

# Energieberatung zum Projekt RZ-Umbau Köln-Chorweiler

## Gutachterliche Stellungnahme

Version 1.1c vom 12.03.2009

Angefertigt für:

Stadt Köln - Amt für Informationsverarbeitung

Willy-Brandt-Platz 3

50679 Köln

Ausgearbeitet von:

b.r.m. Technologie- und Managementberatung

Konsul-Smidt-Straße 8H – Speicher 1, 28217 Bremen

## Inhaltsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Änderungshistorie.....   | 2  |
| 1. Management Summary.....   | 3  |
| 2. Ausgangssituation .....   | 4  |
| 3. Facility Management und Klimatisierung .....  | 5  |
| 3.1 Gebäude .....  | 5  |
| 3.2 Lüftungsanlagen Keller- und Erdgeschoss.....   | 5  |
| 3.3 Kälteerzeugung.....  | 6  |
| 3.4 Freie indirekte Kühlung .....  | 9  |
| 3.5 Wärmerückgewinnung/ Abwärmenutzung .....   | 9  |
| 3.6 Adsorptionskältemaschine .....   | 10 |
| 3.7 Beleuchtung .....  | 10 |
| 3.8 Transformatoren und Kompensation .....   | 11 |
| 3.9 USV .....  | 11 |
| 3.10 Zusammenfassung .....   | 12 |
| 4. IT-Infrastruktur.....   | 13 |
| 4.1 Energiecontrolling.....  | 13 |
| 4.2 Verbauung der IT-Komponenten .....   | 16 |
| 4.3 Physikalische Hardware .....   | 18 |
| 4.4 Konsolidierung und Virtualisierung .....   | 21 |
| 5. Berechnungen .....  | 23 |
| 5.1 Berechnungsgrundlagen.....   | 23 |
| 5.2 Simulationsberechnung .....  | 24 |
| 5.3 Stromverbrauch gesamt.....   | 25 |
| 5.4 Stromkosten .....  | 27 |
| 5.5 CO <sub>2</sub> -Ausstoß .....   | 28 |
| 5.6 Investition und Betriebskosten .....   | 30 |
| 5.7 Fazit.....   | 32 |
| 6. Fördermöglichkeiten.....  | 33 |
| 6.1 Aus dem Bereich angewandte Forschung.....  | 34 |
| 6.2 Die Energieeffizienz in Kommunen betreffend, aber bei genauerer Analyse nur schwer auf den Anwendungsfall Rechenzentren zu übertragen..... | 34 |
| 6.3 Die Energieeffizienz von Rechenzentren umfassend, aber von Kommunen nicht nutzbar .....  | 34 |
| 6.4 Angekündigt, aber noch nicht umgesetzt.....  | 35 |
| 6.5 Aktuell verfügbar und von Kommunen für den Anwendungsfall energieeffizienter Rechenzentren nutzbar .....                                   | 36 |
| Anlagenverzeichnis .....   | 37 |
| - Anlage 1: Mitgeltende Dateien .....  | 37 |
| - Anlage 2: HP Monitored Power Distribution Unit (PDU) – Spezifikationen .....   | 37 |
| - Anlage 3: Datenblatt VMWare VMotion.....   | 38 |
| - Anlage 4: Datenblatt VMware DRS .....  | 40 |

## Änderungshistorie

| Kapitel                                    | Beschreibung   |
|--|--|
| 1 Management Summary                       | Anpassung an die aktuellen Inhalte   |
| 3 Facility Management und Klimatisierung   | Kapitel komplett überarbeitet, u.a.: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Variante Radial-Turboverdichter mit Trockenkühler eingeführt</li> <li>- Aussagen zu Schallemissionen und Wasseraufbereitung ergänzt</li> <li>- Aussagen zum Thema Transformatoren ergänzt</li> </ul>   |
| 4.3 Physikalische Hardware                 | Erläuterungen und Empfehlung zu SPEC-Benchmark   |
| 5 Berechnungen                             | Berechnungen geändert: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Da von einer vordefinierten Auslegung des IT-Stromverbrauchs gem. Stand der Planung ausgegangen wird, entfällt das bisherige Kapitel 5.2.</li> <li>- Neues Kapitel 5.2: Simulationsrechnungen für vier Varianten (bisher drei), Berücksichtigung der gleitenden Freikühlung der Entwurfsvariante</li> <li>- Referenz für Salden ist die Variante 2 „Stand der Planung“</li> <li>- Eingangswerte für Auslegung Klima/Kälte geändert</li> <li>- Kapitel 5.6 Investition und Betriebskosten hinzugefügt</li> <li>- Kapitel 5.6 Fazit nach Kapitel 5.7 verschoben</li> </ul> |
| 6.4 Angekündigt, aber noch nicht umgesetzt | Fördermöglichkeiten - Ergebnis der CeBIT-Presskonferenz  |
| Anlage                                     | Excel-Tabelle komplett überarbeitet, u.a.: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Simulationsrechnung Kälteerzeugung hinzugefügt</li> <li>- Vergleichsrechnung der Investitionen/Betriebskosten</li> </ul>   |

## 1. Management Summary

Im Rahmen der gutachterlichen Stellungnahme wurde der vorliegende Stand der Planung für das Umbauvorhaben des Rechenzentrums Köln-Chorweiler unter dem Gesichtspunkt der „Energieeffizienz“ bewertet. Aus dem vorliegenden Stand der Planung ergeben sich für das RZ Köln-Chorweiler deutliche energetische Vorteile gegenüber einer konventionellen Planung. Der ermittelte PUE-Wert liegt bei 1,38, bezogen auf eine IT-Last von 400 KW.

Auf Grundlage des vorliegenden Planungsstandes wurden weitere Vorschläge zur Steigerung der Energieeffizienz entwickelt und durchgerechnet. Potential sehen wir im Bereich Klima und Kälte insbesondere durch den Einsatz von hocheffizienten Kaltwassersätzen in Verbindung mit einem Hybridkühler bzw. einem Trockenkühler. Die Dimensionierung erfolgt so, dass bei Teillast der optimale Wirkungsgrad erreicht wird. Durch modularen Aufbau kann die Anpassung an zukünftige Bedarfe einfacher realisiert werden.

Grundsätzlich ist die Variante Hybridkühler effizienter als die Variante Trockenkühler, aber sie ist teurer und wartungsaufwändiger, zum großen Teil bedingt durch die Wasseraufbereitung.

In Kombination mit den weiteren Maßnahmen haben wir für die Variante Hybridkühler eine Energiekostensparnis von rund 7 % gegenüber dem Stand der Planung sowie einen PUE-Wert von 1,29 ermittelt. Auf Grundlage der aktuellen Konditionen des Energieversorgers entspricht dies einer Ersparnis an Energie- und Betriebskosten von rund 37.000 EUR p.a. sowie einer CO<sub>2</sub>-Reduktion von ca. 107 t p.a. im Vergleich zum gegenwärtigen Stand der Planung. Diese Variante ist unter energetischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten die optimale Lösung, beinhaltet jedoch aufgrund des höheren Wartungs- und Überwachungsaufwandes sowie der höheren Anfangsinvestition von rund 80.000 EUR auch Nachteile.

Bei der Variante Trockenkühler liegt die Energiekostensparnis bei rund 2% gegenüber dem Stand der Planung. Dies entspricht einer Ersparnis an Energie- und Betriebskosten von rund 15.000 EUR p.a. Der PUE-Wert beträgt 1,35 gegenüber 1,38. Die Investitionskosten liegen gegenüber dem Stand der Planung um rund 20.000 EUR niedriger. Diese Variante stellt das Optimum dar, wenn man die zur Variante Hybridkühler beschriebenen Gesichtspunkte, die bei Anschaffung und Betrieb besonders beachtet werden müssen, vermeiden möchte.

Darüber hinaus wurden innovative Technologien beschrieben, die beobachtet werden sollten, da sie sich in den kommenden Jahren voraussichtlich etablieren werden. Insbesondere sehen wir Potential beim Einsatz von dynamischen Serverpools (VMWare VMotion und DRS) sowie bei SSD (Solid State Disc)-Festplatten.

Recherchiert wurden die Fördermöglichkeiten insbesondere für Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs und zur Nutzung innovativer Technologien beim Umbau und der Modernisierung des Rechenzentrums Köln-Chorweiler. Viele der Förderprogramme sind auf den vorliegenden Fall nicht anwendbar. Das Konjunkturpaket II wurde auf seine Anwendbarkeit hin überprüft. Zum jetzigen Stand ist die Übertragbarkeit noch nicht

abschließend zu beurteilen. Durch den Einsatz neuester Technologien steigen die Förderchancen. Im Rahmen der Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gibt es ein Förderprogramm für Kommunen, soziale und kulturelle Einrichtungen, in dem Modellprojekte mit dem Leitbild der CO<sub>2</sub>-Neutralität gefördert werden. Dieses Programm ist auf den Anwendungsfall übertragbar.

Am 5.3.2009 hat Herr Gabriel auf einer Pressekonferenz anlässlich der dritten "Jahreskonferenz: Nachhaltigkeit in einer digitalen Welt" auf der CeBIT neue Fördermöglichkeiten für Green IT Projekte angekündigt, die auch für die Stadt Köln sehr interessant sein können. Wir werden uns unmittelbar nach der CeBIT mit dem extra eingerichteten Green IT Projektbüro der BITKOM in Verbindung setzen und Sie jeweils auf dem aktuellsten Informationsstand halten.

## 2. Ausgangssituation

Die Rechenzentren der Stadt Köln sowie des LVR (Landschaftsverband-Rheinland) sollen als primärer Standort innerhalb des Stadthauses Chorweiler zusammengeführt werden. Die Planung sieht in der gemeinsamen Gebäudehülle eine Trennung der Serverräume der beiden Betreiber vor. Die Umbau- und Modernisierungsmaßnahmen an dem Mitte der achtziger Jahre erstellten Objekt sind in den Jahren 2010-2011 vorgesehen.

Nächster Meilenstein des Umbauvorhabens ist die Fertigstellung der Ausführungsplanung. Die Ergebnisse dieser Energieberatung sollen in die Ausführungsplanung einfließen. Konkret wurden die folgenden Ziele vereinbart:

- Bewertung/Analyse der bisher in den Planungen berücksichtigten Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz.
- Entwicklung weiterer Vorschläge zur Steigerung der Energieeffizienz (State of the Art).
- Bei der Entwicklung der Vorschläge sind die neuesten verfügbaren Technologien zu berücksichtigen.
- Ergebniskonsolidierung/konkreter Maßnahmenkatalog in Form einer gutachterlichen Stellungnahme.
- Gegebenfalls Folgeauftrag für die Umsetzungsbetreuung.

Konkrete Aufgabenstellungen zur Energieberatung und zur gutachterlichen Stellungnahme:

- Überprüfung der bisherigen Planungen –  
Sind alle technischen, baulichen und sonstigen Aspekte zur Realisierung eines energieeffizienten Rechenzentrums berücksichtigt?
- Überprüfung der Rahmenbedingungen –  
Lassen sich die Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Rahmen der gegebenen Situation implementieren?

- Überprüfung der Konsistenz –  
Sind die Maßnahmen in sich schlüssig und vollständig? Stehen sämtliche Maßnahmen in Einklang mit den Anforderungen des Rechenzentrums?
- Sind bestehende Förderprogramme, insbesondere zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Nutzung innovativer Technologien, berücksichtigt?
- Die Analyse und Begutachtung erfolgt nach der Maxime, ob die Planungen das Kriterium „Energieeffizienz“ als gleichwertigen Bestandteil neben den Kriterien „Verfügbarkeit“, „Performance“ und „Sicherheit“ berücksichtigen ohne die anderen Kriterien (z.B. die Verfügbarkeitsanforderungen entsprechend TIER III nach Uptime Institute) zu vernachlässigen.

### 3. Facility Management und Klimatisierung

#### 3.1 Gebäude

Der Wärmeschutz des Gebäudes entspricht dem Mitte der 80er Jahre üblichen Standard.

Unerwünschte Wärmelasten können aufgrund ungenügenden Wärmeschutzes durch Wärmeleitung, durch solare Einstrahlung und auch durch Konvektion, z.B. bei Windeinfluss durch Leckagen, in das Gebäude gelangen.

Der Wärmeeintrag durch das Dach (Dachfläche ca. 1.500 m<sup>2</sup>, U-Wert > 0,7 W/m<sup>2</sup>/K) wird bei einer Außentemperatur von 36 °C ca. 10 kW entsprechend ca. 2 % der Auslegungs-Kühlleistung betragen.

Wärmeeinträge durch Außenwände werden demgegenüber noch geringer ausfallen.

Die Fenster sind mit außenliegenden Jalousien ausgestattet, so dass die direkte solare Einstrahlung weitgehend minimiert ist.

Die Luftdichtigkeit der Fenster erschien bei Inaugenscheinnahme gut.

Es werden zusammenfassend keine Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes empfohlen.

#### 3.2 Lüftungsanlagen Keller- und Erdgeschoss

Beide Lüftungsanlagen sind großzügig ausgelegt. Daher ist es angeraten die Regelung und Steuerung so zu konzipieren und zu parametrieren, dass stets bedarfsgerechter Betrieb erfolgt.

Zur Beurteilung der Bedarfe wird folgendes festgestellt:

- Die Serverräume müssen im Regelbetrieb (kein Personal anwesend) nicht be- und entlüftet werden.
- Büroräume sollten nur bei Benutzung je nach Erfordernis (siehe Arbeitsstättenrichtlinie ASR 6) maschinell be- und entlüftet werden, in der Regel reicht Fensterlüftung
- Im Museum ist nur bei Anwesenheit von Besuchern Lüftung erforderlich (30 m<sup>3</sup>/h/Person)
- Im KG ist die Abfuhr von thermischen Lasten der Transformatoren, NSHVT, USV und Transferschalter vermutlich nur im Sommer erforderlich
- Entfeuchtung in Archiven ist nur im Sommer erforderlich
- WC Lüftung ist wg. geringer Frequentierung nur minimal erforderlich (Kopplung an Licht realisieren)

#### Fazit:

Die Anlagen können im Mittel mit sehr kleinen Luftmengen gefahren werden. Weiter sollten die Anlagen per Zeitprogramm/Bedarfstaster oder per Sensorik gesteuert werden.

### 3.3 Kälteerzeugung

Die im Entwurf vorgesehenen Kaltwassersätze mit integrierter Freikühleinrichtung weisen einen unbefriedigend niedrigen COP von 4 - 4,5 auf. Die Rückkühler werden bei niedrigen Außentemperaturen auch zur Freikühlung verwendet. Der Strombedarf der Ventilatoren ist im Nennlastbereich mit 8,6 kW je Aggregat hoch. Dies entspricht für vier Kaltwassersätze gerundet 35 kW. Nach Angabe der Fa. Stulz kann die Drehzahl bei Erfordernis bzw. entsprechender Einstellung der Regelung bis 120 % erreichen.

Die Leistung liegt dann über 9 kW je Aggregat.

Bei diesem Betrieb, wäre auch die Schallemission deutlich höher als bei Nennlast. Der Schalldruckpegel liegt lt. Datenblatt bei 100 % Drehzahl in 5 m Abstand bei 65 dB (A); bei 120 % kommen ca. 5 dB (A) hinzu. In 30 m Abstand ist von einem Wert noch über 50 dB(A) auszugehen.

Bei einer Außentemperatur unter ca. 15 °C wird die Drehzahl der Ventilatoren stufenlos heruntergeregelt. Die mittlere Leistung beträgt ca. 10 – 15 kW.

Es wird empfohlen, statt Scrollverdichter drehzahlgeregelte, magnetgelagerte Radial-Turboverdichter einzusetzen.

