



Steigerung der Energieeffizienz einer integrierten Heimnetzwerkinfrastruktur

Armin Wulf, Falk-Moritz Schaefer, Rüdiger Kays

- **Netzwerktopologie im Smart Home**
- **Idee: Integrierte Heimnetzwerkinfrastruktur**
- **Verfahren zur Energieeinsparung**
 - ACES – Aggregated Conventional Energy Saving
 - SNES – Signaling Network Energy Saving
- **Untersuchung der Algorithmen**
- **Zusammenfassung und Ausblick**

■ hLAN – hochratiges, hybrides lokales Netzwerk

- Anwendungen: Multimedia, Clouddienste, Filesharing
- Technologien: Ethernet, Powerline, WLAN

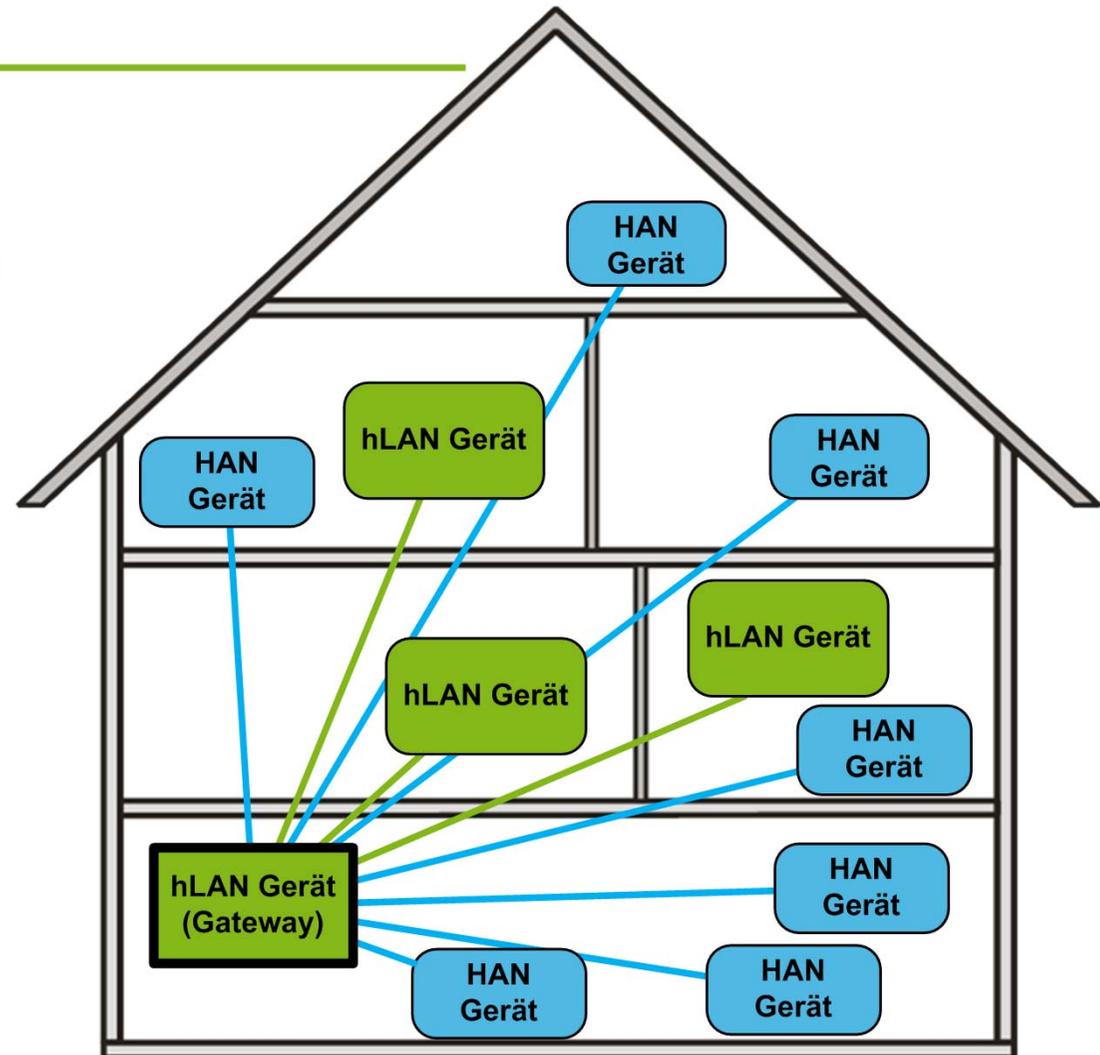
■ HAN – Heimautomatisierungsnetz

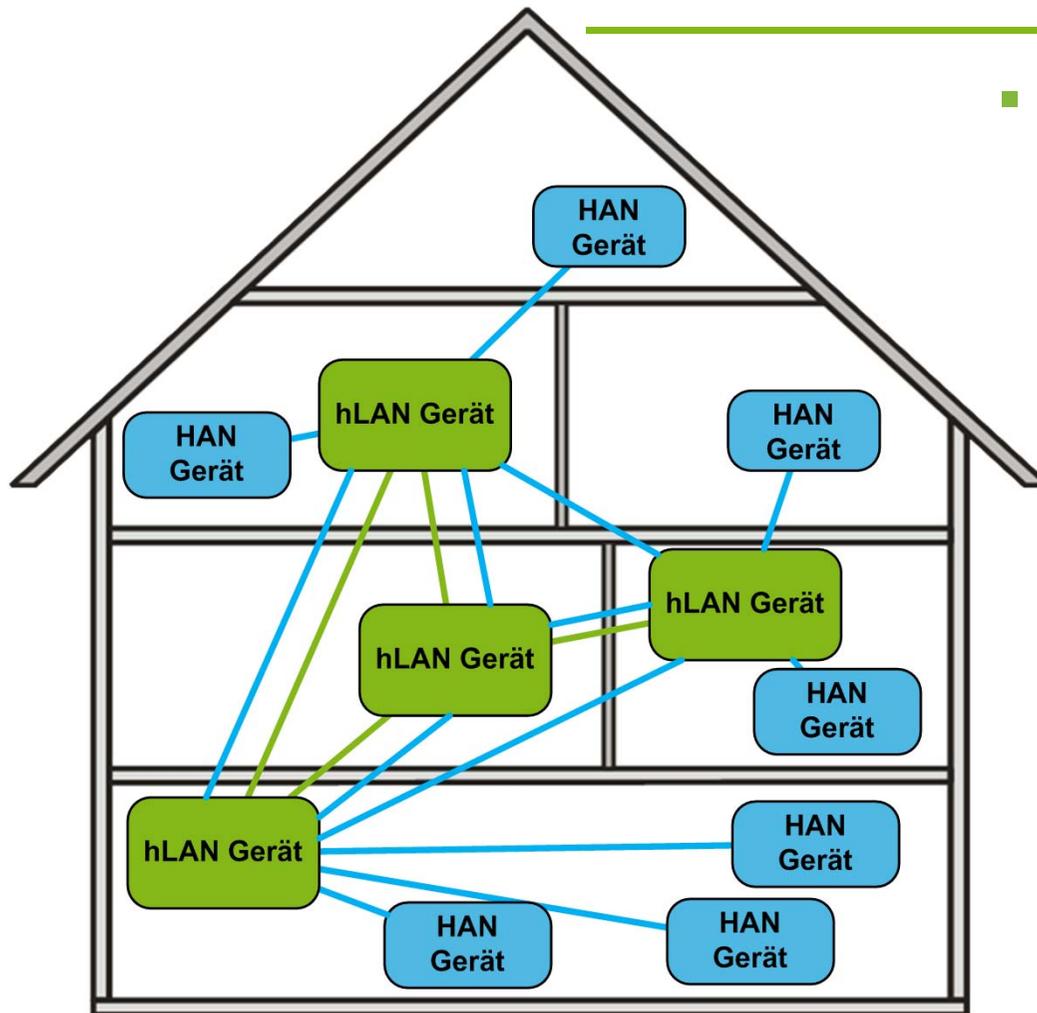
- Anwendungen: Hausautomatisierung, Ambient Assisted Living, eHealth
- Technologien: IEEE 802.15.4, Z-Wave, KNX, BluetoothLE, ...

➔ Zuverlässige und integrierte Heimnetzwerkinfrastruktur



- **Single Gateway Lösung**
 - Zentrale Verbindung zwischen HAN und hLAN
 - Hohe Anforderungen an das HAN

