

Jahresbericht 2003, 12. Dezember 2003

Projekt

BfE Programm Elektrizität

Energieeffizientes Kühlen von IT-Räumen

Autor und Koautoren	Adrian Altenburger
beauftragte Institution	Amstein + Walthert AG
Adresse	Andreasstrasse 11, 8050 Zürich
Telefon, E-mail, Internetadresse	01 305 93 71, adrian.altenburger@amstein-walthert.ch , www.amstein-walthert.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	100 160 / 150 200
Dauer des Projekts (von – bis)	21.5.2003 – 31.7.2004

ZUSAMMENFASSUNG

In einer Informationsdokumentation werden den HLK-Planern und den IT-Betreibern die relevanten Parameter und Zusammenhänge für eine energetisch effiziente Kühlung von IT-Räumen anhand von Messresultaten und Berechnungen aufgezeigt. In einer separaten Dokumentation „Planungshilfe/Controlling“ werden zusätzlich die relevanten Vorgehensschritte und Entscheide für jede Planungsphase und das Energiecontrolling in der Betriebsphase im Sinne einer Checkliste zur Verfügung gestellt. Die Aussagen werden einerseits durch die aus IT-Betreibern, HLK-Planern und Gerätelieferanten zusammengesetzte Expertengruppe und andererseits durch eine projektbegleitende Sanierung eines IT-Raumes der Messe Basel mit Messungen der Energieverbräuche vor und nach der Sanierung gefestigt.

In der ersten Phase wurden Vorarbeiten im Sinne der Literatur- und Normenrecherche auf nationaler und internationaler Ebene und eine erste Expertensitzung (Brainstorming) durchgeführt. Der Entwurf der Planungs- und Informationsdokumentation in der zweiten Phase liegt nach einer ersten Überarbeitung vor und soll in einer dritten Phase bis im März 2004 am Begleitobjekt getestet und dann abschliessend überarbeitet werden.

Die Untersuchungen zeigen, dass der Stromverbrauchsanteil für die Kühlung von IT-Räumen von heute ca. 50% auf unter ca. 30% für bestehende und auf unter ca. 20% des Gesamtstromverbrauchs für neue IT-Räume gesenkt werden könnte. Im wesentlichen ist dazu das Ausnutzen der freien Kühlung (Free Cooling) mittels höheren Kaltwassertemperaturen, eine höhere mittlere Raumtemperatur von 26°C, Umluftkühlgeräte mit hohen Ventilatorwirkungsgraden sowie eine gezielte Luftführung mit möglichst geringen Druckverlusten sicherzustellen.

Die Planungshilfe kann im Sinne einer Checkliste helfen, über alle Planungsphasen die wichtigsten Systementscheidungen unter Berücksichtigung der energetischen Effizienz richtig zu fällen.

Zur Kontrolle der energetischen Effizienz (Verhältnis Gesamtstromverbrauch zu Stromverbrauch Kühlung) sind in einem IT-Raum mindestens drei Stromverbrauchsmessungen laufend zu überwachen und zu analysieren: Haupteinspeisung, Zuleitung UV HLK, Zuleitung UV IT-Prozess (Computer).

Projektziele

Das Projekt hat zum Ziel den Stromverbrauch für die Kühlung bestehender und neuer IT-Räume zu reduzieren.

Die Energieeffizienz und somit die Qualität der HLK-Systeme für bestehende und künftige IT-Räume soll durch einen möglichst tiefen Anteil des notwendigen Stromverbrauchs zur Klimatisierung in Relation zum Gesamtstromverbrauch ausgedrückt werden.

Zielwert bestehende IT-Räume:	$E_{\text{HLK}} < 30\%$
Zielwert neue IT-Räume:	$E_{\text{HLK}} < 20\%$

Das Ziel, den Stromverbrauchsanteil für die Kühlung in IT-Räumen von heute ca. 50% auf ca. 20% für neue und ca. 30% für bestehende Anlagen zu minimieren, soll durch eine entsprechende Informationsdokumentation und Planungshilfe für HLK-Planer und IT-Betreiber erreicht werden.

Ziele Berichtsjahr

Für das Jahr 2003 wurden folgende Teilziele umgesetzt:

- Formieren einer Expertengruppe
- Literaturrecherche und zusammentragen des nationalen und internationalen Fachwissens
- Expertensitzung zur Definition der relevanten Aspekte
- Ausarbeitung der *Informationsdokumentation* und der *Planungshilfe*
- Expertensitzung zum Review der Dokumente
- Durchführung der Stromverbrauchsmessungen an einem bestehenden IT-Raum als Begleitprojekt

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Situationsanalyse und Einsparpotenziale

Der Anteil der Informationstechnik am Stromverbrauch in der Schweiz [1] (2001 = 53'700 GWh/a) liegt bei etwa 10% (ca. 5400 GWh/a), dies mit steigender Tendenz.

Ein Ende der Weiterentwicklung und Verbreitung der Informations- und Kommunikationstechnik ist zurzeit nicht absehbar.

Der Stromverbrauch der Schweiz im Tertiärbereich beträgt ca. 14'000 GWh/a bzw. ca. 26% des Gesamtstromverbrauchs. Bei insgesamt 2.6 Mio. oder ca. 75% aller Beschäftigten im Tertiärbereich ergibt sich ein spezifischer Stromverbrauch von rund 5'400 kWh/a pro Mitarbeiter.

Eine Untersuchung (BfE, A. Huser, 2002 [2]) des Anteils am gesamten Stromverbrauch der Schweiz für Server im Bereich der KMU (Betriebe mit weniger als 250 Mitarbeitern) ergibt einen Anteil von ca. 210 GWh/a. Ausgehend von ca. 15% oder 400'000 Beschäftigten in Grossunternehmen (> 250 Mitarbeiter) und einem Anteil der zentralen Informationstechnik von ca. 25% des mitarbeiterspezifischen Stromverbrauchs ergeben sich rund 540 GWh/a.

Insgesamt ergibt sich ein Stromverbrauch für IT-Räume in der Schweiz von ca. 750 GWh/a bzw. ca. 5 % des Stromverbrauchs im Tertiärbereich.

