

Jahresbericht 2002, 31. Januar 2003

Projekt Energieverbrauch von Prozesssteuerungen

Autoren	Eric Bush, Max Schalcher, Urban Battaglia
Beauftragte Institution	Bush Energie GmbH, Rebweg 4, CH-7012 Felsberg
Telefon, E-Mail	0041 81 252 63 64, bush@spin.ch
	Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Chur
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	46 963 / 87 079
Projektdauer	4.11.2002 – bis 31.5.2003

ZUSAMMENFASSUNG

Bis jetzt konzentrierten sich die nationalen und internationalen Forschungsanstrengungen auf dem Gebiet der Informations- und Kommunikationstechnik auf Büro- und Unterhaltselektronikgeräte. Mit diesem Projekt soll das bis anhin vernachlässigte Gebiet der Prozesssteuerungen angegangen und untersucht werden.

Auf dem Markt gibt es eine Vielzahl von Steuerungsprodukten. In einem ersten Schritt sind Systemgrenzen zu definieren, vorhandene Produkte zu klassifizieren und aufzulisten, Fallbeispiele zu analysieren und auszumessen und es ist eine grobe Abschätzung des durch diese Geräte verursachten Energieverbrauchs hochzurechnen. Zudem soll untersucht werden, inwiefern solche Systeme international bereits einer Deklarationspflicht unterliegen und inwiefern es möglich wäre, allfällige Deklarationen oder Labels vorzusehen.

Erste Messungen legen nahe, dass der Leistungsbezug von SPS weitgehend unabhängig von der Konfiguration der gesteuerten Prozesse ist. Aussagen zum Stromverbrauch sind also möglich, ohne eine Vielzahl von Prozessen konfigurieren und programmieren zu müssen. Weiter wurde gefunden, dass Netzteile einen wesentlichen Anteil an Verlusten haben. Ähnlich wie bei den PC, werden auch bei SPS Netzteile meist in einer tiefen Teillast mit schlechten Wirkungsgraden betrieben.

Projektziele

Bis jetzt konzentrierten sich die nationalen und internationalen Forschungsanstrengungen auf dem Gebiet der Informations- und Kommunikationstechnik auf Büro- und Unterhaltselektronikgeräte. Das ganze Gebiet der Prozess- und Leittechnik wurde bis anhin weitgehend vernachlässigt. Dabei sind dies Systeme, die oftmals 24 Stunden und 365 Tage im Jahr durchlaufen.

Es ist weniger der Aspekt des Standby zu untersuchen als die Thematik, welchen Stromverbrauch die steuerungstechnischen Komponenten verursachen, ob diese energetisch optimiert sind oder ob auch ein entsprechendes Einsparpotential vorhanden ist. Dieses Projekt konzentriert sich auf die SPS-Ebene ohne Leitebene, da schon diese selber komplex und variantenreich ist.

Auf dem Markt gibt es eine Vielzahl von Steuerungsprodukten. In einem ersten Schritt sind vorhandene Produkte aufzulisten, und es ist eine grobe Abschätzung des durch diese Geräte verursachten Energieverbrauchs hochzurechnen. Parallel dazu sind vom Marktführer auf dem Gebiet der Steuerungstechnik (z.B. SPS von *Siemens*) detaillierte Messungen durchzuführen, und es ist zu analysieren, ob die Systeme zu einem Grossteil bereits energieoptimiert ausgelegt worden sind oder ob noch grosse Einsparpotentiale Brach liegen.

