

Optimierung von WLAN-Zugangsnetzen

Dr.-Ing. Dietmar Petras, ComNets, RWTH Aachen
Dipl.-Ing. Bane Strahinjic, AixCom GmbH, Aachen

11. März 2004

Gegenstand des Vortrags

Fokussierung auf **moderne** und **verfügbare** Technologien

IEEE 802.11 a/g, Distributed Coordinaton Function (DCF)

Optimierung der Funkübertragung

- Positionierung von Access-Points
- Frequenzwahl
- herstellerspezifische Algorithmen
- Parametrierung

Themen für weitere Vorträge

- Sicherheit, Verschlüsselung
- Billing
- Operations, Maintenance
- Applikationen, Inhalte

WLAN: das Netz für alle

Anforderungen der verschiedenen Nutzertypen:

- Home Environment, private Netze
 - BILLIG
 - Schein ist wichtiger als Sein
 - einfach in Installation und Betrieb
- Business Environment, Firmennetze
 - zuverlässig, wartungsarm (Total Costs of Ownership)
 - Ausbau- und Erweiterungsfähigkeit
 - hochratig
- Öffentliche Betreiber, Hot-Spots, Public Access
 - niedrige Eintrittskosten für Kunden z.B. durch Verwendung eines vorhandenen WLAN-Adapter
 - lange Kundenbindung durch niedrige Preise, hohe Zuverlässigkeit und gute Qualität
 - planbar z.B. bezüglich Verfügbarkeit, Dienstgüte, Coverage

Abgrenzung zwischen den Bereichen nicht möglich!!!

■ Netzgüte

- Kapazität, Datenrate
- Reichweite, Abdeckung
- Dienstgüte, Fairness

■ Infrastruktur

- Anzahl Access-Points, Standorte
- Betriebskosten, Wartung, Firmware-Update

■ Endgeräte

- Leistungsaufnahme, Batterie-Lebensdauer
- Datenraten
- Strahlenbelastung

Optimierungsmöglichkeiten der Hersteller

- Link Adaptation
 - hohe Datenraten durch dynamische Selektion des PHY-Modes
 - ggf. separat für Data-, Management, und Control-Frames
- Transmit Power Control, TPC
 - Reduktion von Interferenzen durch Regelung der Sendeleistung
 - ggf. separat für Data-, Management, und Control-Frames
 - zukünftig basierend auf IEEE802.11h
- Power Management (in Stationen)
Verlängerung der Batterie-Betriebsdauer
- Dynamic Frequency Selection, DFS (in Access-Points)
 - automatische/dynamische Wahl des Frequenzkanals
 - zukünftig basierend auf IEEE802.11h
- Scan-, Reassociation Procedure (in Stationen)
dynamische Wahl des Access-Points

■ Verfügbare Werkzeuge:

- Netzplanung basierend auf Ausbreitungsmodellen, adaptiert vom zellularen Mobilfunk
- ns2: freier Simulation von TCP/IP-Netzen, erweitert um IEEE802.11 MAC und einfache Modelle für Kollisionen und Übertragungsfehler
- diverse kleine Simulatoren aus dem akademischen Bereich für einzelne Aspekte, z.B. MAC, Codierung

■ Schwächen:

- Untersuchung von einzelnen Aspekten führt zu Fehlaussagen über das Verhalten des vollständigen Systems
- Verhalten von realen, großen Systems wird nur unzulänglich vorhergesagt

Leistungsbewertung durch Simulation

Bewertung von Algorithmen sowie Planung großer Szenarien erfordert Systemsimulation!