Aufgrund des Betriebs von Datacentern während 24 Stunden pro Tag und über das ganze Jahr hinweg ist der flächenspezifische Strombedarf in IT-Räumen mit ca. 7000 kWh/m²,a (ca. Fr. 1'050.--/m²,a) rund 65 mal höher als in einem durchschnittlich technisierten Büro mit ca. 105 kWh/m²,a (ca. Fr. 16.--/m²,a) (siehe Fig. 1).

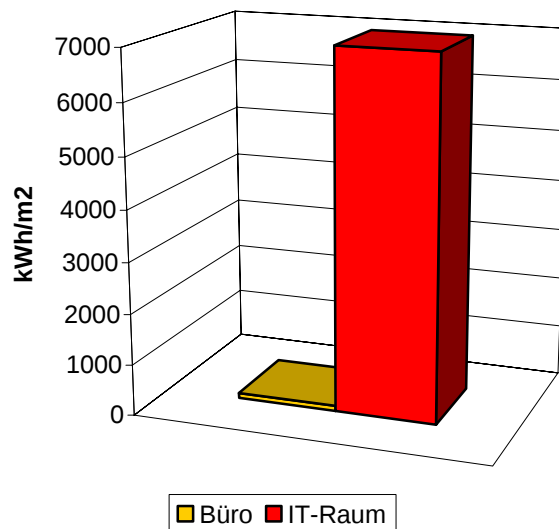


Fig. 1: Spezifischer Stromverbrauch in kWh/m²,a für Büros und IT-Räume

Dieses Verhältnis allein zeigt, dass der energetischen Effizienz in IT-Räumen nicht nur aus ökologischen sondern auch aus ökonomischen Gründen die gebührende Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte.

Untersuchungen im Rahmen des Programms *RAVEL* [3] zeigten (siehe Fig. 2), dass für den eigentlichen IT-Prozess nur gerade ca. 25% des gesamten in die IT-Räume eingespiesenen Stroms verwendet werden und mit einem Anteil von ca. 47% die HLK-Systeme (Kälteerzeugung, Luftförderung etc.) den grössten „Verlust“ darstellen.

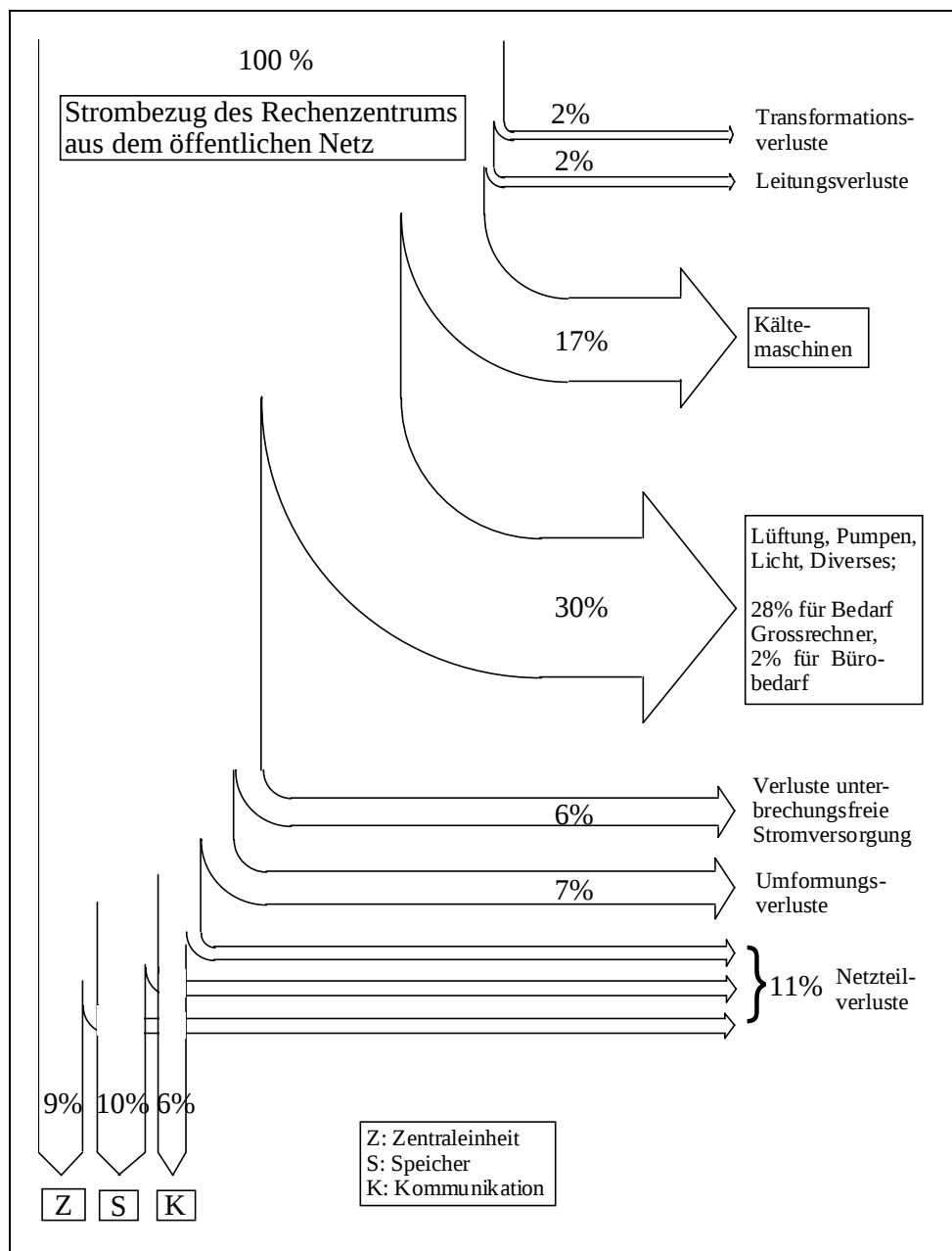


Fig. 2: Quelle: Ravel Handbuch „Stromverbrauch in Rechenzentren“, Bern (1993)

Eine andere Untersuchung [4] des Lawrence Berkeley National Laboratory aus dem Jahre 2002 zeigt (siehe Fig. 3), dass der Stromverbrauchsanteil der Klimatechnik in IT-Räumen in den USA stark variiert (21-53%) und im Durchschnitt 35% beträgt. Dieselbe Untersuchung zeigt auch (siehe Fig. 4), dass der projektierte Strombedarf für die Computersysteme mit durchschnittlich über 440 W/m² weit über dem gemessenen Wert von durchschnittlich 250 W/m² liegt und bei den HLK-Systemen einen energetisch wenig effizienten Teillastbetrieb generiert.