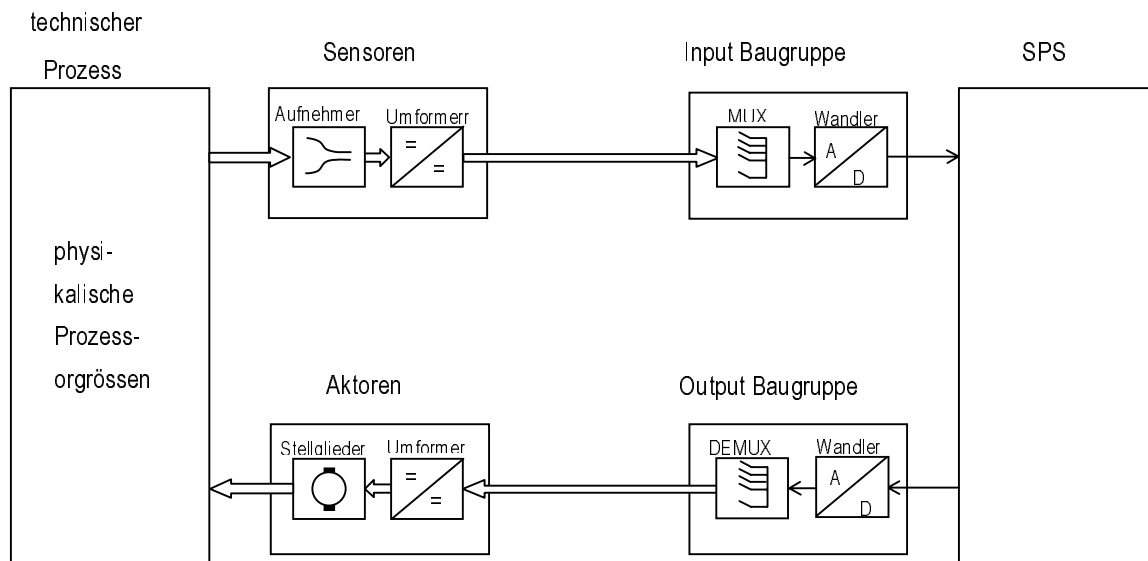
Basierend auf diesen Arbeitsergebnissen ist einerseits anzugeben, wo weiterer Untersuchungsbedarf zum Ausräumen von Informationsdefiziten vorhanden ist und andererseits bereits anzugeben, in welchen Bereichen konkrete Handlungsalternativen zu Energieeinsparungen führen dürften. Dabei ist sowohl dem Aspekt des Betreibers als auch dem Aspekt des Produzenten Rechnung zu tragen. Schliesslich wäre auch zu untersuchen, inwiefern solche Systeme international bereits einer Deklarationspflicht unterliegen und inwiefern es möglich wäre, allfällige Deklarationen oder Labels vorzusehen.

Dieses Projekt konzentriert sich auf den Stromverbrauch der Steuerungen selbst und nicht wie andere Projekte (z.B. *RAVEL: „Sparen mit Automation“ [1] oder „Einsatz der integralen Gebäudeautomation“ [2]*) auf den Stromverbrauch der eigentlichen Prozesse und wie dieser durch intelligente Steuerungen reduziert werden könnte. Im Einzelfall dürfte der Stromverbrauch für den Prozess jenen der Steuerung zwar deutlich dominieren – doch dazu müsste jeder einzelne Fall analysiert werden. Steuerungen sind in hoher Stückzahl vorhanden. Wenn es gelingen würde Massnahmen (z.B. Netzteil mit besserem Wirkungsgrad) zu finden, die bei allen Steuerungen anwendbar wären, so könnten mit wenigen Herstellern grosse Stückzahlen beeinflusst werden.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

SYSTEMBESCHREIBUNG VON STEUERUNG UND PROZESS

Damit eine Steuerung einen Prozess zweckmässig beeinflussen (steuern) kann, sind Sensoren und Aktoren notwendig (siehe Figur 1).



Figur 1: Sensor-/Aktorsystem für analoge Grössen

Bemerkungen:

- Die Stromversorgung der Sensoren und Aktoren erfolgt in der Regel durch ein separates Netzgerät. Wenn es der Energiebedarf zulässt, ist es auch möglich, die Sensoren und/oder Aktoren durch das Netzgerät der CPU zu speisen. Dies ist insbesondere dann möglich, wenn es sich um digitale Signale handelt, z.B. das Signal „Einlesen eines Endschalters“.
- Je nach Leitungslänge und Signalqualität sind gegebenenfalls noch Filter oder andere Übertragungsglieder zur Verbesserung bzw. Anpassung der Signalpegel notwendig.
- Die Sensor-/Aktorsysteme für digitale Signale sind vergleichsweise bedeutend einfacher als diejenigen für analoge Signale.

