CiAO (CiAO is Aspect-Oriented)

Eine aspektorientiert entworfene Betriebssystemfamilie

Daniel Lohmann
Olaf Spinczyk
Wolfgang Schröder-Preikschat

Lehrstuhl für Informatik IV
Verteilte Systeme und Betriebssysteme
Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg

lohmann@cs.fau.de
http://www4.cs.fau.de/~lohmann

Agenda

- Das CiAO-Projekt: Überblick
- Problemfeld und Hintergrund
- Ansatz
- Beispiel
- Zusammenfassung

Das CiAO – Projekt: Überblick

- DFG-gefördertes BS-Forschungsprojekt (SCHR 603/4)
  - Eine WM-Stelle, zwei Studenten, seit Oktober 2004
- Projektziele
  - Entwicklung einer hochgradig anwendungsgewahren Betriebssystem-Produktlinie für tief eingebettete Systeme
    - Gute Anpassbarkeit an die Anforderungen der Anwendung
    - Geringer Ressourcenbedarf
  - Entwicklung eines **wandlungsfähigen** Betriebssystems
    - Komponentenimplementierung (Treiber, Scheduler, ...) unabhängig von der Architektur (monolithisch, Mikrokern, Bibliothek, ...)
    - Konfigurierbare nicht-funktionale Architektureigenschaften
  - ... durch gezielte **Verwendung von AOP**

Das CiAO – Projekt: Überblick

- Wissenschaftliche Fragestellung
  - Sind Aspekttechniken zielführend bei der Produktlinienentwicklung?
  - Lässt sich durch AOP ein (deutlich) höheres Maß an Konfigurierbarkeit erreichen?
  - Lassen sich damit insbesondere auch nicht-funktionale Eigenschaften / Architektureigenschaften konfigurierbar gestalten?
  - Wie sehen architekturtransparente BS-Komponenten aus?