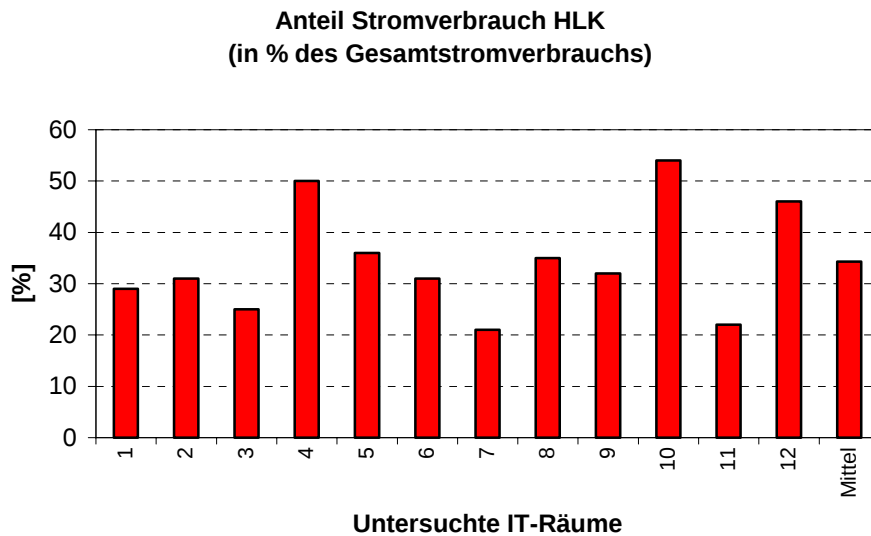


Fig. 3 Data Center Energy Benchmarking, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley (2002)

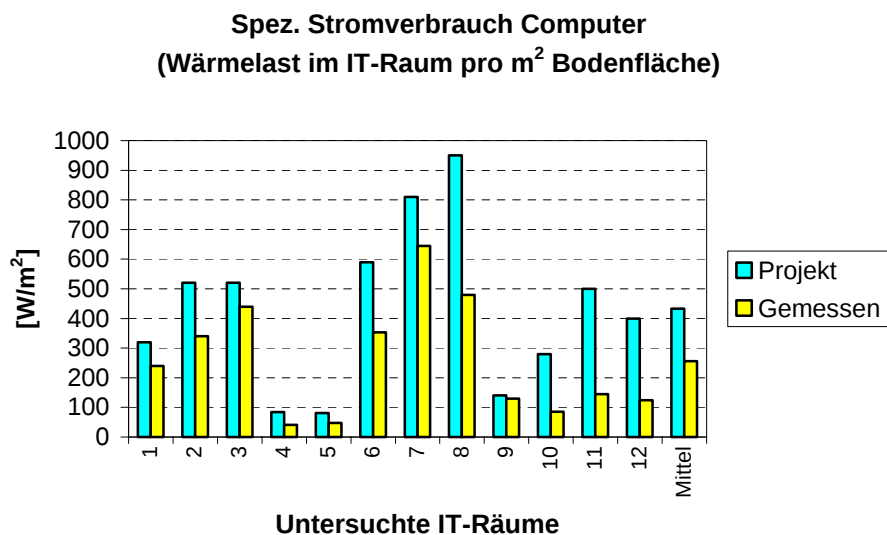


Fig. 4 Data Center Energy Benchmarking, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley (2002)

Untersuchung am Begleitprojekt (bestehende Anlage)

Das bestehende Rechenzentrum (IT-Raum) der Messe Basel ist per Ende 2003 zu sanieren. Die Anlage dient als Begleit- und Vergleichsobjekt, um die Aussagen in dieser Studie an einem konkreten Beispiel zu verifizieren bzw. aufzuzeigen. Die Stromverbrauchsmessungen im Ist-Zustand sollen mit denjenigen im Soll-Zustand verglichen und gewertet werden.

Objekt: Rechenzentrum Messe Basel, Basel

Bauherr: Messe Basel AG

Systemraum: 80 m²

Die Messungen im Ist-Zustand zeigen (siehe Fig. 5-8), dass der Anteil des Stromverbrauchs für die HLK-Systeme mit knapp 400 kWh/Tag sogar höher als derjenige für den eigentlichen IT-Prozess mit gut 300 kWh/Tag ist. Der IT-Verbrauch bzw. die entsprechende spezifische Wärmebelast im Raum beträgt somit konstant ca. 160 W/m².

Während der IT-Prozess einen praktisch konstanten Leistungsbezug von knapp 13 kW aufweist, ist die Leistung für die HLK-Systeme sowohl über den Tag (10-23 kW), als auch über die Wochentage (280-400 kWh/Tag) stark schwankend. Beide Leistungsschwankungen sind durch die Aussenluftzufuhr und die entsprechende Aufbereitung (Kühlung) bedingt, die aber nur zwischen 0700-1900 Uhr und nicht an den Wochenenden betrieben wird.

Allein diese Messung zeigt, dass mit einer minimal erforderlichen Aussenluftzufuhrregelung z.B. mittels Luftqualitätsfühler eine Stromverbrauchsreduktion von gut 500 kWh/Woche oder ca. 20% bei den HLK-Verbrauchern mit wenig Aufwand zu erzielen wäre.

Die Messungen Ist-Zustand wurden vom 22.9.-12.10.2003 durchgeführt.