Sensorik

Die Geräte und Einrichtungen, welche die Informationen über den zu steuernden Prozess liefern nennt man Sensoren, Sensorsysteme, Aufnehmer, Transducer, Transmitter, usw. Die von den Sensoren gelieferten Informationen müssen umgewandelt werden, sodass sie in der SPS ein elektrisches Abbild der physikalischen und chemischen Wirklichkeit ergeben [3,4,5]. Somit sind, je nach Messgrösse, zwischen Prozess und SPS mehrere Übertragungsglieder beteiligt.

Liste von einigen typischen Sensoren aus dem Bereich der Prozesstechnik

- Lichtschranke
- Füllstandsmelder
- Taster
- Endschalter
 - Reedschalter
 - Näherungsinitiator
- Weggeber
- Temperaturfühler
 - Widerstandsfühler (z.B. Pt 100)
 - Thermoelement
- Hallgenerator
- Tachogenerator
- Druckmessfühler
- Durchflussmessfühler

Aktorik

Die Prozessstelltechnik (Aktorik) umfasst die Massnahmen zum kontinuierlichen und diskontinuierlichen Stellen von Stoff-, Informations- und Energieströmen.

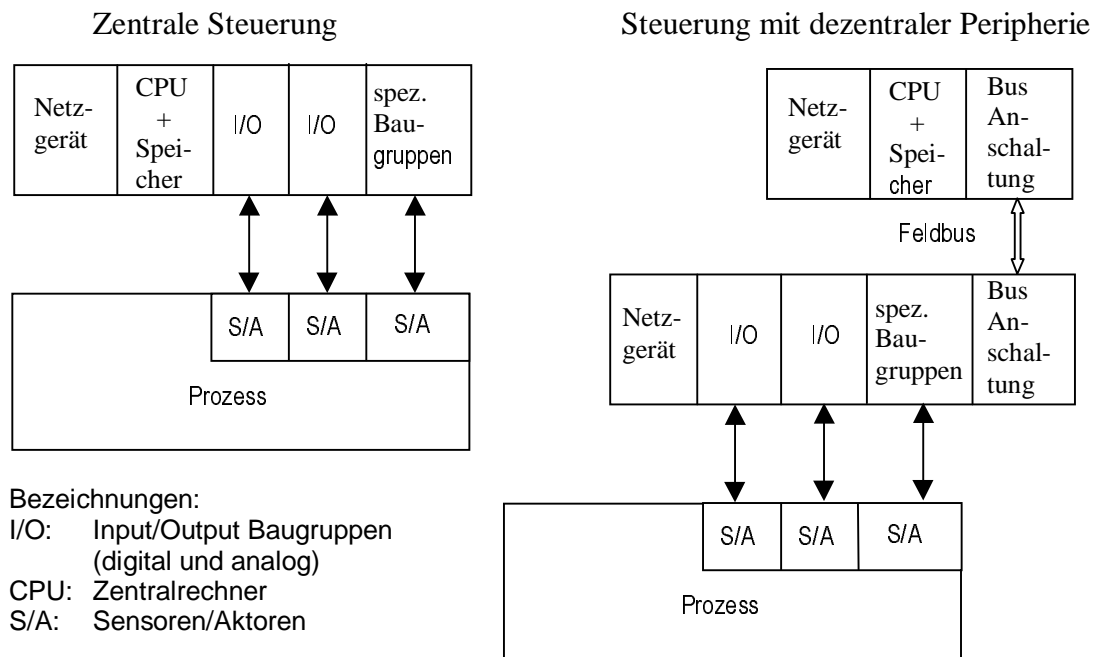
Liste von einigen typischen Aktoren aus dem Bereich der Prozesstechnik