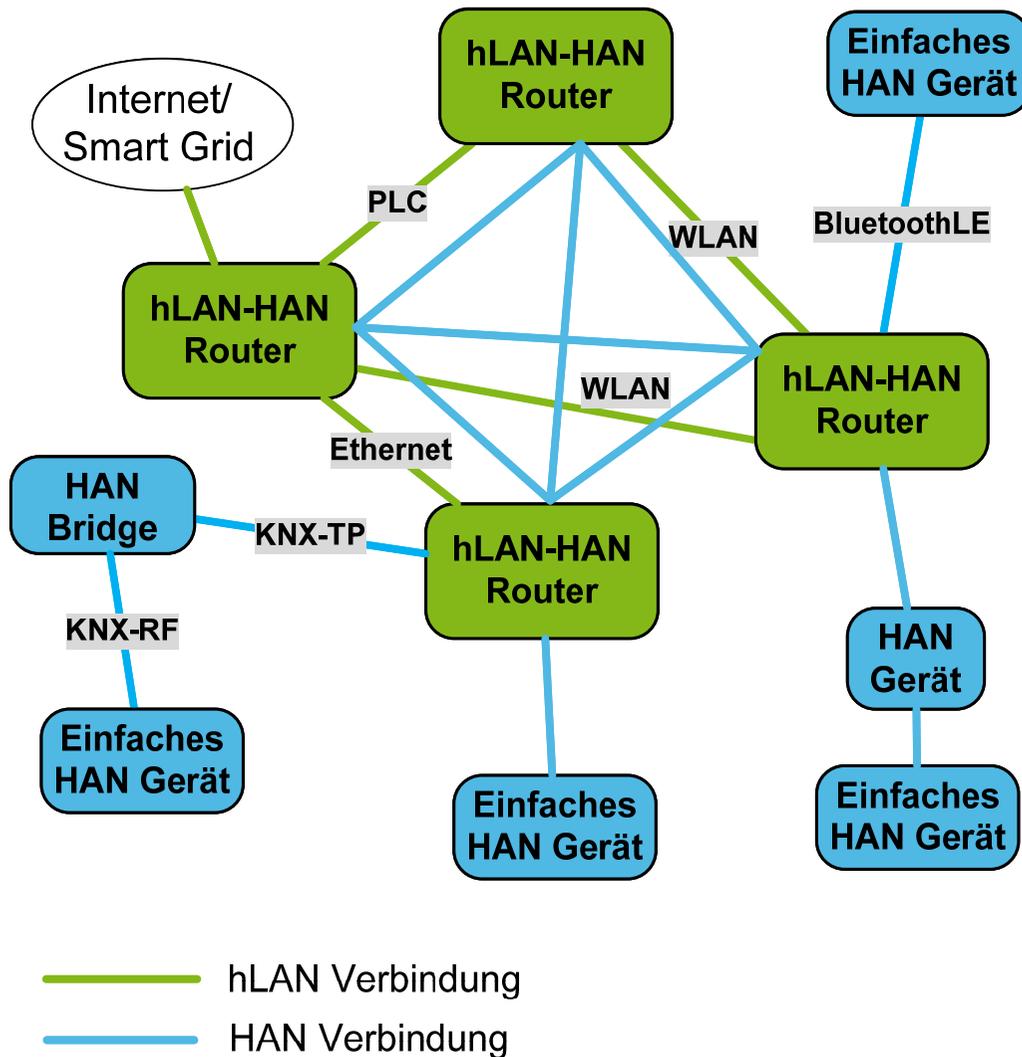




■ Mehrere Schnittstellen

- Mehrere Verbindungen zwischen HAN und hLAN
- Erhöhung der Zuverlässigkeit / Reichweite
- Zusätzliche Verbindungen zwischen hLAN Geräten

Zusätzliche Verbindungen



- Neue Verbindungen zwischen hLAN Geräten



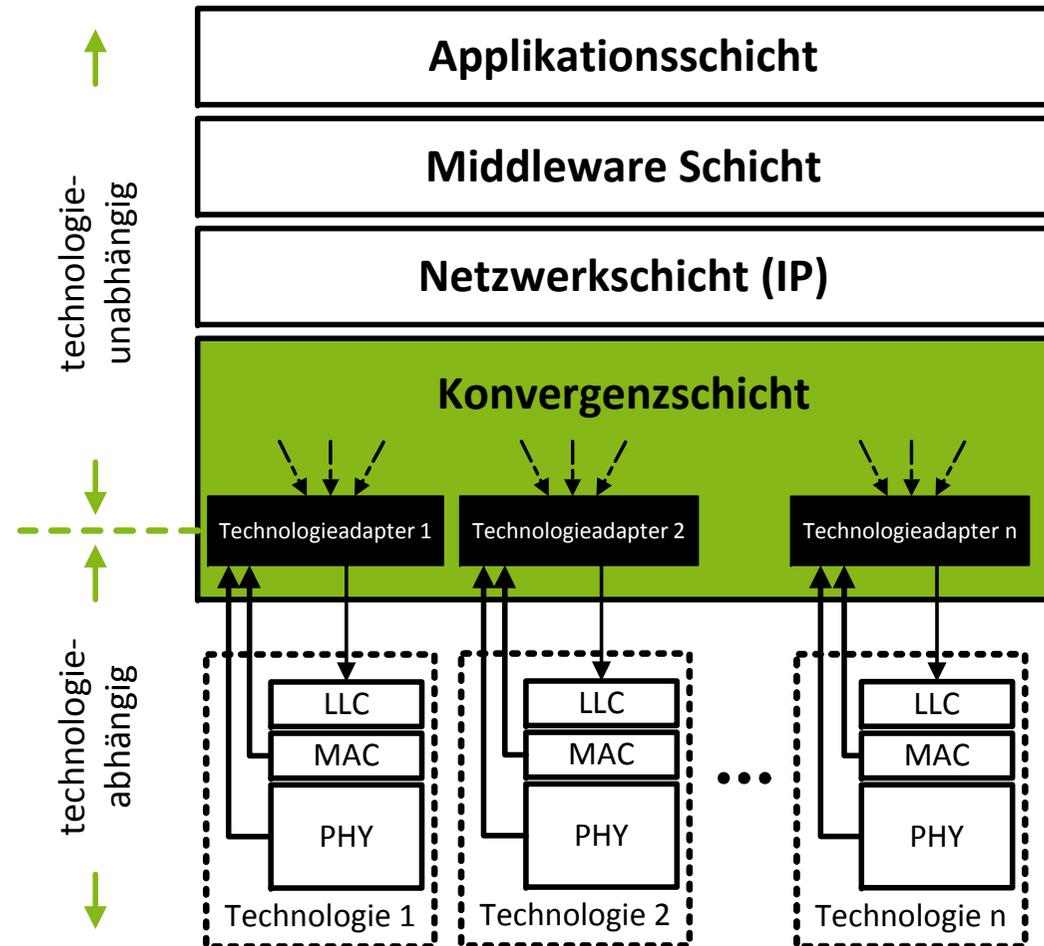
- hLAN Links können ohne Verlust der Erreichbarkeit abgeschaltet werden



- Steigerung der Energieeffizienz des Netzwerks

- **InterMAC Layer**
 - schnelle Umsetzung zwischen Technologien
 - Routensuche
 - Netzwerk übergreifende Metrik

- **Technologieadapter**
 - überführt technologieabhängige Parameter in technologieunabhängige



- **Conventional Energy Saving (CES)**
 - z.B. Green Ethernet (IEEE 802.3az)
 - Kommunikation muss aufrecht erhalten werden zur Reaktivierung
 - ➔ Stößt schnell an Grenzen

- **Aggregated Conventional Energy Saving (ACES)**
 - Technologieübergreifende Optimierung
 - Schnittstellen werden bei Untätigkeit komplett abgeschaltet
 - Connection Check benötigt für Reaktivierung

