

Raumtemperaturkonzept für Netzwerk- & Maschinenräume

Zentraler Informatikdienst TU Graz

„Ohne Energie keine Information – Vorschläge zur rationellen Energieverwendung“

Im Zuge aktueller Diskussionen um vorhandenes, energietechnisches Einsparungspotential für den klimatechnischen Betrieb von Rechnerräumen möchte ich folgendes, über den Zeitraum von 10 Jahren gewachsenes und mittlerweile bewährtes Konzept für den Betrieb von IKT/EDV-Maschinenräumen des ZID an der TU Graz zusammenfassen:

Planungsgrundlage Klimatisierung: 21°C (Solltemperatur: 22°C)

Begründung:

1) In der Praxis werden 21°C Maschinenraumtemperatur nur bei optimalen Umgebungsbedingungen erreicht. Die Leistung von Klimageräten wird ganz wesentlich von den äußeren Bedingungen wie Außenlufttemperatur sowie Luftfeuchte oder -trockenheit und auch Wartungszustand bestimmt!

Beispiel: Klimatisierung Modul 1 Inffeldgasse 21a:

Kälte-Nennleistung pro Splitgerät (York SOC-90): 29 kW

Reale Kälteleistung bei hochsommerlichen Bedingungen aber: 9,5 kW (minus 67% !) * *Siehe Diagramm*

2) Würde man Klimaanlage mit 25°C ausschreiben, so darf man auf keinerlei Leistungsreserven hoffen!

3) Die Reaktionszeiten bei höheren Solltemperaturen wären bei Ausfall/Störung der Klimatisierung oder Regelungstechnik deutlich herabgesetzt oder nicht gegeben!

4) Der Temperaturanstieg im Geräteinneren (Mainboard, CPU, HDDs) beträgt bis zu 20°C über der mittelbaren Umgebungstemperatur!

5) Elektronik im allgemeinen, sowie CPUs und Festplatten (RAID-Systeme) und vor allem dicht gedrängte 19 Zoll Cluster-Hardware sollten keinesfalls im Bereich nahe 40°C unmittelbarer Umgebungstemperatur betrieben werden. Dies führt zu verkürzter Lebensdauer, verbunden mit einem raschen Anstieg von Störfällen und möglichen Hardwareschäden.

Die Solltemperaturvorgaben des ZID werden daher in sensiblen Maschinenräumen allgemein mit 22°C gewählt. Damit ergeben sich Schwankungen (Entleerung Kaltwasserpuffer, Anlaufzeit Kältemaschinen, Reaktionszeiten MSR) zwischen 22°C und 24°C. Diese Werte können nochmals durch örtliche **HotSpots (Hitzeblasen)** im Maschinenraum - verursacht durch klimatische Kurzschlüsse oder Querströmungen, eine ungleichmäßige Kühlumgebung oder Cluster-Dichte - um bis zu 5°C ansteigen!

Eine Solltemperatur von 22°C ergibt damit eine Rechnerumgebungstemperatur bis zu 29°C!

Die Rechnerentwicklung geht derzeit (2004) von spezifischen und teuren Supercomputing-Systemen zu Cluster-Lösungen über – mit allen Vor- & Nachteilen!

Infrastruktur-Nachteile von Cluster-Systemen:

Hohe Packungsdichten von „verlustreichen“ Prozessoren (Dual/Quad-Systeme) und zugehörigen Schaltnetzteilen in engen 19“ Racksystemen sind klimatechnisch zu berücksichtigen!

Die damit verbundene hohe Abwärmeleistung von 19“ Cluster-Racksystemen (bis 6,3 kW pro Rack!) kann zur Bildung von Wärmeinseln oder örtlichen Wärmestaus führen.

Nebenbei ist mit einer Zunahme von Leckströmen durch die hohe Anzahl von Schaltnetzteilen und die Gefahr einer „ungewollten“ Auslösung von Fehlerstromschutzeinrichtungen (30mA!) zu rechnen.

USV-Anlagen und Klimatisierung:

Die USV-Anlagen des ZID TU Graz werden vordergründig NICHT KLIMATISIERT! Durch die nicht vernachlässigbare Verlustleistung von Online-USV-Anlagen (Doppelwandlerprinzip) von rund 5% bis zu 10 % der entnommenen USV-Leistung , muss jedoch auch die **Abfuhr (oder besser: Nutzung) der Verlustleistung** berücksichtigt werden!

Es bietet sich daher an, diese Anlagen in einem klimatisierten oder stark zwangsbelüfteten Raum (Zuluft/Abluft) zu betreiben. Bei zu hoher Umgebungstemperatur (Inverterschutz) gehen USV-Anlagen auf elektronischen Bypass-Betrieb und verlieren damit ihre „Schutzfunktionen“!