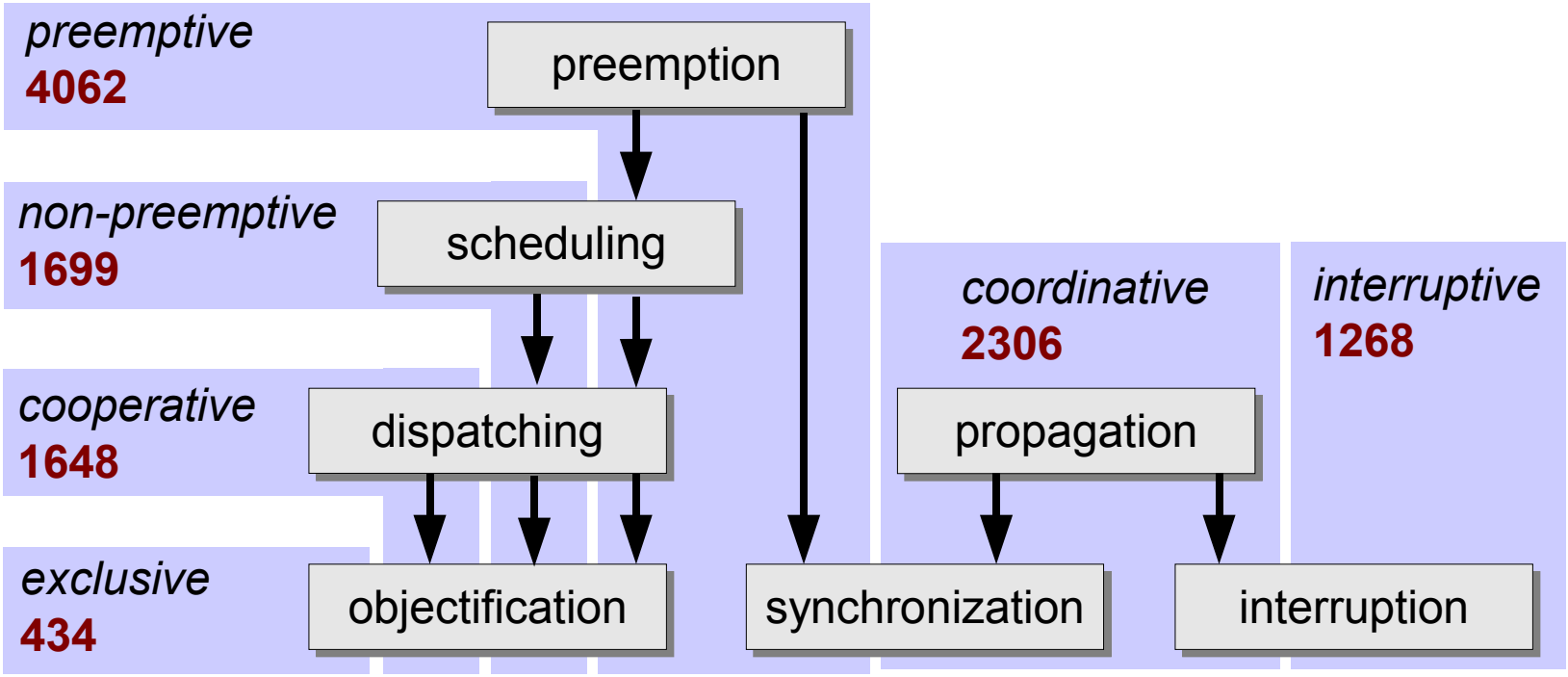
Problemfeld: Anwendungsanpassbarkeit

Zwei Dimensionen der Anwendungsanpassbarkeit

- Granularität (Funktionale Auswählbarkeit)
  - „Ich muss nichts einbinden, was ich nicht brauche“
  - Resultierende Systeme müssen klein sein!
  - Geringstmögliche Anforderungen an die Hardware
- Variabilität (Funktionale Anpassbarkeit)
  - Verschiedenste Plattformen (8-64 Bit, mit/ohne MMU)
  - Alle Eigenschaften lassen sich konfigurieren / anpassen