Vorteile gegenüber Scroll- oder Kolbenverdichtern sind:

- Günstiges Teillastverhalten, wesentlicher Effizienzgewinn von bis zu 50 %

- Aufgrund guter Regelbarkeit ist ein wesentlich geringeres Kältepuffervolumen erforderlich
- Verschleißarme ölfreie Lagerung mit Magnetlagertechnologie
- Geräuscharm, (Kosteneinsparung f. Schalldämmmaßnahmen)
- Schwingungsfreiheit
- Zuverlässigkeit
- Geringe Anlaufströme (< 5 A je Verdichter), Notstromversorgung kann deutlich vereinfacht werden, Sicherheitsreserven im Stromnetz, Schutz der IT Anwendungen
- Blindstromkompensation nicht erforderlich
- Wartungskosten aufgrund Ölfreiheit niedriger, Servicekosten ca. 1/3 geringer
- Aufgrund hermetischer Bauweise tendenziell geringerer Kältemittelverlust, TEWI (Total Equivalent Warming Impact) deutlich niedriger

Es wird vorgeschlagen die Kühllast auf 2 Kaltwassersätze mit je 600 kW und je 2 Kompressoren aufzuteilen. Hiermit ist die erforderliche Redundanz gegeben. Bei Betrieb nur eines Kaltwassersatzes dürfte die mittlere Auslastung ca. 50 % betragen. Hierfür beträgt der COP 9,0. Bei Betrieb beider Kaltwassersätze ist die Auslastung 25 % und COP 10,4.

Es wird empfohlen, die Kaltwassersätze statt auf dem Dach im KG aufzustellen.

Vorteile dieser Lösung wären

- besserer Schallschutz
- statische Entlastung des Daches
- Entfallen eines Witterungsschutzes
- Schonung des Aggregates

Weiterhin wird empfohlen, das Rückkühlwerk als Hybridkühlturm auszuführen, die Redundanz kann durch einen Trockenkühler hergestellt werden.

Der Hybridkühler wird so ausgelegt, dass Schwadenfreiheit garantiert ist. Der Schalldruckpegel beträgt in 10 m Entfernung nach Hüllflächenverfahren EN 13487 44 dB(A). In 30 m Entfernung sind es unter 40 dB(A).

Das weitere Planungsverfahren ist so durchzuführen, dass die Schallimission ordnungsgemäß eingehalten wird.

Die Kühlleistung des Rückkühlers wird mit 700 kW großzügig ausgelegt.

Diese Leistung kann auch bei einer Außentemperatur von 39 °C erbracht werden.

In Köln trat die bisher seit Beginn der Aufzeichnung von Klimadaten höchste Außentemperatur von 37,7 °C am 21.6.2006 um 14 Uhr auf bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 29 %. Eine höhere Luftfeuchtigkeit ist auch in Zukunft bei Annahme heftiger Klimaänderungen nur bei niedrigeren Außentemperaturen zu erwarten.

Der Frischwasserbedarf der Anlage wurde per Simulationsrechnung auf 1.524 m<sup>3</sup>/a abgeschätzt. Der Wasserbedarf wäre bei trockener Betriebsweise im Freikühlverfahren deutlich niedriger. Jedoch ist die Umschaltemperatur dann mit ca. 8 °C statt 12 °C wesentlich niedriger und der Stromverbrauch des Kaltwassersatzes ca. 80.000 kWh/a höher. Der Wassermehrverbrauch beträgt ca. 1.000 m<sup>3</sup>/a.

Zur Aufbereitung des Wassers ist eine Enthärtungsanlage (Osmose) erforderlich.

Die Investition beträgt ca. 20.000 EUR.

Zur Bekämpfung des Algenwachstums muß eine permanente Wasserbehandlung vorgenommen werden. Hierzu stehen mehrere Lösungen zur Verfügung. Empfohlen werden im vorliegenden Falle entweder

- (automatische) Zugabe von Bioziden
- UV-Bestrahlung

Vorteil bei der Zugabe von Bioziden ist eine niedrige Investition. Nachteil sind die laufenden Kosten. Bei Systemen mit UV-Bestrahlung ist eine Investition von ca. 3.000 EUR erforderlich. Das System muß bezüglich der Funktion regelmäßig überwacht werden. Die laufenden Stromkosten sind mit unter 100 EUR/a sehr gering.

Das in Köln zuständige Institut zur Beurteilung von Anträgen zur Einleitung von Bioziden aus Verdunstungskühlern in das Abwasser nennt keine grundsätzlichen Bedenken. Eine Prüfung nach erfolgter Systementscheidung ist jedoch erforderlich.

Bei korrekter Anwendung des Wasserbehandlungssystems schließt der Hersteller eine Belastung der Umgebung durch Legionellen aus und legt ein Zertifikat vor.

Einzelheiten sind den Anlagen zum Hybridkühler Jaeggi und dem Kaltwassersatz Axima zu entnehmen. Ein Zertifikat für den Hybridkühler ist beigefügt. Die Kostenangaben werden so eingeschätzt, dass im Rahmen einer Ausschreibung im Wettbewerb noch Reduzierungen erzielt werden können.

Alternativ wurde auch der Einsatz eines Trockenglycolkühlers als Rückkühlwerk untersucht.

Vorteile dieser Lösung sind:

- Niedrigere Investition
- Niedrigere Wartungs- und Betriebskosten
- Niedrige Dachlast

Nachteile:

- Höheres Temperaturniveau und damit niedrigeres COP der Kälteerzeugung (höhere Stromkosten)
- Höhere Schallemissionen
- Höhere Ventilator-Stromkosten
- Hoher Platzbedarf

### 3.4 Freie indirekte Kühlung

Zur freien Kühlung wird der Hybridkühler (alternativ Trockenkühler) der Kaltwassersätze durch hydraulische Umschaltung eingesetzt. Die Dimensionierung erfolgt jeweils so, daß die Umschaltung auf Kompressionskälte bei einer Außentemperatur von 12 °C erfolgt.

Die Auslegung der Präzisions-Klimaschränke sollte großzügig erfolgen. Es werden große Tauscherflächen empfohlen, die Systemtemperaturen im Vorlauf 14 °C und im Rücklauf 20 °C ermöglichen. Die Rücklufttemperatur sollte 30°C nicht überschreiten.

Alle Umwälzpumpen sind in Hocheffizienztechnik auszuführen, Rohrquerschnitte sind großzügig zu wählen.

### 3.5 Wärmerückgewinnung/ Abwärmenutzung

Das theoretische Potenzial ist groß und beträgt ca.

$$6.000 \text{ h/a} * 300 \text{ kW} = 1.800 \text{ MWh/a entspr. ca. 100 TEUR/a}$$

Die Abwärme ist jedoch an Luft gebunden und so nicht beliebig transportierbar.

Beispiel: 10.000 m<sup>3</sup>/h, Zuluft 30 °C, Abluft 20°C, thermische Leistung 33 kW

Wichtig: Für große Volumenströme werden große und damit teure Luft-Kanalquerschnitte mit Brandschutzklappen etc. benötigt.

Alternativ wäre die Nutzung der Abwärme zur Raumwärmeversorgung auch räumlich entfernter Abnehmer mittels Wärmepumpe möglich.

Das nutzbare Potenzial bei Raumwärmenutzung im Wohnbereich beträgt ca. 2.000 Vollbenutzungsstunden. Bei einer Kälte-Auslegungsleistung von 500 kW ergeben sich 1.000 MWh/a, entsprechend 50.000 EUR/a.

Das versorgbare Wohnflächenpotenzial beträgt ca. 5.000 m<sup>2</sup> (ca. 70 Wohnungen).

Die Investition für eine Wärmepumpe mit ca. 500 kWth beträgt inkl. Verrohrung etc. mehr als 300.000 EUR.

Folgende technische und ökonomische Probleme sind zu beachten:

- Heizflächenauslegung im Bestand i.d.R. ungeeignet für Abwärme < 50°C
- Vermarktung Nahwärme schwierig
- Redundanz in Form konventioneller Spitzenkessel erforderlich
- Personalkosten für Technik und Verwaltung

Fazit:

Die Abwärmenutzung zu Raumheizzwecken erscheint im vorliegenden Falle technisch aufwändig und unwirtschaftlich.

### 3.6 Adsorptionskältemaschine

Nach Herstellerangabe beträgt der COP 0,65. Je kWh Kälte sind demnach ca. 1,5 kWh Wärme erforderlich. Bei einem günstig kalkulierten Fernwärmepreis von 5 ct/kWh ergibt sich ein Kältepreis von 7,5 ct/kWh.

Bei der vorgeschlagenen Kältetechnik mit COP=9,5 beträgt der Kältepreis ca. 1,5 ct/kWh.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen betragen ca. 122 g/kWh (Emissionsfaktor örtliche Fernwärme 79 g/kWh) gegenüber ca. 62 g/kWh bei Kompressionstechnik (COP 9,5, 596 g/kWhel).

Fazit:

- Adsorptionskältemaschinen sind nicht Stand der Technik
- Die Zuverlässigkeit ist nicht einschränkungslos gesichert
- Die Anlage ist bei Einsatz von Fernwärme energetisch nicht vorteilhaft und letztlich unwirtschaftlich

### 3.7 Beleuchtung

Die Entwurfsplanung entspricht den Anforderungen an wirtschaftliche Beleuchtungsanlagen.

Es wird vorgeschlagen

- Generell T5 Lampen einzusetzen (z.B. 49 W in einlampigen Langfeldleuchten - keine Kompaktleuchtstofflampen)
- in Serverräumen Präsenzmelder zur Lichtsteuerung einzusetzen

- in sonstigen Räumen mit Tageslichtanbindung Lichtregelung vorzusehen
- in den innenliegenden Räumen Präsenzmelder evtl. zusammen mit Akustikfunktion vorzusehen
- Notlichtpiktogramme mit LED Leuchten zu realisieren

### 3.8 Transformatoren und Kompensation

Die im Entwurf vorgesehenen verlustarmen Transformatoren sind auf Mittel- bis Vollast optimiert. Bei einer zu erwartenden Höchstlast von unter 800 kW und Betrieb von 3 Transformatoren mit je 800 kW wäre die Auslastung demnach höchstens 33 % und zeitweise unter 20 %.

Alternativ wird daher vorgeschlagen, Transformatoren mit einer Wirkungsgradoptimierung im Teillastbereich einzusetzen.

Im Rahmen einer Telefonrecherche wurde festgestellt, dass die namhaften Hersteller in kürze (auf der Hannover Messe 4/2009) hocheffiziente Transformatoren mit einem Wirkungsgrad von 99,3 % im Teil- bis einschließlich Mittellastbereich anbieten werden (Beispiel : ABB Resibloc 99)

Im Rahmen der Untersuchung konnte nicht abschließend geklärt werden, ob im Rahmen der anstehenden Ausschreibung dieses Produkt als Alternativposition infrage kommt. Insbesondere konnten noch keine Angaben über die Lieferzeiten gemacht werden. Es wird empfohlen bei Beginn der Ausführungsplanung dieses zu prüfen. Das Einsparpotenzial wird auf ca. 0,5 Prozentpunkte entsprechend ca. 25.000 kWh/a geschätzt. Bei den Variantenvergleichen wird zunächst auf eine Bewertung dieser Einsparung verzichtet.

Eine Kompensationsanlage ist aufgrund der kaum vorhandenen induktiven Verbraucher nicht erforderlich.

Insbesondere hat der vorgeschlagene Kaltwassersatz keinen Kompensationsbedarf.

### 3.9 USV

Die im Entwurf vorgeschlagene USV erscheint energetisch ausgereift.

Der Wirkungsgrad einer kinetischen USV beträgt ca. 96 %. Bei einer chemischen USV sind es 92 %.

Aufgrund der Anforderung TIER III werden die Systeme doppelt vorgehalten.

Für eine kinetische USV spricht auch eine höhere Netzqualität und Zuverlässigkeit des Gesamtsystems.

### 3.10 Zusammenfassung

Der Entwurf beinhaltet im Vergleich mit Standardfällen wesentliche Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz.

Weitere Sparpotenziale wurden für den Bereich Versorgungstechnik identifiziert.

Es wird empfohlen

- Kaltwassersätze mit drehzahlgeregelten Radial-Turboverdichtern
- mit Hybrid-Rückkühlwerk oder alternativ
- Trockenrückkühlern

einzusetzen.

Die Variante mit Trockenrückkühlwerk weist wesentlich niedrigere Investitionen bei jedoch höheren Stromkosten auf. Die Variante mit Hybridkühler erfordert höheren Wartungsaufwand und ist insgesamt anlagentechnisch anspruchsvoll. Unter Berücksichtigung der laufenden Kosten für die Wasseraufbereitung ergibt sich ein Kostenvorteil für diese Lösung.

Die Lüftungsanlagen im KG und EG sollten regelungstechnisch bedarfsgerecht betrieben werden.

Der Einsatz einer Adsorptionskältemaschine mit Fernwärmeversorgung ist unwirtschaftlich.

Die Nutzung der Abwärme ist nicht wirtschaftlich möglich.

## 4. IT-Infrastruktur

### 4.1 Energiecontrolling

Die Planungen der Gebäudeleittechnik (GLT) sehen für alle haustechnischen Systeme getrennt nach Betreibern (Stadt Köln, LVR, Allgemein) die automatisierte Erfassung von Verbrauchswerten vor. Diese Werte (z.B. der Klimaanlage) werden an einen zentralen Rechner übertragen und archiviert. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Anlagen, die eine Schnittstelle zur GLT integriert haben (z.B. Präzisionsklimageräte) und Systemen, die keine Schnittstelle integriert haben (z.B. Server).

Für die differenzierte Energiemessung der IT-Systeme ist der Einsatz von Erfassungsgeräten wie bspw. von Power Distribution Units (PDU) vorgesehen. Dabei handelt es sich um überwachte Stromverteilereinheiten, die mit der GLT kommunizieren. Damit lassen sich die Energieverbräuche bestimmter Systeme zeitgesteuert und automatisch ermitteln. Hierunter ist zu verstehen, dass je nach Art der Zwischenschaltung und Programmierung, Verbrauchsdaten bis auf einzelne Geräte oder bis auf einzelne Cluster (z.B. alle Server in einem Rack) genau ermittelt und an ein zentrales System gesendet werden.

PDUs sind in der Lage, Daten zu Verbräuchen der IT-Systeme zu liefern. Diese quantitative Größe lässt jedoch keine qualitative Beurteilung zu. Die Aussage, warum zu einer bestimmten Zeit ein bestimmter Stromverbrauch vorlag, lässt sich erst sauber analysieren, wenn man weitere Daten des IT-Systems erhält. Wesentliche Messgrößen sind u.a. die CPU-Last und die CPU-Temperatur (jeweils Durchschnitt, Min., Max.) im gemessenen Zeitraum.

Im Rahmen der eingesetzten Server unterstützen die neueren Systeme (z.B. HP Proliant DL 380 G5, C7000er Bladesysteme und IBM Bladesysteme) solche energetischen Messungen. Zur Auswertung kann die vorhandene Software HP Open View bzw. IBM Tivoli eingesetzt werden. Laut der Hersteller ist eine den Anforderungen entsprechende Auswertung mit den aktuellen Systemen möglich. Unterstützt werden dabei Systeme mit den Plattformen Windows, Linux und Unix.

Die Auswertung von Fremdsystemen wird durch optionale Module grundsätzlich unterstützt. Aufgrund sehr enger Rahmenbedingungen werden Fremdsysteme nicht zuverlässig unterstützt. Sollten Fremdsysteme in die Auswertung mit einbezogen werden, ist die Unterstützung fallweise mit dem Hersteller zu prüfen.

Durch die Auswertungssoftware lassen sich Daten nach allen relevanten Kriterien aufbereiten. Das System warnt anhand von Sollvorgaben bei Über- bzw. Unterschreitung von Schwellwerten oder bei Nichtmeldung einzelner Messdaten durch eine Messstelle.

