

Leistungsaufnahmemessung

Seminar Green IT

Titus Schöbel

Gliederung

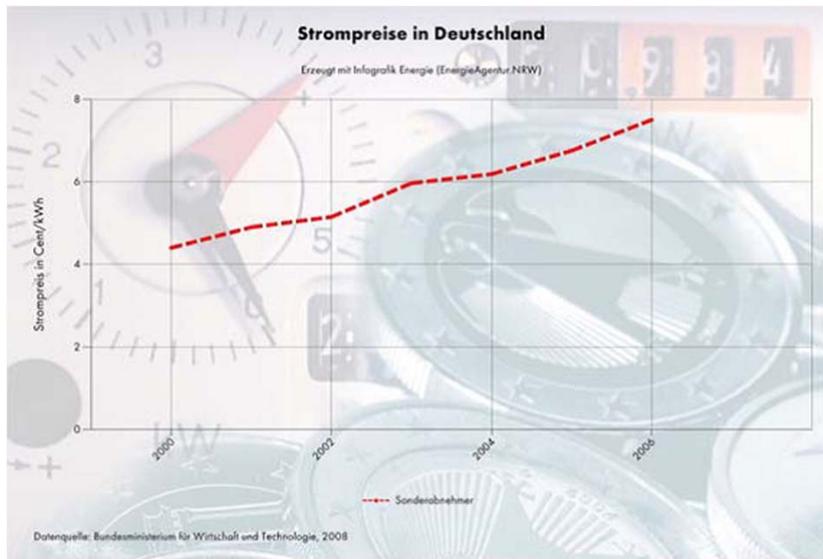
- Motivation
- Messtechnik
- Strommessgeräte
- Wandel der Leistungsaufnahmemessung
- Leistungsaufnahmemessung
- PUE
- Gebäudeleittechnik
- Chancen und Risiken
- Fazit

Gliederung

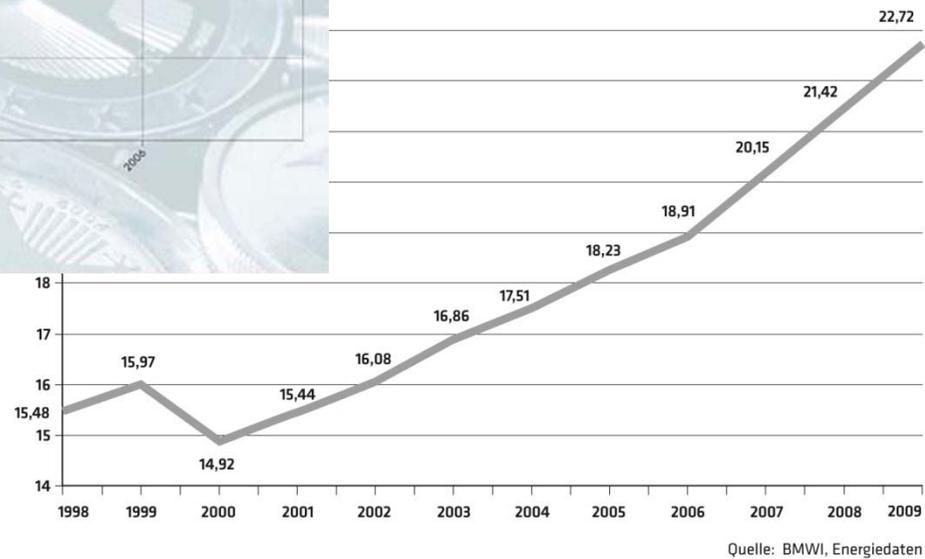
- Motivation
- Messtechnik
- Strommessgeräte
- Wandel der Leistungsaufnahmemessung
- Leistungsaufnahmemessung
- PUE
- Gebäudeleittechnik
- Chancen und Risiken
- Fazit

