



Prozessinformations- verarbeitung (PIV)

Echtzeitverarbeitung

Professur für Prozessleittechnik
Wintersemester 2008/2009

Ziele

- Auswahl geeigneter Verfahren zur Lösung von Aufgaben der Informationsverarbeitung, die in Echtzeit erfolgen müssen.
- Planung und Überprüfung der Zuteilung von Rechenzeit auf mehrere Tasks in einem Einrechnersystem

Lehrinhalte

- Echtzeitverarbeitung
 - Definition
- Scheduling
 - Verfahren zur Zuteilung von Rechenzeit
- Synchronisation
 - Mittel zur Koordinierung des Zugriffs auf beschränkte Ressourcen
- Echtzeitkerne und APIs
 - IEEE Posix
 - Bibliotheken vs. Betriebssysteme

Beispiel 1: Bildschirmdialogsystem

- Menschen geben Daten über entsprechende Eingabemedien (Tastatur, Maus) in den Computer (und erwarten eine Rückmeldung in angemessener Zeit)
- Beispiele: Platzbuchungssysteme bei Luftfahrtgesellschaften, Kontoführungssysteme bei Banken, Lagerhaltungssysteme, u.s.w.
- Antwortzeiten: wenige Sekunden

Beispiel 2: Multimodale Dialogsysteme

- Multimodale Dialogsysteme nehmen über unterschiedliche Modalitäten Eingaben des Benutzers auf (Sprache, Video, Gestik, Haptik) und verarbeiten diese Eingaben
- Beispiele: VR-Cave, Fly-by-wire
- Antwortzeiten: Je nach Modalität (Sinneskanal) unter einer Mikrosekunde (physische Eindrücke, Haptik, Force Feedback) bis hin zu einigen Millisekunden (fließende optische Eindrücke)

Beispiel 2: Automatisierungssysteme

- Ein Automatismus erfasst Prozessdaten, verarbeitet diese und greift steuernd und regelnd in den technischen Prozess ein.
- Beispiele: Kraftfahrzeugelektronik, Motorsteuerung, Robotik, Anlagenautomatisierung
- Antwortzeiten: Mikrosekunden (KFZ, Motor) bis Sekunden (Anlagen)



Echtzeitverarbeitung

Definitionsversuche

Lauber & Göhner (1999)

- Echtzeitfähigkeit = **Eigenschaft eines Rechnersystems**, Rechenprozesse ständig ablaufbereit zu halten derart, dass innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne auf Ereignisse im Ablauf eines technischen Prozesses reagiert werden kann

DIN 44300

- Echtzeitbetrieb = **Betrieb eines Rechensystems**, bei dem Programme zur Verarbeitung anfallender Daten ständig betriebsbereit sind derart, dass die Verarbeitungsergebnisse innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne verfügbar sind

POSIX 1003.1

- **Echtzeit in Betriebssystemen:** Die Fähigkeit des Betriebssystems innerhalb einer bestimmten, begrenzten Antwortzeit einen bestimmten Dienst zu gewährleisten

Wikipedia

- Von **Echtzeitsystemen** (englisch *real-time system*) spricht man, wenn ein System ein Ergebnis innerhalb eines vorher fest definierten Zeitintervalles garantiert berechnet, also bevor eine bestimmte Zeitschranke erreicht ist. Die Größe des Zeitintervalles spielt dabei keine Rolle: Während bei einigen Aufgaben (Motorsteuerung) eine Sekunde bereits zu lang sein kann, reichen für andere Probleme Stunden oder sogar Tage. Ein Echtzeitsystem muss also nicht nur ein Berechnungsergebnis mit dem richtigen Wert, sondern dasselbe auch noch **rechtzeitig** liefern. Andernfalls hat das System versagt.

Zusammenfassung

- Ständige Ablaufbereitschaft von **mehreren** Prozessen.
- **Rechtzeitige** Reaktion auf Ereignisse innerhalb einer definierten Zeitspanne.
- Sowohl **logische** als auch **zeitliche Randbedingungen** müssen erfüllt sein.
- Eine **obere Schranke** für Reaktions- und Berechnungszeit muss vorhersagbar sein.
- Mechanismen für den **zeitlich determinierten** Zugriff auf geteilte Ressourcen.