Empfehlungen:

- Power Distribution Units (PDU) als integraler Bestandteil der GLT einsetzen.
- Verbrauchsdaten der IT bis auf einzelne Geräte oder bis auf einzelne Cluster (z.B. alle Server in einem Rack) genau ermitteln.
- Soweit technisch möglich, auch qualitative Daten (Temperaturwerte, Auslastung) der Server ermitteln, damit sich technische und energetische Zusammenhänge nachvollziehen und optimieren lassen.
- Sicherstellen, dass die Gesamtverbräuche des Rechenzentrums sowie der Verbrauchsanteil der IT und der Kühlung am Gesamtverbrauchs valide erfasst werden, d.h. vergleichbare Messgrößen und Zeiträume (jeweils Anteil der Betreiber).
- Festlegen eines Kennziffersystems als Steuerungsinstrument. Wesentliche Kennziffern, die unter definierten Prüfbedingungen erfasst werden (Temperatur, Zeitpunkt), sind:

Die Kenngröße DCIE (Data Center Infrastructure Efficiency) gibt das Verhältnis von Energieverbrauch der IT zur gesamten Energieaufnahme im Rechenzentrum an. Je größer der Wert, umso besser.

$$\text{DCIE} = \frac{\text{Energieverbrauch der IT (KW)}}{\text{Gesamtenergieverbrauch des RZ (KW)} * 100}$$

Die Kenngröße PUE (Power Usage Effectiveness) gibt das Verhältnis aus der gesamten Energieaufnahme im Rechenzentrum zum Energieverbrauch der IT an. Je kleiner der Wert, umso besser.

$$\text{PUE} = \frac{\text{Gesamtenergieverbrauch des RZ (KW)}}{\text{Energieverbrauch der IT (KW)}}$$

Die Kenngröße COP (Coefficient of Performance) gibt das Verhältnis aus abgegebener Wärmeleistung und aufgenommener (elektrischer) Antriebsleistung an. Der COP-Wert wird bei den Klimaanlage erfasst. Häufig wird dieser Wert auch als „Leistungszahl“ bezeichnet.

$$\text{COP} = \frac{\text{Abgegebene Wärmeleistung (kW)}}{\text{Aufgenommene (elektrischer) Antriebsleistung inkl. Hilfsenergie (KW)}}$$

Die mittlere Systemauslastung (Systemlast) gibt das Verhältnis aus verfügbarer Systemleistung und durchschnittlich abgerufener Systemleistung an. Je höher der Wert, desto intensiver ist das System ausgelastet. Insbesondere die Systemlasten der Komponenten CPU, Storage, RAM und Netzwerk sind relevant.

$$\text{Systemlast} = \frac{\text{Durchschnittlich abgerufener Systemleistung}}{\text{Verfügbare Systemleistung}}$$

#### Umsetzung:

Einführung eines IT-Tools zur Erfassung und Aufzeichnung laufender Messergebnisse aus den Servern. Die neueren Server sind in der Lage, kontinuierlich Messergebnisse zu liefern. Automatisierte Systemüberwachung mittels HP Open View (Herstellerbeschreibung und White Papers unter <http://www.hp.com/openview>) sowie IBM Tivoli (Details unter <http://www-01.ibm.com/software/de/tivoli/>).

Die Stadt Köln setzt die in der IT Infrastructure Library (ITIL) gesammelten Best Practices um und hat entsprechende Rollen und Funktionen für das IT-Service-Managements (ITSM) realisiert. Diese inzwischen international als De-facto-Standard geltenden Best Practices beschreiben bis heute allerdings nicht die Rolle eines Energy Managements, dass aber gleichberechtigt zum Security Management und anderen Managementbereichen eingerichtet und in das ITIL Gesamtkonzept eingebettet werden sollte. Wir empfehlen hier eine Vorreiterrolle zu spielen und die Erfahrungen auch in den entsprechenden ITIL-Gremien zu kommunizieren. Möglicherweise lassen sich auch Erfahrungen anderer ITIL-Nutzer bei der Einrichtung eines IT-Facilities Management nach ITIL-Version 3 übertragen.

Zumindest sollte ein Energiebeauftragter berufen werden, zu dessen Aufgaben folgendes zählen sollte:

- Planung und Sicherstellung der messtechnischen IT-Systembetreuung
- Auswertung/Dokumentation der Messdaten
- Enge Zusammenarbeit mit dem Facility Management, damit die Daten der GLT mit in die Auswertung/Dokumentation einfließen
- Aufbereitung der Daten zu Informationen für den kontinuierlichen Optimierungsprozess
- Definition der Sollwerte in enger Abstimmung mit den Beteiligten
- Koordination der Beteiligten in den Bereichen IT und Facility Management, damit die identifizierten Optimierungspotentiale unter Berücksichtigung der Anforderungen des Rechenzentrums zu konkreten Optimierungsmaßnahmen führen
- Regelmäßiger Abgleich der Messwerte mit den Sollwerten, bei Abweichungen Justage der Parameterwerte in enger Abstimmung mit den Beteiligten
- Ergebnisüberwachung und Dokumentation des kontinuierlichen Optimierungsprozesses
- Sensibilisierung der Mitarbeiter für energieeffizientes Handeln

- Ausarbeitung von Konzepten, Vorstellung von Maßnahmen zur weiteren Steigerung der Energieeffizienz in Abstimmung mit der Geschäftsleitung, Verantwortlichen und Fachbereichen
- Ansprechpartner für interne und externe Anfragen zum Thema Energieeffizienz

#### 4.2 Verbauung der IT-Komponenten

Geplant ist die Verbauung der Racksysteme in 19" Serverschränken mit Warmgang und Kaltgang sowie einer Einhausung. Dabei wird mit einer maximalen Leistungsdichte von 6 kW pro Serverschrank geplant.

##### Empfehlungen:

- Die Serverschränke je Betreiber sollten wie geplant angeordnet werden (also zweireihig je Betreiber). Diese Anordnung ist die einfachste und wirtschaftlichste Bauform, um die geplante Einhausung zu realisieren.
- Aus energetischer Sicht ist es wichtig, den hydraulischen Abgleich herzustellen. Es darf keine Vermengung von kalter Zuluft und warmer Abluft geben. Dazu müssen in den Serverschränken die nicht benötigten Fächer mit Abdeckungen versehen sein. Luftspalte müssen durch geeignete Maßnahmen geschlossen werden.
- Die Beschaffung der Serverschränke ist mit der Einhausung gemeinsam zu planen, da spätere Anpassungen an der Einhausung nur relativ aufwändig zu realisieren sind.
- Die Schränke sollten eine Tiefe aufweisen, welche die Tiefe der Server nur geringfügig übersteigt. Dadurch wird die warme Abluft möglichst schnell in den warmen Gang abtransportiert. Durch die Marktentwicklung mit zunehmenden Gehäusetiefen bei den Servern sollten die Serverschränke eine Tiefe von 100 cm bzw. 120 cm aufweisen.
- Die Server in den Schränken sollten nach Technologietypen (also Rackserver, Bladeserver usw.) zusammengefasst werden. Grundsätzlich sollten Maschinen zusammengefasst werden, die über eine möglichst homogene Wärmelast verfügen.
- Die Schränke sollten mit Sensoren ausgestattet werden, die an drei Messpunkten die Temperatur erfassen und sie an die GLT übermitteln. Hierdurch sollen Hot Spots und Fehler im hydraulischen Abgleich identifiziert werden.

- Die Raumtemperatur von 26 Grad ist ein Wert, der in wissenschaftlichen Dokumentationen (Schweizer Bundesamt für Energie und TU Berlin) als Optimum zwischen den konkurrierenden Anforderungen nach Betriebssicherheit und Energieeffizienz genannt wird. Durch Laborversuche und Best-practice-Studien testen Hersteller und Betreiber von Rechenzentren höhere Temperaturen. Es zeigt sich, dass Server der neueren Generationen auch bei Temperaturen im Bereich von 28-32 Grad sicher betrieben werden können. Verbindliche oder abschließende Aussagen zur Betriebssicherheit und Energiebilanz sind zum jetzigen Stand von Seiten der Hersteller nicht erhältlich. Dieser Sachverhalt muss weiter beobachtet werden, da durch eine Anhebung der Solltemperatur die freie Kühlung länger genutzt werden kann (siehe hierzu auch die Best-practice-Studie des BMU unter [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energieeffiziente\\_rechenzentren\\_de.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energieeffiziente_rechenzentren_de.pdf)).
- Bei Temperaturen oberhalb der realisierten 26 Grad muss geprüft werden, ob thermisch empfindliche Systeme (z.B. Bandroboter) in einer eigenen Klimazone (separater Raum) betrieben werden müssen.
- Die gängige Kabelanbindung mit Serviceklappen muss vermieden werden. Dabei werden die Kabel im hinteren Bereich, wo die Server ihre Abluft abgeben, verstaubt. Die hinter den Servern verstaubten Kabel behindern jedoch den Abfluss der heißen Luft durch Verwirbelungen und Durchschiebungen. In der Folge steigt die Innentemperatur des Gerätes und durch zusätzliche Kühlung innerhalb und außerhalb des Systems der Energiebedarf. Solche „Hot Spots“ lassen nicht wegkühlen, sondern die Ursache muss beseitigt werden. Die Lösung sind am Außenprofil des Serverschranks angebrachte Kabelaufnahmen. Hierauf sollte man bei der Produktauswahl achten.
- Durch Gleichspannungsversorgung ließe sich ein hoher Einspareffekt erzielen, da die Transformationsverluste nicht auftreten würden. Ferner wäre der zu erwartende Wirkungsgrad der Gleichspannungskomponenten wesentlich höher. Diesen sehr wünschenswerten Effekten stehen jedoch gravierende Nachteile entgegen. Diese liegen nicht in technischer Hinsicht begründet, da für professionellen RZ-Betrieb ausgelegte Systeme grundsätzlich auch in Gleichstromtechnik zu beziehen sind, sondern dass man sich bei einem Design in Gleichspannungstechnik fast vollständig von der Marktentwicklung abkoppeln würde.

Die IT-Systeme werden von den in Frage kommenden Herstellern standardmäßig in Wechselstromtechnik hergestellt. Dies bedeutet, dass Gleichstromkomponenten zur Zeit Einzelstücke oder Kleinstserien für Projekte darstellen. Dies hätte schwer absehbare Auswirkungen auf die

- Verfügbarkeit (es wäre mit Lieferzeiten und ggf. Mindestbestellmengen zu rechnen),
- Lagerhaltung (auf Grund der speziellen Liefersituation ist eine höhere Lagerhaltung notwendig bzw. muss mit dem Lieferanten eine spezielle und u.U. mit weiteren Kosten verbundene Servicevereinbarung getroffen werden),
- Wirtschaftlichkeit (kleine Stückzahlen und nur wenige wirtschaftliche Ausweichpartner führen in der Regel zu höheren Preisen),

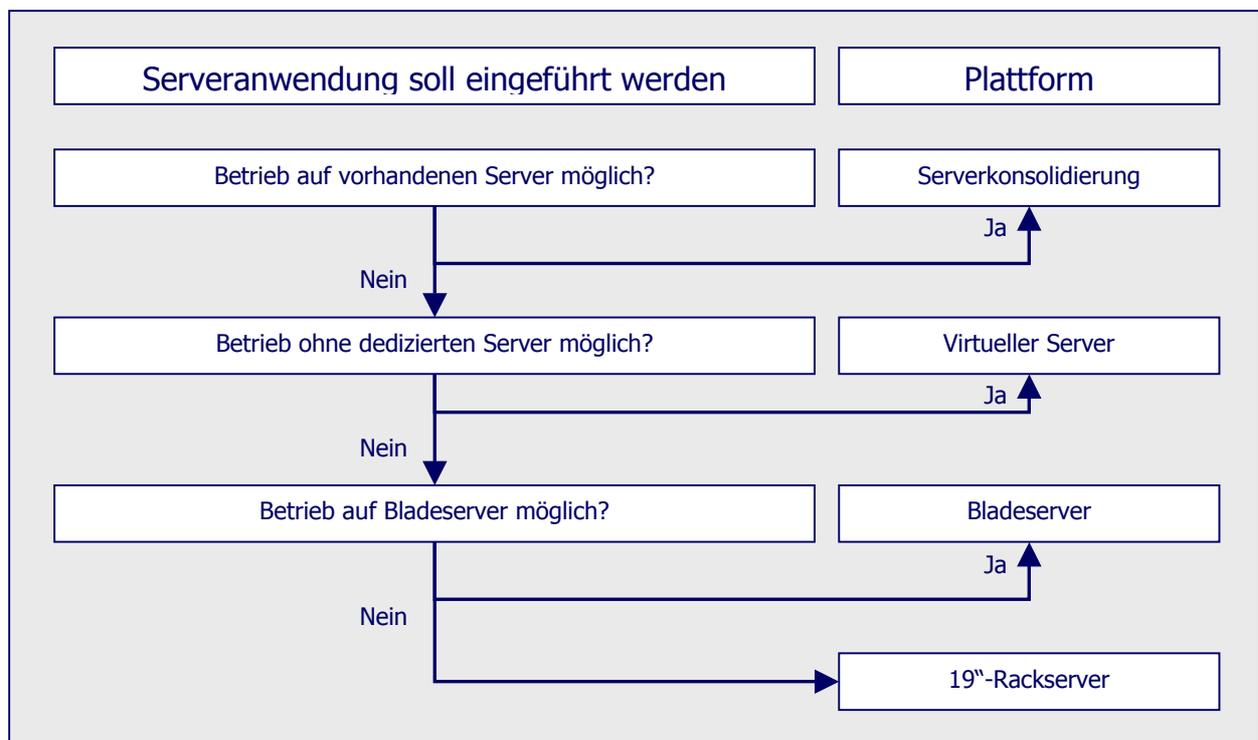
- Zuverlässigkeit (eine Qualitätssicherung wird der Hersteller zunächst immer auf Grundlage seiner Wechselstromprodukte durchführen).

Da nicht alle Komponenten in Gleichstromtechnik verfügbar sein werden und eine Umstellung realistisch nur schrittweise erfolgen kann, wäre eine Auslegung mit zwei Arten der Stromversorgung erforderlich. Die Realisierung dieser Anforderung wäre sehr komplex und kostenintensiv.

Aus diesen Gründen können wir zum jetzigen Zeitpunkt und im Rahmen dieses Vorhabens die weitere Betrachtung der Gleichstromtechnik nicht empfehlen.

### 4.3 Physikalische Hardware

Bei der Entscheidung zum Einsatz von IT-Systemen wird im Rechenzentrum das Konzept zur Systemvermeidung angewendet, welches unter energetischen Gesichtspunkten ideal ist:



Weiter gelten die folgenden Rahmenvorgaben, die permanent an den Stand der Technik angepasst werden:

- Bei den IT-Systemen wird bereits auf energieeffiziente Komponenten (CPUs, LOW POWER RAM usw.) geachtet.
- Die Anzahl der virtuellen Server auf den physikalischen Servern hängt vom Einsatzzweck ab und variiert von 1:4 (für speicherintensive Einsatzzwecke wie z.B. für Terminalserver) bis 1:20 (derzeitiger Durchschnitt: 1:7).

### Empfehlungen:

- Beibehaltung des Konzeptes zur Systemvermeidung.
- Die Wirkungsgrade der in den Servern verbauten Netzteile liegen gemäß der Unterlagen bei durchschnittlich 70-90 %. Die aktuellen Server (z.B. HP DL 380, HP und IBM Bladeserver) verfügen über energieeffiziente Netzteile. Bei den älteren Systemen (z.B. BS2000, Storage Systeme und Netzwerkkomponenten) sollte bei den Geräteherstellern der Wirkungsgrad der Netzteile abgefragt und geprüft werden, ob Netzteile mit deutlich höheren Wirkungsgraden verfügbar sind. Bei der Produktauswahl sollten Wirkungsgrade von ca. 88-93% (bei 50% Auslastung) gefordert werden. Diese höhere Effektivität der Netzteile hat durch ihre Hebelwirkung ein ungeheures Potential: Sie führt nicht nur zu einem geringeren Energieverbrauch bei gleicher CPU-Leistung von etwa 3-8 %, sondern auch zu einer Vermeidung der daraus resultierenden Kühllast.
- Bei der Auswahl der CPU`s sollte auf Prozessoren der Low-Voltage-Technik mit einer geringen Wattzahl geachtet werden. Aktueller Stand wäre der Einsatz von CPUs mit einem Verbrauch von 80 W oder 50 W. (siehe Beispiel HP DL380 G5: [http://h10010.www1.hp.com/wwpc/de/de/sm/WF06a/15351-15351-3328412-241475-241475-1121516.html?jumpid=req\\_R1002\\_DEDE](http://h10010.www1.hp.com/wwpc/de/de/sm/WF06a/15351-15351-3328412-241475-241475-1121516.html?jumpid=req_R1002_DEDE))
- Bei der Beschaffung von Servern sollte darauf geachtet werden, dass die CPUs mit 45nm (Nanometer)-Technologie ausgerüstet sind. Der Prozessor mit 45nm-Technologie steigert die Leistungsfähigkeit. Im Vergleich zu 65nm Prozessoren wird so die Umschaltgeschwindigkeit um ca. 20% gesteigert, während der Stromverbrauch um ca. 30% reduziert wird. Dadurch sind auch höhere Frequenzen und ein größerer verfügbarer Cache als bei den 65nm Prozessoren möglich. Im Laufe des Jahres 2009 werden zusätzlich „Six Core“-CPUs verfügbar sein. Zukünftig werden die Dynamic Core Technology und das CPU-Power-Managements die Energieeffizienz weiter steigern, daher sollten diese Entwicklungen beobachtet werden.
- Die SPEC (Standard Performance Evaluation Corporation) veröffentlicht Benchmarks.

