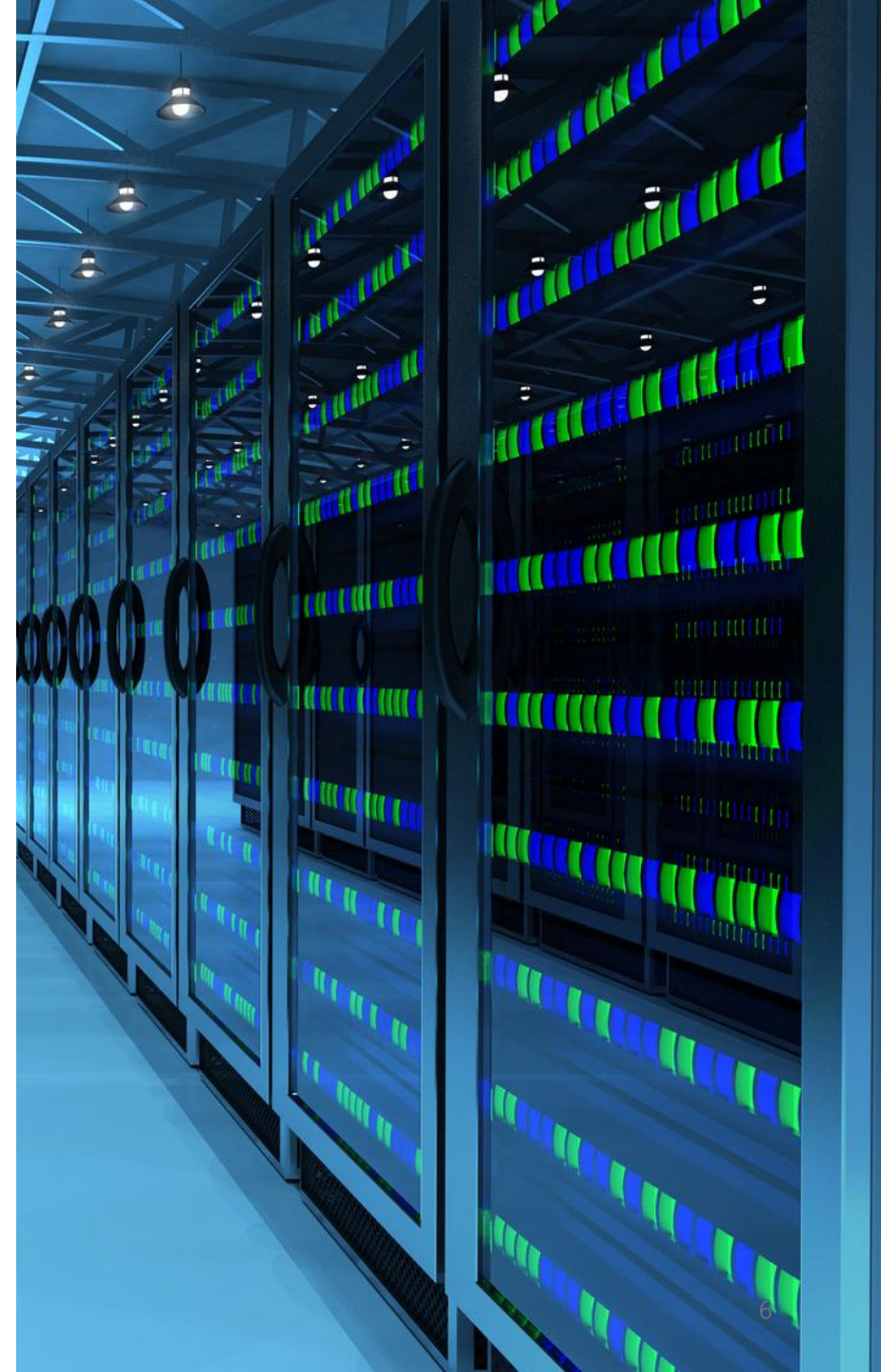
Anwendung: FCA für Netzgebiete, in denen aufgrund von Kapazitätsengpässen die volle Anschlussleistung vorübergehend nicht bereitgestellt werden kann.

Ziel: Vergabe von Netzanschlusskapazität auch mit teilweise ungesicherter Leistung, wenn die n-1-Sicherheit noch nicht gegeben ist.

▶ Beide FCA-Konzepte sind als temporäre Lösungen zur Überbrückung der Zeit bis zum Netzausbau möglich.

Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse

- In bestimmten Regionen wächst der Anschlussbedarf für Rechenzentren stark, was zu Engpässen im Stromnetz führt. Um dennoch einen Anschluss zu ermöglichen, wurde das Konzept der „**Flexible Connection Agreements**“ (FCA) untersucht.
- Mit einem FCA können Rechenzentren vor Abschluss des vollständigen Netzausbaus angeschlossen werden, müssen dafür aber **temporäre Leistungsbegrenzungen** akzeptieren. Die rechtliche Grundlage dafür bietet § 17 Abs. 2b EnWG.
- Im Normalbetrieb nutzen Rechenzentren ihre Anschlussleistung meist nicht voll aus, benötigen aber für seltene Extremsituationen verlässlich die volle Leistung. Daher ist echte **Flexibilität im Betrieb nur begrenzt möglich** und meist nur über Notstromaggregate oder Batteriespeicher realisierbar.
- Es wurden zwei FCA-Konzepte entwickelt, eines für das Übertragungsnetz und eines für das Verteilnetz, die als **Grundlage für temporäre Lösungen** diskutiert werden können, um Engpässe zu überbrücken, **bis der Netzausbau abgeschlossen ist**.
- Das FCA-Konzept im Übertragungsnetz greift, wenn durch neue Rechenzentrums-Last ein **überproportionaler, potenziell kritischer Redispatch-Bedarf** entsteht und ermöglicht einen Anschluss mit temporärer Leistungsbegrenzung.
- Im Verteilnetz wird ein FCA angeboten, wenn die volle Anschlusskapazität aufgrund von Engpässen vorübergehend nicht bereitgestellt werden kann; hier wird ein Teil der **Leistung als „ungesichert“ vergeben**, bis der Netzausbau abgeschlossen ist.



Handlungsempfehlungen

	1. Pilotierung eines Rechenzentrums-FCA*	Das entwickelte FCA-Konzept sollte in der Praxis, idealerweise im Rahmen eines Pilotprojekts mit einem Rechenzentrum, erprobt werden. Dadurch können Praxistauglichkeit und Umsetzbarkeit überprüft und wertvolle Erfahrungen für die weitere Ausgestaltung gesammelt werden.
	2. Erstellung von Mustervertrag (-sbausteinen)*	Es empfiehlt sich, ein mögliches Vertragskonstrukt sowie modulare Vertragsbausteine für standardisierte FCA-Konditionen zu entwickeln. Diese sollten flexibel parametrierbar sein, um sie an unterschiedliche Netzbetreiber und spezifische Netzsituationen anpassen zu können.
	3. Ausarbeitung Detailkonzept mit Umsetzungsfragen*	Um die Einführung von FCAs (Flexible Connection Agreements) zu ermöglichen, sollten interne Prozessabläufe und Schnittstellen identifiziert und gezielt angepasst werden. So wird sichergestellt, dass die organisatorischen Voraussetzungen für die Umsetzung geschaffen werden.
	4. Einführung Plattform-übergreifender Branchendialog	Um die Anwendbarkeit der FCA-Konzepte zu fördern, ist die Identifikation regulatorischer Hürden und des Standardisierungsbedarfs essenziell. Eine proaktive Kommunikation (idealerweise gemeinsam mit Netz- und Rechenzentrumsbetreibern) unterstützt die Entwicklung einheitlicher Standards und Veränderung der Rahmenbedingungen.
	5. Erweiterung Kriterienkatalog für Reifegradüberprüfung von RZ-Projekten	Ein erweiterter, gemeinsam erarbeiteter Kriterienkatalog ermöglicht eine einheitliche und transparente Bewertung des Projektfortschritts. Netzbetreiber und Rechenzentren können frühzeitig erkennen, ob Projekte die notwendigen Voraussetzungen für den Netzanschluss erfüllen. Dies schafft zusätzliche Planungssicherheit und reduziert Verzögerungsrisiken.
	6. Entwicklung eines abgestimmten Prozesses für RZ-Lastprognosen, bspw. ab 50 MVA	Ein standardisierter Prozess für Lastprognosen verbessert die betriebliche Planungssicherheit und ermöglicht die Umsetzung innovativer Betriebsplanungsprozesse. Ab einer definierten Schwelle (z. B. 50 MVA) sollten Vorgaben für Datenformate, Prognosezeiträume und Abstimmungsmechanismen etabliert werden, um eine konsistente und verlässliche Grundlage für Netz- und Betriebsplanung zu schaffen.

**Maßnahmen müssen abgestimmt erfolgen. Technische, prozessuale und vertragliche Aspekte bedingen sich gegenseitig und müssen parallel weiterentwickelt werden, um ein konsistentes und praxisnahes FCA-Gesamtkonzept zu gewährleisten.*