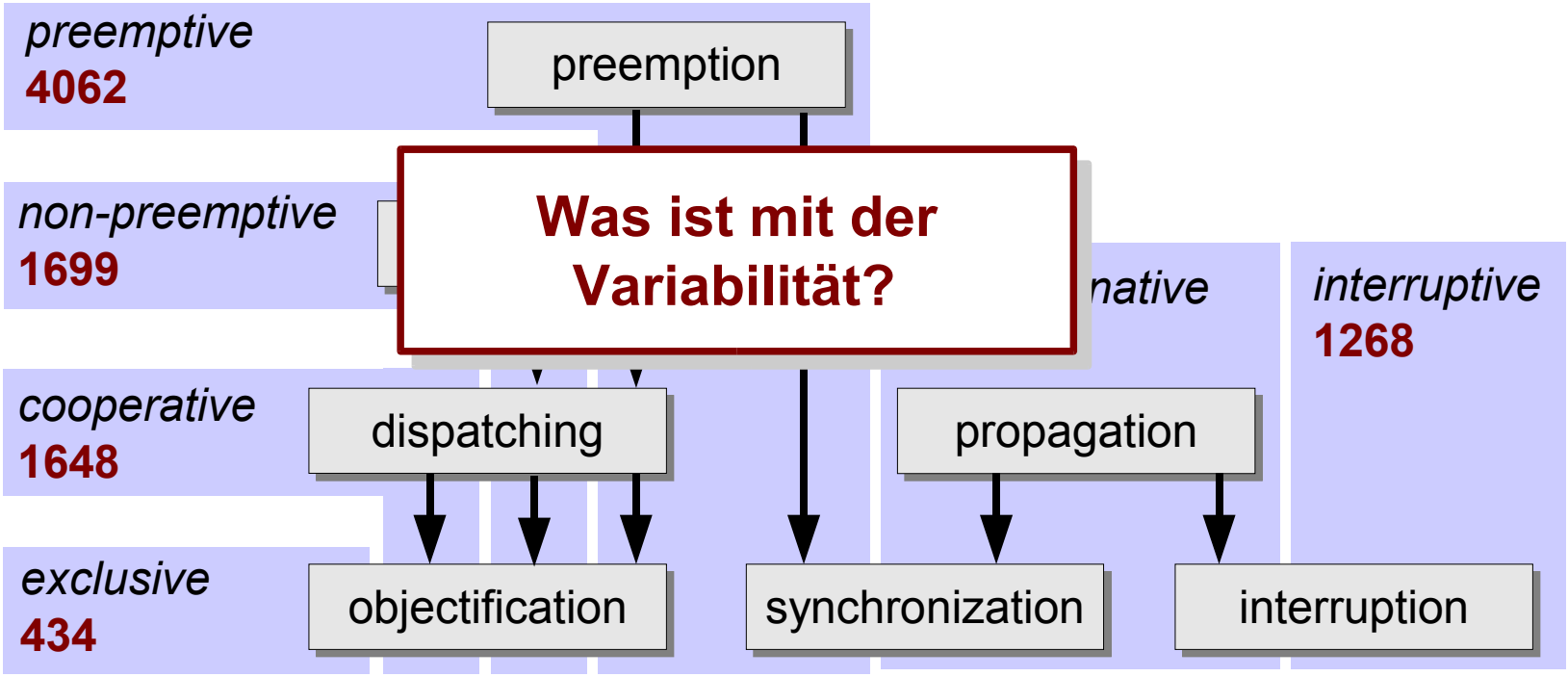
Historie: Der PURE Nucleus

- 1995-2003, Uni Potsdam/Magdeburg
- feinere Granularität geht wohl kaum ;-)

