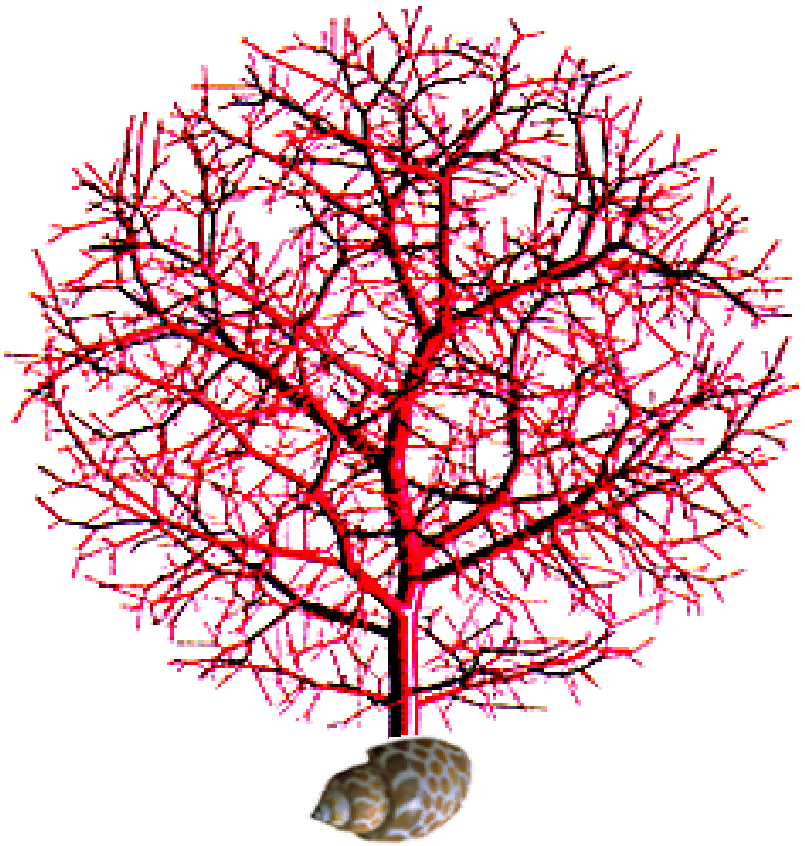


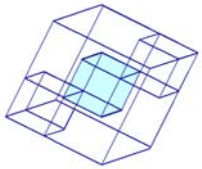
# WLI

## Die Wandernde Netz-Intelligenz

Ein integraler Ansatz
zur Selbst-Organisation in Netzen

( Die Evolutionsperspektive )

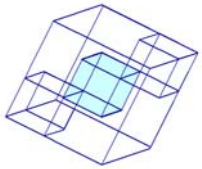
Dr.-Ing. Plamen L. Simeonov



# WLI – Übersicht

1. Einführung
2. Motivation
3. Ansatz
4. Ergebnisse
5. Zusammenfassung
6. Ausblick

RWTH AACHEN
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN



# Die Gegenwart der heutigen Informationssysteme

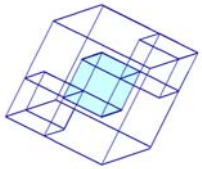

1. Einführung
2. Motivation
3. Ansatz
4. Ergebnisse
5. Zusammen-fassung
6. Ausblick


- Systeme sind zunehmend von vielen Modulen, Datenquellen, Netzwerkverbindungen und Perferiegeräte abhängig.
- Die allgemeine Komplexität der vernetzten Infrastruktur, Dienste und Anwendungen wächst super-exponentiell.
- Wir erfahern permanente Veränderungen in Hardware, Software, Protokolen, Daten und Nutzererwartungen.
- Die Vorhersage und die Steuerung der Systeminteraktionen ist bereits unmöglich geworden.

Schlußfolgerungen:

1. Der Mensch ist nicht mehr in der Lage alle notwendigen Prozeduren zu erfassen und zu lernen.
2. Wir brauchen einen radikal neuen Ansatz um diesen Engpaß zu überwinden.

RWTH AACHEN
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN



# Wie sieht die Zukunft der Rechnernetze aus ?


1. Einführung

2. Motivation

3. Ansatz

4. Ergebnisse

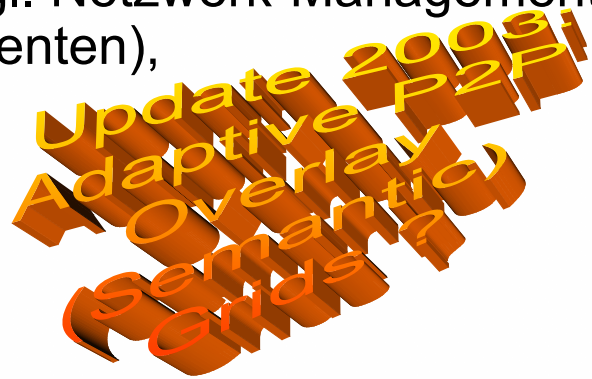
5. Zusammen-
   fassung

6. Ausblick


## DARPA-Studie (IEEE ICCCN'99, Pressley)

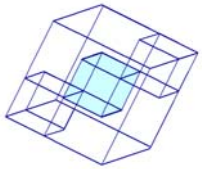
Die Netze des XXI Jahrhunderts werden :

- ***aktiv*** (d.h. programmierbar bzgl. Netzwerk-Management mit dynamisch verteilten Elementen),
- **selbst-*rekonfigurierbar***,
- ***ad-hoc mobil***,
- ***selbst-organisierend*** und
- ***wirklich* offen**, d.h. Sicherheit ohne Firewalls, aber mit Verkehrsüberwachung




sein.

RWTH AACHEN
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN



# Zielstellung dieser Studie


1. Einführung

2. Motivation

3. Ansatz

4. Ergebnisse

5. Zusammen-
fassung

6. Ausblick

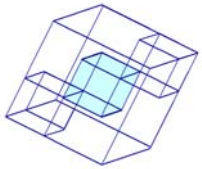

**Eine neuartige Kommunikationsarchitektur, basierend auf:**

- **multi-modaler Spezialisierung von Knoten in Netzwerk-Overlays**
- **Mobilität und Virtualisierung der Netzfunktionen in Hardware und Software**
- **selbst-organisierender Architektur/ Topologie (on-demand)**

**Was wird von dieser Studie erwartet ?**

- **vorhandene Lösungsmuster zu identifizieren**
- **daraus neue Prinzipien und ein Rahmenmodell für das Design von aktiven Netze abzuleiten**
- **die Anwendung der neuen Architektur auf ein spezifisches Problemgebiet zu demonstrieren**

RWTH AACHEN
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN



# Was ist Self-Organisation ?


1. Einführung

2. Motivation

3. Ansatz

4. Ergebnisse

5. Zusammen-
fassung

6. Ausblick


Ein selbst-organisierendes System reguliert oder adaptiert nicht nur ihr Verhalten; es generiert auch ihre eigene Organisation — d.h. es is *auto-poietic,* “selbst-generierend”

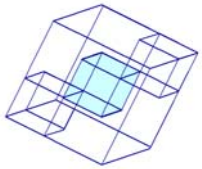
[Maturana, Varela, 1980]

Organisation ist grundsätzlich *Struktur (Muster) mit Funktion.*

´ *Selbst-Organisation bedeutet also dass eine funktionale Struktur spontan entsteht und fortexistiert.*

Die notwendige Steuerung für dieses Ergebnis soll zwischen allen beteiligten Komponenten verteilt werden.

