UNSICHTBARES SICHTBAR MACHEN – ANFORDERUNGEN AN DIE ENERGIEDATENERFASSUNG

Joachim Neher

Unsichtbares sichtbar machen
Anforderungen an die Energiedatenerfassung

Fraunhofer IPA Tagung
Energieeffizienz in der
Produktion

Dipl.-Ing. Joachim Neher
Fraunhofer-Institut IPA, Stuttgart

Stuttgart, 22. Mai 2012

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Agenda

- Einführung
- Aufbau eines Energiemonitorings
  - Definition der Ziele
  - Mess- und Bussysteme
  - Datenverarbeitung und –auswertung
- Optimierungsmaßnahmen
- „Stolperfallen“ der Messtechnik

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Einführung: Sichtbarkeit von Energie

- Kälte ist… blau
- Wärme ist… rot
- Strom ist… gelb

➔ Energie ist unsichtbar,
➔ sichtbar sind ihre Auswirkungen!

Quelle: www.electricworld.de

Quelle: www.feuerwehr-bruchkoebel.de

© picture-alliance / dpa

Quelle: www.online-artikel.de

➔ „Unsichtbarkeit“ ist mitverantwortlich für mangelndes „Energiebewusstsein“
➔ Sensoren und Messgeräte nutzen die Auswirkungen von Energie

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Einführung Energiemessung: „intelligente“ Stromzähler

- Elektronische Messung des Stromverbrauchs inklusive Fernübertragung
  - Wegfall des manuellen Ablesens (Aufwand, Fehlerquelle…)
  - Häufigeres Auslesen möglich, bis zum 15-Minuten-Raster
  - Schon heute bei Großkunden mit > 100.000 kWh / Jahr
  - Pflicht bei Neuinstallationen
  - Grundlage für Lastprofil und kundenspezifische Energiepreise (Leistungsentgelte…)

Quelle: Wikipedia

- Speicherung der Daten aller Messperioden beim Energieversorger (EVU)
- Möglichkeit der Anzeige der Verbrauchskurve
  - Erkennen von Spitzenlasten bzw. Verbrauchsschwankungen
  - Identifikation von Geräten bzw. Nutzern anhand von (Verhaltens)Mustern
- „Intelligenz“ sitzt beim Kunden, nicht im Gerät!

➔ Alle „Hauptaufgaben“ einer Energiedatenerfassung/monitoring enthalten: Messen, Übertragen, Speichern, Auswerten

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

AUFBAU EINES ENERGIEMONITORINGS

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Mobile Energiedatenerfassung

- Transportable Messgeräte
- Erstellen von Momentaufnahmen
- Messung eher qualitativ
- Grenzen für Messung schnell erreicht:
  - Mehrphasige Stromleitung
  - Rohrgebundene Medien (z.B. Wasser, Gas, Druckluft)
- Erste Abschätzung über „Hauptverbraucher“ oft anhand von Typenschild, Stromverteiler oder Leitungsquerschnitten möglich

➔ Grundlage für Zieldefinition und Planung eines Energiemonitorings

Stromzange (1phasig)

Quelle: Wikipedia

Leistungsmessgerät (3- bzw. 4-phasig)

Quelle: www.yokogawa.com

Wärmebildkamera

Quelle: www.testosites.de

Flügelradanemometer

Quelle: www.atp-messtechnik.de

Typenschild

Schaltschrank / Stromverteiler

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Energiedatenerfassung/-monitoring: 1.) Ziele und Anforderungen (I)

Energiemonitoring: „Aufnahme von Messwerten definierter Energie-Messstellen“

ABER:

Wo wird gemessen?

Was wird gemessen?

Wie oft wird gemessen?

Wozu wird gemessen?

➔ Definition der Ziele des Energiemonitorings entsprechend eigenen Anforderungen notwendig (Ziele mittelfristig anlegen!)

- Projektkosten: 70% für Sensorik und Messwerterfassung (Quelle: Berg Energiesysteme)
- Grundsatz für Messtechnik: Soviel wie nötig, sowenig wie möglich!

