



QoS – Definitionen, Parameter, Mechanismen

Prof. Dr. Carsten Roppel
Fachbereich Elektrotechnik

Übersicht

- ▶ **Qualitätsparameter**
 - ▶ Übersicht
 - ▶ Definitionen bei ITU-T und IETF
- ▶ **Verkehrsmanagement**
 - ▶ Verkehrsparameter
 - ▶ Verkehrssteuerung
- ▶ **QoS Architekturen**
 - ▶ Integrated Services
 - ▶ Differentiated Services
 - ▶ UMTS
 - ▶ Traffic Engineering
- ▶ **Messung von Qualitätsparametern: Das Messsystem ALTAIR**

Übersicht

- ▶ **Qualitätsparameter**
 - ▶ Übersicht
 - ▶ Definitionen bei ITU-T und IETF
- ▶ **Verkehrsmanagement**
 - ▶ Verkehrsparameter
 - ▶ Verkehrssteuerung
- ▶ **QoS Architekturen**
 - ▶ Integrated Services
 - ▶ Differentiated Services
 - ▶ UMTS
 - ▶ Traffic Engineering
- ▶ **Messung von Qualitätsparametern: Das Messsystem ALTAIR**

Definition Dienstgüte

- ▶ **Definition der Dienstgüte (Quality of Service) nach ITU-T-Empfehlung E.800:**

"Alle Qualitätsmerkmale eines Telekommunikationsdienstes, die die Zufriedenheit des Nutzers bestimmen"
- ▶ **I.350 (General Aspects of Quality of Service and Network Performance in Digital Networks, Including ISDNs):**

Nur messbare Parameter, keine subjektiven Aspekte

Qualitätsparameter

- ▶ **Qualitätsparameter sind schichtweise definiert**
 - ▶ Physikalische Schicht (Schicht 1):
z. B. Errored Second Ratio (G.826)
 - ▶ Netzwerkschicht (Schicht 3):
z. B. Paketlaufzeit (Y.1540) oder Zellenlaufzeit (I.356)
 - ▶ Anwendungsschicht (Schicht 7):
z. B. Sprachqualität (Mean Opinion Score P.800, E-Model G.107)
- ▶ **Verknüpfung zwischen Schichten (vertikal):**
 - ▶ Zuordnung von Funktionen zu Schichten nicht immer eindeutig
 - ▶ Router arbeiten nicht nur in Schicht 3, sondern werten auch z. T. Schicht 4 aus (Packet Classification: Protocol, Port usw.)
- ▶ **Verknüpfung zwischen Diensten (horizontal):**
 - ▶ Multitmedia: Balance zwischen Diensten
 - ▶ Multiparty: Balance zwischen Senken

Qualitätsparameter in paketorientierten Netzen (Schicht 3)

- ▶ **Paketlaufzeit**
 - ▶ Wichtig für interaktive Dienste
z. B. Sprache: max. 150 ms Ende-zu-Ende (G.114)
- ▶ **Paketlaufzeitschwankungen (Jitter)**
 - ▶ Bestimmt Größe des Playout-Buffers und damit die Ende-zu-Ende-Verzögerung
- ▶ **Paketverlusthäufigkeit**
 - ▶ Verteilung und Häufigkeit von Paketverlusten
- ▶ **Paketfehlerhäufigkeit**

ITU-T Qualitätsparameter

- ▶ **Y.1540: Internet Protocol Data Communication Service - IP Packet Transfer and Availability Performance Parameters**
- ▶ **Performance Parameters:**
 - ▶ IP Packet Transfer Delay (IPTD)
 - ▶ IP Packet Delay Variation (IPDV)
 - ▶ IP Packet Error Ratio (IPER)
 - ▶ IP Packet Loss Ratio (IPLR)
 - ▶ Spurious IP Packet Rate (SIPR)
 - ▶ IP Service Availability

ITU-T Qualitätsparameter

- ▶ **Einordnung in I.350 3 x 3-Matrix:**

Kriterium Funktion	Geschwindigkeit	Genauigkeit	Zuverlässigkeit
Verbindungs- aufbau			
Informations- übermittlung	IPTD IPDV	IPER SIPR	IPLR
Verbindungs- abbau			

