

Systemdienliche Edge-Rechenzentren.

Als nachhaltige und resiliente Infrastruktur

Niedersachsen braucht eine eigene Rechenzentrumsstrategie.

KONSORTIUM

OFFIS e.V. – Institut für Informatik (Leitung)
EWE AG
BTC AG
Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH
Energiecluster OLEC e.V.

PROJEKTLAUFZEIT

01.12.2025 - 31.07.2026

GEFÖRDERT DURCH



Niedersächsisches Ministerium
für Wissenschaft und Kultur



Niedersächsisches Ministerium
für Wirtschaft, Verkehr und Bauen



Niedersächsische
Staatskanzlei

August 2026



DIE KERNFORDERUNG

Niedersachsen braucht eine eigene Rechenzentrumsstrategie

Die Nationale Rechenzentrumsstrategie^[1] setzt einen Rahmen – jedoch ist sie bundesweit angelegt und adressiert die spezifische Ausgangslage Niedersachsens nicht: hohe schwankende Einspeisung aus erneuerbaren Energien, lokale Netzengpässe und eine existierende kleinteilige, dezentrale Rechenzentrumslandschaft treffen hier in besonderer Weise zusammen. **Die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie „Systemdienliche Edge-Rechenzentren“ münden in konkrete Handlungsempfehlungen entlang vier zukunfts-kritischer Handlungsfelder, die sich unter heutigen Markt- und Preisbedingungen nicht von selbst tragen.** Sie sind volkswirtschaftlich und energiepolitisch wertvoll, aber einzelwirtschaftlich aktuell noch nicht ausreichend attraktiv - und müssen deshalb politisch incentiviert werden bevor der Markt übernimmt.

Rechenzentrumsstrategie entwickeln

Rechenzentren als strategische digitale, energiepolitische und industrielle Infrastruktur begreifen – nicht als Einzelansiedlungen.

Systemdienlichkeit zum Standortvorteil machen

Flexible Netzanschlüsse, Speicher, EE-Kopplung und Abwärmenutzung gezielt erproben und damit Ansiedlungspolitik mit Energiewende und Netzentlastung verbinden.

Ansiedlungen aktiv begleiten

Ressortübergreifende Projektgruppen, ein zentraler „Data Center Desk Niedersachsen“ und aktive Unterstützung der Kommunen bei der Wärmeplanung.

Schwerpunktregionen definieren

Regionen mit besonders guten Voraussetzungen bei Netz, EE, Flächen, Wärme und digitaler Infrastruktur gezielt auswählen und entwickeln.

Der Markt sendet kein ausreichendes Signal

Was für das Energiesystem und die Netzstabilität sinnvoll ist und die Versorgung in Niedersachsen resilienter macht, lohnt sich für einzelne Akteure unter heutigen Rahmenbedingungen oft noch nicht. Genau diese Lücke muss eine niedersächsische Rechenzentrumsstrategie schließen- evidenzbasiert, aufbauend auf den Ergebnissen dieser Studie.

AUSGANGSLAGE

1 Wachsender Bedarf, knappe Netze

Rechenzentren zählen zu den am schnellsten wachsenden Infrastrukturen der Digitalisierung: Die installierte Kapazität in Deutschland soll bis 2030 um rund 70 % steigen, die Nationale Rechenzentrumsstrategie^[1] sieht eine Verdopplung der IT-Anschlussleistung im selben Zeitraum vor. Zugleich verschärft die traditionelle Behandlung von Rechenzentren als starre Grundlast die Konkurrenz um ohnehin knappe Netzanschlusskapazitäten – auch in Niedersachsen.

