

## Erfahrungen, Konzept und Ablauf verschiedener PEARL-Schulungen am IVD Stuttgart

Thomas Roehrich

**Abstract.** The purpose of this article is to describe the several PEARL teaching activities of the Institut fuer Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen. In addition an account is given of the performance and acceptance of the first course "Introduction to the programming language PEARL" which was organized in cooperation with the VDI-Bildungswerk and the PEARL Association.

**Keywords.** Process Control, teaching PEARL, VDI-Bildungswerk, PEARL course

**Zusammenfassung.** Im vorliegenden Artikel werden die am Institut fuer Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen regemaessig durchgefuehrten PEARL-Lehrveranstaltungen vorgestellt. Zusaetzlich wird ueber die Durchfuehrung und Resonanz des ersten, in Zusammenarbeit mit dem VDI Bildungswerk und dem PEARL-Verein, abgehaltenen Kurses "Einfuehrung in die Programmiersprache PEARL" berichtet.

**Schlüsselworte.** Prozessdatenverarbeitung, PEARL-Kurs, PEARL-Lehrveranstaltung, Erfahrungen, VDI-Bildungswerk.

### 1. EINFUEHRUNG

Die Abteilung Stromerzeugung und Automatisierungstechnik des Institutes fuer Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen ( kurz IVD ) ist seit 1973 durch verschiedene Arbeiten an der PEARL Entwicklung beteiligt.

In der Lehre bieten wir seit 1976 im Rahmen des Hauptfaches "Prozessdatenverarbeitung" fuer die Studienrichtung Maschinenwesen an der Universitaet Stuttgart u.a. jaehrlich im SS die zweistuendige Vorlesung "Prozessrechnersprachen und -programmierung" an. Ein Schwerpunkt dieser Vorlesung war von Anfang an die Vermittlung der Prozessrechnersprache PEARL. Zusaetzlich bieten wir im Rahmen des Hauptfachpraktikums zwei PEARL Praktikumsversuche an.

Seit Sommer 1981 beteiligen wir uns als ausfuehrende Stelle an den vom PEARL Verein in Zusammenarbeit mit dem VDI-Bildungswerk angebotenen PEARL Kursen. So wurde vom 14.-18. Sept. 1981 der erste dieser Kurse an unserem Institut durchgefuehrt.

Im folgenden wird ueber diese PEARL Lehraktivitaeten berichtet.

### 2. DIE VORLESUNG "PROZESSRECHNERSPRACHEN UND PROGRAMMIERUNG"

Bis einschliesslich Sommersemester 1980 war die Vorlesung wie folgt aufgebaut:

- a) Grundlagen  
Ueberblick ueber den hard- und softwaremaessigen Aufbau von Prozessrechnern; Abgrenzung zu wissenschaftlichen und kommerziellen Rechnern.
- b) Maschinensprache  
Funktionsweise eines Rechners; Ausfuehrung von Elementarbefehlen; Programmieren in Maschinensprache.
- c) Assemblersprache  
Befehlsarten- und Formate einer Assemblersprache; Macro-Technik; Progr. in Assemblersprache.
- d) Hoehere Programmiersprachen  
Allgemeines ueber hoehere Programmiersprachen; Uebersetzer; Binder; Anforderungen an eine hoehere Prozessrechner-Programmiersprache; Aufbau solcher Sprachen.
- e) Prozess- FORTRAN und BASEX  
Vorstellung dieser fuer die Prozessprogrammierung erweiterten technisch-wissenschaftlichen Sprachen.
- f) PEARL  
Entstehung von PEARL; Vorstellung der PEARL Sprachelemente.

Den Abschluss der Kapitel b) bis f) bildete jeweils der Unterpunkt "Wertung".

Der Schwerpunkt dieser Vorlesung lag damit auf der Vermittlung eines Spracherverstaendnisses fuer den Bereich der Prozessdatenverarbeitung. PEARL hatte dabei einen sehr hohen Stellenwert, da die Vorlesung quasi in der Vermittlung dieser Sprache gipfelte.