ITU-T Qualitätsparameter

- ▶ **Y.1541: Internet Protocol Data Communication Service - IP Performance and Availability Objectives and Allocations**
- ▶ **Grenzwerte und QoS-Klassen für Referenz-Pfad (solange sich der Nutzer an den Verkehrsvertrag hält):**

	Class 0	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5
IPTD ¹⁾	100 ms	400 ms	100 ms	400 ms	1 s	u
IPDV ²⁾	50 ms	50 ms	u	u	u	u
IPLR	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}	u
IPER	10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}	u

¹⁾ obere Grenze für mittleres IPTD

²⁾ obere Grenze für $(1 - 10^{-3})$ -Quantil von $(IPDV - IPDV_{\min})$

IETF Qualitätsparameter

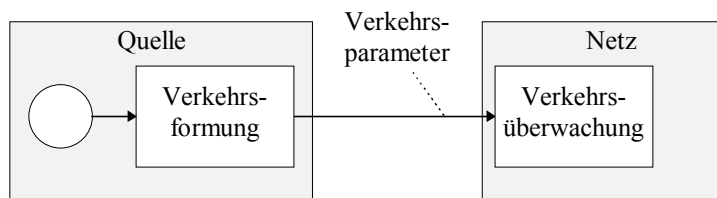
- ▶ **IETF: Internet Protocol Performance Metrics (IPPM) Working Group**
- ▶ **RFCs:**
 - ▶ RFC 2330: Framework for IP Performance Metrics
 - ▶ RFC 2679: A One-way Delay Metric for IPPM
 - ▶ RFC 2680: A One-way Packet Loss Metric for IPPM
 - ▶ RFC 2681: A Round-trip Delay Metric for IPPM
 - ▶ RFC 2678: IPPM Metrics for Measuring Connectivity
 - ▶ RFC 3393: IP Packet Delay Variation Metric

Übersicht

- ▶ **Qualitätsparameter**
 - ▶ Übersicht
 - ▶ Definitionen bei ITU-T und IETF
- ▶ **Verkehrsmanagement**
 - ▶ Verkehrsparameter
 - ▶ Verkehrssteuerung
- ▶ **QoS Architekturen**
 - ▶ Integrated Services
 - ▶ Differentiated Services
 - ▶ UMTS
 - ▶ Traffic Engineering
- ▶ **Messung von Qualitätsparametern: Das Messsystem ALTAIR**

Verkehrsparameter

- ▶ **Definition von Verkehrsparametern:
Grundlage für**
 - ▶ Verkehrsformung (Traffic Shaping)
 - ▶ Verkehrsüberwachung (Policing)
 - ▶ Verbindungsannahmesteuerung

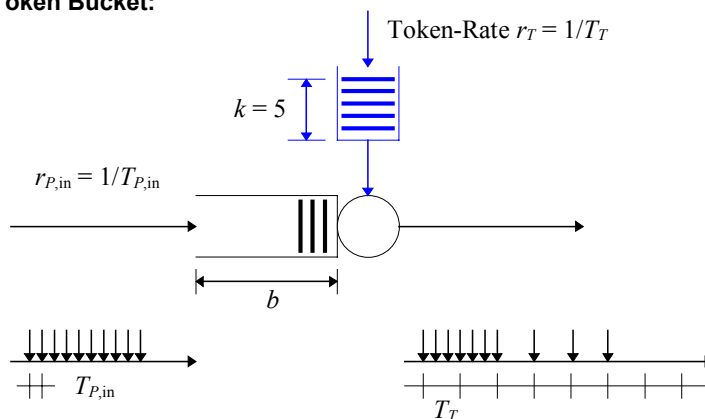


Verkehrsparameter

- ▶ **Spitzenrate (Peak Rate)**
 - ▶ Definiert und überwacht durch Leaky Bucket
- ▶ **Durchsetzbare Rate (Sustainable Rate)**
 - ▶ Definiert und überwacht durch Token Bucket
- ▶ **Größe des Token Bucket**
 - ▶ oder maximale Burstgröße
- ▶ **Maximale Paketgröße**