RWTH AACHEN
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN



# Die Forschungslandschaft


1. Einführung

2. Motivation

3. Ansatz

4. Ergebnisse

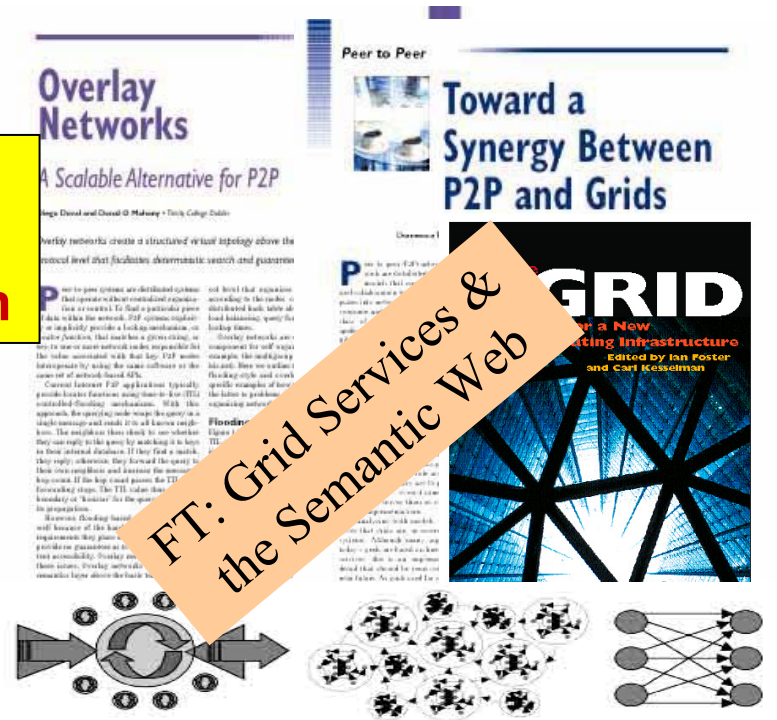
5. Zusammen-
fassung

6. Ausblick


**"Resource sharing & coordinated problem solving in dynamic, multi-institutional virtual organizations"**

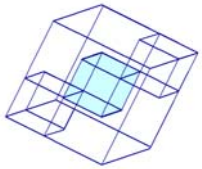
**The Grid Vision**

- **On-demand, ubiquitous access to computing, data, and services**
- **New capabilities constructed dynamically and transparently from distributed services**




*"When the network is as fast as the computer's internal links, the machine disintegrates across the net into a set of special purpose appliances"*
(George Gilder)

RWTH AACHEN
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN



# Das Forschungsumfeld: Selbst-Organisation (1)


1. Einführung

2. Motivation

3. Ansatz

4. Ergebnisse

5. Zusammen-fassung

6. Ausblick

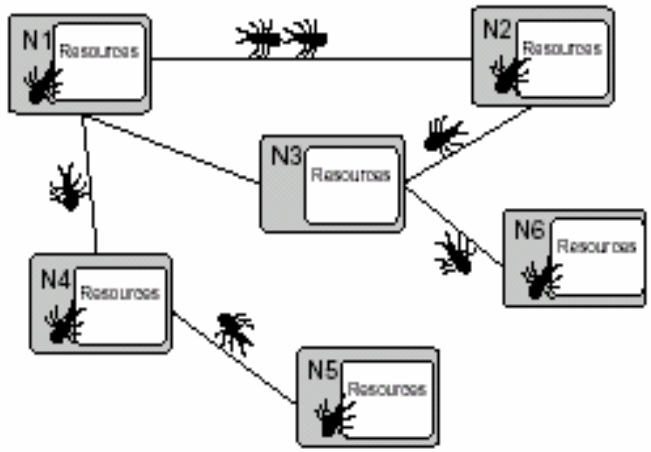

## Peer-to-Peer Netze (P2P):

**Vorteile**: (fast) keine Infrastrukturinvestition, ausreichende Resourcen und Vernetzung, Skalierbarkeit, Anonymität.

**Nachteile**: keine Authentifizierung, keine Garantie für Datenintegrität, kein Gruppenmanagement.

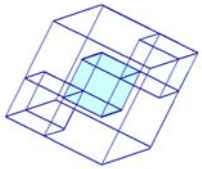
Eine weitgehend atraktive Lösung; dennoch Probleme mit der verteilten Sicherheit, sowie:

1. ein **Mangel an Leistungsmodellierung und Metriken zu Auswertung** der Nutzung der P2P-Technologie
2. ein **Mangel an Architektur-Richtlinien** => Klassifikation, Indexing, Lokalisierung, Adressierung, Teilnahme und Nutzung
3. eine *kritische* **Grauzone: das Eigentum von Tauschobjekten**




**Die 2. Generation P2P Netze formt ein selbstorganisierendes Netzwerk-Overlay**, das die Antwort einer Query innerhalb einer begrenzten Anzahl von Hops garantiert und eine verteilte lastbalansierte und fehlertolerante Hash-Tabelle hat, in der Items in einer begrenzten Anzahl von weiterleitenden Hops eingetragen und angesehen werden können.