Motivation – IST-Zustand

- Steigende Strompreise einer kwh

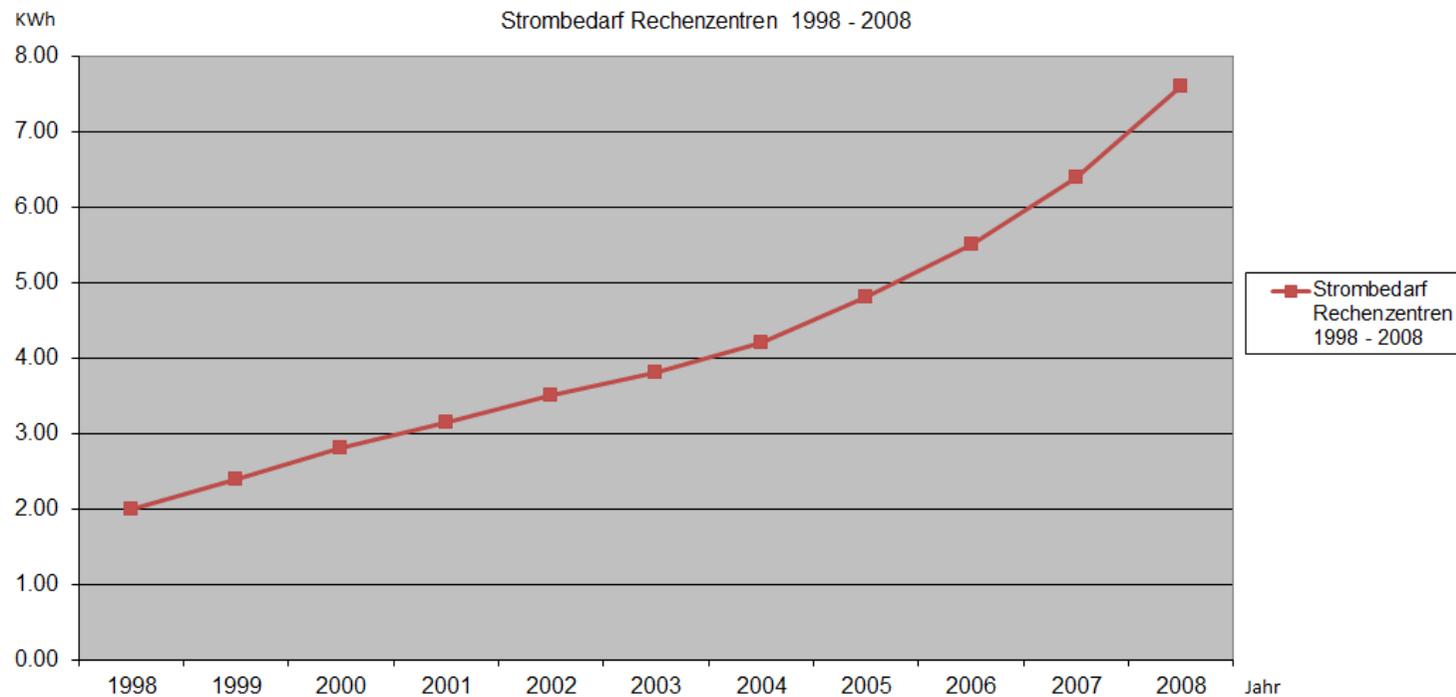


Strompreise für private Haushalte von 1998 – 2009



Motivation – IST-Zustand

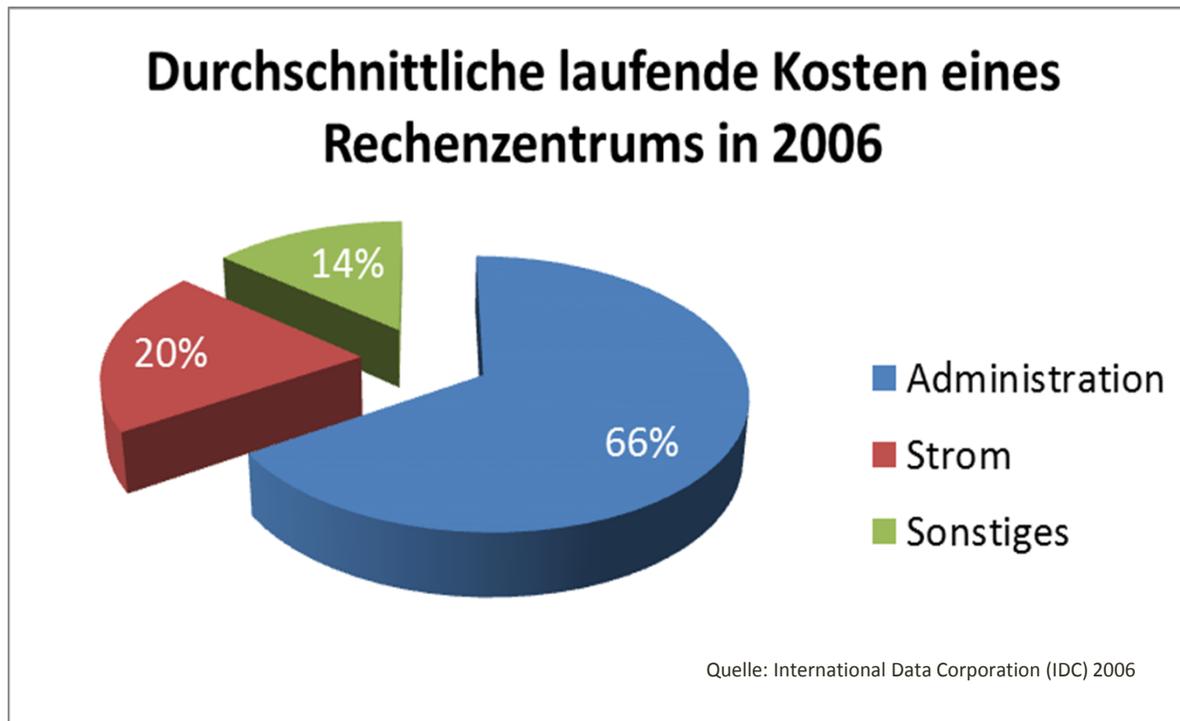
- Zunehmender Stromverbrauch der Hardware
- Wachsende Dichte an Servern/Cores im RZ
- Moore's law



Quelle: Computerwoche

Motivation – Ergebnis

- Prognose: 50% der RZ Kosten sind in 2013 Stromkosten



Motivation – SOLL-Zustand

- Leistungsaufnahmemessung
- ...denn „Nur was sichtbar gemacht wird, kann man optimieren“
- Stromverbrauch im Rechenzentrum verringern
- PUE berechnen

Gliederung

- Motivation
- Messtechnik
- Strommessgeräte
- Wandel der Leistungsaufnahmemessung
- Leistungsaufnahmemessung
- PUE
- Gebäudeleittechnik
- Chancen und Risiken
- Fazit

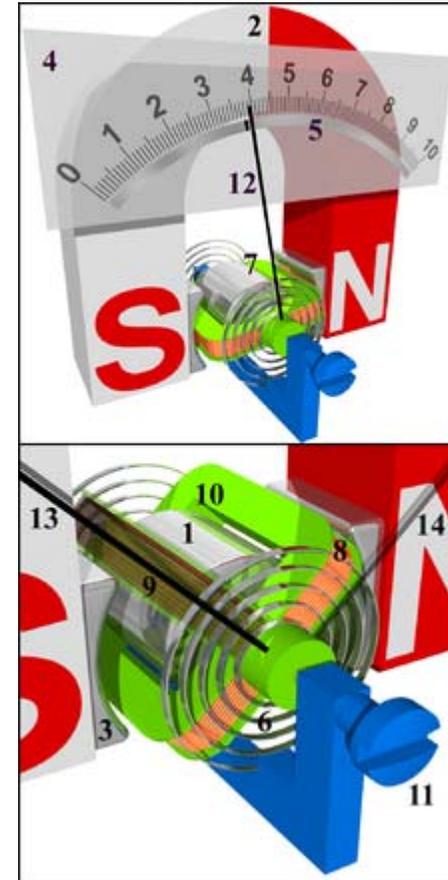
Messtechnik - Analog

- Stufenlose Messung
- Zeigerausschlag über einer Skala zeigt die Messwerte an
- Beobachtung von pulsierenden Messwerten besser möglich
- Es gibt drei Verfahren