Verkehrsparameter

- ▶ **Token Bucket:**

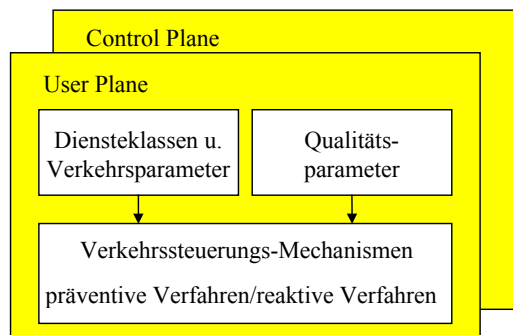


Dienstklassen

- ▶ **Applikationen mit qualitativ ähnlichen Anforderungen werden in Dienstklassen zusammengefasst**
- ▶ **Eine Dienstklasse definiert**
 - ▶ einen Satz von Verkehrsparametern und Qualitätsparametern (oder eine QoS-Klasse)
 - ▶ ggf. Verkehrssteuerungsverfahren
- ▶ **ATM: 5 Klassen (DBR, SBR, ABR, UBR, GFR)**
- ▶ **IntServ: 3 Klassen (Guaranteed Service, Controlled Load, Best Effort)**
- ▶ **UMTS: 4 Klassen (Conversational, Streaming, Interactive, Background)**

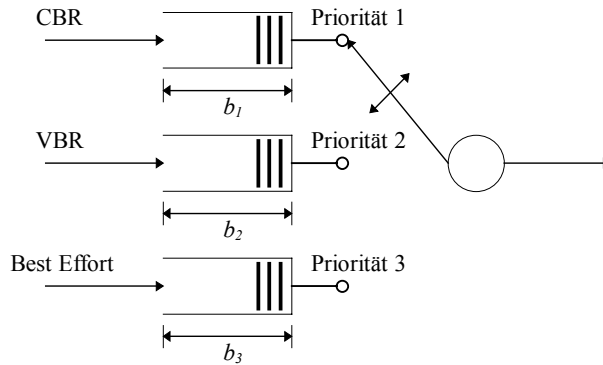
Verkehrsmanagement

- ▶ **Verkehrsparameter ≠ Qualitätsparameter**
- ▶ **Präventive Verfahren:**
 - ▶ Verkehrsformung
 - ▶ Rufannahmesteuerung
 - ▶ Überwachung der Verkehrsparameter
 - ▶ Scheduling-Verfahren
- ▶ **Reaktive Verfahren:**
 - ▶ selektives Löschen von Paketen (z. B. Early Packet Discard, EPD)
 - ▶ Flusskontrolle



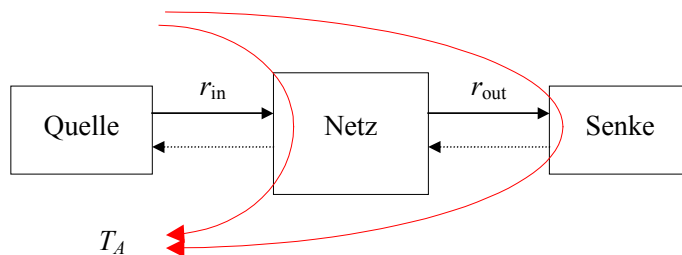
Scheduling-Verfahren

- ▶ **Weighted Fair Queuing**
- ▶ **Prioritätenscheduling**
- ▶ ...



Flusssteuerung

- ▶ z. B. **ABR: ratenbasierte Flusssteuerung mit expliziter Steuerinf.**
- ▶ z. B. **TCP: fensterbasierte Flusssteuerung mit impliziter Steuerinf.**



Übersicht

- ▶ **Qualitätsparameter**
 - ▶ Übersicht
 - ▶ Definitionen bei ITU-T und IETF
- ▶ **Verkehrsmanagement**
 - ▶ Verkehrsparameter
 - ▶ Verkehrssteuerung
- ▶ **QoS Architekturen**
 - ▶ Integrated Services
 - ▶ Differentiated Services
 - ▶ UMTS
 - ▶ Traffic Engineering
- ▶ **Messung von Qualitätsparametern: Das Messsystem ALTAIR**

Integrated Services (IntServ)