Kenngrößen von Echtzeitsystemen

Rechtzeitigkeit

Gleichzeitigkeit

Spontane Reaktion auf Ereignisse (Verfügbarkeit)

Rechtzeitigkeit

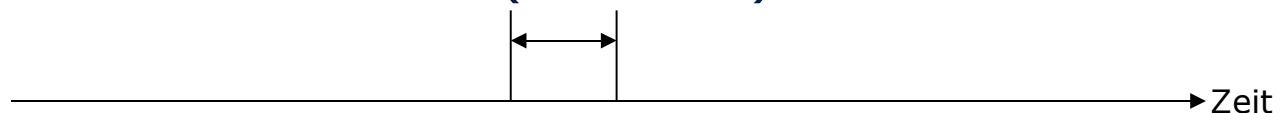
- **Rechtzeitigkeit** bezieht sich auf die zeitlichen Aspekte der Interaktion mit dem technischen Prozess.
 - Eingabedaten müssen rechtzeitig abgerufen werden.
 - Ausgabedaten müssen rechtzeitig verfügbar sein.
- **Absolutzeitbedingung:**
 - Bedingung bezieht sich auf die Uhrzeit, z.B.
 - Signal muss um 11.45 gegeben werden
- **Relativzeitbedingung:**
 - Bedingung bezieht sich auf den Zeitpunkt eines Ereignisses / Zustands, z.B.
 - Abschalten 10 Sekunden nach Überschreitung eines Grenzwerts

Zeitliche Bedingungen

- zu einem festen Zeitpunkt (at)



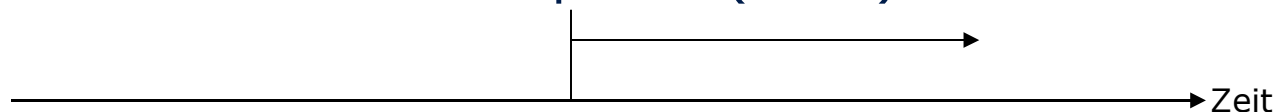
- in einem Zeitintervall (between)



- bis zu einem spätesten Zeitpunkt (before, deadline)



- zu einem frühesten Zeitpunkt (after)



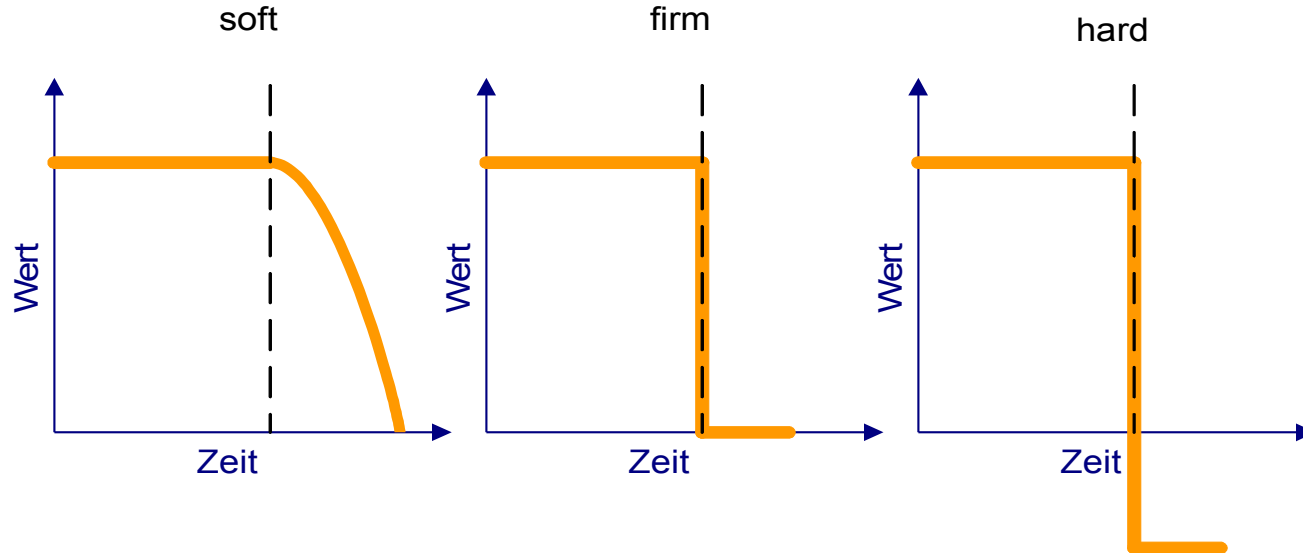
	Absolutzeit- bedingung	Relativzeit- bedingung
Zu einem festen Zeitpunkt	Analyse von Stoffen in der Chemie	Zündzeitpunkt Motor
In einem Zeitintervall	Abtasten von Regelgrößen $t_i = \Delta T * i + \varepsilon$	Messwertüber- wachung auf gleitende Grenzen
bis zu einem spätesten Zeitpunkt	Erfassen von Datentelegrammen	Erfassen von Stückgutkennungen
zu einem frühesten Zeitpunkt	Folgesteuerung bei einem Chargenprozess	Erfassung von Signalen einer Lichtschranke