Anforderungen an Systemsimulator

- Bewusstsein schaffen über den Grad der Modellierung
- Realistische Modellierung der physikalischen Übertragung
 - ◆ Umgebung, Gebäude
 - ◆ Pfadverluste
 - ◆ Fading
 - ◆ Antennenmuster
 - ◆ Modem, insbesondere Empfangsverhalten
 - ◆ Fehlermodelle
- Realistische Modellierung von TCP/IP Verkehr
- Mobilität

- Skalierbarkeit der Modelle
- Korrekte und vollständige Implementierung der Protokolle
- Erweiterbarkeit um herstellerspezifische Algorithmen
- Vergleichsalgorithmen, Extremfallbetrachtungen
- Hohe Simulationsgeschwindigkeit
- Korrektheit, Qualität
- Leichte und sichere Konfigurierbarkeit
- Hilfsmittel zur Interpretation der Ergebnisse und Systemverhalten

S-GOOSE von AixCom GmbH, Aachen



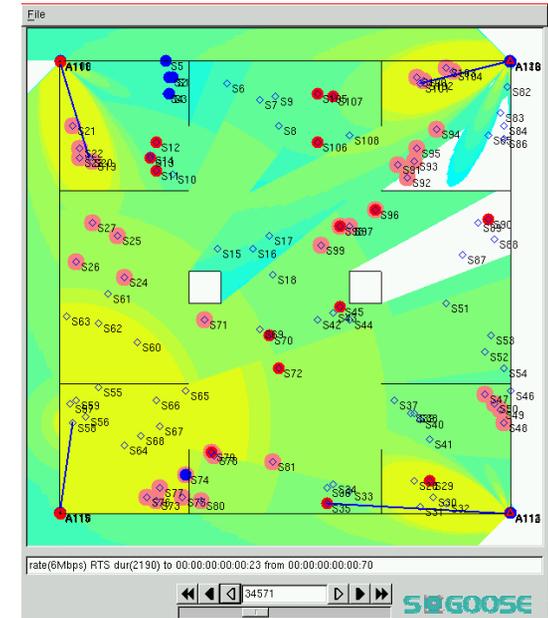
Systemsimulator für Mobilfunknetze:

- GSM/GPRS/EDGE
- TETRA
- IEEE802.11

Spinoff von ComNets, RWTH-Aachen

Besondere Fokussierung auf:

- Verstehen von Ergebnissen durch Visualisierung des Systemverhaltens
- Einfache Konfiguration durch graphische Benutzeroberfläche
- Geschwindigkeit: Simulation in Echtzeit
- Aussagen über statistische Sicherheit von Simulationsergebnissen
- Korrektheit: >1500 automatische Unittests im IEEE802.11 Modul



Heute: Planung im interferenzfreien Raum

- bei niedriger Installationsdichte häufig möglich
- einzelne Access-Points an zentralen Standorten
- hohe Reichweite durch hohe Sendeleistungen
- Betrieb auf unterschiedliche Frequenzen zumeist möglich
- kaum Planung notwendig

