

Technische Gebäudeausrüstung
Fachbereich 06 Architektur

Niklas Alsen, Florian Theede

**Energieeffiziente Klimatisierung des
Rechenzentrums der Universität
Kassel**

wissenschaftliche Ausarbeitung

05.11.2014

Fachbereich Architektur, Stadtplanung, Land-
schaftsplanung
Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung
Prof. Dr.-Ing. J. Knissel

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Stand der Technik.....	1
3. Ist-Zustand des Rechenzentrums der Universität Kassel	3
4. Konzeptzusammenfassung	5
4.1. Systemlösung mit indirekter freier und adiabater Kühlung	5
4.2. Redundanzlösung durch ein PCM- bzw. Eisspeicher.....	6
4.3. Funktionsschema.....	8
5. Quantifizierung von Energieeffizienz-maßnahmen nach DIN V 18599	9
5.1. Nutzung der Abwärme zur Beheizung der Cafeteria.....	9
5.2. Benötigte Kühlenergie des Maschinensaals	9
5.3. Luftführungstechnik.....	10
5.4. Vergleich der Einsparpotentiale (DIN V 18599 und “ServeLine-System“).....	12
6. Fazit und Ausblick.....	13
Literaturverzeichnis.....	14

1. Einleitung

In der folgenden Ausarbeitung soll das Rechenzentrum der Universität Kassel im Hinblick auf Energieeffizienz und Versorgungssicherheit betrachtet werden. Den Schwerpunkt bildet hierbei die Klimatisierung des Serverraums. Durch den signifikanten Anstieg der Strompreise in den letzten Jahren sind die Kosten für das Rechenzentrum stark gestiegen. Aufgrund dieser hohen Kosten und der im Verhältnis zu neueren Rechenzentren eingesetzten energieintensiveren Technik zur Kälteerzeugung, sollen Einsparpotentiale beleuchtet werden.

Zusätzlich ist das Problem der Notkühlung bei Stromausfall ein bisher nicht geklärtes Thema im Rechenzentrum. Bei einem Blackout des Stromversorgungssystems bleiben zwar die Server durch eine unterbrechungsfreie Stromversorgungseinrichtung (USV-Einrichtung) und anschließenden Notstromgeneratoren im Betrieb, jedoch sind für die Klimatisierung aufgrund der Stromintensivität keine weiteren Kapazitäten der Dieselgeneratoren vorgesehen. Somit soll auch ein Redundanzsystem der Kältebereitung bei Stromausfall betrachtet werden, um eine Ausschaltung der Server aufgrund von Überhitzung zu vermeiden.

2. Stand der Technik

Neue Rechenzentren setzen heutzutage nur noch bedingt auf eine Kühlung durch Kompressionskälte. Als Stand der Technik und Schlüsseltechnologie der Energieeffizienz haben vor allem Konzepte der vermehrten freien Kühlung, die überwiegend mechanische Kühlung abgelöst. Ein großer Schritt in Richtung nahezu vollständiger freier Kühlung hat die Erhöhung der möglichen Ansaugtemperaturen für die Server gebracht. Hier sind kommerziell bereits Temperaturen von bis zu 27°C möglich. Erst bei Außentemperaturen, die die zulässige Zulufttemperatur der Server übersteigen, kommen eine zusätzliche Kühlungsmaßnahmen zum Tragen. Hierbei werden heute oft Berieselungs- bzw. Befeuchtungsanlagen in Verbindung mit Kühlmodulen verwendet – die sogenannte adiabate Kühlung. Durch die Verdampfungsenthalpie entsteht Verdunstungskälte, die eine Temperaturabsenkung der Zuluft herbeiführt. So wird lediglich in Ausnahmesituationen noch Kompressionskälte eingesetzt. [1]

Zusätzlich neben dem Einsatz der freien Kühlung sind optimierte Wärmetauscher, drehzahl-geregelte Ventilatoren, sowie intelligente Regel- und Steuersysteme Stand der Technik. Eine strikte Trennung von Kalt- und Warmgängen, um eine Vermischung von Zu- und Abluft zu vermeiden, ist für eine effektive Nutzung der freien Kühlung Voraussetzung.

Neben den oben beschriebenen sog. Hybridkühlern werden in Zukunft weitere innovative Technologien zunehmend eingesetzt werden, um Rechenzentren nahe dem CO₂-neutralen Betrieb zu führen. Sowohl Absorptionskältemaschinen zur Nutzung der Abwärme eines zur unabhängigen Stromproduktion eingesetzten BHKWs oder eines anderen Industrieprozesses, als auch der Einsatz von Brunnenkälte sind hier Alternativen. Auch Speichertechnologien wie PCM-Speicher, um eine freie Kühlung effektiver zu nutzen, sind denkbar. Neben den innovati-

von Kälteerzeugern ist die regenerativ erzeugte Stromproduktion ein wichtiger Aspekt für zukünftige Rechenzentren. Photovoltaikanlagen, BHKWs, angetrieben durch Pflanzenerzeugnisse, oder Kleinwindkraftwerke können einen großen Beitrag zum grünen Rechenzentrum leisten.