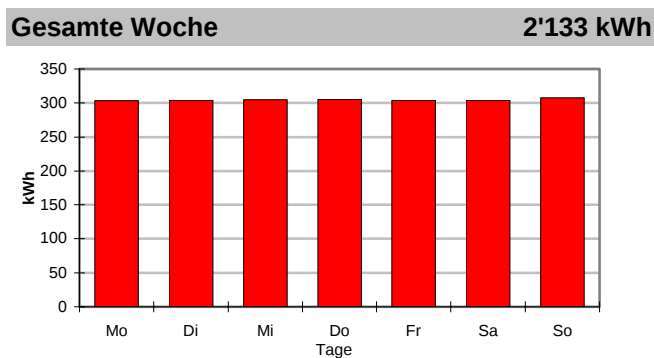


Fig. 5 Stromverbrauchsmessung IT-Prozess Ist-Zustand (typische Woche)

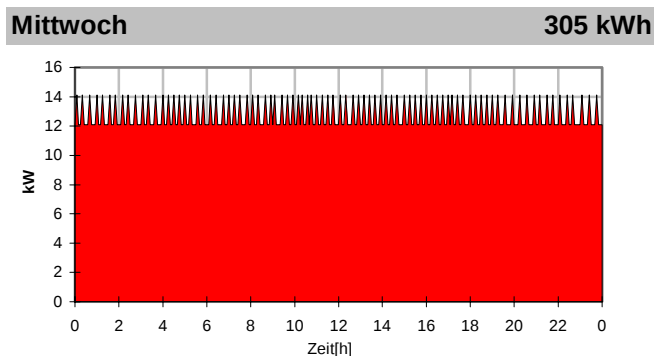


Fig. 6 Stromverbrauchsmessung IT-Prozess Ist-Zustand (typischer Wochentag)

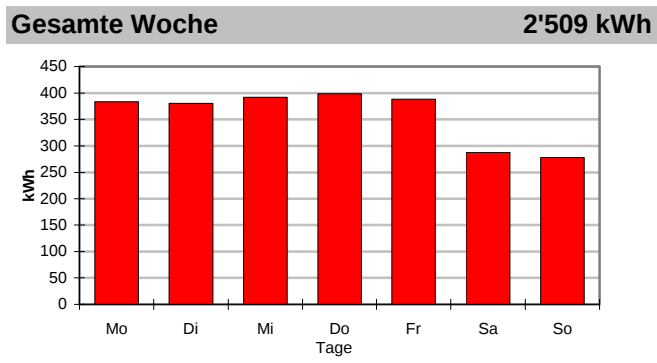


Fig. 7 Stromverbrauchsmessung HLK-Prozess Ist-Zustand (typische Woche)

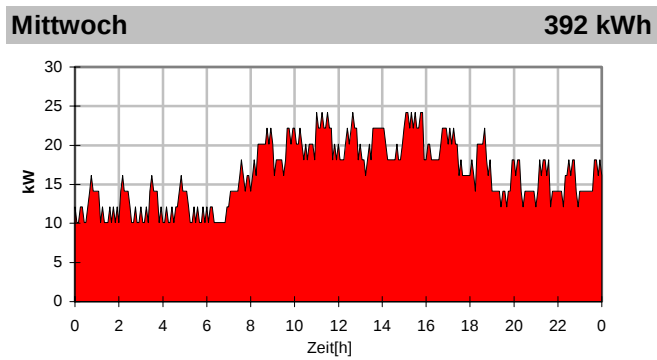


Fig. 8 Stromverbrauchsmessung HLK-Prozess Ist-Zustand (typischer Wochentag)

Nutzung von Free-Cooling und erhöhte Kaltwassertemperatur

Ein durchgeführter Variantenvergleich zeigt (siehe Fig. 9 und 10), dass die Kälteerzeugung und somit die Nutzung der freien Kühlung (Free Cooling) ein entscheidender Parameter für die energetische Effizienz des HLK-Prozesses darstellt.

