

Rüsselsheim

Informationsgrundlage Datenzentrum

Datenzentren und Nachhaltigkeit in der
Kommunalwirtschaft zusammen denken

03.11.2023

297212-00

Arup Deutschland GmbH | Sitz Berlin, Düsseldorf, Frankfurt/Main | Amtsgericht Berlin HRB 141345
Geschäftsführer/in: Paul Coughlan BE (Civil) Dipl.-Ing. Eva Hinkers Dipl.-Ing. Christopher Hoevens



Einleitung

In Rüsselsheim a.M. besteht im Zuge weitreichender städtebaulicher Transformationen die Möglichkeit der Ansiedlung von Datenzentren.

Datenzentren sind komplexe und städtebaulich herausfordernde Bauten mit großem Einfluss und Gestaltungspotenzial. Als Schlüsseltechnologie der Gegenwart befinden sich Datenzentren im gesellschaftlichen Spannungsfeld zwischen Skepsis und Optimismus, wodurch die notwendige sachliche Diskussion um eine Ansiedlung erschwert wird.

Der vorliegende Bericht stellt in prägnanter Form Eckpunkte und Informationen zu Datenzentren zusammen und soll damit den Stadtverordneten der Stadt Rüsselsheim als Informationsgrundlage für strategische Entscheidungen zur Stadtentwicklung dienen.

Die Autoren erarbeiteten diese Studie für eine interessierte, allerdings fachlich kaum vertraute Leserschaft mit begrenzter Zeit zum Einlesen in die Thematik. Quellen und Links im Dokument erlauben die thematische Vertiefung über weiterführende Dokumente.

Der Bericht zielt darauf ab, Datenzentren hinsichtlich ihrer Relevanz und ihres Einflusses auf eine nachhaltige, wirtschaftliche, soziale und ökologische Stadt- und Raumentwicklung darzustellen.

Die Erstellung des Berichts wurde vom Magistrat der Stadt Rüsselsheim / Wirtschaftsförderung & Stadtentwicklung beauftragt und im September / Oktober 2023 durch das Planungs- und Beratungsbüro Arup erarbeitet.

Grundlage der Ergebnisse sind unsere langjährige Erfahrung in der Planung und Realisierung von Datenzentren an der Seite von Entwicklern, Städten und lokaler Energiewirtschaft.

Darüber hinaus wurden verschiedene Studien zum Thema kritisch ausgewertet und synthetisiert, sowie Experteninterviews zur Anreicherung und Validierung der Inhalte durchgeführt.

Autoren

Karsten Spengler
Direktor | Science, Industry &
Technology

Matthias Wechsler
Consultant | Transformation
Advisory

Arup
Mayfarthstraße 15
60314 Frankfurt a. M.
www.arup.com

Gliederung

1. Datenzentren als Teil der Digitalen Infrastruktur
2. Standortanforderungen von Datenzentren
3. Übergeordnete Gestaltungspotenziale
4. Datenzentren als Energieerzeuger
5. Datenzentren als Energieverbraucher
6. Datenzentren als Teil des wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Ökosystems
7. Fazit: Datenzentren und Nachhaltigkeit zusammen denken

1. Datenzentren als Teil der Digitalen Infrastruktur

Datenzentren an der Schnittstelle vielfältiger Transformationsprozessen

Datenzentren sind wichtige Elemente der digitalen Infrastruktur und daher direkt und indirekt an einer Vielzahl gesellschaftlicher, ökonomischer und ökologischer Transformationsprozesse beteiligt.

In Datenzentren werden Daten verarbeitet, gespeichert und zugänglich gemacht. Sie übernehmen damit zu immer größerem Anteil – und in deutlich effektiverem Maße – die Funktion dezentraler, lokaler Server auf denen digitale Inhalte bisher verwalteteten.

Mit der fortschreitenden Digitalisierung aller Lebensbereiche ist auch die dafür notwendige Infrastruktur mit beinahe allen täglichen Aktivitäten verknüpft: Das Funktionieren von Lieferketten, Bahn- oder Flugverkehr, viele Produktionsprozesse, eine Überweisung, die Navigation im Auto oder mit dem Handy, der Kauf eines Tickets für den ÖPNV oder das Streamen einer Serie sind ohne Datenzentren nicht denkbar. Ebenso zentral ist die Rolle von Datenzentren darin, den möglichen Beitrag der Digitalisierung zum Erreichen der Nachhaltigkeitsziele auszuschöpfen. So ist etwa die Verkehrswende, der Ausbau und Betrieb einer nachhaltigen Energieinfrastruktur, sowie die User-Economy als Bestandteil eines ressourcenschonenden Wirtschaftssystems nur unterstützt durch ein leistungsstarkes Internet denkbar. Als Teil der digitalen Infrastruktur sind Datenzentren zwingende Voraussetzung für gesellschaftlich gewünschte Prozesse.

Dank ihres großen Nutzwertes, der weiten Verbreitung, sowie den datenbasierten Geschäftsmodellen haben digitale Dienste zunehmend den Charakter eines Öffentlichen Gutes. Der überwiegende Teil digitaler Infrastruktur (einschließlich Datenzentren) wird allerdings durch private Firmen errichtet und betrieben. Vor diesem Hintergrund ist die Nutzung öffentlicher Handlungsspielräume in der aktiven Gestaltung der Digitalisierung, sowie der damit verbundenen Infrastruktur äußerst wichtig.

Regionale Transformationen

Als gesellschaftliches Querschnittsthema, bestimmen eine Reihe globaler und regionaler Trends den Diskurs um Digitalisierung und Datenzentren in Europa. Der gegenwärtig – und perspektivisch auch zukünftig - zur Verfügung stehende grüne Strom reicht nicht aus, um den Bedarf von Industrienationen zu decken und die gesteckten Dekarbonisierungsziele zu erreichen. Mit dieser Knappheit einher geht eine Verteilungsfrage zur Verwendung grünen Stroms hinsichtlich ökologischer, wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Gesichtspunkte. Diese Frage ist auf verschiedenen politischen Ebenen zu diskutieren; bei aller Komplexität und Schwierigkeit bedeutet dies gleichzeitig einen Gestaltungsraum für Politik und öffentliche Verwaltung. Die Entwicklung immer neuer, der User-Economy zuzurechnender Produkte und Services stellt einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele in Europa dar und ist daher zu begrüßen.

In der Regel werden diese Angebote durch digitale Dienste koordiniert und betrieben und erfordern eine leistungsstarke digitale Infrastruktur.

Globale Transformationen

Darüber hinaus beeinflussen globale Trends die Diskussion um den Bedarf und die Ansiedlung von Datenzentren. Zentral ist dabei die - sowohl durch Nachfrage unterstützte - als auch gesetzlich festgesetzte Anforderung zur lokalen Verarbeitung und Speicherung von Daten durch die Datenschutzgrundverordnung. Mit dem Wunsch nach europäischer Datenautonomie ist auch die Suche nach einem Dritten Digitalen Weg zwischen den Polen USA und China verbunden. In verschiedenen Formen (bspw. Gaia X) wird gegenwärtig die Möglichkeit einer unabhängigen, leistungs- und wettbewerbsfähigen, sowie sicheren Internetinfrastruktur diskutiert.