Um die Effizienz der Betriebstechnik zu bewerten, setzt sich zunehmend der PUE-Wert (power usage effectiveness) durch. Dieser beschreibt das Verhältnis des gesamten Stromverbrauchs eines Rechenzentrums zum Energieverbrauch der IT-Ausrüstung – kurz gefasst die Energieeffizienz des Rechenzentrums.

$$PUE = \frac{\text{Gesamtenergieverbrauch des Rechenzentrums}}{\text{Energieverbrauch der IT}}$$

Laut einer Studie der TU Berlin [2] liegt der gemittelte Wert der PUE in Deutschland bei ca. 1,7. Oft wird aber von einem Mittelwert von 2,0 ausgegangen [1]. Die von Corinne Schindlbeck [1] veröffentlichte und in Abbildung 2.1 dargestellte typische Verteilung des Stromverbrauchs eines Rechenzentrums beinhaltet ein PUE-Wert von 1,86.

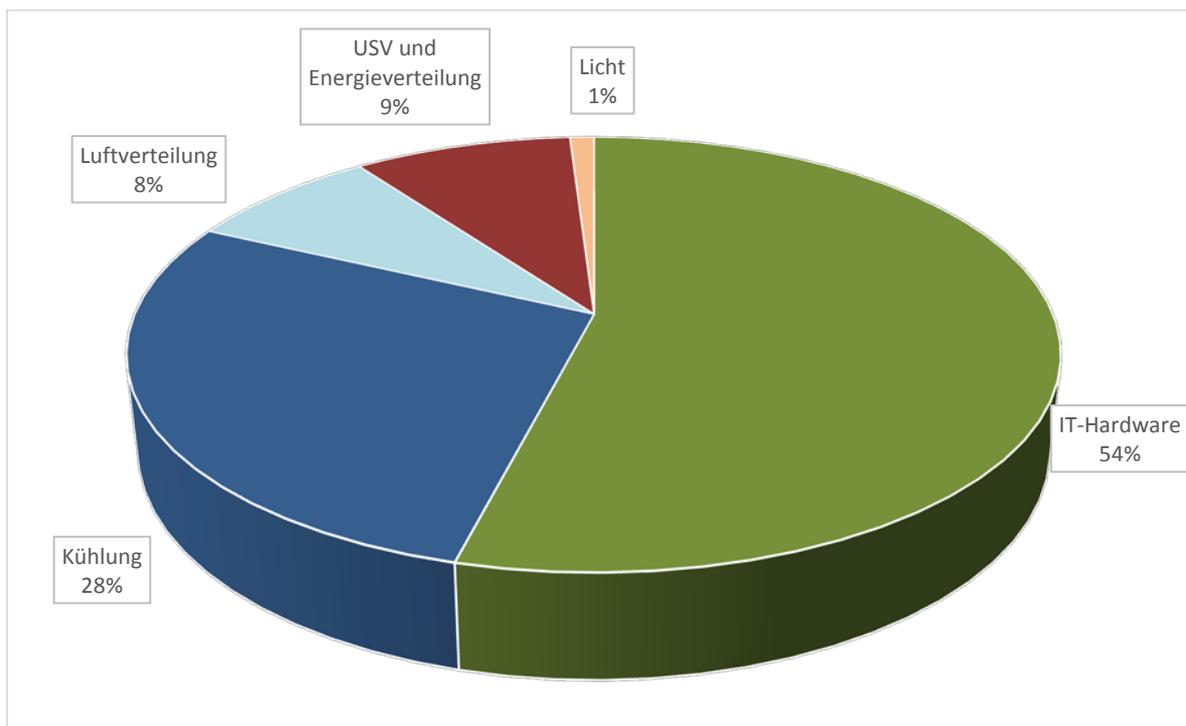


Abbildung 2.1: Typische Verteilung des Stromverbrauchs in einem Rechenzentrum in Deutschland

3. Ist-Zustand des Rechenzentrums der Universität Kassel

Das hier behandelte Rechenzentrum der Universität Kassel befindet sich im IT-Servicezentrum auf dem Campusgelände am Holländischen Platz. Es handelt sich um ca. 50 Serverschränke (19-Zoll) in denen die, vor allem im naturwissenschaftlichen Bereich, verwendeten Server der Universität stehen. Die zentrale Kälteversorgung wird derzeit durch Kompressionskältemaschinen und einem Rückkühlwerk mit Trockenkühlung gewährleistet. Drei Umluftanlagen sorgen für die Kälteverteilung im Rechenzentrum. Mit einer Zulufttemperatur von 15-16°C werden diese in Abhängigkeit der auf 25°C geregelten Raumtemperatur zugeschaltet. Die tatsächlich gemessene Raumtemperatur lag bei 21-22°C, was hauptsächlich auf die Vermischung von Kalt- und Warmgängen zurückzuführen ist. Die Frischluft wird dem Serverraum über einen doppelten Boden zugeführt und über die Decke abgesaugt.