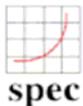
Die folgenden Angaben beziehen sich auf Informationen, die unter [http://www.spec.org/power\\_ssj2008/](http://www.spec.org/power_ssj2008/) bereit gestellt sind. Dort finden Sie alle Angaben zu Definitionen, Messmethoden und vor allem die Ergebnisse zu den bisher untersuchten Servern.

SPECpower\_ssj2008 ist ein Industrie-Standard, der den Energieverbrauch und die Performance von Servern der gängigen Anbieter vergleicht. Das Ergebnis SPECpower\_ssj2008 ist der Durchschnitt der kumulierten Werte aus Leistungsaufnahme und Performance. Daraus ergibt sich eine vergleichbare Messgröße, wie effizient ein Server arbeitet und bei welcher Performance er welche Leistung benötigt.

Bei der Virtualisierung von Servern mit VMWare wird unter energetischen Gesichtspunkten ein Auslastungsgrad von ca. 70% empfohlen. Daher sollte bei der Systemauswahl eine Betrachtung der SPEC-Benchmarks mit einbezogen werden. Hierdurch erhält man genauere Informationen über die Relation aus Energieverbrauch und Performance bei der relevanten Auslastung.

Auf den folgenden Seiten finden Sie ein Beispiel (siehe auch die Übersicht unter [http://www.spec.org/power\\_ssj2008/results/power\\_ssj2008.html](http://www.spec.org/power_ssj2008/results/power_ssj2008.html)):

SPECpower\_ssj2008

[http://www.spec.org/power\\_ssj2008/results/res2007q4/power\\_ssj2008.html](http://www.spec.org/power_ssj2008/results/res2007q4/power_ssj2008.html)

## SPECpower\_ssj2008

Copyright © 2007 Standard Performance Evaluation Corporation

|  |                         |                        |             |   |              |
|--|-------------------------|------------------------|-------------|---|--------------|
| <b>Hewlett-Packard Company Proliant DL360 G5<br/>(3.0 GHz, Intel Xeon processor E5450)</b> |                         |                        |             | <b>SPECpower_ssj2008 =<br/>662 overall ssj_ops/watt</b> |              |
| <b>Test Sponsor:</b>   | Hewlett-Packard Company | <b>SPEC License #:</b> | 3           | <b>Hardware Availability:</b>                           | Jan-2008     |
| <b>Tested By:</b>  | Hewlett-Packard Company | <b>Test Location:</b>  | Houston, TX | <b>Software Availability:</b>                           | Dec-2007     |
| <b>System Source:</b>  | Single Supplier         | <b>Test Date:</b>      | Nov 2, 2007 | <b>Publication:</b>                                     | Dec 11, 2007 |

### Benchmark Results Summary

| Performance                        |             |         | Power             | Performance to Power Ratio |
|------------------------------------|-------------|---------|-------------------|----------------------------|
| Target Load                        | Actual Load | ssj_ops | Average Power (W) |                            |
| 100%                               | 99.4%       | 308,847 | 288               | 1,073                      |
| 90%                                | 90.7%       | 281,745 | 281               | 1,003                      |
| 80%                                | 80.3%       | 249,465 | 270               | 925                        |
| 70%                                | 69.7%       | 216,451 | 258               | 839                        |
| 60%                                | 59.5%       | 184,858 | 247               | 749                        |
| 50%                                | 49.9%       | 155,122 | 234               | 662                        |
| 40%                                | 39.9%       | 123,959 | 221               | 561                        |
| 30%                                | 29.9%       | 92,747  | 210               | 442                        |
| 20%                                | 19.9%       | 61,724  | 200               | 309                        |
| 10%                                | 9.9%        | 30,800  | 190               | 163                        |
| Active Idle                        |             | 0       | 180               | 0                          |
| $\Sigma ssj\_ops / \Sigma power =$ |             |         |                   | 662                        |

Die Tabelle oben stellt von links nach rechts die folgenden Daten dar:

Geplante Auslastung

Tatsächliche Auslastung

Rechenoperationen pro definiertem Messintervall

Durchschnittliche Leistungsaufnahme

Rechenoperationen pro definiertem Messintervall / Durchschnittliche Leistungsaufnahme

Am Ende der Zeile „Performance to Power Ratio“ ist der Durchschnitt angegeben.

Je höher der Wert bei einer tatsächlichen Auslastung liegt, desto besser.

Relevant sind hierbei der Werte bei Auslastungen von 60% und 70%.

Durchschnittswert = 662, bei 60% = 749, bei 70% = 839

Bei der Auswahl von Servern sollten die SPEC-Daten mit in die Betrachtung einbezogen werden.

- Einsatz von SSD (Solid State Disc)-Festplatten: Für den Einsatz in kleinteiligen Bereichen (in den Bladeservern selber) ist diese Technologie inzwischen marktreif und verfügbar. Im Storage-Bereich (SAN) werden diese Festplatten mittelfristig verfügbar werden. Laut Sandisc, einem der marktführenden Anbieter, benötigen Flash-Speicher etwa 87% weniger Strom als konventionelle Festplatten. Weitere Vorteile sind höhere Robustheit, Datentransferrate sowie geringere Wärmeentwicklung.

#### 4.4 Konsolidierung und Virtualisierung

Im Rahmen der Migration sollte die Virtualisierung der IT-Systeme auf hohem Niveau weiter betrieben werden. Folgende Virtualisierungsmaßnahmen sind bis 2010 geplant:

- Umstellung physikalische/virtuelle Systeme vom Verhältnis 2:1 auf 1:2
- Virtualisierung der Switches

Im neuen Rechenzentrum werden im wesentlichen die vorhandenen IT-Systeme zum Einsatz kommen. Durch den Produktlebenszyklus ergeben sich die folgenden Voraussetzungen:

- Server ab ca. Baujahr 2006
- Netzwerkkomponenten ab Baujahr 2003

##### Empfehlungen:

- Mit VMWare ESX ist eine CPU-Auslastung von bis zu 70% realisierbar. Weitere Grenzen sind der maximal verfügbare RAM und der Durchsatz der I/O-Komponenten.
- Einsatz der VMWare-Lösung VMotion zur Optimierung des Virtualisierungsprozesses.  
(<http://www.vmware.com/de/products/vi/vc/vmotion.html>)

Mit VMotion lassen sich Maschinen im laufenden Betrieb virtualisieren und Systeme verschieben, durch die Managementfunktionen lassen sich die Ressourcen der Maschinen optimal ausnutzen. Weitere Herstellerinformationen finden Sie im Anhang im Datenblatt VMWare VMotion.

- Auf den virtualisierten Systemen unter VMWare ESX 3.5: Einsatz des VMware Distributed Resource Scheduler (DRS) und Nutzung der Funktion Distributed Power Management (DPM).  
(<http://www.vmware.com/de/solutions/consolidation/green/>)  
(<http://www.vmware.com/de/products/vi/vc/drs.html>)

Mit diesem Tool können virtuelle Server im laufenden Betrieb dynamisch unter physikalischen Servern verschoben werden, ohne den Betrieb der Anwendungen zu

beeinträchtigen. Nicht benötigte physikalische Server werden bei geringer Auslastung heruntergefahren. Unter VMotion werden die Regeln für diesen bedarfsorientierten Serverpool definiert.

Wenn die Server während der Zeiten schwacher Auslastung mit bspw. 10 % ihrer Systemleistung arbeiten, so verbrauchen sie dennoch 50–60% der Energie. Der Energieverbrauch ändert sich nur unwesentlich, wenn sie tatsächlich mit 50–60% ausgelastet werden.

Weiter sorgt die dynamische und bedarfsorientierte Verteilung der Maschinenlast für längere Maschinenlaufzeiten.

Durch den Einsatz dieser Tools lässt sich die Maschinenauslastung besser planen, weil die tatsächlichen Auslastungsdaten transparent sind.

Weitere Herstellerinformationen finden Sie im Anhang im Datenblatt VMware DRS.

- Cisco und VMware haben gemeinsam einen virtuellen Switch vorgestellt, durch den das Management von virtuellen Instanzen vereinfacht wird. Bei Einsatz von VM Motion wandern die Netzwerkeinstellungen mit der entsprechenden Maschine. Quellen:

<http://www.silicon.de/software/business/0,39039006,39196464,00/cisco+und+vmware+virtualisieren+gemeinsam.htm>

[http://www.pcwelt.de/start/computer/netzwerk\\_server/news/180815/cisco\\_und\\_vmware\\_kooperieren/](http://www.pcwelt.de/start/computer/netzwerk_server/news/180815/cisco_und_vmware_kooperieren/)

- Im Rahmen der Catalyst-Familie virtualisiert Cisco die Switching-Redundanz, dadurch verhält sich ein Verbund von Switches wie ein einzelner Switch. Quellen:

[http://microsite.computerzeitung.de/article.html?art=/articles/2007046/31298273\\_ha\\_CZ.html&page=5&ms=/virtualisierung/index.html&pos=94&tpid=ee54f3c7-0de1-40f5-bb23-2cfd022aee5&pid=ee54f3c7-0de1-40f5-bb23-2cfd022aee5](http://microsite.computerzeitung.de/article.html?art=/articles/2007046/31298273_ha_CZ.html&page=5&ms=/virtualisierung/index.html&pos=94&tpid=ee54f3c7-0de1-40f5-bb23-2cfd022aee5&pid=ee54f3c7-0de1-40f5-bb23-2cfd022aee5)

<http://www.searchnetworking.de/themenbereiche/infrastruktur/router-switches/articles/110445/>

## 5. Berechnungen

### 5.1 Berechnungsgrundlagen

Für die Auslegung der Kälteerzeugung und Aufstellung der Energiebilanz wird gemäß Abstimmung mit dem Auftraggeber bzw. dem Ingenieurbüro Heiming von folgenden Werten der el. Leistung ausgegangen:

- Auslegung Kälteerzeugung: 600 kW
- Energiebilanz: 400 kW

Die folgenden Berechnungen erfolgten auf Grundlage der uns vorliegenden Planungsdaten zur IT-Ausstattung bis 2010, den Planungsunterlagen sowie Herstellerangaben und eigenen Berechnungen.

Diese Eingangsgrößen wurden in einer Excel-Kalkulation zusammengeführt. Die Planungsgrößen zum Stand der IT-Ausstattung und der Virtualisierung in 2010 beruhen auf Abschätzungen. Die Bedarfsermittlung ist komplex, da sie vom technischen Fortschritt, technischen Zusammenhängen von Hard- und Software sowie dem künftigen Bedarf nach Rechenzentrumsdienstleistungen abhängt. Die künftige Bedarfsentwicklung ist bei beiden Betreibern die am wenigsten genau berechenbare Größe.

*Daher wird die Excel-Datei mit allen Berechnungsgrundlagen übergeben, damit künftige Änderungen an den Eingangsgrößen berücksichtigt und kalkuliert werden können. Ferner dient diese Datei zur Nachvollziehbarkeit der Berechnungen. Im Rahmen dieses Dokumentes werden nur die Ergebnisse präsentiert und bewertet.*

Die Zahlen stellen ein Rahmengerüst auf Grundlage der vorliegenden Informationen als Entscheidungsgrundlage dar. Weitergehende Berechnungen bezüglich der Verzinsung, der Abschreibung, der Dynamisierung der Energiepreise oder der Entsorgungskosten am Ende der Nutzungsdauer sind in dieser groben Berechnung nicht enthalten.

Im Rahmen der Berechnungen wurden vier Varianten betrachtet:

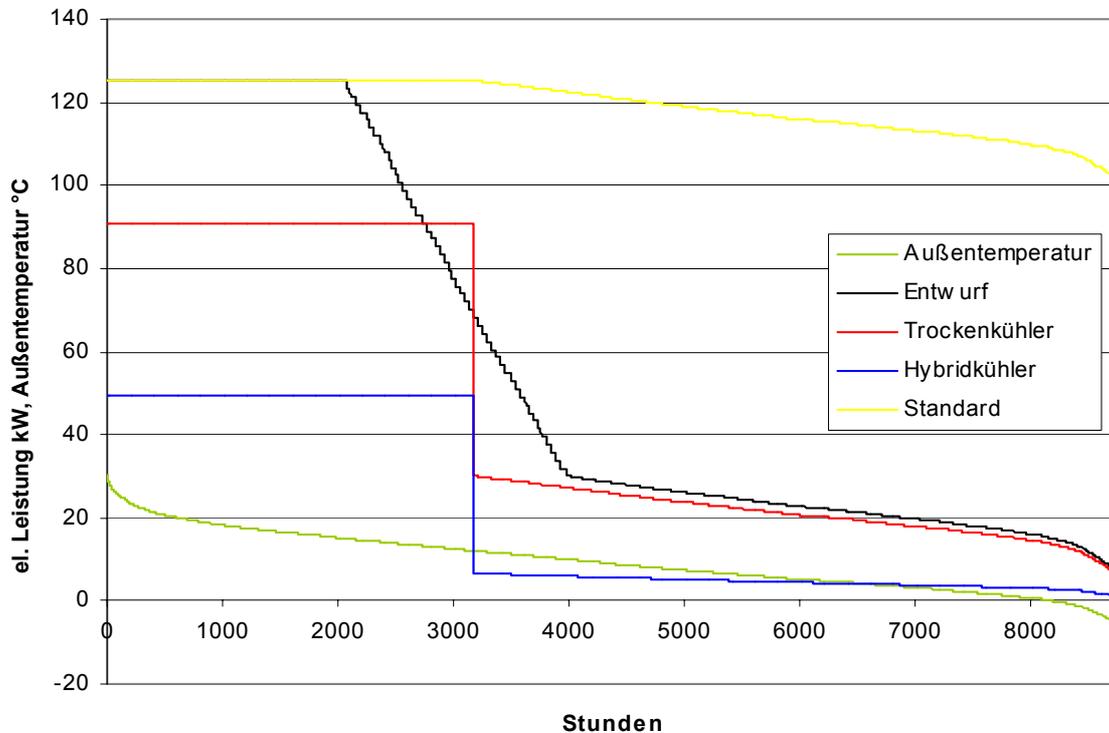
- Variante 1:  
Standard – Lösung mit marktgängiger Kälteerzeugung, keine freie Kühlung, chemische USV, marktgängiger Transformator
- Variante 2:  
Vorliegender Stand der Planung für den Standort RZ Chorweiler – marktgängige Kälteerzeugung, freie Kühlung mit gleitendem Anteil, kinetische USV, verlustarmer Transformator
- Variante 3:  
Radial-Turboverdichter mit Hybridkühler, kinetische USV
- Variante 4:  
Radial-Turboverdichter mit Trockenkühler, kinetische USV

## 5.2 Simulationsberechnung

Das folgende Diagramm zeigt den geordneten Verlauf der elektrischen Leistung der Kälteerzeugung für die betrachteten Varianten. Zusätzlich wird auch der geordnete Verlauf der Außentemperatur dargestellt. Auf der x-Achse fällt die Außentemperatur von links nach rechts ab; entsprechend sinkt auch die el. Leistung der Kälteerzeugung. Die Fläche unter der Kurve visualisiert die el. Arbeit.

Grundlage ist der Stundenwerte-Datensatz des sog. Test-Referenzjahres TRY 3, „Ruhrgebiet und Ballungsgebiete des Flachlandes“ des Deutschen Wetterdienstes.

**Kälteerzeugung für das Rechenzentrum Köln Chorweiler**  
geordnete Jahresdauerlinie der el. Leistung von Varianten und der Außentemperatur



Bei der Variante „Standard“ wird auf Freikühlung verzichtet, die elektrische Leistung fällt mit sinkender Außentemperatur ab.

Bei „Planung“ fällt der gleitende Verlauf mit sinkender Außentemperatur auf.

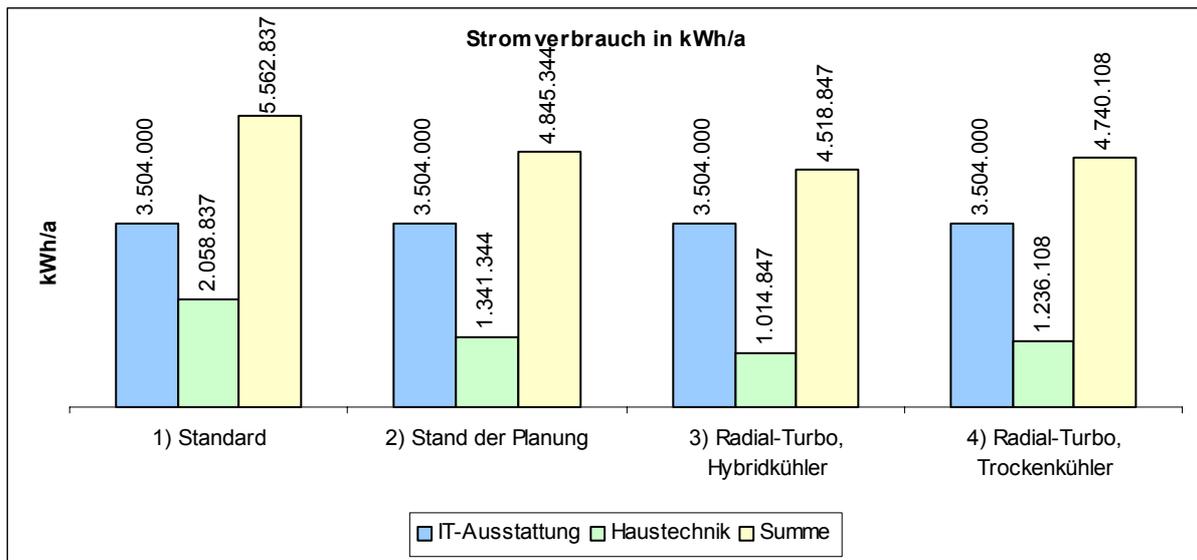
Bei „Hybrid-“ und „Trockenkühler“ erfolgt bei 12 °C die Umschaltung auf Freikühlung.

Es wird deutlich, daß die Leistung von „Hybrid“ trotz gleitender Fahrweise von „Planung“ stets niedriger liegt.

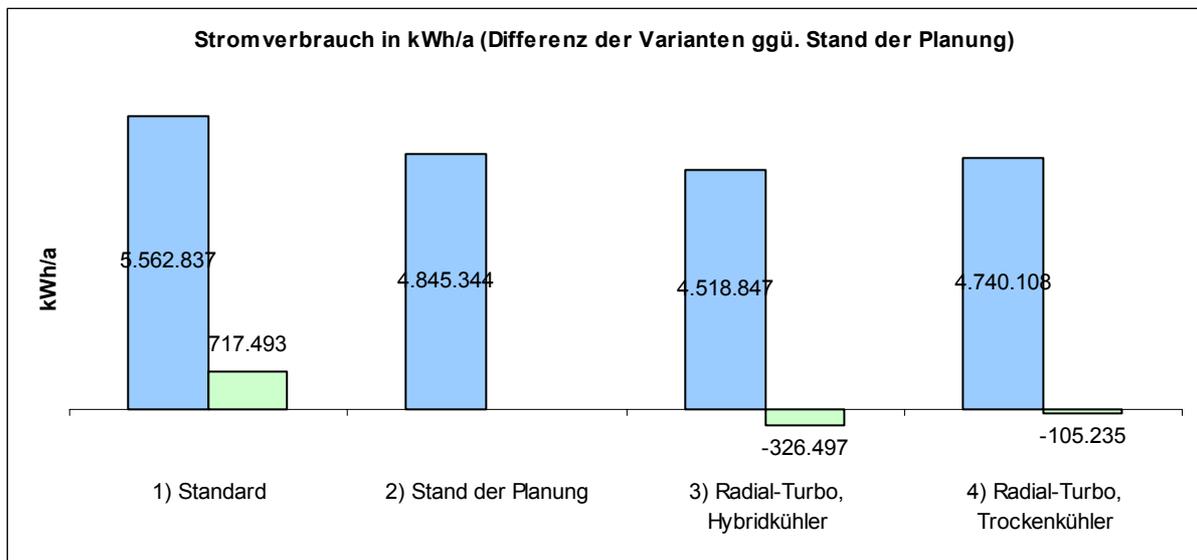
Die verwendeten Daten befinden sich in dem Tabellenblatt „Simulationsrechnung“ der Excel-Datei (Anlage).

### 5.3 Stromverbrauch gesamt

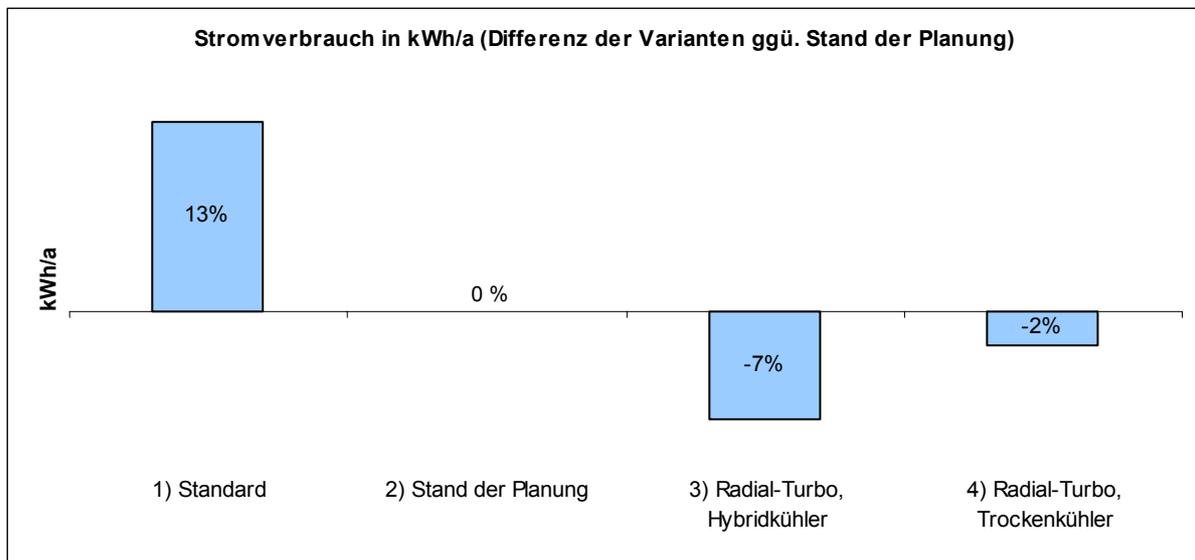
Die folgende Grafik stellt den Gesamtstromverbrauch des Rechenzentrums anhand der durchkalkulierten Varianten dar. Die Abweichungen ergeben sich aus den unterschiedlichen Varianten zur Kälteerzeugung, die anderen Eingangsgrößen sind gleich:



Für die Variante 2) ergibt sich eine Stromersparnis gegenüber einer konventionellen Planung von rund 717.000 kWh pro Jahr. Dies entspricht einer Ersparnis von rund 13% gegenüber der Variante 1) Standard. Bei den Varianten 3) und 4) ergibt sich gegenüber der Variante 2) eine zusätzliche eine Stromersparnis von rund 326.000 bzw. 105.000 kWh:

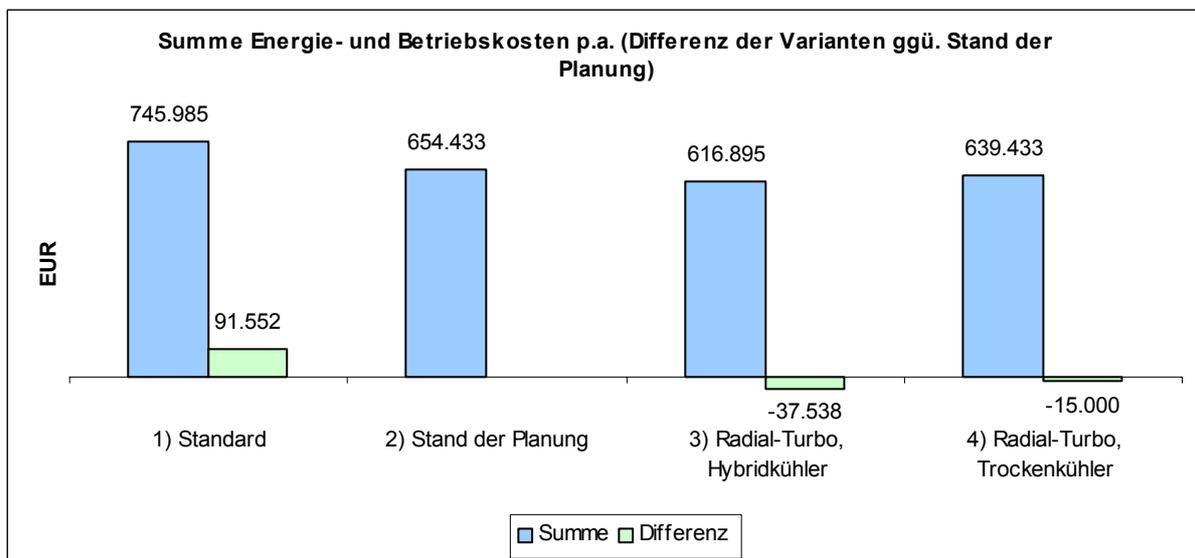


Dies entspricht, ausgehend von der Variante 2), den folgenden Differenzen:



#### 5.4 Stromkosten

Umgerechnet auf den Strompreis ergibt sich bei der Variante 2) eine Ersparnis von ca. 91.000 EUR pro Jahr gegenüber einer Variante 1). Bei den vorgeschlagenen Varianten 3) bzw. 4) ergibt sich gegenüber dem Stand der Planung eine weitere Ersparnis von rund 37.000 bzw. 15.000 EUR pro Jahr.



Grundlage dieser Berechnung ist der aktuelle Arbeitspreis von 0,1276 EUR je kWh sowie der Leistungspreis von 38,89 EUR. Hierbei ist die Marktentwicklung des Strompreises zu berücksichtigen.

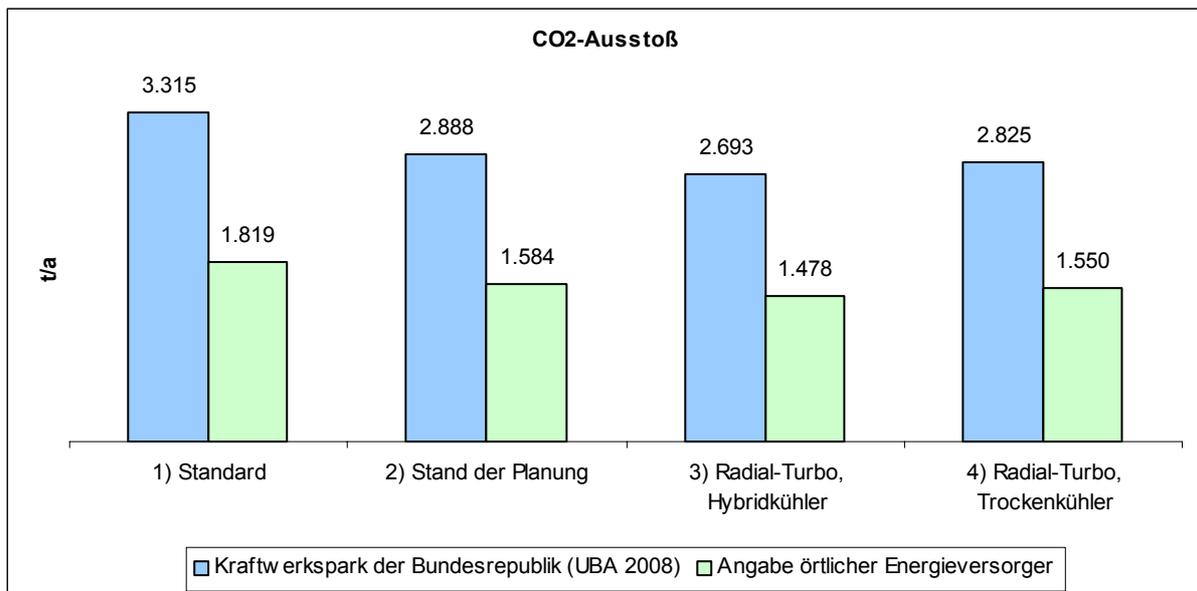
## 5.5 CO<sub>2</sub>-Ausstoß

Bei der Berechnung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes wurden zwei Eingangsgrößen herangezogen:

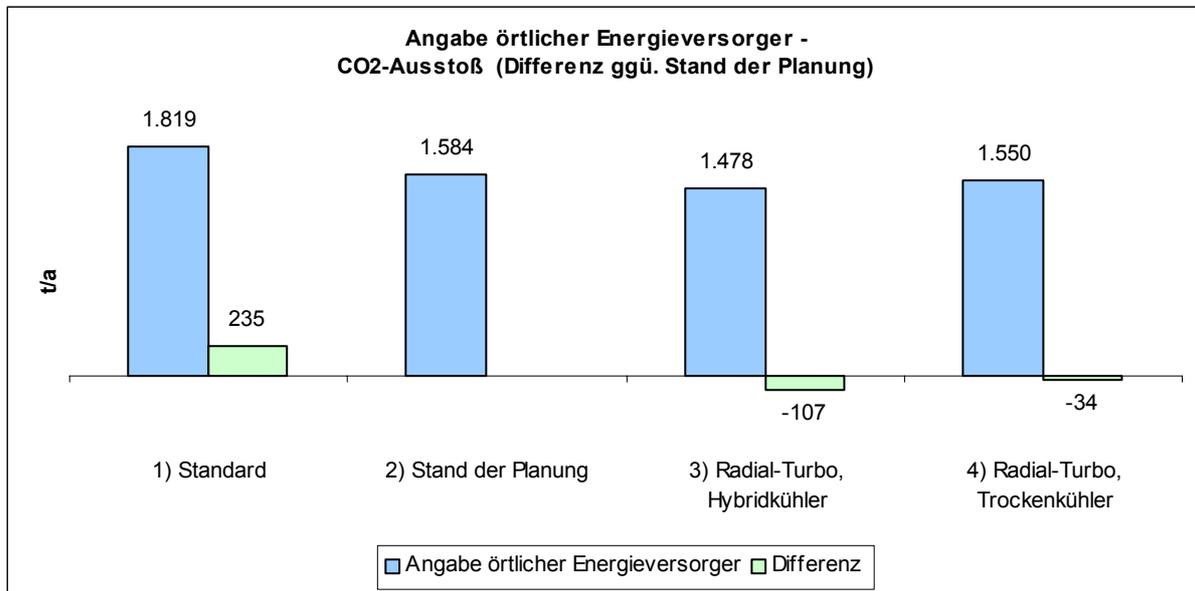
Angabe örtlicher Energieversorger: 327 g/kWh  
Kraftwerkspark der Bundesrepublik (UBA 2008): 596 g/kWh

Die Angabe des örtlichen Energieversorgers weicht stark von der Angabe über den Kraftwerkspark der Bundesrepublik (Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Hrsg: UBA 2008) ab. Da der Wert des örtlichen Energieversorgers wenig repräsentativ ist, da der gelieferte Strom aus einem Pool bereit gestellt wird, wurde zusätzlich die Berechnung nach dem Referenzwert durchgeführt.

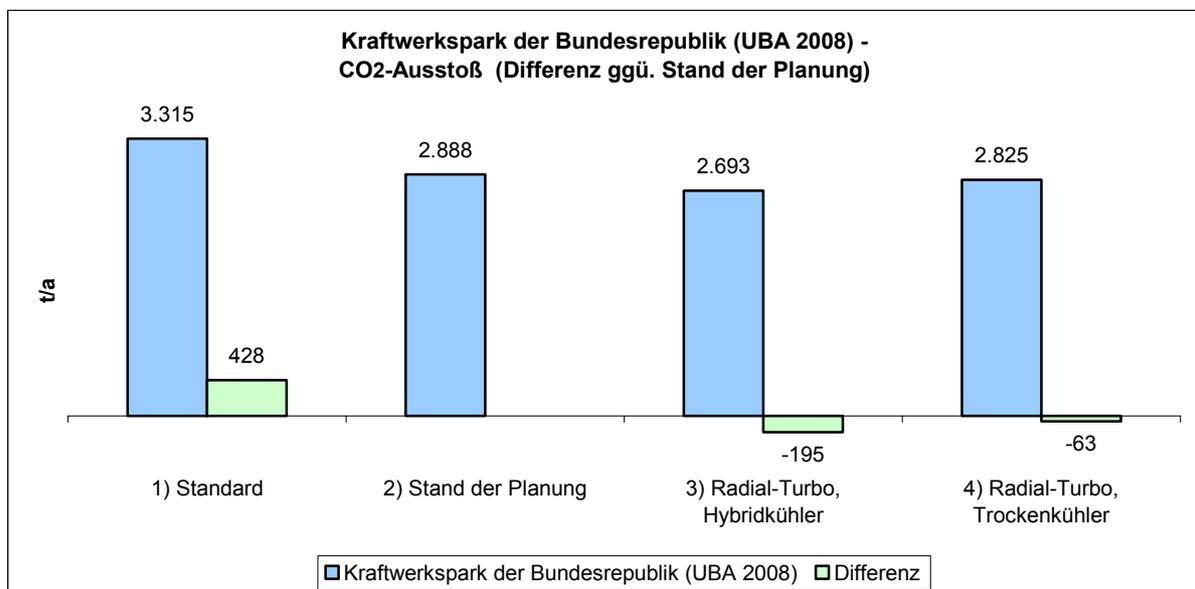
Die folgende Grafik stellt den CO<sub>2</sub>-Ausstoß auf Grundlage der beiden CO<sub>2</sub>-Berechnungsgrundlagen für die vier Varianten dar.



Die folgende Grafik stellt die Einsparung an CO<sub>2</sub> für die vier Varianten dar. Hierbei wird der CO<sub>2</sub>-Wert des örtlichen Versorgers berücksichtigt. Dabei ergibt sich für die Variante 2) eine Verbesserung der CO<sub>2</sub>-Bilanz von rund 235 t pro Jahr gegenüber der Variante 1). Für die Varianten 3) und 4) ergeben sich Verbesserungen von rund 107 bzw. 34 t pro Jahr:

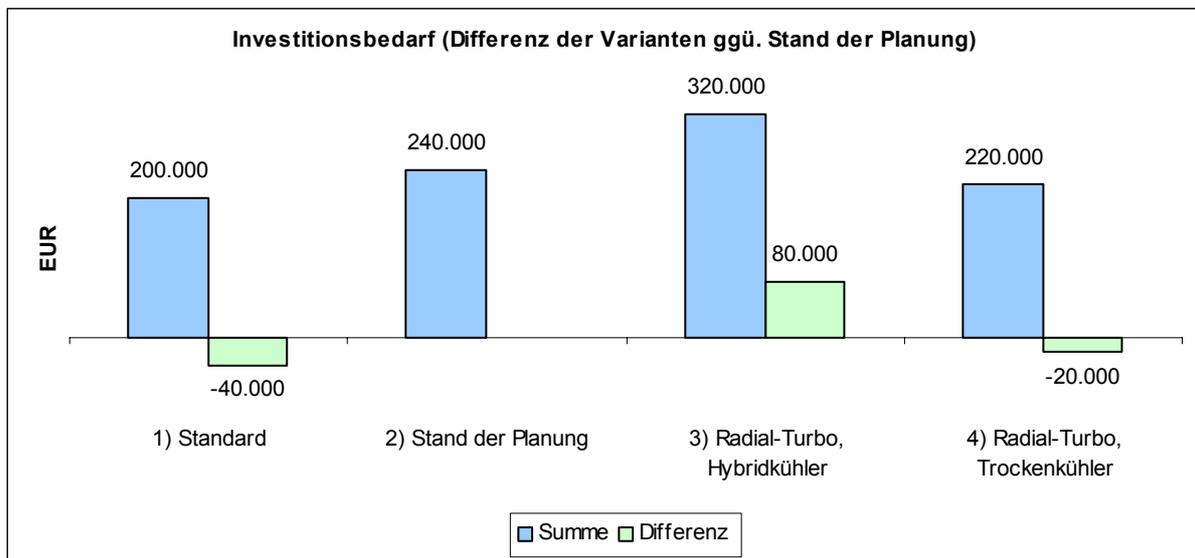


Wenn man den CO<sub>2</sub>-Wert heranzieht, der 2008 durchschnittlich bei der Produktion des in Deutschland eingespeisten Stroms verursacht wird, ergibt sich das folgende Bild:



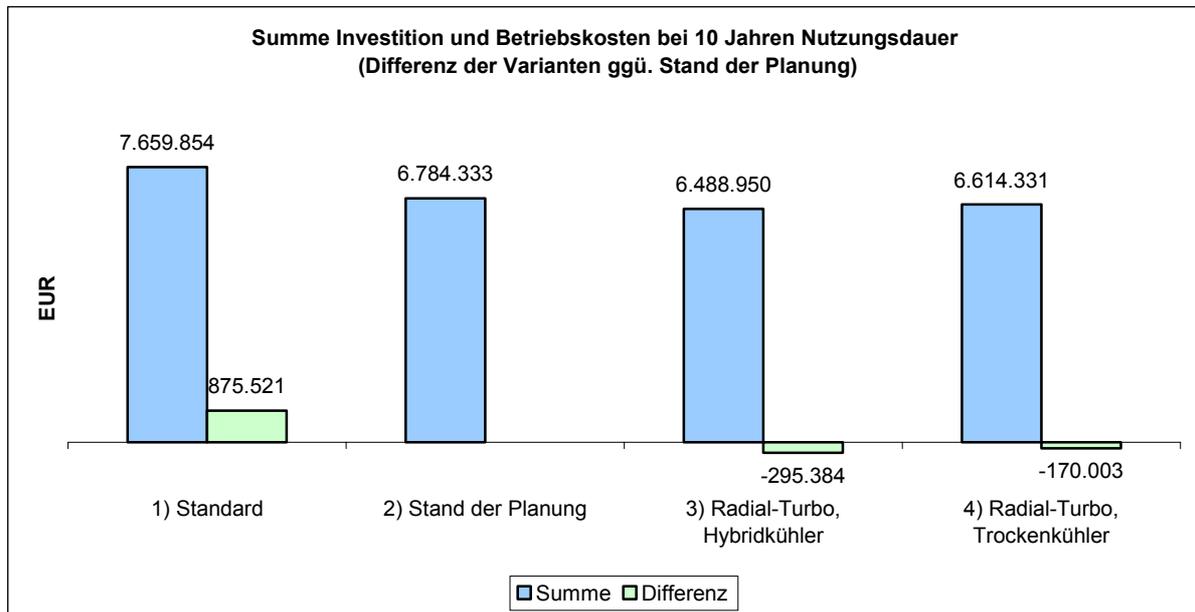
## 5.6 Investition und Betriebskosten

Der Investitionskostenbedarf der Variante 3) liegt um rund 80.000 EUR über dem Stand der Planung, da der Hybridkühler hinzukommt. Die Variante 4) mit dem Trockenkühler liegt um rund 20.000 EUR niedriger als der Stand der Planung:

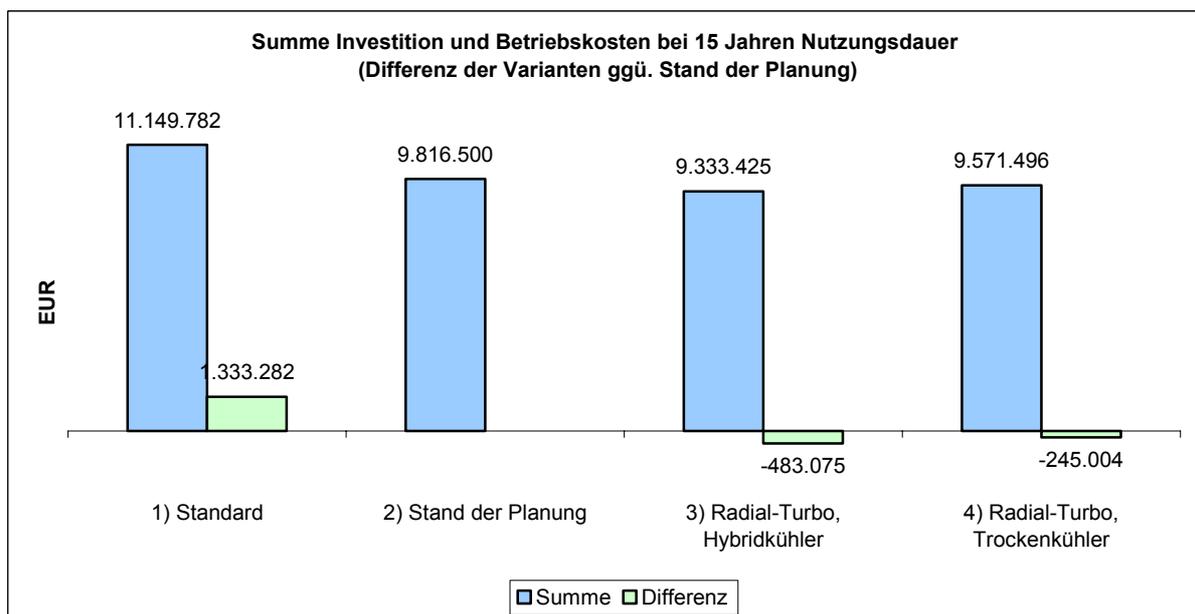


Die folgenden Grafiken stellen die Summe der Betriebskosten sowie die Investitionen im Vergleich dar. Dabei wurde die typische Nutzungsdauer von 10 bis 15 Jahren für Anlagen zur Kälteerzeugung angenommen:

- Nutzungsdauer 10 Jahre



- Nutzungsdauer 15 Jahre



Für die Varianten 3) und 4) ergibt sich über die angenommene Nutzungsdauer eine Ersparnis von rund 295.000 bis 483.000 EUR bzw. von rund 170.000 bis 245.000 EUR.

Die Berechnungsgrundlagen und die Zusammensetzung der Zahlen sind in der mitgelieferten Excel-Datei auf den Tabellenblättern „Simulationsrechnung“ und „Zusammenfassung“ enthalten.

## 5.7 Fazit

Die folgende Abbildung zeigt die zusammenfassende Darstellung der durchgerechneten Varianten:

| Energiebilanz Rechenzentrum Köln-Chorweiler       |                  |                |               |              |                |                      |               |                |                |                 |                               |                |              |                |                 |
|---|------------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------------------|----------------|--------------|----------------|-----------------|
| Variante  | 1) Standard      |                |               |              | Differenz      | 2) Stand der Planung |               |                |                | Differenz       | 4) Radial-Turbo, Trockenkühle |                |              |                | Differenz       |
|   |                  |                |               |              | 2) - 1)        |                      |               |                |                | 2) - 3)         |                               |                |              |                | 2) - 4)         |
| <b>Energieverbrauch</b>                           | <b>kWh/a</b>     |                |               |              |                | <b>kWh/a</b>         |               |                |                |                 | <b>kWh/a</b>                  |                |              |                |                 |
| <b>Ansatz für IT-Ausstattung</b>                  | <b>3.504.000</b> |                |               |              |                | <b>3.504.000</b>     |               |                |                |                 | <b>3.504.000</b>              |                |              |                |                 |
| <b>Haustechnik</b>                                | <b>kW</b>        | <b>h/a</b>     | <b>kWh/a</b>  |              | <b>kWh/a</b>   | <b>kW</b>            | <b>h/a</b>    | <b>kWh/a</b>   |                | <b>kWh/a</b>    | <b>kW</b>                     | <b>h/a</b>     | <b>kWh/a</b> |                | <b>kWh/a</b>    |
| Kälteerzeugung                                    |                  |                | 1.045.027     |              | 537.293        |                      |               | 507.734        |                | 181.237         |                               |                | 402.498      |                | -105.235        |
| Präzisionsklimaschränke                           | 25 *             | 8.760 =        | 219.000       |              | 0              | 25 *                 | 8.760 =       | 219.000        |                | 0               | 25 *                          | 8.760 =        | 219.000      |                | 0               |
| Umwälzpumpen Kältekreislauf                       | 4 *              | 8.760 =        | 35.040        |              | 0              | 4 *                  | 8.760 =       | 35.040         |                | 0               | 4 *                           | 8.760 =        | 35.040       |                | 0               |
| Beleuchtung Serverraum                            | 10 *             | 200 =          | 2.000         |              | 0              | 10 *                 | 200 =         | 2.000          |                | 0               | 10 *                          | 200 =          | 2.000        |                | 0               |
| Büroräume   | 3,5 *            | 1.000 =        | 3.500         |              | 0              | 3,5 *                | 1.000 =       | 3.500          |                | 0               | 3,5 *                         | 1.000 =        | 3.500        |                | 0               |
| Beleuchtung Sonst EG                              | 3 *              | 500 =          | 1.500         |              | 0              | 3 *                  | 500 =         | 1.500          |                | 0               | 3 *                           | 500 =          | 1.500        |                | 0               |
| Beleuchtung KG                                    | 10,5 *           | 100 =          | 1.050         |              | 0              | 10,5 *               | 100 =         | 1.050          |                | 0               | 10,5 *                        | 100 =          | 1.050        |                | 0               |
| Dampfbefeuchtung Serverraum                       |                  |                | 1.000         |              | 0              |                      |               | 1.000          |                | 0               |                               |                | 1.000        |                | 0               |
| Lüftung KG  | 4 *              | 8.760 =        | 35.040        |              | 25.040         | 2 *                  | 5.000 =       | 10.000         |                | 0               | 2 *                           | 5.000 =        | 10.000       |                | 0               |
| Lüftung EG  | 4 *              | 8.760 =        | 35.040        |              | 20.040         | 3 *                  | 5.000 =       | 15.000         |                | 0               | 3 *                           | 5.000 =        | 15.000       |                | 0               |
| Kaltwassersatz Lüftung                            | 10 *             | 1.000 =        | 10.000        |              | 0              | 10 *                 | 1.000 =       | 10.000         |                | 0               | 10 *                          | 1.000 =        | 10.000       |                | 0               |
| Transformatorverluste                             |                  |                | 30.000        |              | 30.000         |                      |               | 60.000         |                | 0               |                               |                | 60.000       |                | 0               |
| USV <sup>1)</sup>                                 | 64 *             | 8.760 =        | 560.640       |              | 105.120        | 52 *                 | 8.760 =       | 455.520        |                | 0               | 52 *                          | 8.760 =        | 455.520      |                | 0               |
| Sonstiges   |                  | 20.000         | 20.000        |              | 0              |                      | 20.000        | 20.000         |                | 0               |                               | 20.000         | 20.000       |                | 0               |
| <b>Zwischensumme Haustechnik</b>                  | <b>2.058.837</b> |                |               |              |                | <b>1.341.344</b>     |               |                |                |                 | <b>1.236.108</b>              |                |              |                |                 |
| <b>Summe</b>                                      | <b>5.562.837</b> |                |               |              | <b>717.493</b> | <b>4.845.344</b>     |               |                |                | <b>-326.497</b> | <b>4.740.108</b>              |                |              |                | <b>-105.235</b> |
| <b>PUE</b>  | <b>1,59</b>      |                |               |              |                | <b>1,38</b>          |               |                |                |                 | <b>1,29</b>                   |                |              |                |                 |
| <b>Strom- und Betriebskosten</b>                  | <b>ct/kWh</b>    | <b>EUR/a</b>   | <b>EUR/a</b>  | <b>EUR/a</b> | <b>ct/kWh</b>  | <b>EUR/a</b>         | <b>ct/kWh</b> | <b>EUR/a</b>   | <b>EUR/a</b>   | <b>EUR/a</b>    | <b>ct/kWh</b>                 | <b>EUR/a</b>   | <b>EUR/a</b> | <b>EUR/a</b>   | <b>EUR/a</b>    |
| Stromkosten IT (Arbeitspreis)                     | 0,1276           | 447.110        | 0             | 0            | 0,1276         | 447.110              | 0,1276        | 447.110        | 0              | 0,1276          | 447.110                       | 0              | 0,1276       | 447.110        | 0               |
| Stromkosten Haustechnik (Arbeitspreis)            | 0,1276           | 262.708        | 91.552        | 0            | 0,1276         | 171.155              | 0,1276        | 129.494        | -41.661        | 0,1276          | 157.727                       | -13.428        | 0,1276       | 157.727        | -13.428         |
| Stromkosten (Leistungspreis)                      |                  | 29.168         | 0             | 0            |                | 29.168               |               | 27.223         | -1.945         |                 | 28.195                        | -972           |              | 28.195         | -972            |
| <b>Zwischensumme Stromkosten</b>                  |                  | <b>738.985</b> | <b>91.552</b> | <b>0</b>     |                | <b>647.433</b>       |               | <b>603.828</b> | <b>-43.606</b> |                 | <b>633.033</b>                | <b>-14.400</b> |              | <b>633.033</b> | <b>-14.400</b>  |
| <b>Zwischensumme Betriebs- und Wartungskosten</b> |                  | <b>7.000</b>   | <b>0</b>      | <b>0</b>     |                | <b>7.000</b>         |               | <b>13.067</b>  | <b>6.067</b>   |                 | <b>6.400</b>                  | <b>-600</b>    |              | <b>6.400</b>   | <b>-600</b>     |
| <b>Summe</b>                                      |                  | <b>745.985</b> | <b>91.552</b> | <b>0</b>     |                | <b>654.433</b>       |               | <b>616.895</b> | <b>-37.538</b> |                 | <b>639.433</b>                | <b>-15.000</b> |              | <b>639.433</b> | <b>-15.000</b>  |
| <b>Investition Kälteerzeugung</b>                 | <b>200.000</b>   |                |               |              | <b>-40.000</b> | <b>240.000</b>       |               |                |                | <b>80.000</b>   | <b>220.000</b>                |                |              |                | <b>-20.000</b>  |
| <b>CO2 Emissionen<sup>2)</sup></b>                | <b>kWh</b>       | <b>g/kWh</b>   | <b>t/a</b>    | <b>t/a</b>   | <b>kWh</b>     | <b>g/kWh</b>         | <b>t/a</b>    | <b>kWh</b>     | <b>g/kWh</b>   | <b>t/a</b>      | <b>t/a</b>                    | <b>kWh</b>     | <b>g/kWh</b> | <b>t/a</b>     | <b>t/a</b>      |
| Kraftwerkspark der Bundesrepublik (UEA 2008)      | 5.562.837 *      | 596 =          | <b>3.315</b>  | <b>428</b>   | 4.845.344 *    | 596 =                | <b>2.888</b>  | 4.518.847 *    | 596 =          | <b>2.693</b>    | <b>-195</b>                   | 4.740.108 *    | 596 =        | <b>2.825</b>   | <b>-63</b>      |
| Angabe örtlicher Energieversorger                 | 5.562.837 *      | 327 =          | <b>1.819</b>  | <b>235</b>   | 4.845.344 *    | 327 =                | <b>1.584</b>  | 4.518.847 *    | 327 =          | <b>1.478</b>    | <b>-107</b>                   | 4.740.108 *    | 327 =        | <b>1.550</b>   | <b>-34</b>      |