- Schrittmotor
- DC-Motor
- Relais
- Schütz
- Ventile
 - Magnetventil
 - Motorbetriebenes Ventil
- Bedienpanel
- Anzeigen
 - LED
 - Glühlampen
- Pumpen
- Leistungselektronische Stellglieder
 - Verstärker
 - Stromrichter
 - Frequenzumrichter

Prozesssteuerungen

Die Geräte zur Steuerung von Prozessen lassen sich wie folgt einteilen:

- **Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)**
 - Modulare SPS: Zusammenstellung nach Bedarf aus einzelnen Baugruppen (Module)
 - Kompakt-SPS: Komplette SPS als kleine eigenständige Geräte, begrenzt erweiterbar
- **PC-basierte Steuerungen**
 - Slot-SPS: PC mit SPS-Karte, Steuerung, unabhängig vom Betriebssystem
 - Soft-SPS: Steuerung basiert auf einem Betriebssystem (z.B. Windows NT)
- **Mikrocontroller**
 - Geräte für massgeschneiderte Lösungen
 - Embedded Systems: Steuerung ist Bestandteil des zu steuernden Gerätes



Figur 2: Typische Hardwarearchitekturen von Speicherprogrammierbaren Steuerungen

Bemerkungen zur Hardwarearchitektur (siehe Figur 2):

- **Busanschluss:** In grösseren Systemen sind SPS oft via Bus an übergeordnete System angeschlossen (z.B. Profi-Bus, Ethernet). Sind viele Sensoren und Aktoren anzusteuern, lohnt sich der Einsatz eines Feldbusses. Dies erfordert entsprechende Busankopplungen.
- **Spezialbaugruppen** sind z.B. schnelle Zähler, Regler, Ansteuerungen von Schrittmotoren. Sie entlasten die CPU der Steuerung von aufwendiger Rechenarbeit, sind in der Lage schnelle Vorgänge (z.B. Zählimpulse) zu verarbeiten und können optimal an die Bedürfnisse des Prozesses angepasst werden.
- **Netzgeräte:** in der Steuerungstechnik wird fast ausschliesslich mit 24 Volt gearbeitet. Oft werden die I/O Baugruppen von einem eigenen Netzteil gespeist. Dies bringt Vorteile durch Potentialtrennung und Vermeidung von Störungen der CPU durch das Schalten der Prozessperipherie.

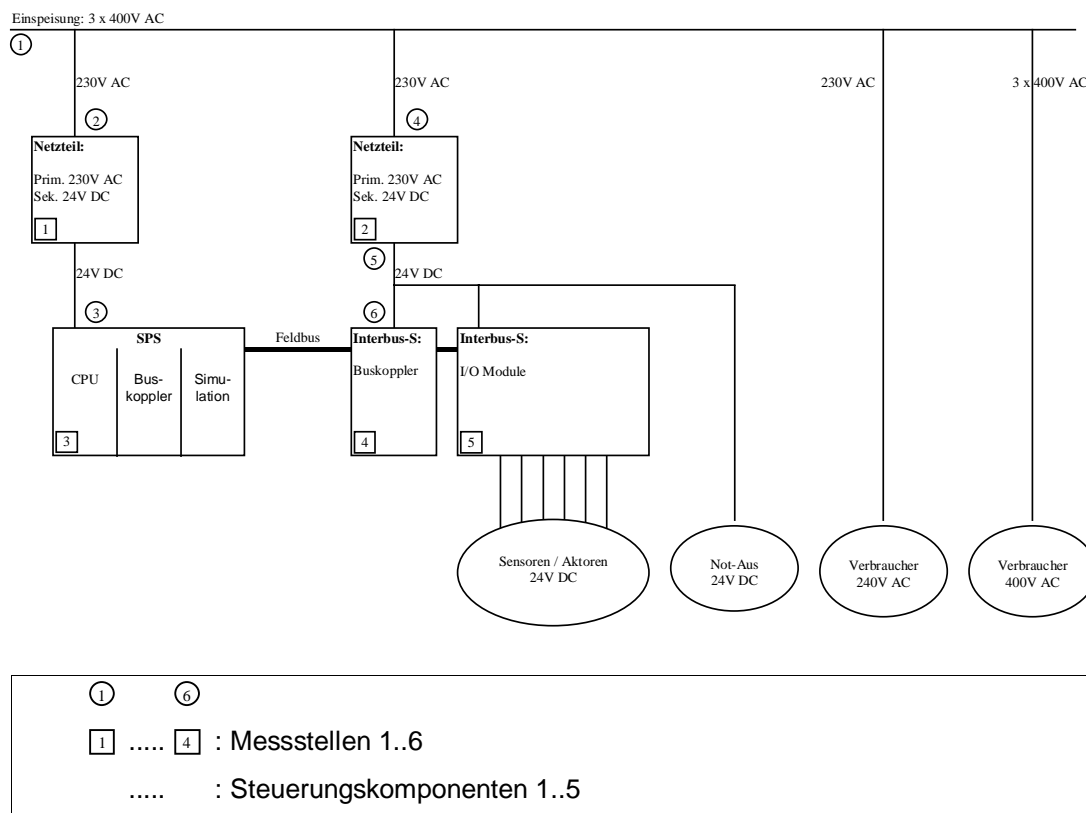
FALLBEISPIEL: „PROZESS AUTOMATIONS MODELL“