Voraussetzungen für Rechtzeitigkeit

- Hinreichende Verarbeitungsgeschwindigkeit
- Zeitliche Vorhersagbarkeit
- Harte Echtzeitbedingungen (Hard Real-time)
 - Schaden bei verletzter Zeitbedingung
- Feste Echtzeitbedingungen (Firm Real-time)
 - Kein Nutzen bei verletzter Zeitbedingung
- Weiche Echtzeitbedingungen (Soft Real-time)
 - Qualitätsminderung bei verletzter Zeitbedingung

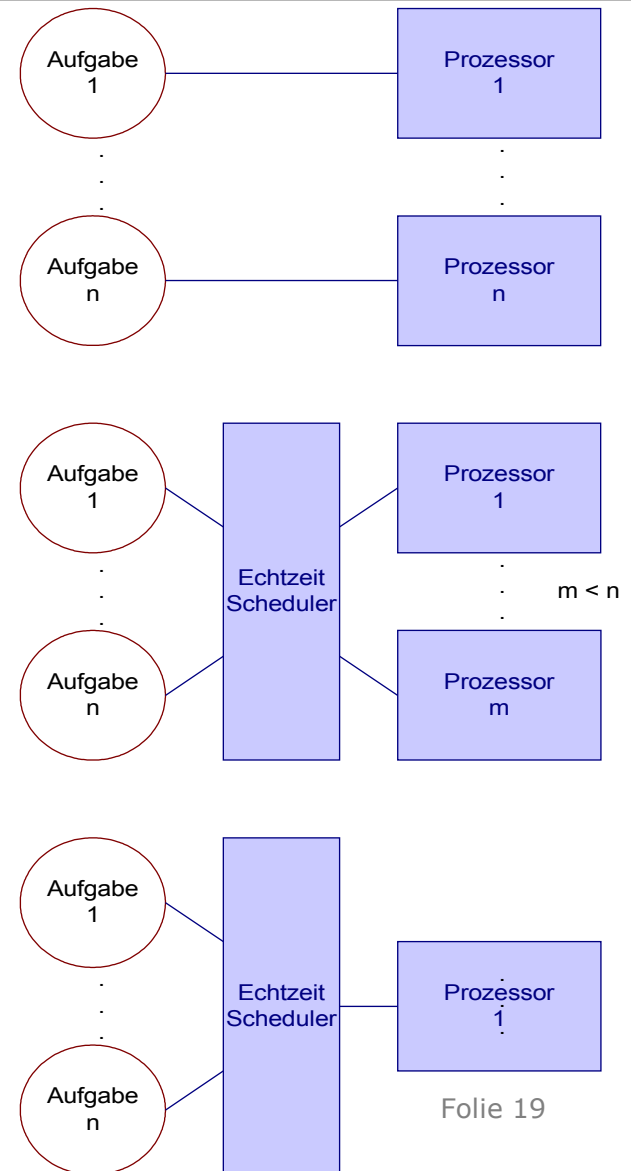
Time Utility Function

- Wert einer Aktion = $f(\text{Ausführungszeit})$



Gleichzeitigkeit

- Mehrere (n) Aufgaben sind gleichzeitig durchzuführen.
 - Vollständige Parallelverarbeitung in n Mehrprozessorsystem.
 - Quasi-Parallelverarbeitung in $m < n$ Prozessoren
 - Quasi-Parallelverarbeitung mit einem Prozessor.
- Erfüllung mit einem einzigen Computer?
 - Zeitkonstanten \ll Ausführungszeit



Verfügbarkeit

- A) Zusicherung der zeitlichen Eigenschaften über lange Zeiträume (24/7)
- B) Kein Blockieren des Betriebs für kurzfristige Reorganisationsphasen und Systemzugriffe (Datenbanken, Speicherbereinigung)
 - Reorganisationsfreie Algorithmen
Deterministische dynamische Speicherverwaltung wie in C++ realisiert (new,delete)
 - Reorganisation in kleinen Schritten
Incremental Garbage Collection in Real-time Java (PERC, JamaicaVM)
 - PREEMPT-Patches
Reorganisation von Systemzugriffen derart, dass unterbrechbar.