Fünf Herausforderungen, die sich auch in Niedersachsen bündeln

Quelle: Rechenzentrumsstrategie 2026 (BMDS) [1]

1. **Anschlusskapazitäten** Verteilnetze sind vielerorts ausgelastet; Anschlussanfragen treffen auf lokale Kapazitätsengpässe und lange Wartezeiten beim Netzbetreiber.
2. **Anschlusszeiten** Ein abgestimmtes, verbindliches Zuteilverfahren zwischen Netzbetreiber, Kommune und Vorhabenträger fehlt – das verzögert Vorhaben.
3. **Strompreise** Die einheitliche Strompreiszone (DE-LU) glättet regionale Preisunterschiede und schwächt so die Wettbewerbsfähigkeit deutscher RZ-Standorte.
4. **Wärmeintegration** Trotz neuer Pflichten aus EnEfG und Wärmeplanungsgesetz fehlen noch erprobte Geschäftsmodelle und passende Wärmenetzanbindungen.
5. **Flächennutzung** Geeignete Flächen mit Netz- und Wärmeanschluss sind knapp und stehen in Konkurrenz zu anderen Nutzungen – vor allem für kleinere Kommunen.

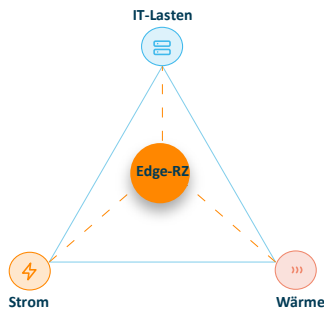
Politische Ziele auf Bundesebene – noch ohne Landeszuschnitt

Der Bund will Netzanschlüsse von Rechenzentren sichern und beschleunigen, Deutschland als nachhaltigen, energieeffizienten RZ-Standort stärken und wettbewerbsfähige Strompreise ermöglichen.

Diese Ziele sind richtig gesetzt, bleiben aber bundesweit abstrakt. Wie sie konkret in einem Bundesland mit hoher EE-Einspeisung, spezifischen Netzengpässen und einer potentiell dezentralen Rechenzentrumslandschaft wie Niedersachsen umzusetzen sind, beantwortet die Bundesstrategie nicht. Genau hier setzt die vorliegende Machbarkeitsstudie an.

STUDIENANSATZ

2 Edge-Rechenzentren als flexible Infrastruktur



Die Machbarkeitsstudie untersucht eine Neuausrichtung: Edge-Rechenzentren im Bereich von 1 bis 5 Megawatt mit Mittelspannungsanschluss werden nicht als starre Last, sondern als potenziell systemdienliche, flexible Infrastruktur betrachtet. Anders als Hyperscale-Standorte stehen sie meist unter einheitlicher Kontrolle und lassen sich daher ganzheitlich über IT-, Energie- und Wärmesysteme hinweg optimieren.

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurde ein solcher Standort mit Hilfe einer Simulation abgebildet, um entsprechende Potentiale quantifizieren zu können. Simulativ unterscheidet die Studie dabei in fünf Flexibilitätsdimensionen: Drei sind kurzfristig **steuerbar** und werden aktiv für die Optimierung genutzt, zwei sind

technisch **fest** vorgegeben und gehen als Randbedingung in die Optimierung ein.

Steuerbar sind die **Lastverschiebung**, also die zeitliche Verschiebung von IT-Rechenlasten innerhalb eines Standortes (mit dem Ziel Lastspitzen zu glätten und Kosten zu reduzieren), sowie der **Verbundbetrieb**, also die Verschiebung von IT-Rechenlasten zwischen mehreren Standorten (z.B. mit dem Ziel, EE-Eigenverbrauch zu optimieren). Darüber hinaus wird in ein **Batteriespeicher** am Standort als steuerbar angenommen, um den Netzbezug zeitlich von der IT-Last zu entkoppeln.

Als **feste** Komponenten angenommen sind die **lokale Erzeugung** aus PV und Wind (nicht kurzfristig steuerbar) sowie die **Abwärmenutzung** in kalte oder warme Wärmenetze.

Als netzseitiger Rahmen dienen **Flexible Netzanschlussvereinbarungen (FCAs)**: Statt einer fest abgesicherten Kapazität ermöglichen sie eine zeitlich variable Begrenzung der Bezugsleistung – die Netzinfrastruktur lässt sich so effizienter nutzen, ohne teuren Netzausbau.