Im Folgenden werden die Verbrauchsdaten der einzelnen Teilbereiche in Anlehnung an Kapitel 2 aufgeführt:

Tabelle 3.1: Energieverteilung des betrachteten Rechenzentrums

	Leistung [kW]	Elektrische Energie [MWh/a]	Prozentualer Anteil
Prozessoren bzw. Server [4]	100	876	60%
Kühlung + Pumpen [5.2]	38	335	23%
Luftverteilung [4]	18	158	11%
USV, Energieverteilung und Licht (geschätzt)	10	88	6%
Gesamtes RZ (mit USV)	166	1457	100%

Mit den gezeigten Werten der Tabelle 3.1 ist die in Abbildung 3.1 dargestellte Verteilung des Energieverbrauchs einzusehen. Der PUE-Wert beträgt somit ca. 1,66 und ist damit nur geringfügig höher, als der durch die TU Berlin angegebene Durchschnittswert.

3 Ist-Zustand des Rechenzentrums der Universität Kassel

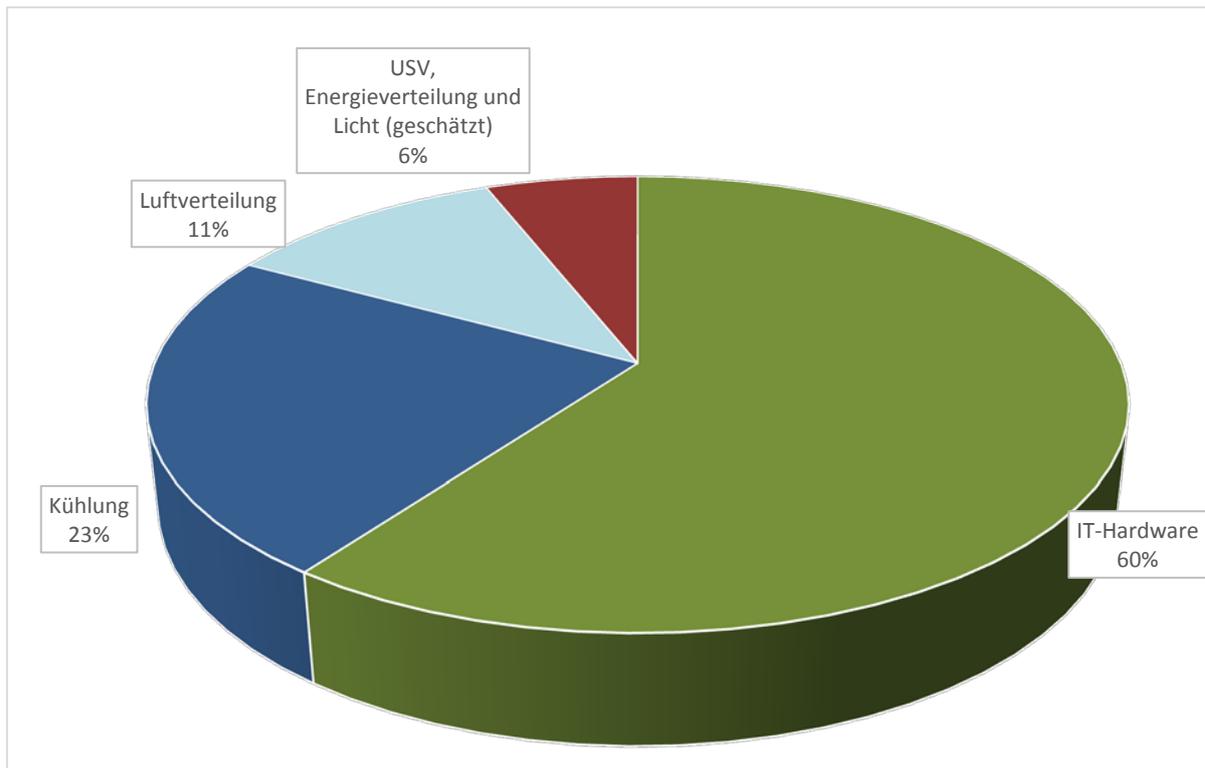


Abbildung 3.1: Verteilung des Stromverbrauchs im Rechenzentrum der Universität Kassel

4. Konzeptzusammenfassung

4.1. Systemlösung mit indirekter freier und adiabater Kühlung

Durch den aktuell sehr niedrigen Anteil der freien Kühlung im Rechenzentrum wurde eine Systemlösung gesucht, die diesen Anteil als Hauptenergiequelle zur Wärmeabfuhr bewerkstelligt. Ein Anheben der Vorlauftemperaturen macht den Einsatz von effektiven Hybridkühlern dabei erst richtig möglich. Für die Systemlösung ist es eine Voraussetzung, das Rechenzentrum mit seinen Servern in Kalt- und Warmgänge zu trennen. Zusätzlich ist es möglich und empfehlenswert eine Abwärmenutzung für das anliegende Torcafé zu installieren bzw. diese zu reparieren.