RWTH AACHEN
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN



# Das Forschungsumfeld: Selbst-Organisation (2)


1. Einführung

2. Motivation

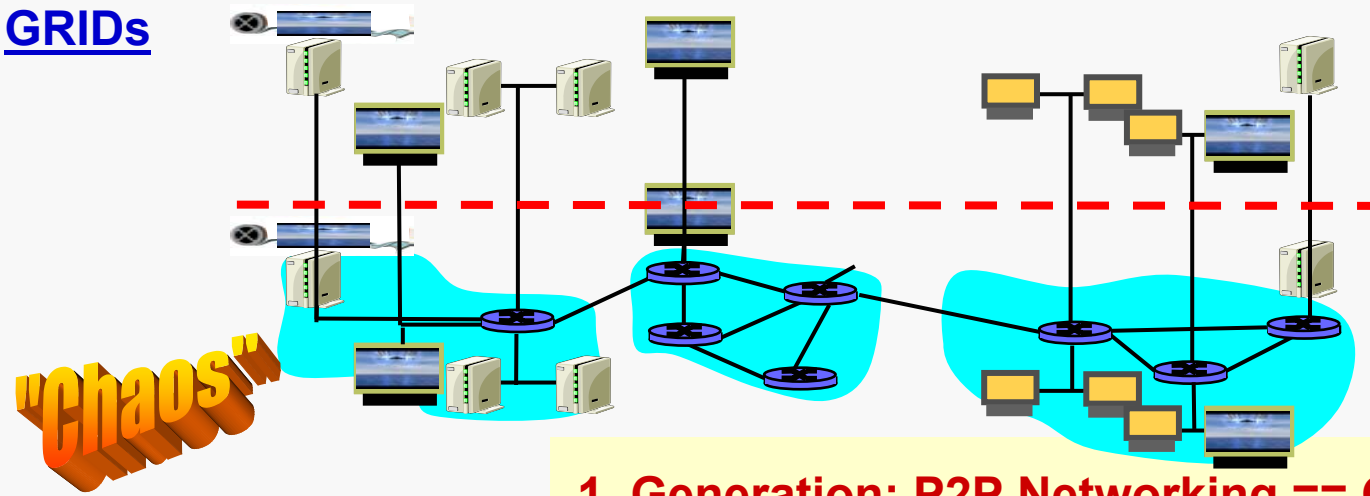
3. Ansatz

4. Ergebnisse

5. Zusammen-
fassung

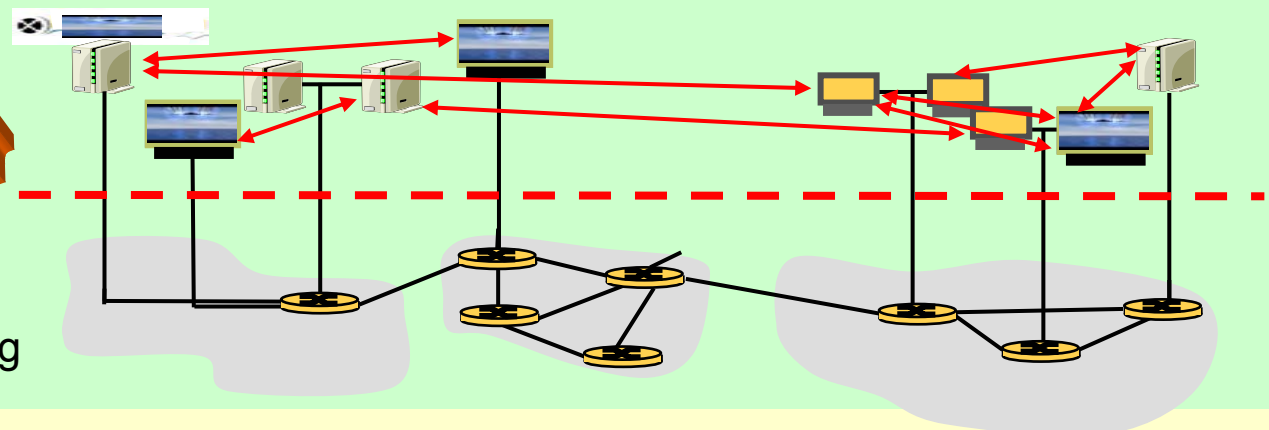
6. Ausblick


**GRIDs**




**1. Generation: P2P Networking == GRIDng**

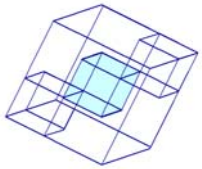
**Overlay(s)**




Funktionale
Spezialisierung

**2. Generation: P2P-GRID Networking ➔ Fokus Anwendungsschicht**

RWTH AACHEN
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN



# Warum ist Selbst-Organisation **so schwierig** ?


1. Einführung

2. Motivation

3. Ansatz

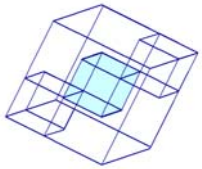
4. Ergebnisse

5. Zusammen-fassung

6. Ausblick


- **Dynamische Veränderungen in der Gruppenzugehörigkeit**
  - **Mitglieder kommen und gehen nach eigenem Wunsch.**
  - **Mitglieder sind unbeständig.**
- **Dynamische Veränderungen in den Netzkonditionen**
  - **Verzögerung zwischen den Teilnehmern können wegen Congestion mit der Zeit variieren.**
- **Begrenztes Wissen über Netzwerkkonditionen**
  - **Mitglieder kennen die Verzögerung untereinander nicht, wenn sie teilnehmen.**
  - **Mitglieder testen einander, um netzrelevante Information zu erwerben.**
  - **Overlays mussen sich selbst verbessern, sobald Information vorliegt.**

RWTH AACHEN
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN



# Ein Blick in die Forschung


1. Einführung

2. Motivation

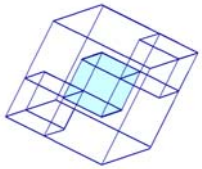
3. Ansatz

4. Ergebnisse

5. Zusammen-
   fassung

6. Ausblick

Agenda 2006



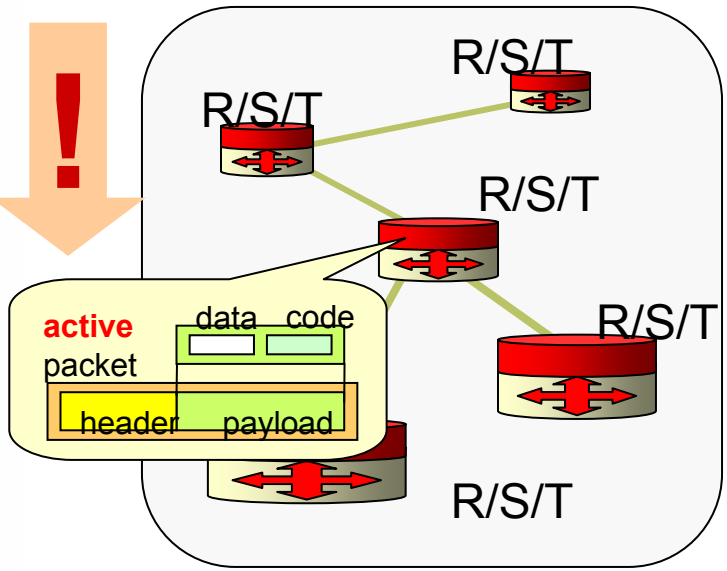
# Technologiefokus: Progammierbarkeit der Netze


1. Einführung
2. Motivation
3. Ansatz
4. Ergebnisse
5. Zusammen-fassung
6. Ausblick


## Aktive Netze (AN):

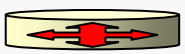
Eine vielversprechende Lösung, dennoch Probleme mit der Sicherheit, sowie:

1. ein **Mangel an Systematik** (oder Methodologie) in der Nutzung der AN-Technologie
2. ein **Mangel an Direktiven** = > wir brauchen allgemeine Richtlinien oder Prinzipien für den Entwurf von evolutionären Architekturen




**Vorteil: P2P | Overlay | Grid dynamisch konfigurierbar**

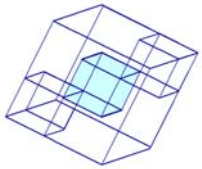
Legende: T – Terminal, R – Router, S - Switch

 - Networking

- Computing (Application Processing)

- **Welchen Beitrag haben andere IT- und TK-Technologien wie Rekonfigurierbares Computing und Software-Radio bei der Entwicklung der modernen Netzarchitekturen geleistet?**
- **Kann eine generelle Tendenz für die Zukunft erkannt werden ?**

RWTH AACHEN
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN



# Eine typische AN Architektur


1. Einführung

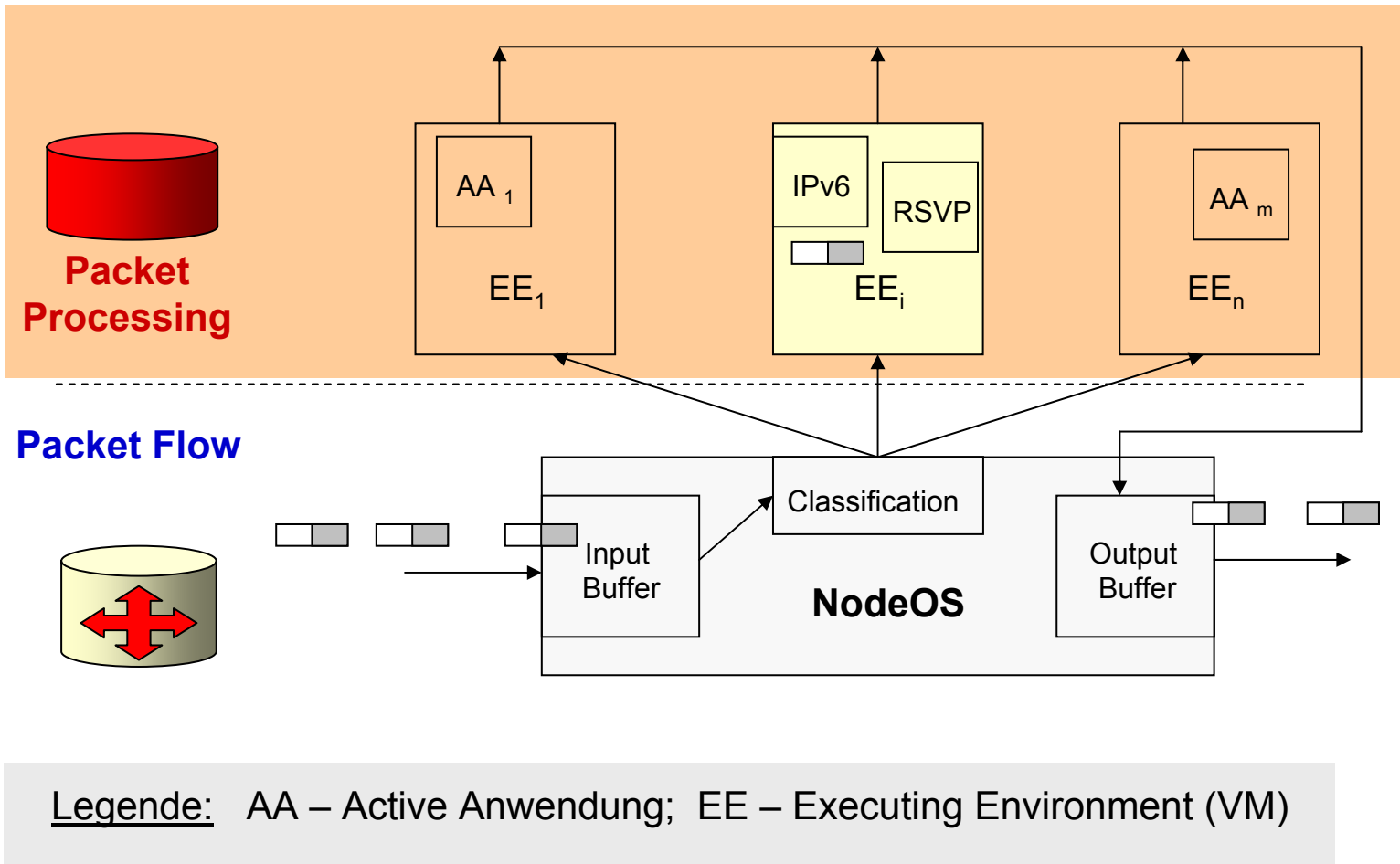
2. Motivation

3. Ansatz

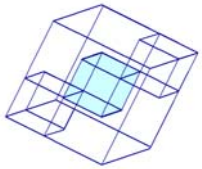
4. Ergebnisse

5. Zusammen-
   fassung

6. Ausblick


Legende: AA – Active Anwendung; EE – Executing Environment (VM)