Der Bedarf nach digitaler Arbeitsleistung wird indessen mit der Formierung der fünften industriellen Revolution weiter steigen. Gemeint ist damit die bereits in Grundzügen stattfindende Zusammenarbeit zwischen Menschen, High-Tech und künstlicher Intelligenz mit Fokus auf Nachhaltigkeit und Resilienz. Diese Art der Wirtschaft erfordert unabdingbar eine lokal-, wie auch global verantwortlich gestaltete und genutzte Dateninfrastruktur. Unabhängig von der Geschwindigkeit der hier skizzierten Transformationen wird Digitalität und die damit einhergehenden Industrien langfristig Teil lokaler und globaler Infrastruktur bleiben.

2. Standortanforderungen von Datenzentren

Aufbau eines Datenzentrums

Datenzentren speichern digitale Inhalte zentral, effektiv und sicher und bilden die agglomerierte technische Nachfolge dezentraler Serverinfrastruktur. In ihrer heutigen Form werden Datenzentren seit etwa 30 Jahren großflächig entwickelt.

Datenzentren bestehen in der Regel aus drei Hauptkomponenten:

- den Datenhallen, in denen die Server installiert sind;
- den Technikflächen für Strom- und Kälteversorgung, Löschanlagen etc.
- einem im Verhältnis oft kleinen Verwaltungsteil über den der Zutritt zum Gebäude geregelt wird und in dem Betreiber und Kunden ihre Räumlichkeiten haben.

Der Bedarf an Grundfläche variiert, bewegt sich aber in der Regel zwischen einem und drei Hektar für einzelne Rechenzentren - Campi ein Mehrfaches davon. Die Gebäude selbst sind aufgrund hoher Grundstückspreise in der Regel mehrgeschossig und inkl. Technikebenen zwischen 15 und 25 Meter hoch. Zusätzlich zum eigentlichen Rechenzentrumsgebäude werden auf dem Grundstück meist auch Umspannwerke, Generatoren und andere technische Anlagen benötigt. Die hohen Sicherheitsanforderungen machen technische Redundanzen und konsequent einzuhaltende Abstands- und Zugangsregelungen nötig, sodass Datenzentren nicht öffentlich zugänglich sind.

Zentrale Kennziffer und Größenangabe für Datenzentren ist die IT-Leistung in MW. **Mittlere Datenzentren haben heutzutage zwischen 20 – 30 MW Leistung, Tendenz steigend. Größere Campi beherbergen in mehreren Gebäuden bis zu 200 MW IT-Leistung.**

Kernanforderungen

Aus der Funktion, dem technischen Aufbau, sowie den aus dem Betrieb resultierenden Emissionen ergeben sich verschiedentliche Standortanforderungen für Datenzentren, die den effizienten und störungsfreien Betrieb des Datenzentrums sicherstellen sollen.

Grundanforderungen an den Standort von Rechenzentren sind:

- die Eignung des Grundstücks (Genehmigungsfähigkeit, Größe, Lage, Verträglichkeit mit Nachbarschaft, Risiken);
- die gesicherte Verfügbarkeit von Strom sowie der entsprechenden Infrastruktur, wie beispielsweise Umspannwerke;
- eine schnelle und gut ausgebaute Glasfaser-Infrastruktur zum nächsten Internetknoten, wie etwa DE-CIX, dem weltweit größten Internetknoten in Frankfurt;
- ein positives Investmentklima in Form klarer Regularien durch die Kommune und einem gemeinsamen Gestaltungswillen aller relevanten Stakeholder.

In Frankfurt liegt der weltweit größte Internetknoten, was maßgeblich zur Attraktivität des Standortes einschließlich Umland für die Entwicklung von Datenzentren beiträgt.

Die geografische Nähe von Datenzentren zu Internetknoten ist eine Voraussetzung für geringe Latenzzeiten in der Datenverarbeitung. Ein leistungsfähigeres Glasfasernetz und die Schaffung zusätzlicher Internetknoten (in Deutschland derzeit 24) ermöglichen mittlerweile den Betrieb von Rechenzentren in etwas größerer Entfernung zum nächsten Internetknoten (z.B. Rüsselsheim im Bezug auf den Frankfurter Internetknoten) – sogenannten Tier 2 Lokationen. Mit der Entwicklung großer Rechenzentrumsparcs in Brandenburg ist dieser Trend bereits heute sichtbar.

Perspektivisch wird es also mehr Standortwettbewerb geben. Der geografische Standortvorteil von Rüsselsheim (und damit auch der erzielbare Bodenpreis) könnte sich mittelfristig verringern.

Aufgrund ihres introvertierten Charakters, ihrer Größe und der mit dem Betrieb einhergehenden Lärmbelastungen werden Rechenzentren häufig in Gewerbegebieten fernab anderer städtischer Nutzungen errichtet. Eine randstädtische Ansiedlung stellt dahingegen eine Herausforderung für die Nutzung der Abwärme zum Heizen städtischer Quartiere, Sporteinrichtungen oder Gewächshäuser dar, welche eine Chance zur effektiven Verwendung von Ressourcen bietet.

3. Übergeordnete Gestaltungspotenziale

Aus ihrer Form und Funktion ergeben sich vielfältige Herausforderungen und Potenziale für die Gestaltung und Einbettung von Datenzentren in städtische Räume.

Datenzentren sind insbesondere aufgrund ihrer Größe und ihres introvertierten Charakters nicht einfach in den urbanen Raum integrierbar. Sie widersprechen den Paradigmen gegenwärtiger Stadtgestaltung und den – häufig aus der Innenstadt auf die Gesamtstadt übertragenen - Ansprüchen an Funktionsüberlagerung, Kleinteiligkeit und Porosität.

Gestaltungsspielräume bei Datenzentren bestehen maßgeblich in der Gestaltung der Fassaden und der Qualität der angrenzenden Freiflächen sowie in der Kubatur der Gebäude.

Die meisten Rechenzentrumsbetreiber haben eigene Gestaltungsstandards entwickelt mit dem Ziel, einer möglichst ökonomischen, schnellen und abschnittswisen Errichtung der Gebäude entsprechend der Vermietung sowie eines effizienten Betriebs. Gleichzeitig werden Rechenzentren häufig über Investoren-Konsortien co-finanziert. Höhere Qualitätsstandards etc. sind möglich, müssen aber für die Betreiber gegenüber deren Investoren begründbar sein.

Idealerweise werden durch die Stadtplanung **im Vorfeld von Projekten standortbezogen Ziele** formuliert und mit dem Betreiber / Investor ausgehandelt. Dabei können in städtebaulichen Verträgen und B-Plänen Vorgaben zu Schallschutz, Verkehrsführung, Nachhaltigkeitsrichtlinien, sowie Corporate Social Responsibility festgesetzt werden.