Vor allem Konzepte, die neben der freien Kühlung die adiabate Kühlung nutzen, wie z.B. das "ServeLine"-Konzept der Firma Hoval GmbH oder die Oasis-Reihe der Firma Munters GmbH, finden zunehmend Verwendung. Bei diesen Konzepten wird, bei nicht ausreichender freier Kühlung, eine Berieselungsanlage zugeschaltet. Bei diesem Verfahren wird Wasser über Düsen fein versprüht und zum Verdunsten gebracht. Durch die Verdunstungsenthalpie wird der Umgebung sensible Wärme entzogen. Das Vorbeiführen der Prozessluft bewirkt eine Temperaturabsenkung. Diese Berieselungsanlage kann zwischen zwei Plattenwärmetauschern eingesetzt werden, um eine strikte Medientrennung von Umluftkreislauf und Rückkühlung zu erreichen (s. Abbildung 4.1). Der Anteil der Kompressionskälte ist bei solchen Systemen bereits sehr gering und wird erst ab Temperaturen von ca. 25°C Außentemperatur zugeschaltet. [3]

Die freie Kühlung wird indirekt über zwei Luft-Luft-Kreuzstrom-Plattenwärmeübertrager betrieben. Dabei kommt es zu keiner Vermischung der Luftströme. Die freie Kühlung besitzt mit Abstand den größten Anteil (ca. 80% und mehr [3]) an der Kälteproduktion. Währenddessen sollte der Anteil der Kompressionskältemaschinen bei unter 3% liegen.

Genutzt werden also folgende Kühlmechanismen:

- Indirekte freie Kühlung mit Außenluft
- Adiabate Kühlung
- Mechanische Kühlung

Laut Hersteller des "ServeLine"-Systems Hoval ist es am Standort Kassel möglich, bis zu 96% der Zeit der Klimatisierung des Rechenzentrums im indirekten Freikühlmodus zu betreiben. Lediglich 370 Stunden im Jahr muss die adiabate Kühlung und nur 2 Stunden im Jahr die mechanische Kühlung unterstützend eingreifen. [7] Diese Angaben sind aufgrund von knapp erscheinender Grädigkeit der Wärmeübertrager (1,5 K) mit Vorsicht zu betrachten, können aber durchaus eine Richtung vorgeben. Auch die angenommene Ablufttemperatur von 38°C erscheint, für ein bereits bestehendes Rechenzentrum mit verhältnismäßig großen Volumen

des Serverraums, sowie geringer Dämmung und Fensterflächen, u. U. ein wenig hoch angenommen.

Das "ServeLine"-System ist modular aufgebaut und würde aus zwei Klimaschränken (+ein Schrank für den Redundanzfall) mit jeweils 100 kW Kühlleistung und 14 m² Stellfläche bestehen. Alle drei Geräte würden im Normalfall aufgrund der besseren Energieeffizienz im Teillastbetrieb parallel gefahren werden. Im regulären Betrieb benötigten die drei Module für die Ventilatoren und Pumpen der adiabatischen Befeuchtung rund 36.200 kWh im Jahr. Hinzu kommen lediglich 3 kWh für die mechanische Kühlung sowie 102 m³ vollentsalztes Wasser pro Jahr für die Berieselungsanlage. Der Wasserbedarf umgewandelt in elektrische Arbeit beträgt laut Hersteller 6.100 kWh/a. Insgesamt macht das ein Gesamtverbrauch von 42.300 kWh/a. Der neue PUE-Wert wurde mit dem bestehenden 876 MWh/a an Energiebedarf für die Server und 88 MWh/a für die USV, Energieverteilung und Licht [Abs. 3] mit 1,15 berechnet und hätte damit einen absoluten Spitzenwert hinsichtlich der Energieeffizienz eines schon länger bestehenden Rechenzentrums. Es liegt ein abgeschätztes Angebot der Firma Hoval GmbH in Höhe von etwa 250.000 Euro für das gesamte System vor. Eine Amortisation (statisch) würde sich damit bei ca. 3 Jahren einstellen. Die Plausibilität der Angaben hinsichtlich Platzbedarf, Lüftungsquerschnitte und Wirtschaftlichkeit sollte im Rahmen der Detailplanung weiter untersucht werden.

