

Erfahrungen mit PEARL im wissenschaftlichen und industriellen Bereich

W. Freimann-v. Werder, Dr. A. Kantner,
D. Hatting, K. Löhr, D. Müller, L. Pedron,
Herne.

Zusammenfassung:

Die Vorteile von PEARL kommen dann zum Tragen, wenn Groß- oder Minirechner eingesetzt werden. Bisher fehlt jedoch die Möglichkeit, PEARL auch in jenen Bereichen einzusetzen, wo digitale Regler Anlageneigenschaften verbessern können, jedoch aus Preisgründen nur einfache Mikrocomputerregler möglich sind. Für die weitere Verbreitung von PEARL ist entscheidend, die Portabilität dieser Sprache von Minirechnern über PCs bis hin zu kleinen Mikrocomputern zu erweitern.

1. ONLINE-Simulation zur Optimierung der Regelung von Blockheizkraftwerken.

Blockheizkraftwerke (BHKW) sind kleinere dezentrale Anlagen der Kraft/Wärme-Kopplung mit höchstem Nutzungsgrad (80-90%). Sie bestehen aus mehreren Verbrennungsmotoren mit Wärmetauschern und Generator, einem Spitzenkessel und einem Wärmespeicher. Die Regelung hat dann Optimierungsfunktionen zu erfüllen, wenn der Bedarf an Wärme und Strom nicht der gleichzeitigen Produktion entspricht. Einer Entkopplung durch Speicher sind in finanzieller (Strom) oder baulicher Hinsicht (Gewicht von Wärmespeichern) in aller Regel Grenzen gesetzt.

Im Rahmen der Dissertation /1/ wurde versucht, durch eine Simulation des thermischen Teiles eines BHKWs und des damit beheizten Hauses auf einem Analogrechner die Regelung zu optimieren. Durch diesen Ansatz wird es möglich, auf dem Prozeßrechner Programme in einer Simulationsumgebung zu entwickeln und diese möglichst unverändert auf die reale Anlage anzuwenden. Die Schnittstellen zwischen der simulierten bzw. realen analogen Welt und dem Prozeßrechner sollten mög-

lichst identisch sein. Neben einem fernsteuerbaren Analogrechner (EAI 180), der über integrierte Digitale Elemente verfügt (Gatter, Sample and Hold Verstärker, Analogschalter) wurde als Prozeßrechner ein HP 1000 F eingesetzt. Bild 1 zeigt den Hardwareaufbau der Simulation.

Nach einer Systemanalyse mit SADT /2/ wurden die Regelalgorithmen in PEARL implementiert. SADT war hilfreich, um die Problemstellung richtig zu verstehen, sowie zur Abgrenzung von Modulen und bei der Festlegung von Datenübergabeprozeduren. Die Darstellung von Parallelitäten und Synchronisationsmechanismen ist mit SADT nicht möglich. Der Programmumfang zur Durchführung der Simulation inklusive einer rechnerischen und graphischen Auswertung betrug ca. 1300 Anweisungen, wovon auf den eigentlichen Regler etwa 10 % entfielen. Für die grafische Darstellung wurden Teile von GRAPHIC-1000-II eingebunden, einem von HP vertriebenen Softwarepaket in FORTRAN. Das PEARL-Laufzeitsystem setzte während meiner Arbeit auf dem RTE-IV B von HP auf.

