Programmierung und Modellierung fehlertoleranter Echtzeitsysteme

Sommersemester 2007

- Prof. Dr.-Ing. habil. Armin Zimmermann
- Christian Reinicke
  EN 245, 314-79336, reinicke@cs.tu-berlin.de

Vorlesung:	Do 12-14, MA041
Übung:	Nur zu Schwerpunkten im Praktikum Dienstag 12-14 Uhr, HL001 24.4., 08.5., 5.6., 19.6., 17.7.
Rechnerzeiten:	EN258, EN266 (Türcode: **4532**) Di 14-18, betreut: 15-17 Uhr Beginn in dieser Woche
Unterlagen:	Verkauf in der ersten Rechnerzeit 1€ ADA-Unterlagen (wie in EES) alles andere auf der Web-Seite
Anrechnung:	alle Studiengänge 4 SWS, TNA

Weitere Informationen, kurzfristige Änderungen:
http://pdv.cs.tu-berlin.de/PMFE-SS2007/

Großübungen

- zu Schwerpunkten im Praktikum
- Dienstag 12-14 Uhr, HL001

24. 04.	Eisenbahn-API (Aufgabe 1 und 3)
08. 05.	TimeNET und Petri-Netze (Aufgabe 2)
05. 06.	Leistungsbewertung mit TimeNET und Ausfallüberwachung (Aufgaben 4 und 5)
19. 06.	Simulation
17. 07.	Fragestunde zur Klausur

Klausur

- Mittwoch, 25. Juli 09-12 Uhr im A151
- Alle Unterlagen zugelassen (Kofferklausur)
- Voraussetzung:
  alle Übungsaufgaben erfolgreich bearbeitet

Praktikum

A❶ **Messung der Lok-Fahrzeiten** (Ada)
Einarbeitung in Eisenbahn und API
Abgabetermin: 15. Mai 2007

A❷ **Modellierung und Verifikation** (TimeNET)
Petri-Netze, Modell der Zugsteuerung
Abgabetermin: 29. Mai 2007

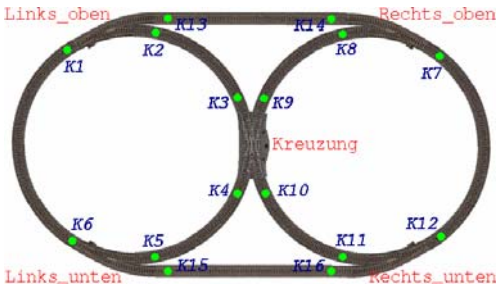
A❸ **Steuerprogramm** (Ada)
Fehlertolerante Steuerung von zwei Loks
Abgabetermin: 12. Juni 2007

A ❹ **Leistungsbewertung** (TimeNET)
Stochastische Modellierung, optimale Parameter
Abgabetermin: 03. Juli 2007

A ❺ **Redundante Steuerung** (Ada)
Ausfalltoleranz, hot standby
Abgabetermin: 17. Juli 2007

- erste Rechnerübung
  - verspätete Anmeldungen
  - Wechsel in andere Gruppe abstimmen
  - Verkauf der Unterlagen
- Praktikumsräume
  Entwicklungsrechner: EN258, EN259, EN266
  Eisenbahnanlage: EN266a

Eisenbahnanlage

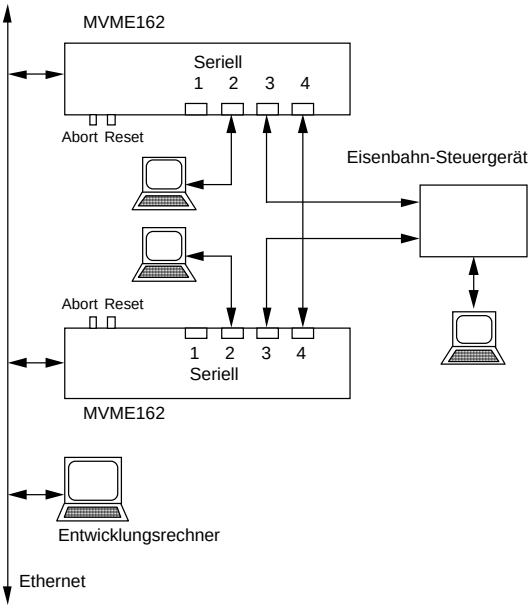


- Märklin Digital, Steuerung über Märklin-Interface
- Reed-Kontakte K1..K16 an Rückmeldemodul, Magnete an Loks