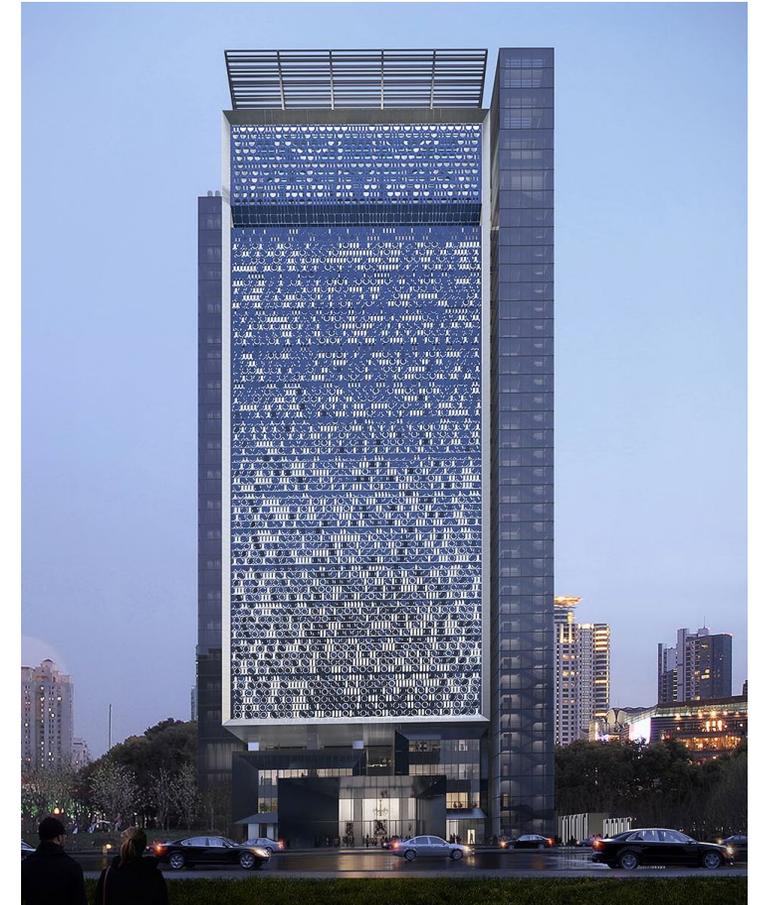
Höhere Gebäude ermöglichen beispielsweise kleinere Grundflächen und damit größere Freiflächen. Ein geschlosseneres Erscheinungsbild ist möglich, wenn Generatoren in Bühnenkonstruktionen gestapelt oder ins Gebäude integriert werden.

Städte wie Frankfurt schreiben **Grünfassaden** für Rechenzentren vor, um das Erscheinungsbild der großvolumigen Baukörper zu brechen und die Akzeptanz durch Anwohner zu verbessern.

Die Umnutzung von **Bestandsgebäuden** zu Rechenzentren ist unter Umständen möglich, gehen in der Regel aber mit Kompromissen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit einher. Maßgebliche Kriterien für eine Eignung sind neben der Lage unter anderem die Tragfähigkeit der Bauteile, die Geschosshöhen und die Eignung zur nachträglichen Schaffung der notwendigen räumlichen Strukturen innerhalb einer bestehenden Gebäudehülle.

In der Debatte um städtebauliche Integrierung von Datenzentren werden auch Alternativen zu den herkömmlichen Konstruktionen besprochen. So befindet sich ein vom Architekturbüro Schneider + Schumacher als Hochhaus entworfenes Datenzentrum in Shenzhen gegenwärtig im Bau (Bild rechts).

Shenzhen Data Centre (© Schneider+Schumacher 2018)



3. Übergeordnete Gestaltungspotenziale

Datenzentren weisen eine – im Vergleich zu anderen Infrastrukturen – große Divergenz zwischen **großflächig verteilten Gains und lokal auftretenden Pains** auf. Ähnlich der Ausweisung von Flächen für Windkraft, wird mit Datenzentren eine gesellschaftlich gewünschte und als notwendig empfundene Entwicklung ermöglicht, die teilweise mit lokalen Einzelinteressen kollidiert.

Während ein hoher Stromverbrauch und städtebauliche Großmaßstablichkeit stark lokalisiert auftreten, lassen sich positive Effekte eines Datenzentrums – etwa leistungsfähige und schnelle digitale Dienstleistungen – weitgehend unterschiedsfrei genießen. Darüber hinaus werden die Einsparpotenziale der Digitalisierung nicht in der Digitalbranche selbst, sondern in anderen Bereichen, beispielsweise in der Mobilitäts- und Logistikbranche, dem verarbeitenden Gewerbe, im Dienstleistungssektor und dem Wohnen erwirtschaftet.

Aufgrund des großen Bedarfs und ihrer wirtschaftlichen Rentabilität, können Datenzentren auch als indirekte **Ermöglicher** gewünschter Stadt- und Regionalentwicklung fungieren, die zur Co-Finanzierung anderer städtischer Projekte und Prioritäten beitragen können. Im Kontext von (vorhabenbezogenen) Bebauungsplänen und Stadtentwicklungsverträgen stehen Stadtverwaltungen Handlungsspielräume zur Verfügung, um den Bau von Datenzentren an städtebaulich gewünschte Projekte zu knüpfen.

Die Erfahrung in Frankfurt und anderen Städten hat gezeigt, dass eine proaktive städtische Initiative und Gestaltungsmut notwendig sind, um dieses Potential umzusetzen.

Darüber können Rechenzentren durch die Nutzung der darin anfallenden Abwärme als sichere und kostengünstige Wärmequelle zur künftigen CO2-neutralen Wärmeversorgung von Kommunen wesentlich beitragen
(→ siehe Kap. 4 und Kap. 5 Datenzentren als Energieerzeuger und -Verbraucher).

Citibank Datenzentrum, Frankfurt (Arup 2012)



4. Datenzentren als Energieerzeuger

Jede in das Datenzentrum eingespeiste Kilowattstunde Strom wird in Wärme umgewandelt und bisher über Kühlanlagen an die Umgebung abgegeben. Wurden Möglichkeiten der Nachnutzung dieser Abwärme in der Vergangenheit unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit meist verworfen, ist mit der gewünschten und geforderten CO₂-Neutralität der künftigen Wärmeversorgung ein Paradigmenwechsel eingetreten. Die Nutzung von Abwärme steht im Wettbewerb mit anderen regenerativen Energieformen wie Geothermie, Solarthermie und Elektrifizierung inkl. Wärmepumpen. **Die Abwärme von Rechenzentren stellt eine CO₂-neutrale, hochverfügbare und zunächst kostengünstige Energiequelle dar.** Das Energie-Effizienz-Gesetz fordert für neugebaute Rechenzentren mittlerweile die Nutzung der Abwärme zu mind. 10% ab 2026 bzw. 20% ab 2028.

Ein einzelnes Rechenzentrum mit 20MW nomineller IT-Leistung und ca. 80%iger Auslastung könnte rechnerisch knapp ein Zehntel des Wärmebedarfs für Haushalte in Rüsselsheim decken.

Zur Erzielung einer größeren Versorgungssicherheit empfiehlt sich die Diversifizierung der einspeisenden Erzeuger.

Da sie auf absehbare Zeit mit relativ niedrigen Temperaturen von ca. 30°C anfällt, ist eine Anwendungen in der Landwirtschaft (Gewächshäuser, Urban Farming), zur Heizung von Schwimmbädern und Sportstätten oder verschiedene Industrien, die große Wärmemengen mit geringer Temperatur benötigen, besonders wirtschaftlich.

Für die Gebäudeheizung oder als Nah- oder Fernwärme sind in der Regel zusätzlich Wärmepumpen erforderlich, welche die Temperatur auf ca. 60°C (Wärmenetze 4.0) oder 90°C (Wärmenetze 3.0) anheben.