Akkumulatoren und Umgebungstemperatur:

USV-Anlagen ab 10 kVA werden mit wartungsfreien, 5 bis 12 Jahresakkumulatoren im Parallelbetrieb ausgestattet. Die Autonomiezeit wird bei „zentralen“ Maschinenräumen mit bis zu 60 Minuten (bei Volllast) ausgelegt. Falls ein „Akkukreis“ versagt (eine 2Volt Zelle von 198 Zellen), stehen somit noch immer rund 30 Minuten Autonomiezeit zur Verfügung.

Die technische Umgebungstemperatur von wartungsfreien Bleiakkumulatoren beträgt 20°C! Jeder weitere Temperaturanstieg um 10°C senkt die Lebensdauer um 50%!

Die Verlustleistung von USV-Anlagen wird durch den Konstruktionstyp (Ausgangstransformator oder „eisenlos“), eine hohe Nennleistung sowie durch eine möglichst hohe Auslastung gering gehalten! Alle Akkumulatoren des ZID werden vorbeugend nach rund 80% der zu erwartenden Lebensdauer getauscht! („EINMALIGES Versagen einer USV-Anlage = KEINE USV-Anlage!“)

Der ZID TU Graz betreibt derzeit (07/2004) folgende USV-Anlagen :

1	Dutzend Klein-USV-Anlagen	≈	6.000 Wh
4x	USV-Anlagen Telefonnetz	≈	36.000 Wh
1x	2000 VA (4x12Vx12Ah)	≈	600 Wh
1x	2000 VA (20x12Vx5Ah)	≈	1.000 Wh
1x	3000 VA	≈	1.000 Wh
1x	4000 VA (10x12Vx7,2Ah)	≈	800 Wh
4x	6000 VA (4x30x12Vx5Ah)	≈	7.000 Wh
1x	10000 VA (2x24x12Vx20Ah)	≈	11.000 Wh *
1x	15000 VA (31x12Vx28Ah)	≈	10.000 Wh *
2x	40000 VA (2x2x33x12Vx75Ah)	≈	118.000 Wh *
1x	200000 VA (2x66x6Vx100Ah)	≈	79.000 Wh *

(* in klimatisierter Umgebung)

Summe der gewarteten Akkuleistungen des ZID TUG: 270.000 Wh (972 MJ)

(Mit dieser Energie könnte man theoretisch eine 100 Watt Glühbirne länger 7 Jahre betreiben...)

Beispiel: Kostenrechnung für 5 „nichtklimatisierte“ Akkumulator-Anlagen:

Frühzeitiger Tausch von 264 Stück (75Ah/100Ah) und 79 Stück (20/28Ah) Akkumulatoren durch erhöhte Umgebungstemperatur von 25°C bis 30°C:

Lebensdauer für Bleiakumulatoren (SLA) gemäß Arrhenius-Diagramm: * *Siehe Diagramm*

Lebensdauer bei 20°C: 5000 Tage

Lebensdauer bei 25°C: 3500 Tage

Lebensdauer bei 30°C: 2400 Tage

Anschaffungskosten rund: € 35.000.-

(Vorbeugender Tausch nach Erreichen von 80% der zu erwartenden Lebensdauer!)

Mehrkosten pro Jahr rund: €1.750.- bis €3.500.-

(mit Nebenkosten von: Demontage, Montage, Abtransport und Entsorgung von Alt-Akkus)

Mehrkosten pro verkürzter Lebensdauer von 5 Jahren daher rund: €8.750.- bis €17.500.-

Tiefe Einblastemperaturen sind nichts Neues!

ZID TU Graz Maschinenraum Steyrergasse 30 STK1214 (Jahr 1994)

Parallelrechner Intel Paragon 128 Nodes (Drehstromanschluss!)

Geforderte Einblastemperatur vom Unterboden: 14°C !!

Welche Lösungen haben andere Institutionen und Betreiber von IKT-Infrastruktur?

Beispiel:

Humboldt Universität zu Berlin (HU-Berlin)

- Rechenzentrum seit 40 Jahren (1964)

- Computer- und Medienservice CMS

- 38.000 Studierende (40.000 Account-Inhaber)

- 7.800 Computerarbeitsplätze, 178 zentral betreute WEB-Server

Online-Temperaturabfragen Rechnerraum:

21,3°C (10. Juli 2004 20:26h)

21,2°C (21. September 2004 20:18h)

21,0°C (4. Oktober 2004 21:50h)

(<http://www.cms.hu-berlin.de/dl/kommunikation/dialin/netstat/>)

Fazit:

Die Nomenklatur für Raumtemperatur, Soll-Temperatur, Ist-Temperatur, Einblastemperatur, mittlere Raumtemperatur, Umgebungstemperatur, Ablufttemperatur sollte definiert und berücksichtigt werden.

