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

Rechenzentren sind die fundamentale Basisinfrastruktur der Wirtschaft des 21. Jahrhunderts. Die Fähigkeit Deutschlands, im globalen Wettbewerb um Künstliche Intelligenz (KI) zu bestehen, seine industrielle Führungsrolle zu sichern und technologische Souveränität zu wahren, hängt direkt von der Fähigkeit ab, leistungsfähige, souveräne und nachhaltige Rechenkapazitäten aufzubauen. Eine nationale Rechenzentrumsstrategie muss somit eine Strategie der integrierten Infrastrukturplanung sein. Das primäre Ziel darf nicht nur darin bestehen, Investitionen anzuziehen, sondern sie gezielt an vorab geprüfte, optimal vorbereitete Standorte zu lenken, an denen Energieversorgung, Netzkapazitäten, Glasfaseranbindung und Abwärmenutzung von vornherein im Einklang geplant werden. 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.

- Energieeffizienz: PUE <= 1,1, wie in NHR bereits erreicht
- Ressourceneffizienz auch beim Verbrauch von Wasser
- Ein zukunftsfähiges Rechenzentrum ist kein passiver Stromkonsument, sondern ein aktiver, stabilisierender Teilnehmer am Energiemarkt
- Digitale Souveränität ist ein strategisches Ziel, das sich über den gesamten Technologie-Stack erstrecken muss

Die Realisierung der vollen Potenziale der Netzdienlichkeit erfordert einen Paradigmenwechsel von einer statischen zu einer dynamischen, rechenjobbasierten Betriebsplanung. Hier besteht erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Die zentrale Herausforderung liegt in der Entwicklung intelligenter Steuerungs- und Planungssysteme, die Rechenaufträge (insbesondere verschiebbare Lasten wie Batch-Verarbeitung, KI-Training oder wissenschaftliche Simulationen) mit der fluktuierenden Verfügbarkeit von kostengünstiger, erneuerbarer Energie synchronisieren.

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

Die größte und akuteste Bremse für das Wachstum der digitalen Wirtschaft in Deutschland ist der Mangel an qualifizierten Fachkräften. Eine zentrale Chance für Deutschland liegt in der einzigartigen Stärke seiner Wissenschafts- und Forschungslandschaft. Hochschulen und öffentliche Forschungszentren sind nicht nur Ausbildungsstätten, sondern auch Innovationsmotoren und Betreiber hochmoderner digitaler Infrastrukturen, wie z.B. in NHR. Universitätsrechenzentren agieren zunehmend als integrierte Dienstleister, die Forschung, Lehre und Verwaltung mit maßgeschneiderten IT-Lösungen versorgen. Großinitiativen wie das Nationale Hochleistungsrechnen (NHR) und die Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) verkörpern diese doppelte Rolle in idealer Weise.

Die digitale Infrastruktur ist ferner in höchstem Maße von globalen Lieferketten für Spitzentechnologie abhängig. Diese Abhängigkeit stellt ein direktes Risiko für den geplanten und dringend notwendigen Ausbau der Rechenzentrumskapazitäten in Deutschland dar.

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

Die Planung muss weit über die reine Flächenausweisung hinausgehen und von vornherein die synergetische Entwicklung aller relevanten Infrastrukturen umfassen:

- Energieinfrastruktur: Nähe zu leistungsfähigen Hochspannungsnetzen und Einspeisepunkten für erneuerbare Energien.
- Glasfaserinfrastruktur: Direkte Anbindung an nationale und internationale Hochgeschwindigkeitsnetze und Internetknotenpunkte.
- Wärmeinfrastruktur: Nähe zu potenziellen Abnehmern für Abwärme, wie städtische Fernwärmenetze, Industrieanlagen oder Gewächshäuser.

Der Staat ist der größte einzelne IT-Einkäufer in Deutschland. Diese Marktmacht muss er gezielt als strategisches Instrument einsetzen, um als „Ankerkunde“ einen stabilen und wachsenden Markt für souveräne digitale Lösungen zu schaffen. Ohne eine klare und verlässliche Nachfrage seitens der öffentlichen Hand wird es für europäische und deutsche Anbieter von Cloud- und Softwarelösungen schwierig sein, sich gegen die Skaleneffekte und die Marktdominanz der etablierten außereuropäischen Hyperscaler durchzusetzen.

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

Die Organisations- und Architekturprinzipien des Nationalen Hochleistungsrechnens (NHR) und der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) bieten eine erprobte und erfolgreiche Blaupause für den Aufbau souveräner, föderierter digitaler Ökosysteme. Anstatt zu versuchen, einen zentralisierten „deutschen Hyperscaler“ als direkten Konkurrenten zu den US-amerikanischen Anbietern aufzubauen, sollte die Strategie auf die Stärken des deutschen Mittelstands und der verteilten Kompetenzzentren setzen.

Um die Führungsrolle Deutschlands in der Energieeffizienz von Rechenzentren langfristig zu sichern und die ambitionierten Ziele des EnEfG zu erreichen, ist ein technologischer Paradigmenwechsel bei der Kühlung erforderlich. Die traditionelle Luftkühlung, die in typischen Rechenzentren immer noch einen erheblichen Teil des Energieverbrauchs ausmacht (oft rund ein Drittel), stößt angesichts der steigenden Leistungsdichten, insbesondere bei KI- und HPC-Anwendungen, an ihre physikalischen und ökonomischen Grenzen. Die nationale Strategie sollte daher den konsequenten Übergang zu fortschrittlichen Flüssigkeitskühltechnologien als zukünftigen Standard etablieren.

Daraus leiten sich die folgenden zentralen Handlungsempfehlungen an die Bundesregierung ab:

1. Ressortübergreifende Planung für integrierte Standortplanung auf Bundes- und Landesebene.
2. Verankerung der digitalen Souveränität im Vergaberecht.

3. Auflegung einer nationalen Forschungs- und Innovationsinitiative für "nachhaltiges" Computing (= HPC + KI).

Kontaktdaten

Dr. rer. nat. Christian Terboven, RWTH Aachen, IT Center, terboven@itc.rwth-aachen.de