An der HTW Chur wurde im Rahmen eines Projektes ein **Prozess-Automations-Modell (PAM)** aufgebaut (siehe Figur 3 und 4). Das Modell ist mit Industrie-Standardkomponenten aufgebaut. Die Steuerung ist in drei autonome Einheiten aufgeteilt, wovon jede Einheit von einer eigenen SPS kontrolliert wird.

Die Abfülleinheit des PAM wurde in der Diplomarbeit „Steuerung einer Produktionsanlage“ im Jahr 2002 mit einer neuen Steuerung ausgerüstet und in Betrieb genommen.



Figur 3: **Prozess-Automations-Modell (PAM)** der HTW Chur



Figur 4: Blockschaltbild Energie des **Prozess-Automations-Modells (PAM)** der HTW Chur

Als Steuerung wird eine SPS verwendet (*Siemens Simatic S7-300*). Alle Sensoren und Aktoren werden über einen Feldbus (Interbus-S) angesteuert.

Bei der Energieversorgung der Steuerungskomponenten werden zwei Netzteile zur Potentialtrennung verwendet. Ein Netzteil speist die SPS, das andere speist alle Sensoren und Aktoren der dezentralen Peripherie, welche über einen Interbus-S mit der SPS verbunden sind.

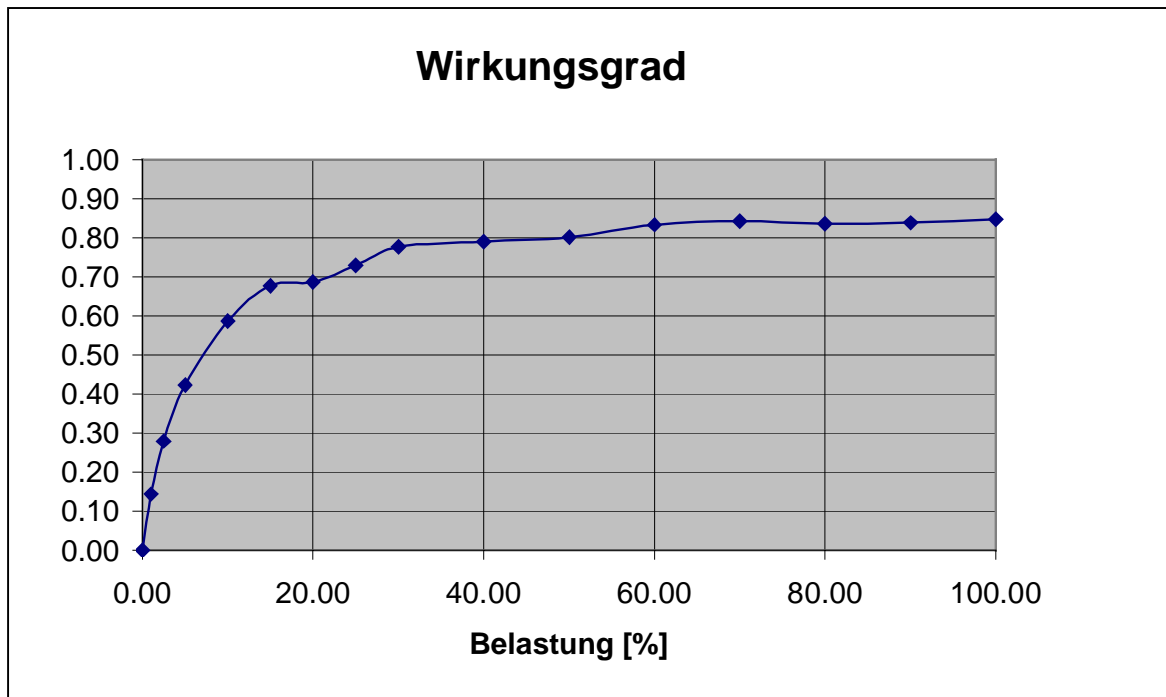
Mit ersten Leistungsmessungen an den Messstellen 1-6 konnte gezeigt werden, dass die Leistung bei der Messstelle 2 (Leistungsaufnahme SPS) unabhängig von der Betriebsart (Stopp / Start) der Abfülleinheit ist, wogegen die Leistung an der Messstelle 4 sehr stark davon abhängig ist, welche und wie viele Aktoren angesteuert werden.

Ebenfalls hat sich gezeigt, dass der Leistungsbezug der CPU sehr klein ist im Verhältnis zur Gesamt-Leistung. Das Netzteil 1 wies in der Messung einen sehr schlechten Wirkungsgrad auf. Der schlechte Wirkungsgrad ergibt sich durch den nicht optimalen Arbeitspunkt des Netzteils, das Netzteil wird durch die CPU nur schwach belastet.