Bei räumlich gut verteilter Rechnerlast (PC & Server) ist eine max. Raumtemperatur von max. 26°C empfehlenswert (entspricht einer mittleren Raumtemperatur = Solltemperatur von 24°C).

Bei örtlich dicht gedrängter Rechnerinfrastruktur (z.B. Cluster-Systemen) sind max. 24°C erforderlich (entspricht einer mittleren Raumtemperatur = Solltemperatur von 22°C).

Die Planungsgrundlage 21°C gibt Klima-Reserven und erhöht die Vorwarnzeit bei Klimastörungen.

Für Hochleistungscluster (Beowulf-like) empfehlen sich sogar Temperaturen um 20°C!

Für diese gilt: Jeder Temperaturanstieg um 5°C reduziert die zu erwartende Systemlebensdauer um rund ein Jahr und erhöht infolge den zeitlichen Aufwand sich mit Hardwarefehlern auseinanderzusetzen.

Eine gleichmäßige vertikale Klimatisierung vom (Doppel)Boden bis zur Decke mit Maßnahmen zur Verhinderung von Querströmungen (Schränkaufstellung, Trennwände) ist anzustreben.

Die Positionierung von Temperatursensoren zur Ermittlung der mittleren Raumtemperatur ist sorgfältig zu wählen (Wandabstandhalter, Montagehöhe, direkte warme Abluftströme von Netzteilen vermeiden).

Mit einer möglichen Erhöhung der mittleren Raumtemperatur um 1°Celsius sinkt der Energieverbrauch von Klimaanlage um rund 3 bis 4 Prozent.

Eine mögliche Reduzierung der Luftmenge senkt die Energieaufnahme von Ventilatoren. Deren Leistungsaufnahme steigt in dritter Potenz mit der Fördermenge.

Nennleistungsangaben (Typenschild) von Kälteanlagen sind nur bedingt als Planungsgrundlage heranzuziehen – die „hochsommerlichen“ Leistungseinbußen betragen bis zu 70%!
Eine redundante Klimatisierung (Parallelbetrieb) für „vorrangige“ Maschinenräume ist anzustreben.

Telefon-Alarmwählgeräte oder WEB-Thermometer sind empfehlenswerte Frühwarnrichtungen.

Bei extremer Übertemperatur ist eine Notstromabschaltung zum Schutz vor groben Hardwareschäden erforderlich („thermal kill switch“). Diese Abschaltung kann über eine zentrale USV-Anlage (UPS) bei Umgebungstemperaturen höher 35°C über potentialfreie Kontakte leicht erfolgen.

Kennzahlen:

Ein heutiger Rechnerverbund (Cluster-Rechner) mit 45 1-HE-Servern (zwei Prozessoren je Höheneinheit) erreicht eine Gesamtwärmelast von **6300 Watt pro Schrankeinheit** und auch mehr als 10000 Watt.

Für einen m² Rechnerraum sind unter Berücksichtigung von Transport- & Serviceflächen rund 1000 Watt pro m² zu veranschlagen. Bei 1500 Watt pro m² liegen die Grenzen einer Doppelbodenklimatisierung.

WEB-Links:

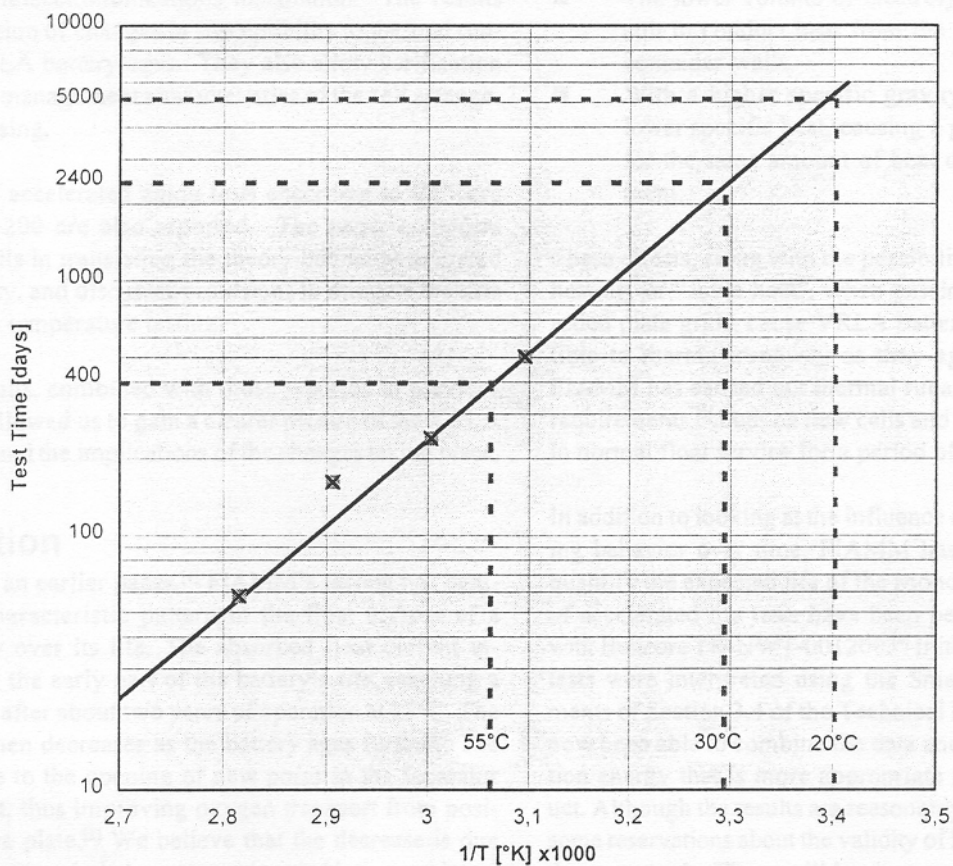
<http://www.gi-ev.de/praxis/hit/infrastr.pdf>
http://www.ea-nrw.de/_database/_data/datainfopool/Rechenzentren.pdf
<http://www.bur.unizh.ch/downloads/diverses/unikuehlung.pdf>
<http://www.sysgen.de/Cluster/WelcheClusterHW.htm>
<http://www.fz-juelich.de/zam/docs/printable/vortraege/ja2003/Bau-SC-Architektur.pdf>
http://www.grothusen.com/ges/pdf/kuehlung_10_kw.pdf
<http://www.uni-duesseldorf.de/urz/hardware/server/tdf2003.pdf>
<http://helics.iwr.uni-heidelberg.de/services/equipment/helics/doc/pr.pdf>
<http://www1.computerwoche.de/heftarchiv/1976/19760130/a110742.html>
<http://www.lrz-muenchen.de/wir/hitachi-einweihung/broschuere.pdf>
<http://www.hu-berlin.de/>
<http://www.cms.hu-berlin.de/dl/kommunikation/dialin/netstat/>
http://edoc.hu-berlin.de/e_rzm/25/schirmbacher-peter-2004-05-11/PDF/4.pdf
http://www2.uibk.ac.at/zid/wir/jahresbericht/jahresbericht_2003/it-infrastruktur.html#strom
<http://pubwww.fhzh.ch/~mgloor/linux-supercomputer.html>
<http://www.fz-juelich.de/video/Neubau.ram>
<http://www.tat.physik.uni-tuebingen.de/~holtwick/html/keple.html>

Diagramme:

Lebensdauer für Bleiakumulatoren (Arrhenius-Diagramm):

Design life at 55°C

Based on the above stated procedure the plot or better, the Arrhenius equation, allow us to extrapolate to life expectancy at $55\pm 2^\circ\text{C}$. This is approximately 400 days.



Spürbare Kälteleistung:

York Splitklimaanlage (Nennleistung 29000 W/h – reduziert bis 8500 W/h)

Modell	Temperatur Außenluft trocken °C	Temperatur Lufteintritt feucht °C	Gesamtleistung	Lufttemperatur trocken bei Eintritt in die Batterie °C (TT)				Leistungsaufnahme Verdichter
				(TT)	(FT)			
SOH-090H (C)	(TT)	(FT)		22	24	27	29	
			W/h	W/h	W/h	W/h	W/h	kW
		22	34 800	10 350	15 243	22 581	27 480	8,26
	25	19,5	31 320	16 492	21 385	28 723	31 320	8,66
		17	29 000	22 957	27 850	29 000	29 000	9,05
		22	32 190	9 495	14 387	21 726	26 619	9,35
	35	19,5	29 000	15 659	20 552	27 890	29 000	9,84
		17	26 680	20 723	25 616	26 680	26 680	10,33
		22	29 000	8 541	13 433	20 772	25 564	10,82
	45	19,5	26 100	14 706	19 599	26 100	26 100	11,31
		17	23 780	20 911	23 780	23 780	23 780	11,81

Entwicklung:

„Die Entwicklung des Stromverbrauches für Maschinenräume wird von derzeit rund 30 kVA pro TFlops im Jahr 2010 auf rund 1 kVA pro TFlops linear abnehmen“ (Thomas Sterling, Caltech).

„Die Entwicklung des Platzbedarfs im Maschinenräumen wird derzeit von rund 10m² pro TFlops im Jahr 2010 auf rund 0,25m² linear abnehmen“ (Thomas Sterling, Caltech).

Die damit ermöglichten höheren Packungsdichten in zukünftigen EDV- & IKT-Maschinenräumen werden somit weiterhin hohe Anforderungen an Klimatisierung und Stromversorgung stellen.