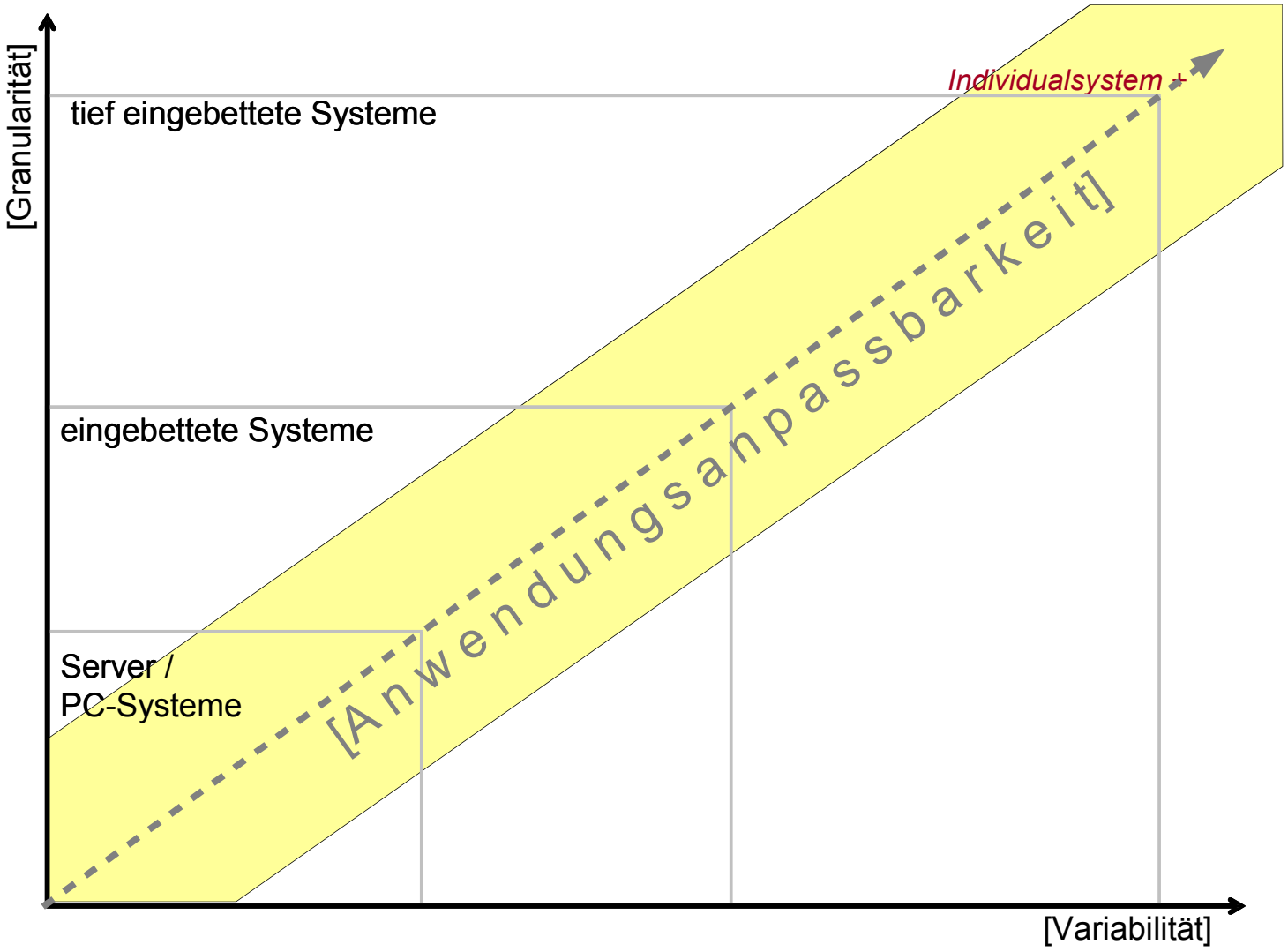


Historie: Der PURE Nucleus

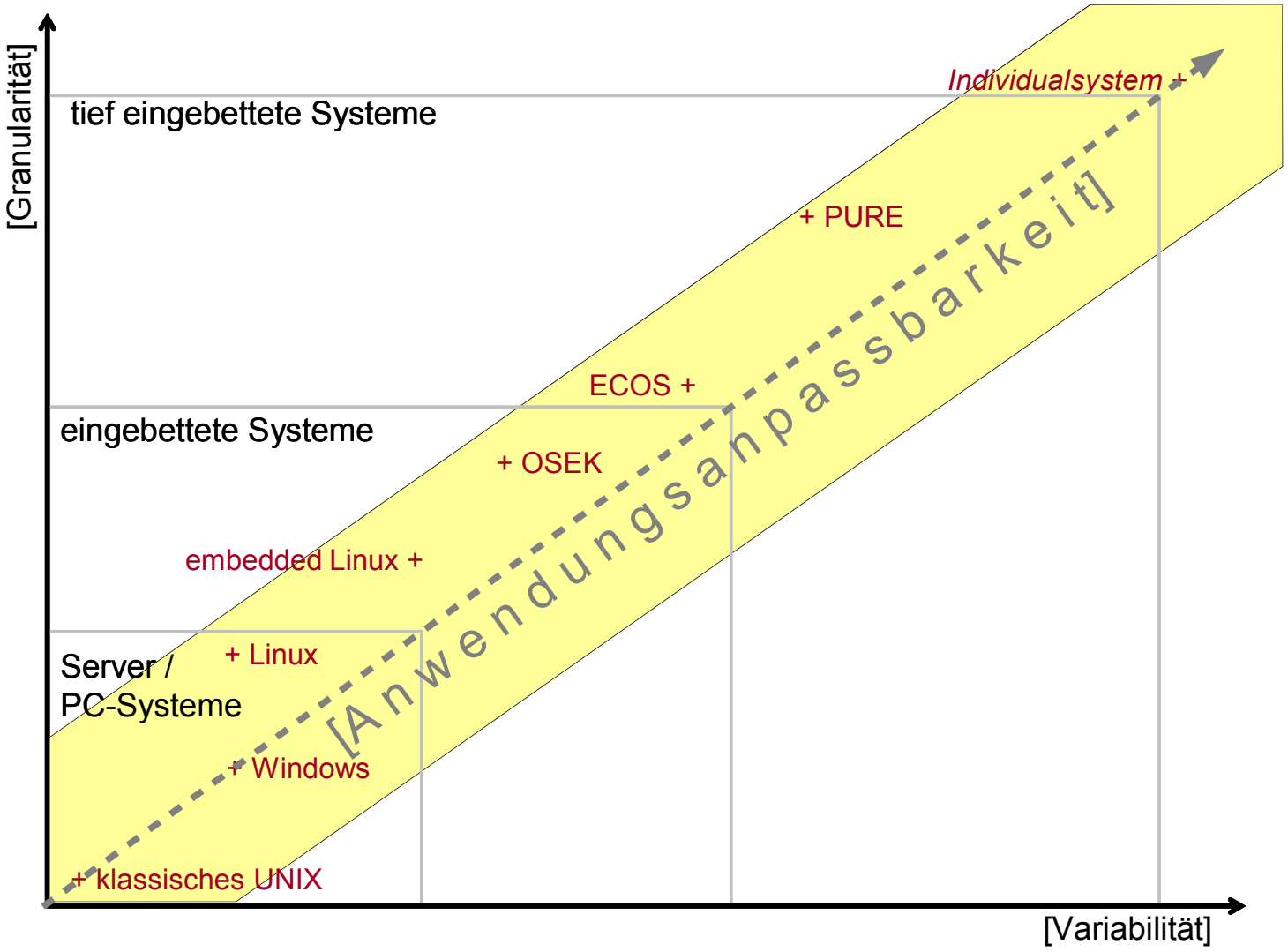
- 1995-2003, Uni Potsdam/Magdeburg
- feinere Granularität geht wohl kaum ;-)