Planung in kapazitäts-/ interferenzbegrenzten Systemen

Einfacher Ansatz

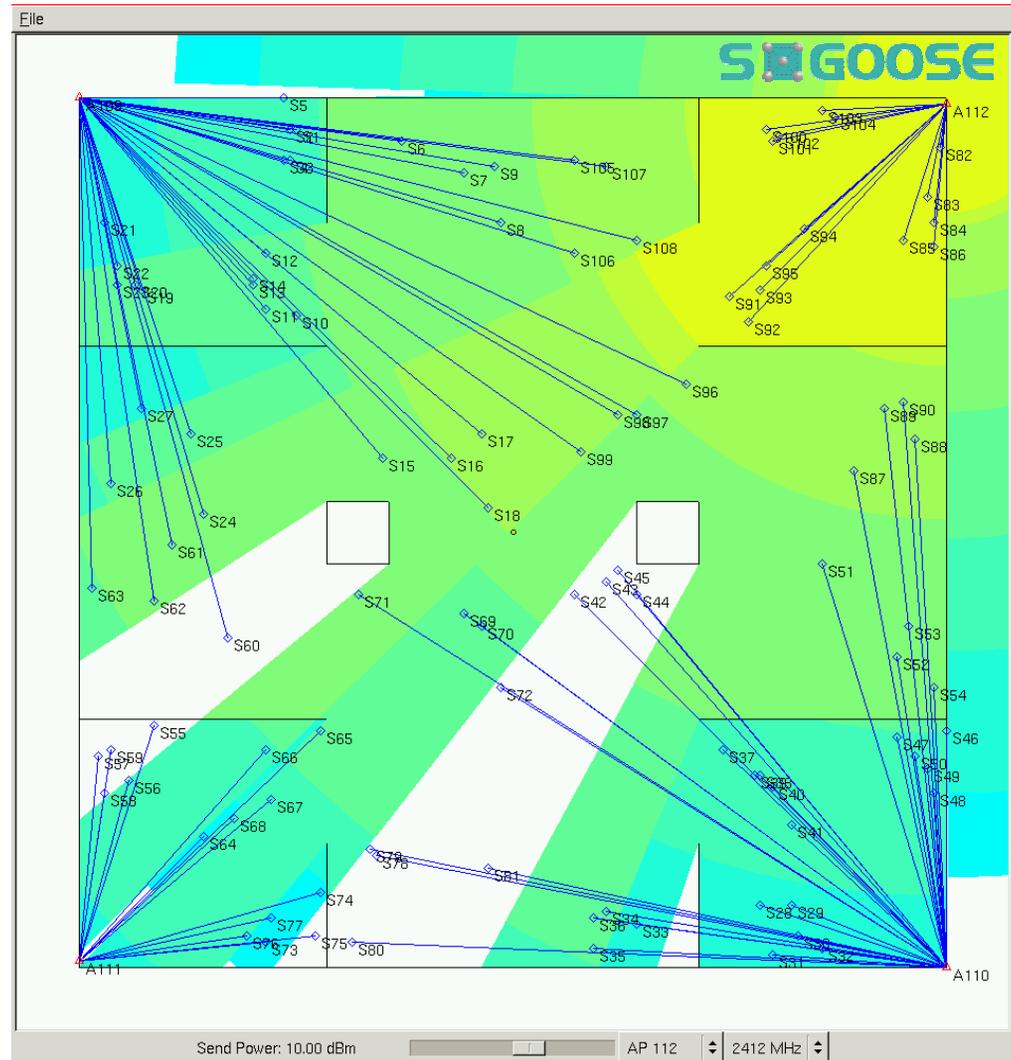
- Planung von Funkzellen mit Ausbreitungsmodellen
- Vermeiden von Überlappungen zwischen Gleichkanalzellen
- Minimierung der Interferenzen zwischen Gleichkanalzellen

Aber Simulationen von großen Systemen zeigen:

IEEE802.11 Netze sind *nicht* planbar wie zellulare Mobilfunknetze!!!

Fallstudie 1: große Halle

- 140m x 140m
- leichte Wände, 3.4 dB Dämpfung
- IEEE802.11g
- 3 Frequenzen
- 4 Access-Points in den Ecken
- ~100 Stationen
- AP1, AP2 sind interferenzfrei
- AP3 (links unten) und AP4 (rechts oben) benutzen dieselbe Frequenz