# Offene Probleme


1. Einführung

2. Motivation

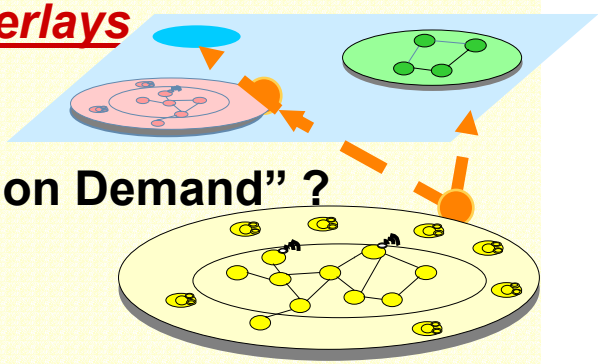
3. Ansatz

4. Ergebnisse

5. Zusammen-
   fassung

6. Ausblick

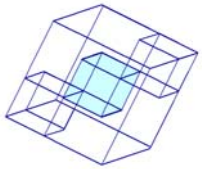

**Entwicklungstrend: *Virtuelle Netzwerk-Overlays***



**Noch mehr *Dynamik* in der Infrastruktur ?**
***Wer* führt die neuen Netzdienste ein ?**
**Die Zukunft als "Virtual Network Overlays on Demand" ?**

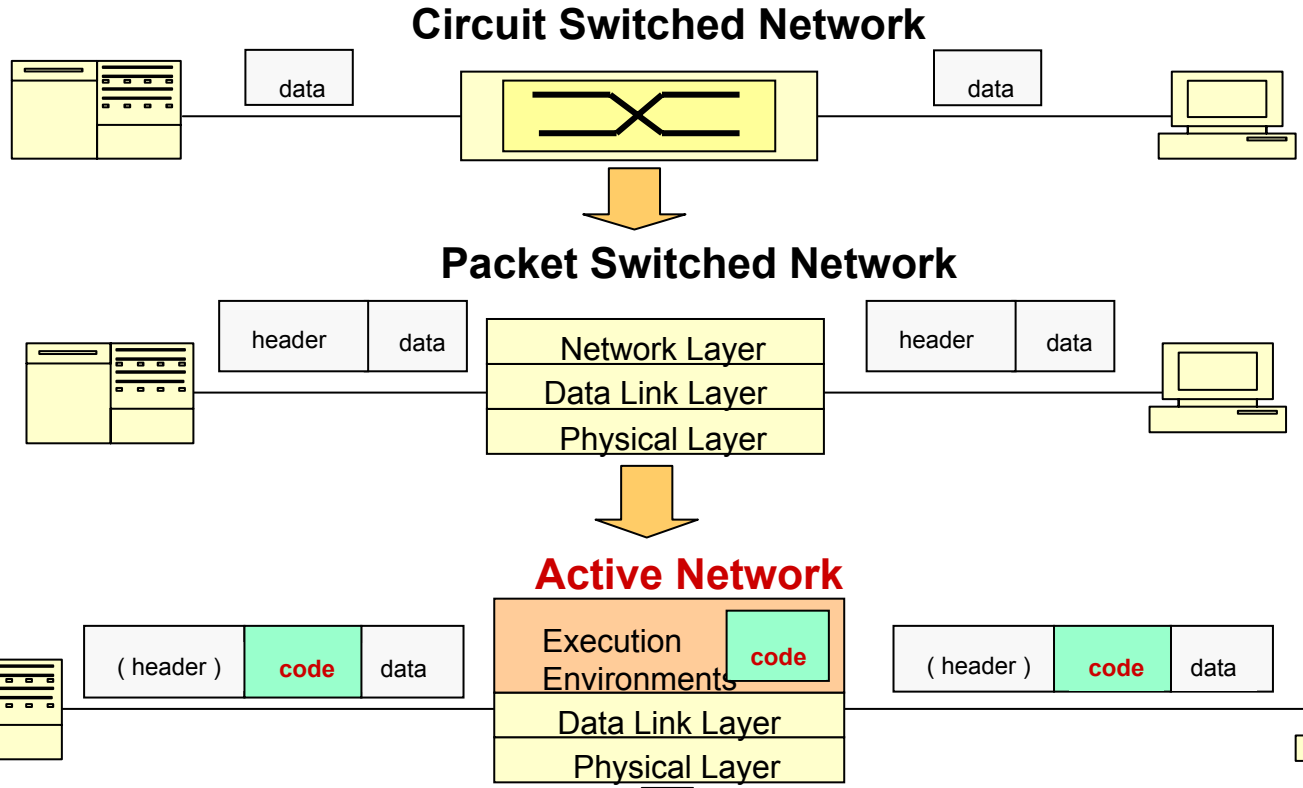
**aber:**

- **kein allgemeines Rezept für die "Aktivierung" von Netzen**
- **Bedarf an systematischer Kategorisierung der Netzprogrammierbarkeit**
- **Bedarf an bereichsübergreifenden Modellen zu:**
  - **Kodierung von Netzprogrammen (Mobilität, Sicherheit und Effektivität);**
  - **Beschreibung und Zuordnung von Knoten-Ressourcen;**
  - **eingebaute Primitiven und Verhaltensmuster in jedem Knoten**
- **Bedarf an Strategien und Policies über Voraussagen des Netzverhaltens**

