Konsultationsprozess zur nationalen Rechenzentrumsstrategie

Welche Merkmale und Rahmenbedingungen kennzeichnen aus Ihrer Sicht einen „zukunftsfähigen und leistungsstarken“ Rechenzentrumsstandort Deutschland im Jahr 2030?

Ein zukunftsfähiger und leistungsstarker Rechenzentrumsstandort Deutschland im Jahr 2030 wird maßgeblich durch wettbewerbsfähige Strompreise und Abwärmenutzung charakterisiert. Die internationale Konkurrenzfähigkeit deutscher Rechenzentren hängt entscheidend davon ab, dass Energiekosten nicht zum limitierenden Faktor werden.

An dieser Stelle können funktionierende Flexibilitätsmärkte und gute Quartiersenergiesystemplanungen helfen, wirtschaftliche Konzepte durch die aktive Teilnahme von Rechenzentren am Energiesystem und deren Berücksichtigung bei kommunalen Planungsprozessen zu entwickeln. Dabei kann die Nutzung dezentraler Stromerzeugung bestehende Engpässe im elektrischen Netz kompensieren und Teil einer Kapazitätsreserve in der deutschen Stromerzeugung sein.

Über die klassische Notstromversorgung hinausgehende Batteriekapazitäten fördern die Einbindung erneuerbarer Energien und erlauben einen netzdienlichen Betrieb. Zudem kann der Aufbau solcher Infrastruktur als geteilte Speicherkapazitäten Quartiersenergiekonzepte fördern, was die Resilienz der Energieversorgung auf lokaler Ebene stärkt und gleichzeitig Synergieeffekte durch gemeinschaftliche Nutzung technischer Ressourcen ermöglicht.

Für die Umsetzung dieser Konzepte besteht weiterer Forschungsbedarf bei der Optimierung der rechenjobbasierten Betriebsplanung. Die Integration von Rechenzentren in den Energiemarkt erfordert intelligente Steuerungssysteme, die Rechenaufträge mit Energieverfügbarkeit synchronisieren. Besonders wichtig ist dabei die Erforschung netzdienlicher Betriebsweisen, um deren Flexibilitätspotenzial optimal zu nutzen und gleichzeitig die Primärfunktion der Rechenzentren nicht zu beeinträchtigen.

Welche zentralen Herausforderungen und Chancen sehen Sie für den Rechenzentrumsstandort Deutschland in den kommenden Jahren?

Rechenzentren nehmen zunehmend eine Doppelrolle als Schlüsselakteure sowohl im elektrischen Netz als auch in Wärmenetzen ein. Diese hybride Funktion bietet einzigartige Chancen, stellt aber auch komplexe Herausforderungen dar. Als Stromverbraucher mit hoher Grundlast und gleichzeitig als Wärmeproduzenten mit

beständigem Output können Rechenzentren an der Schnittstelle zwischen Strom- und Wärmesektor einen wesentlichen Beitrag zur Sektorkopplung leisten.

Eine zentrale Herausforderung in dieser Doppelrolle liegt in der ganzjährigen Abnahme von Abwärme. Die Forderung nach 24/7-Verfügbarkeit 365 Tage im Jahr führt zu erheblichen Investitionen in redundante Systeme. Während Rechenzentren kontinuierlich Wärme produzieren, schwankt die Wärmenachfrage saisonal erheblich, wodurch in der Sommerzeit nicht in allen Wärmenetzen eine durchgehende Einspeisung möglich ist.

Gleichzeitig bietet diese Herausforderung im Sommer eine bedeutende Chance: Durch die Einbindung in passende Flexibilitätsmärkte kann insbesondere Strom aus PV-Anlagen zu einem wirtschaftlichen Betrieb eines Rechenzentrums über geeignete Marktmodelle beitragen. Planungsprozesse müssen daher von Beginn an Flexibilitätspotentiale abbilden und berücksichtigen können. Dies umfasst nicht nur die technische Integration, sondern auch die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle, die die wirtschaftlichen Vorteile für alle Beteiligten transparent machen und langfristige Planungssicherheit bieten.

Welche Rahmenbedingungen sollten aus Ihrer Sicht wie verändert werden, um Rechenzentrumsinvestitionen zu fördern und Innovation zu ermöglichen?

Die Rahmenbedingungen für die Abwärmenutzung müssen angepasst werden, da diese aktuell noch rechtliche Hürden, wirtschaftliche Einschränkungen und Infrastrukturlücken mit sich bringen. So kann es aktuell schwierig sein, Wärme kostengünstig oder kostenlos abzugeben, obwohl dies sowohl ökologisch als auch ökonomisch sinnvoll wäre. Dazu kommen Bedenken hinsichtlich der Qualität der Dienstleistungen und Einhaltung von Service Level Agreements, die oft als Hindernis für flexiblere Betriebsweisen angeführt werden. Auch die Umstellung von bestehenden Wärmenetzen auf geringere Betriebstemperaturen macht die Nutzung der Abwärme aus einem Rechenzentrum attraktiver. Hier müssen Verfahren definiert werden, welche die Umstellung der Wärmeverbraucher auf ein geringeres Temperaturniveau vereinfachen.