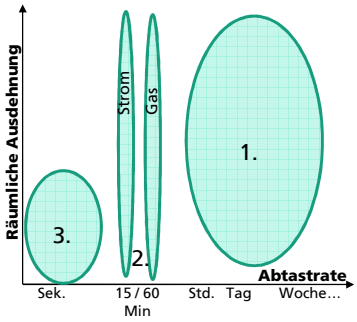
© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Energiemonitoring: 1.) Ziele und Anforderungen (II)

Exemplarische Ziele

1. Verbrauchsabrechnung einzelner Prozesse, Stockwerke, Hallen, …
   - Größere räumliche Ausdehnung der Messstellen
   - Feste Intervalle (Tag, Monat…)
2. Zuordnung des Lastprofils zu einzelnen Verbrauchern oder Verursachern
   - Größere räumliche Ausdehnung
   - Datenerfassung synchron zum EVU
3. Detailliertes Energieverbrauchsprofil einzelner Prozesse
   - Lokal begrenzte Ausdehnung
   - Relativ hohe zeitliche Auflösung (Sek. bis Min.)



➔ Anforderungen an Messtechnik folgen aus den Zielen (Anzahl und Art der Messstellen, Abtasthäufigkeit, räumliche Lage…)

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

2.) Was wird gemessen?

- Installation fester Messgeräte
- Messgeräte für verschiedene Energieströme:
  - Elektrische Leistung (Strom, Spannung)
  - Erdöl oder Erdgas
  - Wärme bzw. Kälteleistung
  - Wasser
  - Druckluft
  - Temperatur / Feuchte
  - …

➔ Auswahl entsprechend der Ziele und Notwendigkeit

➔ Sensorik hat entscheidenden Anteil an Projektkosten

Bildquelle: Fa. Hochhuth bzw. Wikipedia

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

3.) Messwertübertragung (I)

- Messgeräte müssen verknüpft und deren Messwerte übertragen werden
  ➔ Auswahl eines geeigneten Übertragungs- bzw. Bussystems
- Auswahl existierender Systeme:
  - PSTN (Festnetz)
  - GSM / GPRS (Mobilfunk)
  - M-Bus (Metering-Bus, seriell)
  - LON-Bus (Gebäudeleittechnik)
  - EIB/KNX (Gebäudeleittechnik, Siemens)
  - Profibus (Automatisierungstechnik)
  - Steuerungsintegrierte Lösungen (Beckhoff, Phoenix Contact, …)
  - LAN (z.B. WLAN, Ethernet…)
  - OPC-Kommunikation
  - … sowie Kombinationen!

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

3.) Messwertübertragung (II)

- Unterscheidungskriterien
  - Abtastrate, d. h. Geschwindigkeit der Messwertabfrage
  - Mögliche Netzausdehnung (wenige Meter bis km)
  - Mögliche Netztopologie (Ring, Stern, Baum, freie Topologie…)
  - Zeitversetzte Übertragung (Logger)
  - Verfügbarkeit von Anbietern und Messgeräten, Verbreitung
  - Kosten pro Messstelle (z.B. MBus 200€, Profibus 1000€)
  - Komplexität bei Inbetriebnahme und Wartung

- Weitere wichtige Punkte:
  - Nutzung von vorhandener Infrastruktur
  - Notwendiges Know-How, Verfügbarkeit von geschultem Personal

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

4.) Speichern und Auswerten

Möglichkeiten der Speicherung:

- Letzte Werte in Ringpuffer -> nur Kurzzeitspeicher, zyklisch
- Ablegen in Dateien -> große Datenmengen, aber Gefahr des „Datengrabs“
- Speichern in zentraler Datenbank -> freier Zugriff, Verknüpfung von Werten

Darstellungsformen und Ergebnisse (Auszug):