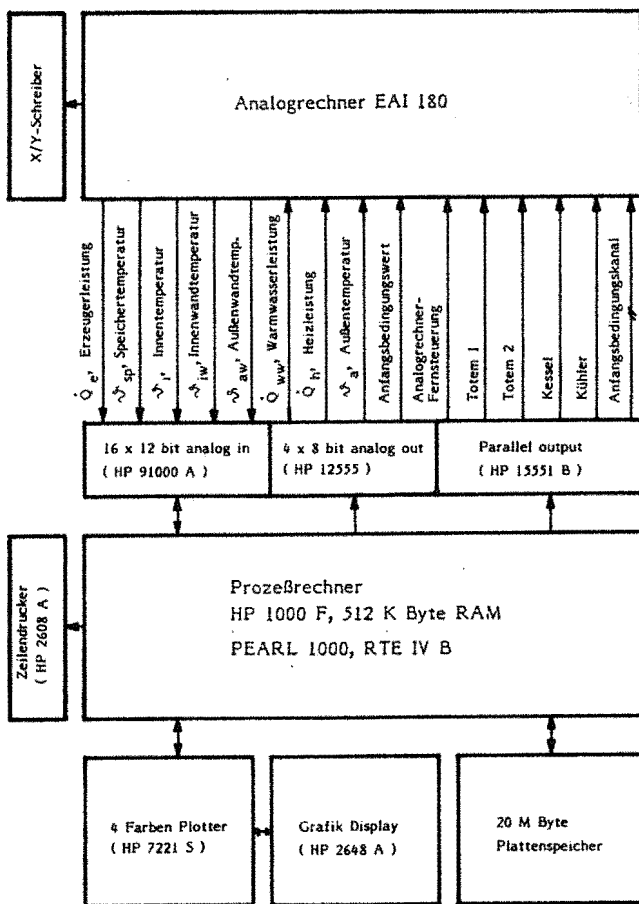


Bild 1 Hardwareaufbau der Simulation eines BHKWs

2. Erfahrungen mit PEARL-1000.

PEARL ist eine wunderbare Sprache, weil leicht zu erlernen, leicht zu handhaben und nahezu selbstdokumentierende Programme formulierbar sind. Die mächtigen Sprachkonstrukte brauchen hier nicht im Einzelnen gewürdigt zu werden. Für die Einarbeitung in das Programmieren mit PEARL-1000 waren 2 Monate erforderlich, wobei die Lektüre von /3/ nützlich war.

Auf der HP 1000 unter dem RTE-IV B war kein screenorientierter Editor verfügbar; auch der modernste HP-Editor für die A900 bietet nicht den Komfort, den man etwa von UNIX-Maschinen gewohnt ist. Die Übersetzungszeiten des PEARL-Compilers waren trotz der F-Maschine zu lang, die deutschen Fehlermeldungen nach kurzer Gewöhnung hilfreich. Im Bereich der Operatoren-Behandlung wurden Fehler im Compiler festgestellt.

Für die automatische Überprüfung von Schnittstellen wird der PUBS eingesetzt. Auch hier sind Ausführungszeiten zu bemängeln. Die Schnittstellenüberprüfung sollte abschaltbar sein, um Änderungen, die innerhalb eines Moduls erforderlich sind, schneller auf die Maschine zu bringen. Der Link-Vorgang ist hinsichtlich der Ausführungsdauer ärgerlich lange: Pro Task 1 bis 2 Minuten. Weiter ist zu bemängeln, daß unter RTE-IV B keine reentranten Bibliotheken angelegt werden, die z.B. das Benutzen eines Formatters von mehreren Prozessen erlauben. Dadurch werden der Umfang der Tasks und die Linkzeiten unnötig erhöht. In diesem Zusammenhang ist besonders ärgerlich, daß unter RTE-IV B ein Prozeß maximal 32 K-Worte groß sein darf. Im Falle des Simulationsprogrammes mußten deshalb an sich sequenzielle Programmteile in mehrere Tasks aufgeteilt werden.

Bei der Kopplung von Analog- und Prozessor wird man geneigt sein, die Simulationszeit möglichst schnell ablaufen zu lassen, damit der Analogrechner geringe Fehler integriert. Dies war mit PEARL-1000 nicht in dem wünschenswerten Maße möglich. Bei ohne Kompromisse an die Rechenzeit mit sauberer Synchronisation und Zugriffsschutz über BOLT-Variable formulierten Programmen zeigte sich in dieser Anwendung, daß die kleinste Reglerabtastrzeit in der Größenordnung 10^{-1} sec liegt; für die reale Prozeßsteuerung eines BHKWs mit Sicherheit keine relevante Einschränkung. Allerdings konnte die Zeitraffung nur 120fach sein, wodurch die Simulation der Abläufe eines Tages sich immerhin über 12 Minuten erstreckte.