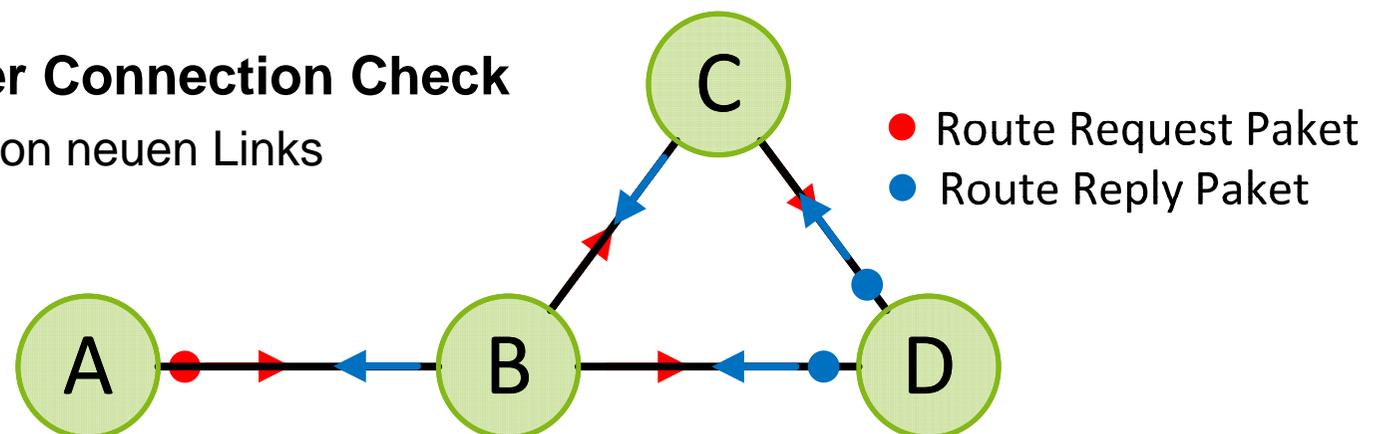
- **Signaling Network Energy Saving (SNES)**
 - Erweiterung des ACES um HAN Schnittstellen
 - Kommunikation zwischen Netzwerkknoten durch HAN immer möglich
 - ➔ Schnittstellen können jederzeit bei Bedarf aktiviert werden
 - ➔ Connection Check nur zur Link-Detektion benötigt

- **Schnittstellen senden Probeframes aus (proaktiv)**
 - Erhalt eines Probeframes → Neuer Link
 - Ausbleiben von Probeframes → Linkfehler → Link löschen

- **Aufbau oder Reaktivierung von Routen bei Bedarf (reaktiv)**
 - Datenpaket mit Unicast oder Multicast Adresse erhalten
 - Broadcast von Route-Request Paket über Links
 - Antwort durch Route-Reply Paket markiert Route nach Metrik

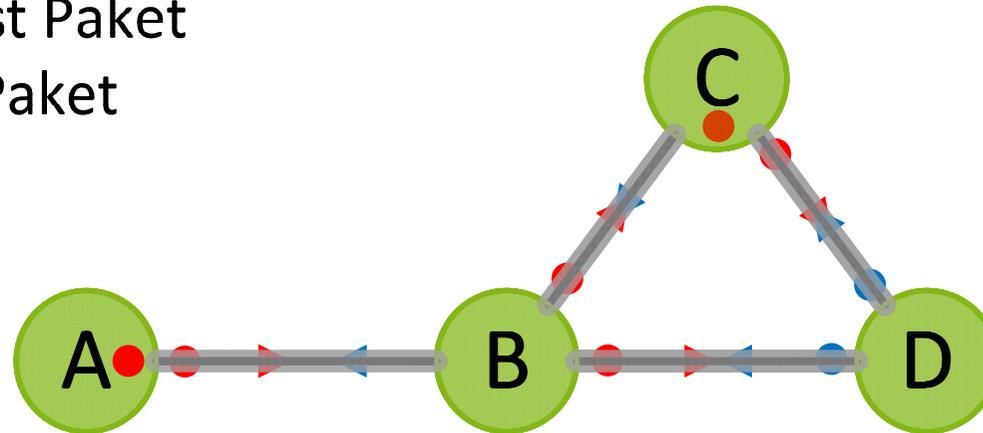
- **Regelmäßiger Connection Check**

- Detektion von neuen Links



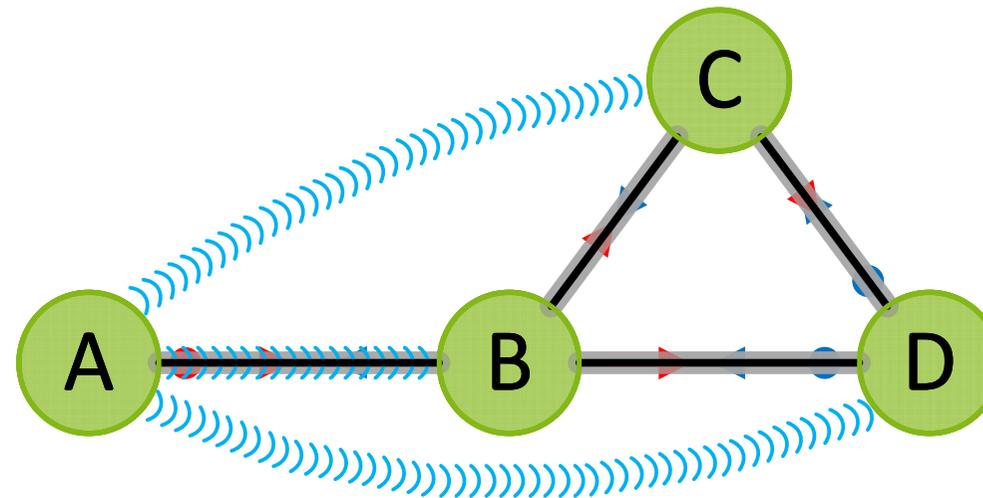
- Route Request Paket
- Route Reply Paket
- ES Link