Arbeitsumgebung

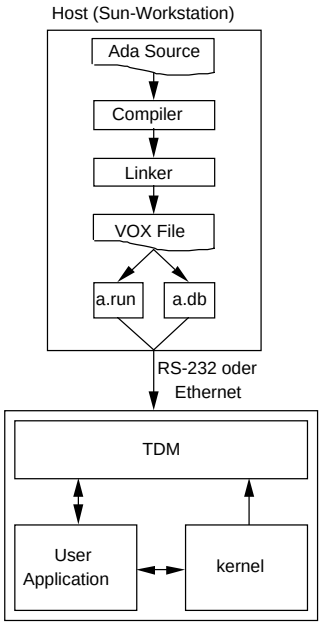
- Entwicklungsrechner Sun
- Echtzeitrechner **gold/zink**, **zinn/kupfer**
  - MVME 162LX-263,
    Prozessor Motorola 68040, 16 MB RAM, VME-Bus,
    Schnittstellen: seriell, parallel, SCSI, Ethernet

Hardwarekonfiguration



Softwarekonfiguration

Ada-Cross-Compiler von VADS
(Verdix Ada Development System)



Auf dem Echtzeitrechner laufen:

- **`etdm`**
  - Ethernet Turbo Debug Monitor
  - verbindet Sun und MVME162 über Ethernet
  - wird nach dem Einschalten und nach Reset automatisch über Ethernet geladen und gestartet (Bootserver fabel)
- **`krn.vox`**
  - Laufzeitkern für Ada-Benutzerprogramme im Verdix Objects Excecutable (vox)-Format
  - wird beim Laden des Benutzerprogramms mittels **`start`** automatisch als erstes auf MVME162 geladen
  - wird nicht gestartet
- **`bahn.vox`** (Bsp.)
  - ausführbares Ada-Benutzerprogramm
  - wird mittels **`start`** geladen und gestartet

Softwareentwicklung

- alle Kommandos der Ada-Entwicklungsumgebung in **`/home/pdv/pdv/vads/bin/`**
  (unabhängig von Lehrveranstaltung)
- alle PMfE betreffenden Dateien stehen in **`/home/pdv/pdv/lehre/pmfe/...`**
- LV-spezifische Kommandos: **`init`**, **`makelib`**, **`start`**
- zu Beginn jeder Sitzung Umgebung initialisieren:
  `source /home/pdv/pdv/lehre/pmfe/init`
  (in jedem X-Terminal, automatisieren; für bash)
  Achtung: nicht mit alten Einstellungen oder denen von Robotik vermischen, immer klar umschalten!
- zur Verfügung gestellte Pakete sind in der Ada-Library im Unterverzeichnis: **`eisenbahn/pmfelib`**
- Verzeichnis zur Programmentwicklung anlegen, z.B. :
  `~/pmfe/e1/`
  in dieses Verzeichnis wechseln, dort
  `makelib` ***`(nur auf bolero!)`***
  ausführen
  ⇒ Ada-Library wird erzeugt (jedes Verzeichnis kann in eine Ada-Library gewandelt werden)
- Ada-Programm schreiben
  - Namenskonvention: **`name_s.a`** : specification
    `name_b.a` : body

- Pakete übersetzen: (richtige Reihnefolge!)
  `ada name_s.a`
  `ada name_b.a`
- Programm binden:
  `a.ld` <Name Hauptprogramm> **`-o`** <Programmname>
  Bsp: **`a.ld bahn_main -o bahn.vox`**
- wer möchte, benutzt **`a.make`** (s. Manual)
- Hilfe zu allen Kommandos:
  - **`a.help`**
  - Manual “Die Ada-Umgebung”
  - **`/home/pdv/pdv/vads/man`** in MANPATH-Variable aufnehmen
- **`start`** <Rechnername> <ausführbares Programm>
  Shell-Script für Mehrbenutzerbetrieb im Praktikum
  - Vorprogramm erwartet Bestätigung durch Eingabe des Benutzernamens
  - nach Bestätigung lädt **`start`** Benutzerprogramm **`bahn.vox`** und startet dieses
  - **`startdr`** startet Programm gleichzeitig auf beiden Rechnern (Aufgabe 5)
  - **`queues`** zeigt Zustand der Warteschlangen an

Hinweise

- alle Ausgaben über Prozeduren von `Text_Io` gelangen zur Sun und werden in dem X-Terminal dargestellt, in dem **`start`** aufgerufen wurde
- Rechner nicht länger als 3 Minuten belegen
- Programmende
  - normales Ende:
    Ausgabe auf der Sun (normally)
  - Ende mit Exception:
    Ausgabe auf der Sun (Name der Exception)
  - Absturz: (kommt nicht vor !?)
    Reset an MVME162 (reboot)

Vorgegebene Pakete

- In der Ada-Library
  `/home/pdv/pdv/lehre/pmfe/eisenbahn/pmfelib`
  befinden sich bereits folgende Pakete:
  - **`SERIAL_IO`**: Basisroutinen zur Ein- und Ausgabe über die 4 seriellen Schnittstellen
  - **`SCREEN`**: spezielle Routinen zur Ausgabe auf dem VT100-Terminals an der 2. seriellen Schnittstelle
  - **`Bahn_Defs`**: vordefinierte Typen für Züge, Weichen und Kontakte
  - **`Eisenbahn_Io`**: Schnittstelle zur Prozeßperipherie, Routinen zur Kommunikation mit dem Eisenbahn-Steuergerät auf logischer Ebene
  - **`Terminal_Io`**: spezialisierte Ein- und Ausgaberoutinen für Benutzungsoberfläche der Eisenbahnsteuerung

Vorgegebenes Paket **`Bahn_Defs`**:

```
package Bahn_Defs is

subtype T_Lok_Nr is Byte range 1..80;
```

Loknummern von 1 bis 80 sind möglich.

```
subtype T_Geschwindigkeit is Byte
                          range 0..14;
```

0: Halt, 1: langsam, 14: schnell

```
type T_Weiche is (Links_Oben,
   Links_Unten, Kreuzung,
   Rechts_Oben, Rechts_Unten);
```

Die Weichen sind so bezeichnet, wie sie von einem Betrachter vor der Anlage gesehen werden.

```
type T_Richtung is (Gerade, Rund);
```

Jede Weiche hat zwei mögliche Stellungen:
Gerade: Nicht abbiegen bzw. Kreuzung überqueren,
Rund: Abbiegen bzw. Kreuzung nicht überqueren

```
type T_Kontakt is (K1, K2, K3, K4, K5,
      K6, K7, K8, K9, K10, K11, K12,
      K13, K14, K15, K16);
```

Entspricht den auf der Anlage angegebenen Kontaktbezeichnungen.

```
type T_Kontaktfeld is
          array (T_Kontakt) of Boolean;
```

Jedes Kontaktfeld ist 2 Bytes groß
(1 Bit/Kontakt = 2 Bytes)

```
end Bahn_Defs;
```

Vorgegebenes Paket **Eisenbahn_Io**:

```
package Eisenbahn_IO is

procedure Initialisieren;
```

Initialisiert das Steuergerät und setzt alle 80 möglichen Lokgeschwindigkeiten auf Null, sowie alle Weichen auf gerade. Dauert ca. 10 Sekunden!

```
procedure Initialisieren
            (Lok1, Lok2: in T_Lok_Nr);
```

Initialisiert die Eisenbahnanlage. Die Fahrtgeschwindigkeiten der angegebenen Loks werden auf Null (Halt) gesetzt und alle Weichen werden gerade gestellt.

Mögliche Werte für Lok1/2: 1 - 80

```
procedure Nothalt;
```

Stoppt mit sofortiger Wirkung alle Züge; Wiederaufnahme des Fahrbetriebs ist nur durch erneutes Initialisieren möglich.

```
procedure Lok_Steuern (Lok: in T_Lok_Nr;
 Geschwindigkeit: in T_Geschwindigkeit);
```

Setzt die Fahrtgeschwindigkeit der angegebenen Lok. Mögliche Werte für Lok 1 – 80
Mögliche Werte für Geschwindigkeit: 0 (Halt), 1 (langsam) - 14 (schnell)

```
procedure Weiche_Schalten
       (Nr: in T_Weiche;
        Richtung: in T_Richtung);
```


Schaltet eine Weiche in die angegebene Richtung. Mögliche Werte für Nr: Links_Oben, ...

Mögliche Werte für Richtung: Gerade, Rund

```
procedure Kontaktstatus_abfragen
      (Aktiv : in Boolean;

       Kontakte: out T_Kontaktfeld;

       Empfangen: out Boolean);
```

Liefert die seit dem letzten Auslesen überfahrenen Kontakte zurück. Mit Aktiv auf "true" wird der Auslesevorgang initiiert, danach blockiert die Funktion so lange, bis Kontaktdaten empfangen wurden. Empfangen ist danach immer "true". Mit Aktiv auf "false" wird nichtblockierend auf den ankommenden Kontaktstatus gewartet. Empfangen gibt dabei an, ob Kontaktdaten gelesen wurden. Der passive Rechner muss die Funktion mit Aktiv auf "false" aufrufen.

```
procedure Zeit_holen(Zeit : out Time);
```

Gibt die aktuelle Systemzeit zurück.

```
procedure Schreiben (B :in Byte);
```

Sendet ein Byte an den anderen Echtzeitrechner.

```
procedure Lesen (B : out Byte;
        Empfangen : out Boolean);
```

Liest ein Byte nichtblockierend vom anderen Echtzeitrechner. Empfangen gibt dabei an, ob ein Byte gelesen wurden.

```
end Eisenbahn_IO;
```


Vorgegebenes Paket **Terminal_Io**:

- Ausgabe des aktuellen Zugstatus auf dem Terminal
- ASCII-„Grafik“ bereits vorgegeben

```
package Terminal_Io is

procedure Anhalten (Lok: T_Lok_Nr;
Kontakt: T_Kontakt);
```

Stellt eine angehaltene Lok auf dem gegebenen Kontakt dar. Lok: 1 – 80, Kontakt: K1 - K16

```
procedure Fahren (Lok: T_Lok_Nr;
               Kontakt: T_Kontakt);
```

Stellt eine fahrende Lok auf dem gegebenen Kontakt dar. Lok: 1 – 80, Kontakt: K1 - K16

```
procedure Stellen (Nr: T_Weiche;
            Richtung: T_Richtung);
```

Stellt die Richtung einer Weiche dar. Mögliche Werte für Nr: Links_Oben, Links_Unten, Kreuzung, Rechts_Oben, Rechts_Unten. Mögliche Werte für Richtung: Gerade, Rund

```
procedure Ein_Zeichen_Einlesen
          (Zeichen: in out CHARACTER);
```

Gibt Prompt "Eingabe:" aus und liest ein Zeichen von der Tastatur.

```
procedure Ein_Zeichen_Nichtblock._Einlesen
        (Zeichen: in out CHARACTER;
         Empfangen : Boolean);
```


Liest ein Zeichen nichtblockierend von der Tastatur. Wenn ein Zeichen gelesen wurde, liefert Empfangen true zurück.

```
procedure Lok_Nr_Einlesen
   (Prompt: String; Lok: out T_Lok_Nr);
```

Gibt Prompt aus und liest die Lok-Nr. ein

```
procedure Fehler (Text: String);
```

Gibt "Fehler:" gefolgt von Text aus

```
procedure Anzeigen (Text: String);
```

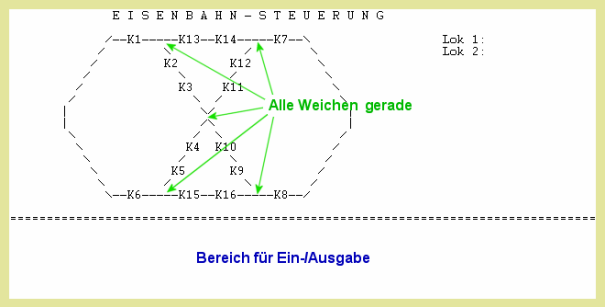
Gibt übergebenen Text aus.

```
procedure Init_Grafik(L1,L2 : T_Lok_Nr);
```

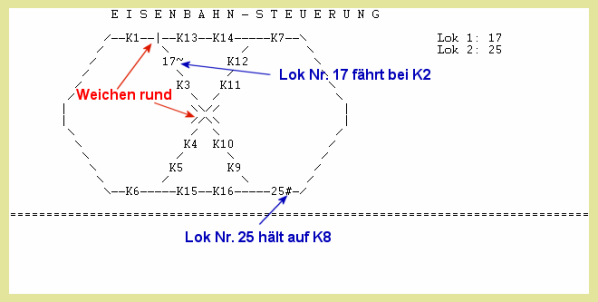
Initialisiert den Bildschirm und zeichnet einen Gleisplan. L1/L2 geben die verwendeten Loknummern an.

```
end Terminal_Io;
```

Benutzung von `Terminal_IO`



Zustand nach der Initialisierung



Beispiel während des Betriebs

Fahren auf der Anlage

- Zu Beginn: Anlage in mit Initialisierungsbefehl in Startzustand versetzen!
  - Loks anhalten
  - Weichen „gerade“ schalten
  - Anlagenstrom einschalten

Warum?

- Loks speichern ihre Geschwindigkeit
- Weichen haben keinen definierten Ausgangszustand.

Fallstricke VADS-Compiler …

- **`a.run`** (**`start`**) im aktuellen Verzeichnis oder mit absoluten Pfaden benutzen
  a.run kann keine relativen Pfade und keine Links auflösen !
- Daten im Puffer der seriellen Schnitstelle erzeugen manchmal Abbruch mit Meldung:
  a.run_etdm : unexpected target signal: processor exception number …
  beim Start des Programms
  Abhilfe: Programm nochmals starten
- Programm terminiert ohne Fehlermeldung (!) bei
  – nicht ausführbaren delay-Anweisungen
  – Verklemmungen
    Abhilfe:
    V_XTasking.Set_Exit_Disabled (Value: Boolean);
- Compiler erzeugt Fehler in überwachten Ausdrücken der Form:

```
select
   accept bla do
      action1;
   end bla;
or
   when condition => action2;
or
   …
end select;
```


wenn mit **`condition`** auf Aggregate
(z. B. auf Komponenten von records) zugegriffen wird