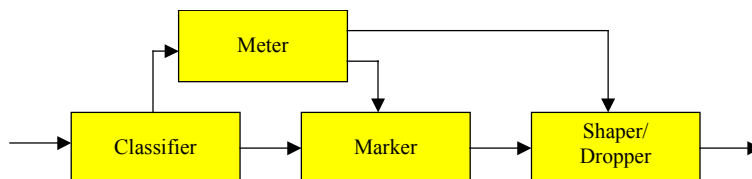
- ▶ **Drei Dienstklassen:**
 - ▶ **Guaranteed Service Class**
Verkehrsparameter (Traffic Characteristics T_{spec} , basiert auf einem Token Bucket:
 - p: Spitzenrate (Peak Rate) [byte/s]
 - b: Tiefe des Token-Speichers [byte]
 - r: Token-Rate [byte/s]
 - m: Minimum Policed Unit [byte]
 - M: Maximum Datagram Size [byte]
 - ▶ **Controlled Load Service Class**
 - ▶ **Best Effort Service Class**
- ▶ **Signalisierung: Resource Reservation Protocol (RSVP)**
- ▶ **Garantie bzgl. absoluter Paketlaufzeit möglich**

Differentiated Services (DiffServ)

- ▶ **Klassifizierung:**
 - ▶ DiffServ Code Point kennzeichnet Behandlung der Pakete im Netz (Per-Hop Behaviour, PHB)
 - IPv4: TOS-Feld (Type of Service)
 - IPv6: Flow Label
- ▶ **PHBs: Vergleichbar einer Dienstklasse**
 - ▶ Expedited Forwarding, Assured Forwarding, Class Selector
- ▶ **DiffServ benötigt keine Signalisierung und keinen per-flow state in den Routern**
- ▶ **Ende-zu-Ende-Dienstgüte ergibt sich aus der Verkettung der entsprechenden SLAs**
 - ▶ keine Garantie bzgl. absoluter Paketlaufzeit möglich

Differentiated Services (DiffServ)

- ▶ **Traffic Conditioning: besteht aus den Funktionen**
 - ▶ Metering: Verkehrsüberwachung
 - ▶ Marking: ggf. kann eine Umcodierung des DiffServ Code Points erforderlich sein
 - ▶ Shaping/Dropping: Verkehrsformung, Löschen nicht-konformer Pakete



UMTS + QoS

- ▶ **Vier Diensteklassen (Traffic Classes)**
 - ▶ ähnlich ATM-Forum-Diensteklassen CBR, rt-VBR, ABR, UBR
 - ▶ keine Garantien bzgl. Delay Variation (RF-Kanal-Bedingungen können sich schnell ändern, z. B. durch Anzahl der Nutzer in einer Funkzelle oder Bewegung des Nutzers)
- ▶ **Paketübertragung erfolgt im Rahmen eines *Packet Data Protocol (PDP)* Kontextes**
- ▶ **mit einem PDP-Kontext ist ein *QoS-Profil* assoziiert**
- ▶ **mehr als ein PDP-Kontext (und damit auch QoS-Profile) pro IP-Adresse**
- ▶ **Aktivierung/Deaktivierung eines PDP-Kontextes jederzeit möglich**
- ▶ **Neuverhandlung des QoS-Profiles eines bestehenden PDP-Kontextes möglich**
- ▶ **QoS Interworking: Abbildung von Verkehrs- und Qualitätsparametern UMTS ↔ Core Network**

UMTS Diensteklassen

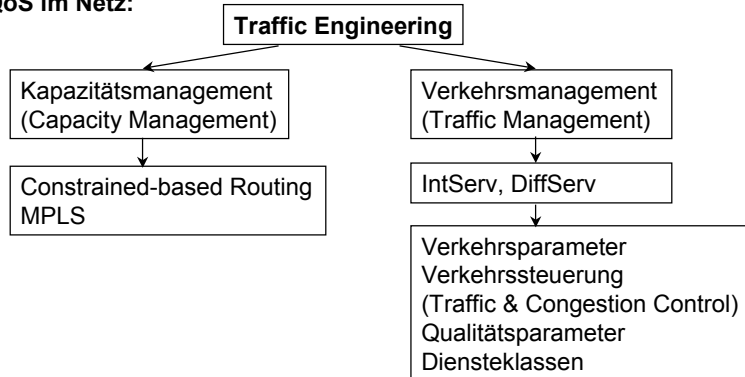
	Conversational class	Streaming class	Interactive class	Background class
Maximum bit rate	x	x	x	x
Guaranteed bit rate	x	x		
Max. SDU size	x	x		
SDU format	x	x		
SDU error ratio	x	x	x	x
Residual bit error ratio	x	x	x	x
Delivery of erroneous SDUs	x	x	x	x
Delivery order	x	x	x	x
Transfer delay	x	x		
Traffic handling priority			x	
Admission/retention priority	x	x	x	x

QoS-Parameter



QoS: Traffic Engineering und mehr

► **QoS im Netz:**



► **Tarifierung**

- **QoS in den Endgeräten: Quellencodierung (-> Ratenadaption), Forward Error Correction (FEC), Multipath Streaming**

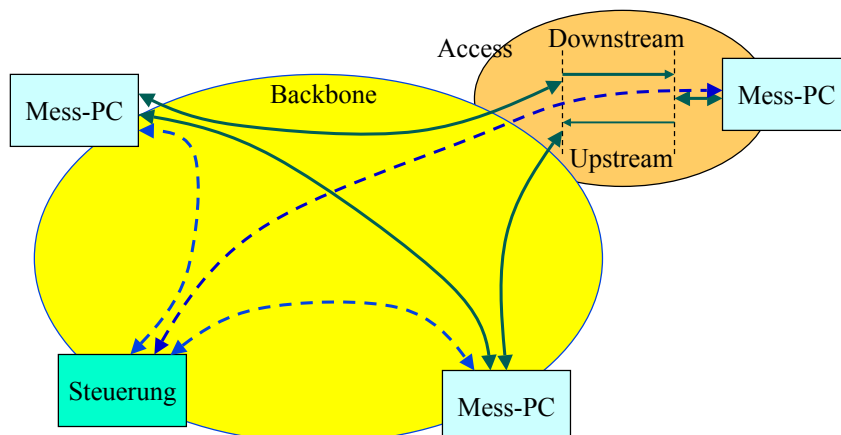
Übersicht

- **Qualitätsparameter**
 - Übersicht
 - Definitionen bei ITU-T und IETF
- **Verkehrsmanagement**
 - Verkehrsparameter
 - Verkehrssteuerung
- **QoS Architekturen**
 - Integrated Services
 - Differentiated Services
 - UMTS
 - Traffic Engineering
- **Messung von Qualitätsparametern: Das Messsystem ALTAIR**

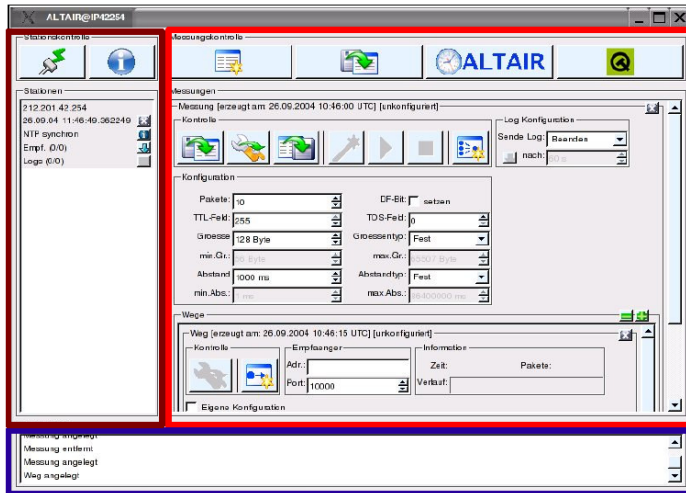
ALTAIR

- ▶ PC-basiertes Messsystem
- ▶ Aktive Messungen
- ▶ Betriebssystem Linux mit RT-Kernel
- ▶ Zeitsynchronisation: GPS-PCI/Seriell oder DCF77
- ▶ Schnittstellen: Ethernet 10/100 Mbit/s, WLAN
- ▶ Paketabstände und Größe: Konstant, Exponential-, Gleich-, Normalverteilung
- ▶ Messung und Steuerung (Controlcenter) getrennt