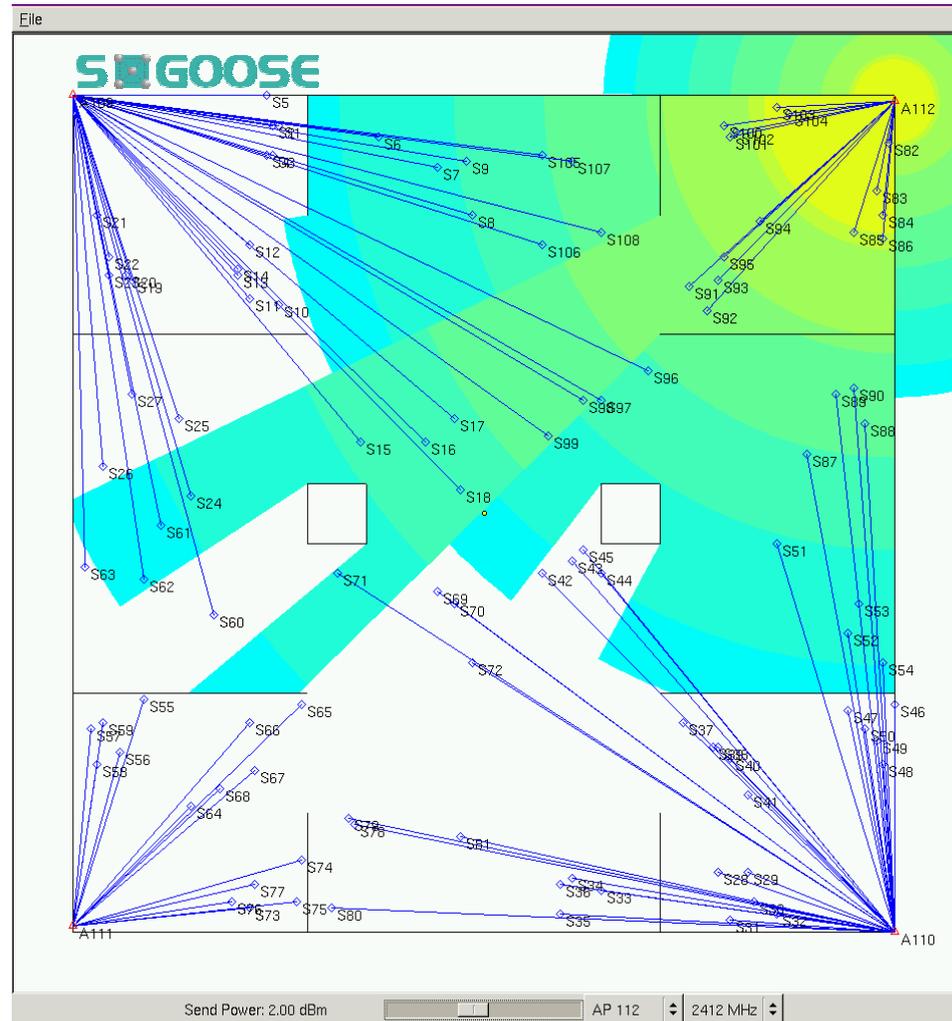


Sendeleistung von AP3 und AP4

1. 54Mbps in der gesamten Zelle (= Raum) \Rightarrow 10dBm
2. Keine Interferenzen in den Zellen \Rightarrow 2dBm

Sendeleistung bei Stationen:

- a) ohne Power Control: 20dBm
- b) angepasst (z.B mittels Power Control): 2dBm



Fallstudie1: Leistungsparameter

Netto-Summenraten pro Zelle in Mbps			
AP-Power (AP3, AP4)	STA-Power	Raum links unten	Raum rechts oben
10dBm	20dBm	5.1	12.8
2dBm	20dBm	0.05	18.0
10dBm	10dBm	5.5	12.0
2dBm	2dBm	11.2	14.1