Da bei den Hoerern, die ueberwiegend aus Maschinenbau- und Kybernetikstudenten im Hauptstudium bestehen, keine oder nur einfache FORTRAN Programmierkenntnisse vorausgesetzt werden konnten, musste "ganz unten" angefangen werden. So wurden die heute wichtigen Problemkreise wie z.B. die Software-Entwurfstechniken und Hilfsmittel, das Prozesskonzept, die Synchronisation asynchroner Prozesse, die Softwarezuverlaessigkeit sowie Software fuer verteilte

Prozessautomatisierungssysteme nur am Rande oder gar nicht behandelt.

Zum Sommersemester 1981 wurde die Vorlesung voellig ueberarbeitet um den heute umfangreicheren DV Vorkenntnissen der Hoerer und den geaenderten Lehrinhalten Rechnung zu tragen. Die Vorlesung in der neuen Form gliedert sich wie folgt:

- a) Grundlagen  
Struktur von Prozess- und Microrechner; Grundlagen der Programmierung; Dokumentation; Prinzipien der Programmwicklung; Echtzeit- und parallele Programmierung; Synchronisation; Deadlock;
- b) Softwareentwurf  
Phasen der Systemanalyse; Systemanalyse und Pflichtenheft; Systementwurf und Implementierung; das Entwurfshilfsmittel EPOS; Entwurfsbeispiel.
- c) Die Echtzeitprogrammiersprache PEARL  
Ueberblick ueber die PEARL Eigenschaften und Sprachelemente; Fallstudie.
- d) Automatisierungssysteme  
Software- Strukturierung mittels Bausteinsprachen; Software fuer Spezialrechner am Beispiel eines Prozessvideosystems.

Die Vorlesung in dieser Form besitzt damit drei Schwerpunkte:

- 1) ein sehr breites Grundlagenkapitel bis hin zum Prozesskonzept,
- 2) Systemanalyse und Softwareentwurf  
und
- 3) PEARL als leistungsfaeheige Prozessprogrammiersprache.

Zusaetzlich wurde ein straffer Uebungsbetrieb eingerichtet, der drei praktische Microrechner- (Assembler) und zwei praktische PEARL Uebungen umfasst. Die PEARL Uebungen sind "Prinzip des Anfahrens eines Dampferzeugers" und das Problem der "Dining Philosophers" (siehe unten). Beiden PEARL Uebungsaufgaben liegen Problemstellungen zugrunde zu deren Loesung parallele Prozesse (mehrere Tasks) erforderlich sind.

Bei der erstmaligen Durchfuehrung der Vorlesung im SS 1981 zeigte es sich, dass das Grundlagenkapitel noch etwas ueberladen ist. Die Lehrinhalte des Themenkreises "Echtzeit- und parallele Programmierung" muessen deren Komplexitaet wegen noch in ein eigenes Kapitel ausgelagert werden. Dadurch koennten evtl. auch Petri- Netze noch mit aufgenommen werden.

Der Aufbau, die fuer das Verstaendnis von asynchronen Prozessen grundlegenden Ideen und Mechanismen separat und vor der Einfuehrung eines speziellen Sprachkonzeptes zu behandeln, hat sich jedoch m.e. sehr bewahrt. So kann z.B. bei der Einfuehrung der Sprache PEARL und bei den PEARL-Uebungen auf ein Grundverstaendnis dieser Thematik aufgebaut werden.

Die Uebungen am Mikrorechner- Kit und Prozessrechner tragen m.e. sehr zum Verstaendnis des sonst doch etwas trockenen Lehrstoffes bei. Programmierkenntnisse koennen dabei jedoch kaum vermittelt werden. Bei den PEARL- Uebungen wurden die (problemloesenden) PEARL- Programme fertig vorgegeben. In den Uebungsstunden wurden die Programme dann gruppenweise getestet und dabei spezielle (versteckte) Probleme diskutiert. In der Uebungsaufgabe "Anfahren eines Dampferzeugers" waren dies zur Laufzeit auftretende PEARL Signale, bei den "Dining Philosophers" war dies die Deadlock- und Starvation- Problematik bei der Verwendung von Semaphoren.

