

## Kompetenz-Cluster: Energie / Strom

### Fachbericht: RZ Leistungsdichte und das mooresche Gesetz

**Die Leistungsdichte ist einer der grundlegendsten Dimensionierungs-Parameter in der Spezifikation eines Rechenzentrums (RZ). Sie beeinflusst direkt die Investitions- und Betriebskosten eines RZ, weswegen eine sehr genaue Bestimmung unabdingbar ist. Die Leistungsdichte wirkt auf die Gesamtbeurteilung der Energie/Stromaufnahme als Multiplikator mit der Nutzfläche, zusammen mit den Redundanzanforderungen, sowie dem Energieeffizienzkoefizienten. Eine Unterdimensionierung kann zu empfindlichen Nachinvestitionen, eine Überdimensionierung zu überhöhten Abschreibungen und Betriebskosten führen.**

Die Leistungsdichte ist bestimmend für das Design der elektrischen Anlagen, wie der unterbrechungsfreien Stromversorgung, den Netzersatzanlagen (Notstromversorgung), sowie der Dimensionierung von Schaltern, Leitungen (Busbars) und schlussendlich der Auslegung und Dimensionierung von Klima/Kühlungsanlagen des RZ. Mit dem Leistungsverlust der mechanischen und elektrischen (M&E) Infrastruktur wirkt sich die Leistungsdichte auch auf die Energieeffizienz eines Rechenzentrums aus. (s. PUE<sup>1</sup> Power Usage Effectiveness).

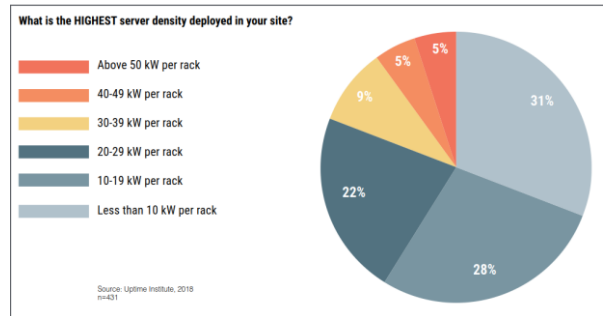
Definition Leistungsdichte: elektrische Leistungsaufnahme der IT pro Fläche im Computerraum (zusätzliche Energie für Kühlung und RZ Betrieb werden nicht eingerechnet). Sie wird als Wirkleistung in W/m<sup>2</sup> bzw. kW/m<sup>2</sup> und mit Berücksichtigung der Blindleistung als kVA/m<sup>2</sup> angegeben. Typische Werte in klassischen RZ vom Resilience-Typ Tier<sup>2</sup> I, II lagen Anfang der Jahrtausendwende bei 200-500W/m<sup>2</sup>. Seit ca. 2010 wurden für das Design neuer Rechenzentren die Dimensionierung von durchschnittlich 750-1'500W/m<sup>2</sup> – genutzt. Der Cloud/Virtualisierungs-Hype in 2013-2017 hat diesen Wert für mission critical Rechenzentren vom Type Tier IV und sog. hyper-scaler Datacenter (Amazon, Google, Apple) bis auf 2'500W/ m<sup>2</sup> getrieben.

Die Leistungsdichte ist direkt abhängig von/mit

- dem Betriebszweck (z.B. High Performance Computing, Virtualisierung, Telekommunikation, CoLocation, Industrie Control Systeme)
- dem Typ des Rechenzentrums, nicht hingegen der Tier-Klassifizierung (Resilience)
- der Dimensionierung des RZ
- der Anzahl u. Leistung der Server (Rack-Density)
- den Verlustleistungen aller Komponenten
- der Kühlkapazität
- effektiv mit der Serverauslastung
- effektiv mit dem RZ-Füllgrad

Für erste Überschlagsrechnungen lässt sich die durchschnittlich über die Gesamtfläche des IT-Raums benötigte Leistungsdichte aus der sog. Rack-Density – der Leistungsdichte auf ein vollbestücktes Rack bezogen -

ableiten. Dabei darf man pro Rack von einer Standplus Umlfläche von ca. 3m<sup>2</sup>/Rack ausgehen. Laut aktueller Planning & Strategy Advisory Studie 2018 des Uptime Institute<sup>3</sup> lag die Rack-Density bis in das Jahr 2017 für ca. 67% der RZ weltweit unterhalb 9kW/Rack und damit – nach obiger Überschlagsrechnung unterhalb 3kW/qm Leistungsdichte. Für 2018 prognostiziert Uptime Institut einen leichten Anstieg.



©Copyright 2018 Uptime Institute. All rights reserved

Grundsätzlich ist die Leistungsdichte abhängig von der Verwendungsart des RZ (vom einfachen Server-Hosting, über die Co-Location, bis zum Cloud-Service, sowie Hochleistungs- und Supercomputing-RZ), bzw. der im RZ zu betreibenden IT-Systeme (Leistung der IT Komponenten wie Server, Switches, Router, Telco-Equipment im Rack) und man unterscheidet die punktuelle Leistungsdichte an spezifischen Stellen (z.B. High-Density Hot-Spots) im Rechnerraum von der durchschnittlichen Gesamt-Leistungsdichte über das ganze RZ.

Die Leistungsdichte ist kein fixer, einmalig definierter Wert während der Konzept/Design-Phase, sondern ein über den Lifecycle eines RZ in Phasen geplanter und durch modular aufgebaute Infrastruktur etappierter Wert. Eine maximale Leistungsdichte bestimmt den Ausbau eines RZ und seiner Infrastruktur in seiner maximalen Auslastung und der dafür benötigten Kühlleistung und damit Klimatisierungs-Infrastruktur, respektive der maximal benötigten Energiezufuhr durch den oder die Stromlieferanten (Utility Supply). Die Energie-Bilanzierung erfolgt durch das sog. «Loadsheet», das nebst allen elektrischen Energieverbrauchern (IT- und RZ Infrastruktur) und deren Energieverlust auch wärmetechnische Verlustleistungen, wie Kabel-Abwärme, Lichterwärmung, Solar-Energieeintrag berücksichtigt und damit die Plangrundlage für den PUE liefert; hier sind auch die regenerativen Energien des RZ zu bilanzieren, wie z.B. durch Wärmerückgewinnung, Abwärmenutzung durch Wärmepumpen, etc.

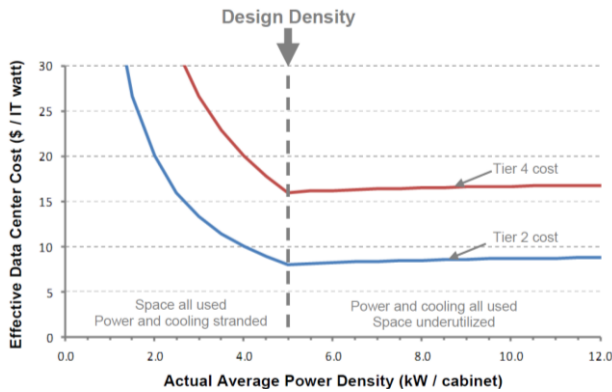
Die Erfahrung zeigt, dass die Leistungsdichte in der Regel überschätzt und zu hoch dimensioniert wird, in der Folge überdimensionierte Energieversorgung, Küh-

<sup>1</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Power\\_usage\\_effectiveness](https://en.wikipedia.org/wiki/Power_usage_effectiveness)

<sup>2</sup> <https://uptimeinstitute.com/tiers>

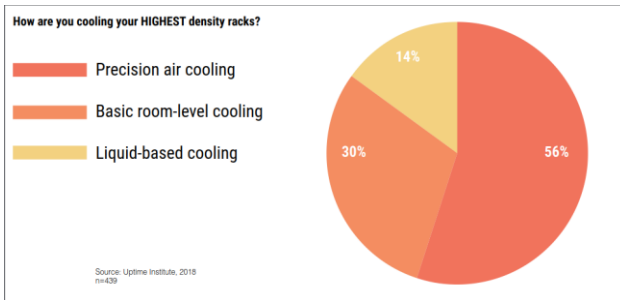
<sup>3</sup> Uptime Institute Planning & Strategy Advisory 2018 Global Datacenter Survey

lungsinfrastruktur zu unnötig hohen Investitionen führen.



©[http://www.apc.com/salestools/NRAN-8FL6LW/NRAN-8FL6LW\\_R0\\_EN.pdf](http://www.apc.com/salestools/NRAN-8FL6LW/NRAN-8FL6LW_R0_EN.pdf)

Laut Uptime Institute ist davon auszugehen, dass es sich sehr lohnt die Inseln des High-Performance Computings innerhalb eines Rechenzentrums gezielt (precision air cooling) und isoliert zu kühlen, um nicht durch wenige High-Density Racks die Gesamt-Leistungsdichte nach oben zu treiben.



©Copyright 2018 Uptime Institute. All rights reserved

Dazu braucht es ein flexibles, skalierbares Design mit dem Ziel zu Lasten der verfügbaren Gesamtleistung, verdichtete Hochleistungsflächen bilden zu können. Will heissen: Die Summe aller Leistungen der Einhausungen für High-Density (Containment) muss kleiner sein als die Gesamtleistung. Das bedeutet, dass die Auslegung der technischen Basisinfrastruktur M&E (elektrisch, cooling) eine Verlagerung oder ein Verdichten der Leistung zulassen muss.

Da Platz in einem RZ weniger kostet als Strom und Kühlung, sollte man die Leistungsdichte für das Design tiefer ansetzen, dafür aber variabel gestalten. Ein modulares Design des Rechenzentrums (bis auf Infrastrukturkomponenten-Ebene) und ein phasenweiser Aufbau des RZ über den Lebenszyklus (Füllgrad Etappierung) hilft, die Leistungsdichte zu flexibilisieren und ohne betriebswirtschaftliche Risiken den sich ändernden Anforderungen gerecht zu werden.

Für die effektive Berechnung der Primär-Energieversorgung sind die RZ Tier-Klasse (Redundanz) und die Verlustleistungen vom RZ selbst (Kühlung, Gebäudemanagement) durch den sog. PUE zu berücksichtigen. Die

richtige Leistungs-Dimensionierung ist Schlüssel für die Energie-Gesamtbilanzierung und damit den Investitions- sowie Betriebskosten und damit dem gesamten Business Case eines RZ.

In Zukunft ist davon auszugehen, dass neue Rechner- und Speicher-Techniken (Quantencomputing, NVM-of Memory-Chips, 3D-NAND-Flash und HW-Encryption) durch die noch extremere Integrationsdichte eine deutlich verkleinerte Leistungsaufnahme<sup>4</sup> pro Fläche oder Volumen aufweisen werden und damit die Leistungsdichte im Rechenzentrum nicht steigen, sondern eher stagnieren oder sogar sinken wird. IoT und der starke Einzug der IT in die Industrie 4.0 (OT/ICS) sowie der weiter anwachsende Trend zur Cloud werden helfen, die Speicherung von Daten und die Rechenleistung so stark zu verteilen, dass Hochleistungs-RZ (im Sinne Verdichtung/Konzentration) nicht mehr so viel benötigt werden und sich das Rechenzentrum zur Comodity mit einer mittleren Leistungsdichte weiter entwickeln wird.

Das mooresche Gesetz gilt über Jahrzehnte für die Entwicklung der Komplexität, der Integrationsdichte, bzw. Performance/Volumen von integrierten Schaltkreisen (Memory mit GByte/square.inch oder CPU mit SPEC o. MFLOPs/sq.in.). Für die Leistungsdichte im Rechenzentrum wirkt diesem eine sinkende Leistungsaufnahme pro Fläche o. Volumen entgegen. Daher gilt das mooresche Gesetz ganz offensichtlich nicht für die weitere Entwicklung der Leistungsdichte und darf daher für Prognoserechnungen der Leistungsaufnahme von Rechenzentren nicht herangezogen werden.

In der Quintessenz bleibt für eine effektive, aber gleichzeitig ökonomische Dimensionierung der Leistungsdichte und damit der Gesamtenergieaufnahme eines Rechenzentrums nur die akribische Hochrechnung über die Lebenszyklen des RZ durch das sog. Load-Sheet (Last/Leistungs-Bilanz).

**Autor: Matthias Hall, AWK Group AG**



<sup>4</sup> <https://www.forbes.com/sites/tomcoughlin/2018/07/20/memory-chips-ahoy/#412b61d53714>

und <https://www.techrepublic.com/article/new-iot-chips-speed-encryption-dramatically-reduce-power-consumption-and-memory-requirements/>