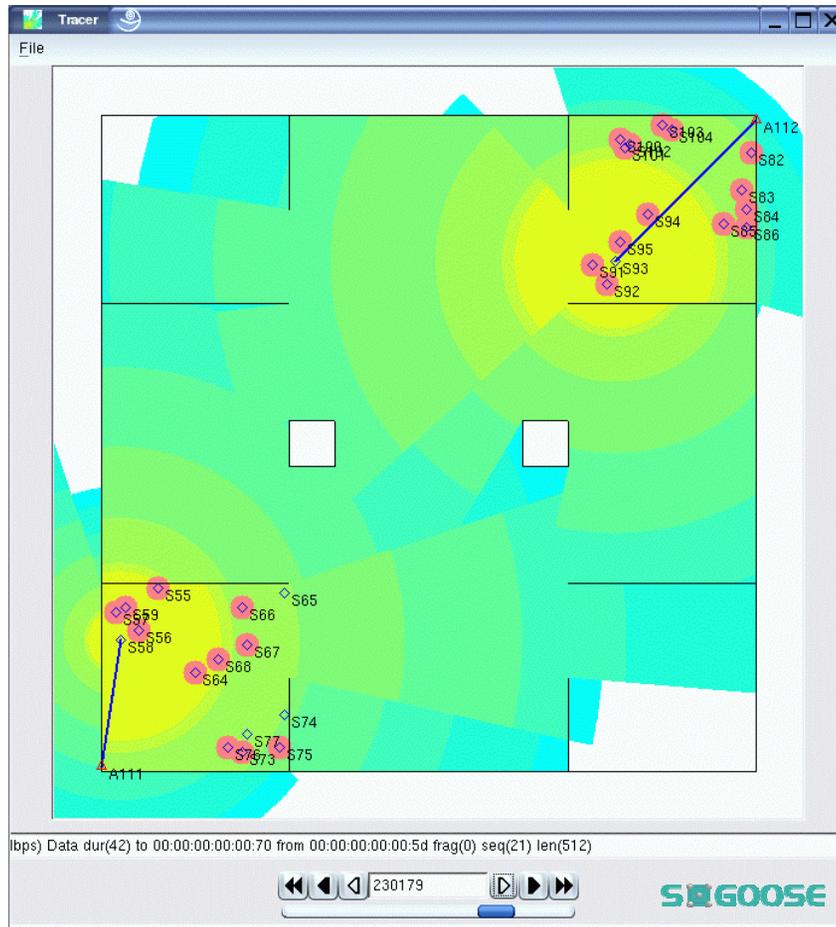
Vergleich: AP1 und AP2 je 17.2 Mbps

Interpretation

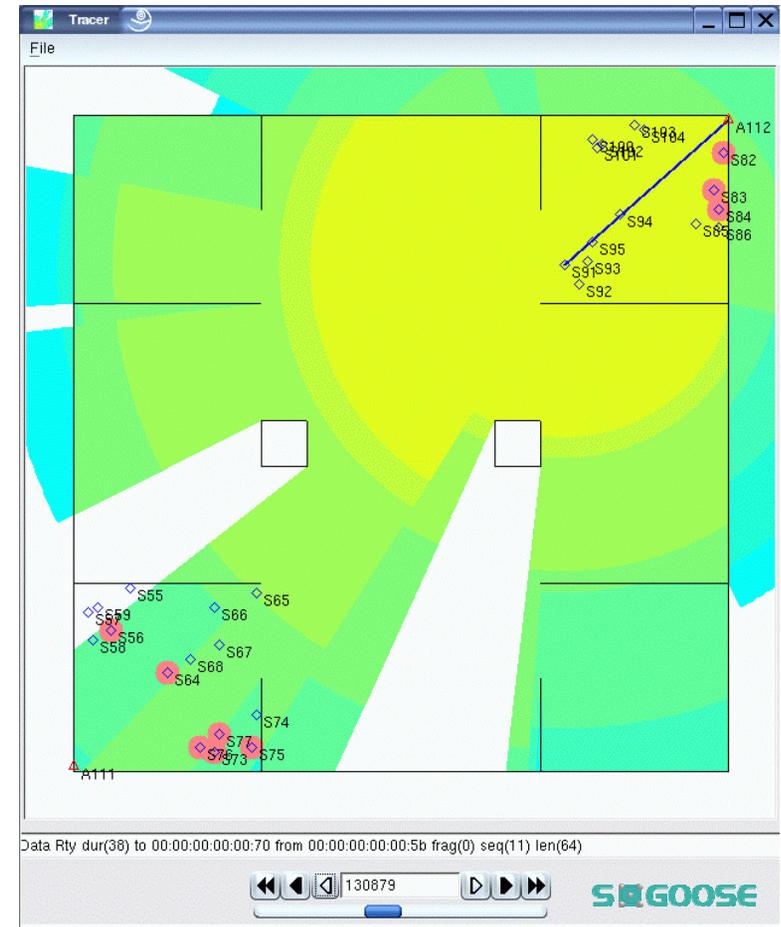
- Zellen werden durch überlappenden Detection-Range verbunden
- Detecion-Range ist 2-3mal größer als Transmission-Range
- Hidden-Stations führt zu Unfairness und mindern Durchsatz