Die Wärmeeinspeisung für Drittanbieter muss dabei erleichtert werden. Rechenzentren müssen unkompliziert als Wärmeproduzenten in bestehende oder neue Wärmenetze einspeisen können. Dies erfordert nicht nur technische Standards für die Einspeisung, sondern auch klare rechtliche Rahmenbedingungen und faire Vergütungsmodelle, die die Investition in Wärmerückgewinnungssysteme wirtschaftlich attraktiv machen.

Darüber hinaus sollten regulatorische Rahmenbedingungen geschaffen werden, die die Teilnahme von Rechenzentren an Energiemärkten und die Bereitstellung von

Systemdienstleistungen erleichtern, ohne dabei die Kernfunktionen und Sicherheitsanforderungen zu beeinträchtigen.

Welche Rolle sollte der Staat bei der Entwicklung einer souveränen und resilienten Recheninfrastruktur einnehmen?

Eine strategische Standortplanung von Rechenzentren sollte staatlich begleitet werden. Besonders wichtig ist die Verknüpfung mit der kommunalen Wärmeplanung, um Synergien zwischen Rechenleistung und Wärmeversorgung zu nutzen und ineffiziente Parallelstrukturen zu vermeiden.

Rechenzentrumsstandorte sollten so ausgerichtet werden, dass sowohl die digitale Infrastruktur als auch die Energieversorgung optimal gestaltet werden können. Dies umfasst die Berücksichtigung von Netzanbindungen, erneuerbaren Energiequellen und Wärmesenken. Der Staat sollte dabei als Koordinator fungieren, der die verschiedenen Interessengruppen zusammenbringt und langfristige Planungssicherheit gewährleistet.

Die Entwicklung von ganzheitlichen Energiemanagementsystemen, die die Bereitstellung von Flexibilitätsleistungen optimieren können, ohne die Kernfunktionen der Rechenzentren zu beeinträchtigen, sollte entsprechend gefördert werden.

Darüber hinaus sollte der Staat bei der Entwicklung einheitlicher Standards und Zertifizierungen für energieeffiziente und nachhaltige Rechenzentren eine führende Rolle übernehmen, um Transparenz und Vergleichbarkeit zu schaffen und Investitionen in zukunftsfähige Technologien zu lenken.

Gibt es konkrete Maßnahmen oder Best Practices aus Ihrer Praxis/Erfahrung, die in die Strategie aufgenommen werden sollten?

Über die Implementierung von Monitoring- und Energiemanagementsystemen können erhebliche Potenziale gehoben werden. Diese Technologie ermöglicht eine präzise Überwachung und Steuerung der Energieflüsse und kann zur Optimierung des Gesamtsystems beitragen. Nach EnEfG für Rechenzentren werden diese Systeme entsprechend gefordert. Umsetzungskonzepte sollten jedoch weitergehend konkretisiert werden und bei Neuplanungen digitale Planungsmethoden mit dem Einsatz digitaler Zwillinge verpflichtend werden.

Die notwendigen Bewertungskriterien müssen zudem über die reine Betrachtung des PUE, wie es das EnEfG fordert, hinausgehen und z.B. weitere Netzqualitätsmetriken berücksichtigen. Diese sollten auch die Fähigkeit zur Bereitstellung von Flexibilität für das Stromnetz sowie die Effizienz der Abwärmenutzung umfassen. Für die Entwicklung der Metriken wird noch weiterer Forschungsbedarf gesehen.

Die konsequente Abkehr von Luftkühlung zugunsten effizienterer Kühlmethoden sollte als Standard etabliert werden. Flüssigkeitskühlung bietet nicht nur eine höhere Energieeffizienz, sondern auch bessere Möglichkeiten zur Abwärmenutzung, da sie höhere Temperaturniveaus erreicht, die für Nah- und Fernwärmenetze besser geeignet sind.

Die Abwärmenutzung selbst sollte als verpflichtender Bestandteil jedes Rechenzentrumsprojekts verankert werden. Dies kann über entsprechende Auflagen bei Genehmigungsverfahren oder durch wirtschaftliche Anreize erreicht werden, die die Investition in Wärmerückgewinnungssysteme attraktiv machen.

Die strategische Nutzung überschüssiger Speicherkapazitäten für Netzdienstleistungen kann erhebliche wirtschaftliche Vorteile bringen und sollte durch entsprechende Marktmechanismen gefördert werden. Dies betrifft insbesondere die Nutzung von UPS-Systemen für Primärregelleistung sowie die Flexibilisierung von Rechenlasten durch zeitliche Verschiebung nicht zeitkritischer Workloads.

Die Balance zwischen wirtschaftlicher Rentabilität und technisch-ökologischer Leistungsfähigkeit sind über weitere Forschungsarbeiten herauszuarbeiten.

Kontaktdaten

- Prof. Dr.-Ing. Dirk Müller, RWTH Aachen, Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik, dmueller@eonerc.rwth-aachen.de
- Dr. rer. nat. Christian Terboven, RWTH Aachen, Rechenzentrum, terboven@itc.rwth-aachen.de
- Prof. Dr.-Ing. Clemens Felsmann, TU Dresden, Professur für Gebäudeenergietechnik und Wärmeversorgung, clemens.felsmann@tu-dresden.de
- Dr. Daniel Hackenberg, TU Dresden, Department Information Services and High Performance Computing (ZIH), daniel.hackenberg@tu-dresden.de
- Dr.-Ing. Bruno Lüdemann, Rud. Otto Meyer Technik GmbH & Co. KG, bluedemann@rom-technik.de