4.2. Redundanzlösung durch ein PCM- bzw. Eisspeicher

Im Rahmen der Projektarbeit *Solarcampus* wurden mehrere Notkühlsysteme für den im Umluftbetrieb arbeitenden Serverraum betrachtet [5]. Unter anderem die Erweiterung und damit verbundene Neuanschaffung eines Dieselgenerators mit Nutzung der bestehenden Kältemaschine. Neben sehr hohen Kosten (ca. 230.000 Euro) und Infrastrukturproblemen (Anschlussprobleme und Platzkapazitäten) wurde diese Lösung auch wegen den, im Sinne der Umwelt nicht vorhandenen Verbesserungen negativ bewertet. Deshalb wurde sich vor allem auf die Vorhaltung von Kälte in Speichersystemen mit Phasenwechselmaterial konzentriert. Bei diesen Speichern kann, sobald es zum Stromausfall kommt, die warme Luft über ein Wärmetauschersystem Energie an den Speicher abgeben. Das Phasenwechselmaterial (Paraffin oder Wasser) verflüssigt sich dabei, wobei durch die Schmelzenthalpie große Mengen Wärmeenergie gespeichert werden können. Vorteile eines Paraffinspeichers gegenüber einem Eisspeicher ist, dass der Phasenwechsel durch mehrere verfügbare Paraffine relativ gut an die Betriebsbedingungen angepasst werden kann. Die latente Wärmesenke kann dadurch besser ausgenutzt werden und zusätzliche Speicherverluste können minimiert werden. Der Eisspeicher hat sich jedoch aufgrund von besserer Wärmeleitung, weniger Platzbedarf und der schon erprobteren Technologie als das empfehlenswertere Konzept dargestellt.

Der Eisspeicher verwendet Wasser als Phasenwechselmaterial. Dieses ist überall verfügbar, preisgünstig und umweltverträglich. Für den Eisspeicher müsste eine zusätzliche kleine Kompressionsmaschine (ca. 10 kW), die den Speicher auf -5°C abkühlt, angeschafft werden. Als Aufstellungsort des Speichers bietet sich ein im zweiten Untergeschoss liegendes Kellergewölbe an, in dem auch im Hochsommer die Temperatur von 14°C nicht überschritten wird. Im jetzigen Zustand ergab sich bei einer Auslegung von 200 kW über eine Dauer von 12 Stunden Stromausfall eine Speichergröße von ca. 25 m^3 . Ein solcher Speicher kann an einem heißen Tag etwa 2 400 kWh Energiebedarf abdecken. Die Kosten für ein solches System werden bei unter 50 000 Euro eingeschätzt (Speicher mit Montage ca. 32 000 Euro und spezielle Wärmetauscher ca. 10 000 Euro [fsave Solartechnik GmbH], Kompressionskältemaschine ca. 5 500 Euro [Kostenermittlungsformular TGA-KO-2]).

Im Falle eines adiabaten Freikühlsystems müsste eine Notkühlung nur für den, an besonders warmen Außentemperaturen verwendeten, mechanischen Kühlbetrieb aufkommen. Durch die geringe Kühlleistung der dafür benötigten Kompressionskältemaschine fällt der Eisspeicher entsprechend klein aus. Unter der Annahme, dass bei Stromausfall die freie und adiabate Kühlung durch die Dieselgeneratoren am Laufen gehalten werden, bleiben von den 200 kW thermischer Kühlleistung nur 24 kW über, die abgedeckt werden müssen. Bei einer Ausfallzeit von 12 Stunden kann der Speicher unter 3 m^3 klein sein. Auch über die generelle Relevanz eines Redundanzsystems der Kompressionskälte bei Anwendung eines adiabaten Freikühlsystems ist zu diskutieren, da laut Hersteller Hoval auch bei Außentemperaturen von 35°C die Zulufttemperatur ohne mechanische Kühlung noch bei $27 - 28^{\circ}\text{C}$ liegen soll[6]. Dies könnte kurzzeitig zur Kühlung des Rechenzentrums ausreichen.