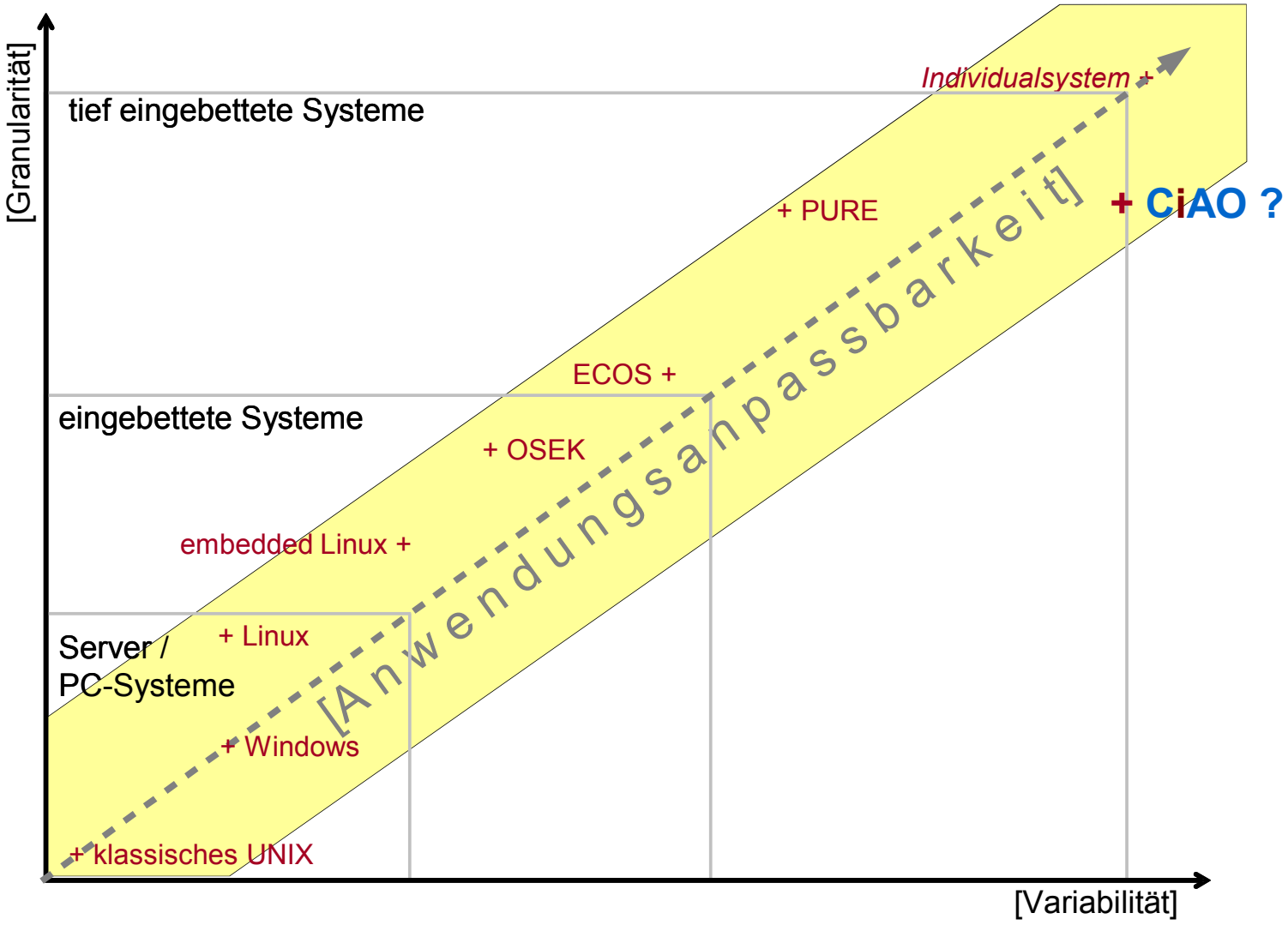
Granularität und Variabilität



Granularität und Variabilität



Granularität und Variabilität



Im Fokus von CiAO: Variabilität

- Konfigurierung nicht-funktionaler Eigenschaften
  - Kernsynchronisation
    - grobgranular, feingranular, ohne
  - Unterbrechungsbehandlung
    - Verteilung (Hardware, Scheduler)
    - Bearbeitung (Handlerfunktion, Prolog-/Epilog, Kernelthread, Prozess)
  - Speicherschutzkonzept
    - ohne, Segmentierung, Addressräume
  - Platzierung der BS-Komponenten
    - gemeinsam, Segmente, Addressräume, Prozesse
  - Interaktion zwischen BS-Komponenten
    - Prozeduraufruf, Nachricht, IPC
  - Optimierungen
    - Caching, Aufrufpfade

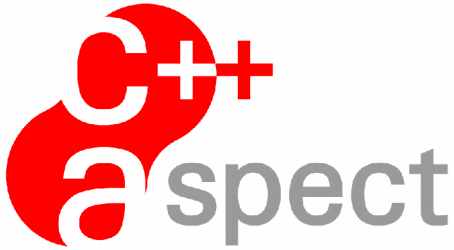
Im Fokus von CiAO: Variabilität

- Konfigurierung nicht-funktionaler Eigenschaften
  - Kernsynchronisation
    - grobgranular, feingranular, ohne
  - Unterbrechungsbehandlung
    - Verteilung (Hardware, Scheduler)
    - Bearbeitung (Handlerfunktion, Prolog-/Epilog, Kernelthread, Prozess)
  - Speicherschutzkonzept
    - ohne, Seg
  - Platzierung
    - gemeinsa
  - Interaktion zwischen BS-Komponenten
    - Prozeduraufruf, Nachricht, IPC
  - Optimierungen
    - Caching, Aufrufpfade

Konfigurierbare Architektur

Ansatz: Verwendung von AOP

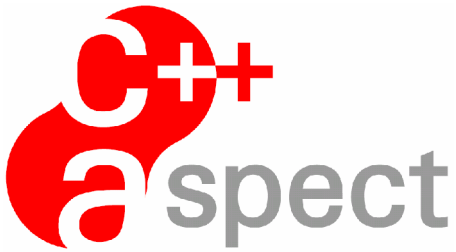
- zur Implementierung querschneidender Belange
  - Strategien (Synchronisation, Ressourcenmanagement...)