Determiniertheit

- Ein System heißt **determiniert**, wenn sich für jeden möglichen **Zustand Z_n** und für jede Menge an **Eingangsinformation I** eine eindeutige Menge von **Ausgabeinformation A** und ein eindeutiger **nächster Zustand Z_{n+1}** bestimmen lassen.
 - $[A, Z_{n+1}] = f(I, Z_n)$
- Voraussetzungen: Endliche Menge von Systemzuständen
 - Zeitliche Diskretisierung (Taktrate)
 - Informationsdiskretisierung

Zeitlich determinierte Systeme

- Neben der logischen Determiniertheit ist auch die Antwortzeit für jede Menge von Ausgabeinformationen bekannt.
- In einem determinierten System ist garantiert, dass das System zu jedem Zeitpunkt reagieren kann, in einem zeitlich determiniertem System auch, bis wann die Reaktion erfolgen wird.
- Wichtig für Rechtzeitigkeit, Gleichzeitigkeit

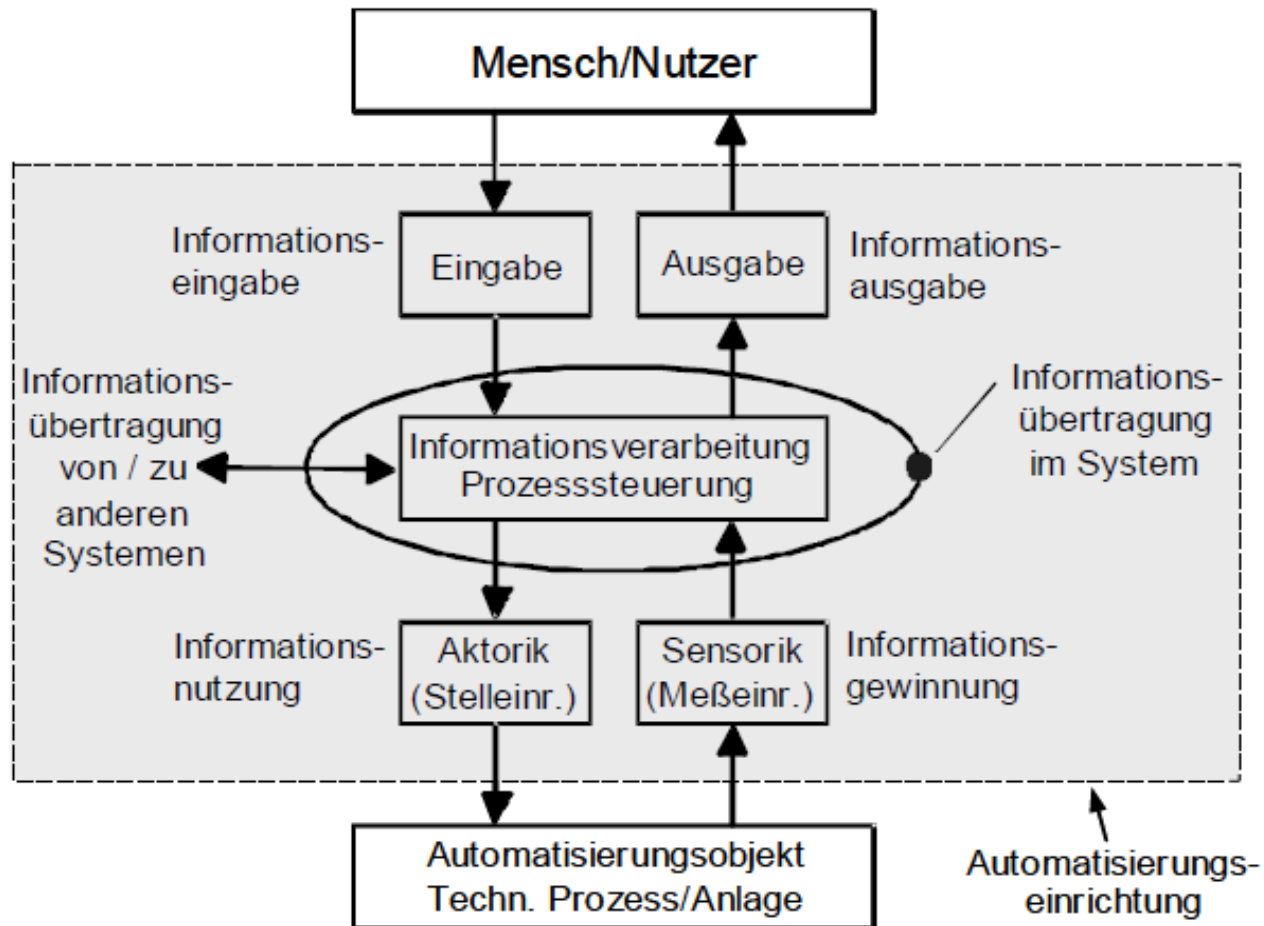


Automatisierungsmittel

Rechtzeitigkeit

Gleichzeitigkeit

Spontane Reaktion auf Ereignisse (Verfügbarkeit)



(Wörn & Brinkschulte 2005)

Anforderungen

- Funktionale Anforderungen
- Zeitliche Anforderungen
- Zuverlässigkeitsanforderungen
- Anforderungen an die Architektur
- Kosten

Funktionale Anforderungen

- Daten-Akquisition und Überwachung (Monitoring)
- Kontrolle des physischen Prozesses