ACES

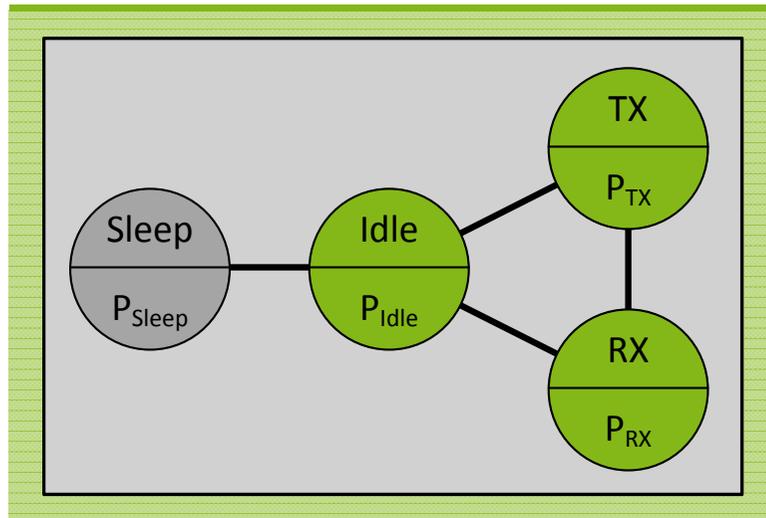
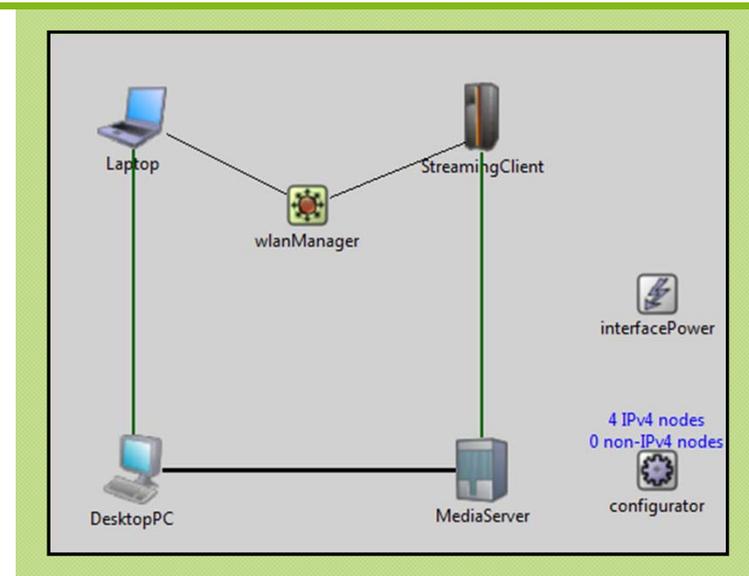


)))) HAN Link

SNES

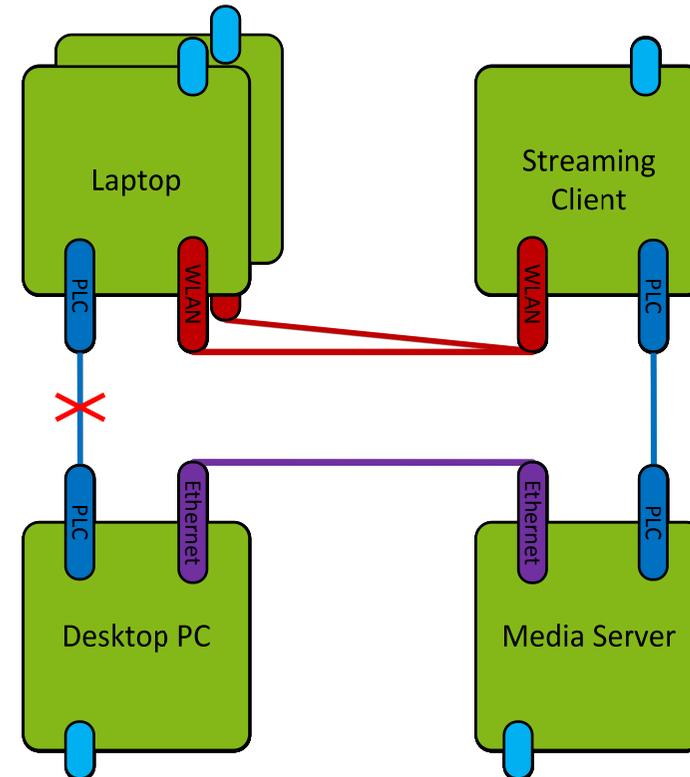


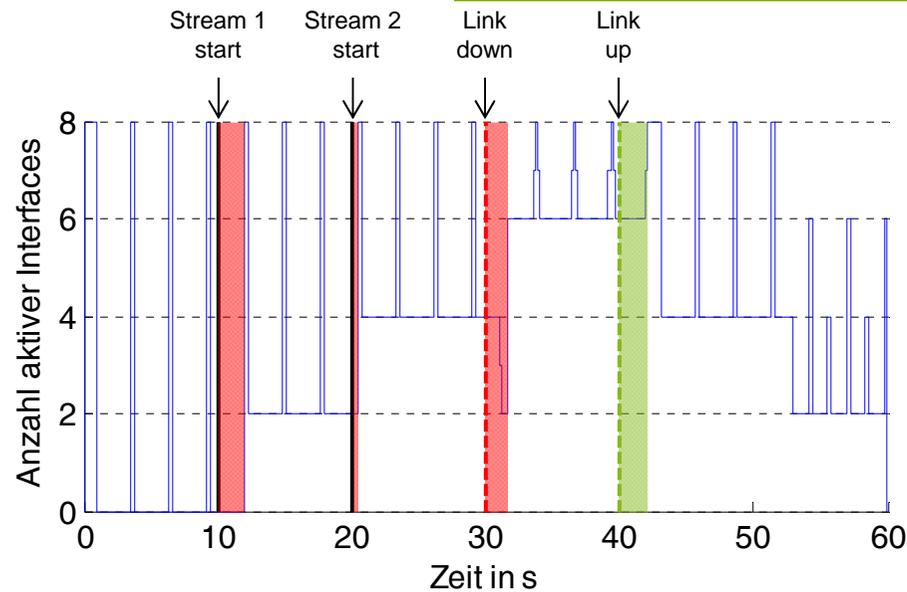
- Simulationen in OMNeT++
- Verwendung des INET Frameworks
- InterMAC Modul
 - Bildet Konvergenzschicht nach
 - Operiert transparent für höhere Schichten