Im Vergleich zu dezentralen, luftgekühlten Wärmepumpen, welche gegenwärtig vielfach in Wohneinheiten eingebaut werden, sind je nach Nutzerdichte und Netzgröße eines lokalen Wärmenetzes deutliche energetische Vorteile möglich. Die Nutzung von **Rechenzentrumsabwärme kann so einen wesentlichen Beitrag zur Dekarbonisierung des Energiesektors und zur Reduzierung des Stromverbrauchs für Heizzwecke beitragen.**

Die größten, für die Nutzung der Abwärme notwendigen Investitionen fallen für die Errichtung der notwendigen Fern- oder Nahwärmetrassen an. Je näher Datenzentren an möglichen Wärmeverbrauchern errichtet werden, umso größer ist die Gesamtwirtschaftlichkeit einer Abwärmennutzung für Heizzwecke. Da insbesondere die Schaffung von Wärmenetzen ein erhebliches und langfristiges Investment darstellt, sind verlässliche Rahmenbedingungen für deren Umsetzung unabdingbar.

Eine regionale Wärmeplanung als verbindlicher gestalterischer und rechtlicher Rahmen und das Zusammenwirken von Stadt, Wärmeversorger, Abnehmern und Datenzentrumsbetreiber sind Grundvoraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung.

Um dieses Potential zu heben, müssen Städte ihre gestalterischen Spielräume pro-aktiv nutzen, um die Einzelinteressen der übrigen Stakeholder in eine übergeordnete Strategie zu integrieren.

Zur Beschleunigung des Transformationsprozesses und zu dessen wirtschaftlicher Ausgestaltung kann die Gründung einer städtischen Infrastrukturgesellschaft sinnvoll sein, da diese den Wärmesektor für den Markt gestalten und öffnen kann. Je nach Ausgestaltung ist hiermit auch eine langfristige lokale Wertschöpfung möglich.

Ein vielbeachtetes Leuchtturmprojekt ist der Stadt Stockholm mit **Stockholm Data Parks** gelungen: Die Initiative aus Stadtverwaltung, lokaler Fernwärmeanbieter und Netzbetreiber entwickelt dabei aktiv einen technischen und rechtlichen Rahmen, in dem Datenzentren attraktiv entwickelt werden können, während die anfallende Abwärme in lokale Energiekreisläufe eingespeist wird.

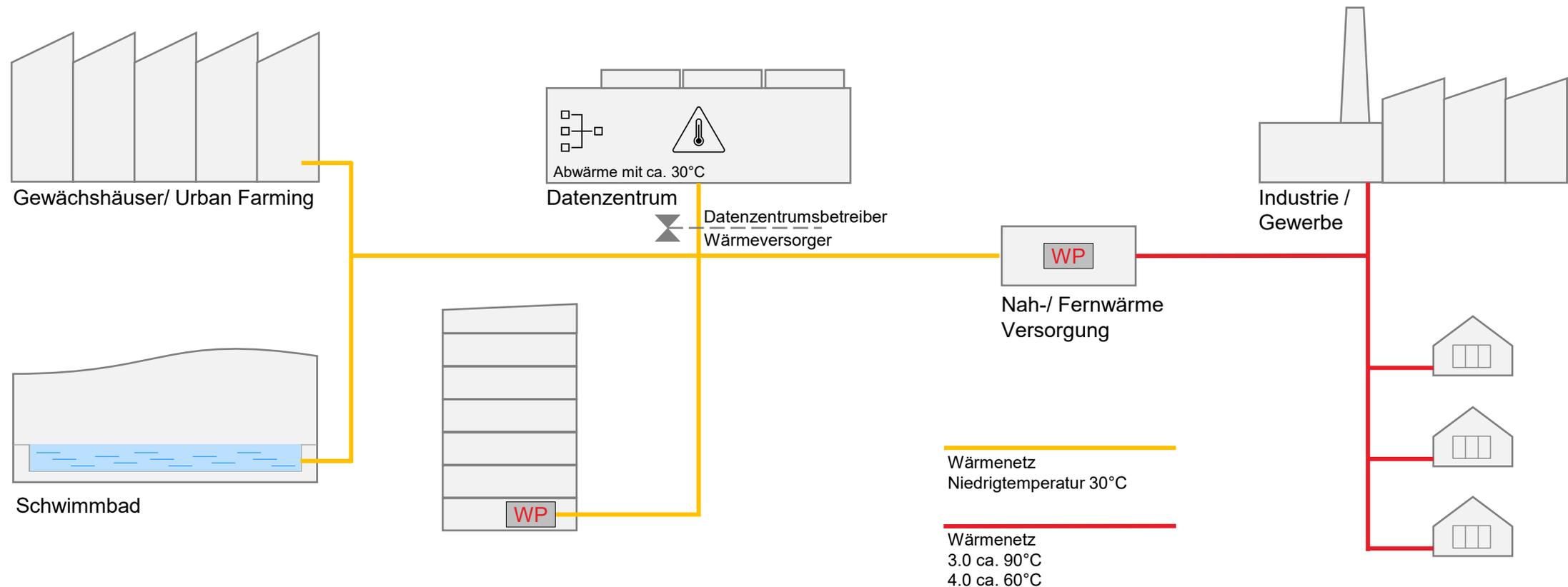
Ähnliche Planungen gibt es für Helsinki/Finland, wo die Abwärme aus Microsofts Datacentern künftig rund 96.000 Haushalte heizen wird.

Darüber hinaus können Solarenergie-Erträge an Fassadenflächen einen - im Vergleich zum Gesamt-Strombedarf des Rechenzentrums zwar geringen – wirtschaftlich und ökologisch aber sinnvollen Beitrag zur Erzeugung regenerativer Energien leisten.

Auf der kommenden Seite ist ein städtisches Wärmenetz mit Schnittstelle zu einem Datenzentrum schematisch dargestellt.

4. Datenzentren als Energieerzeuger

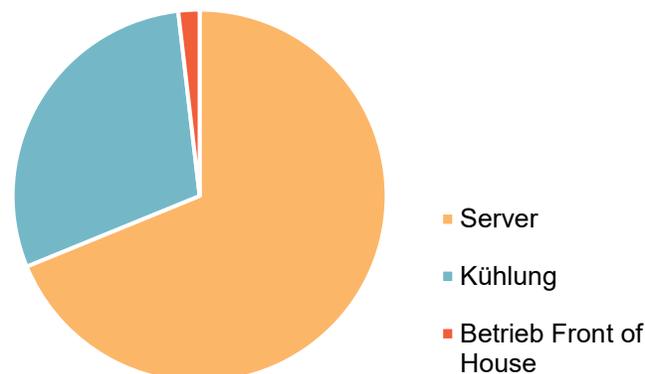
Schematische Darstellung eines kommunalen Wärmenetzes mit Schnittstelle zu einem Datenzentrum.



5. Datenzentren als Energieverbraucher

Weltweit benötigen Datenzentren ca. 1 – 1,5 % des verfügbaren Stroms. Dieser Wert hat sich auf Grund von Rebound-Effekten in der Vergangenheit trotz steigender Rechenleistung als stabil erwiesen.

Dabei fällt Energie maßgeblich für den Betrieb der Server an (ca. 80 %) sowie für die Kühlung der Server (ca. 20 %). Der Energieverbrauch für den Betrieb des Front of House ist im Verhältnis fast vernachlässigbar.



Breakdown Energieverbrauch von Datenzentren (qualitative)

Neben dem regelmäßigen Austausch der Hardware gegen energieeffizientere Server, bietet die Kühlung das nächstgrößte Potenzial, den Energieverbrauch von Datenzentren signifikant zu senken. In der Regel erfolgt die Kühlung derzeit über luftgekühlte Kältemaschinen.

Die alternative, **adiabatische Kühlung** stellt eine quasi regenerative Form der Kühlung dar, die sich durch hohe Energieeffizienz auszeichnet: Die Kühlung erfolgt durch das Verdunsten von Wasser, das an anderer Stelle als Regen wieder in den Kreislauf zurückkommt. Aufgrund örtlicher Trinkwasserknappheit wird der Wasserverbrauch für Kühlzwecke jedoch häufig limitiert. **Brauchwasser- oder Flusswasserrecycling sind vereinzelt genutzte technische Alternativen.**

Die viel diskutierte, weil potenziell effizientere **Flüssigkeitskühlung von Servern** ist derzeit noch eine Nischenlösung, die vor allem in Supercomputern Anwendung findet. Es ist wahrscheinlich, dass sich mit zunehmender Leistungsdichte der Server, die Flüssigkeitskühlung perspektivisch als Standard durchsetzen wird. Der Zeitpunkt lässt sich derzeit jedoch nicht vorhersagen.

Um den nachhaltigen Betrieb von Datenzentren zu fördern und die Innovationskraft der Branche herauszufordern, hat die deutsche Gesetzgebung einen ambitionierten rechtlichen Rahmen für den Betrieb von Rechenzentren geschaffen.

Das Energieeffizienz-Gesetz setzt dabei den Ursprung des zu verwendeten Stroms, die Betriebseffizienz eines Datenzentrums, sowie die verpflichtende Nutzung der Abwärme eines Datenzentrums dem Grunde nach fest. Konkret verpflichtet das Gesetz alle Datenzentrumsbetreiber zur Nutzung von regenerativ erzeugtem Strom. Ab 2024 müssen 50 % – ab Juli 2027 wird dieser Wert auf 100% des Strombedarfs angehoben – aus regenerativen Quellen stammen. Weil die Nachfrage derzeit das Angebot an lokal erzeugtem Grünstrom übersteigt, erfolgt der Bezug in der Regel über Power Purchase Agreements (PPA) und Zertifikathandel.

Eine zentrale Kennziffer für die Effizienz von Datenzentren ist **Power Usage Effectiveness (PUE)**. Die Zahl beschreibt, wie effektiv ein Datenzentrum Energie verwendet. Zur Berechnung wird der gesamte Energieverbrauch von Datenzentren durch den Energieverbrauch der IT geteilt.

Das Energie-Effizienz-Gesetz fordert für Neubauten ab **Juli 2026 ein PUE von maximal 1.2** und setzt damit ein sehr ambitioniertes Ziel, das technische Innovationsprozesse zur Effizienzsteigerung beschleunigen wird.

6. Rechenzentren als Teil des wirtschaftlichen Ökosystems

Entwicklung und Betrieb von Datenzentren als Teil lokaler Wertschöpfungsketten

Die Entwicklung und der Betrieb von Datenzentren involviert lokale, regionale und globale Wertschöpfungsketten. Dabei wird ein breites Spektrum qualifizierter bis hochqualifizierter Fachkräfte beschäftigt und einmalige, sowie wiederkehrende Einnahmen für den Wirtschaftsraum generiert. **Ein städtischer Wirtschaftsraum kann besonders dann stärker von Datenzentrenentwicklungen profitieren, wenn auf städtischer Seite der entsprechende Rahmen früh abgesteckt wird.** Kommunale Planungen können dann direkt bei Bauvoranfragen kommuniziert und bei der Entwicklung von Datenzentrumsprojekten Berücksichtigung finden. Dies betrifft sowohl Gestaltungswünsche als auch gewünschte Synergien (z.B. Abwärmenutzung).

Während der Entwicklungsphase sind vielfältige technische, rechtliche und umweltbezogene Gutachten und Untersuchungen anzufertigen, um die Einpassung des Projektes an den lokalen Kontext sicherzustellen. Einnahmen werden unter anderem beim Verkauf der Grundstücke aber auch durch vielfältige Planungs-Beratungs- und Gutachtertätigkeiten generiert, welche größtenteils lokal oder in der Region erfolgen. Planung und Bau der notwendigen Infrastruktur (Strom, Wasser, Abwasser, Abwärme, etc.) erfolgen typischerweise durch lokale Versorger, wodurch auch hier eine Wertschöpfung erfolgt.

Der Bau von Datenzentren erfolgt oft durch internationale Generalunternehmer, wobei auch hier in der Regel örtliche Unternehmen beschäftigt werden und ein Großteil des Materials lokal oder regional beschafft wird. Aufgrund der kurzen Bauzeiten werden viele Arbeitskräfte gebunden, die lokal wohnen und konsumieren.

In der Betriebsphase sind Datenzentren Arbeitgeber für etwa 50 bis 100 technische Fachkräfte. In Datenzentren, welche die Flächensegmente, bzw. Serverleistung vermieten (Colocation Datenzentren), arbeiten zudem häufig auch Teams der Mieter vor Ort. Darüber hinaus generieren Datenzentren regelmäßige Wartungs- und Reparaturleistungen, sowie Reinigungs- und Sicherheitsservices. Die für den Betrieb notwendigen technischen Anlagen haben eine erwartete Lebensdauer von etwa zehn Jahren, sodass in **regelmäßigen Abständen weitere Baumaßnahmen erbracht werden müssen.**

Darüber hinaus werden erhebliche Gebühren für den Bezug von Strom, Wasser und Abwasser sowie Kraftstoff zum Betrieb der Generatoren an lokale Versorger gezahlt.

Wird die Abwärme eines Datenzentrums in ein Nah- oder Fernwärmenetz eingespeist erweitert sich der involvierte Kreis öffentlicher und privater Firmen erheblich und schließt Organe der öffentlichen Daseinsvorsorge, wie Strom- und Wärmeversorger, sowie Abnehmer mit ein.

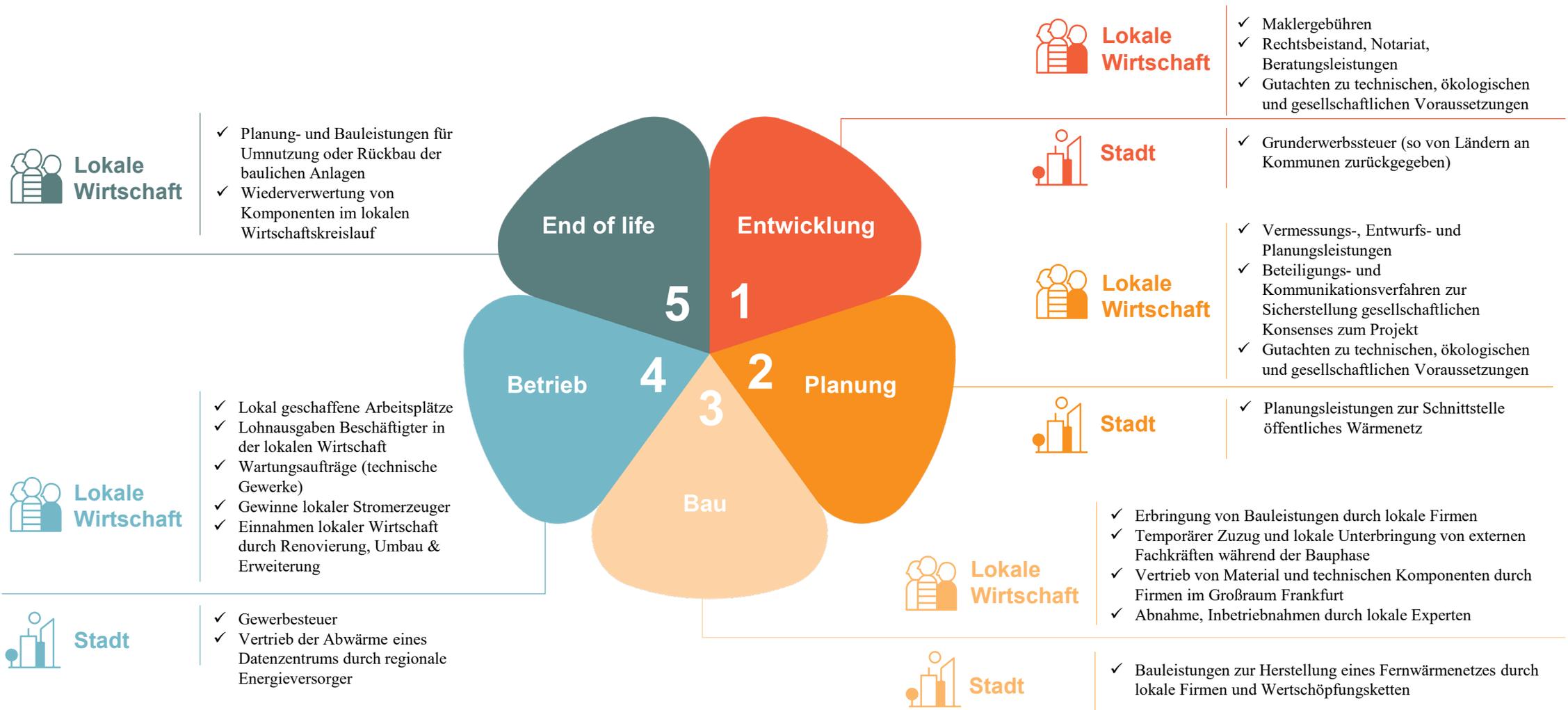
Am Ende der Lebensphase generieren Datenzentren Planungs- und Bauleistungen für die Konzeption und Durchführung von Umnutzung und Rückbau, sowie die Eingliederung technischer Komponenten in lokale Material- und Produktkreisläufe.

Außerhalb der Wertschöpfungskette der Betreiber- und Zulieferbetriebe entwickeln Datenzentren wenig überregionale Strahlkraft, die direkt zur Ansiedlung arbeits- bzw. steuerintensiver Branchen beiträgt. Grund hierfür ist, dass die Rechenleistung von Datenzentren überregional gleichmäßig zur Verfügung steht und eine geographische Nähe zu Datenzentren nur für einen geringen Anteil an Datennutzern relevant ist.

Kommunen können allerdings von Datenzentren direkt über die Einnahme von Gewerbesteuern profitieren, wenn diese von einem lokalen Betreiber betrieben werden. Denkbar ist ein Modell, bei dem ein lokaler Mieter Flächen untervermietet und auf Einnahmen und Gewinn lokal steuern entrichtet.

Im Rahmen der Entwicklung des Datenzentrums in Hanau beispielsweise wurde eine Lösung gefunden, die den lokalen Abfluss von Gewerbesteuern sicherstellt. Da Betreiber in der Regel im Ausland firmieren und Steuern zahlen, ist es unerlässlich die Möglichkeit eines solchen Szenarios umfangreich rechtlich zu prüfen. Ein Wissensaustausch mit der Stadt Hanau ist zu empfehlen, um stadtseitige Anforderungen und Auflagen, die zu lokalem Steueraufkommen führen, gegenüber möglichen Entwicklern durchsetzen zu können.

6. Datenzentren als Teil des wirtschaftlichen Ökosystems



6. Datenzentren als Teil des wirtschaftlichen Ökosystems

Beteiligte Stakeholder

Datenzentren werden durch eine Vielzahl von Stakeholdern und Beteiligten entwickelt, betrieben und genutzt.

Stadt: Als Sonderbauten sind Datenzentren durch vielfältige politische Instrumente zu prüfen, mitzugestalten und zu genehmigen. Dabei spielen Städte und deren strategische Planung zur Standortentwicklung eine maßgebliche Rolle. Stadtseitig sind dabei sowohl politische als auch Verwaltungsorgane involviert.

Projektentwickler: Entwickler identifizieren für die Entwicklung eines Datenzentrums geeignete Grundstücke, prüfen rechtliche und technische Grundlagen und bemühen sich um die Herstellung einer baurechtlichen Genehmigungsfähigkeit. Sie vertreiben geeignete Grundstücke an Datenzentrenbetreiber.

Finanzierung: Datenzentren sind mit hohen Investkosten verbunden (ca. 10 Mio € / KW IT Leistung) und werden durch internationale Fonds und Banken mit entsprechenden Profitinteressen co-finanziert.

Betreiber: Betreiber entwickeln, errichten und betreiben Datenzentren, um die Flächen vollständig selber zu nutzen (z.B. Google, Meta, AWS, staatliche Institutionen oder einzelne Industrieunternehmen) oder, um Flächen im Rechenzentrum zu vermieten (Co-location Datenzentren). Die Nutzer/Kunden von Rechenzentren stehen häufig mit Projektbeginn noch nicht fest.

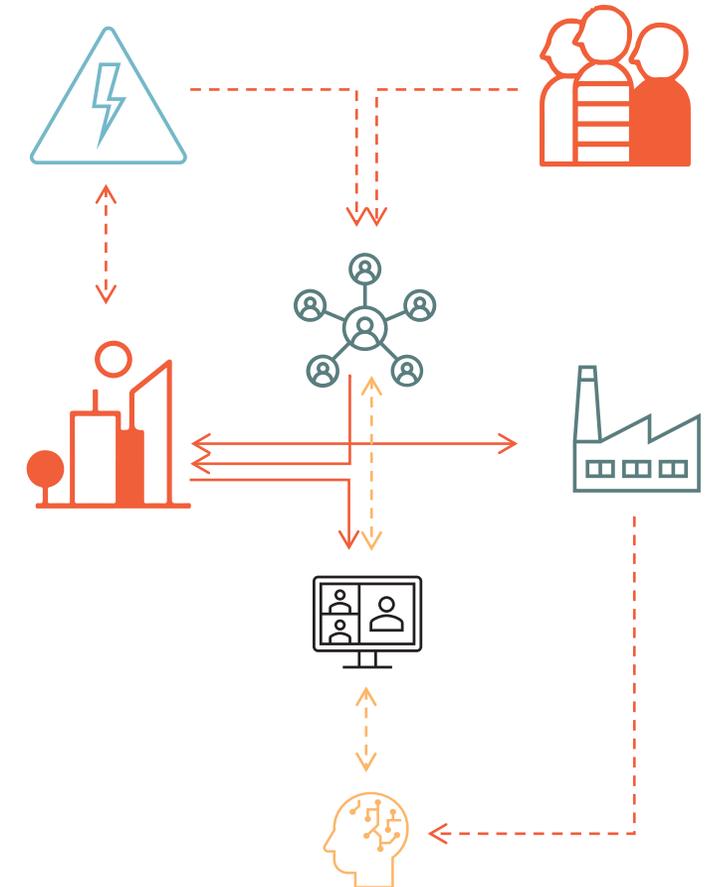
Planer & Berater: Datenzentren werden in der Regel von regionalen Planern und Beratern geplant, wobei die Planungen oft auf Standards der Betreiber aufsetzen und diese den lokalen Erfordernissen anpassen.

Lokale Experten: Lokale Experten stellen durch Gutachten, Prüfungen, Untersuchungen und Vermessungen sicher, dass der ortsspezifische Kontext in der Planung berücksichtigt wird und die errichteten Rechenzentren den lokalen Vorschriften entsprechen.

Bauunternehmer: Aufgrund der hohen technischen Komplexität und Größe, werden Datenzentren häufig von Bauunternehmen errichtet, die einen Großteil der Gewerke gebündelt erbringen. Oft erfolgt dies durch internationale Firmen, welche lokale Nachunternehmer unterbeauftragen und diese koordinieren.

Wartung & Betrieb: Datenzentren werden rund um die Uhr betrieben und generieren direkte Arbeitsplätze im Schichtbetrieb (intern), sowie notwendige Serviceleistungen in der Wartung und Pflege (extern).

Kunden / Nutzer: Datenzentren werden ganz oder teilweise an einzelne Organisationen vermietet, die darin ihre Server und Datenspeicher installieren. Die technische Infrastruktur von Rechenzentren (z.B. die Kühlung) ist dementsprechend auf die Anforderungen der Kunden zugeschnitten.



6. Datenzentren als Teil des wirtschaftlichen Ökosystems

Modellierung wirtschaftlicher Auswirkungen eines DC-Projektes bei London

Die wirtschaftlichen Auswirkungen einer Datenzentrumsentwicklung auf die Umgebung können bei konkreten Planungsvorhaben mittels ökonomischer Modelle prognostiziert werden.

Dabei wird zwischen Bauphase (maßgeblich Capex) und Betriebsphase (maßgeblich Opex) unterschieden. Im Wesentlichen werden die Auswirkungen der vorgesehenen Entwicklung auf die **Bruttowertschöpfung**, **Beschäftigung** und **gezahlte Löhne** betrachtet und dabei zwischen lokalen, regionalen und nationalen Auswirkungen unterschieden.

Darüber hinaus wird der lokal anfallende Steuerertrag, sowie Wider Economic Benefits (d.h. die Attraktivitätssteigerung einer Region, Wertsteigerung des Bodens, etc.) prognostiziert.

Das Englische Beratungsunternehmen Oxford Economics hat 2022 einen [Bericht](#) zum Einfluss eines geplanten Datenzentrum Campus auf die Lokale Wirtschaft in London veröffentlicht. Darin werden die oben dargestellten Dimensionen betrachtet. Zwar sind die Voraussetzungen der Entwicklung in London nur bedingt mit denen an anderen Orten, vergleichbar, allerdings bieten die Größenordnungen der Investitionen und deren relative Verteilung einen guten Überblick über die Dimensionen wirtschaftlicher Auswirkung.

Wirtschaftliche Auswirkungen der Bauphase 2023- 2027



£ 5.30 Milliarde Gesamtinvestment
£ 2,77 Milliarde innerhalb der UK, inklusive £ 2,0 Milliarde lokal



£ 3,12 Milliarde Bruttowertschöpfung
£ 1,02 Milliarde lokal, oder £ 204 Millionen pro Jahr



51.490 Arbeitsjahre innerhalb der UK
14.000 Arbeitsjahre lokal, oder 2.800 Arbeitsjahre pro Jahr



£ 1,56 Milliarde Gehälter, gesamt
£ 428 Milliarde lokale Gehälter



£ 694 Millionen Steuerzahlungen
£ 227 Millionen durch direkte Tätigkeit

Wirtschaftliche Auswirkungen in der Betriebsphase, 2028



600 MW IT Leistung verteilt über 15 Rechenzentren durch ein milliardenschweres Investment in digitale Infrastruktur



£ 734 Millionen Bruttowertschöpfung
£ 456 Millionen, oder 6,8 % Steigerung lokal



7.100 Arbeitsplätze innerhalb der UK
2.370 Arbeitsplätze, oder 2,3 % Steigerung lokal



£ 244 Millionen in Gehältern
£ 100 Millionen in lokal, durchschnittlich £ 42.300 pro Arbeitsplatz



£ 165 Millionen Steuerzahlungen
£ 80 Millionen durch direkte Tätigkeit

Quelle: Reef Group, Oxford Economics / grafische Anpassung Arup

6. Datenzentren als Teil des wirtschaftlichen Ökosystems

Die vorseitig dargestellte Übersicht wirtschaftlicher Auswirkungen verdeutlicht die hohen Investkosten, die mit dem Bau eines Datenzentrums verbunden sind (ca. 10 Mio € / MW IT Leistungen).

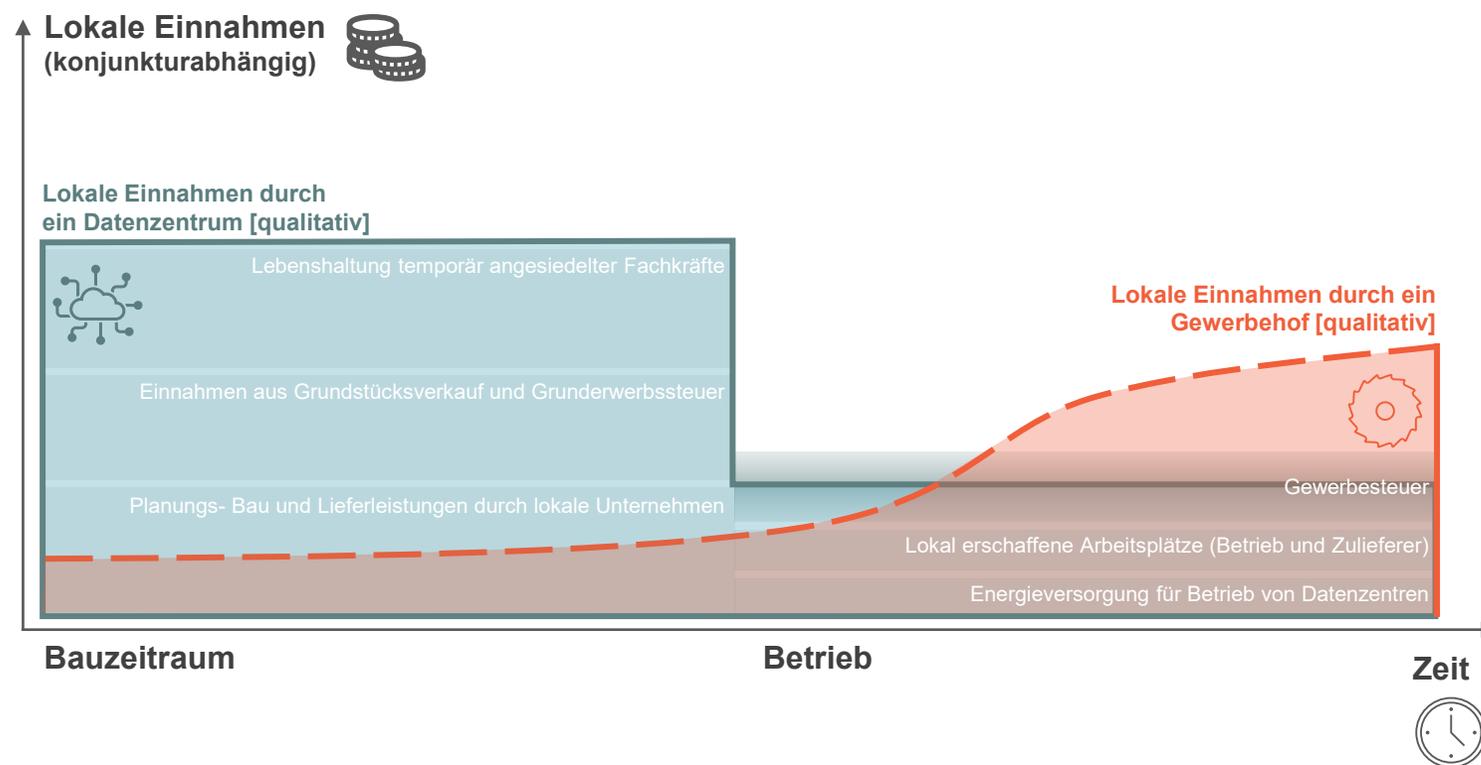
Diese Ausgaben fließen entlang verschiedener Wertschöpfungsketten global und zu einem nicht unerheblichen Teil lokal ab.

Da die Betreiber von Datenzentren häufig nicht lokal firmieren, entfallen während des Betriebs im Vergleich zum Investitionsumfang eher geringe direkte Einnahmen in Form von ggf. Gewerbesteuern an lokale Kommunen.

Um die positiven Auswirkungen auf den Standort Rüsselsheim, bzw. Hessen optimal abschöpfen zu können, ist daher eine frühe, gestaltende Involvierung in mögliche Entwicklungen von Datenzentren stadtseitig zu empfehlen.

Zentrale stadtseitige Hebel zur Einflussnahme, sind dabei der Grundbesitz der zu bebauenden Flächen, sowie die zu erteilende Freigabe der erforderlichen Energiemenge für den Betrieb des Datenzentrums durch die lokalen Netzbetreiber und Energieversorger.

Die rechts stehende Darstellung verdeutlicht, das im Vergleich zu Alternativnutzungen, etwa einem Gewerbehof, Datenzentren vor Allem in der Entwicklungsphase wirtschaftliche Erträge für die Region mit sich bringen. Datenzentren sind daher als Anschubfinanzierung für weitergehende städtebauliche Ziele geeignet.



Darstellung Arup

7. Fazit: Datenzentren und Nachhaltigkeit in der Kommunalwirtschaft zusammen denken

Die digitale Transformation bietet große Potentiale, um zum Klimaschutz und zur nachhaltigen wirtschaftlichen Entwicklung sowohl am Standort als auch global beizutragen.

Um das Potential der Schlüsseltechnologie Datenzentrum zu heben, muss dieser Möglichkeitsraum aktiv gestaltet werden. Städte sind als Schnittstelle zu allen Stakeholdern, sowie als baurechtliche Genehmigungsinstanz in einer herausfordernden, aber gestaltungsmächtigen Position.

Um gegenüber einer zahlungskräftigen und global agierenden Digitalindustrie selbstbewusst verhandeln zu können, müssen Kommunen strategische Trümpfe in ihr Blatt nehmen. Der größte Handlungs- und Gestaltungsspielraum für Kommunen besteht im Rahmen der Flächenvergabe an Datenzentrumsentwickler oder -betreiber, da hier über entsprechende Bebauungspläne und Gestaltungsvorgaben ein Interessenausgleich verhandelt werden kann.

Die Erteilung einer Entnahmegenehmigung für die benötigten Energie- und Trinkwassermengen stellt darüber hinaus ein weiteres Pfund dar, welches die städtische Verhandlungsposition stützt.

Die Nutzung der Abwärme aus Datenzentren in lokalen Wärmenetzwerken ist eine sinnvolle Möglichkeit, als Kommune von angesiedelten Datenzentren zu profitieren und die lokale Energieversorgung zu dekarbonisieren. Dazu sind stadtseitig neben einem klaren Anforderungsrahmen. infrastrukturelle Voraussetzungen zu schaffen, bzw. auszubauen.

Schlussendlich ist eine Balance zu finden, in der die Entwicklung von Datenzentren attraktiv bleibt, während Stadt und lokale Wirtschaft vielfältig und optimal von der Ansiedlung profitieren. Ziel der Verhandlung mit möglichen Entwicklern ist dabei neben räumlichen und funktionalen Aspekten, sicherzustellen, dass ein möglichst großer Steuerertrag langfristig lokal abgeführt wird.

Die Digitalisierung stellt Städte und Gesellschaften vor große Transformationsaufgaben. Besonders Kommunen können mit den ihnen zur Verfügung stehenden Hebeln und vorausschauender Planung die daraus resultierenden Potentiale einerseits lokal nutzen und gleichzeitig zum gesellschaftlich notwendigen Ausbau digitaler Infrastruktur beitragen.

Kommunale Chancen von Datenzentren:

- Starker wirtschaftlicher Einfluss in der Bauphase
- Schaffung von Arbeitsplätzen in Betrieb und Wartung
- Möglichkeit der Abwärmenutzung in lokalen Wärmenetzwerken
- Eröffnung finanzieller Handlungsspielräume für Kommunen durch hohe Investitionen

Kommunale Herausforderungen bei Datenzentren:

- Hoher Energieverbrauch in lokaler Energieplanung zu berücksichtigen
- Verstärkung stadtseitiger Einnahmen mittels Gewerbesteuer erfordert gründliche Planung
- Begrenzte Möglichkeiten zur städtebaulichen Integration von Datenzentren

Quellen und Referenzen

- Oxford Economics für Reef Group, 2022, The Local Economic Impact of a Proposed Data Centre Campus in London
- Ökologisches Wirtschaften, 2021, A Marriage Story of Digitalisation and Sustainability?
- Copenhagen Economics for Google, 2019, Google's Hyperscale Data Centres and Infrastructure Ecosystem in Europe
- Digitaleurope, 2022, Digitalisation as a Key Enabler for a Resilient and Sustainable Energy Ecosystem
- Dutch Data Center Association, 2023, Ecosystem Guide Netherlands
- Oxford Economics for Google, 2022, The Economic Impact of Google Data Centers in Europe
- Menon Economics, 2017, Economic Impact of a Hyperscale Data Center Establishment in Norway
- Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste, 2021, Sachstand – Energieverbrauch von Rechenzentren
- Hessische Staatskanzlei, Hessische Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung, 2022, Studie zu Nachhaltigkeitspotenzialen in und durch Digitalisierung in Hessen

ARUP