Die zuvor beschriebenen Flexibilitätsdimensionen wurden über verschiedene Szenarien hinweg hinsichtlich verschiedener Indikatoren (wie z.B. Betriebskosten und Spitzenlast) im Tagesverlauf, evaluiert.

WISSENSCHAFTLICHE KERNERGEBNISSE

3 Was die Simulation zeigt

Jedes Szenario wird in drei Betriebsmodi ausgewertet: ganz ohne Optimierung (**Trivialfall** – der heutige, unoptimierte Betrieb ohne Lastverschiebung oder Steuerung), kostenminimierend und spitzenlastminimierend. Alle im Folgenden berichteten Verbesserungen beziehen sich auf den Trivialfall des Basisszenarios (S0.1) als Referenzpunkt. Insgesamt erzielen die untersuchten Flexibilitätshebel in den meisten Szenarien größere relative Verbesserungen bei der **Spitzenlast** als bei den Betriebskosten. Das ist der zentrale Befund der Studie: **Nicht Energiekosteneinsparung, sondern Spitzenlastreduktion ist der primäre Werttreiber** für die Netzintegration **flexibler Edge-Rechenzentren**.

Windkraftgestützte Konfigurationen erreichen im Winter dabei die höchsten mittleren Spitzenlastreduktionen (etwa 28% verglichen mit dem Trivialfall), schwanken witterungsbedingt aber stark von Tag zu Tag und eignen sich daher weniger für eine feste Zusage. Gleichmäßiger und damit für eine belastbare Zusage geeigneter ist das ganzheitliche Szenario mit Batteriespeicher, PV-Erzeugung und kalter Wärmenetzanbindung (etwa 22% Spitzenlastreduktion gegenüber dem Trivialfall).

Der Markt sendet kein Preissignal für EE-Last-Kopplung

Im **Verbundbetrieb-Szenario**, das sich aus einem Rechenzentrumsstandort in Oldenburg und einem in München zusammensetzt, zeigt sich: Der Windstandort Oldenburg weist im Winter einen EE-Überschuss von bis zu **5,5 MWh pro Tag** auf. Dessen vollständige Nutzung würde jedoch nur rund **1 % der Tageskosten** einsparen – weil alle Standorte Strom zu den gleichen Preisen beziehen und für das Rechnen der IT-Lasten die gleichen Erlöse erhalten. Damit verändert die Verlagerung eines Jobs den dafür gezahlten bzw. erwirtschafteten Preis nicht. Gleichzeitig senkt räumliche Flexibilität die Spitzenlast aber um **6 bis 16 %**. Der Netzentlastungseffekt ist real und beträchtlich – er wird von den heutigen Betriebsmodellen nur nicht vergütet.

In Szenarien mit Anbindung an ein warmes Wärmenetz erhöht der zusätzliche Energiebedarf der Wärmepumpe sowohl Energieverbrauch als auch Spitzenleistung – ein **Zielkonflikt zwischen Abwärmenutzung und netzorientierten Zielen**. Förderinstrumente für Wärmeauskopplung sollten diesen Effekt mitberücksichtigen, statt allein auf die eingespeiste Wärmemenge abzustellen.

Hinweis: Alle berichteten Kosteneffekte beziehen sich auf Betriebskosten bzw. laufende Erlöse (Energiekosten, Wärmeerlöse). Investitions- und Kapitalkosten für Batteriespeicher, PV-/Windanlagen, Wärmepumpen oder Netzanschluss sind in der Simulation nicht enthalten und wurden nicht bewertet.

REGULATORISCHER RAHMEN

4 Vorhanden – aber ohne Landeszuschnitt

Für Edge-Rechenzentren greifen bereits heute mehrere Regelungsebenen ineinander. Sie schaffen einen Rahmen, beantworten aber nicht, wie Niedersachsen ihn nutzt.