Visualisierung des Systemverhaltens

AP-Sendeleistung 2dBm



AP-Sendeleistung 10dBm



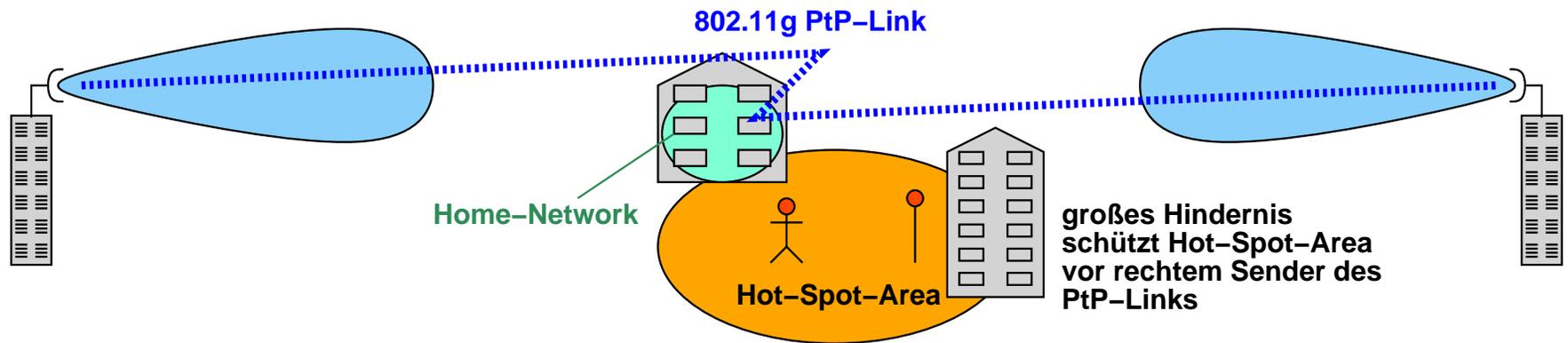
Fallstudie 1: Schlussfolgerungen

- Zellplanung mit Ausbreitungsmodell wie im Mobilfunk ist zu optimistisch
- Konkrete Leistungsparameter kann nur ein System Simulator liefert (insbesondere für Extremfall-Szenarien)
- Kopplung von Zellen durch Detection-Range
- Kapazitätssteigerung durch Minizellen nur, wenn Stationen Power-Control ausführen!
- effiziente Rate-Adaptation ist ein muss

- IEEE802.11 ist *widerspenstig*, aber *gutmütig*

Fallstudie 2: Interferenzen zwischen Systemen

- PtP-Link (16dBi)
- Home-Netz
- Hot-Spot
- IEEE802.11g
- hohe Reichweite, 100mW EIRP
- Optimale Link Adaptation



Fallstudie2: Leistungsbewertung

Netto-Übertragungsraten in Mbps				
Link 1	Link 1_f	Link 2	Home	Hot-Spot
19,5				
	19,5			
		19,5		
			19,5	
				19,5
			8,1	11,6
2,4			18,5	
	18,1		3,2	
		5,6	14,0	
9,7				10,2
	10,0			10,2
		12,2		7,4
3,8			9,3	8,1
	10,3		3,5	6,8
		5,4	7,9	6,2