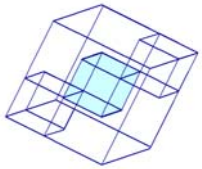


# Ausgangspunkt: Bildung von Netzwerk-Overlays


1. Einführung
2. Motivation
3. Ansatz
4. Ergebnisse
5. Zusammen-fassung
6. Ausblick

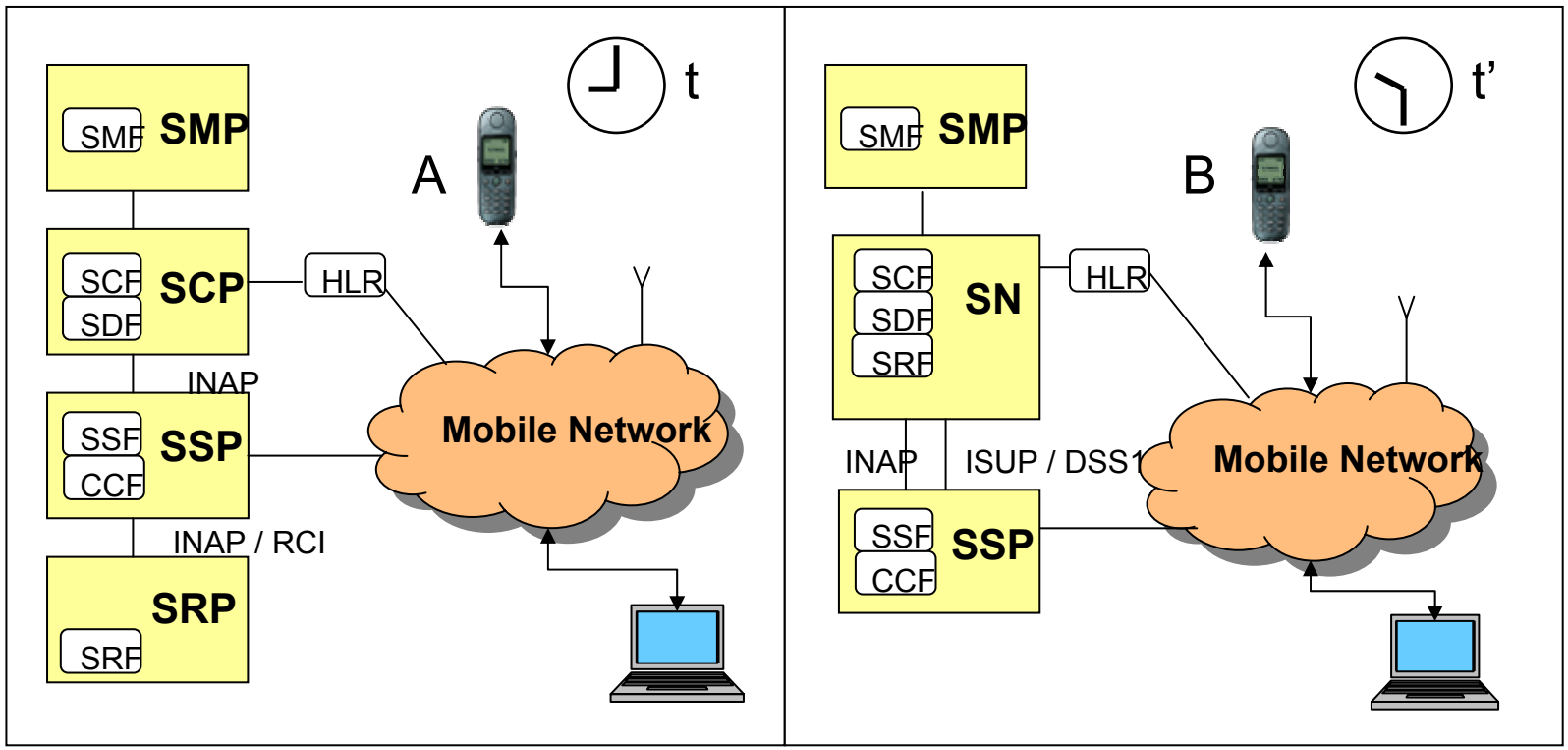

RWTH AACHEN
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN



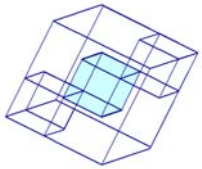
# Problemstellung – Beispiel: Mobile Service Provisioning


1. Einführung
2. Motivation
3. Ansatz
4. Ergebnisse
5. Zusammen-fassung
6. Ausblick


**Bsp. *Virtual Home Environment*: Die Dienste müssen immer verfügbar sein.**
**Ist eine Änderung der Architektur in Abhängigkeit vom End-Nutzer möglich?**




**a) Zentralisiertes IN** **b) Verteiltes IN**



# Klassifikation der Wandernden Netze

1. Einführung

2. Motivation

3. Ansatz

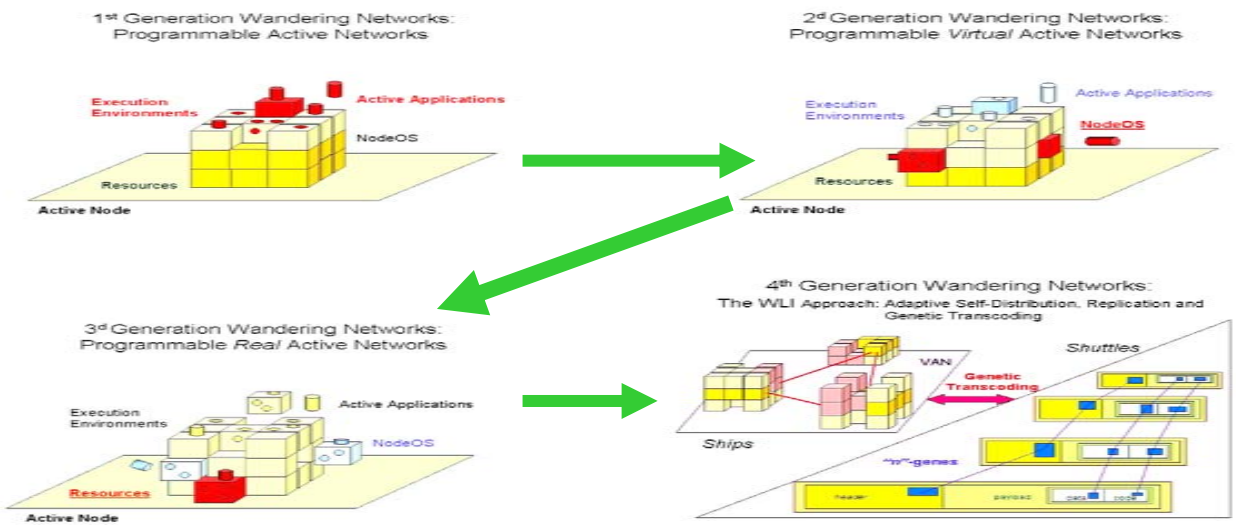
**4. Ergebnisse**

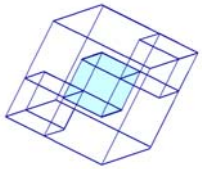
5. Zusammen-
   fassung

6. Ausblick


F: Warum heißen die Netze “wandernd” ?

A: “*Wandernd*” charakterisiert die adaptive, sich fortbewegende Funktionalität der Knoten und somit deren Architekturveränderung als Zeitfunktion. Das Ergebnis kann auch zu einer Architektur- und Topologieveränderung der Netze führen.





# Die wandernde Netz-Intelligenz

WLI


1. Einführung

2. Motivation

3. Ansatz

4. Ergebnisse

5. Zusammen-fassung

6. Ausblick

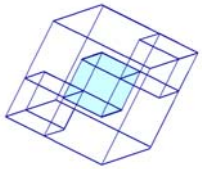

Ein adaptives und entwicklungsfähiges System-Modell

- **Vier Dimensionen der Netz-Rekonfiguration und Programmierung**:
  1. **Anwendungen**
  2. **Betriebssystemressourcen**
  3. **Knoten-Hardware-Komponenten**
  4. **Knoten-Cluster (GRIDs)**

Rahmen

- **Generische Architekturen:**
  - ***Netbots*** **(autonome rekonfigurierbare aktive mobile Knoten)**
  - ***Shuttles*** **(aktive Pakete), die einen ausführbaren *genetischen Code* über einen *vorhersagbaren Knotenzustand* übertragen können.**

RWTH AACHEN
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN



# Die wandernde Netz-Intelligenz

WLI


1. Einführung

2. Motivation

3. Ansatz

4. Ergebnisse

5. Zusammen-fassung

6. Ausblick

- **Netbots**
  - **können durch Shuttles modifiziert werden**
  - **können Shuttles generieren**
- **Shuttles**
  - **können Code und Daten für das Upgrade/Degrade und die Re-konfigurierung von aktiven Knoten übertragen**
  - **können sich selbst replizieren: nur für die *Pilots* (eine spezielle Art Shuttles)**
- **Genetischer Code**
  - **kann Strukturänderungen in der Knoten- und Netzwerk-Architektur verursachen**

**Vier grundlegende Design-Prinzipien:**

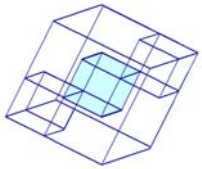
***I. Dualistische Kongruenz***

***II. Selbst-Referenz***

***III. Pulsierende Metamorphose***

***IV. Multidimensionale Rückkopplung***

RWTH AACHEN
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN



# Die wandernde Netz-Intelligenz

WLI


1. Einführung

2. Motivation

3. Ansatz

4. Ergebnisse

5. Zusammen-
fassung

6. Ausblick


## Dualistische Kongruenz

I. Prinzip

***Aktive Knoten (Netbots)*** ***können sich selbst an die Kommunikation in einer solchen Art adaptieren, daß sie am besten der Struktur der aktiven Pakete (Shuttles) zum Zeitpunkt ihrer Ankunft entsprechen.***

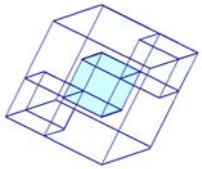
***Ein Shuttle, das sich einem Netbot nähert, kann sich selbst re-konfigurieren, um am besten den Anforderungen der Verarbeitungsumgebung eines Netbots zu entsprechen.***

## Selbst-Referenz

II. Prinzip

***Aktive Knoten (Netbots)*** ***kennen am besten ihren eigenen Zustand und sind verpflichtet, Zustandsänderungen ihren Nachbarn mitzuteilen.***