ALTAIR



ALTAIR ControlCenter



C. Roppel Fachbereich Elektrotechnik

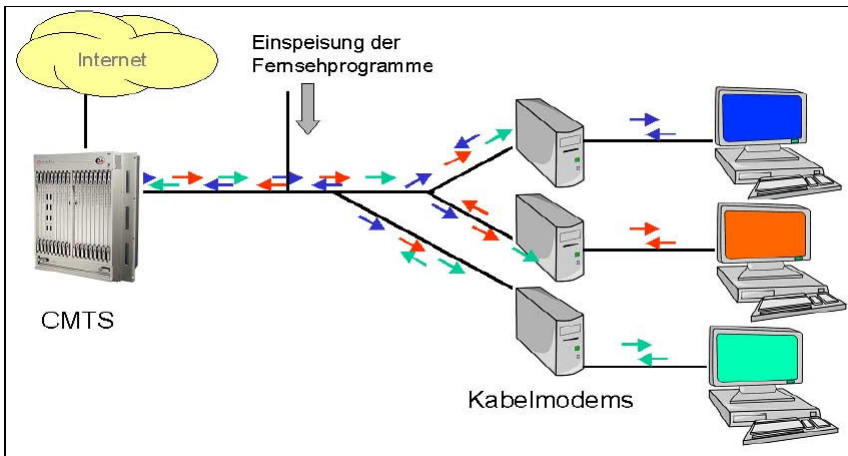
29

Zeitsynchronisation

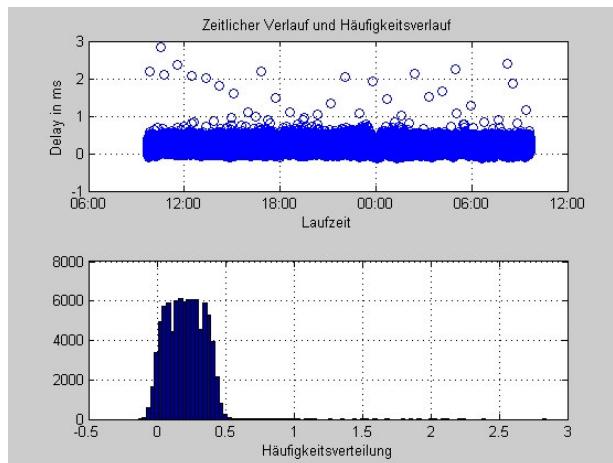
- ▶ **Mit GPS (Global Positioning System)-PCI-Karte:**
 - ▶ Abfrage der Zeit über den PCI-Bus
 - ▶ Genauigkeit ca. 50 μ s
- ▶ **GPS-Empfänger mit serieller Schnittstelle:**
 - ▶ Synchronisation der Systemzeit mit NTP (Network Time Protocol)
 - ▶ Genauigkeit ca. 100 μ s
- ▶ **DCF77-Empfänger mit serieller Schnittstelle:**
 - ▶ Korrelationsempfänger, Entfernung zum Sender einstellen
 - ▶ Synchronisation der Systemzeit mit NTP
 - ▶ Genauigkeit ca. 1 ms

30

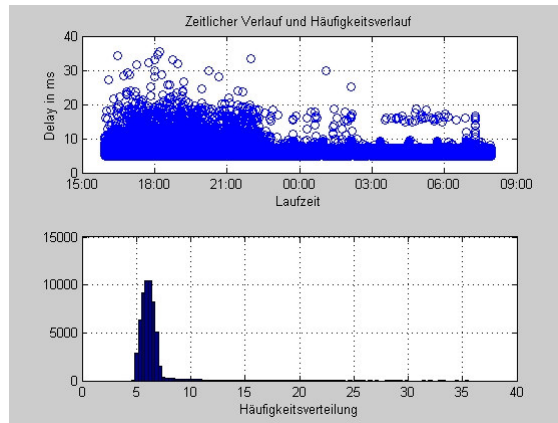
Messungen in einem DOCSIS-Kabelmodem-Netz



Laufzeiten Downstream



Laufzeiten Upstream



C. Roppel Fachbereich Elektrotechnik

33

Messungen: Eine persönliche Meinung

Wo sind (One-Way-Delay-) Messungen sinnvoll?

- ▶ **Messungen im Backbone:**
 - ▶ "Delay: 1 ISP, 1 good month, 1 bad night"
<http://www.nwfusion.com/research/2002/1216isptestside1.html>
 - ▶ Bei Problemen gibt es Hinweise vom Netzmanagement
 - ▶ "core network engineers don't care", aber für Applikationen wichtig
- ▶ **Messungen für Endkunden zu aufwändig (Zeitsynchronisation)**
- ▶ **Messungen basierend auf Schätzverfahren zu ungenau**
 - ▶ "Ergebnis ist vermutlich richtig, kann aber auch anders sein"
- ▶ **Messungen als Datenbasis für Verbesserung/Entwicklung von Protokollen/Applikationen**
- ▶ **Messungen zur Überprüfung von SLAs?**

C. Roppel Fachbereich Elektrotechnik

34