3. Beispiel einer industriellen Anlagensteuerung.

Die Firma Happel stellt Anlagen für die Heizungs- Lüftungs- und Klimatechnik her. Als Beispiel für eine solche Anlage soll hier eine Heizungszentrale für Ein- und Zweifamilienhäuser herausgegriffen werden, die aus einem Öl- oder gasbefeuerten Kessel und einer zweistufigen Wärmepumpe besteht (Bild 2). Aufgabe der Regelung ist es, unter den gegebenen Randbedingungen die zur Brauchwasserbereitung und zum Heizen günstigsten Erzeu-

geräten auszuwählen und unter Beachtung bestimmter Bedingungen zusammen mit Umwälzpumpen, Lüftern und Ventilen zu steuern und regeln. Dies ist eine Aufgabenstellung, die sowohl das Erfassen von Meßgrößen, die adaptierende, optimierende Regelung mehrerer

Auf den damit gewonnenen Erfahrungen aufbauend wurde folgende Spezifikation zukünftiger Regler erarbeitet:

- Verwendung einer standardisierten Hardware für verschiedene Anlagen,

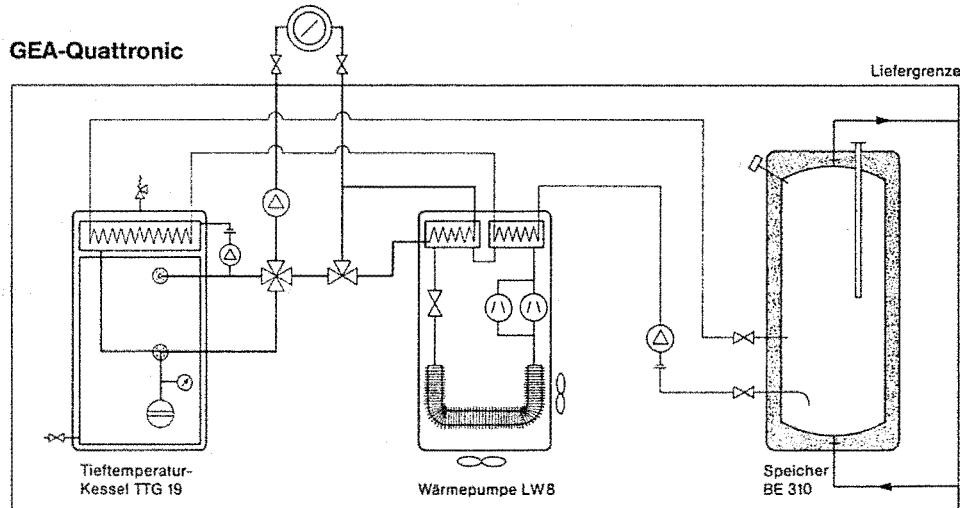


Bild 2 Prinzipschaltbild Heizzentrale GEA-Quatronic

Kreise, die Ablaufsteuerung mit bestimmten Sicherungsmechanismen, die Ansteuerung von Aggregaten und nicht zuletzt eine leichte Bedienbarkeit der Anlage umfaßt. Zusätzlich bestehen hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit der Regelung, die ihre Funktionen auch nach mehrstündiger Versorgungsspannungsunterbrechung sicher automatisch wieder aufnehmen muß. Für die Regelung dieser oder vergleichbarer Anlagen wird vom Markt ein Preis von etwa 1000 DM akzeptiert. Die Herstellungskosten müssen entsprechend niedriger sein.

Seit 1983 wird bei Happel intensiv, zum Teil gefördert mit Bundesmitteln, an der Entwicklung digitaler Regler gearbeitet. Erst durch Ablösen der tradierten analogen Regler wurde es möglich, die oben aufgelisteten Aufgabenstellungen befriedigend zu lösen. Im ersten Ansatz haben wir eine auf dem Z80 basierende Regelung realisiert, die ausschließlich in Assembler programmiert ist, wobei ein selbst geschriebenes einfaches Multitasking-Betriebssystem unterlegt wurde. Der Umfang des Problems soll dadurch annähernd charakterisiert werden, daß 24 K Bytes Programmcode zusammengeschrieben wurden.

- Reduktion der Software-Entwicklungszeit,
- weitestgehender Einsatz von Hochsprachen,
- Anwendung eines Multitasking-Betriebssystemes,
- Klarschrift-Bedienoberfläche, für verschiedene Anlagen und Sprachen per Software anpaßbar,
- Menü-Bedienung über wenige Tasten,
- Gliederung der Regelung in 3 Funktionsgruppen: Bedienung/Regelung, Prozeßinterfaces und Netzteil,
- Kopplung der Funktionsgruppen über einen seriellen Bus,
- Verlagerung der Assembler-Programmenteile in ein mit einem Microcontroller bestücktes Interface zur Meßdatenerfassung und Ansteuerung von Aggregaten.