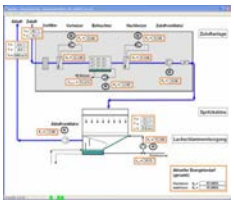
- Anzeige von Momentanwerten
  - Prozessleitstand
- Zeitreihe über definierbare Intervalle (Schicht, Tag, Woche, Monat…)
  - Identifikation von Lastspitzen, Erkennung von „Mustern“ (Tag / Nacht, WE)
  - Erkennen von Zusammenhängen und Abhängigkeiten
- Bildung von Differenzwerten
  - Energieverbrauch einzelner Bereiche oder Zeiträume (z.B. Wochenende)
  - Erstellung von Abrechnungen
  - Bewertung von Maßnahmen

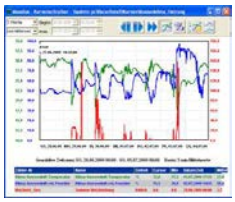
© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Praxisbeispiel: Energiemonitoring Lackieranlage

- Realisierung eines „Energieleitstands“ mit aktueller Zustandsanzeige und Möglichkeiten zur Verbrauchsanalyse im Oberflächentechnikum des IPA
- Erfassung verschiedener Energiegrößen über 4 Stockwerke hinweg
- Aufbau einer MBus-Infrastruktur
- Zeitliche Erfassung im Minutenraster
- Basis der Archivierung und Auswertung bildet SQL-Datenbank





© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

OPTIMIERUNGSMASSNAHMEN

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

5.) Ableiten von Optimierungsmaßnahmen

- Energiemonitoring alleine bringt keine Energieeinsparung
- Ermöglicht Ableitung und Gewinnung von Kenngrößen
  - Generierung von Kenntnis und Transparenz
  - Basis für Entscheidungen
  - Möglichkeit zur Bewertung von Maßnahmen
  - Eingangsdaten für Managementsysteme

Beispielhafte Maßnahmen:

- Identifikation und gezielte Minimierung von Standby- und Leerlauf
- Ermittlung der Verursacher von Lastspitzen und Abhilfe-Maßnahmen
- Zeitliche Entzerrung von Großverbrauchern (z.B. Anheizen von Öfen)
- Optimierungsmaßnahmen an größten Verbrauchern, z.B. geregelte Motoren
- Neue Denkansätze durch „Sich-bewusst-Sein“ (z.B. Prozesskopplung, KWK,…)
- Optimierung der Prozesseinstellung hinsichtlich Energieverbrauch

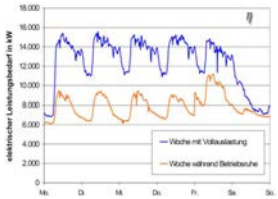
© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Grundlast als Großverbraucher „Standby“-Verluste

- Großer Anteil des Strombedarfs entfällt häufig auf die Grundlast
- Effektive Reduzierung durch gezielte Maßnahmen:
  - Abschalten von Beleuchtung
  - Produktionsmaschinen ausschalten statt Standby
  - „Optimierung“ der Druckluft
  - Abschalten elektrischer Kleinverbraucher (Monitore, Rechner, Pumpen)

Beispiel:
Elektrische Leistungsaufnahme über eine Woche bei MAN (Produktion und Betriebsruhe)
➔ Hohe Grundlast von 30-50%



Quelle:
Dr. Heike Sarstedt, MAN Truck & Bus AG
2. Kongress Ressourceneffiziente Produktion
Fraunhofer-Verbund Produktion
2. März 2011 in Leipzig

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

MESSGERÄTE: KNOW-HOW-TO…

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Auswahl und Einsatz von Messgeräten (I)

- Genaue Betrachtung der Voraussetzungen!
- Für Strom- und Leistungsmessgeräte am Beispiel Siemens

	Siemens PAC 3200	Siemens PAC 4200
Messgrößen	Strom, Spannung, aktuelle Leistung, Gesamtverbrauch…	Strom, Spannung, aktuelle Leistung, Gesamtverbrauch…
Oberwellen	keine	3. bis 31.
Circa-Preis	290 €	700 €
Genauigkeit für Wirkleistung nach	IEC62053-22	IEC 61557-12
Kurvenform	Sinusförmig (oder verzerrt)	sinusförmig oder verzerrt

- Referenzbedingungen der Norm IEC62053-22
  Strom- und Spannungssignale symmetrisch und sinusförmig!