### 3. PEARL VERSUCHE IM HAUPTFACHPRAKTIKUM

Bei allen Versuchen im Hauptfachpraktikum ( fuer Maschinenbau- Studenten mit dem Hauptfach "Prozessdatenverarbeitung" ) stehen spezielle technische Problemstellungen und deren prinzipielle Loesung im Vordergrund. So wird auch bei den beiden PEARL- Praktikumsversuchen "Prozessanfahrsteuerung" und der "Kontinuierlichen Abwasserneutralisation im Durchfluss" nicht speziell auf die Sprache PEARL eingegangen. PEARL wird als bekannt vorausgesetzt und sofort als Handwerkszeug fuer die Formulierung der Problemloesung benutzt.

Bei dem Versuch "Prozessanfahrsteuerung" wird die Problemloesung auch alternativ in der aus BASIC abgeleiteten, interpreterunterstuetzten Prozessprogrammiersprache BASEX formuliert. Dadurch soll dem Studenten der Vorteil problemgerechterer Formulierung in PEARL sowie das schnellere Arbeiten mit einer Interpretersprache nahegebracht werden.

### 4. DER PEARL- KURS VOM 14.-18. SEPT.1981

Der in Zusammenarbeit mit dem VDI- Bildungswerk und dem PEARL Verein durchgefuehrte Kurs "Programmieren mit PEARL" entsprach nach Konzept und Kursunterlage dem an der TU Berlin erarbeiteten Kompaktseminar "Systematisches Programmieren mit PEARL". Da ueber die didaktischen und methodischen Prinzipien dieses Seminars im Vortrag der Herren Nagel und Nebel berichtet wird, moechte ich meine Ausfuehrungen auf die Durchfuehrung des Uebungsbetriebes und die Kursbeurteilung durch die Teilnehmer beschaerlen.

#### DER UEBUNGSBETRIEB

Die praktischen Uebungen, die etwa 40% der zur Veruegung stehenden Zeit in Anspruch nahmen, wurden gruppenweise am Prozessrechner PDP 11/34 des Institutes durchgefuehrt. Dazu wurde ein Uebungsraum mit drei Datensichtgeraeten eingerichtet. Bei 11 Kursteilnehmer ergaben sich damit drei Gruppen mit 2 x vier und 1 x drei Teilnehmern.

Die Uebungsgruppenen wurden waerend des Kurses staendig von drei Uebungsleitern

betreut. Beim Kursbeginn wurde zudem noch eine Kurzbeschreibung der wichtigsten Befehle am Datensichtgeraet ausgegeben ( Editor- Befehle, Aufruf des PEARL Compilers, des Binders, wichtige Betriebs-systembefehle ).

#### Ablauf

Die erste praktische Uebung war die Eingabe des im ersten Kapitel des Skriptes fertig vorgegebenen PEARL Programmes. Dies diente in erster Linie dazu, die Teilnehmer mit dem Rechner bzw. der fuer die PEARL Programmentwicklung notwendigen Werkzeuge vertraut zu machen.

Die zweite Uebung war die Vervollstaendigung des im zweiten Kapitel des Skriptes angegebenen PEARL Programmes "Sortieren einer Fahrerdatei", um eine vernuenftige Ausgabe der sortierten Datensaeetze zu erreichen.

Als dritte Uebung war die Programmierung eines einfachen Autorennens vorgesehen ( pro Auto eine Task, Rundenzeiten durch Zufallszahlen ermittelt ). Diese Uebung wurde von uns durch die Uebung der "Dining Philosophers" ersetzt.

Da dieser Uebung eine besonders anschauliche Problemstellung zugrunde liegt und sie auf einfache Weise relativ viel zeigt, ist diese Uebung im folgenden kurz skizziert.

-----

#### Die Uebung "Dining Philosophers"

Die Aufgabenstellung der Dining Philosophers stammt urspruenglich von E.W. Dijkstra und lautet:

Fuenf Philosophen sitzen an einem runden Tisch. Die Philosophen verwenden ihre Zeit entweder zum Denken oder zum Essen. Als Essen steht ein kompliziertes Spaghettigericht auf dem Tisch, dessen Verpeisung nur mit Hilfe zweier Gabeln moeglich ist. Zur Verfuegung stehen nun gemaess Bild 1 fuenf Gabeln. Hat ein

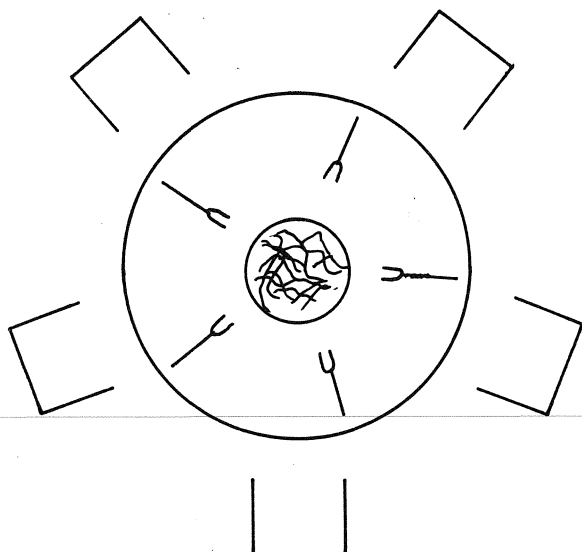


Bild 1: Dining Philosophers

Philosoph Hunger, so greift er zuerst zu seiner linken Gabel, dann nach seiner rechten Gabel. Andere Gabeln sind ihm nicht zugaenglich.

Diese Aufgabenstellung wurde fuer die Uebung etwas abgewandelt:

Die fuenf Gabeln sind nicht gemaess Bild 1 reihum aufgelegt, sondern werden aus einem zentralen Geschirrbehaelter entnommen bzw. dorthin zurueckgelegt.

#### PEARL Formulierung:

Die Umsetzung der Aufgabenstellung in ein PEARL- Programm ist sehr einfach. Es sind folgende Abbildungen vorzunehmen:

- Das Verhalten jedes Philosophen wird durch eine Task realisiert. Alle Philosophen besitzen dasselbe Verhalten. Fuer Philosoph 1 ergibt sich damit:

```
Phil: TASK;
      DCL Name FIXED INIT(1);
      REPEAT
        CALL AKTION(Name);
      END;
END;
```

- Zum Systemstart wird zusaetzlich eine Starttask eingebaut.

- Das Greifen und Zuruecklegen der Gabeln wird durch REQ und REL auf eine Semaphore GABEL simuliert. Die Semaphore GABEL wird bei ihrer Deklaration mit 5, entsprechend den fuenf Gabeln, initialisiert.

```
DCL GABEL SEMA PRESET (5);
```

- Zur Beobachtung des laufenden Systems werden zur Laufzeit bestimmte Systeminformationen auf dem Terminal ausgegeben. Besonders interessant sind dabei die Uhrzeiten fuer die auftretenden Ereignisse ( Systemroutine NOW ).

Fuer die Prozedur AKTION ergibt sich damit in etwa folgender Aufbau:

```
AKTION: PROCEDURE( NAME FIXED);
  PUT NOW, ' Phil', NAME, ' denkt'
    TO BILDSCHIRM BY ...;
  AFTER 10 SEC RESUME;

  REQUEST GABEL;
  PUT NOW, ' Phil', NAME, ' eine Gabel'
    TO BILDSCHIRM BY ...;
  ( AFTER 20 SEC RESUME; )
  REQUEST GABEL;

  PUT NOW, ' Phil', NAME, ' zwei Gabeln'
    TO BILDSCHIRM BY ...;
  / 10 Sec Essen /
  AFTER 10 SEC RESUME;

  RELEASE GABEL;
  RELEASE GABEL;
END; / Proc. AKTION /
```

Anm.: Das eingeklammerte Statement ist einzufuegen, um die in der Problemstellung versteckte moegliche Systemverklammung wahrscheinlicher zu machen. Die Systemverklammung tritt genau dann auf, wenn jeder Philosoph genau eine Gabel besitzt.

## DIE KURSBEURTEILUNG

Den Kursunterlagen war ein vorgedruckter Kursbeurteilungsbogen des VDI- Bildungswerkes beigelegt, der nach Ende des einwoöchigen Kurses abgegeben werden konnte.

Der Kursbeurteilungsbogen bestand aus einem formalen Teil, in dem Aussagen durch An-

kreuzen vorgegebener Formulierungen gemacht werden konnten, und einem Teil fuer freie Formulierungen bzw. Anregungen.

Im formalen Teil war anzukreuzen:

- Gesamturteil
- Empfehlung fuer Fachkollegen

fuer die einzelnen Kurstage ( Dozenten ):

- Inhalt
- Anforderungen
- Vortragsweise

Trotz des etwas kleinen Mengenrahmens von nur 11 Teilnehmer haben wir die abgegebenen Kursbeurteilungsbogen ausgewertet. Danach ergibt sich als

- Gesamturteil	"sehr gut"	11%
( Bild 2 )	"gut"	89%
	"mittelmäßig"	--
	"schlecht"	--

- Empfehlung fuer Fachkollegen

"empfehlenswert"	75%
"teilweise empfehlenswert"	25%
"wenig geeignet"	--

- Einzelbeurteilungen

( Summe ueber alle Kurstage )

Inhalt	"ausgewogen"	87%
	"Teile zu speziell"	3%
	"Teile zu allgemein"	5%
	"Teile zu speziell"	5%

Anforderungen	"richtig"	87%
	"zu niedrig"	5%
	"zu hoch"	8%

Vortragsweise

"gut"	70%
"manches zu knapp"	3%
"Thema ueberfluessig"	3%
"Teile zu breit"	12%
"Teile zu gedraengt"	11%

Zur Beurteilung der Einzeltage siehe Bild 3. Die in Bild 3 dargestellten Balken kommen durch die Gewichtung der Einzelaussagen nach ihrer Guete zustande ( gute Aussagen x 2 ).

## 4. ERFAHRUNGEN

Ueberdenkt man die im Rahmen der verschiedenen PEARL Lehraktivitaeten gewonnenen Erfahrungen, so zeichnen sich folgende Ergebnisse ab:

- (1) Der Stellenwert von praktischen Uebungen beim Erlernen von PEARL ist sehr hoch.
- (2) Es genuegt nicht, nur die einzelnen PEARL Sprachelemente zu lehren. Es muss zusaetzlich ein Verstaendnis der zugrundeliegenden Ideen besonders des Taskings, der Synchronisation und des Dation- Konzeptes vermittelt werden.
- (3) Bei praktischen Uebungen moeglichst kleine Uebungsgruppen ( max. drei Teilnehmer ).
- (4) Neben der Vermittlung der Sprache PEARL ist die Vermittlung einer sauberen Programmieretechnik ( Top- Down Entwurf, strukturierte Programmierung ) sehr wichtig.
- (5) Das Einueben, bzw. Kennenlernen der einzelnen PEARL Sprachelemente an Fallstudien bzw. an Beispielen hat sich sehr bewaert.

nicht gewaehlt:  
"mittelmäßig" und  
"schlecht"

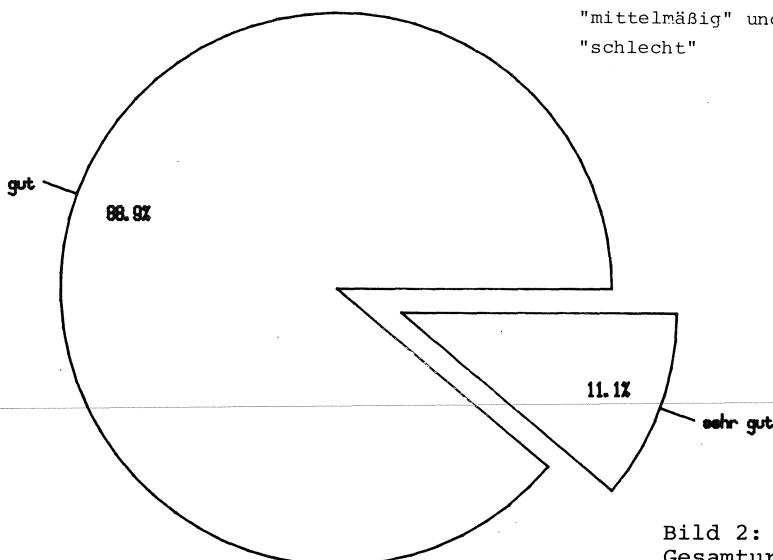


Bild 2: PEARL Kurs 14.-18. 9. 81 Beurteilung Gesamturteil

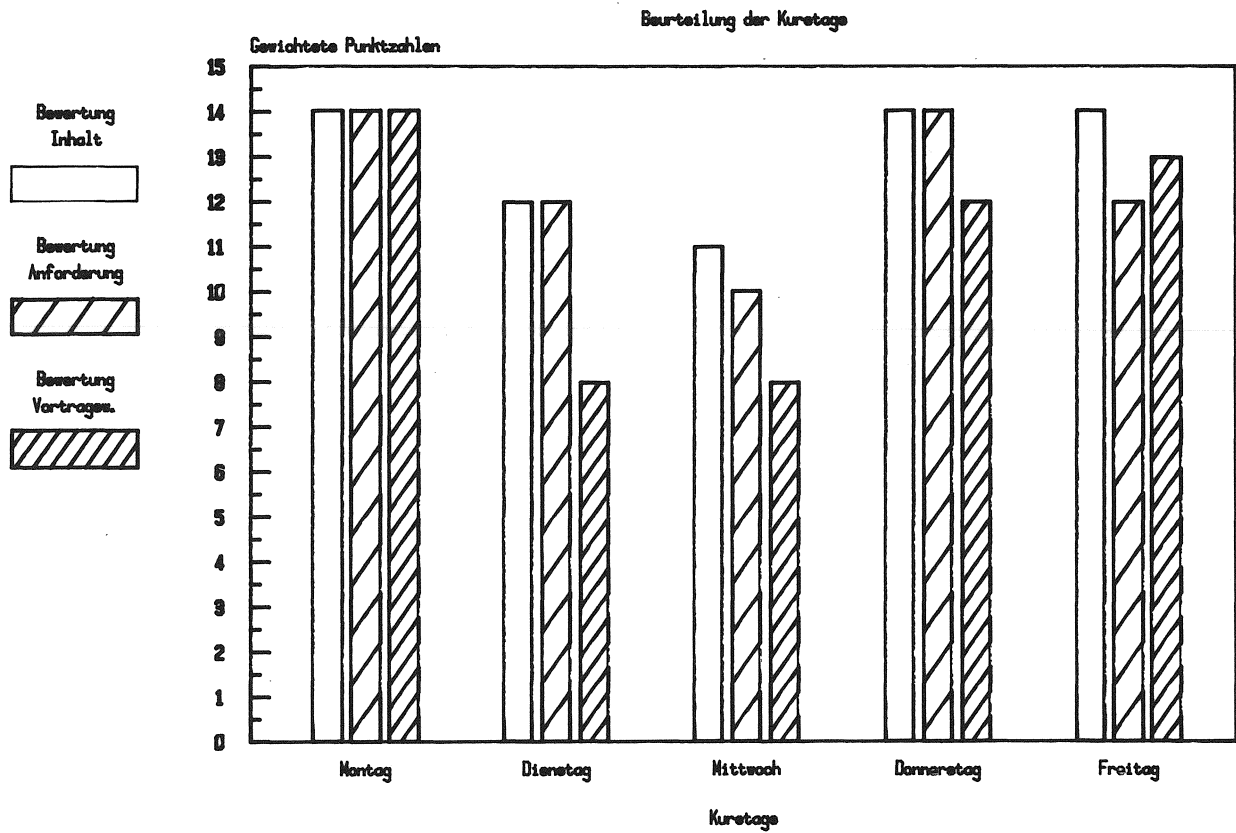


Bild 3: Beurteilung PEARL Kurse 14.-18. 9. 81

ANSCHRIFT DES AUTORS

Roehrich, Thomas

Institut fuer Verfahrenstechnik  
 und Dampfkesselwesen  
 Abteilung fuer Stromerzeugung  
 und Automatisierungstechnik  
 Pfaffenwaldring 9  
 7000 Stuttgart 80

Tel. 0711/784-6203