<sup>1)</sup> Kinetische USV bei den Varianten A) und B)  
<sup>2)</sup> Quotient aus Investition und Strom- und Betriebskosten p.a., ein positiver Wert ist rentabel nach dem Zeitraum n  
<sup>3)</sup> Der Fernwärmebedarf des Rechenzentrums wird wg Wärmerückgewinnung bei Lüftungsanlagen, Wärmegewinnen durch Transmission aus den Serverräumen, und Wärmegewinnen aus USV, Trafoanlage und Transferschaltern minimal sein, evtl auch Null

Zu Variante 3) Radial-Turbo, Hybridkühler:

Auf Grundlage der Berechnungen ergibt sich eine Energie- und Betriebskostensparnis gegenüber der Variante 2) von rund 37.000 EUR jährlich. Dem gegenüber stehen zusätzliche Investitionen von rund 80.000 EUR. Damit amortisiert sich diese Lösung im dritten Jahr. Der PUE-Wert beträgt 1,29 gegenüber 1,38.

Diese Variante ist unter energetischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten die optimale Lösung.

Nachteilig sind

- wesentlich höhere Anfangsinvestitionen
- höherer Wartungsaufwand
- laufende Kosten für Wasserzuführung und Abwasser, sowie Wasseraufbereitung
- höherer Überwachungsaufwand
- ca. 5 t höhere Dachlast

Legt man die Investition und die Betriebskosten für einen Zeitraum von 10 bzw. 15 Jahren zugrunde, ergibt sich eine Ersparnis von rund 295.000 bzw. 483.000 EUR.

Zu Variante 4) Radial-Turbo, Trockenkühler:

Hierbei ergibt sich eine Energie- und Betriebskostensparnis gegenüber der Variante 2) von rund 15.000 EUR pro Jahr. Darüber hinaus ist diese Variante um rund 20.000 EUR günstiger als die Lösung gemäß der Planung. Der PUE-Wert beträgt 1,35 gegenüber 1,38.

Diese Variante stellt das Optimum dar, wenn man die zur Variante 3) beschriebenen Gesichtspunkte, die bei Anschaffung und Betrieb besonders beachtet werden müssen, vermeiden möchte.

Legt man die Investition und die Betriebskosten für einen Zeitraum von 10 bzw. 15 Jahren zugrunde, ergibt sich eine Ersparnis von rund 170.000 bzw. 245.000 EUR.

## 6. Fördermöglichkeiten

Die b.r.m. hat Fördermöglichkeiten insbesondere für Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs und zur Nutzung innovativer Technologien beim Umbau und der Modernisierung des Rechenzentrums Chorweiler recherchiert. Die vorgefundenen Fördermöglichkeiten gliedern sich in verschiedene Typen, die jeweils auf Ihre Eignung hin geprüft wurden.

Wir möchten in diesem Zusammenhang zusätzlich darauf hinweisen, dass die Energieagentur NRW als Landesinstitution Schulungen und Beratungen zum Thema Fördermöglichkeiten anbietet und auf kurzem Kommunikationsweg von der Stadt Köln selbst angesprochen werden

kann. Falls dies noch nicht geschehen ist, können die notwendigen Kontaktinformationen der Seite Internetseite <http://www.energieagentur.nrw.de/> entnommen werden.

### 6.1 Aus dem Bereich angewandte Forschung

Hier kommen Fördermöglichkeiten der EU und des BMBF in Betracht. So wird z.B. in der Bekanntmachung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung von Richtlinien über die Fördermaßnahme "Wettbewerb Energieeffiziente Stadt" im Rahmen des Förderkonzepts "Grundlagenforschung Energie 2020+" als Gegenstand der Förderung die modellhafte Umsetzung „neuartige Konzepte für eine effizientere Energienutzung in Städten“ genannt.

(Siehe <http://www.bmbf.de/foerderungen/12343.php>)

Allgemein lässt sich über alle Fördermöglichkeiten aus dem Bereich angewandte Forschung allerdings aussagen, dass sie sich nicht mit dem Ziel einer zügigen Umsetzung der bestehenden Planungen zum Umbau und der Modernisierung des Rechenzentrums Chorweiler vertragen, da die Beantragungsfristen und die geforderten Projektdokumentationen zu lang und aufwändig sind.

### 6.2 Die Energieeffizienz in Kommunen betreffend, aber bei genauerer Analyse nur schwer auf den Anwendungsfall Rechenzentren zu übertragen

Das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgelegte und vom Projektträger Forschungszentrum Jülich betriebene Förderprogramm „Energieeffiziente Stadt“ bezieht sich auf die Energieversorgung und auf den effizienten Betrieb von Gebäuden.

Nur mit Mühe ließen sich die beim Umbau und der Modernisierung des Rechenzentrums Chorweiler geplanten Maßnahmen bzgl. der Lüftung/Klimatisierung auf diese Fördermöglichkeit beziehen, die Erfolgsaussichten wären gering.

(Siehe: <http://www.fz-juelich.de/ptj/energieeffiziente-stadt>)

### 6.3 Die Energieeffizienz von Rechenzentren umfassend, aber von Kommunen nicht nutzbar

Der Sonderfond Energieeffizienz in KMU ist eine gemeinsame Initiative des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie und der KfW und gibt Zuschüsse für Energieeffizienzberatungen auch in der Umsetzungsphase. Dieses Instrument ist aber für Kommunen nicht zugänglich.

## 6.4 Angekündigt, aber noch nicht umgesetzt

Eine Förderung könnte aus Mitteln des Konjunkturpaketes II, „Zukunftsinvestitionen der öffentlichen Hand, Investitionsschwerpunkt Infrastruktur“ nach der „Leitlinie Klimaschutz und Energieeffizienz“ erfolgen. Es ergeben sich allerdings folgende Probleme:

- die Mittel für den Umbau dürfen noch gar nicht im Haushalt 2009 vorgesehen sein (es sollen ja zusätzliche Investitionen gefördert werden),
- die Ausführungsbestimmungen liegen noch nicht vor, das Konjunkturpaket ist zum Zeitpunkt der Berichtserstellung gerade erst im Bundesrat verabschiedet worden.

Ob die genannten Probleme überhaupt und wenn rechtzeitig gelöst werden können, kann z.Zt. nicht beurteilt werden. Diese Fördermöglichkeit sollte im Auge behalten werden.

(Siehe:

[http://www.bundesregierung.de/nsc\\_true/Content/DE/\\_Anlagen/2009/01/2009-01-13-konjunkturpaket-2-top1\\_templateld=raw\\_property=publicationFile.pdf/2009-01-13-konjunkturpaket-2-top1](http://www.bundesregierung.de/nsc_true/Content/DE/_Anlagen/2009/01/2009-01-13-konjunkturpaket-2-top1_templateld=raw_property=publicationFile.pdf/2009-01-13-konjunkturpaket-2-top1))

Am 5.3.2009 hat Herr Gabriel auf einer Pressekonferenz anlässlich der dritten "Jahreskonferenz: Nachhaltigkeit in einer digitalen Welt" auf der CeBIT neue Fördermöglichkeiten für Green IT Projekte angekündigt, die auch für die Stadt Köln sehr interessant sein können, obwohl sie nach Umfang und Art der Förderung nicht ganz dem entsprechen, was uns vorab aus dem BMU signalisiert wurde. Insgesamt werden 25 Mio. Euro zur Verfügung stehen, die Förderung erfolgt in zwei Schritten:

1. Es gibt für Unternehmen, Behörden und andere Organisationen die Möglichkeit, sich zu Fragen rund um die umweltfreundliche Nutzung von Computern, Rechenzentren oder Kommunikationstechnik kostenlos beraten zu lassen.
2. Die Umsetzung von Projekten kann dann z.B. über das bereits in der gutachterlichen Stellungnahme genannte Umweltinnovationsprogramm des BMU mit einem Zinszuschuss zu einem Darlehen in Höhe von bis zu 70 Prozent oder einem Investitionszuschuss in der Regel bis zu einer Höhe von 30 Prozent gefördert werden.

Die gemeinsame Initiative von BMU, UBA, KfW und BITKOM zielt auf innovative "Leuchtturmprojekte" mit großer Ausstrahlung. Leider sind aber die Förderrichtlinien und damit die Förderschwerpunkte vom UBA (bzw. dem damit wahrscheinlich beauftragten Borderstep Institut) noch nicht festgelegt worden.

Uns wurde allerdings signalisiert, das mit dem Begriff der systemischen Innovation operiert werden wird. Dadurch wird es möglich, Projekte zu fördern, bei denen die Innovation in der Zusammenführung von State of the Art Technologie zu einem bisher so nicht genutzten System besteht. Die Modernisierung und den Umbau eines städtischen Rechenzentrums könnte ein solches Projekt sein, wenn bisher nicht erreichte Energieeffizienzgrade erreicht werden.

Wir werden uns unmittelbar nach der CeBIT mit dem extra eingerichteten Green IT Projektbüro der BITKOM in Verbindung setzen und Sie jeweils auf dem aktuellsten Informationsstand halten.

#### 6.5 Aktuell verfügbar und von Kommunen für den Anwendungsfall energieeffizienter Rechenzentren nutzbar

Im Rahmen der Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gibt es ein Förderprogramm für Kommunen, soziale und kulturelle Einrichtungen, in dem Modellprojekte mit dem Leitbild der CO<sub>2</sub>-Neutralität gefördert werden.

(Siehe:

[http://www.bmu.de/klimaschutzinitiative/nationale\\_klimaschutzinitiative/foerderprogramm\\_kommunen\\_soziale\\_kulturelle\\_einrichtungen/doc/41779.php](http://www.bmu.de/klimaschutzinitiative/nationale_klimaschutzinitiative/foerderprogramm_kommunen_soziale_kulturelle_einrichtungen/doc/41779.php) )

Förderfähig sind bis zu 60% der nachgewiesenen, klimaschutzbedingten Mehrausgaben bzw. –kosten des Projektes. Die Förderhöhe wird dabei unter anderem an einem Orientierungswert der Förderung von 40 EUR pro Tonne eingespartes CO<sub>2</sub>-Äquivalent gemessen.

Die Nutzung dieser Fördermöglichkeit wird empfohlen.

Das Antragsverfahren ist zweistufig und muss auf einem bereits vorliegenden Konzept basieren. Die Firma b.r.m. kann auf Anforderung die Unterstützung bei der Antragsphase anbieten.

## Anlagenverzeichnis

### - Anlage 1: Mitgeltende Dateien

Folgende Dateien wurden mit diesem Dokument in elektronischer Form überreicht:

- Berechnungstabellen für die Varianten (Excel)
- CO<sub>2</sub>-Strommix (pdf)
- Kaltwassersatz Axima Quantum (pdf)
- Budgetangebot Axima Quantum (pdf)
- Jaeggi Hybridkühler 700 kW Beschreibung.pdf
- Jaeggi Hybridkühler 700 KW Betriebscharakteristik.pdf
- Jaeggi Hybridkühler 700 KW Aerosolmessung.pdf
- Jaeggi Hybridkühler 700 KW HygieneZertifikat.pdf

### - Anlage 2: HP Monitored Power Distribution Unit (PDU) – Spezifikationen

Quellen:

<http://h20195.www2.hp.com/v2/default.aspx?cc=de&lc=de&oid=443792>

<http://h10010.www1.hp.com/wwpc/de/de/sm/WF25a/3447589-3447589-3446286-3446292-3446292-443792.html>

- Anlage 3: Datenblatt VMWare VMotion

(Quelle: [http://www.vmware.com/pdf/vmotion\\_datasheet.pdf](http://www.vmware.com/pdf/vmotion_datasheet.pdf))



PRODUCT DATASHEET

**VMware VMotion**  
Live migration of virtual machines without service interruption

**AT A GLANCE**

VMware® VMotion™ enables the live migration of running virtual machines from one physical server to another with zero downtime, continuous service availability, and complete transaction integrity. VMotion is a key enabling technology for creating the dynamic, automated, and self-optimizing data center.