4.3. Funktionsschema

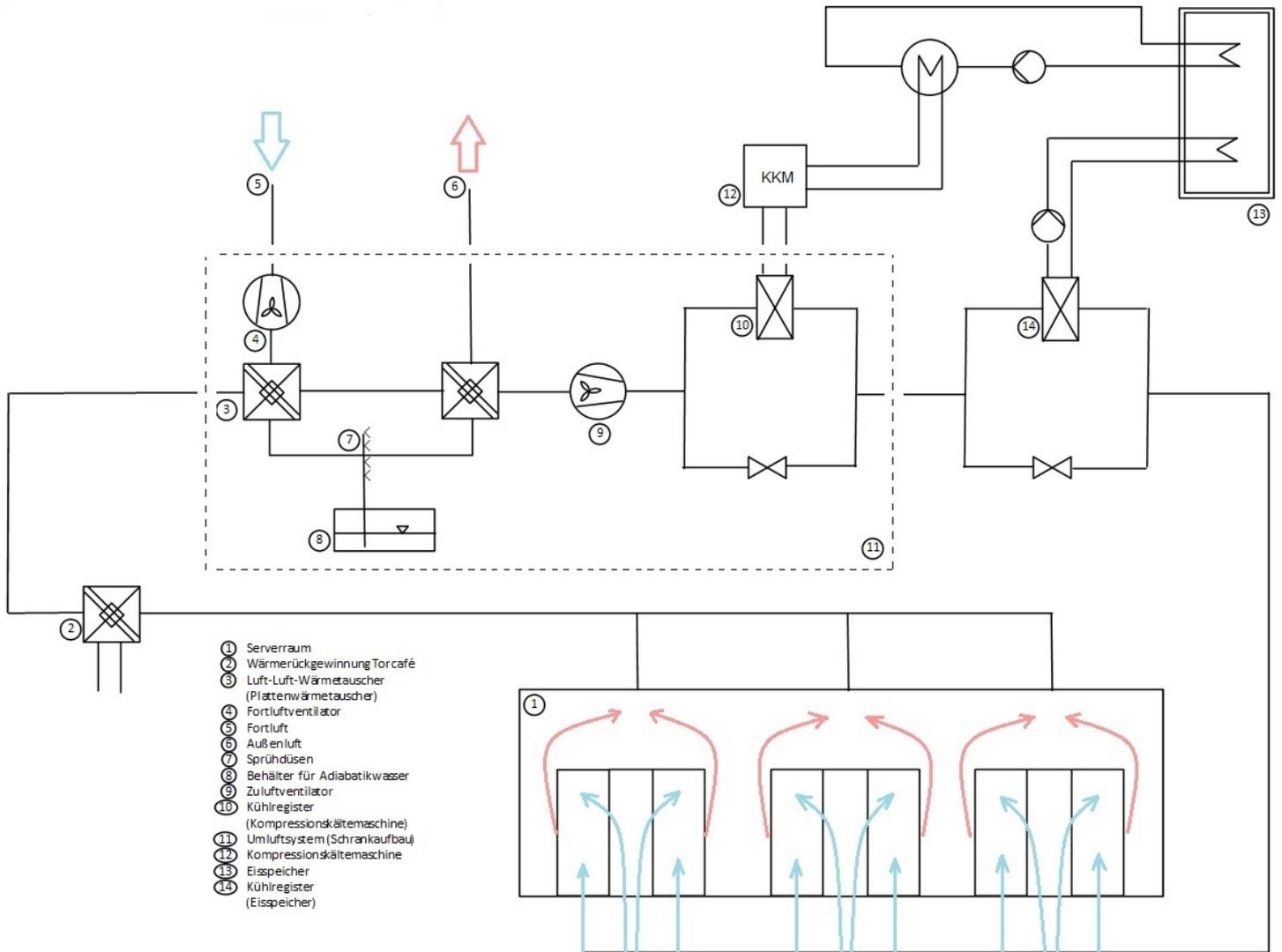


Abbildung 4.1: Funktionsschema des Konzeptes vom Rechenzentrum Kassel

In Abbildung 4.1 ist das mögliche Funktionsschema bzw. die Hydraulik des zukünftigen Rechenzentrums mit adiabatem Freikühlsystem und zusätzlichem Eisspeicher für den Notstrombetrieb abgebildet. Dabei entspricht das in Punkt (11) in gestricheltem Rechteck abgebildete Umluftsystem dem durch Hoval gelieferten "ServeLine"-System.

5. Quantifizierung von Energieeffizienzmaßnahmen nach DIN V 18599

5.1. Nutzung der Abwärme zur Beheizung der Cafeteria

Bei einer energetischen Sanierung des Rechenzentrums ist in jedem Fall eine Trennung der Luftführung in Kalt- und Warmgänge zu empfehlen. Infolge einer professionellen Einhausung der Server kann die Ablufttemperatur entscheidend erhöht werden. Eine hohe Ablufttemperatur ermöglicht die Abwärmenutzung in Lüftungsanlagen anhand von Luft/Luft-Wärmeübertragern. Ein entsprechendes System war ursprünglich bereits in der Lüftungsanlage der Cafeteria installiert, wurde im Laufe der Jahre jedoch außer Betrieb genommen. Ein wieder Instand setzen der Wärmerückgewinnung für die Cafeteria ist in Folge der Ablufttemperaturerhöhung noch lohnenswerter (vgl. Pos. 2 in Abbildung 4.1).

Zurzeit wird die Cafeteria mit einem Heizregister, angeschlossen an das Fernwärmenetz, mit Außenluft versorgt. Anhand von DIN V 18599-3 kann der Energiebedarf des Heizregisters berechnet werden, wenn die Außenluft auf 20°C aufgeheizt wird. Der Betrag entspricht der Energieeinsparung, da davon ausgegangen werden kann, dass die Abwärme des Rechenzentrums für eine ganzjährige Vollversorgung ausreicht.

Nach den in DIN V 18599-3 angegebenen Rechenschritten kann so eine Energiemenge von **47,3 MWh/a** eingespart werden. Bei einem Preis von 8 Cent pro kWh Fernwärme ergibt das eine Einsparung von **ca. 3.800 €** im Jahr.