- Erkennung und Behandlung von Alarmsituationen
- Informationsdarstellung und Bedienungsführung für den Operator
- Fehlerbehandlung
- Kommunikation mit Rechnern in einer erweiterten Infrastruktur
- Informationsaufbereitung für Berichte und langfristige Speicherung

Zeitliche Anforderungen

- Zeitliche Gültigkeit der Echtzeitdaten!
 - Wenn Daten verarbeitet oder angezeigt werden, müssen sie zeitliche Gültigkeit besitzen. **Echtzeitdaten altern!**
- Maximale Antwortzeiten
 - Die maximalen Ausführungszeiten für individuelle Berechnungen (eingeschlossen Stimulus-Berechnung-Antwort-Zyklen) müssen beschränkt und bekannt sein.
- Zeitliche Vorhersagbarkeit
 - Das zeitliche Verhalten des Gesamtsystems muss in allen Situationen exakt vorhersagbar sein, insbesondere auch unter Bedingungen, die sehr selten auftreten.

Garantien vs. „Best Effort“

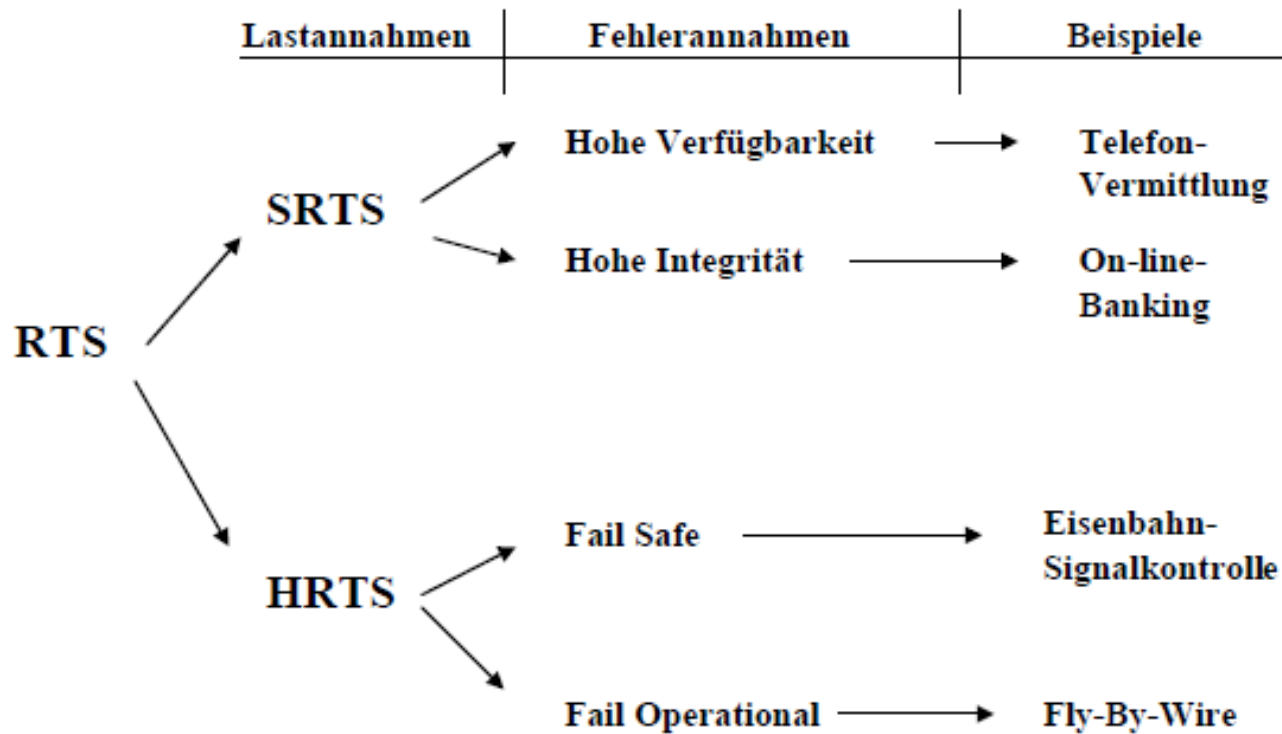
- Zeitliche Garantie
 - Für eine bestimmte Realisierung eines RT-Systems wurde zeitliche Korrektheit durch analytische Methode nachgewiesen
 - Spezifikation von Last- und Fehlerannahmen notwendig!
 - Deadlines werden eingehalten
- Best Effort
 - Zeitliche Verifikation auf Basis probabilistischer Aussagen
 - Verfahren zur Behandlung Zeitfehlern notwendig

Klassifikation 1

	Hard RT	Soft RT
Garantien	Steuer- und Überwachungs-Systeme	Telefon-Vermittlungs-Systeme
Best Effort	nicht sinnvoll	Multi-Media Systeme

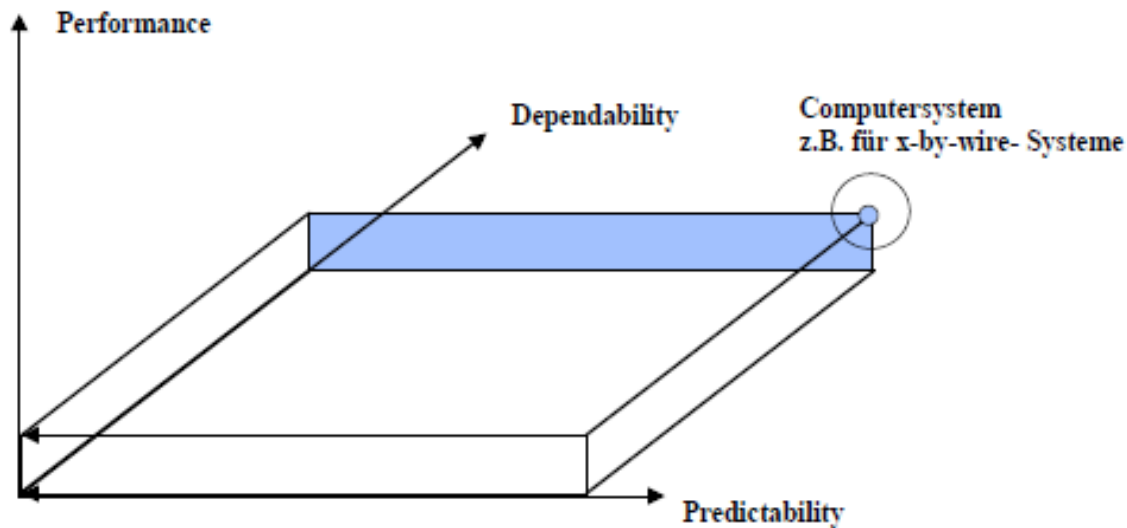
Klassifikation II

Klassifikation von RTS



Anforderungen an die Architektur

- hohe Zuverlässigkeit (Aspekte der Ausfallsicherheit und Prozeßsicherheit im Vordergrund)
- hohe Vorhersagbarkeit (individuelle Garantien unter Spitzenlastannahme)
- adäquate Leistung



Anforderungen an die Architektur

- höchste Leistung
- Vorhersagbarkeit unter statistischen Annahmen
- Zuverlässigkeit: Aspekte der Wartbarkeit und Verfügbarkeit stehen im Vordergrund