Regelung	Kernaussage
Energieeffizienzgesetz (EnEfG) [3]	PUE-Grenzwerte ($\leq 1,5$ ab 2027 / $\leq 1,3$ ab 2030 für Bestand; $\leq 1,2$ für Neubau ab Juli 2026), bilanzielle EE-Vollversorgung ab 2027, Melde- und Managementpflichten ab 1 MW.
EnWG § 17 Abs. 2b / Reifegradverfahren [4]	Gesetzlicher Rahmen für flexible Netzanschlussvereinbarungen (FCA) – statische oder dynamische Begrenzung der Bezugsleistung, aber ohne branchenspezifischen Standard.
Nationale Rechenzentrumsstrategie [1]	Kündigt einen Branchenstandard für FCA an und betont Abwärmeintegration – politischer Rahmen, keine unmittelbar verbindliche Norm.
Wärmeplanungsgesetz (WPG)	Kommunale Wärmepläne bis Ende Juni 2026 (>100.000 EW) bzw. 2028; unvermeidbare Abwärme ausdrücklich einzubeziehen.

Der rechtliche Rahmen für FCAs existiert bereits – was fehlt, ist eine **landesspezifische Priorisierung und Verzahnung** mit der niedersächsischen Netzsituation, der Wärmeplanung der Kommunen und der Standortpolitik des Landes. Nur so kann eine Abwanderung von existierenden Edge-Rechenzentren hin zu großen Hyperscaler-Standorten, incentiviert durch EnEfG-Vorgaben, verhindert werden.

Europäischer Kontext

Auch auf EU-Ebene rückt die Netz- und Standortfrage von Rechenzentren in den Fokus. Die Europäische Kommission fördert im Rahmen ihrer Cloud-, Edge- und IoT-Agenda^[5] den Aufbau dezentraler europäischer Rechenkapazitäten – auch als Antwort auf den steigenden Energiebedarf von KI-Workloads^[7]. Initiativen wie 8ra^[6] und eine Analyse von Deloitte und Agora Energiewende^[8] kommen zu einem konsistenten Befund: Das Flexibilitätspotenzial von Rechenzentren ist erheblich, erschließt sich aber ohne gezielte regulatorische Anreize nicht von selbst – auch europaweit. Eine niedersächsische Strategie würde an diese europäische Entwicklungslinie anschließen.

ANDERE BUNDESLÄNDER HANDELN BEREITS

5 Niedersachsen kann evidenzbasiert nachziehen

Mehrere Bundesländer haben das Thema bereits aufgegriffen – Niedersachsen verfügt bislang über keine dedizierte Rechenzentrumsstrategie (die vorhandene Digitalstrategie 2030 und die KI-Strategie des Landes behandeln das Thema nicht spezifisch).

Land	Ansatz	Kernaussage für Niedersachsen
Hessen	„Regionale Rechenzentrumsstrategie“ (seit 2026, mit aconium GmbH) ^[12] mit den Feldern Energie/Abwärme, Standort, digitales Ökosystem.	Ausdrücklich als regionale Ergänzung zur Nationalen Strategie positioniert – Vorbild für eine niedersächsische Strategie.
Brandenburg	„Leitfaden für Kommunen zur Ansiedlung“ (mit PwC) ^[13] mit Checklisten zu Netzanschluss, Fläche und Abwärme.	Von den Grünen als „Planlosigkeit“ kritisiert (kein Standortüberblick, „Windhundprinzip“) ^[14] – ein Leitfaden ersetzt keine Strategie.
Schleswig-Holstein	Privatwirtschaftlich getriebener 300-MW-Campus in Nordfriesland ^[15] am windreichsten Standort Deutschlands.	EE-Last-Kopplung funktioniert marktgetrieben bislang nur bei Hyperscale-Größenordnung – kein systematischer Ansatz für Edge-Standorte.