5.2. Benötigte Kühlenergie des Maschinensaals

Die in DIN V 18599-7 angegebenen Berechnungen des Endenergiebedarfs der Kälteerzeugung basiert auf spezifischen Kennwerten, deren Grundlage stündliche Nutzenergiebedarfs-werte sind, die für verschiedene Nutzungsarten vorberechnet wurden. Grundlage dieser Werte sind die klimatischen Bedingungen in Potsdam (2010). Um energetisch zu bewerten, wieviel elektrische Energie beim Ersetzen des Trockenkühlers durch ein Verdunstungskühler eingespart werden kann, wurden zwei verschiedene Szenarien mit dem Kennwertverfahren berechnet.

Der entscheidende Vorteil des Verdunstungskühlers ist die Möglichkeit des vermehrten Einsatzes der freien Kühlung. Für einen hoch belasteten Serverraum (500W/m²) ist hier ein Freikühlfaktor für einen Trockenkühler (6/12 °C) von 1,18 und für einen Verdunstungsrückkühler (14/18 °C) von 1,75 vorgegeben. Die Nennkälteleistungszahl eines Schraubenverdichters (200 kW; R134a; 6°C) liegt bei 2,9 und der Teillastkennwert liegt für die Nutzung als

Serverraum bzw. Rechenzentrum bei 0,96. Die benötigte Kälteenergie wurde im Jahr 2010 mit 1100 MWh_{th}/a abgeschätzt. [5]

Setzt man nun die Werte einmal für den bestehenden Trockenkühler und für den nachzurüstenden Verdunstungskühler ein, so bekommt man den jeweiligen jährlichen Endenergiebedarf für die Rückkühlung heraus. Die Differenz der beiden Werte ergibt die mögliche Einsparung durch die technische Anpassung eines Verdunstungsrückkühlers:

$$W_{C,f,FC} = \frac{Q_{C,out,g,a}}{EER \cdot f_{FC} \cdot PLV_{AV}} \quad (5.1)$$

- $W_{C,f,FC}$: Endenergiebedarf zur Kälteerzeugung jährlichkWh
- $Q_{C,out,g,a}$: Erzeugernutzkälteabgabe jährlichkWh
- EER : Nennkälteleistungszahl..... -
- f_{FC} : Freikühlfaktor..... -
- PLV_{AV} : mittlerer jährlicher Teillastfaktor des Kälteerzeugers..... -

$$W_{C,f,alt} = 335 \text{ MWh}_{el}$$

$$W_{C,f,neu} = 226 \text{ MWh}_{el}$$

$$W_{C,f,diff} = W_{C,f,alt} - W_{C,f,neu} = 109 \text{ MWh}_{el}$$

Bei einem Preis von 20 Cent pro kWh Strom ergibt das eine Einsparung von **ca. 21.800 €** im Jahr.

5.3. Luftführungstechnik

Um das Einsparpotential in der Luftförderung zu untersuchen, wurde zunächst der derzeitige Volumenstrom errechnet:

$$\dot{V}_{mech,ist} = \frac{Q_{kühl}}{c_p \cdot \rho \cdot (\vartheta_{zul} - \vartheta_{abl})} \quad (5.2)$$

- \dot{V}_{mech} : Volumenstromm³/s
- $Q_{kühl}$: Kühlleistung.....kWh
- c_p : spezifische Wärmekapazität von Luft.....J/(kgK)
- ρ : Dichte von Luftkg/m³
- ϑ : Zu- und AblufttemperaturK

Dabei wurde mit den derzeit vorliegenden Temperaturen ein Volumenstrom von $7 \text{ m}^3/\text{s}$ errechnet (Kühlleistung 127 kW , Temperaturdiff. 14 K). Damit beträgt die spezifische Ventilatorleistung $2.570 \text{ Ws}/\text{m}^3$. Diese spezifische Ventilatorleistung entspricht der Kategorie SFP-5, was für große Umluftanlagen einen schlechten Wert darstellt. Als Beispiel dürfen Neuanlagen in Deutschland nach der Energieeinsparverordnung 2009 mit mehr als $4000 \text{ m}^3/\text{h}$ (hier $25.128 \text{ m}^3/\text{h}$) nur noch mit höchstens SFP-4 gebaut werden.

Um eine mögliche Leistung eines energieeffizienteren Lüftungssystems bestimmen zu können, müssen zunächst Druckerhöhungen angenommen werden. Folgende Werte wurden der DIN EN 13779 aus Tabelle A.8 entnommen:

Tabelle 5.1: Druckverluste des betrachteten Rechenzentrums

Luftführung	200 Pa
Kühlregister	140 Pa
Wärmerückgewinnung	200 Pa
Schalldämpfer	50 Pa
Gesamt	590 Pa

Mit dem vorher berechneten Volumenstrom und Druckverlust sowie einem Wirkungsgrad von ca. 60% (aus DIN 18599 Tabelle 4) errechnet sich nach Gleichung (5.3) eine Leistung nach Modernisierung von ca. $6,8 \text{ kW}$. Im Vergleich zu den jetzigen 18 kW ergibt sich eine Einsparung von $11,2 \text{ kW}$ bzw. **98 MWh/a**, was bei $20 \text{ Cent}/\text{kWh}$ ca. **19.600 Euro/a** einspart.

$$P_{el} = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p}{\eta} \tag{5.3}$$

- P_{el} : elektrische Leistung des Ventilators.....W
- \dot{V} : Luftvolumenstrom..... m^3/h
- Δp : Gesamtdruckverlust.....Pa
- η : mittlerer Gesamtwirkungsgrad..... -

Insgesamt sind also, bei Berechnung nach DIN V 18599, durch die Modernisierungsmaßnahmen über 45.200 Euro/a einzusparen.

