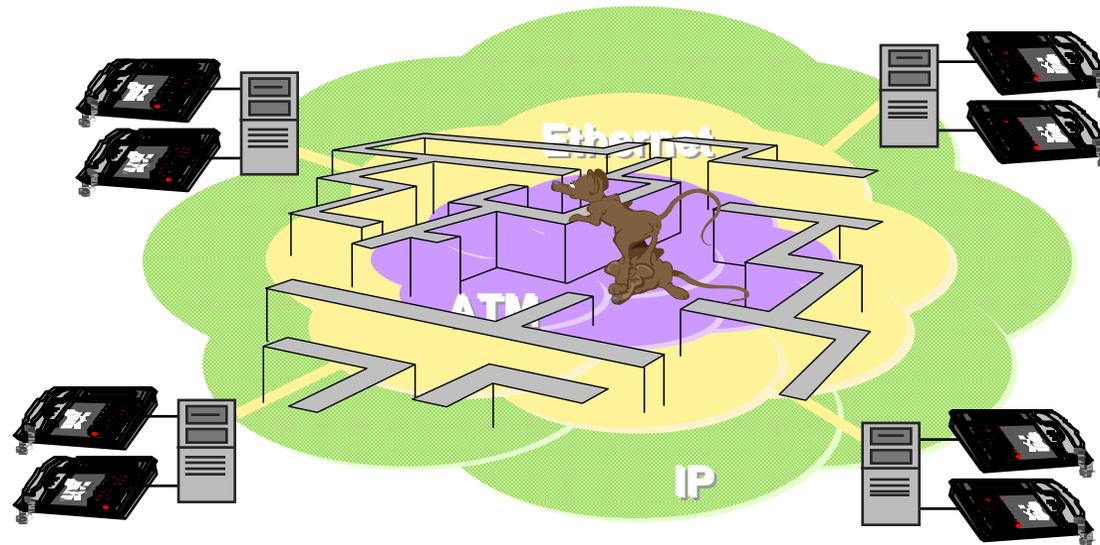


# „TELEFONIE ÜBER IP-NETZWERK“

Ein kurzer technischer Abriss und  
Erfahrungsbericht aus dem Test- und Laborbetrieb  
am Forschungszentrum Karlsruhe

von Dipl.-Inform. Torsten E. Neck





**Forschungszentrum Karlsruhe GmbH**  
Technik und Umwelt

**Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt**

Postfach 3640 ♦ D-76021 KARLSRUHE  
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1 ♦ D-76344 Leopoldshafen

Fon: +49 (0)7247 82- 4421

Fax: +49 (0)7247 82- 4857

eMail: [Torsten.Neck@ftu.fzk.de](mailto:Torsten.Neck@ftu.fzk.de)

W3: <http://www.iai.fzk.de/~neck>



- ➡ Studium der **Mathematik und Informatik** an der **Universität Karlsruhe (TH)**;  
Schwerpunkte: **Telematik (Prof. Krüger)** und **Informationssysteme (Prof. Lockemann)**
- ➡ bis 1998 am **Institut für Angewandte Informatik**:  
Projekte: **TESUS** (verantwortlich), **ARTEMIS**, **KISMET**  
*Hochperformante Netze für multimediale Anwendungen in der Medizin*
- ➡ Seit 1998 am **Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt**:  
*Fachleiter "Informations- und Kommunikationstechnologien", Netzwerkmanager*

☞ **ABB Gebäudetechnik Süd AG,  
Niederlassung Karlsruhe:**

- ☞ Rolf Sperber
- ☞ Michael Leitner

☞ **EBI Computer GdbR, Karlsruhe:**

- ☞ Steffen Biehle
- ☞ Holger Frank

☞ **Forschungszentrum Karlsruhe  
GmbH:**

- ☞ Hans Ebert, BTI
- ☞ Gerd Halbeis, BTI
- ☞ Hans-Ulrich Hohn, HIK
- ☞ Torsten Neck, FTU
- ☞ Wolfgang Stiefel, HIK

☞ **Interconnect GmbH, Karlsruhe:**

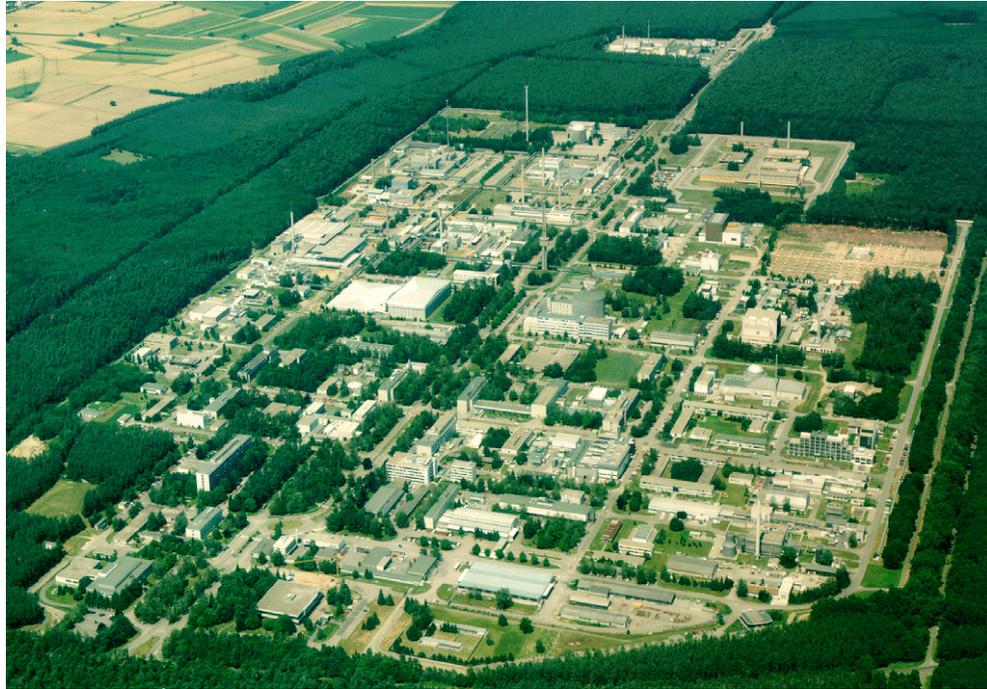
- ☞ Alexander Weitzel

☞ **NEWBRIDGE Networks AG,  
München:**

- ☞ Falk Schwendike
- ☞ Wolfgang Werner

☞ **NOKIA IP — ehemals:  
VIENNA Systems Inc., Maidenhead  
(GB):**

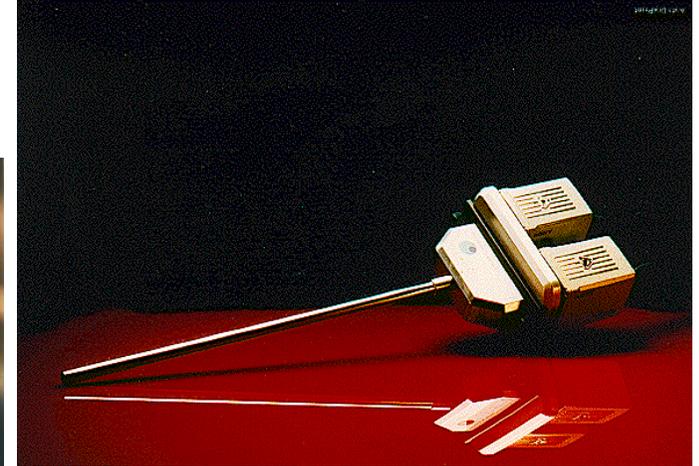
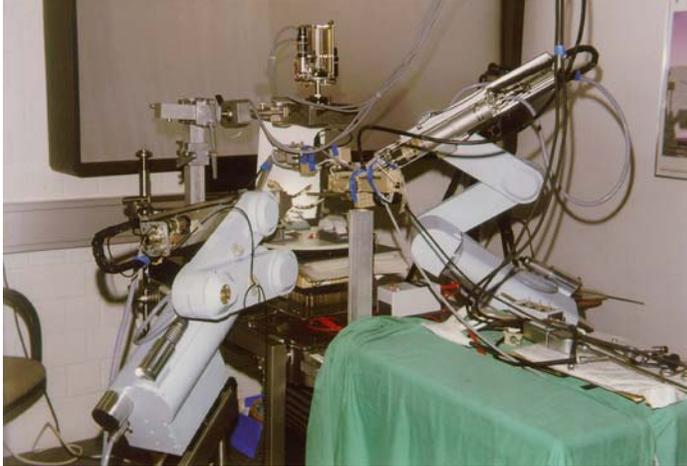
- ☞ Dave Gladwin