RWTH AACHEN
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN



# Die wandernde Netz-Intelligenz

WLI


1. Einführung

2. Motivation

3. Ansatz

4. Ergebnisse

5. Zusammen-
fassung

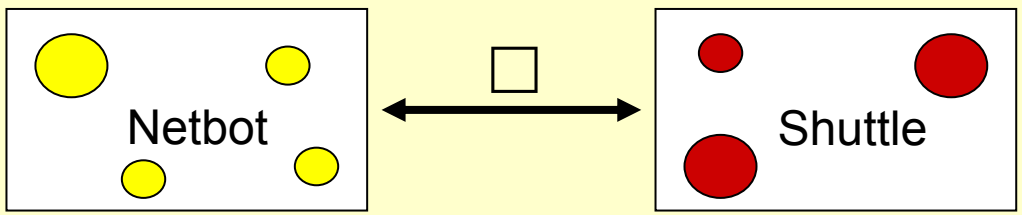
6. Ausblick


## *Dualistische Kongruenz*

**Die Eigenschaften eines Shuttle müssen im Augenblick seiner Ankunft (t) immer (□) die Anforderungen eines Netbots) erfüllen (=|)**

t

Netbot-Anforderungen =| Shuttle-Eigenschaften

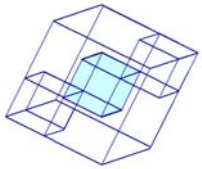



t'

Netbot-Eigenschaften |= Shuttle-Anforderungen

**Die Eigenschaften eines Netbots müssen immer (□) die Anforderungen des Shuttle im Augenblick seiner Abreise (t') erfüllen (|=)**

RWTH AACHEN
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN



# Die wandernde Netz-Intelligenz

WLI


1. Einführung

2. Motivation

3. Ansatz

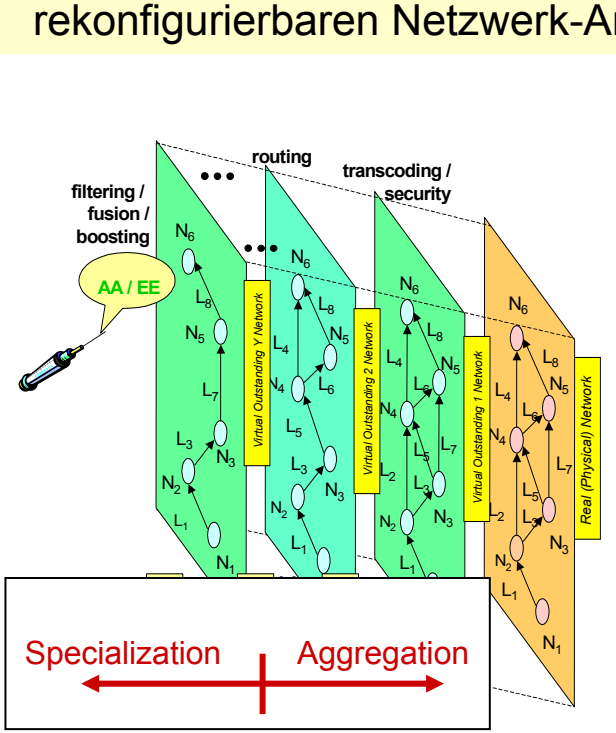
**4. Ergebnisse**

5. Zusammen-
   fassung

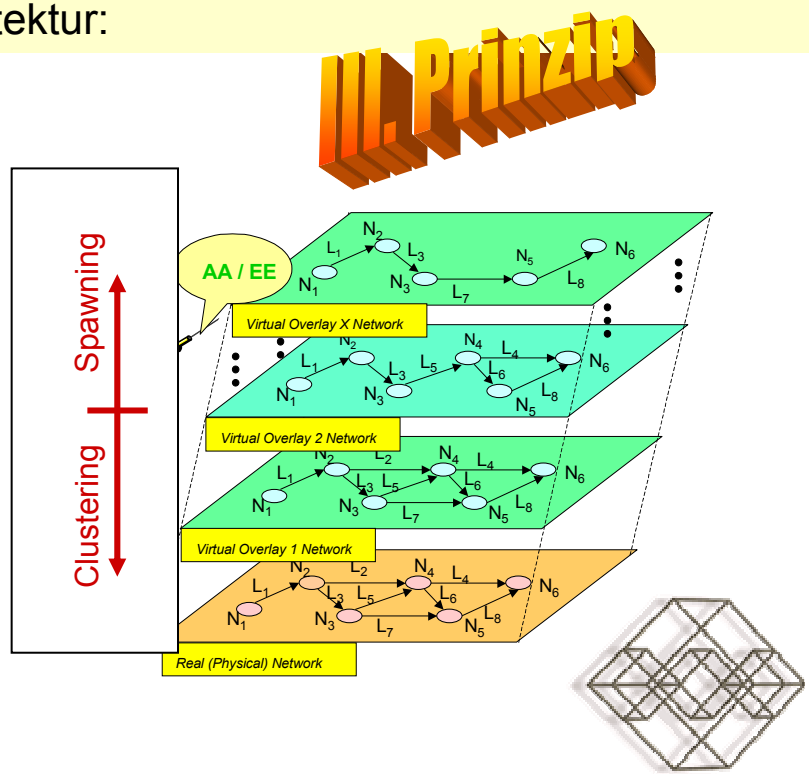
6. Ausblick


## *Pulsierende Metamorphose*

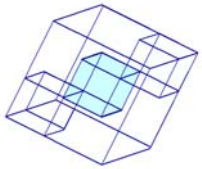
- **Ein 2-Ebenen-Schema** für paketverarbeitende Komponenten in einer rekonfigurierbaren Netzwerk-Architektur:




**Ebene-1**: ***horizontales*** **(inter-node)**
**Wandern von Funktionen**

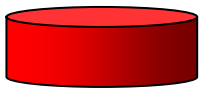



**Ebene-2**: ***vertikales*** **(intra-node)**
**Wandern von Funktionen**



# WLI-Knoten-Rekonfiguration


1. Einführung
2. Motivation
3. Ansatz
4. Ergebnisse
5. Zusammen-fassung
6. Ausblick

**Pulsierende Metamorphose**

**Computing (Application Processing)**

WLI

**First Level**

configuration / programming

**Execution Environments**

Modal Roles (resident)

| | |
|---|---|
| $EE_1$ | Fusion |
| $EE_2$ | Fission |
| $EE_3$ | Caching |
| $EE_4$ | Delegation |
| $EE_5$ | Repli-cation |
| $EE_6$ | Next Step |
| $EE_7$ | Trans-coding |
| $EE_8$ | Security +Mngmt. |

default services

Auxiliary Roles (optional)

| | |
|---|---|
| $EE_a$ | $CF_a$ |
| $EE_m$ | $CF_z$ |

supplementary services

**Second Level**

**Active Applications**

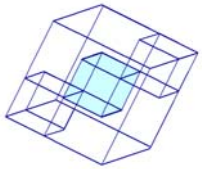
| | |
|---|---|
| $AA_1$ | Filtering |
| $AA_2$ | Combining |
| $AA_3$ | **Routing/ Propagation** |
| $AA_4$ | Boosting |