Die Lehre für Niedersachsen

Ein reiner Ansiedlungsleitfaden (Brandenburg) reicht nicht, um Netzengpässe, Souveränität und EE-Kopplung strategisch zu adressieren. Eine eigenständige Strategie (Hessen) ist der richtige Ansatz. Und wo der Markt EE-Last-Kopplung von sich aus entdeckt (Schleswig-Holstein), geschieht das bislang zufällig und nur für Hyperscale-Größenordnungen – nicht systematisch für netzdienliche Edge-Standorte. Niedersachsen muss diesen Weg nicht bei null beginnen: Die Ergebnisse der vorliegenden Machbarkeitsstudie liefern bereits die simulationsbasierte Evidenz, auf der eine niedersächsische Strategie aufsetzen kann.

STAKEHOLDER & GESCHÄFTSMODELLE

6 Wer zusammenwirken muss und wovon der Nutzen abhängt

Systemdienliche Edge-Rechenzentren lassen sich nicht durch einen einzelnen Akteur umsetzen. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurde eine Stakeholderanalyse durchgeführt, welche die Akteurslandschaft priorisiert.

Zentrale Erkenntnis für die Geschäftsmodellentwicklung

Investitionen in Batteriespeicher und lokale erneuerbare Erzeugung amortisieren sich für Rechenzentrumsbetreiber in erster Linie über einen **günstigeren und schnelleren Netzzugang** im Rahmen von FCAs - weniger über laufende Energiekosteneinsparungen.

Sechs Geschäftsmodellbausteine (aus den Workshops der Studie)

- **Flexibler Netzanschluss** vertraglich definierter Anschluss unter Netzrestriktionen (FCA).
- **Zeitliche / räumliche IT-Lastverschiebung** Anpassung an Netzrestriktionen innerhalb betrieblicher Grenzen.
- **Unterbrechungsfreie Stromversorgung und Batteriespeicher** Nutzung vorhandener technischer Infrastruktur als Flexibilitätsoption.
- **Abwärmenutzung** Beitrag zu regulatorischen Anforderungen und lokalem Wärmeangebot.
- **Integriertes Strom-IT-Wärme-Konzept** koordinierte Nutzung mehrerer Flexibilitätsoptionen.
- **Multi-Site-Ansatz** Verlagerung geeigneter IT-Lasten zwischen mehreren Standorten.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

7 Bausteine einer niedersächsischen Rechenzentrumsstrategie

Aus den Studienergebnissen lassen sich konkrete Bausteine für eine niedersächsische Rechenzentrumsstrategie ableiten – gruppiert in vier Handlungsfelder, die sich unter heutigen Marktbedingungen noch nicht von selbst tragen.

Rechenzentrumsstrategie entwickeln

- Rechenzentren als strategische digitale, energiepolitische und industrielle Infrastruktur begreifen – nicht als Einzelansiedlungen.

Systemdienlichkeit zum Standortvorteil machen

- Flexible Netzanschlüsse, Speicher, EE-Kopplung und Abwärmenutzung gezielt erproben und damit Ansiedlungspolitik mit Energiewende und Netzentlastung verbinden

Ansiedlungen aktiv begleiten

- Strategische Vorhaben durch ressortübergreifende Projektgruppen und einen regelmäßigen Branchen-/Infrastrukturdialog unterstützen.
- „Data Center Desk Niedersachsen“ schaffen: Zentrale Anlaufstelle für Investoren, Kommunen und Behörden (nach Vorbild Bayerns).
- Kommunen bei der Einordnung von Rechenzentren als Wärmequelle in ihren Wärmeplänen aktiv unterstützen.

Schwerpunktregionen definieren

- Regionen mit besonders guten Voraussetzungen bei Netz, EE, Flächen, Wärme und digitaler Infrastruktur gezielt auswählen und entwickeln.