Messtechnik - Analog

Drehspulmesswerk

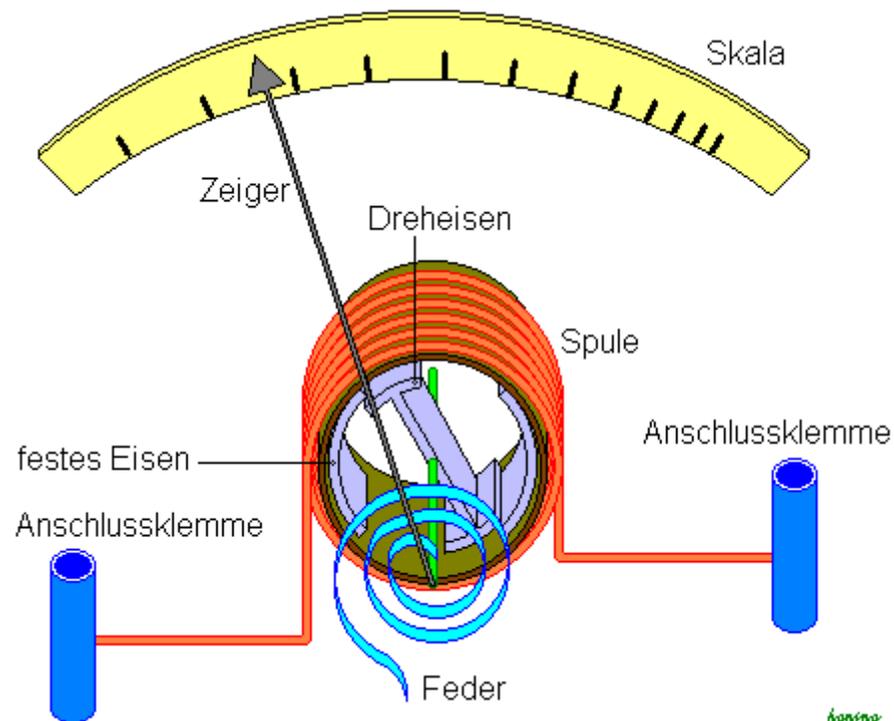
- Geringer Eigenverbrauch
- Geringe Störimpfindlichkeit
- Widerstand bei höheren Strömen notwendig



Messtechnik - Analog

Dreheisenmesswerk

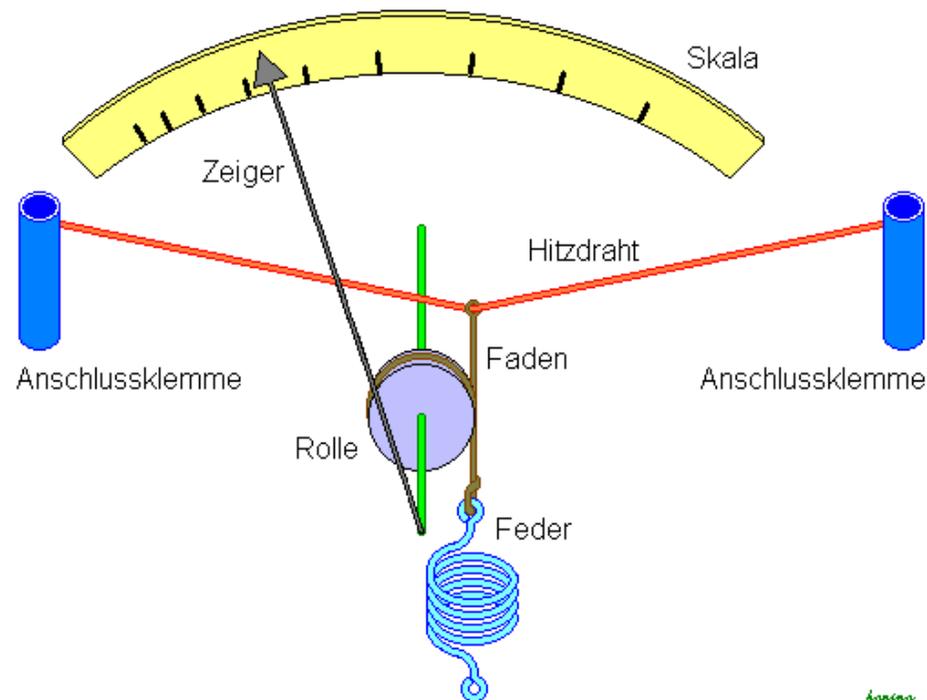
- Eignet sich besser zur Messung hoher Ströme bis ca. 200A



Messtechnik - Analog

Hitzdrahtmesswerk

- Werden seit Jahrzehnten nicht mehr hergestellt
- Eignet sich nicht für geringe Stromstärken



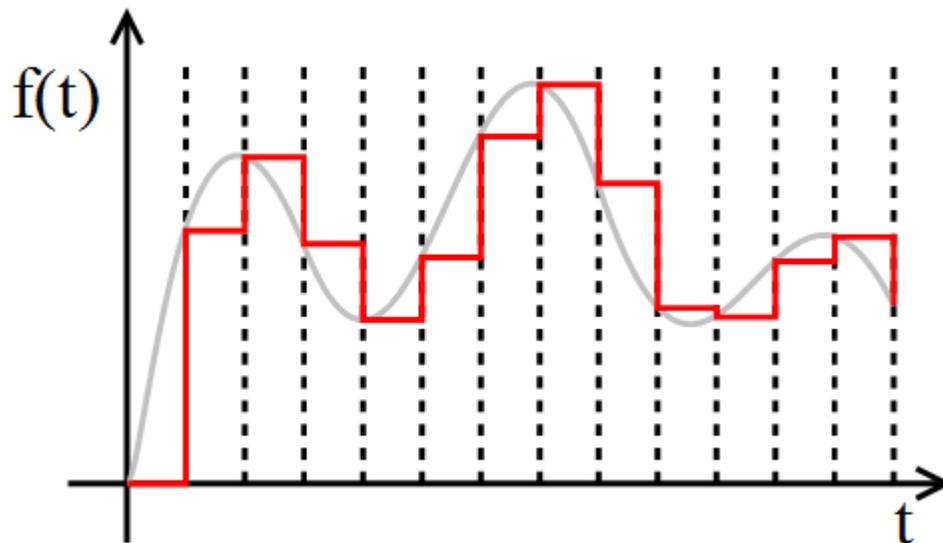
Messtechnik - Digital

- Stufenartige Messung
- Display zum Ablesen der Werte
- Genauere Messergebnisse
- Auch zum messen niedriger Spannungen geeignet
- Misst Spannung, Stromstärke und Widerstand