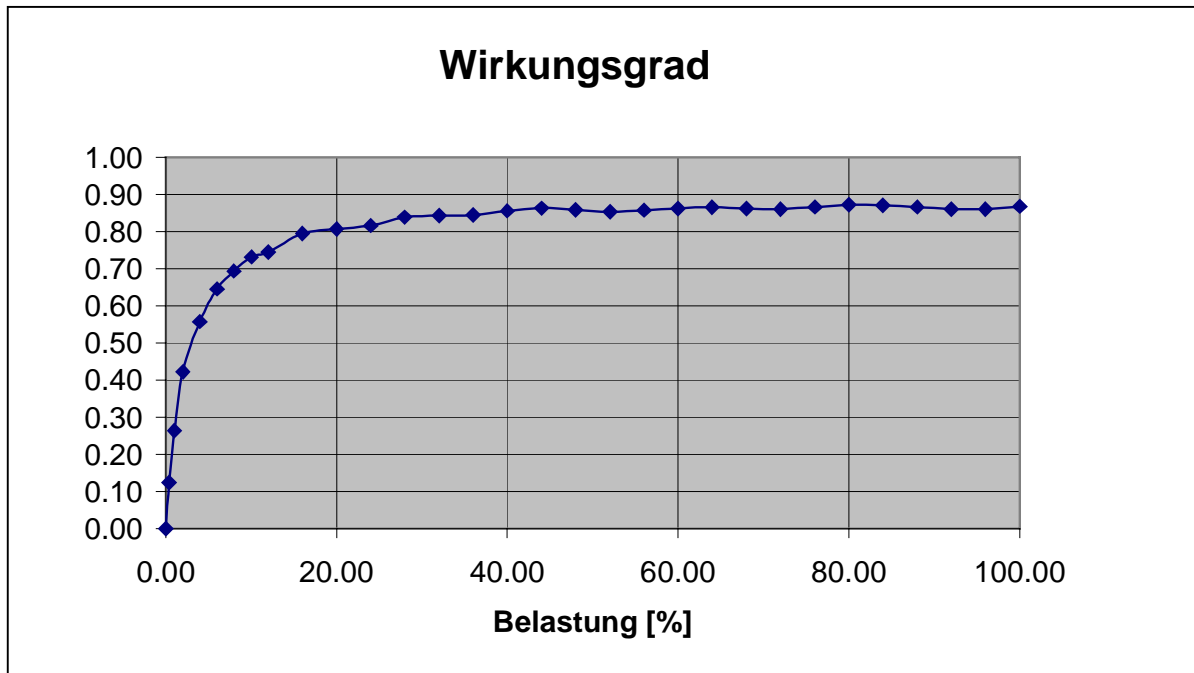
FALLBEISPIEL: „NETZTEILE“

Aufgrund der ersten Messungen am Prozess-Automations-Modell wurden Leistungsmessungen an Netzteilen durchgeführt.

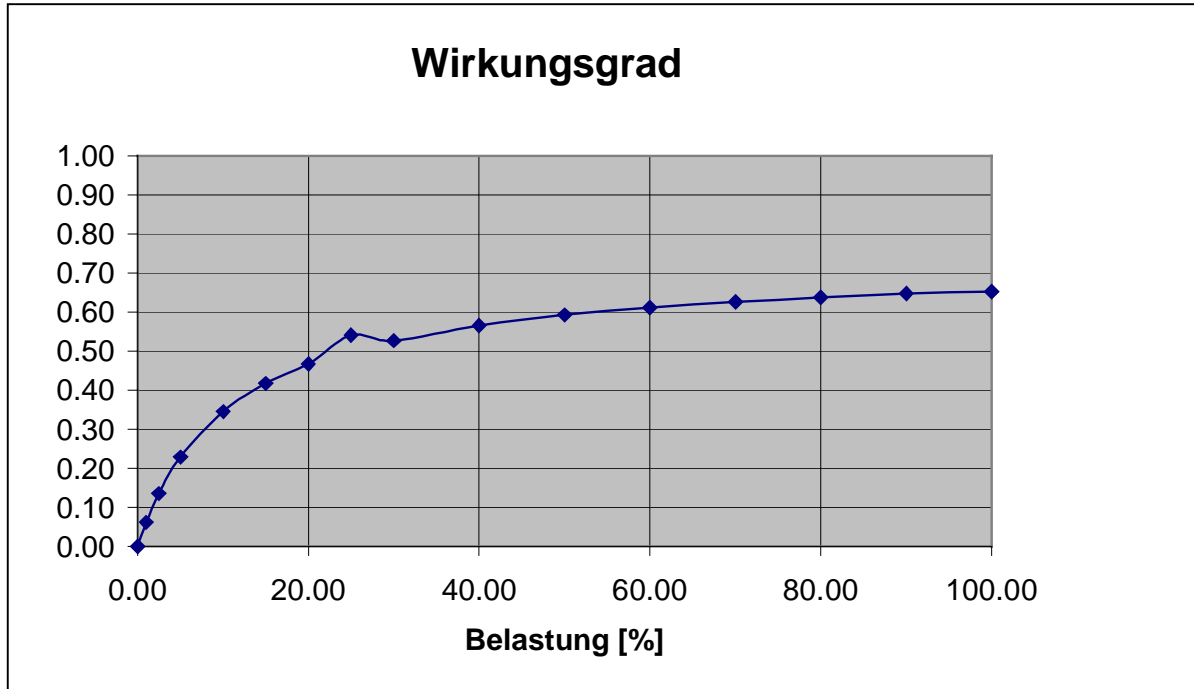
Netzteile werden oft in einem nicht optimalen Arbeitspunkt betrieben (Erweiterbarkeit, Sicherheit, Typenreduktion etc.). Der in der Spezifikation angegebene Wirkungsgrad bezieht sich bei Netzteilen meistens auf den Nennstrom und die Nennspannung. Bei einer kleineren Belastung verschlechtert sich der Wirkungsgrad zunehmend.