**Forschungszentrum Karlsruhe**  
Technik und Umwelt

Mitglied in der Hermann-von-Helmholtz-Gemeinschaft  
Deutscher Forschungszentren (HGF)

- **Gesellschafter:**  
**90% Bundesrepublik Deutschland**  
**10% Land Baden-Württemberg**
- **Jahresbudget Forschung:**  
**520 MDM**, davon 80 MDM eigene Erträge
- **Personal:**  
**3800 Beschäftigte**, davon  
1200 Wissenschaftler/Ingenieure,  
60 Professoren,  $\geq 100$  Gastwissenschaftler,  
 $\geq 200$  Doktoranden, 380 Azubis
- **Geschäftsbereich Forschung:**
  - **16 wissenschaftliche Institute**
  - **4 Projekte**
  - **5 wissenschaftlich-technische Hauptabteilungen**
  - **3 Projektträgerschaften des Bundes**  
**1 Projektträgerschaft d. Landes BW**



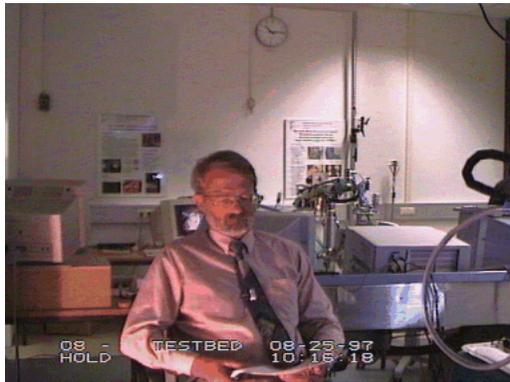
0 —  
0.05

# Motivation

## The Experimental ARTEMIS Implementation at FZK



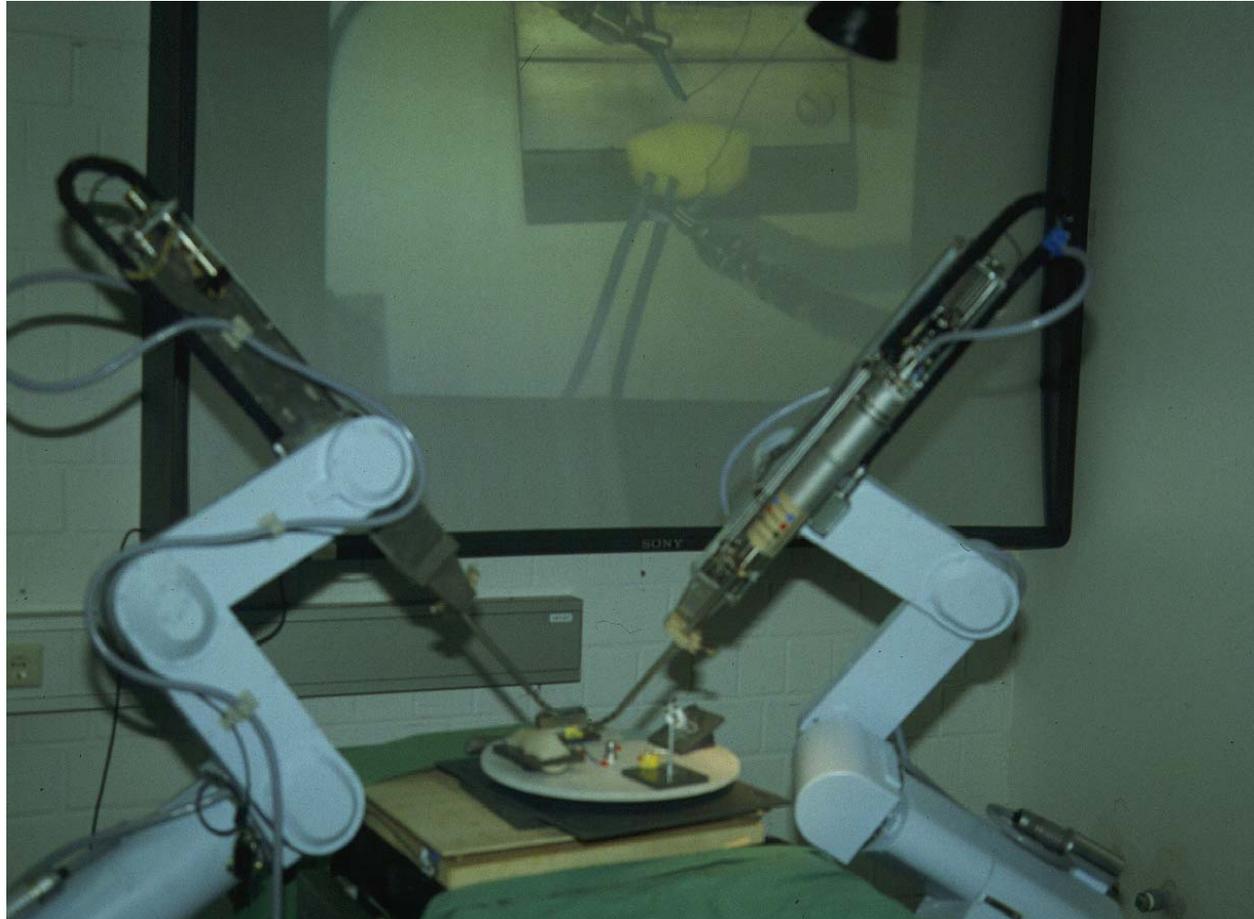
# 0 — Motivation 0.06 interaktives Teleconsulting: Endoskopfernsteuerung



0 —  
0.07

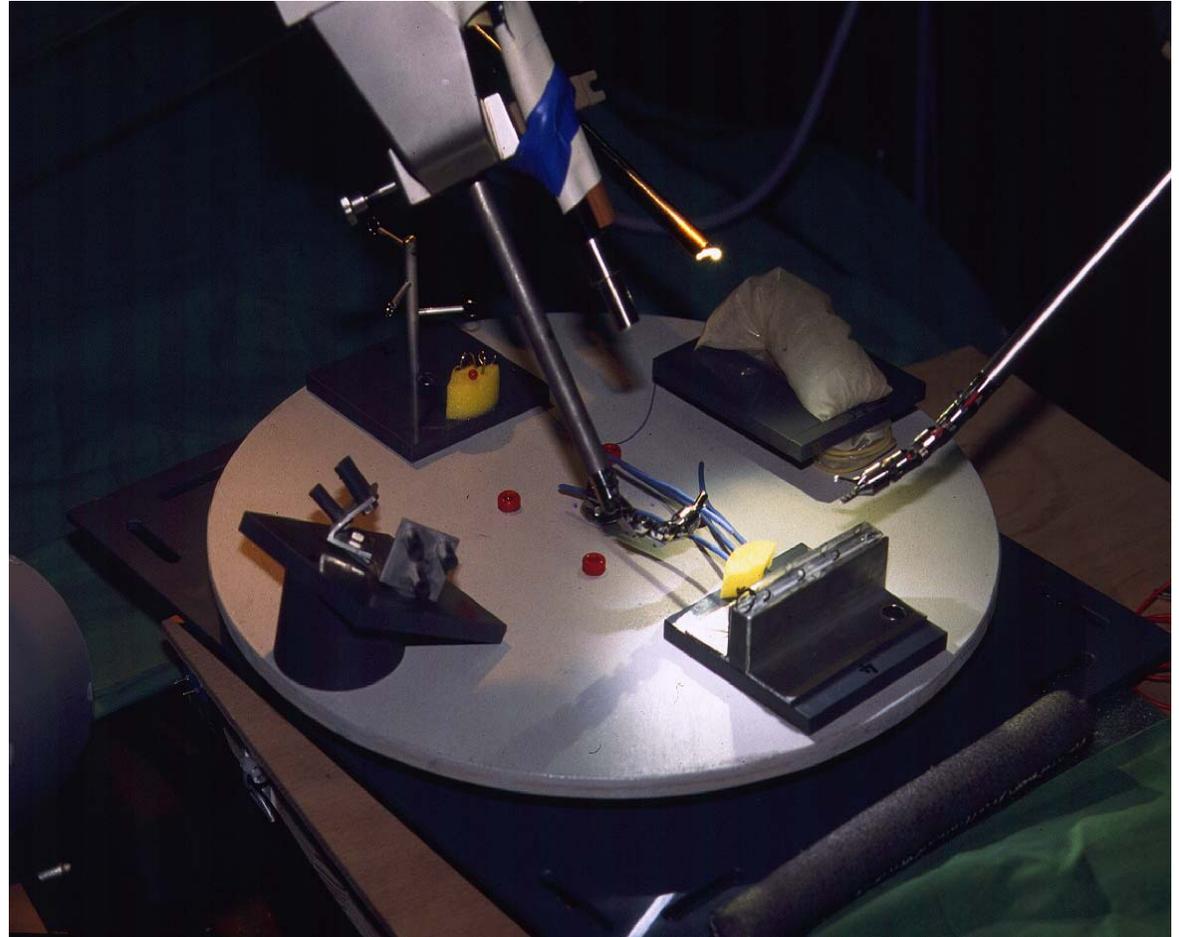
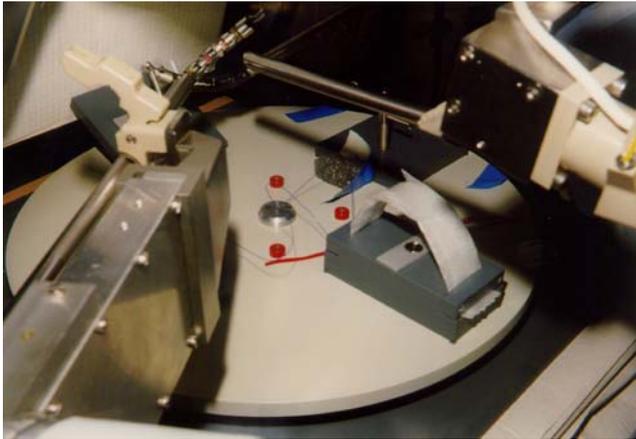
Motivation

## Die Arbeitseinheiten (AEH): TISKA bzw. TISMIKA



0 —  
0.08

# Motivation Testparcours zur medizinischen Evaluation



0 —

0.09

# Man-Machine-Interface (MMI) und „HIT-Master“ (MEH)

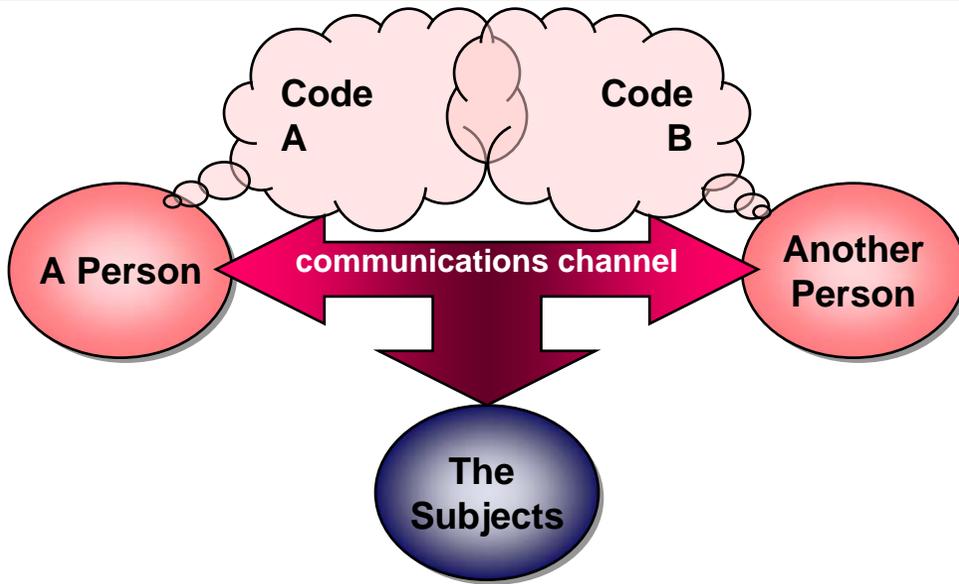
Motivation



- **Herrn Christoph Künkel** — Innovaphone GmbH
  - [mailto: ckuenkel@innovaphone.com](mailto:ckuenkel@innovaphone.com)
  - <http://www.innovaphone.com/pr/netztreff10/index.htm>
  
- **Herrn Rolf Sperber** — ABB Gebäudetechnik Süd AG
  - [mailto: rolf.sperber@degte.mail.abb.com](mailto:rolf.sperber@degte.mail.abb.com)
  - <http://www.abb.com>

**① Eine Technik zur Übertragung von Sprache über Datennetze unter Verwendung des „Internet Protokolls“ (IP)**

- ☞ **Akronym: „Voice Over Internet Protocol“**
- ☞ **Abbildung der ISDN-Telefonie-Dienste auf IP („ISDN-Emulation“):**
  - ☞ **Volle Unterstützung der Merkmale des ISDN ist möglich**
  - ☞ **Keine vollständige Emulation aller Übertragungseigenschaften von Telefonleitungen**
  - ☞ **Faxdienst wird nicht notwendig unterstützt (Fax over IP Standard)**
  - ☞ **Modemdienst wird nicht unterstützt**
- ☞ **VOIP bedient sich des IP Protokolls**
  - ☞ **VOIP ist damit jedoch nicht notwendigerweise „Telefonieren im Internet“**
  - ☞ **Wichtigste Einsatzfelder: Intranet, VPN**
  - ☞ **Andere Protokolle haben keine Bedeutung (Ausnahme: „VTOA“ )**
- ☞ **VOIP integriert die IT- und Telekommunikationswelten**
- ☞ **Datenkommunikation läuft auf IP direkt, Datendienste über VOIP macht keinen Sinn!**



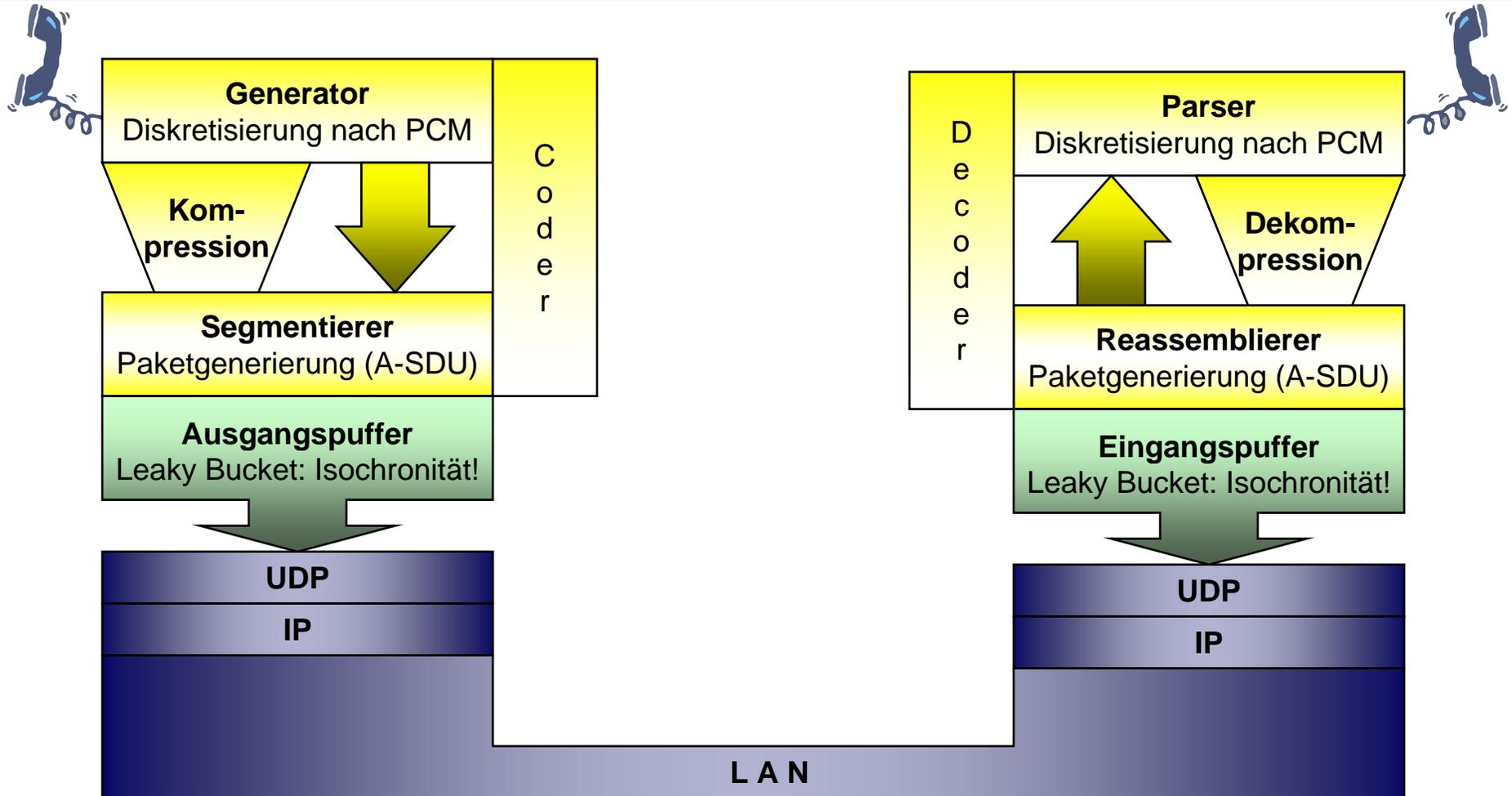
Charakteristisch:

- Überbrückung einer gewissen Distanz
- Einrichtung eines (virtuellen) Kanals
- Verwendung eines abstrahierenden Codes
- Einigung auf einen gemeinsamen Code

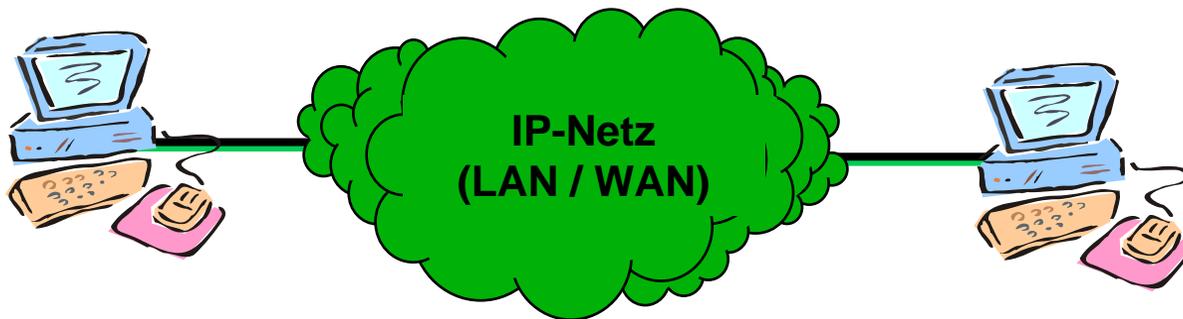
## Opyavov–Modell der Kommunikation

- ☞ Roots:  
Platon — Athen, 427–347 v. Chr.
- ☞ Verfeinerung:  
Karl Bühler — Deutschland, 1879–1963,  
1934: „Sprachtheorie“

☞ **Sprache** — ist ein **Werkzeug**,  
damit **Einer**  
**einem Anderen**  
**etwas mitteilen kann**  
**über die Dinge**



- ☞ **PC-Arbeitsplatz mit**
  - ☞ **Voice-Devices**
    - ☞ Soundkarte
    - ☞ Mikrofon, Lautsprecher oder Headset
  - ☞ IP-Netzzugang
  - ☞ VOIP-CoDec
  - ☞ Signalisierungsdienst  
(denn: Telefonie ist „CO“, IP hingegen „CL“)



- ☞ **Dedizierte VOIP-PC-Arbeitsplatz mit**
  - ☞ **Voice-Devices**
    - ☞ **Sprechgarnitur mit seriellem Anschluß (115 kbps)**
    - ☞ **Soundkarte, Mikrofon, Lautsprecher oder Headset alternativ**
  - ☞ **IP-Netzzugang**
  - ☞ **VOIP-CoDec**
  - ☞ **Signalisierungsdienst**  
(denn: Telefonie ist „CO“, IP hingegen „CL“)





## Dedizierte VOIP-Telefone mit



**Voice-Device: Sprechgarnitur mit seriellem Anschluß (115 kbps)**



**IP-Netzzugang**



**Integrierter Netzzugang**



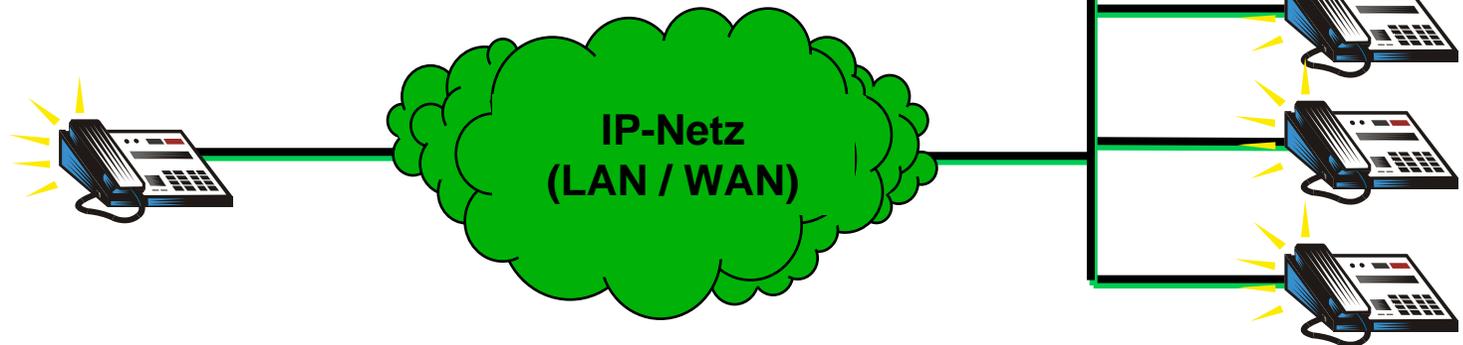
**BOOTP, DHCP-Client als Boot-ROM**



**integrierter VOIP-CoDec**

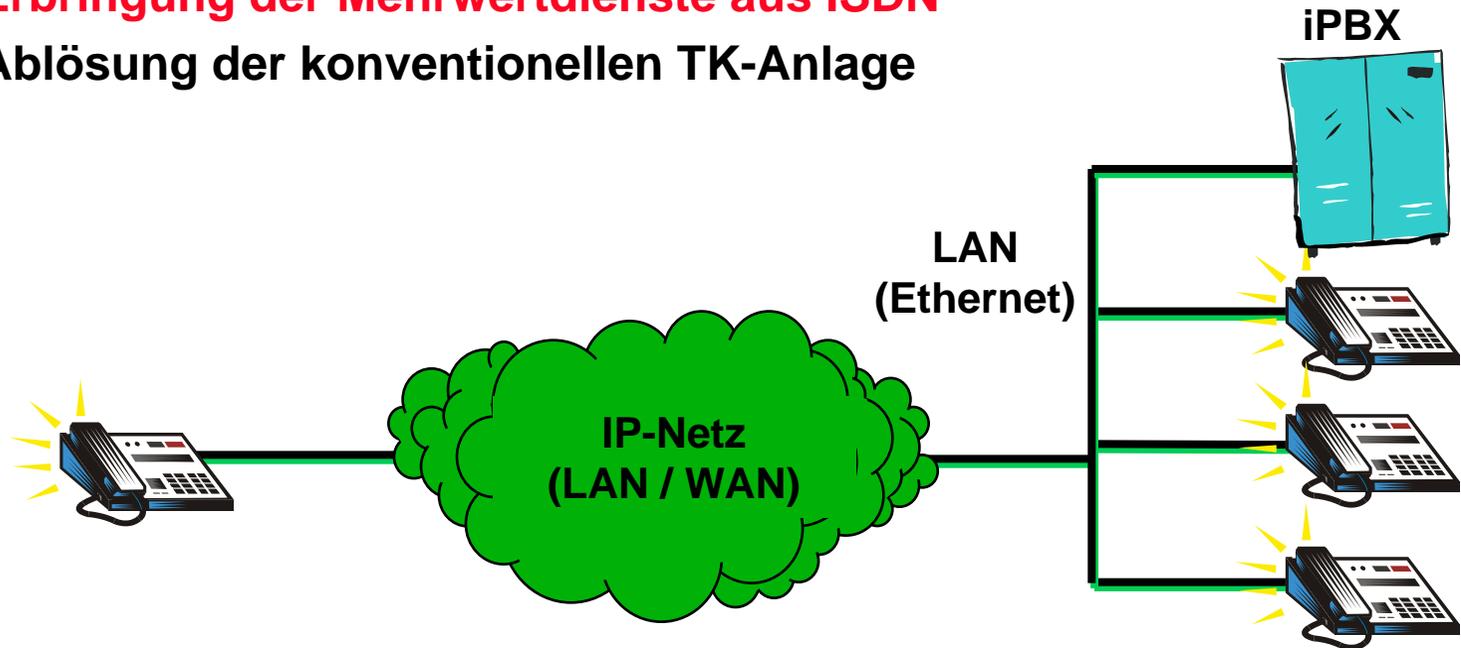


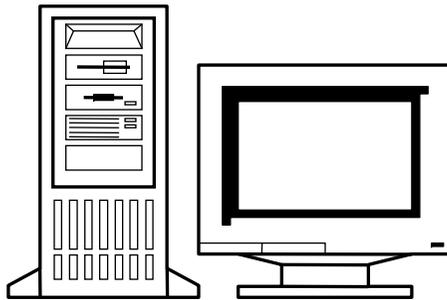
**Signalisierungsdienst  
(denn: Telefonie ist „CO“, IP hingegen „CL“)**



### ☞ **iPBX (oder IP TK-Anlage)**

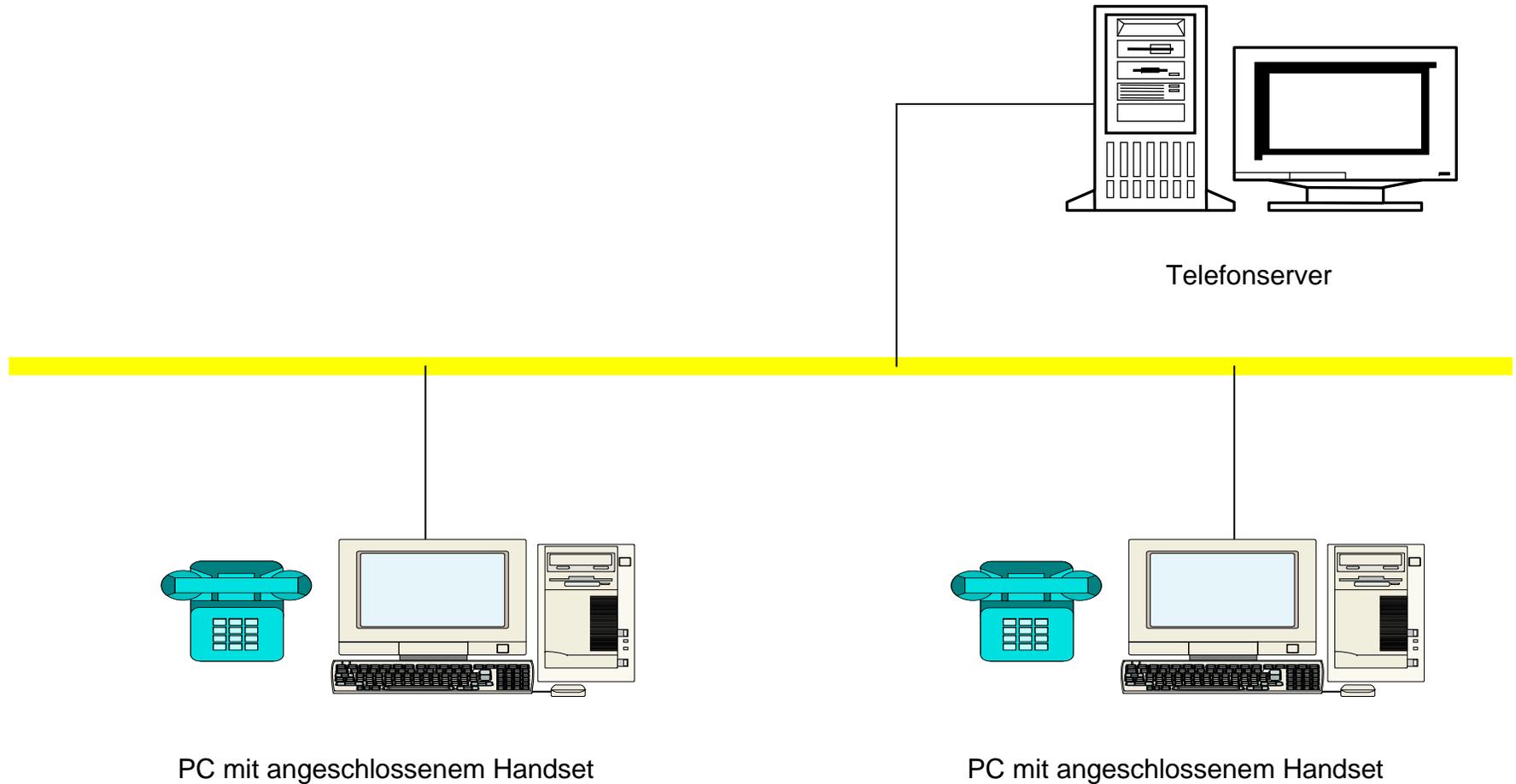
- ☞ **Erbringen des Verbindungsaufbaus durch dedizierten Server**  
(damit weiterhin gewohnte Telefonnummern verwendet werden können)
- ☞ **Call-Processing-Server (CPS) / Gatekeeper / IPBX**
- ☞ **Erbringung der Mehrwertdienste aus ISDN**
- ☞ **Ablösung der konventionellen TK-Anlage**





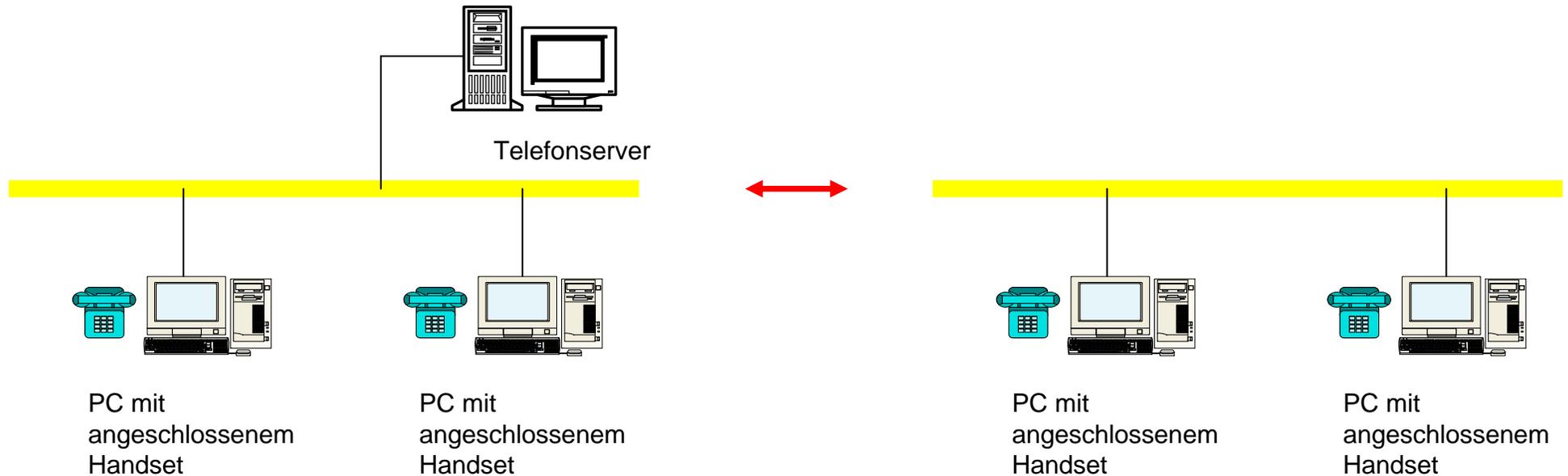
Telefonserver

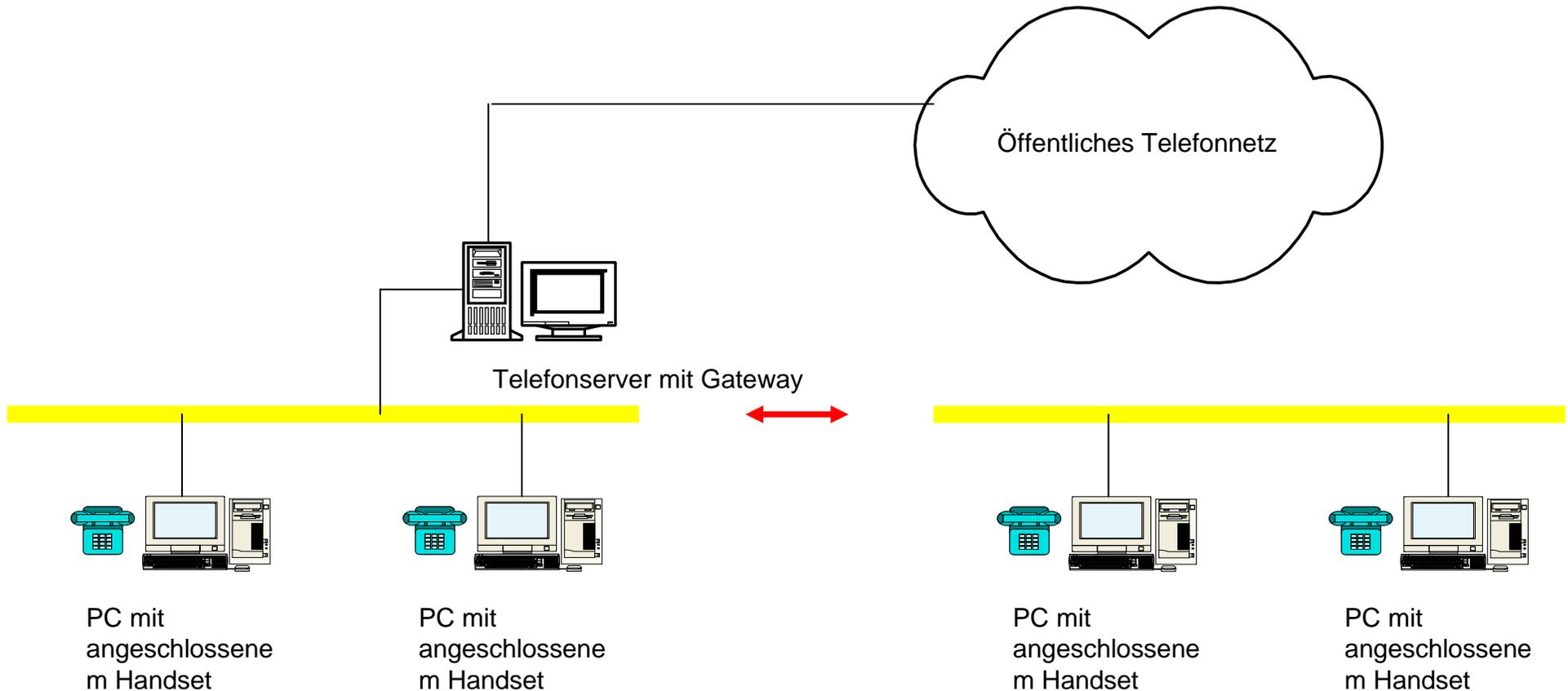
Serverdatenbank :			
zugewiesene Nebenstelle	IP-Adresse	Benutzername	weitere Felder
1000	141.52.80.1	Neck	
1001		Sperber	
1002	141.52.80.77	Maihack	
1003	141.52.80.80	Holler	
7500	141.52.80.110	Notruf	
9999	141.52.80.3	Zentrale	



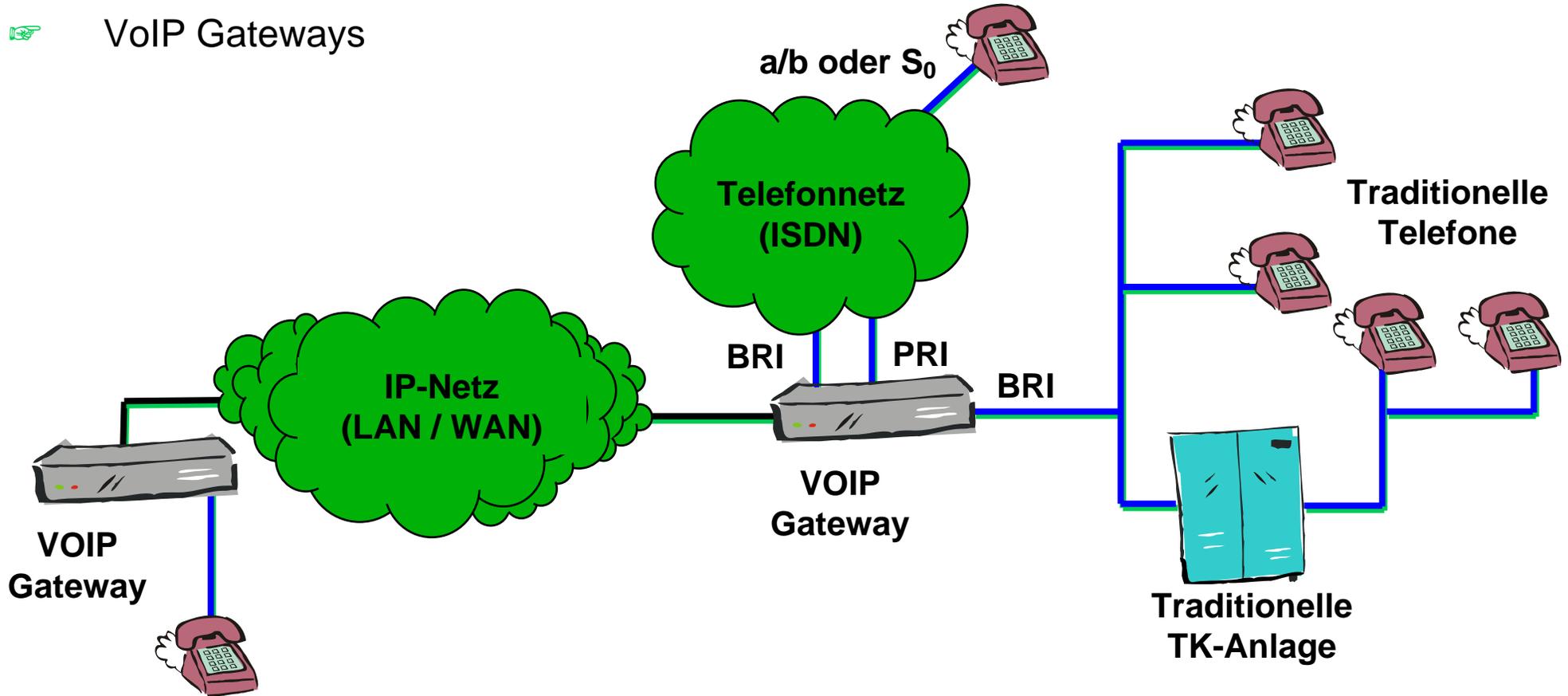
PC mit angeschlossenem Handset

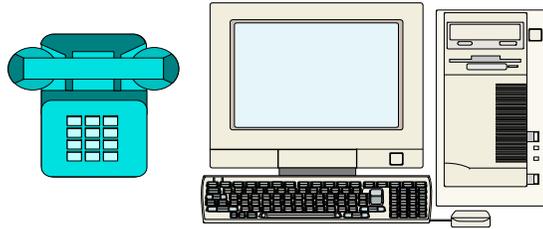
PC mit angeschlossenem Handset



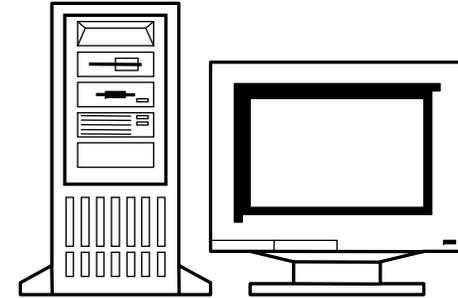


☞ VoIP Gateways





PC mit angeschlossenem Handset



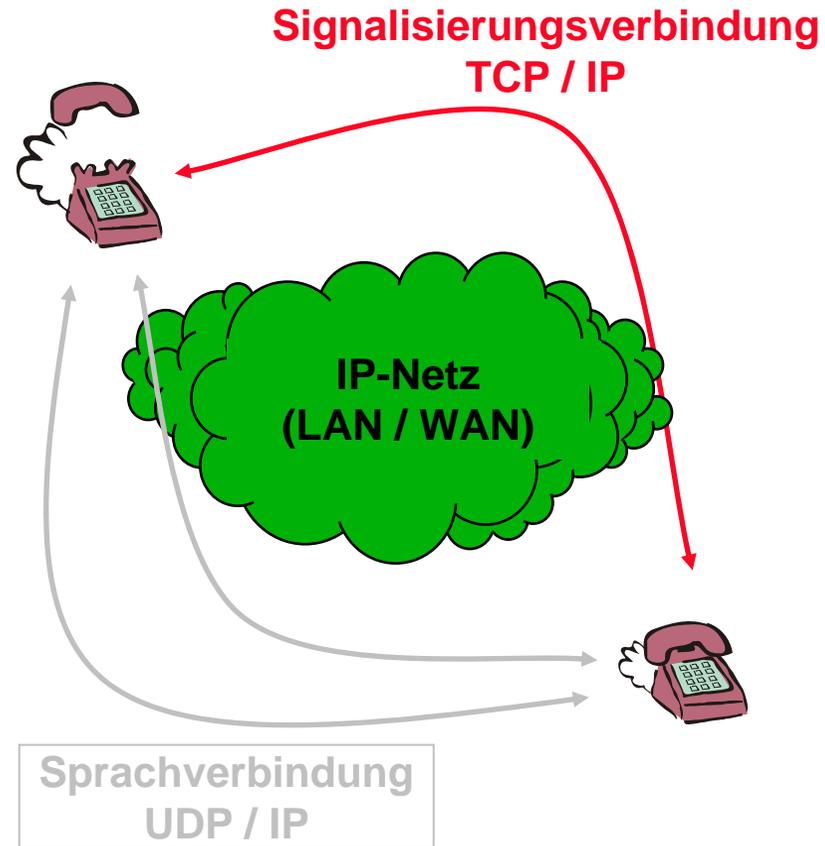
Telefonserver  
Erfassung von Messwerten