D: dependent

A: autonomous

I: independent

RWTH AACHEN
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN



# Die wandernde Netz-Intelligenz

WLI


1. Einführung

2. Motivation

3. Ansatz

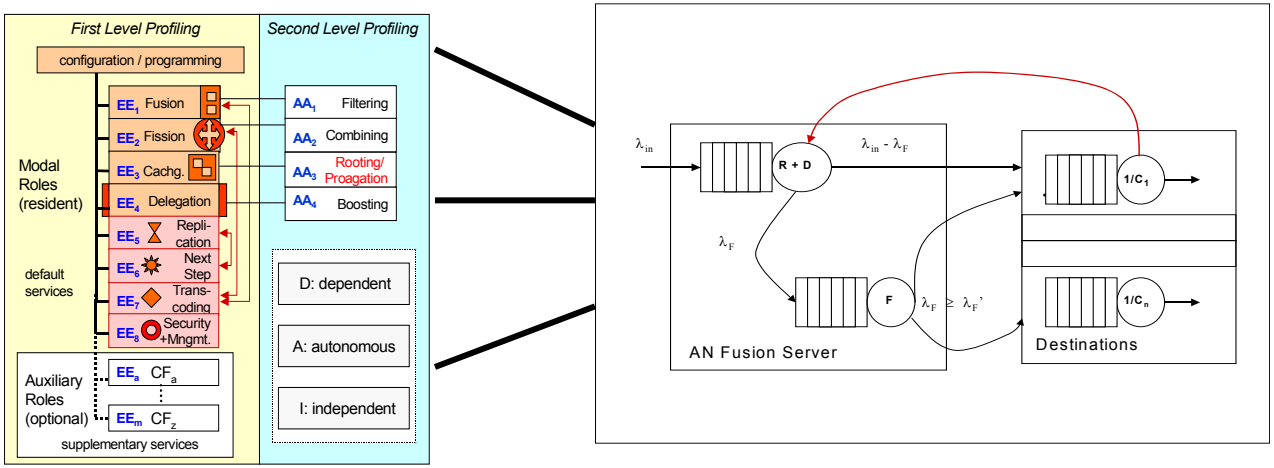
**4. Ergebnisse**

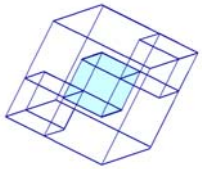
5. Zusammen-fassung

6. Ausblick

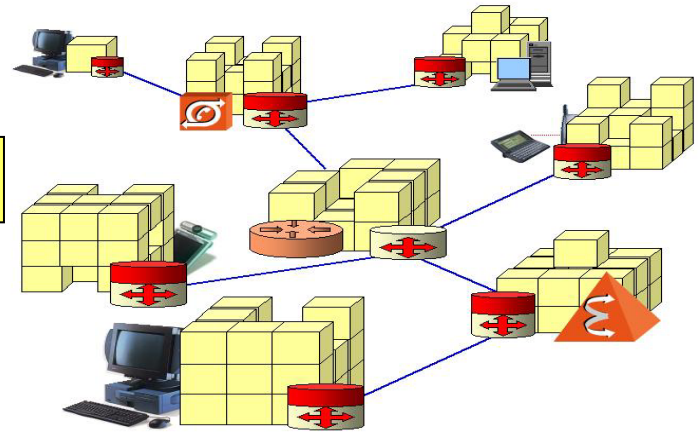

## *Multidimensionale Rückkopplung*

- **mehrere, gleichzeitig aktive *Rückkopplungsmechanismen zwischen den* verschiedenen Komponenten der ersten und der zweiten Konfigurationsebene, z.B. Caching mit Routing, Transcoding mit Filtering, Fusion-mit-Fission-mit-Delegation, etc.**





# Das wandernde Netz




1. Einführung

2. Motivation

3. Ansatz

4. Ergebnisse

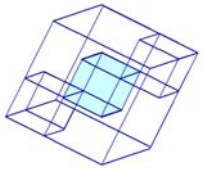
5. Zusammen-fassung

6. Ausblick

## Merkmale:

- basierend auf dem *WLI*-Rahmen
- erweitert frühere Modelle um drei wichtige Merkmale:
  1. **Es ist ein *hyper*-aktives Netzwerk, d.h. wirklich programmierbar und rekonfigurierbar, einschließlich der Netzwerk-Hardware;**
  2. **Es ist ein laufzeit-erweiterbares und –austauschbares Netzwerk : sowohl in Software- als auch in Hardware-Komponenten;**
  3. **Es ist ein evolutionäres Netzwerk, das die *adaptive* Selbst-Verteilung und Replikation von Sub-Netzen verwirklicht:**
     - **durch geleitete oder autonome Knoten- und Komponenten-Mobilität als Hardware;**
     - **durch Verschlüsselung essenzieller Zustandsinformation in dem mobilen Code der aktiven Pakete und durch die Ausführung von *genetischen Transcoding-* Mechanismen in den aktiven Knoten (*Netbots*).**

RWTH AACHEN
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN

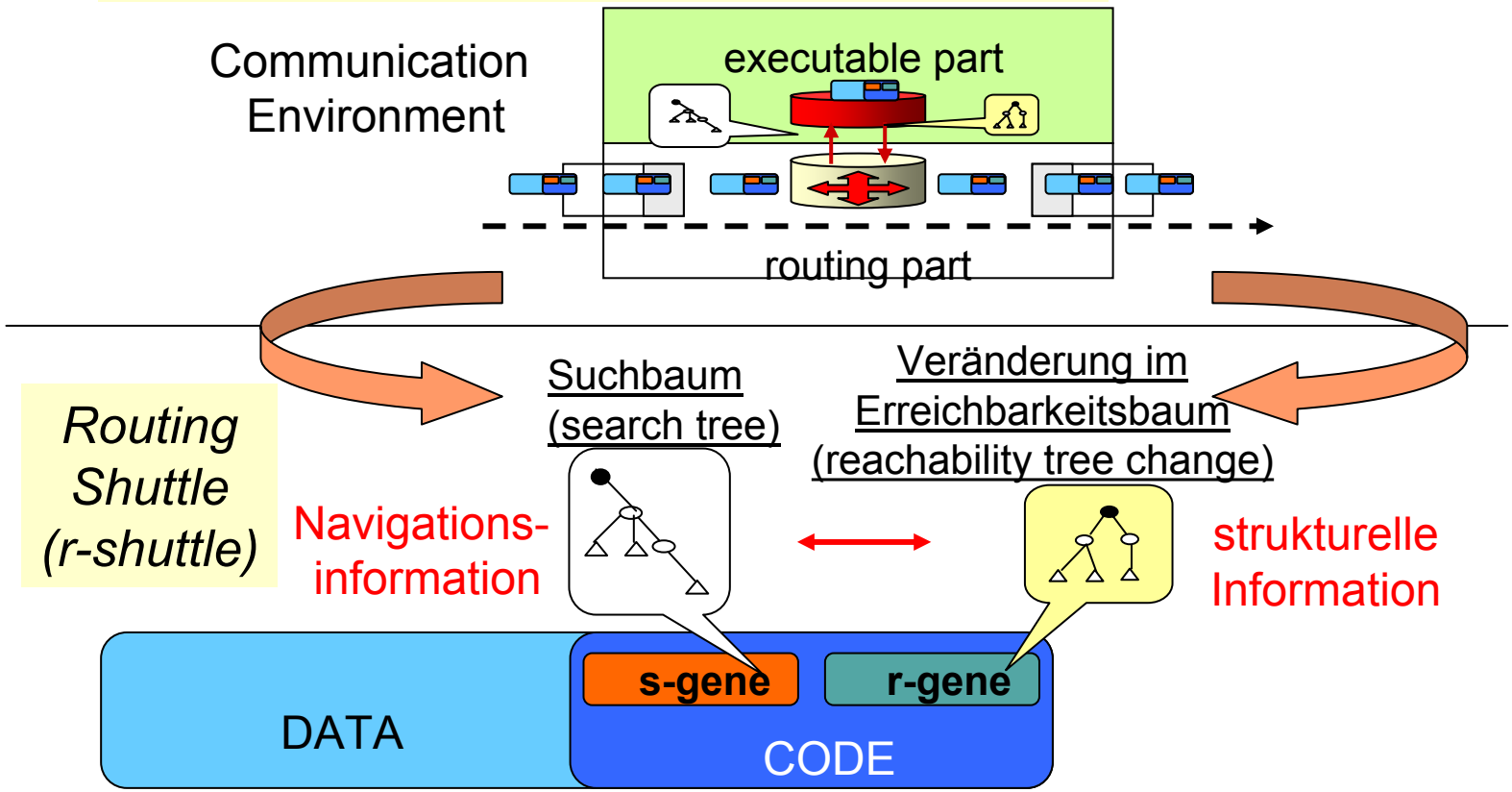


# WLI Adaptiver-Routing-Algorithmus für Ad-hoc Netze

WARAAN

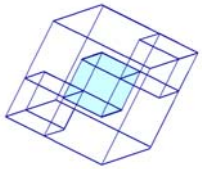

1. Einführung
2. Motivation
3. Ansatz
4. Ergebnisse
5. Zusammen-fassung
6. Ausblick


## *Generische Architektur eines WLI-Routers*




- **Synthese und Instandhaltung des Erreichbarkeitsbaumes**
- **Verteilung der Erreichbarkeitsinformation im ad-hoc Netzwerk**