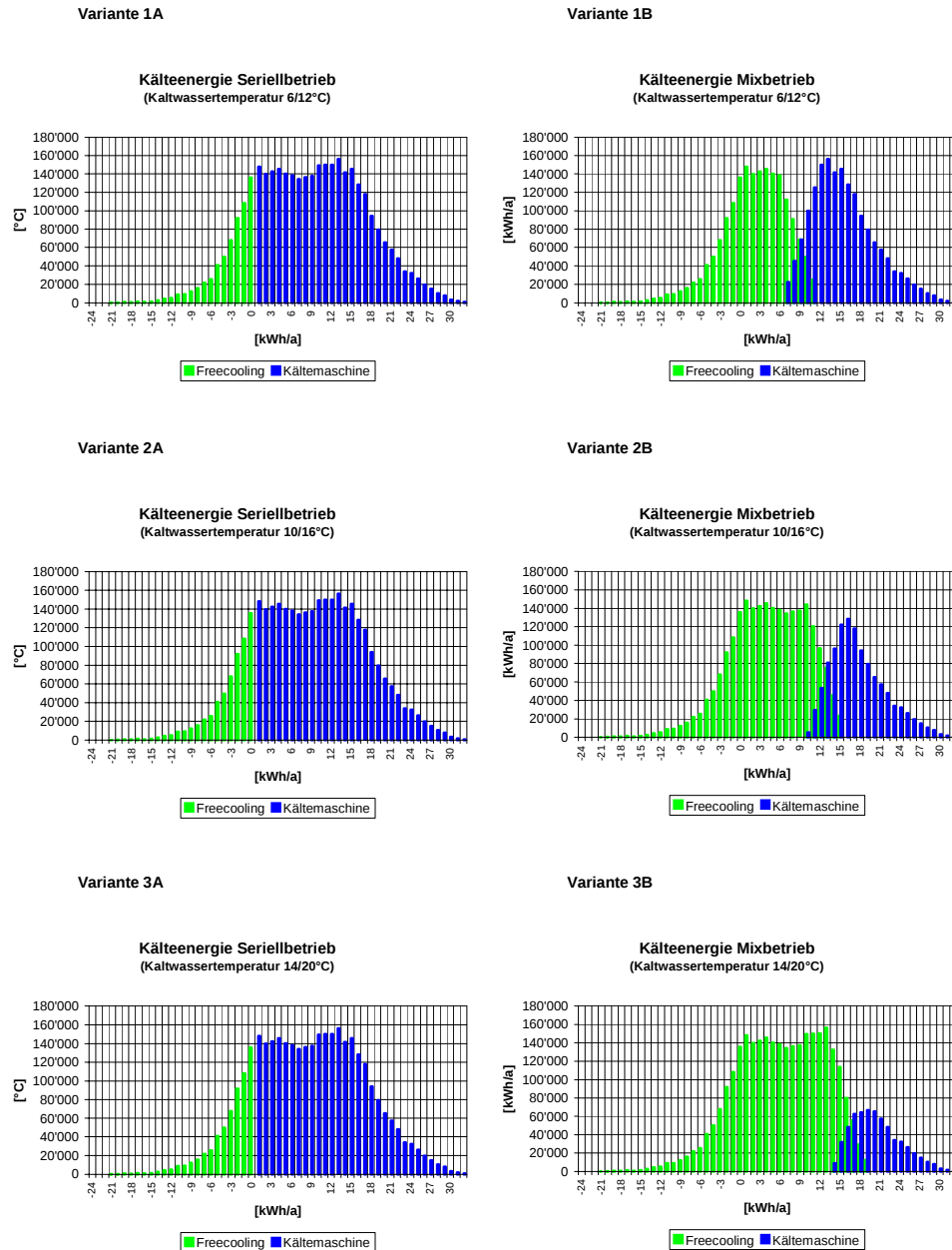


Fig. 9 Variantenvergleich Free Cooling in Abhängigkeit der Kaltwassertemperatur und der hydraulischen Einbindung

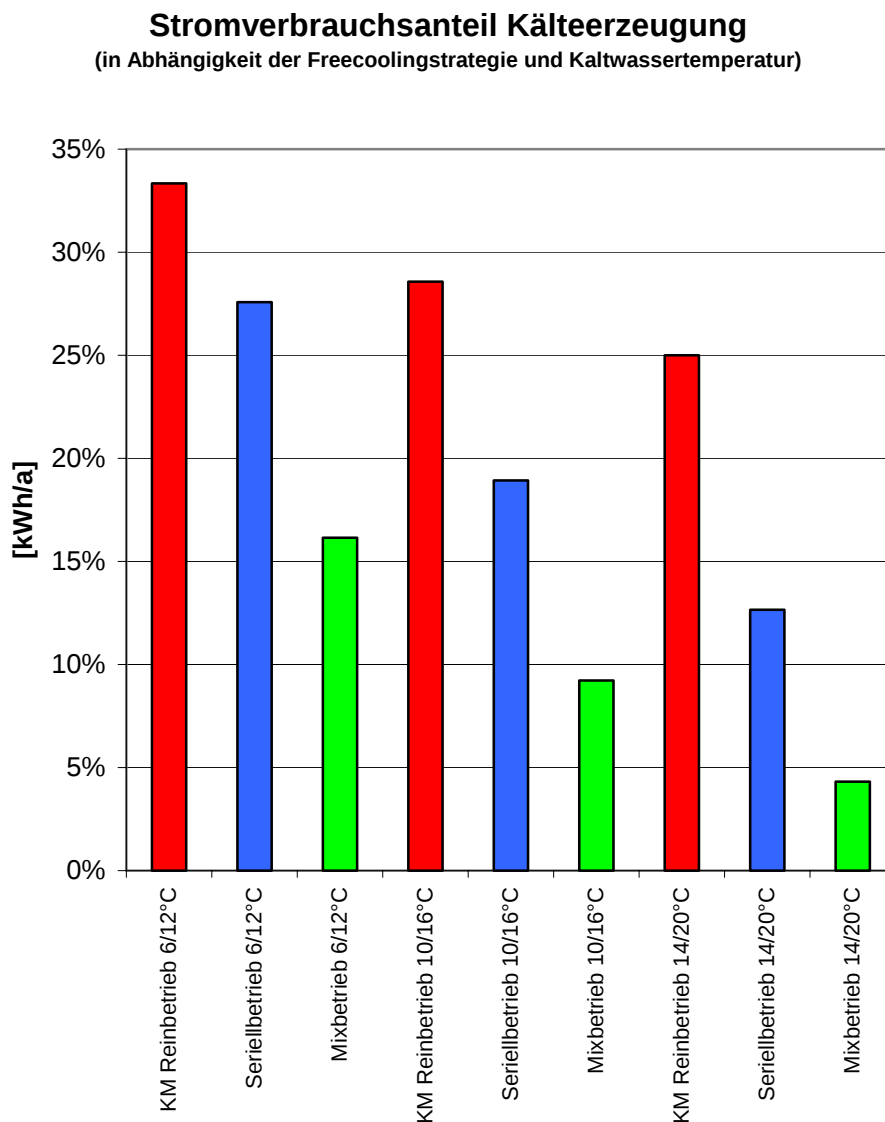


Fig. 10 Variantenvergleich Stromverbrauchsanteil der Kälteerzeugung in Abhängigkeit der Free Coolingstrategie

Erhöhung der Raumtemperatur auf von 22°C auf 26°C

Die Raumtemperatur innerhalb von IT-Räumen hat im Bezug auf eine effiziente Kälteabgabe an den Raum einen entscheidenden Einfluss, ist aber gleichzeitig ein entscheidender Parameter für die Verfügbarkeit und Lebensdauer der IT-Geräte.

Je kleiner die Temperaturdifferenz zwischen Raum und Zuluft wird, desto grösser wird die zur Kühlung erforderliche Luftmenge und damit der Energieverbrauch zur Luftförderung (siehe Fig. 11).

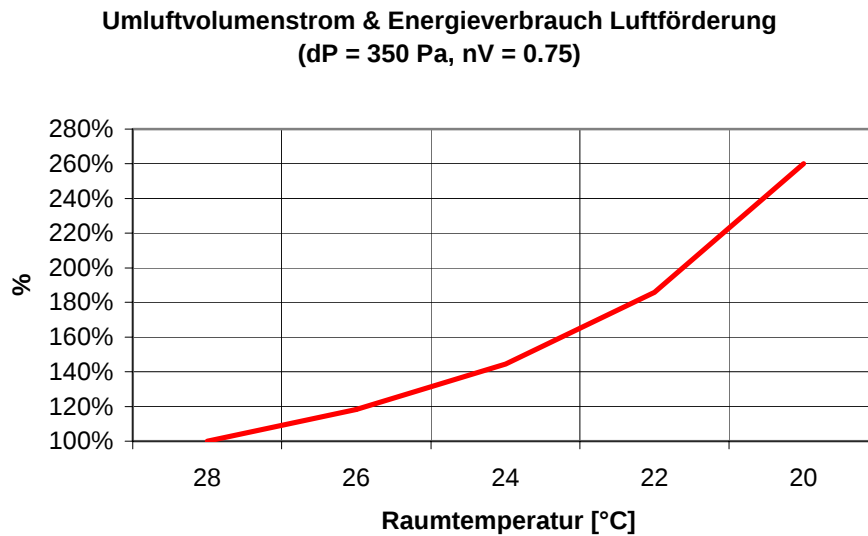


Fig. 11 Relativer Stromverbrauch in Abhängigkeit der Raumtemperatur bei konstanter Zulufttemperatur

Fig. 11 zeigt, dass bei einer Raumtemperatur von 20°C gegenüber 26°C ein über doppelt so grosser Luftvolumenstrom bzw. Energieverbrauch für dessen Förderung im IT-Raum anfällt. Dies schlägt sich sowohl in höheren Investitionskosten als auch in höheren Energieverbrauchskosten nieder.

Aufgrund der nicht homogenen Raumlufthtemperaturverteilung (siehe Fig. 12) innerhalb von IT-Räumen (Hot Spots) und auch aus Komfortgründen für die partiell vorhandenen Arbeitsplätze, ist eine Soll-Raumlufthtemperatur von 26°C (gemessen am Eintritt der Umluft in den Umluftkühler) sinnvoll. Die Fig. 12 [5] zeigt, dass sich die Raumtemperatur innerhalb des IT-Raumes zwischen 13°C (Zulufttemperatur nach dem Umluftkühlgerät) und 30°C (Hot Spot am Rack) bewegt.

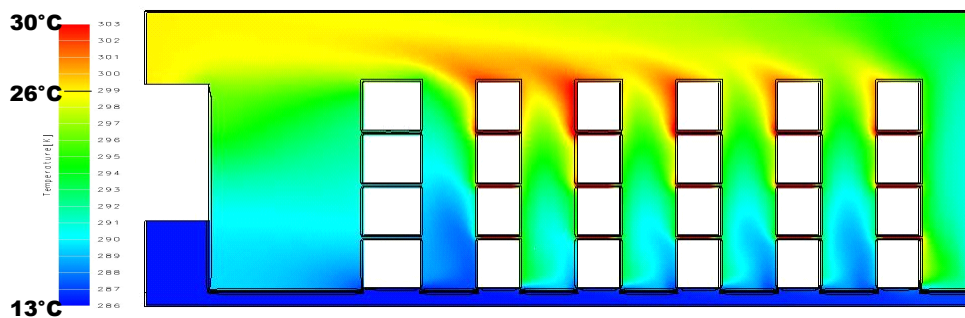


Fig. 12 Temperaturverteilung im IT-Raum (Quelle: Amstein+Walthert AG, CFD-Simulation IT-Raum Schweizer Grossbank, Zürich (2002)

Optimierung der Luftführung

Moderne Umluftkühlgeräte haben direkt angetriebene freilaufende Ventilatoren eingebaut, welche bis zu 30% weniger Energie verbrauchen als Ventilatoren, welche noch vor einigen Jahren zum Einsatz gekommen sind.

Zur Anpassung an die objektspezifischen Luftmengen- und Druckverhältnisse stehen Drehzahlveränderungsmöglichkeiten zur Verfügung.

Die Aerodynamik innerhalb der ULK wird weiterhin optimiert werden. Hier hat die Computersimulation von Luftströmen bei einigen Anbietern Einzug gehalten. Hierzu gehören vor allem Wärmetauscher mit ausreichend grossen Anströmflächen, damit die Geschwindigkeit maximal 2.0 m/s nicht übersteigt (Energiegesetz Kt. Zürich). Der Einfluss der Luftgeschwindigkeit ist in Fig. 13 dargestellt.

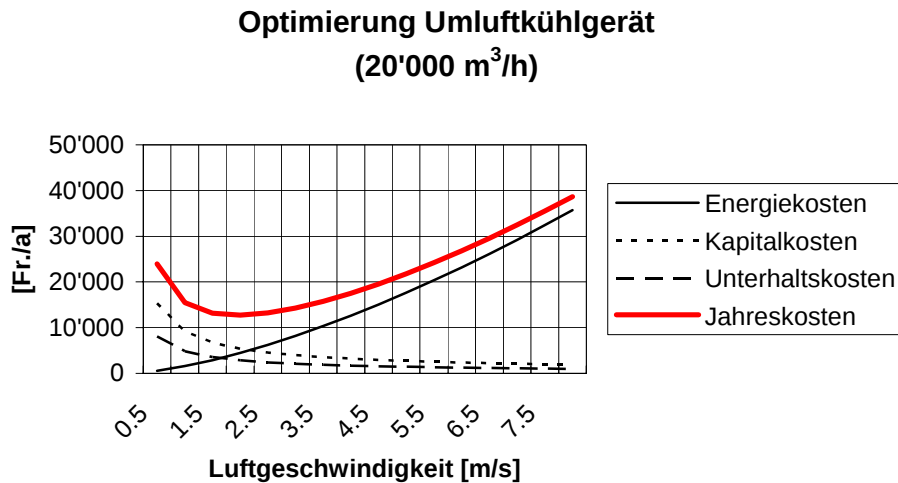


Fig. 13 Optimale Luftgeschwindigkeiten in Umluftkühlgeräten (Quelle: Ravel Handbuch „Optimierung der Luftgeschwindigkeiten“, Bern (1993))

Die Luftverteilung innerhalb des IT-Raumes sollte strömungstechnisch so ausgebildet sein, dass sich die Zuluft gleichmässig über die Bodenfläche verteilt, um alle vorhandenen Wärmequellen flächendeckend zu versorgen.

Um dies zu erreichen, ist zwischen Umluftkühlgerät und Wärmequelle, d.h. im Doppelboden, ein minimaler dynamischer Druck bzw. ein relativ hoher statischer Druck zu generieren.

Dies kann nur mittels möglichst geringer Luftgeschwindigkeit im Doppelboden (< 3 m/s) bzw. klar definierten Zuluftauslässen erreicht werden. Die resultierenden Jahreskosten in Abhängigkeit der Luftgeschwindigkeiten im Umluftkanalnetz (Doppelboden) sind in Fig. 14 dargestellt.

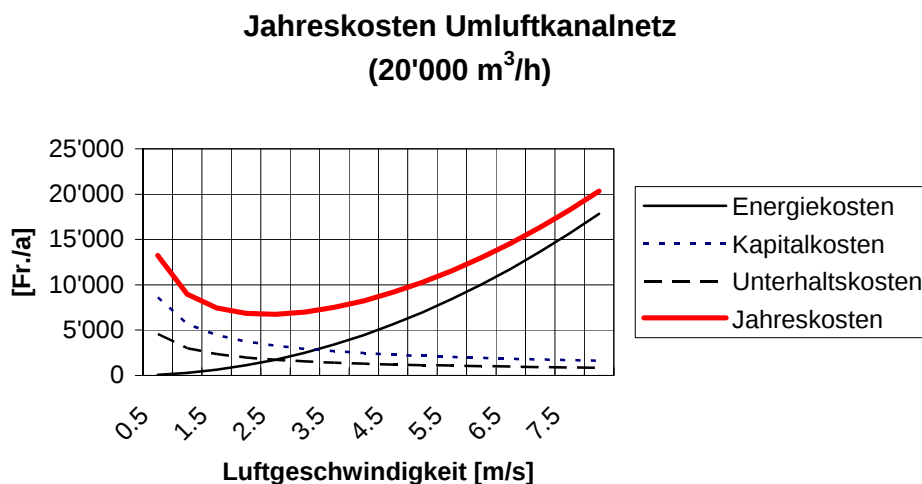


Fig. 14 Optimale Luftgeschwindigkeiten in Kanalnetzen (Quelle: Ravel Handbuch „Optimierung der Luftgeschwindigkeiten“, Bern (1993))

Der Grundriss des Raumes sollte so gewählt werden, dass die Luftversorgung ab Umluftkühlgerät bis zu einer maximalen Raumtiefe von ca. 10-15 m erfolgen kann (siehe Fig. 15 [5]). Dies bedingt idealerweise einen freien Querschnitt mit einer Doppelbodenhöhe im Licht von 40-50 cm.

Luftgeschwindigkeitsverteilung in einem IT-Raum

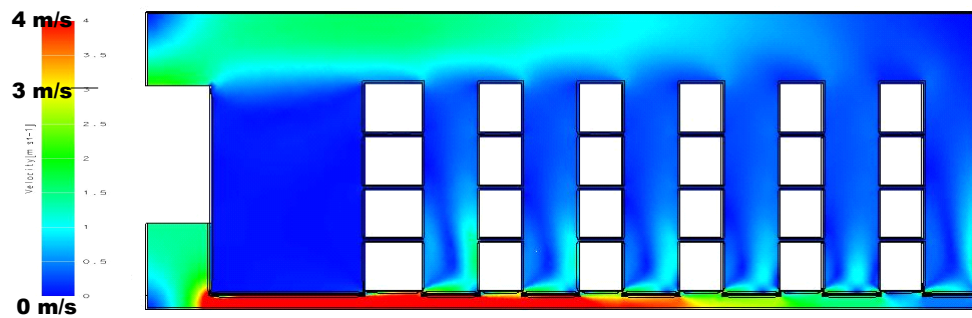


Fig. 15 Luftgeschwindigkeitsverteilung im IT-Raum (Quelle: Amstein+Walthert AG, CFD-Simulation IT-Raum Schweizer Grossbank, Zürich (2002))

Dokument Planungshilfe

Die Planungshilfe ist als Ergänzung zur Informations-Dokumentation im Sinne einer Checkliste zu verstehen und soll sicherstellen, dass der Planer und Betreiber in den einzelnen Phasen die notwendigen Entscheidungsschritte herbeiführt bzw. umsetzt.

Als Beispiel ist nachstehend eine der zahlreichen Planungsphasen dargestellt.

Phase Bedarfsdaten und Systemstrategie

Die Bedarfsdaten des Auftraggebers und die daraus abgeleiteten Systemstrategien für die HLK-Anlagen sind für die nachfolgende Phase der Projektierung mit dem Auftraggeber zu verifizieren, und in einem Pflichtenheft (Zielsetzungen Auftraggeber und Rahmenbedingungen) festzuhalten.

Die wesentlichen Aspekte sind im nachstehenden Flussdiagramm (Fig. 16) dargestellt:

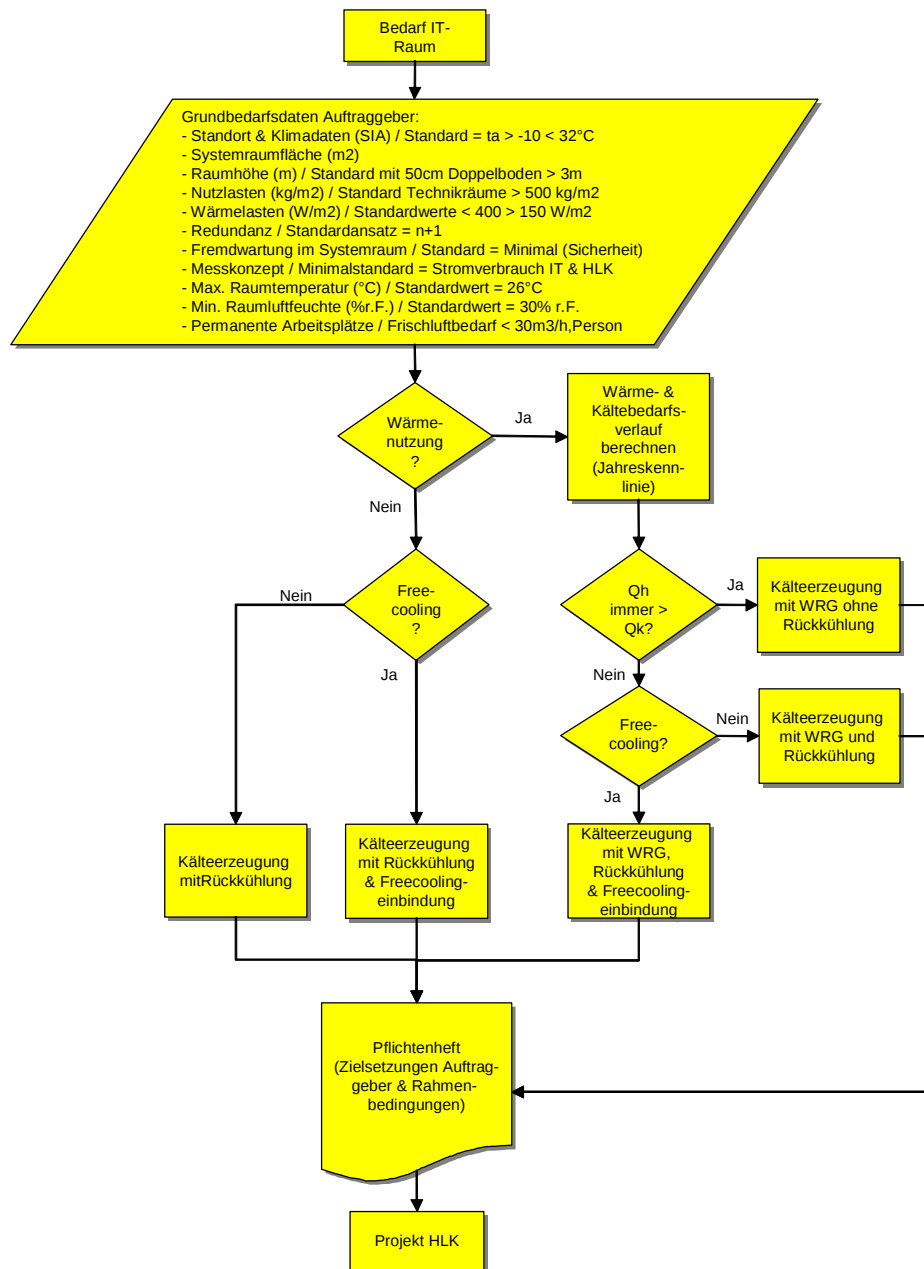


Fig. 16 Auszug aus Dokument Planungshilfe (Beispiel Phase Bedarfsdaten und Systemstrategie)

Nationale Zusammenarbeit

Das Projekt steht in enger Zusammenarbeit mit früheren Projekten und deren Erkenntnisse. Insbesondere ist dazu die Studie des Kantons Genf zur Energie- und Ökoeffizienz in Datacentern (IT-Räumen) welche unter der Federführung des *CEPE* an der *ETH Zürich* per Januar 2003 ausgearbeitet wurde berücksichtigt worden.

Die Anliegen der Privatwirtschaft sind mit den Interessenvertretern der Expertengruppe, welche aus HLK-Planern, Systemlieferanten und IT-Betreibern zusammengesetzt ist gut und permanent eingebunden.

Internationale Zusammenarbeit

Die internationale Zusammenarbeit konnte im Rahmen des durch das *RMI (Rocky Mountain Institute)* organisierten Fachkongress im Februar 2003 in San Jose (USA) aufgenommen werden.

Die verschiedenen Untersuchungen und deren Resultate insbesondere des *Lawrence Berkeley Laboratory* in Berkeley (USA) konnten sehr gut in die Studie integriert werden.

Bewertung 2003 und Ausblick 2004

Bewertung 2003

Die für das Berichtsjahr vorgesehenen Ziele konnten erreicht werden.

Die Arbeit ist zudem im *SWKI (Schweizerischer Verein der Wärme- und Klimatechniker)* bereits als Grundlage für eine entsprechende Richtlinienausarbeitung vorgesehen.

Ausblick 2004

Bis im März 2004 sind die entstandenen Dokumente durch die Expertengruppe zu überprüfen und gleichzeitig die Vergleichsmessungen im Begleitprojekt (Soll-Zustand nach der Sanierung) durchzuführen. Die entsprechenden Erkenntnisse sind in den Dokumenten aufzunehmen und diese zu überarbeiten.

Bis Ende Mai 2004 sind noch die entsprechenden Grundlagen für die Informationskampagne auszuarbeiten und die formelle Verabschiedung der Dokumente durch die Expertengruppe vorzunehmen.

Bis Ende Juni 2004 sind dann die definitiven Dokumente verfügbar zu machen und ein entsprechender Schlussbericht zu verfassen.

Referenzen

- [1] BfE: **Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2001**
- [2] A. Huser: **Stromeinsparpotenzial durch Schalten von Servern**, BfE, Projekt-Nr. 42444, Schlussbericht Mai 2002.
- [3] Bundesamt für Konjunkturfragen, **Ravel Handbuch, 1992**, Verlag der Fachvereine
- [4] Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley (CA), USA., **Data Center Energy Benchmarking, Case Study, 2002**
- [5] Amstein+Walthert AG, **Studie IT-Raum Schweizer Grossbank, Zürich, 2002**