- Energiezustandsmodell für Netzwerkinterfaces
 - Interfaces haben Leistungsaufnahme abhängig vom Zustand
 - Leistungsaufnahmen aus heute typischen Datenblättern

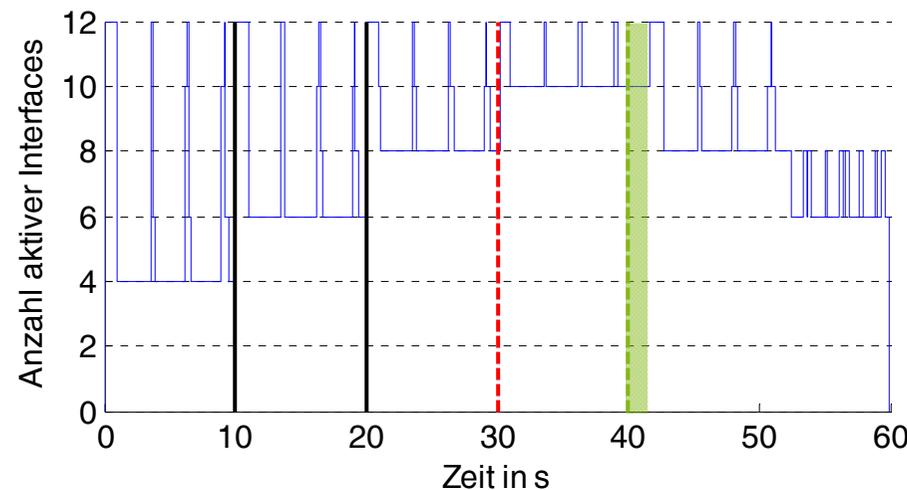
- **Phase 1:**
 - UDP Stream 1 (5 Mbit/s)
Media Server ↔ Desktop PC
- **Phase 2:**
 - UDP Stream 2 (5 Mbit/s)
Media Server ↔ Laptop
- **Phase 3:**
 - Laptop getrennt von Dockingstation
 - Neue Route
Media Server → Laptop
- **Phase 4:**
 - Laptop zurück in Dockingstation
 - Bessere Route
Media Server → Laptop
- **Phase 5:**
 - Stream 2 wird beendet





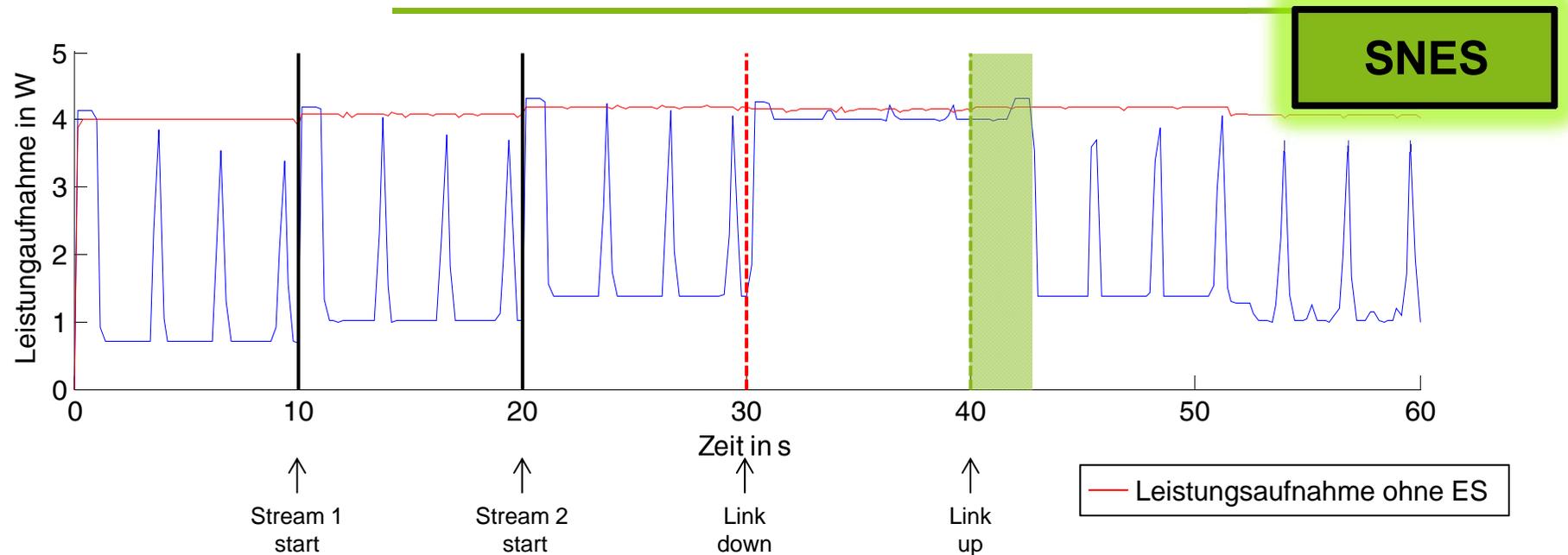
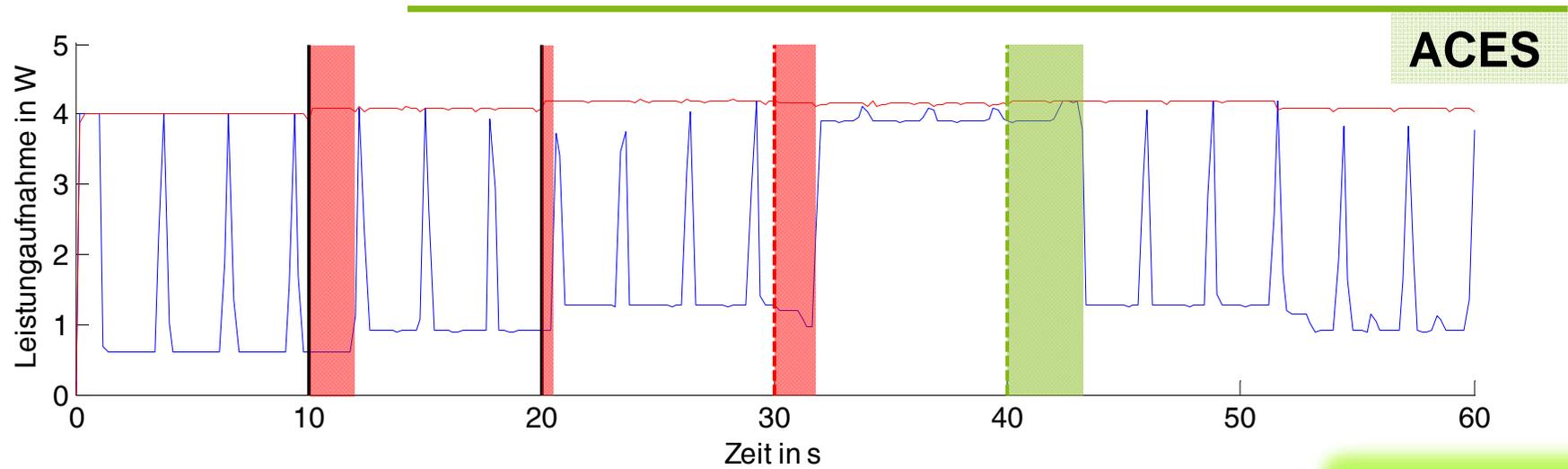
ACES