4. Eine Sprache für drei Rechner unterschiedlicher Leistungsfähigkeit.

Durch Einführen der Interfaces und eines standardisierten Datenübertragungsbusses wird

es möglich, herkömmliche Rechner, insbesondere PCs ohne Prozeßperipherie für die Anlagenregelung einzusetzen. Dies ist für die Entwicklung der Programme im Labor nützlich, besteht doch die Möglichkeit, durch Simulation der Interfacekarten mit anderen PCs eine Überprüfung und Validierung der Reglerprogramme ohne reale Anlage mit realistischen oder auch extremen Eingangsdaten vorzunehmen. Diese sonst für allgemeine Datenverarbeitung ausgerichteten Computer, die z.B. unter UNIX oder MS-DOS arbeiten, müssen Multitasking-Eigenschaften bekommen; hinsichtlich der Reaktionsschnelligkeit sind unsere Anforderungen gering, da die Zeitkonstanten der thermischen Prozesse im Minuten oder Stundenbereich liegen.

An die Programmentwicklung schließt sich in aller Regel eine Eprobungsphase an, bei der an den eingesetzten Rechner höhere Anforderungen gestellt werden, als an die Serienhardware. Für diese in der Industrie notwendige Feldtestphase ist zweierlei erforderlich:

- Die für die Regelung wichtigen Zustandsgrößen müssen zusammen mit denjenigen, die für die Beurteilung der Anlage wichtig sind, auf einem Datenträger protokolliert werden. Es ist mit einer sehr großen Datenflut zu rechnen, die nur maschinell auswertbar ist, wobei die Daten nach bestimmten Ereignissen absuchbar sein müssen (Datenbankproblematik).
- Als Folge des Feldtests ist mit Änderungen am Regelprogramm zu rechnen, die leicht und vor Ort möglich sein sollten.

Der letzte Schritt besteht dann darin, die auf dem PC verbesserten Programme automatisch (deswegen fehlerfrei) auf die wegen der finanziellen Beschränkungen sehr einfachen Zielsysteme (Bedienung/Regler) herunterzubringen. Eine nochmalige Felderprobung sollte überflüssig sein.

Es sollten somit 3 Rechnersysteme verfügbar sein, die alle fähig sein müssen, über den seriellen Datenbus mit den Interfacekarten zu kommunizieren:

1. Komfortable, Multi-User- und Multi-Tasking-Maschine zur Systemanalyse, Dokumentation, Programmentwurf und -implementierung; Feldtestauswertung. Graphische Ausgabeeinheiten.
2. Feldtestrechner mit Massenspeicher und begrenzter Programmvariationsmöglichkeit (schlichter Editor, Compiler). Graphikfähiges Terminal.
3. Mikrocomputersystem als Serienhardware, nur mit dem Notwendigsten ausgestattet.

In der ersten Hälfte 1985 haben wir auf dem Markt nach einem Softwarewerkzeug gesucht, das unseren Bedürfnissen entspricht. Obwohl PEARL vom Ansatz her geeignet wäre, fehlt die Möglichkeit, bis hinunter auf die einfachen Mikrocomputer zu kommen. Selbst für die üblichen PCs ist kein PEARL-System verfügbar, obwohl sie mittlerweile die Leistungsfähigkeit einer HP 1000 F erreicht haben. Ich möchte durch diesen Beitrag entsprechende Entwicklungen anregen.

Literatur:

- /1/ W. Freimann-v. Werder:
Beitrag zur Einsatzoptimierung von Blockheizkraftwerken,
Deutsche Dissertation, Berlin 1985.
- /2/ Scientific Control Systems GmbH:
Analyse mit SADT, Hamburg 1982.
- /3/ Brinkkötter, Nagel, Nebel, Rebensburg:
Systematisches Programmieren mit PEARL,
Wiesbaden 1982.

Anschrift:

Abteilung LTRE
Happel GmbH & Co.
Südstraße
4690 Herne 2
Tel 02325 468 321