  - Plattformspezifische Optimierungen (Caching, Bypassing)
- zur Bindung/Interaktion der Komponenten
  - Je nach Zielarchitektur (Prozedur, Moduswechsel, IPC)
  - Variabilität und Granularität durch lose Kopplung
- zur Platzierung der Komponenten
  - Je nach Zielarchitektur (Addressraum, Thread, Prozess)



Ansatz: Verwendung von AOP

- zur Implementierung querschneidender Belange
  - Strategien (Synchronisation, Ressourcenmanagement...)
  - Plattformspezifische Optimierungen (Caching, Bypassing)
- zur Bindung/Interaktion der Komponenten
  - J
  - V
- zu
  - Je nach Zielarchitektur (Addressraum, Thread, Prozess)

Komponenten müssen aspektgewahr entworfen sein



RS232-Treiber, direkter Zugriff

```
class RS232 {
  ...
public:
  void read(char*, int) {

    ...
    ...

  }
    ...
};
```

```
int main() {
  ...
  RS232 com;
  com.read(buf, 16);
  ...
}
```

RS232-Treiber, konfiguriert als *ProtectedComponent*

```
class RS232 {
  ...
public:
  void read(char*, int) {

    ...
    ...

  }
    ...
};
```

```
int main() {
  ...
  RS232 com;
  com.read(buf, 16);
  ...
}
```

```
class Mutex {
  ...
  void lock();
  void unlock()
};

aspect ProtectedComponent {
  pointcut virtual classes() = 0;
  pointcut virtual funcs() = 0;

  advice classes() : Mutex _m;

  advice execution(funcs())
  : before {
    tjp->that()->_m.lock();
  }

  advice execution(funcs())
  : after {
    tjp->that()->_m.unlock();
  }

};
```