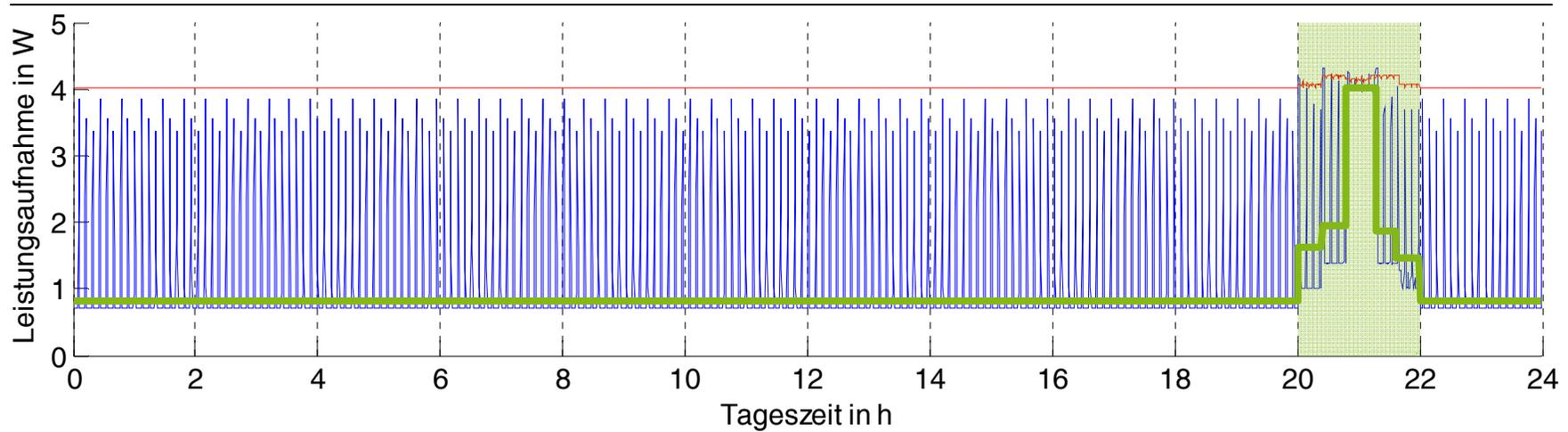
- Hohe Verzögerungen bei der Routensuche
- Hohe Verzögerungszeiten bei Routenoptimierung (unkritisch)
- ✓ Lösung: Reduktion des CCI
- ✗ Problem: Effizienz sinkt