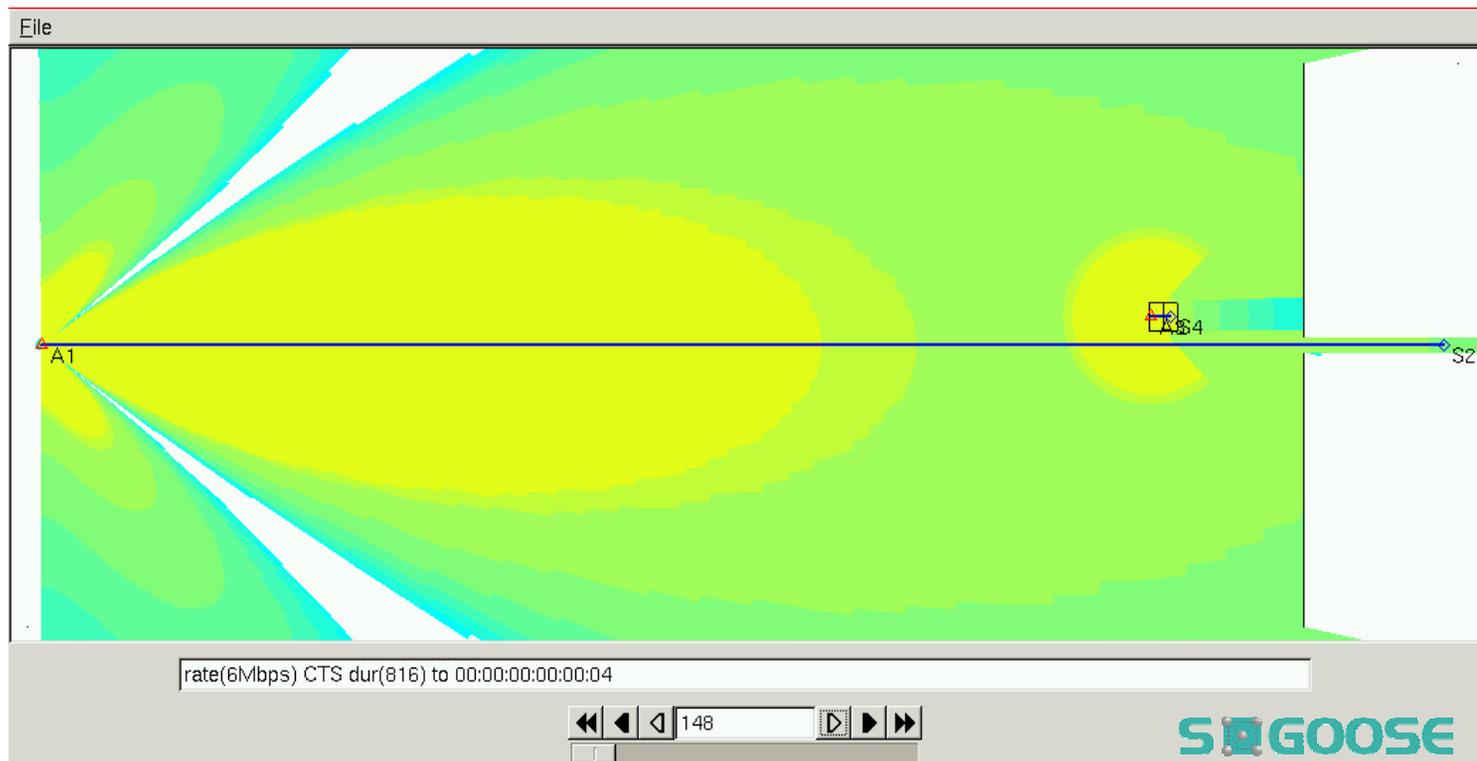
Link 1: Rechter PtP-Link-
Sender ist gegen Hot-
Spot abgeschattet

Link 1_f: PtP-Link mit
illegaler Sendeleistung
von von 20dBm IRP
(36dBm EIRP)