Messtechnik - Digital

Funktion eines Digitalmultimeter (DMM)

- Herzstück ist ein Analog-Digital-Umsetzer



Gliederung

- Motivation
- Messtechnik
- Strommessgeräte
- Wandel der Leistungsaufnahmemessung
- Leistungsaufnahmemessung
- PUE
- Gebäudeleittechnik
- Chancen und Risiken
- Fazit

Strommessgeräte – Privater Haushalt

- Momentaufnahme des Stromverbrauchs
- Meist nur ein Schukoanschluss
- Keine Aufzeichnungsmöglichkeiten



Strommessgeräte – Privater Haushalt

- Anzeigengenauigkeit
- Eigenverbrauch
- Untere Leistungsmessgrenze
- Maximale Strombelastbarkeit
- Kostenfaktor

Strommessgeräte – Rechenzentrum

- Mehrere Kaltgeräteanschlüsse
- Ermittlung der Stromverbräuche pro Anschluss / PDU
- Webinterface / Schnittstellen zum Auslesen
- 4 Grundtypen



Strommessgeräte – Rechenzentrum

Basis-PDU

- Funktionsumfang ähnlich einer Mehrfachsteckdosenleiste

Vorteile	Nachteile
einfach strukturiert	geringer Ausstattungsgrad
preisgünstig	
bewährte Technologie	

Strommessgeräte – Rechenzentrum

Mess-PDU

- Strommessung auf PDU-Ebene
- Serielle- oder Netzwerkschnittstelle
- Teilweise auch mit Fernzugriff und Warnfunktionen

Vorteile	Nachteile
Echtzeitüberwachung des aktuellen Stromverbrauchs auf PDU-Ebene	Die meisten Modelle stellen diese Informationen nur lokal bereit
Warnungen vor Stromkreisüberlastungen	
Teilweise integrierte Fernwartung	

Strommessgeräte – Rechenzentrum

Switch-PDU

- Besitzt die Eigenschaften der Mess-PDU
- Ein- und Ausschalten einzelner Kaltgeräteanschlüsse
- Einschaltreihenfolgen können festgelegt werden

Vorteile	Nachteile
Funktionen zum Ein- und Ausschalten von Geräten per Fernzugriff	Keine Möglichkeit zur Überwachung der Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit
Vorgabe einer Einschaltreihenfolge und -verzögerung für die einzelnen Geräte	Die bereitgestellten Informationen und unterstützten Funktionen sind begrenzt

Strommessgeräte – Rechenzentrum

Intelligente PDU

- Besitzt die Eigenschaften der Switch-PDU
- Strommessung auf Server Ebene
- SNMP Traps, AD Anbindung

Vorteile	Nachteile
Verwaltung per Fernzugriff über einen Internetbrowser oder eine Befehlszeilenschnittstelle (CLI)	Höhere Kosten im Vergleich zu Basis- und Mess-PDUs aufgrund ihrer erheblich umfangreicheren technischen Ausstattung.
Voller Funktionsumfang der anderen PDU Typen	
erweiterte Sicherheit	
umfangreiche Anpassungsmöglichkeiten	

Strommessgeräte – Rechenzentrum

Intelligente PDU – Fernwartung Interface

The screenshot displays the web interface for an APC Switched Rack PDU. The interface is in German and shows the 'Outlet Configuration' page. The table lists 16 outlets with their respective power on/off delays and reboot durations. The interface also includes navigation menus, a sidebar, and a footer with copyright information and update dates.

#	Name	Power On Delay	Power Off Delay	Reboot Duration
G1	dehamww17d	Immediate	Immediate	5 Seconds
G2	dehamatu3a	Immediate	Immediate	5 Seconds
G3	Outlet_3	Immediate	Immediate	5 Seconds
G4	dehamww21a	1 Second	Immediate	5 Seconds
G5	dehamwa7	2 Seconds	Immediate	5 Seconds
G6	dehamrt1	2 Seconds	Immediate	5 Seconds
G7	dehamww17c	3 Seconds	Immediate	5 Seconds
G8	dehamma8	3 Seconds	Immediate	5 Seconds
G13	dehamsw1	4 Seconds	Immediate	5 Seconds
G9	dehamaau1a	4 Seconds	Immediate	5 Seconds
G10	dehamasu1a	5 Seconds	Immediate	5 Seconds
G11	dehamasu1b	5 Seconds	Immediate	5 Seconds
G12	dehamsw4	6 Seconds	Immediate	5 Seconds
G14	dehamaau1b	6 Seconds	Immediate	5 Seconds
15	Outlet_15	Immediate	Immediate	5 Seconds
16	Outlet_16	Immediate	Immediate	5 Seconds

Gliederung

- Motivation
- Messtechnik
- Strommessgeräte
- Wandel der Leistungsaufnahmemessung
- Leistungsaufnahmemessung
- PUE
- Gebäudeleittechnik
- Chancen und Risiken
- Fazit

Wandel der Leistungsaufnahmemessung - 1

- Messung des gesamten Stromverbrauches im Rechenzentrum
- Keine sinnvollen Optimierungsansätze
- Vergleichbarkeit mit anderen Rechenzentren über FLOPS

Wandel der Leistungsaufnahmemessung - 2

- Separate Messung der Stromaufnahme von Kühlung und IT-Hardware auf USV Ebene
- Optimierungsansätze bei Kühlung und IT-Hardware
- Vergleichbarkeit mit anderen Rechenzentren über PUE Wert

Wandel der Leistungsaufnahmemessung - 3

- Messung der Stromaufnahme der IT-Hardware auf PDU Ebene
- Evtl. Optimierungsansätze bei einzelnen Racks
- Vergleich der Stromaufnahme einzelner Racks

Wandel der Leistungsaufnahmemessung - 4

- Messung der Stromaufnahme einzelner Server
- Optimierung einzelner Server durch Konsolidierung
- Vergleich der Stromaufnahme einzelner Server

Wandel der Leistungsaufnahmemessung - 5

- Messung der Stromaufnahme einzelner Komponenten eines Servers
- Optimierung durch anpassen von Software, Algorithmen und der CPU Frequenz
- Vergleich der Stromaufnahme einzelner Server Komponenten

Gliederung

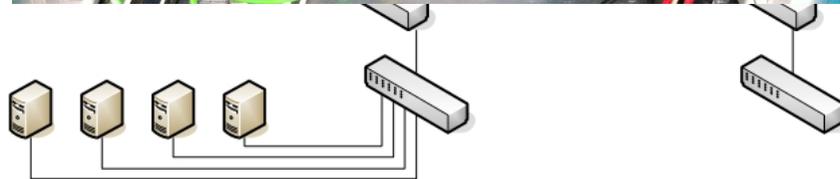
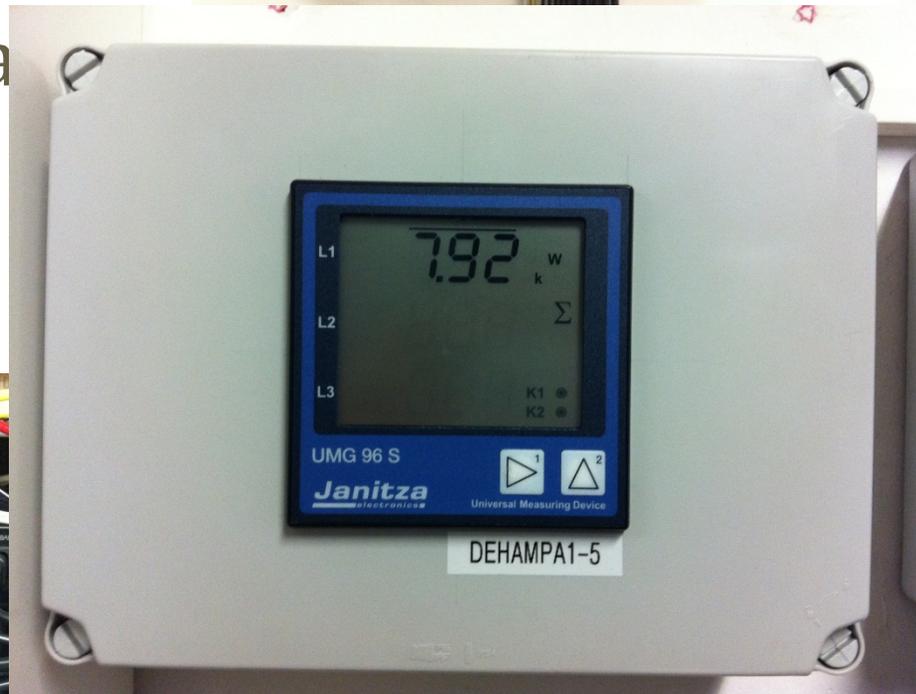
- Motivation
- Messtechnik
- Strommessgeräte
- Wandel der Leistungsaufnahmemessung
- Leistungsaufnahmemessung
- PUE
- Gebäudeleittechnik
- Chancen und Risiken
- Fazit

Leistungsaufnahmemessung – PDU Ebene

Beispiel: Acer Computer GmbH

- Messung auf PDU Ebene
- Getrennte Stromkreise für Kühlung und IT-Hardware
- Zwei zentrale USVen
- Ein Verteiler pro Rackreihe
- Zwei PDU's pro Rack

Leistungsaufnahme



Leistungsaufnahmemessung – Komponenten Ebene

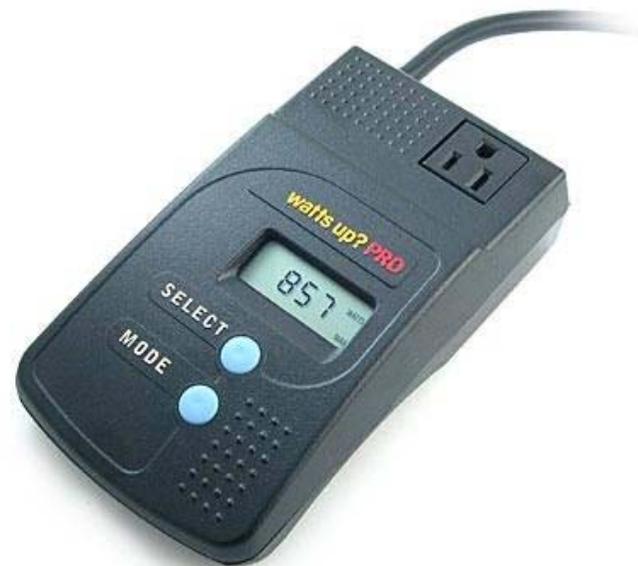
Beispiel: Projekt PowerPack

- Messung auf Komponenten Ebene eines Servers
- Betrachtung der Stromverbräuche einzelner Komponenten
- Unterteilung: CPU, RAM, MB, CPU Lüfter, HDD, Netzteil
- Optimierung von Algorithmen
- Separater PC zum Aufzeichnen der Leistungsaufnahme

Leistungsaufnahmemessung – Komponenten Ebene

Messgeräte – Watt's Up Pro power meter

- USB Schnittstelle
- Direkte Berechnung der Stromkosten
- Genauigkeit der Messergebnisse abhängig der Leistung



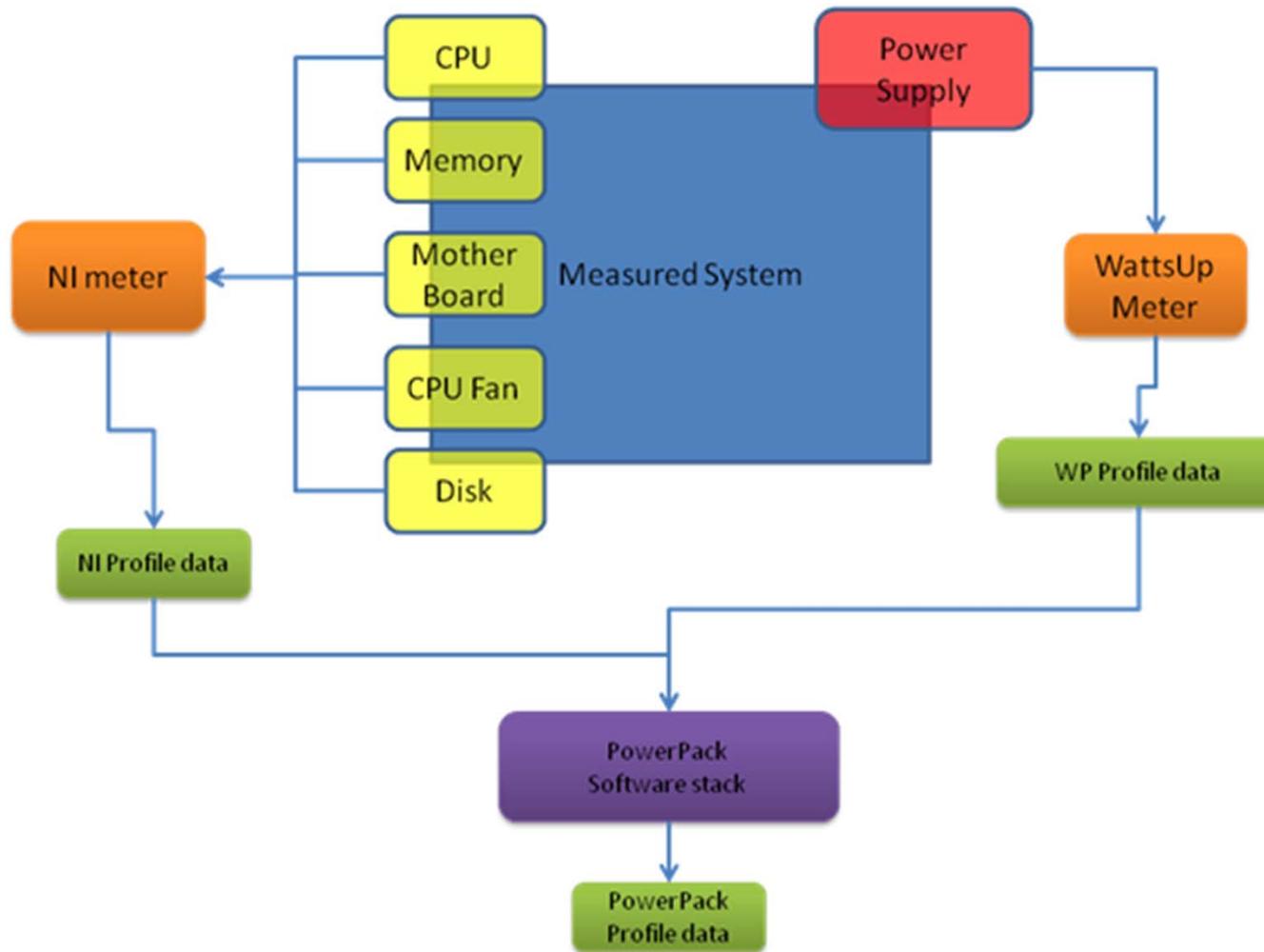
Leistungsaufnahmemessung – Komponenten Ebene

Messgeräte - NI data acquisition system

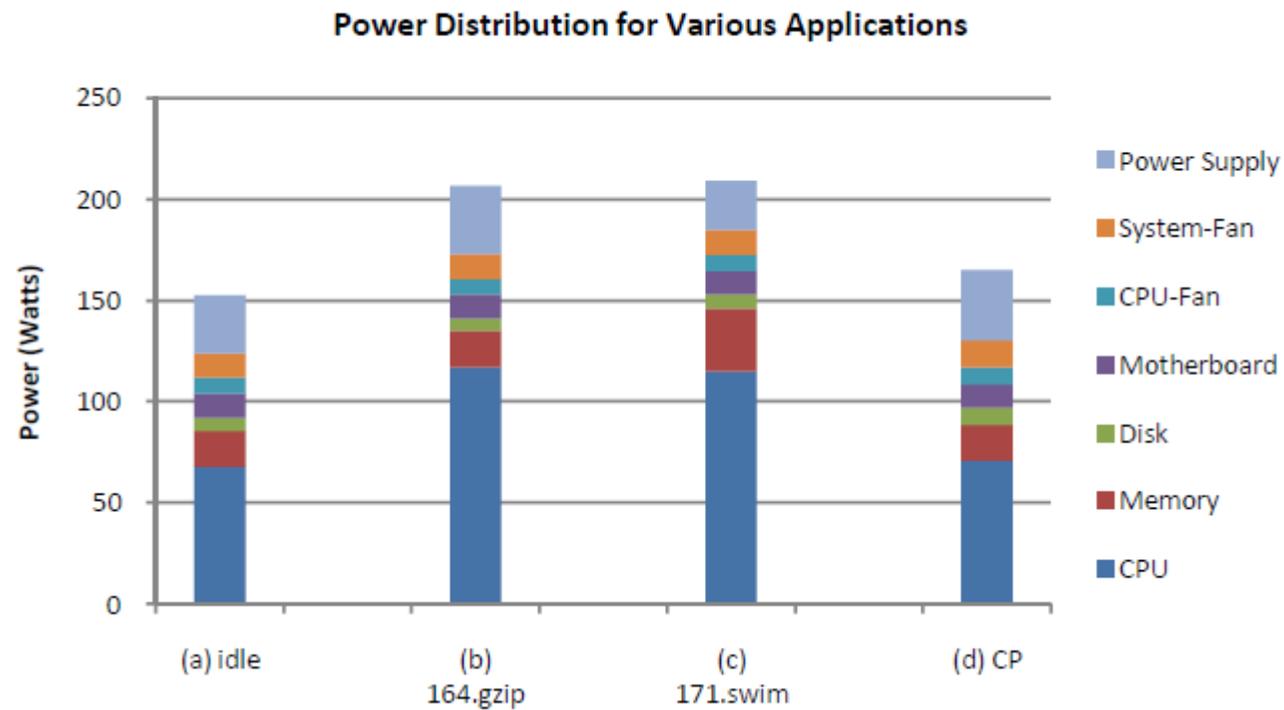
- Modular aufgebaut
- Netzwerkanschluss
- Programmierbare Schnittstellen
- Umfangreiche Software



Leistungsaufnahmemessung – Komponenten Ebene



Leistungsaufnahmemessung – Komponenten Ebene



Gliederung

- Motivation
- Messtechnik
- Strommessgeräte
- Wandel der Leistungsaufnahmemessung
- Leistungsaufnahmemessung
- PUE
- Gebäudeleittechnik
- Chancen und Risiken
- Fazit

Power Usage Effectiveness (PUE)

- Metrik zur Berechnung der Energieeffizienz eines RZ
- Einführung durch „the green grid“ Konsortium
- Berechnung:
$$\text{PUE} = \frac{\text{Total facility power}}{\text{IT equipment power}}$$
- Berechtigte Kritik vorhanden

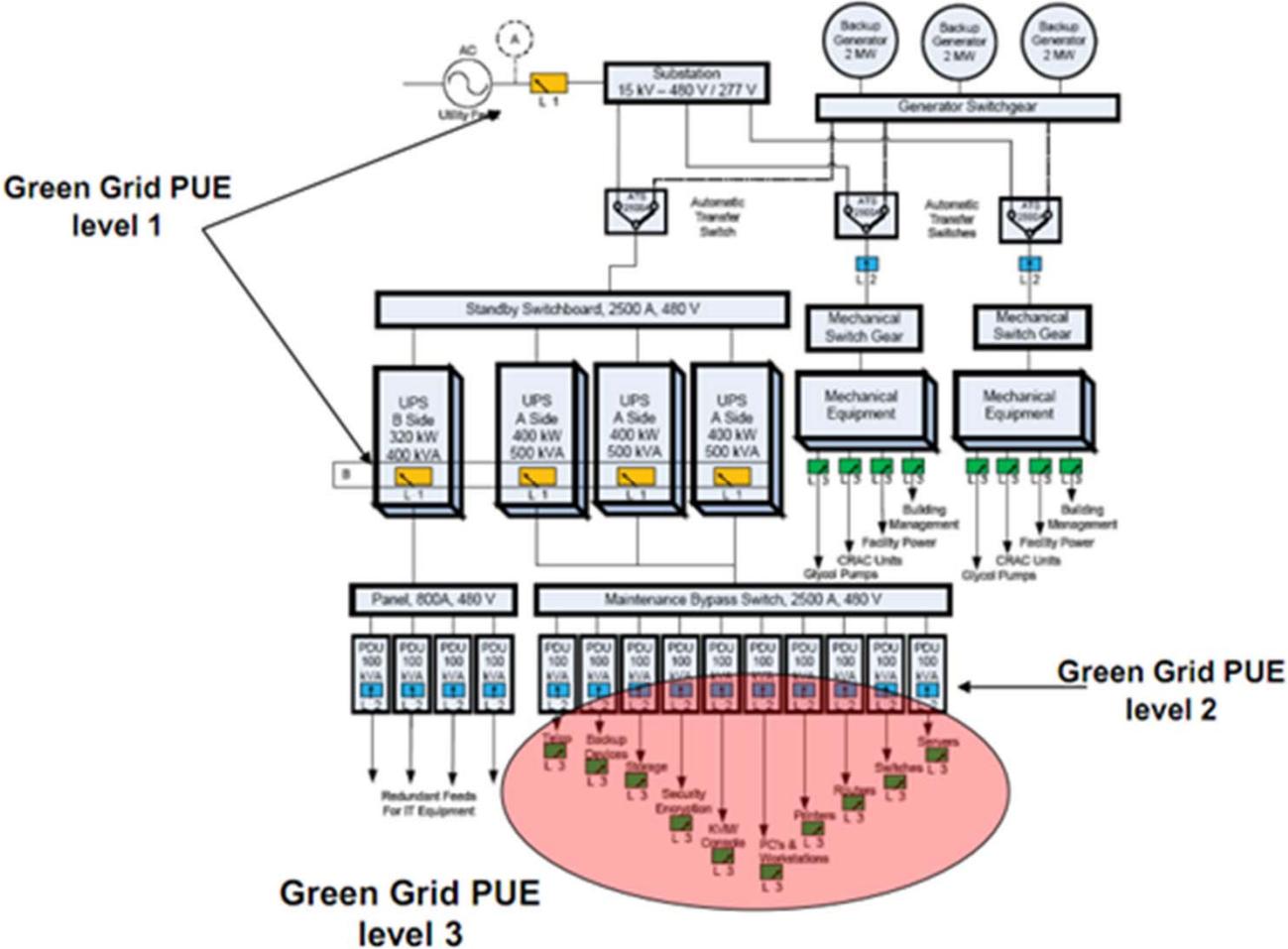
PUE - Grenzen

- Energetische Optimierungen führen zu schlechtem PUE Wert
- Nutzung der Abwärme wird nicht berücksichtigt
- Keine Berücksichtigung anderer Kühltechniken (z.B. Wasser)
- Unterschiedliche Messarten

PUE - Ebenen

	Ebene 1 Grundlegend	Ebene 2 Mittel	Ebene 3 Erweitert
Stromverbrauch der IT-Systeme gemessen an der/am:	USV	PDU	Server
Gesamtstromverbrauch des Rechenzentrums gemessen am:	Eingang der Stromversorgung im Rechenzentrum	Eingang der Stromversorgung im Rechenzentrum abzüglich der gemeinsam genutzten Klimatisierungs-/Lüftungs-/Heizungssysteme	Eingang der Stromversorgung im Rechenzentrum abzüglich der gemeinsam genutzten Klimatisierungs-/Lüftungs-/Heizungssysteme zzgl. aller Gebäude-, Beleuchtungs- und Sicherheitsanlagen
Kürzestes Messintervall	Monatlich/wöchentlich	Täglich	Ständig

PUE - Ebenen



PUE - Beispiele

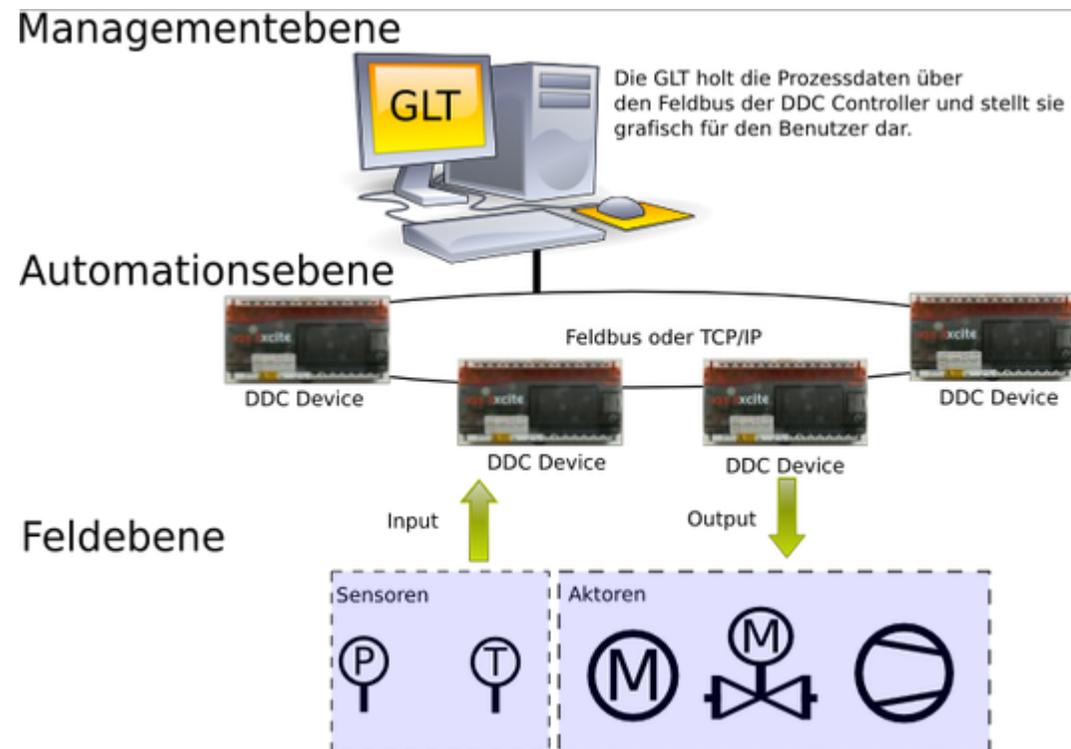
Beispiel	Stromverbrauch RZ	AC	IT	PUE
1	100%	50%	50%	2,00
2		66%	34%	3,00
3		34%	66%	1,50
4		14%	86%	1,16

Gliederung

- Motivation
- Messtechnik
- Strommessgeräte
- Wandel der Leistungsaufnahmemessung
- Leistungsaufnahmemessung
- PUE
- Gebäudeleittechnik
- Chancen und Risiken
- Fazit

Gebäudeleittechnik

- Bestandteil der Gebäudeautomatisierung
- i.e.S. Software zur Überwachung und Steuerung
- i.w.S. technische Gebäudeausrüstung



Gebäudeleittechnik - Supermarkt

- Beispielvideo: <http://www.eckelmann.de/produkte-loesungen/gebaeudeleittechnik>

Gliederung

- Motivation
- Messtechnik
- Strommessgeräte
- Wandel der Leistungsaufnahmemessung
- Leistungsaufnahmemessung
- PUE
- Gebäudeleittechnik
- Chancen und Risiken
- Fazit

Chancen und Risiken

Chancen

- Genaue Messung des Stromverbrauches
- Aufspüren von Einsparungsmöglichkeiten
- Volle Kostenkontrolle

Chancen und Risiken

Risiken

- Messen bedeutet Zeit- und Kostenaufwand
- Je feingranularer man misst, desto teurer wird es
- Vertrauen auf falsche Messergebnisse

Gliederung

- Motivation
- Messtechnik
- Strommessgeräte
- Wandel der Leistungsaufnahmemessung
- Leistungsaufnahmemessung
- PUE
- Gebäudeleittechnik
- Chancen und Risiken
- Fazit

Fazit

- Separate Strommessung von Kühlung und IT-Hardware grundlegend wichtig
- Enormes Einsparungspotenzial wird sichtbar
- Bei großen IT Firmen schon gut umgesetzt
- Bei vielen kleinen RZ oder Serverräumen finden diese Einsparungen bisher keine Anwendung

Quellen

- [http://www.bitkom.org/files/documents/Energieeffizienz im Rechenzentrum Band 2.pdf](http://www.bitkom.org/files/documents/Energieeffizienz_im_Rechenzentrum_Band_2.pdf)
- <http://www.energiekosten-unternehmen.de/messgroessen-stromverbrauch.php>
- <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/grd/0201114.htm>
- <http://searchdatacenter.techtarget.com/definition/power-usage-effectiveness-PUE>
- <http://www.xing.com/net/greenit/grune-evaluierung-und-optimierung-von-it-infrastrukturen-105456/irrunge-und-wirrunge-um-die-pue-oder-was-ist-hier-eigentlich-effizient-30052194/>
- <http://www.vdi-nachrichten.com/artikel/Rechenzentren-sollen-weniger-Strom-verbrauchen/54071/2>
- <http://www.searchdatacenter.de/themenbereiche/physikalisches-umfeld/design-und-umgebung/articles/325173/>
- [http://www.bitkom.org/files/documents/Energieeinsparpotenziale von Rechenzentren in Deutschland.pdf](http://www.bitkom.org/files/documents/Energieeinsparpotenziale_von_Rechenzentren_in_Deutschland.pdf)
- <http://www.cio.de/dynamicit/898130/>
- <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/power-usage-effectivness-PUE.html>
- <http://www.raritan.de/informationen/grundlagen/grundlagen-rack-pdu/>
- <https://www.bicsi.org/pdf/presentations/northeast10/BICSI%20CT%20presentation%20-%20BICSI%20template.pdf>
- http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=leistungsaufnahme%20messung%20rechenzentren&source=web&cd=6&ved=0CGYQFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.cio.de%2Fknowledgecenter%2Fserve%2F2291532%2F&ei=AIPeTs-hJoYOvRH6awJ&usg=AFQjCNHcOQC255eWUjhB4KGeCml5ycvF5w&sig2=drntL_jMDUskxdH72IRdOA
- http://www.rittal.de/downloads/rimatrix5/power/WhitePaper_Infrastruktur_EERZ.pdf
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Leistungsmesser>

Positive proof of global warming.



**18th
Century**

1900

1950

1970

1980

1990

2006

Messtechnik - Direkt

- Auf direktem Wege zugänglich
- Vergleich anhand Bezugswert
- Längenvergleich mit Maßstab

Messtechnik - Indirekt

- Auf direktem Wege nicht zugänglich
- Zuhilfenahme anderer Messgrößen die im Bezug stehen
- Ableiten der Messergebnisse