**BENEFITS**

- Continuously and automatically allocate virtual machines within resource pools.
- Improve availability by conducting maintenance without disrupting business operations



VMware VMotion moves live, running virtual machines from one host to another while maintaining continuous service availability.

**How Is VMware VMotion Used?**

VMotion allows users to:

- Automatically optimize and allocate entire pools of resources for maximum hardware utilization, flexibility and availability.
- Perform hardware maintenance without scheduled downtime.
- Proactively migrate virtual machines away from failing or under-performing servers.

**How Does VMotion work?**

Live migration of a virtual machine from one physical server to another with VMotion is enabled by three underlying technologies.

First, the entire state of a virtual machine is encapsulated by a set of files stored on shared storage such as Fibre Channel or iSCSI Storage Area Network (SAN) or Network Attached Storage (NAS). VMware's clustered Virtual Machine File System (VMFS) allows multiple installations of ESX Server to access the same virtual machine files concurrently.

Second, the active memory and precise execution state of the virtual machine is rapidly transferred over a high speed network, allowing the virtual machine to instantaneously switch from running on the source ESX Server to the destination ESX Server. VMotion keeps the transfer period imperceptible to users by keeping track of on-going memory transactions in a bitmap. Once the entire memory and system state has been copied over to the target ESX Server, VMotion suspends the source virtual machine, copies the bitmap to the target ESX Server, and resumes the virtual machine on the target ESX Server. This entire process takes less than two seconds on a Gigabit Ethernet network.

Third, the networks being used by the virtual machine are also virtualized by the underlying ESX Server, ensuring that even after the migration, the virtual machine network identity and network connections are preserved. VMotion manages the virtual MAC address as part of the process. Once the destination machine is activated, VMotion pings the network router to ensure that it is aware of the new physical location of the virtual MAC address. Since the migration of a virtual machine with VMotion preserves the precise execution state, the network identity, and the active network connections, the result is zero downtime and no disruption to users.

## KEY FEATURES

- **Reliability.** Proven by thousands of customers in production environments since 2004, VMotion continues to set the standard for the most dependable live migration capabilities.
- **Performance.** Perform live migrations with downtime unnoticeable to the end-users. Optimal use of CPU and network resources ensures that the live migrations occur quickly and efficiently.
- **Interoperability.** Migrate virtual machines running any operating system across any type of hardware and storage supported by VMware ESX Server.
  - » **Support for Fibre Channel SAN.** Implement live migration of virtual machines utilizing a wide range of up to 4GB Fibre Channel SAN storage systems.
  - » **New - NAS and iSCSI SAN support.** Implement live migration of virtual machines with lower-cost, more easily managed shared storage.
  - » **New - Customizable CPU compatibility settings.** Ensure that virtual machines can be migrated across different versions of hardware. Enable virtual machines to benefit from the latest CPU innovations.
- **Manageability.**
  - » **Migration wizard.** Quickly identify the best destination for a virtual machine using real-time information provided by migration wizard.
  - » **Multiple concurrent migrations.** Perform multiple concurrent migrations to continuously optimize virtual machine placement across the entire IT environment.
  - » **Priority levels.** Assign a priority to each live migration operation to ensure that the most important virtual machines always have access to the resources they need.
  - » **Scheduled migration tasks.** Automate migrations to happen at pre-defined times, and without an administrator's presence.
  - » **Migration audit trail.** Maintain a detailed record of migration operations, including date/time and the administrators responsible for initiating them.

## How can I purchase VMware VMotion?

- VMware VMotion is included in VMware Infrastructure 3 Enterprise.
- VMotion can also be purchased as separately licensed product with VMware Infrastructure 3 Standard and VMware Infrastructure 3 Starter.

## Product Specifications and System Requirements

VMotion requires the installation of VirtualCenter Management Server and VirtualCenter Agent on both the source and target physical systems.

For detailed product specifications and system requirements refer to the VMware Infrastructure Basic System Administration Guide located at [http://www.vmware.com/support/pubs/vi\\_pubs.html](http://www.vmware.com/support/pubs/vi_pubs.html).

VMware, Inc. 3401 Hillview Ave Palo Alto CA 94304 USA Tel 877-486-9273 Fax 650-427-5001 [www.vmware.com](http://www.vmware.com)  
 © 1995-2007 VMware, Inc. All rights reserved. Private and confidential information is hereby disclosed. Patent numbers: 6,349,242; 6,446,841; 6,704,925; 6,711,672; 6,725,286; 6,735,801; 6,785,886; 6,788,156; 6,795,966; 6,880,022; 6,944,696; 6,981,896; 6,981,949; 7,009,415; 7,082,598; 7,089,377; 7,111,086; 7,111,145; 7,117,489; 7,146,843; 7,153,552; patents pending. VMware, the VMware logo, and vMotion are registered trademarks of VMware, Inc. in the United States and/or other jurisdictions. All other marks and names mentioned herein may be trademarks of their respective companies.  
 Item No: 0703\_VM\_VMOTION\_DS\_EN\_01



## - Anlage 4: Datenblatt VMware DRS

(Quelle: [http://www.vmware.com/files/pdf/drs\\_datasheet.pdf](http://www.vmware.com/files/pdf/drs_datasheet.pdf))



### AT A GLANCE

VMware® Distributed Resource Scheduler (DRS) dynamically allocates and balances computing capacity across a collection of hardware resources aggregated into logical resource pools. VMware DRS continuously monitors utilization across resource pools and intelligently allocates available resources among the virtual machines based on pre-defined rules that reflect business needs and changing priorities. When a virtual machine experiences an increased load, VMware DRS automatically allocates additional resources by redistributing virtual machines among the physical servers in the resource pool.

### BENEFITS

- Prioritize resources to the highest value applications in order to align resources with business goals.
- Optimize hardware utilization automatically and continuously to respond to changing conditions.
- Provide dedicated (virtual) infrastructure to business units while giving central IT complete control over hardware.
- Conduct zero-downtime server maintenance.
- Minimize power consumption in the datacenter with Distributed Power Management (experimental)

### What is VMware DRS?

VMware® Distributed Resource Scheduler (DRS) dynamically allocates and balances computing capacity across a collection of hardware resources aggregated into logical resource pools. VMware DRS continuously monitors utilization across resource pools and intelligently allocates available resources among the virtual machines based on pre-defined rules that reflect business needs and changing priorities. When a virtual machine experiences an increased load, VMware DRS automatically allocates additional resources by redistributing virtual machines among the physical servers in the resource pool. VMware DRS allows IT organizations to:

- Prioritize resources to the highest value applications in order to align resources with business goals.
- Optimize hardware utilization automatically and continuously to respond to changing conditions.
- Provide dedicated (virtual) infrastructure to business units while giving central IT complete control over hardware.
- Conduct zero-downtime server maintenance

**New** – VMware Distributed Power Management or DPM (experimental) continuously monitors resource requirements in a DRS cluster. When resource requirements of the cluster decrease, it consolidates workloads to reduce power consumption by the cluster. When resource requirements of workloads increase, DPM brings powered-down hosts back online to ensure service levels are met.

Distributed Power Management allows IT organizations to:

- Cut power and cooling costs in the datacenter
- Automate management of energy efficiency in the datacenter.

### How Does VMware DRS work?

VMware DRS dynamically allocates and balances computing capacity across collections of hardware resources aggregated into logical resource pools. VMware DRS continuously monitors utilization across the resource pools and intelligently allocates available resources among virtual machines.

VMware DRS allows users to define the rules and policies that decide how virtual machines share resources and how these resources are prioritized among multiple virtual machines. When

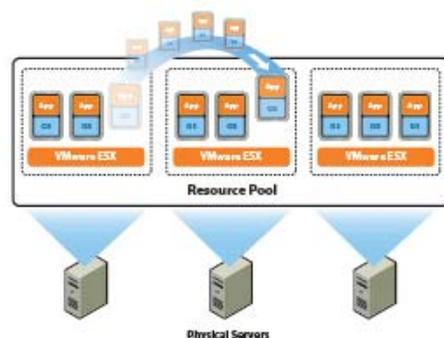


Figure 1: VMware DRS automatically and intelligently balances resources among virtual machines.

## KEY FEATURES

a virtual machine experiences increased load, VMware DRS first evaluates its priority against the established resource allocation rules and policies, and if justified, allocates additional resources. Resources are allocated to the virtual machine by either migrating it to another server with more available resources or by making more "space" for it on the same server by migrating other virtual machines to different servers. The live migration of virtual machines to different physical servers is executed completely transparent to end-users through VMware vMotion™.

VMware DRS can be configured to operate in either automatic or manual mode. In automatic mode, DRS determines the best possible distribution of virtual machines among different physical servers and automatically migrates virtual machines to the most appropriate physical servers. In manual mode, VMware DRS provides a recommendation for optimal placement of virtual machines, and leaves it to the system administrator to decide whether to make the change.

Flexible hierarchical organization of resource pools allows administrators to match available IT resources to the needs of the business organization. Individual business units can receive dedicated IT resources while still benefiting from the efficiency of resource pooling. Robust access privileges make it possible to delegate routine infrastructure tasks for a business unit resource pool to a business unit system administrator.

### New –Distributed Power Management (experimental)

Distributed Power Management is a new module within DRS which makes recommendations or decisions to power off or power on hosts to save energy. These recommendations are based on virtual machine resource demand, host resource capacity and user-defined reserve resource capacity. Depending on whether you choose automatic or manual mode for DPM, it will put hosts in standby mode or recommend it if total resource demand plus user-defined reserve capacity is less than the total available host resource capacity in the cluster.

When resource demand in the cluster increases, DPM will bring hosts back online so virtual machines can utilize their capacity. DPM uses wake on lan to bring hosts back online.

### How Is VMware DRS Used in the Enterprise?

- **Align IT resources with business priorities.** Define rules and policies to decide how resources should be prioritized among virtual machines. VMware DRS dynamically and intelligently allocates IT resources to the highest priority virtual machines to ensure optimal alignment between business and IT.
- **Guarantee IT autonomy and service levels to business organizations.** Provide dedicated IT infrastructure to business units while still profiting from higher hardware utilization through resource pooling.
- **Dramatically increase system administrator productivity.** Enable a single system administrator to monitor and effectively manage a large pool of infrastructure resources.
- **Automate hardware maintenance.** Place a physical server in maintenance mode and VMware DRS will automatically migrate all virtual machines to other physical servers, allowing server maintenance with zero downtime.
- **Easily add and deploy new capacity.** Add new physical servers to a resource pool and VMware DRS will automatically take advantage of the additional capacity by redistributing virtual machines among the servers.
- **NEW: Reduce power consumption in the datacenter.** Consolidate workloads during off-peak hours and power off hosts to make datacenters more energy efficient.

### Key features of VMware DRS

- **Resource pools with VMware DRS.** Aggregate disparate hardware resources into unified logical resource pools. With VMware DRS, resource pools are automatically and intelligently optimized to ensure that IT resource allocation matches business priorities while maximizing hardware utilization.
- **Abstraction of resources from hardware.** Manage resources independently of the physical servers that contribute the resources.
- **Flexible hierarchical organization.** Organize resource pools hierarchically to match available IT resources to the business organization. VMware DRS ensures that resource utilization is maximized while business units retain control and autonomy of their infrastructure. Resource pools can be flexibly added, removed, or reorganized as business needs or organization change.
- **Isolation between resource pools.** Make allocation changes within a resource pool without impacting other unrelated resource pools. For example, any allocation changes in the resource pool dedicated to a given business unit do not impact other resource pools.
- **Access control and delegation.** Secure resource allocation at different levels in the company while eliminating bottlenecks. Virtual machine creation and maintenance for a business unit can be delegated to a business unit system administrator thus eliminating reliance on central IT for every routine operation.
- **Management of sets of virtual machines running a distributed application.** Optimize the service level of distributed applications by controlling the aggregate allocation of resources for the entire set of virtual machines running the distributed application.
- **Manual and automatic mode.** VMware DRS collects resource usage information from servers and virtual machines, and then generates recommendations to optimize virtual machine allocation. These recommendations can be executed automatically or manually.

- Initial placement.** When a virtual machine is first powered on, VMware DRS either automatically places the virtual machine on the most appropriate physical server or makes a recommendation.
- Continuous optimization.** VMware DRS continuously optimizes resource allocations based on defined resource allocation rules and resource utilization. The resource allocation changes can be automatically executed by performing live migration of virtual machines through vMotion. Alternatively, in manual mode, VMware DRS provides execution recommendations for system administrators.
- Maintenance mode for servers.** Perform maintenance on physical servers without disruption to virtual machines and end users. When a physical server is placed in maintenance mode, VMware DRS identifies alternative servers where the virtual machines can run. Based on automation mode settings, the virtual machines are either automatically moved to use the alternative servers, or the system administrator performs the move manually using the VMware DRS recommendations as a guideline.
- Affinity rules.** Create rules that govern the allocation of virtual machines to physical servers. For example, certain virtual machines can always run on the same server for performance reasons. Alternatively, specified virtual machines can always run on different servers for increased availability.
- New – Power Management.** Reduce energy consumption in the datacenter by using Distributed Power Management (experimental) to consolidate workloads and power off power consuming servers. DPM can be configured to make recommendations for power on or power off based on user-defined period of resource load history. For example, power off decisions can be based on 1-2 hours worth of resource load history and power on decisions can be based on 5-15 minute resource load history.

**How Can I Purchase VMware DRS?**

- VMware DRS is included VMware Infrastructure 3 Enterprise.

For more information on how to purchase, refer to the "How to buy" page <http://www.vmware.com/products/vi/buy.html>

**Product Specifications and System Requirements**

VMware DRS requires VMware ESX™, VMware vCenter Server, and vMotion.

For detailed product specifications and system requirements refer to the System Requirements chapter in the VMware Infrastructure Installation and Upgrade Guide and the Resource Management Guide located at [http://www.vmware.com/support/pubs/vi\\_pubs.html](http://www.vmware.com/support/pubs/vi_pubs.html).

*"The 'set it and forget it' automation aspect of VMware HA and DRS will enable us to automatically allocate resources as needed, whenever needed, all without our intervention."*

*Systems Engineer, Leading Insurance Company*

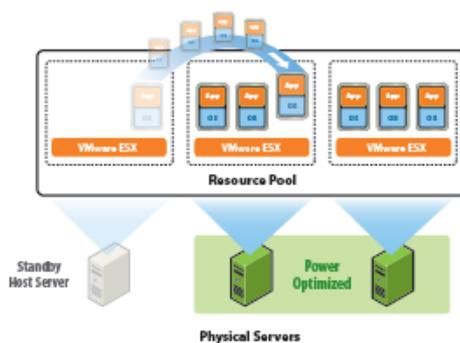


Figure 2: Distributed Power Management automates energy efficiency for a green data center.

VMware, Inc. 3401 Hillview Ave Palo Alto CA 94304 USA Tel 877-486-9273 Fax 650-427-5001 [www.vmware.com](http://www.vmware.com)  
 Copyright © 2008 VMware, Inc. All rights reserved. Patented by one or more U.S. Patent Nos. 6,979,936; 6,997,242; 6,496,647; 6,704,925; 6,711,672; 6,725,286; 6,735,661; 6,785,886; 6,786,156; 6,795,996; 6,880,032; 6,944,006; 6,951,606; 6,961,441; 7,004,413; 7,002,596; 7,089,377; 7,131,686; 7,111,145; 7,117,481; 7,146,893; 7,153,538; 7,222,221; 7,266,815; 7,286,801; 7,296,883; 7,275,136; 7,277,996; 7,277,949; 7,278,026; 7,281,102; 7,293,283; 7,356,074; 7,409,487; 7,402,492; 7,412,792; 7,424,710; 7,426,636; 7,433,951; 7,434,010 and patents pending. VMware is a registered trademark or trademark of VMware, Inc. in the United States and/or other jurisdictions. All other marks and names mentioned herein may be trademarks of their respective companies.  
 Item No: 0804\_VM\_DRS\_DS\_01