Link 2: PtP-Link interferiert
Hot-Spot von beiden
Seiten

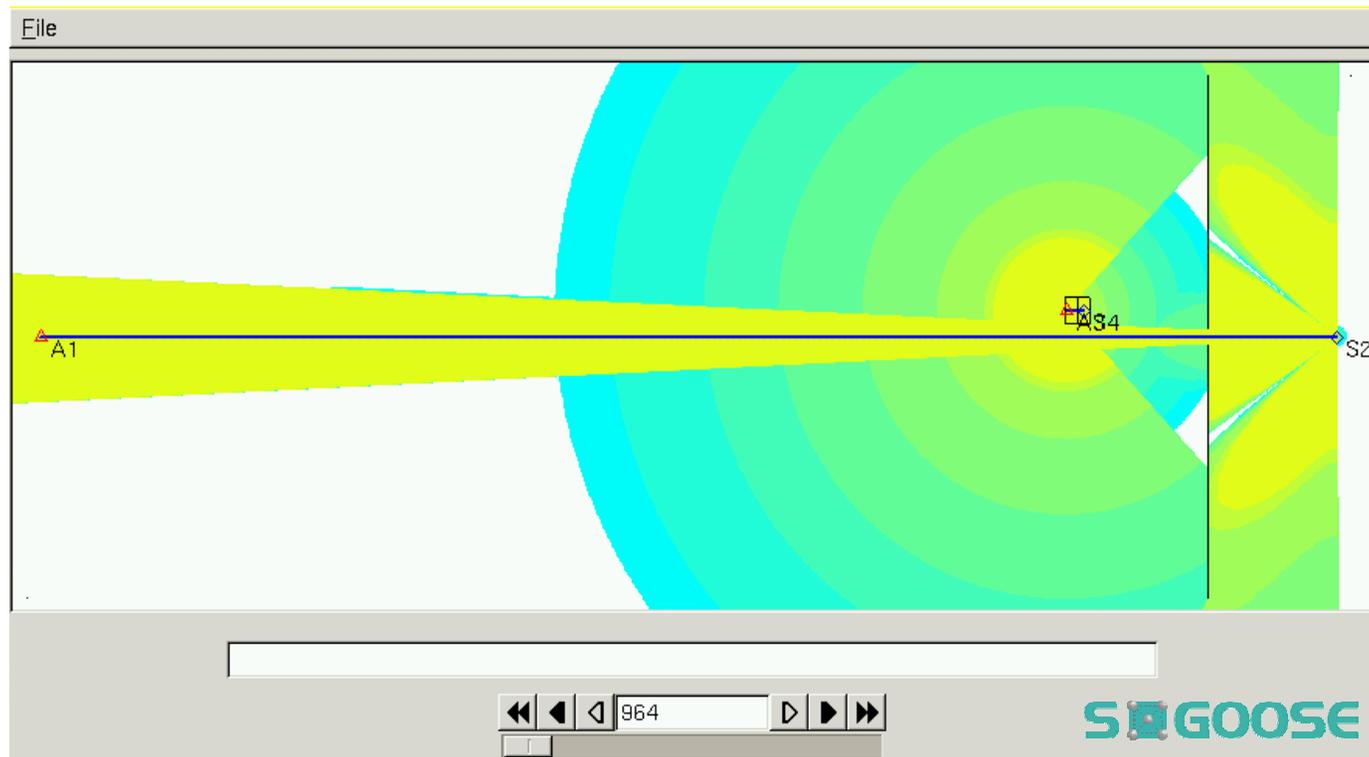
Interpretation von Szenario *Link 1 - Home*

- Halbseitige Abschattung zwischen Link und Home
=> Hidden Stations
- Home interferiert Link, aber nicht umgekehrt



Interpretation von Szenario *Link 1_f - Home*

- Halbseitige Abschattung zwischen Link und Home
=> Hidden Stations
- Link interferiert Home, aber nicht umgekehrt
- siehe Trace @ 64189



Fallstudie 2: Schlussfolgerung

Leistungsparameter können im konkreten Fall stark von Parametrierung und Implementierung abhängen, insbesondere:

- Ausbreitungsmodell
- Rate Adaptation Algorithmus

Daher notwendig:

- Realistische, detaillierte Modelle
- detaillierte Modellierung der herstellerspezifischen Algorithmen

Zusammenfassung

- IEEE802.11 ist ein Netz für alle
 - passt sich den verschiedensten (auch widrigen) Bedingungen flexibel an
 - stets spürbar weniger performant als anwendungs-optimierte Systeme
- Hersteller-spezifische Algorithmen haben einen deutlichen Einfluss auf Leistungsfähigkeit
- Kapazitätssteigerung durch Micro-Zellen erfordert standardisiertes Transmit-Power-Control, z.B. IEEE802.11h
- Bewertung/Optimierung von realen Szenarien erfordert detaillierte Modelle insbesondere von Funkausbreitung und Verkehr