AUSBlick

8 Von der Simulation zum Pilotprojekt

Die bisherige, konzeptionelle und simulativ geprägte Betrachtung sollte in einem Folgeprojekt stärker in Richtung konkreter Standorte, realer Netzdaten, Praxispartner und Pilotbetrieb weiterentwickelt werden. Benötigt werden insbesondere:

- **Rechenzentrumsbetreiber**, die reale Standort- und Betriebsdaten über mindestens ein Jahr bereitstellen können.
- **Netzbetreiber**, die Netzdaten, -restriktionen und konkrete FCA-Parameter einbringen.
- **Wärmenetzbetreiber, Kommunen und Quartiersentwickler** für die Abwärmenutzung.
- **Ein begleitender Kommunikations- und Stakeholderprozess** mit Kommunen und Branchenverbänden.

Über diese Studie

Dieses Management Summary fasst die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie „Systemdienliche Edge-Rechenzentren als nachhaltige und resiliente Infrastruktur“ zusammen und ordnet sie politisch ein. Es ersetzt nicht den vollständigen Abschlussbericht, der detaillierte Modellannahmen, alle Szenarienergebnisse sowie die Ergebnisdokumentation zu Regulatorik, Stakeholdern und Geschäftsmodellen enthält.

Konsortium

OFFIS e.V. – Institut für Informatik (Leitung) · EWE AG · BTC AG · Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH · OLEC – Oldenburger Energiecluster e.V.

Förderung

Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur · Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Bauen · Niedersächsische Staatskanzlei · Stadt Oldenburg

Kontakt

Prof. Dr. Sebastian Lehnhoff, OFFIS e.V., Escherweg 2, 26121 Oldenburg · sebastian.lehnhoff@offis.de
 Projektbearbeitung: Dr. Malin Radtke · malin.radtke@offis.de

Referenzen

- [1] Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland (2026): Rechenzentrumsstrategie. Strategiepapier.
- [2] Hintemann, R.; Hinterholzer, S. (2025): Rechenzentren in Deutschland – Aktuelle Marktentwicklungen (Update 2025). Bitkom e.V., Studie durchgeführt durch das Borderstep Institut.
- [3] Bundesministerium der Justiz: Gesetz zur Steigerung der Energieeffizienz in Deutschland (EnEfG), 2023.
- [4] 50Hertz, Amprion, TenneT, TransnetBW (2026): Reifegradverfahren für Netzanträge an das Übertragungsnetz. Konzeptpapier V1.00.
- [5] European Commission (2025): Investing in Cloud, Edge and the Internet of Things.
- [6] 8ra Initiative (2026): Europe's Next Generation Cloud Infrastructure and Services.
- [7] International Energy Agency (2025): Energy and AI. Paris.
- [8] Deloitte; Agora Energiewende (2026): Value and Enablers of Data Centre Flexibility in Europe.
- [9] Radtke, M. et al.: Edge Data Centers as Grid-Serving Infrastructure: A Simulation-Based Assessment of Flexibility Dimensions. IEEE Access, 2026.
- [10] Vollständiger Abschlussbericht der Machbarkeitsstudie „Systemdienliche Edge-Rechenzentren“.
- [11] www.mosaik.offis.de
- [12] Land Hessen; aconium GmbH (2026): Regionale Rechenzentrumsstrategie für Hessen — Grundlagen für eine nachhaltige digitale Infrastruktur.
- [13] Wirtschaftsförderung Brandenburg (WFBF) (2026): Leitfaden für Kommunen zur Ansiedlung von Rechenzentren in Brandenburg (erstellt mit PwC).
- [14] BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN Brandenburg (2026): Planlosigkeit bei Rechenzentren in Brandenburg — Bündnisgrüne fordern Strategie statt Ansiedlung nach Zufall.
- [15] datacenter-insider.de (2026): 300-MW-Rechenzentrums-Campus in Nordfriesland geplant.
- [16] Universität zu Lübeck (2026): Universität zu Lübeck erhält 29 Mio. Euro für großes KI-Rechenzentrum.

Projektseite OFFIS: <https://www.offis.de/offis/projekt/edge-rz.html>

Projektseite OLEC: Edge-Rechenzentren - Oldenburger Energiecluster OLEC