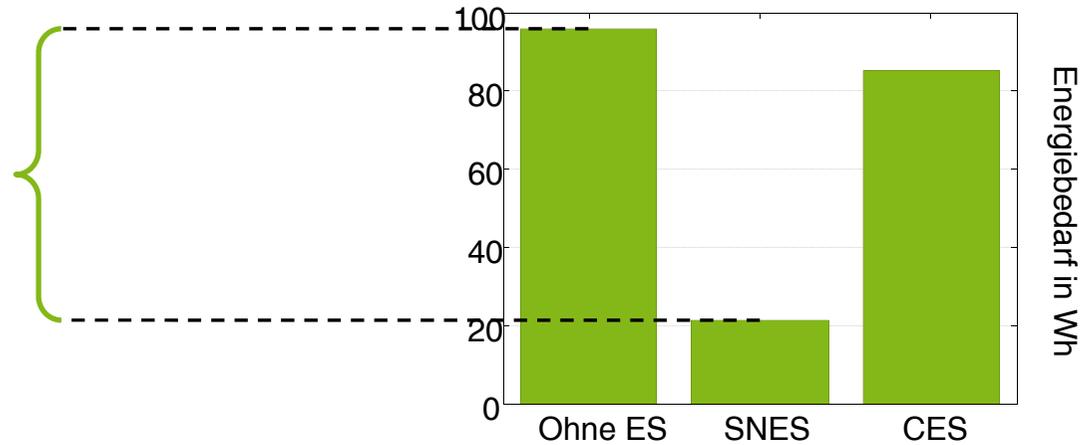
SNES

- Schnelle Reaktionszeiten bei Routensuche
- Hohe Verzögerungszeiten bei Routenoptimierung (unkritisch)
- Zusätzlicher Energiebedarf durch SN Interfaces



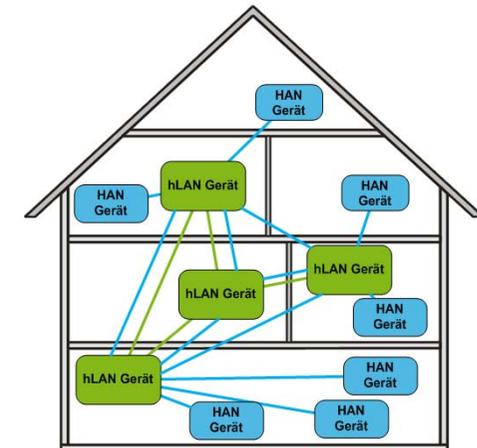


■ **77 % Einsparung**

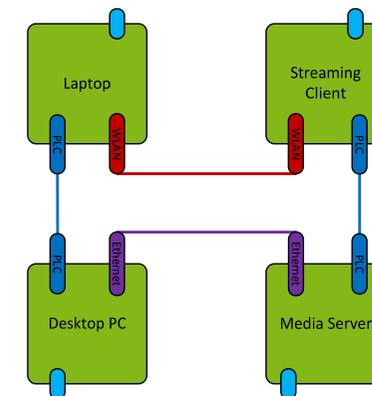


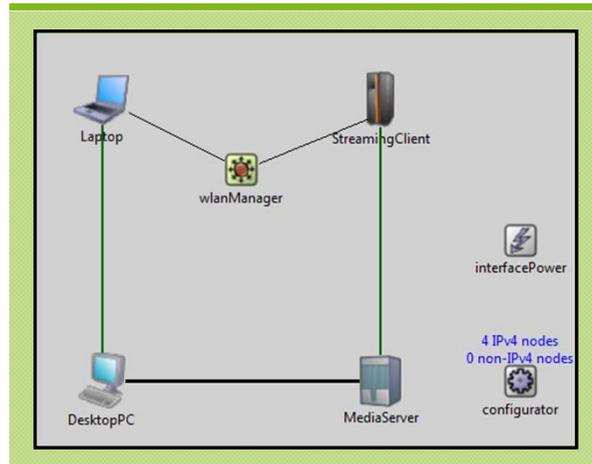
➔ **Jährliche Einsparung: 27 kWh**

- **Integrierte Heimnetzwerkinfrastruktur**
 - Verbesserte Zuverlässigkeit und Reichweite
- **Neue Verbindungen zwischen hLAN Geräten**
 - Nutzung des HANs für hLAN Parameter
- **Zwei Verfahren zur Energieeinsparung**
 - **ACES**
 - Hohe Reaktionszeiten bei der Routensuche
 - **SNES**
 - Gute Performance und hohe Energieeinsparung
 - Skalierbarer Trade-off



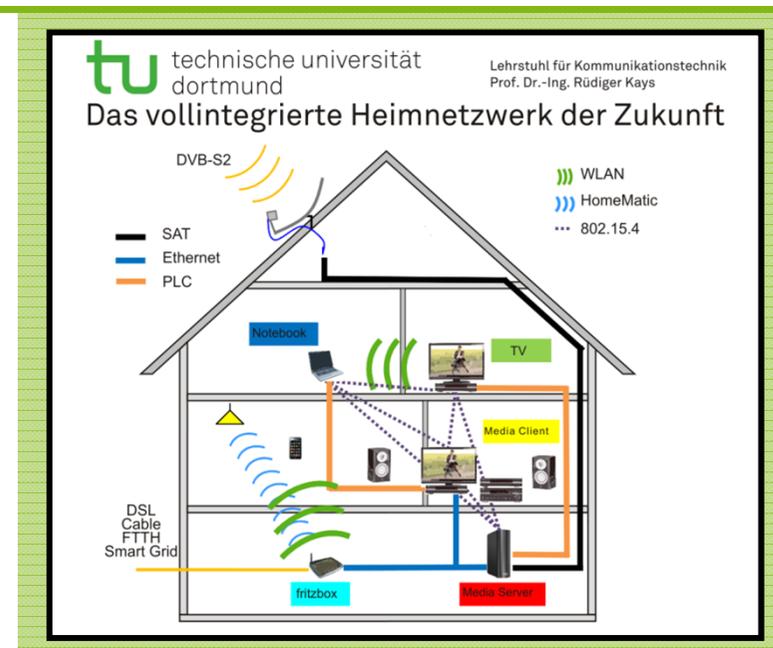
➔ **Großes Energieeinsparpotenzial**





- Erweiterung des Konzepts
 - Frequenzwahl / Bandbreiteneffizienz
 - Optimierung der Routingmetriken
 - CES Integration

- Testbed Implementierung
 - SNES ist Implementiert
 - Demonstration möglich
 - Stete Erweiterung





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!