5.4. Vergleich der Einsparpotentiale (DIN V 18599 und “ServeLine-System“)

Wenn man die Einsparmöglichkeiten nach DIN V 18599 aus Abschnitt 5.2 und 5.3, welche zum einen die technische Anpassung durch einen Verdunstungskühler und die Verbesserung des Lüftungssystems auf den Stand der Technik beinhaltet, addiert, so kommt man auf ein Einsparpotential von rund 207 MWh_{el} pro Jahr. Durch das theoretische Umsetzen dieser Maßnahmen ergibt sich ein neuer PUE-Wert von 1,43.

Durch den Einbau des in 4.1 vorgestellten adiabaten Freikühlsystems der Firma Hoval würde laut Herstellerangaben sogar 451 MWh_{el} pro Jahr eingespart werden, wodurch sich ein neuer PUE-Wert von 1,15 ergeben würde.

Da es sich bei der ersten Berechnung um eine theoretische Norm handelt und es sich bei dem Hovalsystem um eine erste grobe Auslegung durch den Hersteller handelt, sind beide Potentialberechnungen mit Vorsicht zu betrachten. Trotzdem ist die Tendenz von großen Einsparpotentialen, gerade die Energieeffizienz durch Freiluftkühlung, gut zu erkennen.

6. Fazit und Ausblick

Das Rechenzentrum des IT Servicezentrums der Universität Kassel verwendet, bis auf einen kleinen Teil der Klimatisierung, ausschließlich Kompressionskälte und damit eine sehr konventionelle Technologie. Um Energie einzusparen, wurde zunächst ein Überblick über die Technologien gegeben, die heute zur Klimatisierung in Rechenzentren eingesetzt werden und im Anschluss mit dem betrachteten Rechenzentrum verglichen. Neben vielen Energieeinsparmaßnahmen wie Einhausung der Serverschränke mit Kalt- und Warmgängen, drehzahlvariable Ventilatoren und Temperaturerhöhungen innerhalb des Serverraumes wurden vor allem eine Abwärmenutzung und der Einsatz eines Hybridkühlsystems empfohlen. Das Umluftkühlsystem „ServiceLine“ der Firma Hoval GmbH ist hierbei genauer betrachtet worden und stellte sich als denkbare Möglichkeit einer zukünftigen Klimatisierung des Rechenzentrums dar. Das System nutzt einen hohen Anteil freier Kühlung und macht sich zusätzlich die Verdunstungsenthalpie durch eine Berieselungsanlage zu nutzen. Der Anteil der mechanischen Kühlung macht dadurch nur noch einen verschwindend geringen Anteil aus. Zudem handelt es sich um ein kompaktes System, welches vermutlich die bisherigen Umluftklimageräte an der gleichen Stelle ersetzen könnte.

Zusätzlich wurde eine Möglichkeit gesucht, das Redundanzsystem im Falle eines Stromausfalls zu verbessern. Hierbei wurden mehrere Systeme untersucht. Als am geeignetsten hat sich dabei ein Eisspeicher gezeigt, der in einem Kellergewölbe unterhalb des Rechenzentrums eingebaut werden kann.

Es wird empfohlen, von Spezialisten die detaillierte Auslegung eines solchen Systems hinsichtlich z.B. Platzbedarf, Lüftungsquerschnitten sowie Regelungs- und Anschlussdetails prüfen zu lassen. Auch die Möglichkeit nur mit einem adiabatem Freiluftsystem ohne Notkühlung auszukommen, ist eine Option die betrachtet werden kann.

Literaturverzeichnis

- [1] www.elektroniknet.de/e-mechanik-passive/waermemanagement/artikel/109701, 05.06.2014
- [2] Technische Universität Berlin, Konzeptstudie zur Energie- und Ressourceneffizienz im Betrieb von Rechenzentren, 01.12.2008, Innovationszentrum Energie
- [3] cci Zeitung, Projekttag im Datacenter Frankfurt 3, 06.12.2013, cci Dialog GmbH
- [4] Solarcampusbericht WS 2010/11, Energieeffizienz an der Universität Kassel (Gruppe IT-Servicezentrum)
- [5] Solarcampusbericht SS 2014, Energieeffizienz an der Universität Kassel (Gruppe IT-Servicezentrum)
- [6] Hoval GmbH, Planungshandbuch ServeLine
- [7] Hoval GmbH, Jahresgangrechnung ServeCool

Alle nicht gekennzeichneten Grafiken, Abbildungen und Tabellen sind vom Autor selbst erstellt.