Figur 5: Wirkungsgrad „Siemens Simatic PS307, 2A“ in Funktion der Belastung



Figur 6: Wirkungsgrad „Siemens Simatic PS307, 5A“ in Funktion der Belastung



Figur 7: Wirkungsgrad „Phoenix Contact CM-PS 2A“ in Funktion der Belastung

Nationale und internationale Zusammenarbeit

Die Zusammenarbeit mit weiteren nationalen Stellen ist vorgesehen. Im Vordergrund stehen:

- *Schweizerische Gesellschaft für Automatik*: In dieser Vereinigung sind insbesondere Fachhochschulen vertreten. Die HTW Chur ist Mitglied und beabsichtigt, diese Kontakte zugunsten des Projektes zu nutzen
- *SAP Schweizerischer Automatik Pool*: Vom SAP erhoffen wir uns primär Brancheninformationen und statistische Unterlagen
- Ausgewählte Industriebetriebe zur Analyse einiger Fallbeispiele aus der Praxis
- Ausgewählte Experten

In diesem frühen Projektstadium ist noch keine internationale Zusammenarbeit eingeleitet worden.

Bewertung 2002 und Ausblick 2003

Eine belastbare Bewertung ist in diesem frühen Projektstadium noch kaum sinnvoll. Erkenntnisse und Aussagen, die sich bereits abzeichnen, sind in den folgenden Punkten thesenartig zusammengefasst:

- Der Leistungsbezug von SPS ist weitgehend unabhängig von der Konfiguration der gesteuerten Prozesse. Aussagen zum Stromverbrauch sind möglich, ohne eine Vielzahl von Prozessen konfigurieren und programmieren zu müssen.
- Netzteile haben einen wesentlichen Anteil an Verlusten. Ähnlich wie bei den PC, werden auch bei SPS Netzteile in einer tiefen Teillast mit schlechten Wirkungsgraden betrieben. [6]
- Erste Messungen zeigten grosse Unterschiede beim Wirkungsgrad der Netzteile besonders unter Teillast

Für das Jahr 2003 sind folgende Arbeiten vorgesehen:

- Marktüberblick zu Steuerungsprodukten und Marktzahlen
- Recherche nach energierelevanten Deklarationen, Messnormen und Labels
- Recherche nach Herstellerangaben zum Energieverbrauch (minimal, typisch und maximal)
- Messungen zur Leistungsaufnahme von
 - Power Supply (in Funktion der Belastung)
 - CPU
 - Ausgewählten Peripherie-Komponenten
- Recherche nach Sparpotenzialen, effizienten Technologien

Referenzen

- [1] RAVEL: Sparen mit Automation – Beispiele. 1995. Bezug: EDMZ, 3003 Bern Bestell-Nummer: 724.397.43.51d
- [2] RAVEL: Einsatz der integralen Gebäudeautomation – Optimierung und Betrieb. 1994. Bezug: EDMZ, 3003 Bern Bestell-Nummer: 724.362d
- [3] K.F. Früh: Handbuch der Prozessautomatisierung, Oldenbourg Industrieverlag München, 2000.
- [4] Karl Pusch: Grundkurs IEC 6 11 31. Vogel Fachbuch. 1999
- [5] RAVEL: Sensorik. 1994. Bezug: EDMZ, 3003 Bern Bestell-Nummer: 724.397.43.52d
- [6] Bernard Aebischer und Alois Huser: Energieeffizienz von Computer Netzgeräten, Schlussbericht 2002. Bezug: Bundesamt für Energie 3003 Bern.
- [7] **Internetsite des Forschungsprogramms** www.electricity-research.ch Download von Zusammenfassungen und der ausführlichen Schlussberichte durchgeführter Forschungsarbeiten, Rubrik „Publikationen“: Download von Publikationen des Programmleiters.