RWTH AACHEN
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN



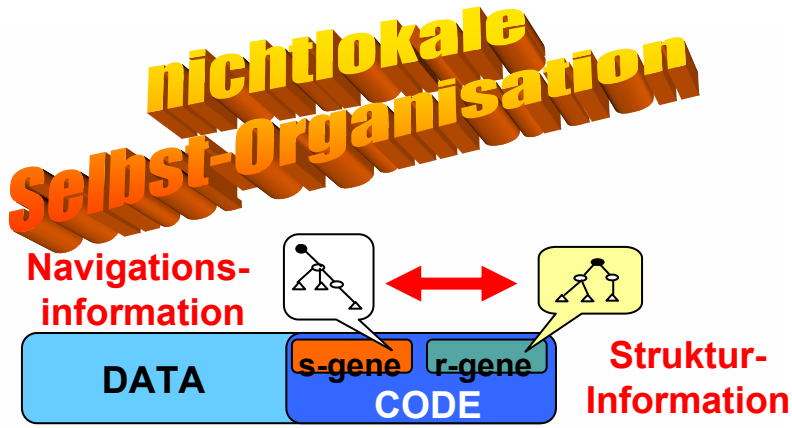
# Zusammenfassung


1. Einführung
2. Motivation
3. Ansatz
4. Ergebnisse
5. Zusammen-fassung
6. Ausblick

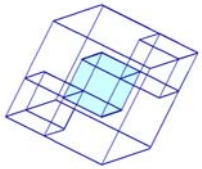

## *WLI - wichtige Merkmale:*

1. ***Klassifikation***
2. ***Prinzipien I-IV***
3. ***Rollen-Änderung***
   - **während der Operation**
   - **neue Funktionalität - entweder resident auf dem Knoten und wartet darauf, aktiviert zu werden, oder wird ans Ziel *übertragen***
2. ***Parallele Rollen***
3. ***Netbot-Genesis (“N”-geneering)***

**Verschlüsselung und Integration der *vorhersagbaren* Struktur-/Status-Information eines Netbots und seiner Umgebung in einem Shuttle-Gen.**

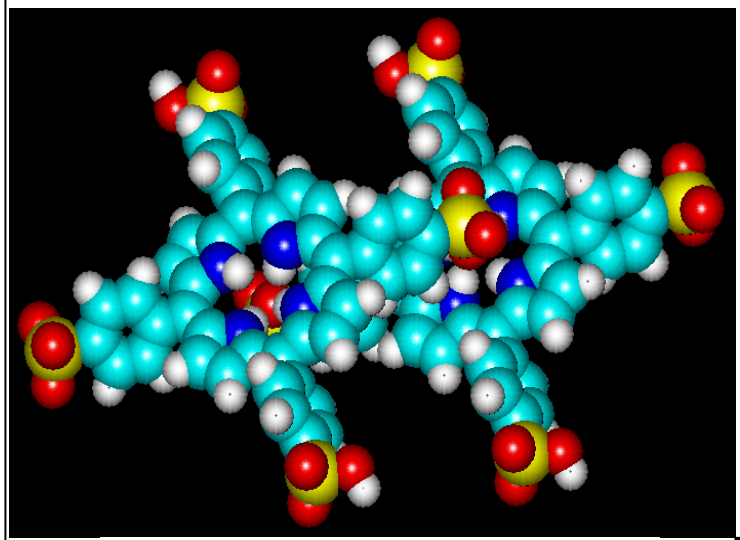


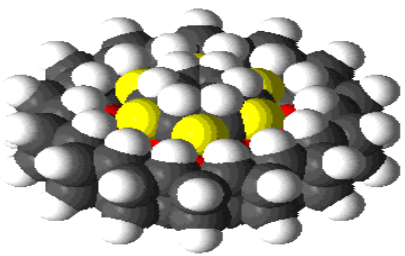

RWTH AACHEN
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN

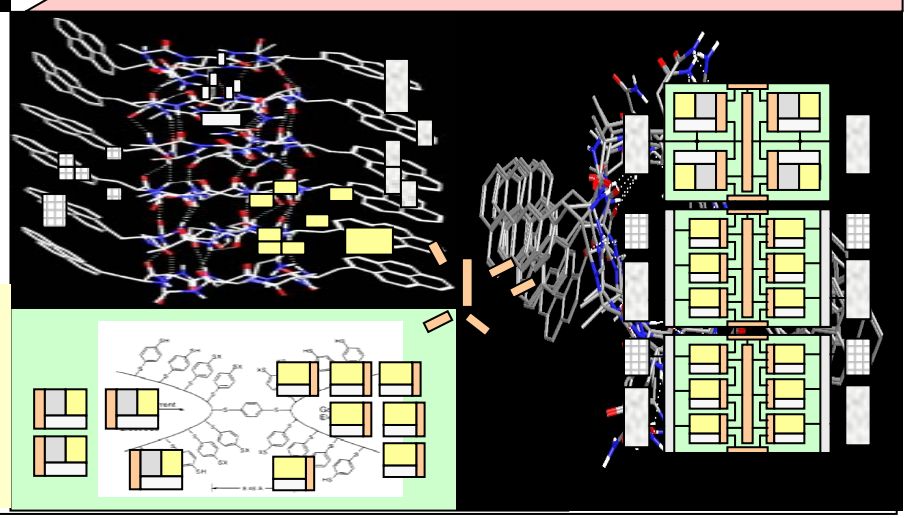


# Ausblick


1. Einführung
2. Motivation
3. Ansatz
4. Ergebnisse
5. Zusammen-fassung
6. Ausblick



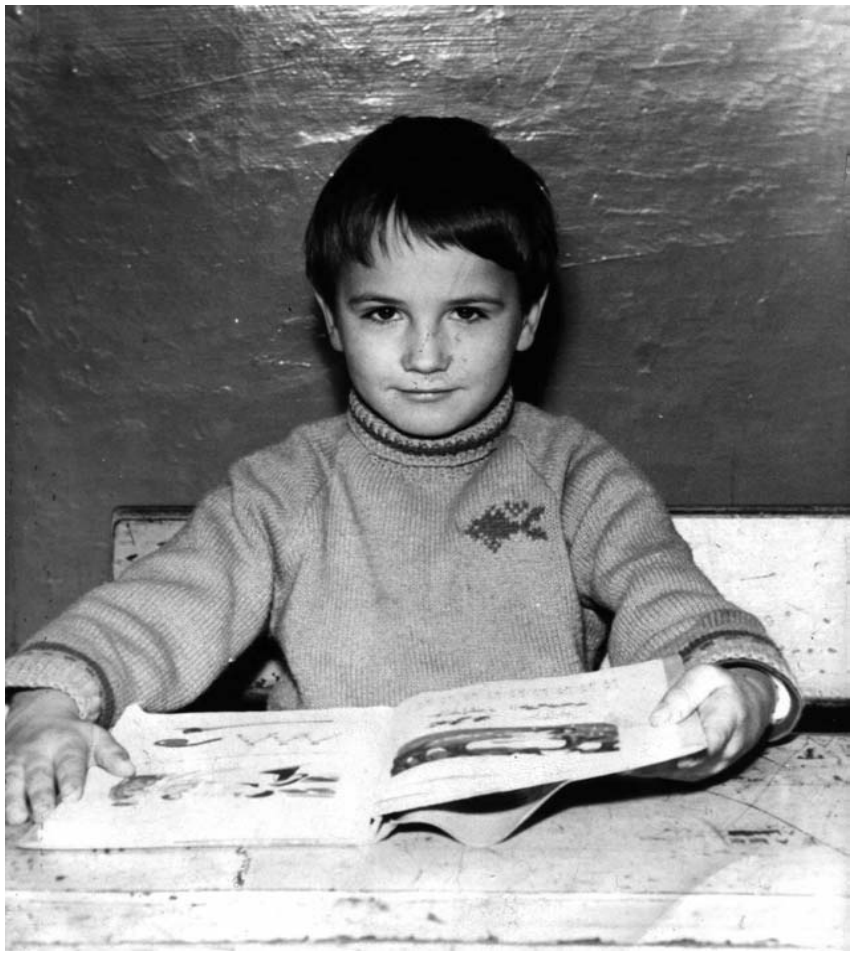



**The WLI Approach:**

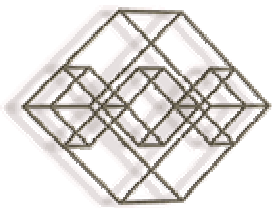
Wandering Networks, Morphing Roles, Self-Replication, Genetic Transcoding and Adaptive Self-Distribution

RWTH AACHEN
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN

# Ende



Vielen Dank !



RWTH AACHEN
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN