

Skalierbar und sicher: Zur Stärkung der digitalen Souveränität Europas

Wachstum von skalierbaren, effizienten Rechenzentren als Grundlage für die digitale Wirtschaft und die langfristige Wettbewerbsfähigkeit der EU ermöglichen



Inhalt

Kurzfassung	2
Einführung	4
Abschnitt 1: Die Ressourcenintensität von Rechenzentren	6
Abschnitt 2: Ein Blick auf Rechenzentren weltweit	8
Abschnitt 3: Rechenzentren in der EU: Herausforderung und Chance	10
Abschnitt 4: Praktische Wege für den verantwortungsvollen Aufbau einer resilienten digitalen Infrastruktur	12
Abschnitt 5: Empfehlungen an die Politik: Impulse für eine energie- und wassereffiziente Rechenzentrumsinfrastruktur	18
Fazit	22
Quellenverzeichnis	26

GRUNDFOS 

Possibility in every drop

Kurzfassung

Rechenzentren sind zur grundlegenden Infrastruktur moderner Volkswirtschaften geworden, denn auf ihnen bauen Cloud Computing, künstliche Intelligenz, öffentliche Dienstleistungen und Industriesysteme auf. In Europa werden sie zunehmend zu strategischen Ressourcen, die eng mit Energiesicherheit, Wasserresilienz, industrieller Wettbewerbsfähigkeit und technologischer Souveränität zusammenhängen.

Rechenzentren sind jedoch ressourcenintensiv. Allein Kühlsysteme machen einen erheblichen Anteil am Stromverbrauch aus und erhöhen den Wasserverbrauch erheblich. Da die Nachfrage nach Rechenkapazität immer schneller wächst, steht Europa vor einer doppelten Herausforderung: Ausbau der digitalen Infrastruktur zur Sicherung der globalen Wettbewerbsfähigkeit bei gleichzeitiger Bewältigung des wachsenden Drucks auf Stromnetze, Wasserressourcen und die Gemeinden vor Ort.

Globale Trends deuten darauf hin, dass sich dieser Druck verstärken wird. Die weltweite Nachfrage nach Strom für Rechenzentren könnte sich bis 2030 mehr als verdoppeln, wobei der Wasserverbrauch parallel zunimmt.¹ Regionen mit reichlich Energie, Wasser und einem unterstützenden politischen Umfeld ziehen bereits unverhältnismäßig hohe Investitionen an, was den Wettbewerbsdruck auf Europa erhöht.

Innerhalb der EU wird diese Herausforderung durch unterschiedliche regionale Bedingungen noch verschärft. Die nördlichen Regionen profitieren von einem kühleren Klima und besserer Wasserverfügbarkeit, während die südlichen Regionen mit höheren Temperaturen und zunehmendem Wasserstress konfrontiert sind. Gleichzeitig leiden große städtische Knotenpunkte unter überlasteten Stromnetzen und einer eingeschränkten Verfügbarkeit von Flächen, was den Ausbau verlangsamt. Ohne sorgfältige Koordination besteht die Gefahr, dass ineffiziente oder an ungünstigen Orten angesiedelte

Rechenzentren, Infrastrukturengpässe verschärfen, die Kosten – einschließlich Investitionskosten, Betriebskosten und Verbraucherstrompreise – erhöhen und in der Öffentlichkeit Widerstand auslösen.

Doch diese Einschränkungen bieten auch eine strategische Chance. Europa ist sowohl ein bedeutender Markt als auch führend bei der weltweiten Regulierung und damit in der Lage, Standards für eine nachhaltige digitale Infrastruktur zu definieren. Durch die Priorisierung von Effizienz, Wärmerückgewinnung und Wasserwiederverwendung sowie Systemintegration kann Europa Ressourcenknappheit in einen Wettbewerbsvorteil verwandeln.

Dieses Dokument identifiziert mehrere bewährte technische Möglichkeiten zur Reduzierung der Ressourcenintensität von Rechenzentren:

- **Fortschrittliche Kühltechnologien**, insbesondere die Flüssigkeitskühlung, reduzieren den Energiebedarf erheblich und ermöglichen höhere Rechendichten
- **Hydraulische Optimierung und intelligente Pumpensysteme** können 20–60 % des Energiebedarfs in der Kühlinfrastruktur einsparen²
- Zirkuläres Wassermanagement und Brauchwassernutzung verringern die Abhängigkeit von Süßwasserressourcen
- **Durch die Abwärmerückgewinnung** können Rechenzentren zu Fernwärme- und industriellen Energiesystemen beitragen

Diese Lösungen sind am effektivsten, wenn sie ganzheitlich umgesetzt werden, da sie sowohl die Energie- (PUE) als auch die Wassernutzungseffizienz (WUE) optimieren und gleichzeitig die Integration mit übergeordneten Energiesystemen ermöglichen.

¹ International Energy Agency, Energy and AI: Energy demand from AI, 2025a.

² Grundfos, Whitepaper: Data centre policies, 2025b.

Zur Skalierung dieser Verbesserungen skizziert dieses Dokument einen politischen Rahmen mit folgenden Schwerpunkten:

- **Integration von Wasser- und Energieeffizienz** in Steuerungsrahmen
- **Aufrechterhaltung und Stärkung von transparentem Berichtswesen und Benchmarking** für Leistungskennzahlen gemäß den ISO-Normen ISO/IEC 30134-2 und EN 50600-4-2
- **Ausrichtung von Planung und Anreizen** auf effiziente Kühltechnologien
- **Unterstützung von Investitionen in Effizienzsteigerungen** sowie in die Infrastruktur für Energierückgewinnung und Wasserwiederverwendung
- **Integration der Abwärmerückgewinnung** in Fernwärme- und industrielle Energiesysteme
- **Förderung von Standards und Zertifizierungsrahmen** (z. B. Öko-Labels oder die von AHRI skizzierten), um eine verifizierte Leistung sicherzustellen und effiziente sowie langfristige Entscheidungen über nachhaltige Investitionen und Standorte zu unterstützen

Letztlich legt dieses Dokument dar, warum die Effizienz von Rechenzentren nicht mehr ein technisches Detail, sondern ein strategischer Hebel ist. Mit den richtigen politischen Maßnahmen kann Europa die digitale Infrastruktur ausbauen und gleichzeitig die Energiesicherheit stärken, die Umweltbelastung verringern sowie die langfristige Wettbewerbsfähigkeit verbessern. Schlecht koordiniertes Wachstum birgt die Gefahr einer Überlastung von Ressourcen und von Reibungsverlusten bei Investitionen. Mit wohldurchdachter Politik kann sich Europa dagegen als globaler Vorreiter in nachhaltiger digitaler Infrastruktur positionieren.



Einführung

Rechenzentren sind das Herz moderner Volkswirtschaften. Sie bilden die Grundlage für Cloud Computing, künstliche Intelligenz, Gesundheitssysteme, Finanzdienstleistungen, industrielle Lieferketten und die öffentliche Verwaltung. Im Zuge der rasanten Digitalisierung von Gesellschaften ist eine sichere und zuverlässige Recheninfrastruktur für wirtschaftliche Stabilität, Resilienz und Wettbewerbsfähigkeit unerlässlich geworden.

Für Europa sind Rechenzentren kein spezialisiertes Segment des Technologiesektors mehr, sondern werden zu strategischer Infrastruktur. Ihre Entwicklung hängt direkt mit Energiesicherheit, Wasserresilienz, Industriepolitik, Stadtplanung und technologischer Souveränität zusammen. Wo Rechenzentren angesiedelt sind, wie sie mit Strom versorgt werden und wie effizient sie betrieben werden, beeinflusst Europas Anfälligkeit gegenüber geopolitischen Risiken, Störungen der Lieferketten und der Abhängigkeit von ausländischen Ressourcen und digitaler Infrastruktur.³ Für die EU wird die Art und Weise, wie Rechenzentren gebaut werden, eine entscheidende Rolle bei der Stärkung von Sicherheit, Unabhängigkeit und strategischer Autonomie spielen.

Gleichzeitig gehören Rechenzentren zu den energie- und wasserintensivsten Anlagen in der bebauten Umwelt. Die Stromnachfrage aus dem Sektor steigt schnell und konzentriert sich oft in Regionen, die bereits mit Netzüberlastung und Flächennutzungsbeschränkungen konfrontiert sind. In ganz Europa und Großbritannien werden Projekte aufgrund von Netzkapazitätsgrenzen, Wasserverfügbarkeit und lokalen Umweltbedenken verzögert, verkleinert oder neu konfiguriert.^{4,5} Diese Belastungen dürften in dem Maße steigen, in dem KI-basierte Workloads zunehmen.

Das stellt europäische Entscheidungsträger vor zwei zentrale

Aufgaben. Europa muss eine ausreichende digitale Infrastruktur sicherstellen, um in einem globalen Technologiewettbewerb wettbewerbsfähig zu bleiben, und gleichzeitig öffentliche Ressourcen, ökologische Resilienz und die gesellschaftliche Akzeptanz schützen. Bei einer schlecht integrierten Entwicklung besteht die Gefahr, dass die Bedürfnisse der Gemeinden vor Ort, die Belastung der Infrastruktur und die strategische Verwundbarkeit nicht ausreichend berücksichtigt werden. Eine wohlgedachte Politik hingegen kann Effizienz in einen Wettbewerbsvorteil verwandeln.

„Wenn Europa im Bereich KI und Cloud Computing global wettbewerbsfähig bleiben will, muss Effizienz der Standard für das Wachstum von Rechenzentren sein. Klare und verlässliche politische Rahmenbedingungen geben Entscheidungshilfe und beschleunigen Investitionen in bewährte Systeme, die den Wasser- und Energieverbrauch senken und eine leistungsstarke Kühlung ermöglichen. So können wir gemeinsam verantwortungsvolles Wachstum unterstützen, das lokale Ressourcen schützt.“

Inge Delobelle, CEO der Industriesparte bei Grundfos

Europa ist bestens positioniert, das nötige Gleichgewicht zu gestalten. Als einer der weltweit größten Rechenzentrumsmärkte und globaler Normgeber in der Ordnungspolitik hat die Europäische Union die Kapazität, Normen für eine nachhaltige digitale Infrastruktur zu definieren. Die politischen Entscheidungen, die in den kommenden Jahren getroffen werden,

³ European Commission, Strategic foresight report 2025: Resilience 2.0 – Empowering the EU to thrive amid turbulence and uncertainty, 2025b.

⁴ McKinsey & Company, The role of power in unlocking the European AI revolution, 2024.

⁵ UK Government, Water use in AI and data centres, 2025a.



beeinflussen nicht nur, wo Recheninfrastruktur gebaut wird, sondern auch, wie effektiv sie sich in Europas Energiesysteme, Wasserressourcen und Klimaziele integriert – und wie stark sie zur wirtschaftlichen Entwicklung, zur Schaffung von Arbeitsplätzen und zur wissenschaftlichen Innovation beiträgt. Durch harmonisierte Berichtsanforderungen, Leistungsbenchmarks und die Abstimmung mit einer umfassenden Klima- und Energiepolitik können europäische Entscheidungsträger unter Beweis stellen, dass digitales Wachstum und Ressourcenmanagement Hand in Hand gehen können.

Für politische Entscheidungsträger und Führungskräfte in der Industrie besteht die Herausforderung daher nicht nur darin, den Ausbau von Rechenzentren zu ermöglichen, sondern diesen strategisch zu steuern. Zur Unterstützung dieser Bemühungen vermittelt dieses Dokument einen Überblick über die globale Rechenzentrumslandschaft, untersucht die strukturellen Chancen und Einschränkungen der Europäischen Union und

zeigt praktische technische und politische Lösungen zur Verbesserung der Systemeffizienz bei gleichzeitiger Stärkung des digitalen Wachstums auf. Insbesondere wird hervorgehoben, wie Verbesserungen der Systemleistung – einschließlich fortschrittlicher Kühlarchitekturen, hydraulischer Optimierung, Wasserwiederverwendung und Abwärmerückgewinnung – den Strom- und Wasserverbrauch nachweisbar reduzieren können und gleichzeitig eine tiefere Integration zwischen digitaler Infrastruktur und Europas übergeordneten Energiesystemen ermöglichen. Durch den Fokus auf diese Chancen will dieses Dokument die Grundlage für politische Entscheidungen schaffen, mit denen Europa seine Rechenkapazität erweitern und gleichzeitig Wettbewerbsfähigkeit, ökologische Resilienz und strategische Autonomie stärken kann.

Abschnitt 1:

Die Ressourcenintensität von Rechenzentren

Bevor man sich mit der politischen Gestaltung beschäftigt, ist es wichtig, die physischen Gegebenheiten zu verstehen, die den Betrieb von Rechenzentren beeinflussen. Diese Anlagen sind zunehmend energie- und wasserintensiv. Das ist vor allem auf die kontinuierliche Kühlung zurückzuführen, die erforderlich ist, um stabile Betriebsbedingungen für die Computer zu gewährleisten.

„Rechenzentren werden zu einem wichtigen Bestandteil der modernen Gesellschaft und erhöhen die Nachfrage nach Energie und Wasser erheblich. Die Herausforderung besteht jedoch nicht darin, ob Rechenzentren gebaut werden sollten, sondern wie man sie baut und mit intelligenten Lösungen effizient betreibt.“

Bent Jensen

CEO der Sparte Commercial Building Services bei Grundfos

Mit steigender Rechenleistung werden Prozessoren dichter in Server und Racks gepackt, wodurch die Wärmemenge steigt, die sie erzeugen. Diese Wärme muss kontinuierlich abgeführt werden, um einen zuverlässigen Betrieb zu gewährleisten. Die Kühlinfrastruktur arbeitet folglich rund um die Uhr und stellt einen Kernbestandteil des Rechenzentrumsbetriebs dar. Auf diese Systeme entfällt ein erheblicher Anteil am Ressourcenverbrauch der Anlagen: Die Kühlung macht etwa 38 % des gesamten Stromverbrauchs in einem durchschnittlichen Rechenzentrum aus, und in großen Hyperscale-Rechenzentren werden für die Kühlung 11.356 bis 18.927 Kubikmeter Wasser pro Tag benötigt.⁶

WUE, PUE und der Wasser-Energie-Nexus

Zur Bewertung der Effizienz von Rechenzentren werden häufig zwei wichtige Leistungskennzahlen verwendet: Energie- (PUE) und Wassernutzungseffizienz (WUE). Zusammen helfen diese Kennzahlen politischen Entscheidungsträgern und Betreibern, die



**11-19.000
Kubikmeter
Wasser/Tag**



**= täglicher
Wasser-
verbrauch von
75.000 bis
155.000
EU-Haushalten**

Gesamtressourcenintensität eines Rechenzentrums zu bewerten. Kühltechnologien zeigen die häufig als Wasser-Energie-Nexus bezeichnete wechselseitige Abhängigkeit zwischen Strom- und Wasserverbrauch im Betrieb von Rechenzentren auf. Manche Kühlsysteme senken den Strombedarf, erhöhen aber den Wasserverbrauch, während andere den Wasserverbrauch verringern, aber den Strombedarf erhöhen. Aufgrund dieser wechselseitigen Abhängigkeit geht es bei der Verbesserung der Effizienz von Rechenzentren nicht darum, eine einzelne Kennzahl zu minimieren, sondern das richtige Gleichgewicht zwischen beiden zu finden.

⁶ Grundfos, Building America's digital economy: How smart policies can balance economic growth, resource conservation and community well-being, 2025c.



PUE: Die Energienutzungseffizienz (Power Use Effectiveness) misst das Verhältnis des Gesamtenergieverbrauchs einer Anlage zum Energieverbrauch der Computer und liefert einen Indikator dafür, wie effizient Strom für IT-Workloads bereitgestellt wird.⁷

WUE: Die Wasserverbrauchseffizienz (Water Usage Effectiveness) misst den Wasserverbrauch im Verhältnis zum IT-Energiebedarf.⁸

Wasser-Energie-Nexus: Die systemische wechselseitige Abhängigkeit zwischen Wasser und Energie. Störungen oder Missmanagement in einem System beeinflussen die Risiken, Einschränkungen und Kompromisse beim anderen System.

Art der Kühlung	Beschreibung	Ideal für	Energieeffizienz	Wasserverbrauch
Luftkühlung	Gekühlte Luft nimmt Wärme auf und wird über Lüfter oder Verdunstungssysteme abgeführt	Racks mit niedriger Dichte, trockene Klimazonen	Moderat (PUE)	Hoch (bei Verdunstung)
Rear-Door-Wärmetauscher	Flüssigkeitsgekühlte Türen an der Rückseite der Racks kühlen die Luft passiv oder aktiv	Racks mit mittlerer bis hoher Dichte	Hoch	Niedrig bis mäßig
Direct-to-Chip	Kühlmittel wird durch Kühlplatten direkt an CPUs/GPUs geleitet	Hochdichte-, KI- und HPC*-Server	Höher	Niedrig
Immersionskühlung	Server sind in dielektrische Flüssigkeit eingetaucht, oft mit Phasenwechselkühlung	Ultra-hochdichte Server, KI, Supercomputing	Am höchsten	Am niedrigsten

Dieses Gleichgewicht wird immer wichtiger, da sich der Wasser-Energie-Nexus über das Rechenzentrum hinaus auf das übergeordnete Energiesystem erstreckt. Ein höherer Strombedarf kann den Wasserverbrauch auf die Stromerzeugung verlagern, denn bei der Energieerzeugung werden oft erhebliche Wassermengen für Kühlzwecke benötigt – ähnlich wie auch Rechenzentren eine Kühlung erfordern. Für kritische Infrastrukturen unterstreicht dies die Bedeutung der Optimierung auf Systemebene: Es gilt sicherzustellen, dass Effizienzverbesserungen den Energie- und Wasserverbrauch über die gesamte

Wertschöpfungskette hinweg tatsächlich reduzieren, anstatt die Belastung zwischen ihnen zu verschieben.

Diese physischen Einschränkungen beeinflussen zunehmend, wo und wie Rechenzentren geplant und gebaut werden. Mit beschleunigtem Wachstum der globalen Nachfrage nach Rechenkapazität stellt das Wissen darum, wie verschiedene Regionen reagieren, einen wichtigen Kontext zur Bewertung Europas eigener strategischer Entscheidungen bereit.

⁷ Internationale Organisation für Normung (ISO), Informationstechnologie – Rechenzentren – Schlüsselindikatoren – Teil 2: Kennzahl zur eingesetzten Energie (PUE), ISO/IEC 30134-2:2016, Genf, 2016.

⁸ Internationale Organisation für Normung (ISO), Informationstechnologie – Rechenzentren – Schlüsselindikatoren – Teil 9: Effektivität der Wasserverwendung (WUE), ISO/IEC 30134-9:2022, Genf, 2022.

* Hochleistung-Computing

Abschnitt 2:

Ein Blick auf Rechenzentren weltweit

Rechenleistung wird zunehmend zu einer Säule industrieller Wettbewerbsfähigkeit und technologischer Autonomie, denn sie beeinflusst, wo sich hochmoderne Industriezweige ansiedeln und wie sich Regierungen in einer zunehmend datengetriebenen Welt positionieren.

Der Stromverbrauch wird sich in den nächsten fünf Jahren voraussichtlich verdoppeln, wobei der Wasserverbrauch parallel zunimmt. Dadurch steigt die Gefahr von Netzüberlastung, Ressourcenknappheit, kostspieligen Infrastrukturmodernisierungen und Störungen des Gemeinwohls.¹ Infolgedessen beeinflussen zunehmend physische Einschränkungen, wo und zu welchen Kosten Rechenzentren gebaut werden können.

Diese Dynamiken wirken sich bereits auf die globalen Investitionsmuster aus. Regionen mit reichlich verfügbarem Strom, günstigen Kühlbedingungen und zuverlässigen Wasserressourcen ziehen unverhältnismäßig viele neue Rechenzentren an.

Teile der USA, der nordischen Länder und des Nahen Ostens haben sich aufgrund der Kombination von Energieverfügbarkeit, Klimabedingungen, unterstützender Regulierung und optimierten Genehmigungsverfahren zu wichtigen Wachstumszentren entwickelt.¹⁰

Da der Wettbewerb um Investitionen in Rechenzentren zunimmt, stehen Regierungen zunehmend vor einer gemeinsamen Herausforderung: Wie können sie die wirtschaftlichen Vorteile digitaler Infrastruktur nutzen und gleichzeitig die damit verbundenen Belastungen für Energiesysteme, Wasserressourcen und Gemeinden vor Ort bewältigen? Für Europa besteht die Herausforderung nicht nur darin, Rechenkapazität auszubauen, sondern dies auf eine Weise zu tun, die die langfristige Resilienz stärkt, öffentliche Ressourcen schützt und die gesellschaftliche Akzeptanz der Infrastrukturentwicklung aufrechterhält.



**Energiebedarf
von Rechen-
zentren weltweit
= heute 415 TWh
über 945 TWh bis
2030¹**



**Wasserbedarf
von Rechen-
zentren weltweit
= Könnte
Milliarden von m³
jährlich erreichen^{5,9}**

¹ International Energy Agency, Energy and AI: Energy demand from AI, 2025a.

¹⁰ Reuters, Poor grid planning could shift Europe's data centre geography, 18. Juni 2025.

⁵ UK Government, Water use in AI and data centres, 2025a.

⁹ Mytton, D. et al., Data centre water consumption, npj Clean Water, 2021.

Abbildung 1 verdeutlicht, wie verschiedene Regionen diese Herausforderung angehen, und zeigt die politischen Bedingungen und Ressourcenverfügbarkeit auf, die den Bau von Rechenzentren weltweit beeinflussen.

Region	Ungefähre Anzahl an Anlagen	Wachstumsausblick (bis 2030)	Regulierungsintensität	Wichtige Einschränkungen
USA	~5.427 ¹¹	20–25 % jährliches Nachfragewachstum; ¹² Haupttreiber für das 10-jährige Lastwachstum ¹³	Dezentralisiert; staatliche/kommunale Bebauungspläne; Bundesaufsicht über Netzzuverlässigkeit	Engpässe beim Netzanschluss; Verzögerungen bei Genehmigungen; Wasserstress in Dürreregionen
EU/ Westeuropa	~2.765 ¹⁴ ; Deutschland (~529), Großbritannien (~523), Frankreich (~322), Niederlande (~298)	Bedeutende Kapazitätspipeline; ¹⁵ Netzengpässe, die die Bereitstellung beeinflussen	Strukturiert und harmonisiert; EED-Berichterstattung; Nachhaltigkeits-Framework; DSGVO; NIS2	Verzögerungen beim Netzanschluss; Stromverfügbarkeit; Planungsauflagen
Naher Osten	~283–326; ^{16, 17} ~170 Colocation ¹⁸	Markt wird sich bis 2030 voraussichtlich etwa verdoppeln; ¹⁷ Saudi-Arabien ~29 % jährliches Wachstum ¹⁹	Zunehmend strukturiert; Souveränitätsregeln; Verschärfung der Cybersicherheit	Kühlintensität; Wasserverfügbarkeit; Ausbau der Strominfrastruktur
China	~449 ²⁰	Fortgesetzte KI-gesteuerte Expansion; Auslastungsoptimierung läuft ¹⁰	Stark zentralisiert; Aktionsplan für grüne Rechenzentren; PUE <1,25 angestrebt; starke Data Governance ²¹	Regionaler Netzausgleich; Durchsetzung von Effizienzvorgaben; Auslastungsmanagement

Abbildung 1

¹⁰ Reuters, Poor grid planning could shift Europe's data centre geography, 18. Juni 2025.

¹¹ Cloudscene, Data Centres in United States of America, o. D., verfügbar unter: <https://cloudscene.com/market/data-centres-in-united-states/all>

¹² McKinsey & Company, The data center balance: How US states can navigate the opportunities and challenges, o. D., verfügbar unter: <https://www.mckinsey.com/industries/public-sector/our-insights/the-data-center-balance-how-us-states-can-navigate-the-opportunities-and-challenges>

¹³ NERC, Characteristics and risks of emerging large loads, o. D., verfügbar unter: <https://www.nerc.com/globalassets/who-we-are/standing-committees/rstc/whitepaper-characteristics-and-risks-of-emerging-large-loads.pdf>

¹⁴ Data Center Map, Data Centers in Western Europe, o. D., verfügbar unter: <https://www.datacentermap.com/western-europe/>

¹⁵ European Data Centre Association (EUDCA), State of European data centres 2025, 2025, verfügbar unter: <https://www.eudca.org/state-of-european-data-centres-2025>

¹⁶ Data Center Map, Middle East Data Centers, o. D., verfügbar unter: <https://www.datacentermap.com/middle-east/>

¹⁷ Kearney, A greener digital age: The Middle East data center opportunity, o. D., verfügbar unter: <https://www.kearney.com/service/sustainability/article/a-greener-digital-age-the-middle-east-data-center-opportunity>

¹⁸ GlobeNewswire, Middle East data center colocation market outlook forecast report 2025–2030: UAE and Saudi Arabia are the forefront markets while countries like Israel and Turkey emerge as new growth areas, 15. Januar 2026, verfügbar unter: <https://www.globenewswire.com/news-release/2026/01/15/3219318/28124/en/Middle-East-Data-Center-Colocation-Market-Outlook-Forecast-Report-2025-2030-UAE-and-Saudi-Arabia-are-the-Forefront-Markets-While-Countries-Like-Israel-and-Turkey-Emerge-As-New-Grow.html>

¹⁹ S&P Global, Saudi Arabia data center market, o. D., verfügbar unter: <https://www.spglobal.com/en/research-insights/special-reports/look-forward/data-center-frontiers/saudi-arabia-data-center-market>

²⁰ Cloudscene, Data centres in China, o. D., verfügbar unter: <https://cloudscene.com/market/data-centres-in-china/all>

²¹ Carbon Brief, Explainer: How China is managing the rising energy demand from data centres, o. D., verfügbar unter: <https://www.carbonbrief.org/explainer-how-china-is-managing-the-rising-energy-demand-from-data-centres/>

Abschnitt 3:

Rechenzentren in der EU: Herausforderung und Chance

Die Europäische Union nimmt weltweit eine Sonderposition ein, als bedeutender Markt für Rechenzentren ebenso wie als globaler Normgeber. Mit dem weltweiten Ausbau der digitalen Infrastruktur bietet sich der EU eine einzigartige Chance, die Wachstumsbedingungen so zu gestalten, dass sowohl die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit als auch ein verantwortungsvolles Ressourcenmanagement gestärkt werden.

Laut aktuellen Prognosen für das Kapazitätswachstum von



**IT-Last in EU-Rechenzentren = heute 10 GW
35 GW bis 2030⁴**

**Der Strombedarf der EU-Rechenzentren = heute 3 % des gesamten EU-Stromverbrauchs
7-9 % (über 150 TWh) bis 2030²²**

Rechenzentren in der EU wird die Belastung der Energie- und Wasserressourcen im kommenden Jahrzehnt drastisch zunehmen. Wenn politische Entscheidungsträger digitale Infrastruktur verantwortungsvoll integrieren wollen, ist es unerlässlich, die für jeden Mitgliedstaat einzigartigen Einschränkungen und Engpässe zu berücksichtigen.

Vielfältige regionale Bedingungen

Aufgrund der Vielfalt Europas im Hinblick auf Klimazonen, den Strommix und die Wasserverfügbarkeit müssen bei Kühlstrategien und der Gestaltung der Infrastruktur lokale Gegebenheiten berücksichtigt werden. Die südlichen Regionen sehen sich mit höheren Umgebungstemperaturen und zunehmendem Wasserstress konfrontiert, was den Bedarf an effizienten Kühltechnologien und Wassermanagementstrategien erhöht. Anlagen in Nordeuropa profitieren zwar von einem kälteren Klima, in dem eine freie Kühlung möglich ist und in manchen Fällen reichhaltigere Wasserressourcen zur Verfügung stehen, aber auch dort ist Rohstoffeffizienz unerlässlich.

Auch infrastrukturelle Einschränkungen variieren geografisch. Urbane Rechenzentren stehen oft vor Herausforderungen bei der Flächenverfügbarkeit und einer begrenzten Netzkapazität, während ländliche Gebiete und das Umland von Städten zwar ein größeres Expansionspotenzial bieten, aber neue Investitionen in die Übertragungsinfrastruktur und das Stromnetz erfordern.⁴ Die Standortfrage ist also entscheidend – die Ansiedelung von Rechenzentren in der Nähe erneuerbarer Energiequellen und in Gebieten mit erheblichem Potenzial für die Abwärmerückgewinnung kann die Systemeffizienz maximieren.

Diese regionalen Unterschiede unterstreichen zum einen die Notwendigkeit flexibler politischer Rahmenbedingungen, damit

⁴ McKinsey & Company, The role of power in unlocking the European AI revolution, 2024.

²² Wissenschaftlicher Dienst des Europäischen Parlaments (EPDR), Stromverbrauch von Rechenzentren in der EU, 2025.



Infrastrukturstrategien an lokale Gegebenheiten angepasst werden können, und zum anderen die Bedeutung einer strategischen Energieplanung sowohl auf kommunaler als auch auf regionaler Ebene.

Elektrifizierung und Netzeengpässe

Der Ausbau von Rechenzentren in Europa findet parallel zu einer umfassenderen Transformation des Energiesystems statt, die steigende Anforderungen an die Stromnetze auf dem gesamten Kontinent stellt. An großen Knotenpunkten wie Frankfurt, Amsterdam und Paris sind diese Belastungen bereits durch Stromnetzüberlastungen und Engpässe beim Netzan-schluss sichtbar⁴, und die fortschreitende Elektrifizierung dürfte diese Einschränkungen noch verschärfen. Ohne sorgfältige Planung besteht die Gefahr, dass ineffiziente Anlagen die Stromverbrauchsspitzen und den Bedarf an teuren Netzausbaumaßnahmen erhöhen.

Wasserknappheit und klimatische Belastungen

Auch die Wasserverfügbarkeit wird zu einem entscheidenden Aspekt für den Bau von Rechenzentren, da saisonale Dürren und sich ändernde Niederschlagsmuster in Teilen Süd-, Mittel- und Westeuropas zu einem höheren Wasserstress führen.²³ Da Landwirtschaft, Haushalte und Industrie zunehmend um Wasserressourcen konkurrieren, dürften große industrielle Wasserverbraucher wie Rechenzentren zunehmend kritisch gesehen werden. Effiziente Kühlsysteme, Strategien zur Wasserwiederverwendung und eine sorgfältige Standortwahl gewinnen zunehmend an Bedeutung, um sicherzustellen, dass der Bau von Rechenzentren im Einklang mit der lokalen Ressourcenverfügbarkeit erfolgt.

Einschränkungen in Chancen verwandeln

Die politischen Entscheidungsträger in der EU müssen komplexen Zusammenhängen – regionalen Einschränkungen, Belastungen der Infrastruktur und Umweltaspekten – gerecht

werden. Mit diesen Einschränkungen gehen jedoch auch Möglichkeiten einher, politische Rahmenbedingungen zu schaffen, die den Ausbau der digitalen Infrastruktur mit den übergeordneten Zielen der EU in Bezug auf Energiesicherheit, Umweltresilienz und Dekarbonisierung in Einklang bringen.

Die Entwicklung von Rahmenbedingungen für Öko-Labels durch die EU ist ein Beispiel dafür, wie Politik die Zukunft von Rechenzentren gestalten kann. Dieses System trägt dazu bei, die Transparenz zu erhöhen und Standortentscheidungen besser auf die lokale Ressourcenverfügbarkeit und das Gemeinwohl abzustimmen.

Im nächsten Abschnitt werden praktische Wege und technische Lösungen untersucht, die einen verantwortungsvollen Ausbau der digitalen Infrastruktur ermöglichen, was bei der Entwicklung einer zukunftsorientierten Politik ein zentraler Aspekt sein sollte.

Abbildung 2: Anschauliches EU-Nachhaltigkeitslabel für Rechenzentren mit standardisierter Berichterstattung über Indikatoren für die Nutzung von Energie (PUE), Wasser (WUE) und erneuerbaren Energien sowie die Systemintegration.

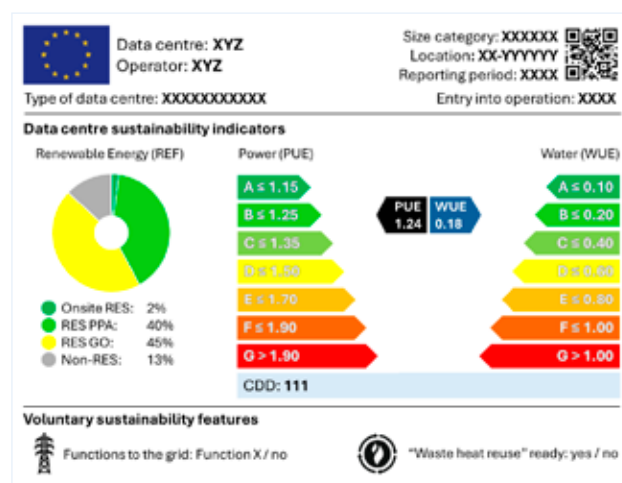


Abbildung 2

⁴ McKinsey & Company, The role of power in unlocking the European AI revolution, 2024.

²³ Umweltprogramm der Vereinten Nationen und Weltwirtschaftsforum, Wasserrisiko- und Wasserstressanalysen, 2025.

Abschnitt 4:

Praktische Wege für den verantwortungsvollen Aufbau einer resilienten digitalen Infrastruktur

Wenn Rechenzentren bedingt durch Design und aktuelle Technologiestandards ressourcenintensiv sind, lassen sich Europas langfristige Ziele für eine verantwortungsvolle Digitalisierung am besten durch eine Verbesserung ihrer Effizienz, einschließlich Wasserwiederverwendung und Energierückgewinnung, erreichen. Die Reduzierung der Ressourcenintensität pro Einheit Wirtschaftsleistung stärkt Europas Fähigkeit, Angebotsschocks zu überstehen, verringert die Abhängigkeit von externen Energie- und Wasserressourcen und unterstützt die industrielle Wettbewerbsfähigkeit auf den globalen Märkten.³ Darüber hinaus sind Systeme, die Energie- und Wasserintensität nachweisbar verringern, besser positioniert, neue Effizienzstandards zu erfüllen und Baugenehmigungen sowie Netzanschlüsse zu erhalten.

Überraschend einfach und oft übersehen, sind Modernisierungsmaßnahmen – von Nachrüstungen bis zu Neubauten – häufig einer der schnellsten und kosteneffizientesten Wege zur Reduzierung der Energie- und Wasserintensität von Rechenzentren. Pumpen, Steuerungssysteme und Überwachungsplattformen sind das Rückgrat moderner Kühlsysteme, des zirkulären Wassermanagements, der hydraulischen und thermischen Effizienz und der Abwärmerückgewinnung. Sie haben daher direkten Einfluss auf die Effizienz eines Rechenzentrums.

Modernste Kühlung

Herkömmliche luftbasierte Kühlsysteme sind seit Langem der Industriestandard, kommen durch die Wärmelasten moderner hochdichter Computing-Umgebungen jedoch zunehmend an ihre Grenzen. Da Supercomputing und KI weiter wachsen, wird vermehrt die Flüssigkeitskühlung als skalierbare Lösung für Hochleistungsinfrastruktur eingesetzt.

Referenz

Grundfos MTRE-Pumpen ermöglichen eine hocheffiziente Umwälzung von dielektrischen Flüssigkeiten in einem der ersten immersionsgekühlten Rechenzentren Griechenlands. Damit unterstützen sie einen zuverlässigen Betrieb und reduzieren den Energieverbrauch in hochdichten Umgebungen.



Die vollständige Referenz können Sie hier lesen.

Die physikalischen Eigenschaften von Wasser machen die Flüssigkeitskühlung deutlich effizienter als die Luftkühlung. Wasser hat eine viel höhere spezifische Wärmekapazität und -dichte als Luft und kann daher mehr als 3.000-mal mehr Wärme pro Volumeneinheit absorbieren und transportieren. So können Flüssigkeitskühlsysteme Wärme von elektronischen Komponenten viel effektiver ableiten. Das verringert den Kühlleistungsbedarf und senkt die PUE-Werte, insbesondere bei hohen Rechenlasten. Zudem reduzieren solche Systeme die Abhängigkeit von Verdunstungsprozessen in Regionen mit Wasserstress und verbessern die Temperatur und Stabilität der rückgewinnbaren Wärme, was wiederum die Integration von Wärmenetzen und andere Wärmerückgewinnungstechnologien wesentlich wirtschaftlicher macht.

³ European Commission, Strategic foresight report 2025: Resilience 2.0 – Empowering the EU to thrive amid turbulence and uncertainty, 2025b.

„Es gibt einen beispiellosen Wandel in der Rechenzentrumslandschaft, da KI die Wärmelasten nach oben treibt und der Bedarf an nachhaltiger Infrastruktur wächst. Investitionen in energieeffiziente Rechenzentren, einschließlich Wärmerückgewinnung und Integration erneuerbarer Energien, unterstützen nicht nur langfristiges Wachstum, sondern sichern auch die Resilienz des Netzes und schützen Europas Energieunabhängigkeit.“

Thomas Möller, EVP Alfa Laval, President Energy Division

Zirkuläres Wassermanagement und Brauchwassernutzung

Zirkuläres Wassermanagement und Brauchwassernutzung sind zwei Schlüsselstrategien, um den WUE-Wert wirksam zu reduzieren, was besonders in Regionen mit Wasserstress von Bedeutung ist.⁵ Beide Strategien basieren auf der Wasseraufbereitung vor Ort und geschlossenen Kühlkreisläufen. Hierbei spielen Pumpen eine zentrale Rolle, denn sie steuern die Umwälz-, Filtrations- und Aufbereitungsprozesse.

Definition



Zirkuläres Wassermanagement: Ein systemischer Ansatz im Wassermanagement, der den Süßwasserverbrauch minimiert, indem Wasser aufbereitet, wiederverwendet, recycelt und effektiv verwaltet wird, damit es so lange wie möglich produktiv genutzt werden kann, während gleichzeitig Wasserqualität und Ökosysteme geschützt werden.

Der Einsatz von Brauchwasser zur Kühlung von Rechenzentren erweist sich bereits als wirksames Mittel zur Verbesserung des WUE-Werts moderner Rechenzentren. Cologix und Equinix haben Anlagen in der Nähe des Ontariosees errichtet, einem natürlich kalten Gewässer, das sie zur Kühlung nutzen. Google verfügt in Finnland über eine ähnliche Anlage, die das kalte Meerwasser in der Nähe zur Kühlung nutzt, was die Frischwasserentnahme drastisch reduziert.⁶

Hydraulische Optimierung

Die hydraulische Infrastruktur sorgt für die Kühlmittelzirkulation in einer Anlage, aber in vielen Fällen arbeiten diese Systeme aufgrund von Überdimensionierung, Geräten mit fester Drehzahl oder veralteten Steuerungsstrategien nicht mit optimaler Effizienz. Der Austausch dieser Systeme gegen Pumpen mit elektronischer Drehzahlregelung und eine Optimierung der hydraulischen Systeme kann mechanische Energieeinsparungen von 20–60 % bewirken und gleichzeitig die Kühlleistung und Systemzuverlässigkeit verbessern.²



Referenz

In einem leistungsstarken Rechenzentrum setzt NorthC Grundfos MIXIT ein, um bei steigenden Rechendichten und Temperaturen eine präzise, reaktionsschnelle Chip-Kühlung zu ermöglichen und Effizienz und Zuverlässigkeit zu verbessern.



Die vollständige Referenz können Sie hier lesen.

⁵ UK Government, Water use in AI and data centres, 2025a.

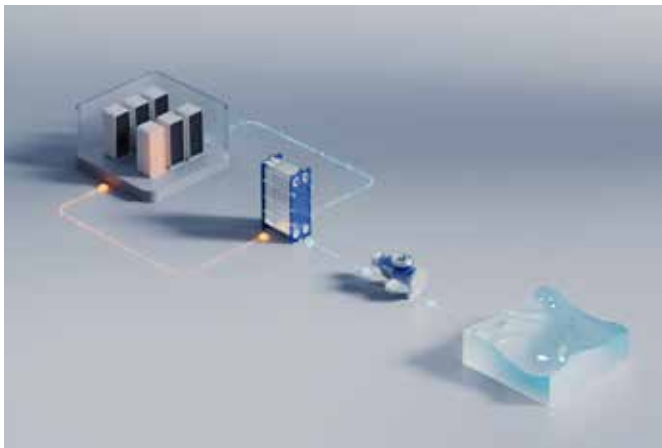
⁶ Grundfos, Building America's digital economy: How smart policies can balance economic growth, resource conservation and community well-being, 2025c.

² Grundfos, Whitepaper: Data centre policies, 2025b.

Thermische Optimierung

Die thermische Optimierung verbessert die Effizienz von Rechenzentren, denn sie steuert, wie Wärme innerhalb von Kühlsystemen geleitet und abgeführt wird. Hocheffiziente Plattenwärmetauscher übertragen Wärme effektiver zwischen Kühlkreisläufen, reduzieren den Bedarf an energieintensiver mechanischer Kühlung und ermöglichen eine stärkere Nutzung von Kältequellen für die freie Kühlung. Bei Verwendung in

flüssigkeitsgekühlten Systemen unterstützen sie höhere Rechendichten, eine stabile Leistung und geschlossene Kreisläufe für eine bessere Wassereffizienz. Daher spielen Plattenwärmetauscher eine wichtige Rolle bei der Bereitstellung von Strategien für ein effizientes, skalierbares und kohlenstoffarmes Wärmemanagement.



Referenz

Alfa Laval entwickelte zusammen mit Boyd einen weiter verbesserten Wärmetauscher mit der benötigten Leistung.

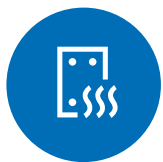


Die vollständige Referenz können Sie hier lesen.

Abwärmerückgewinnung

Rechenzentren wandeln fast den gesamten von ihnen verbrauchten Strom in Wärme um. Die üblicherweise weitgehend ungenutzt abgeführte Abwärme wird zunehmend zurückgewonnen und genutzt, um einen bedeutenden Anteil des lokalen Heizbedarfs zu decken. Abwärme ist bei Temperaturen bis zu

50 °C verfügbar und kann durch hocheffiziente Wärmepumpen aufbereitet, über Fernwärmesysteme verteilt oder in industriellen Prozessen eingesetzt werden.



100 GWh Wärmebeitrag/Jahr

Die Ergebnisse von Pilotprojekten in mehreren europäischen Städten haben dies übertroffen.²⁴

²⁴ Arup, Data centre futures: Water and the sustainable data centre, 2025.



Ausstattung im Fokus: Intelligente Pumpen und Steuerungen

Intelligente Pumpen verwenden Motoren mit integrierten Frequenzumrichtern und eingebaute Sensoren, um dynamisch auf wechselnde Kühllasten zu reagieren. Im Gegensatz zu herkömmlichen Systemen, die auf Drosselventile angewiesen sind und daher Energie verschwenden, passen intelligente Pumpen den Durchfluss und Druck automatisch an den Echtzeitbedarf an. Diese präzise Regelung minimiert den Energieverbrauch, verbessert die Temperatureffizienz und reduziert die Belastung mechanischer Systeme in Kühl- und zirkulären Wassermanagementsystemen, hydraulischen Systemen und Systemen zur Abwärmerückgewinnung. Intelligente Pumpen bieten:

- Energieeinsparung von bis zu 40 % im Vergleich zu Pumpen mit fester Drehzahl
- Optimierte WUE- und PUE-Werte durch bessere Durchflussregelung und geringere Umweltbelastung
- Kleine Stellfläche dank integrierter Frequenzumrichter und PID-Regler
- Nahtlose Integration mit Gebäudemanagementsystemen unter Verwendung branchenüblicher offener Protokolle
- Hohe Zuverlässigkeit, entscheidend für höchste Anforderungen an die Verfügbarkeit
- Reaktionszeiten < 1 Sekunde im Vergleich zu Ventilen (ca. 10 Sekunden) und entsprechend höhere Systemeffizienz



Grundfos ist ein weltweit führender Anbieter von Pumpenlösungen und Vorreiter für Wasser- und Energieeinsparungen in Rechenzentren.



Lesen Sie mehr darüber, wie nachhaltige Pumpenlösungen derzeit in der Rechenzentrumsbranche eingesetzt werden.



Ausstattung im Fokus: Effiziente Plattenwärmetauscher

Plattenwärmetauscher verbessern, wie Wärme innerhalb der Kühltssysteme von Rechenzentren übertragen wird. Sie tragen damit zur Aufrechterhaltung stabiler Temperaturen bei und verringern gleichzeitig die Abhängigkeit von energieintensiver mechanischer Kühlung. Aufgrund ihrer Bauart ermöglichen sie einen effektiveren Wärmeaustausch zwischen Kühlkreisläufen und unterstützen so eine stärkere Nutzung von freier Kühlung und flüssigkeitsgekühlten Systemen. Durch die Verbesserung der allgemeinen thermischen Leistung senken Plattenwärmetauscher den Energieverbrauch und ermöglichen höhere Rechenichten und effizientere geschlossene Wasserkreisläufe. Effiziente Plattenwärmetauscher bieten:

- Verbesserte Kühleffizienz durch niedrigere Grädigkeit und geringere Kältelasten (und entsprechend geringere Investitionen)
- Höhere Rack-Dichte durch Stabilisierung der Zulufttemperatur für die Flüssigkeitskühlung
- Optimierte PUE- und WUE-Werte durch effektivere freie Kühlung und geschlossene Kreisläufe
- Hohe Zuverlässigkeit mit geringem Fouling-Risiko und für unterschiedliche Wasserqualitäten geeigneten Materialien



Alfa Laval treibt Innovationen in Rechenzentren mit fortschrittlicher Wärmeübertragungstechnologie voran.



Hier erhalten Sie weitere Informationen:
Kühlung von Rechenzentren
und Wärmerückgewinnung



Die Bedeutung eines ganzheitlichen Ansatzes

Die neueste Forschung unterstreicht die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Betrachtung dieser Systeme, wenn Strategien und eine anlagenweite Modernisierung zur Verbesserung der Rechenzentrumseffizienz in Betracht gezogen werden. SINES DC hat gezeigt, dass flüssigkeitsgekühlte Architekturen in Kombination mit optimierter Flüssigkeitsförderung und hocheffizienten Plattenwärmetauschern die Gesamteffizienz von Rechenzentren erheblich verbessern.²⁵

Die IEE-Studie zeigt, dass die Nutzung von Quellen wie Meerwasser für die freie Kühlung in Kombination mit dem Ausbau der Flüssigkeitskühlung den Energieverbrauch für die Kühlung im Vergleich zu herkömmlichen luftbasierten Systemen um bis

zu 30 % senken kann, während dank eines vollständig geschlossenen Kreislaufs WUE-Werte bis zu null erhalten bleiben.²⁵ Die Optimierung der Flüssigkeitsverteilung, der Pumpenleistung und der Wärmetauscherleistung ermöglicht Betreibern deutlich höhere Rack-Dichten ohne einen proportionalen Anstieg des Kühlenergiebedarfs. Diese Ergebnisse zeigen, dass effiziente Hydraulik nicht nur für die Senkung des PUE-Werts unerlässlich ist, sondern auch für skalierbare, kohlenstoffarme, hochdichte, flüssigkeitsgekühlte Rechenumgebungen.²⁵

²⁵ Alfa Laval, Advancing sustainability in data centres: Evaluation of hybrid air/liquid cooling schemes for IT payload using sea water, IEEE Transactions on Cloud Computing, Bd. 12, Nr. 4, Oktober–Dezember 2024, 2024.

Abschnitt 5:

Empfehlungen an die Politik: Impulse für eine energie- und wassereffiziente Rechenzentrumsinfrastruktur

Die oben skizzierten technischen Lösungen zeigen, dass die Ressourceneffizienz von Rechenzentren mit fortschrittlichen Kühlsystemen, hydraulischer Optimierung, effizienter Wärmeübertragung und intelligenten Strategien für das zirkuläre Wassermanagement erheblich verbessert werden kann. Die Skalierung dieser Lösungen im rasant wachsenden Rechenzentrumssektor Europas erfordert jedoch unterstützende regulatorische Rahmenbedingungen und Investitionsmechanismen.

Politische Rahmenbedingungen spielen daher eine entscheidende Rolle dabei, das Wachstum der digitalen Infrastruktur mit den Zielen Europas in Bezug auf Klima-, Energie- und Wasserresilienz in Einklang zu bringen. Die folgenden Empfehlungen konzentrieren sich darauf, die Bereitstellung von effizienten Kühltechnologien, Systemen für die Wasserwiederverwendung und Infrastruktur zur Abwärmerückgewinnung zu ermöglichen und gleichzeitig die Transparenz und das Ressourcenmanagement auf Systemebene zu verbessern.

1. Wasser- und Energieeffizienz in die Vorgaben für Rechenzentren integrieren

Politische Rahmenbedingungen für Rechenzentren in Europa sollten den Wasser-Energie-Nexus explizit thematisieren, indem sie neben den Anforderungen an die Energieeffizienz auch Überlegungen zur Wassereffizienz einbeziehen. Planungs-, Berichts- und Leistungsstandards sollten berücksichtigen, dass Verbesserungen der elektrischen Effizienz nicht auf Kosten der Wassersicherheit und Resilienz gehen dürfen.

Regulierungsbehörden sollten daher Wasser Aspekte in bestehende Energieeffizienzrahmen integrieren, einschließlich der EU-Richtlinie zur Energieeffizienz und des EU-Verhaltenskodex für Rechenzentren. Die Festlegung einheitlicher PUE- und WUE-Standards stellt sicher, dass Kühlstrategien die Gesamtleistung des Systems optimieren, anstatt die Belastung zwischen Energie- und Wasserverbrauch zu verschieben.

Eine strategische Energieplanung sollte außerdem integrierte Bewertungen der Netzkapazität, der Wasserverfügbarkeit, der Eignung von Kühltechnologien, der Effizienz von Pumpen und Motoren sowie des Wärmerückgewinnungspotenzials im Rahmen der Genehmigungsprozesse für Rechenzentren vorschreiben – Überlegungen, die auf kommunaler, regionaler und nationaler Ebene angestellt werden sollten. Eine solche integrierte Planung kann Engpässe in der Infrastruktur verringern, Bedenken der Anwohner vor Ort mildern und eine ausgewogenere geografische Verteilung der Anlagen in der EU fördern.

2. Transparente Rahmenbedingungen für Berichterstattung und Benchmarking aufrechterhalten und stärken

Eine standardisierte Berichterstattung zur Umweltleistung ist für eine wirksame politische Kontrolle und Marktverantwortlichkeit unerlässlich. Politische Entscheidungsträger sollten die öffentliche Offenlegung wichtiger Betriebskennzahlen wie Energie- und Wassernutzungseffizienz, Trinkwasserverbrauch, Energierückgewinnungsfaktoren und den Anteil von Brauchwasser in Kühlsystemen vorschreiben.

Berichts- und Reduzierungspflichten könnten eine vierteljährliche Offenlegung von Leistungsdaten auf Standortebene vorschreiben – einschließlich PUE, WUE, Wasserwiederverwendungsraten, Art der Wasserquellen, Wasserstressindikatoren für das Einzugsgebiet und Abwärmerückgewinnung – und diese durch unabhängige Verifizierung und öffentlich zugängliche Dashboards unterstützen. Mit transparenter Berichterstattung wären Regulierungsbehörden und Gemeinden in der Lage, Belastungen der lokalen Ressourcen zu überwachen, während Betreiber die Leistung bewerten und messbare Verbesserungen nachweisen können.

Über PUE und WUE hinaus sollten sich Nachhaltigkeitskennzahlen hin zu integrierten Leistungskennzahlen entwickeln, die die umfassenderen Systemauswirkungen des Rechenzentrumsbetriebs erfassen, einschließlich Wasserwiederverwendung, Abwärmerückgewinnung und Resilienz von Infrastrukturen.

3. Planung und Anreize auf effiziente Kühlung abstimmen

Planungsrahmen sind ein sehr wirksames Instrument, um die Einführung effizienter Kühltechnologien zu beschleunigen. Regulierungsbehörden sollten Anforderungen an Wassereffizienz und Kühlung direkt in die Planungsgenehmigungen für neue Anlagen und großflächige Erweiterungen integrieren.

Baugenehmigungen und finanzielle Anreize könnten an verifizierte Leistungsschwellenwerte gekoppelt werden, wie zum Beispiel Maßnahmen zur stetigen Verbesserung der WUE-Werte, die Einführung geschlossener Kühlkreisläufe und ein Mindestanteil an Brauchwasser zur Deckung des Wasserbedarfs in Regionen mit Wasserstress. Beispielsweise könnte vorgeschrieben werden, dass Anlagen in Einzugsgebieten mit eingeschränkter Wasserverfügbarkeit den Kühlwasserbedarf zunächst überwiegend und später komplett durch Brauchwasser decken müssen.



4. Investitionen in eine effiziente Kühleninfrastruktur unterstützen

Viele Effizienztechnologien bieten zwar erhebliche Lebenszyklusvorteile, aber die Investitionskosten können Hürden für die Implementierung darstellen. Gezielt eingesetzte Finanzinstrumente können helfen, diese Einschränkungen zu überwinden und die Einführung fortschrittlicher Kühlsysteme zu beschleunigen.

Regierungen sollten daher klare Investitionsanreize – einschließlich Steuervergünstigungen, Finanzierungsmechanismen für grüne Technologien und Förderprogramme – für Technologien bereitstellen, die den Energie- und Wasserverbrauch nachweislich reduzieren. Vorrangige Bereiche umfassen hocheffiziente Pumpensysteme, die hydraulische Optimierung, Infrastrukturen für die Wasserwiederverwendung und die Integration der Wärmerückgewinnung.

Solche Anreize sind besonders wichtig für die Nachrüstung bestehender Anlagen, bei denen eine Modernisierung der Pumpen und Hydraulik oft schnelle Effizienzsteigerungen erzielen, aber mit der IT-Kerninfrastruktur um Investitionen konkurrieren müssen.

5. Fernwärmeintegration und Abwärmerückgewinnung fördern

Um eine stärkere Integration zwischen digitaler Infrastrukturplanung und kommunaler Wärmeplanung zu fördern, müssen politische Rahmenbedingungen komplexe Herausforderungen berücksichtigen und bewältigen. Erfolgreiche Projekte erfordern die Nähe zu Fernwärmenetzen, eine ausreichende Wärmebedarfsdichte, Investitionen in Leitungs- und Austauschinfrastruktur sowie langfristige Abnahmevereinbarungen, die allen Parteien Sicherheit bieten.^{24, 26}

Die Ausschöpfung des Potenzials der Abwärmerückgewinnung hängt weniger von der technischen Machbarkeit ab als von institutionellen und vertraglichen Abstimmungen. Oft stellen Verhandlungen zwischen privaten Rechenzentrumsbetreibern, Fernwärmeversorgern und Gemeinden das größte Hindernis dar. Rechenzentrumsbetreiber benötigen einen kurzfristigen ROI (3–5 Jahre), um wettbewerbsfähig zu bleiben, während Fernwärmeunternehmen langfristig planen und investieren (über 30 Jahre), was häufig zu Unstimmigkeiten zwischen beiden Parteien führt.

Diese Herausforderungen kann man meistern, unter anderem durch eine vorgeschriebene Machbarkeitsprüfung der Wärmerückgewinnung im Rahmen von Baugenehmigungen, die Verpflichtung großer Anlagen, die Wärmeauskopplung zu ermöglichen, sofern technisch umsetzbar, sowie finanzielle Anreize für den Fernwärmeanschluss und die interne Wärmerückgewinnung. Ein weiterer Aspekt sind staatliche Bürgschaften für Investitionen in Rechenzentren, die helfen könnten, Einwände gegen Investitionen in die Fernwärmeversorgung zu

²⁴ Arup, Data centre futures: Water and the sustainable data centre, 2025.

²⁶ Lawrence Berkeley National Laboratory, United States data centre energy usage report, 2024.



überwinden. Optimierte Genehmigungsprozesse und standardisierte Wärmeabnahmeverträge würden zudem die kommerzielle Unsicherheit verringern und die Projektrealisierung beschleunigen.

6. Aufbau der Infrastruktur für aufbereitetes Wasser beschleunigen

Viele der zuvor beschriebenen Lösungen für das zirkuläre Wassermanagement basieren auf einem wirksam eingesetzten Wassermanagement und zuverlässigen Zugang zu aufbereitetem oder Brauchwasser. Um einen großflächigen Einsatz zu ermöglichen, sollten politische Entscheidungsträger die Entwicklung einer speziellen Versorgungsinfrastruktur für aufbereitetes Wasser in Gebieten mit hoher Standortdichte von Rechenzentren unterstützen.

Ein Ansatz wäre die Schaffung von Start-up-Programmen für aufbereitetes Wasser oder von Programmen zur Verlegung von Brauchwasserleitungen in Zusammenarbeit mit Wasserversorgern. Diese Programme würden den Bau von Versorgungsnetzen für aufbereitetes Wasser in vorrangigen Industriegebieten finanzieren und beschleunigen, unterstützt durch Musterverträge und standardisierte Gebührenstrukturen für langfristige Wasserversorgungsverträge.

Solche Investitionen in die Infrastruktur können die Abhängigkeit von Trinkwasser erheblich verringern und gleichzeitig eine langfristige Wassersicherheit für Gemeinden und Rechenzentrumsbetreiber gewährleisten.

7. Anreize für wasserpositiven Betrieb einführen

In Regionen mit strukturellem Wasserstress können politische Entscheidungsträger auch Leistungsanreize für Anlagen in Betracht ziehen, die im jeweiligen Wassereinzugsgebiet einen positiven Netto-Effekt erzielen.

Ein Bonusprogramm für wasserpositive Anlagen würde Betreiber belohnen, die hohe Wassereffizienzschwellenwerte erreichen und gleichzeitig durch eine Kombination aus Wiederverwendung vor Ort, Systemen für aufbereitetes Wasser und Initiativen zur Rehabilitierung von Wassereinzugsgebieten der Umwelt mehr Wasser zuführen, als sie verbrauchen. Die Ausrichtung dieser Anreize an der EU-Wasserresilienzstrategie würde dazu beitragen, Effizienzsteigerungen in den Regionen zu priorisieren, in denen sie am dringendsten benötigt werden.

Standardisierte Berichterstattung, integrierte Planungsrahmen und gezielte finanzielle Anreize schaffen gemeinsam die nötigen Voraussetzungen, um die Effizienz von Rechenzentrumsystemen zu steigern. Indem der Bau von Rechenzentren mit Energieeffizienz, Wasserresilienz und der Integration von Wärmesystemen in Einklang gebracht wird, können politische Entscheidungsträger das fortgesetzte Wachstum der digitalen Infrastruktur unterstützen und gleichzeitig Europas kritische Ressourcen schützen.

Fazit

„Wir sind gemeinsam dafür verantwortlich, Europas zukünftige digitale Infrastruktur auf eine Weise aufzubauen, die sowohl effizient als auch nachhaltig ist. Dies erfordert eine ganzheitliche, systembezogene Perspektive – bei der Rechenzentren sowie Energie- und Wassersysteme so gestaltet sind, dass sie ineinandergreifen. Wenn Lösungen sektorübergreifend abgestimmt sind, können sie die übergeordneten Ziele der EU in Bezug auf Klimaneutralität, Resilienz und Wettbewerbsfähigkeit effektiv unterstützen.“

Isabelle Kemlin, RISE, Business and Innovation Executive

Im kommenden Jahrzehnt entscheidet sich, ob Europa das Wachstum von Rechenzentren so ermöglicht, dass wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit und strategische Autonomie gestärkt werden, oder ob Ressourcenknappheiten, Engpässe in der Infrastruktur und gesellschaftlicher Widerstand Reibungen erzeugen, die Investitionen und Resilienz untergraben.^{1, 27} Mit dem Wachstum von künstlicher Intelligenz, Cloud Computing und datenintensiven Branchen werden Rechenzentren eine unverzichtbare Infrastruktur für moderne Volkswirtschaften bleiben. Die Frage ist daher nicht, ob diese Anlagen wachsen, sondern wie.

Die Nachhaltigkeit und Systemintegration von Rechenzentren wird zunehmend davon abhängen, die Effizienz der Kühl- und Wassermanagementsysteme zu verbessern, die ihrem Betrieb zugrunde liegen. Zu den effektivsten sofort einsetzbaren Hebeln gehören Wärmetauscher, Pumpen- und hydraulische Optimierung, fortschrittliche Kühlarchitekturen, Strategien für das zirkuläre Wassermanagement, neu gestaltete Nachhaltigkeitskennzahlen, digitale Überwachung und die Integration der Wärmerückgewinnung.^{24, 28} In großem Umfang umgesetzt, können diese Maßnahmen messbare Reduktionen sowohl bei Energie- als auch bei Wasserintensität erreichen und gleichzeitig die Betriebssicherheit verbessern und eine tiefere Integration mit Energie- und Wärmesystemen sowie Gemeinden im Umfeld ermöglichen.

Effizienz in der Rechenzentrumsinfrastruktur ist daher kein technisches Randthema mehr, sondern eine strategische Notwendigkeit. Die Verbesserung der Leistung von Kühlsystemen, Wärmeübertragung, Pumpen und hydraulischen Netzen

kann gleichzeitig den Strombedarf senken, die Belastung von Süßwasserressourcen begrenzen und Möglichkeiten zur Sektorenkopplung durch Fernwärme und industrielle Wärmerückgewinnung erschließen. Dadurch verwandeln diese Lösungen Rechenzentren von isolierten Energieverbrauchern in aktive Teilnehmer effizienterer und resilienter Infrastruktursysteme.

Die Verwirklichung dieses Potenzials hängt von politischen Rahmenbedingungen ab, die Investitionsanreize, Berichtsstandards und Infrastrukturplanung mit den in diesem Dokument skizzierten technischen Möglichkeiten in Einklang bringen. Die Einbeziehung eines verantwortungsvollen Umgangs mit Wasser zusätzlich zur Energieeffizienz, der Ausbau der Infrastruktur für die Wasserwiederverwendung, die Integration der Wärmerückgewinnung und die Unterstützung transparenter Leistungsbenchmarks kann die Einführung bewährter Lösungen beschleunigen und gleichzeitig das öffentliche Vertrauen in den Aufbau der digitalen Infrastruktur erhalten.

Wenn diese Ansätze erfolgreich umgesetzt werden, kann Europa die fortgesetzte digitale Transformation unterstützen und gleichzeitig die Energiesicherheit, die ökologische Resilienz und die industrielle Wettbewerbsfähigkeit stärken. Das erschließt den Ländern Europas die Möglichkeit, sich nicht nur als führende Märkte für digitale Infrastruktur zu positionieren, sondern auch als globalen Maßstab dafür, wie diese Infrastruktur produktiv mit der bebauten Umwelt und den natürlichen Systemen koexistieren kann, von denen Gesellschaften letztlich abhängig sind.

¹ International Energy Agency, Energy and AI: Energy demand from AI, 2025a.

²⁷ UK Government, Warm Homes Plan, Januar 2026a.

²⁴ Arup, Data centre futures: Water and the sustainable data centre, 2025.

²⁸ Grundfos, Referenzen zu Rechenzentrumslösungen und Pumpen, 2025a.

Grundfos

– Possibility in every drop

Als Pioniere entwickeln wir wegweisende Lösungen für die globalen Wasser- und Klimaprobleme und verbessern die Lebensqualität der Menschen. Als weltweit führendes Unternehmen für Pumpen- und Wasserlösungen versprechen wir, den Fluss des Wassers zu respektieren, zu schützen und zu fördern. Dazu bieten wir energieeffiziente und wassersparende Lösungen und Anlagen für eine Vielzahl von Anwendungen für Wasserversorger, die Industrie und Gebäude an.

Weitere Informationen hierzu erhalten Sie auf grundfos.de.

Alfa Laval

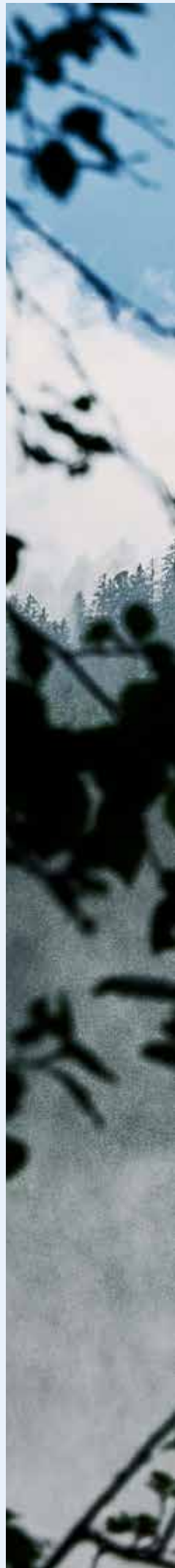
– Pionier für positive Auswirkungen mit einem Jahrhundert Erfahrung in Energieeffizienz

Gemeinsam mit den Kunden entwickelt Alfa Laval Innovationen für die Branchen, die für die Gesellschaft von entscheidender Bedeutung sind und schafft nachhaltige positive Auswirkungen. Als ein weltweit führender Anbieter von Technologien für Wärmeübertragung, Separation und Fluid Handling wollen wir dazu beitragen, Milliarden von Menschen mit der benötigten Energie, Nahrung und sauberem Wasser zu versorgen. Und gleichzeitig die Schifffahrt dekarbonisieren, die das Rückgrat des globalen Handels bildet. Gemeinsam sind wir Pioniere für positive Auswirkungen.

Weitere Informationen hierzu erhalten Sie auf www.alfalaval.de.



Dieses Dokument wurde von Grundfos unter Mitwirkung von Alfa Laval entwickelt.





Quellenverzeichnis

1. International Energy Agency, Energy and AI: Energy demand from AI, 2025a.
 2. Grundfos, Whitepaper: Data centre policies, 2025b.
 3. European Commission, Strategic foresight report 2025: Resilience 2.0 – Empowering the EU to thrive amid turbulence and uncertainty, 2025b.
 4. McKinsey & Company, The role of power in unlocking the European AI revolution, 2024.
 5. UK Government, Water use in AI and data centres, 2025a.
 6. Grundfos, Building America's digital economy: How smart policies can balance economic growth, resource conservation and community well-being, 2025c.
 7. Internationale Organisation für Normung (ISO), Informationstechnologie – Rechenzentren – Schlüsselindikatoren – Teil 2: Kennzahl zur eingesetzten Energie (PUE), ISO/IEC 30134-2:2016, Genf, 2016.
 8. Internationale Organisation für Normung (ISO), Informationstechnologie – Rechenzentren – Schlüsselindikatoren – Teil 9: Effektivität der Wasserverwendung (WUE), ISO/IEC 30134-9:2022, Genf, 2022.
 9. Mytton, D. et al., Data centre water consumption, npj Clean Water, 2021.
 10. Reuters, Poor grid planning could shift Europe's data centre geography, 18. Juni 2025.
 11. Cloudscene, Data Centres in United States of America, o. D., verfügbar unter: <https://cloudscene.com/market/data-centres-in-united-states/all>
 12. McKinsey & Company, The data center balance: How US states can navigate the opportunities and challenges, o. D., verfügbar unter: <https://www.mckinsey.com/industries/public-sector/our-insights/the-data-center-balance-how-us-states-can-navigate-the-opportunities-and-challenges>
 13. NERC, Characteristics and risks of emerging large loads, o. D., verfügbar unter: <https://www.nerc.com/globalassets/who-we-are/standing-committees/rstc/whitepaper-characteristics-and-risks-of-emerging-large-loads.pdf>
 14. Data Center Map, Data Centers in Western Europe, o. D., verfügbar unter: <https://www.datacentermap.com/western-europe/>
-

15. European Data Centre Association (EUDCA), State of European data centres 2025, 2025, verfügbar unter: <https://www.eudca.org/state-of-european-data-centres-2025>
 16. Data Center Map, Middle East Data Centers, o. D., verfügbar unter: <https://www.datacentermap.com/middle-east/>
 17. Kearney, A greener digital age: The Middle East data center opportunity, o. D., verfügbar unter: <https://www.kenney.com/service/sustainability/article/a-greener-digital-age-the-middle-east-data-center-opportunity>
 18. GlobeNewswire, Middle East data center colocation market outlook forecast report 2025–2030: UAE and Saudi Arabia are the forefront markets while countries like Israel and Turkey emerge as new growth areas, 15. Januar 2026, verfügbar unter: <https://www.globenewswire.com/news-release/2026/01/15/3219318/28124/en/Middle-East-Data-Center-Colocation-Market-Outlook-Forecast-Report-2025-2030-UAE-and-Saudi-Arabia-are-the-Forefront-Markets-While-Countries-Like-Israel-and-Turkey-Emerge-As-New-Grow.html>
 19. S&P Global, Saudi Arabia data center market, o. D., verfügbar unter: <https://www.spglobal.com/en/research-insights/special-reports/look-forward/data-center-frontiers/saudi-arabia-data-center-market>
 20. Cloudscene, Data centres in China, o. D., verfügbar unter: <https://cloudscene.com/market/data-centres-in-china/all>
 21. Carbon Brief, Explainer: How China is managing the rising energy demand from data centres, o. D., verfügbar unter: <https://www.carbonbrief.org/explainer-how-china-is-managing-the-rising-energy-demand-from-data-centres/>
 22. Wissenschaftlicher Dienst des Europäischen Parlaments (EPRS), Stromverbrauch von Rechenzentren in der EU, 2025.
 23. Umweltprogramm der Vereinten Nationen und Weltwirtschaftsforum, Wasserrisiko- und Wasserstressanalysen, 2025.
 24. Arup, Data centre futures: Water and the sustainable data centre, 2025.
 25. Alfa Laval, Advancing sustainability in data centres: Evaluation of hybrid air/liquid cooling schemes for IT payload using sea water, IEEE Transactions on Cloud Computing, Bd. 12, Nr. 4, Oktober–Dezember 2024, 2024.
 26. Lawrence Berkeley National Laboratory, United States data centre energy usage report, 2024.
 27. UK Government, Warm Homes Plan, Januar 2026a.
 28. Grundfos, Referenzen zu Rechenzentrumslösungen und Pumpen, 2025a.
-