RS232-Treiber, konfiguriert als *ProtectedComponent*

```
class RS232 {
  ...
public:
  void read(char*, int) {

    ...
    ...

  }
    ...
};
```

```
aspect RS232Config
: public ProtectedComponent {

  pointcut classes() = „RS232“;
  pointcut funcs() = „% RS232::%(...);
};
```

```
int main() {
  ...
  RS232 com;
  com.read(buf, 16);
  ...
}
```

```
class Mutex {
  ...
  void lock();
  void unlock()
};

aspect ProtectedComponent {
  pointcut virtual classes() = 0;
  pointcut virtual funcs() = 0;

  advice classes() : Mutex _m;

  advice execution(funcs())
  : before {
    tjp->that()->_m.lock();
  }

  advice execution(funcs())
  : after {
    tjp->that()->_m.unlock();
  }

};
```

RS232-Treiber, konfiguriert als *ProtectedComponent*

```
class RS232 {
  Mutex _m;
public:
  void read(char*, int) {
    __before_1();
    ...
    ...
    __after_1();
  }
    ...
};
```

```
aspect RS232Config
: public ProtectedComponent {

  pointcut classes() = „RS232“;
  pointcut funcs() = „% RS232::%(...);
};
```

```
int main() {
  ...
  RS232 com;
  com.read(buf, 16);
  ...
}
```

```
class Mutex {
  ...
  void lock();
  void unlock()
};

aspect ProtectedComponent {
  pointcut virtual classes() = 0;
  pointcut virtual funcs() = 0;

  advice classes() : Mutex _m;

  advice execution(funcs())
  : before {
    tjp->that()->_m.lock();
  }

  advice execution(funcs())
  : after {
    tjp->that()->_m.unlock();
  }

};
```

RS232-Treiber, konfiguriert als *MiniServer*

```
class RS232 {
  ...
public:
  void read(char*, int) {

    ...
    ...

  }
    ...
};
```

```
int main() {
  ...
  RS232 com;
  com.read(buf, 16);
  ...
}
```

```
class MiniServer : public Thread {
  ...
  void run() {
    AC::Action* act;
    while(true){
      Thread& s=receive(ANY, act);
      act->trigger();
      send(s);
    }
} };

aspect MiniServerComponent {
  pointcut virtual classes() = 0;
  pointcut virtual funcs() = 0;

  advice classes() : MiniServer _s;

  advice call(funcs())
  && !within(classes()) : around(){
    send(tjp->target()->_s,
         &tjp->action());
    receive(tjp->target()->_s);
  }
};
```

RS232-Treiber, konfiguriert als *MiniServer*

```
class RS232 {
  MiniServer _s;
public:
  void read(char*, int) {

    ...
    ...

  }
    ...
};
```

```
aspect RS232Config
: public MiniServerComponent {

  pointcut classes() = „RS232“;
  pointcut funcs() = „% RS232::%(...);
};
```

```
int main() {
  ...
  RS232 com;
  __around_1( <com.read(buf, 16)> );
  ...
}
```

```
class MiniServer : public Thread {
  ...
  void run() {
    AC::Action* act;
    while(true){
      Thread& s=receive(ANY, act);
      act->trigger();
      send(s);
    }
} };

aspect MiniServerComponent {
  pointcut virtual classes() = 0;
  pointcut virtual funcs() = 0;

  advice classes() : MiniServer _s;

  advice call(funcs())
  && !within(classes()) : around(){
    send(tjp->target()->_s,
         &tjp->action());
    receive(tjp->target()->_s);
  }
};
```

Zusammenfassung: Das CiAO-Projekt

- Evaluierung von AOP im Betriebssystembau
  - AspectC++
  - Konfigurierung von Betriebssystem-Produktlinien
  - Insbesondere nicht-funktionale Eigenschaften
- Wandlungsfähiges Betriebssystem
  - Architekturtransparente Komponenten
  - Durch Aspekte an konkrete Architektur angepasst
- Ziel: Hohe Variabilität
  - Grenzen der Konfigurierbarkeit
  - Kosten (Größe/Laufzeitoverhead) der Konfigurierbarkeit