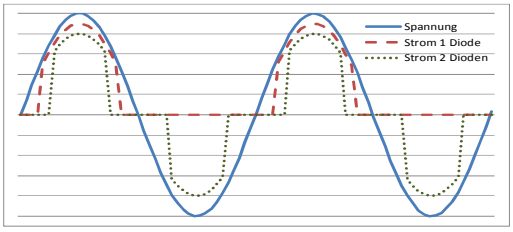
→ Undefinierte Genauigkeit bei nicht sinusförmigen Signalen!
(Eigene Projekterfahrung: Messfehler bis zu 30%!)

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

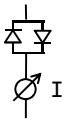
Auswahl und Einsatz von Messgeräten (II)

- Spannungs- und Stromverlauf nur bei „einfachsten“ Motoren sinusförmig; schon einfachste Elektronikschaltungen verzerren Signale!
- Stromverlauf bei Diode(n) im Stromkreis

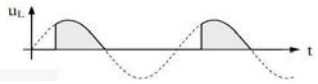


Strom mit 1 Diode:

Strom mit 2 Dioden:



- Analog für Spannung bei Thyristoren (Phasenanschnittssteuerung)

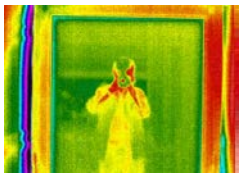


© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

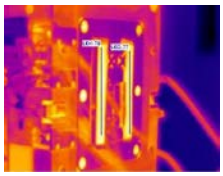
Auswahl und Einsatz von Messgeräten (III)

- Thermographie: auf den ersten Blick wie „einfaches Fotografieren“
  ABER:
  Fallstricke, die zu (unentdeckten) Fehlmessungen führen können



Thermografie „durch Glas“: Sichtbar ist das Spiegelbild, nicht die Objekte jenseits der Scheibe!

(Total)Reflektion der IR-Strahlung



Homogen temperierte Metalloberfläche: Klebestreifen mit bekanntem Emissionsfaktor

materialabhängiger Emissionsfaktor ε

Bilder: ©TT Willi Stanko GmbH

Metalloberfläche mit Kreidespray (Unterdrückung von IR-Spiegelung, homogene Abstrahlung)

Reflexion / Spiegelung

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

IPA als Dienstleister
Umfangreiche Energiemesstechnik

- Hochintegriertes Komplettmess- und Auswerte-System von Bosch-Rexroth
- Leistungsstarke Auswerte- und Reportingfunktionen
- Parallele Messung von 5 Drehstromverbrauchern
- Weitere analoge und digitale Eingänge
- Kopplung an Vielzahl von Sensoren und Systemen möglich:
  Profibus, Sercos, OPC, EIB/KNX, LON…
- Umfangreiche Zusatzsensoren: Strömung, Durchfluss, Temperatur, Feuchte, …

Quelle: Bosch Rexroth AG

- Gesamtsystem im dritten Quartal 2012 am IPA verfügbar → Dienstleistungsangebot

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Zusammenfassung
zur Energiedatenerfassung

- Definition der Anforderungen und Ziele
- Komponenten und Technik einer Energiedatenerfassung
  - Messgeräte
  - Datenübertragung
  - Systeme zur Speicherung und Analyse
- Datenanalyse ist Kernaufgabe und Schlüssel zur Energieeffizienz
- Exemplarische Optimierungsmaßnahmen
- Grundlast und Standby bergen großes Einsparpotenzial
- Richtiger Einsatz von richtiger Messtechnik

- Produktionstechnik ist sehr heterogen
  → Kein „Standardkatalog" möglich, wie z. B. Gebäude- oder IT-Technik
  → Maßnahmen sind vielfältig und anwendungsspezifisch

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

FRAGEN?

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Fraunhofer
IPA

ENERGIEEFFIZIENZ IN DER PRODUKTION

WERKZEUGE, METHODEN UND BEST-PRACTICE-BEISPIELE ZUR NACHHALTIGEN SENKUNG DES ENERGIEVERBRAUCHS IN DER PRODUKTION

Fraunhofer IPA Tagung
22. Mai 2012
Stuttgart