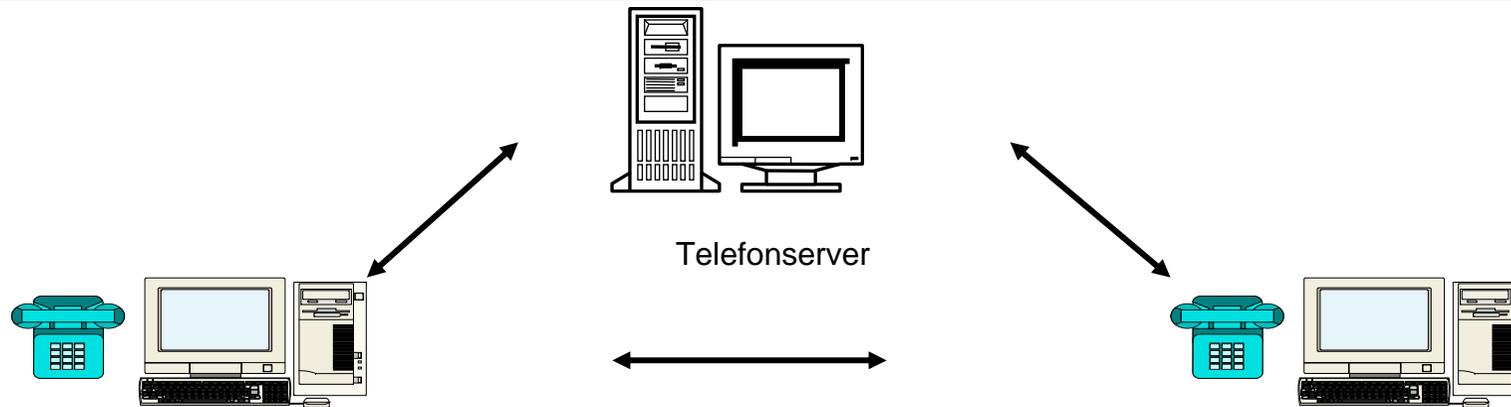
### Anmelden eines Klienten

- > Klient nimmt Kontakt mit Server auf
- > Server registriert IP-Adresse des Klienten in seiner Datenbank
- > Server bestätigt dem Klienten die Anmeldung
- > Klient kann jetzt im Netz telefonieren



## Signalisierungs-Verbindung





Klient Neck

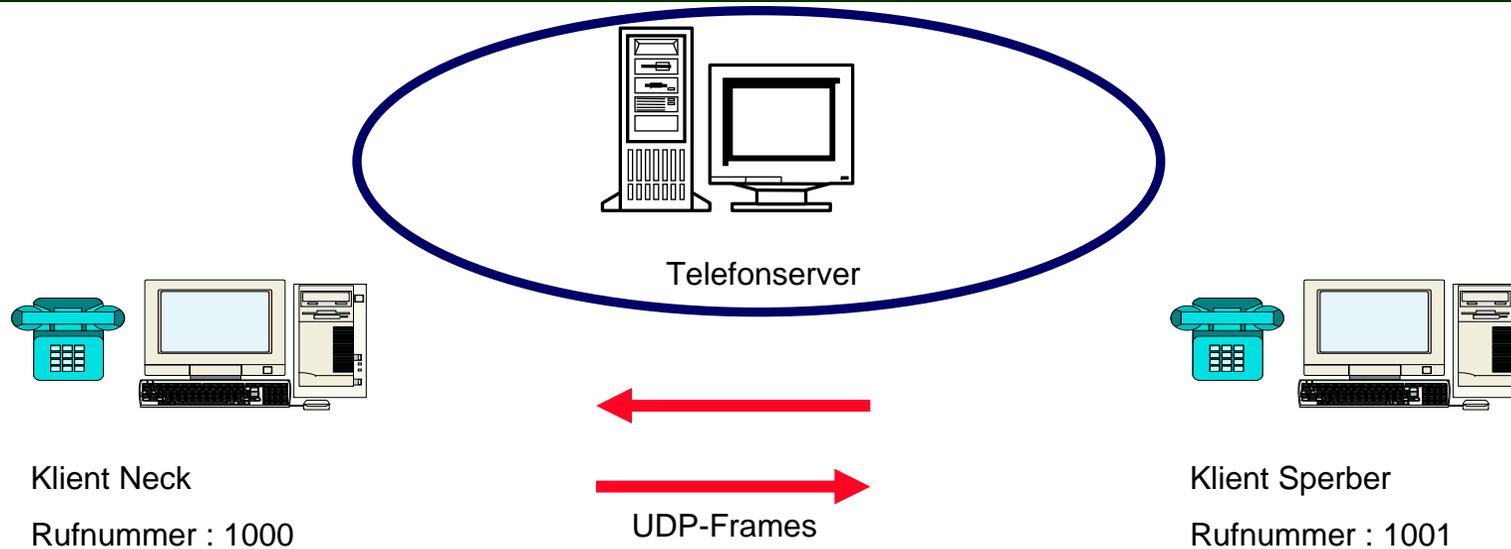
Rufnummer : 1000

Klient Sperber

Rufnummer : 1001

### Gesprächsanforderung Klient "Neck" an Klient "Sperber"

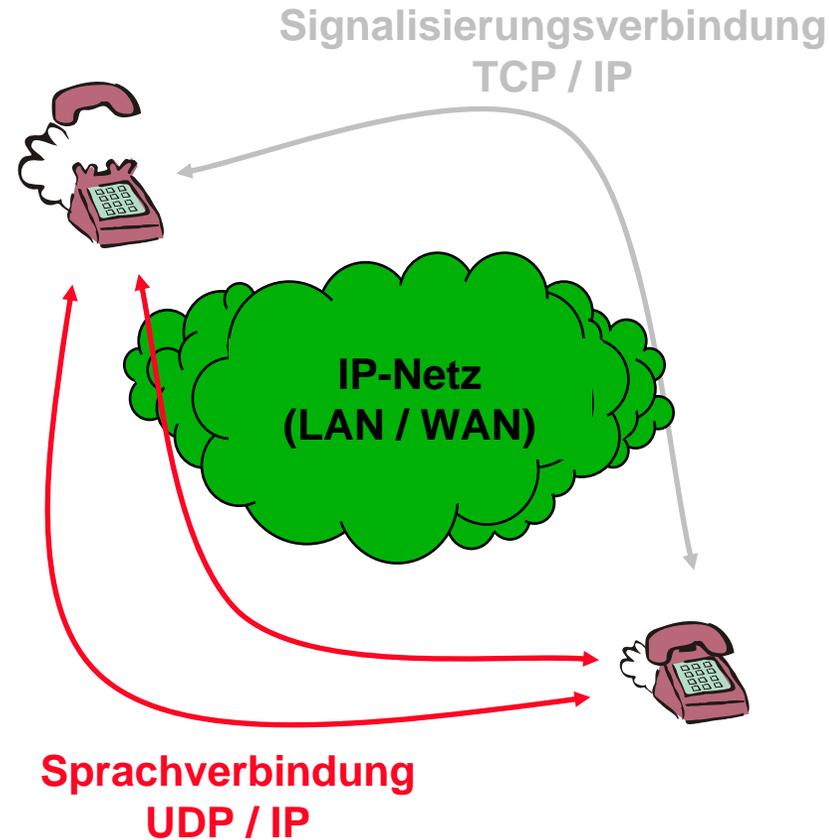
- > Klient "Neck" schickt Wahlaufforderung für Nummer 1001 an Server
- > Server baut Verbindung zu Klient Sperber auf und lässt klingeln
- > Klient "Sperber" hebt ab
- > Server meldet an Klient "Neck" die IP-Adresse von Klient "Sperber"
- > Klient "Neck" löst die IP-Adresse von "Sperber" auf (ARP)
- > die Telefonverbindung ist geschaltet

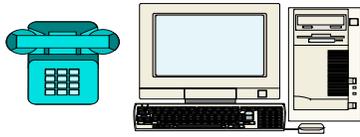


## Gespräch Klient Neck mit Klient Sperber

- > Der Telefonserver dient nur zum Liefern der Parameter für den Verbindungsaufbau zwischen den beiden Klienten
- > Das Gespräch spielt sich in Form von zwei unicast UDP-Datenströmen zwischen den beiden Klienten ab

- ☞ Signalisierungsverbindung
- ☞ **Sprachverbindung**



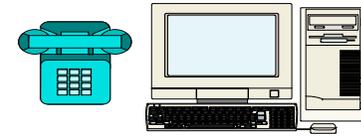


Klient Neck

Rufnummer : 1000



UDP-Frames



Klient Sperber

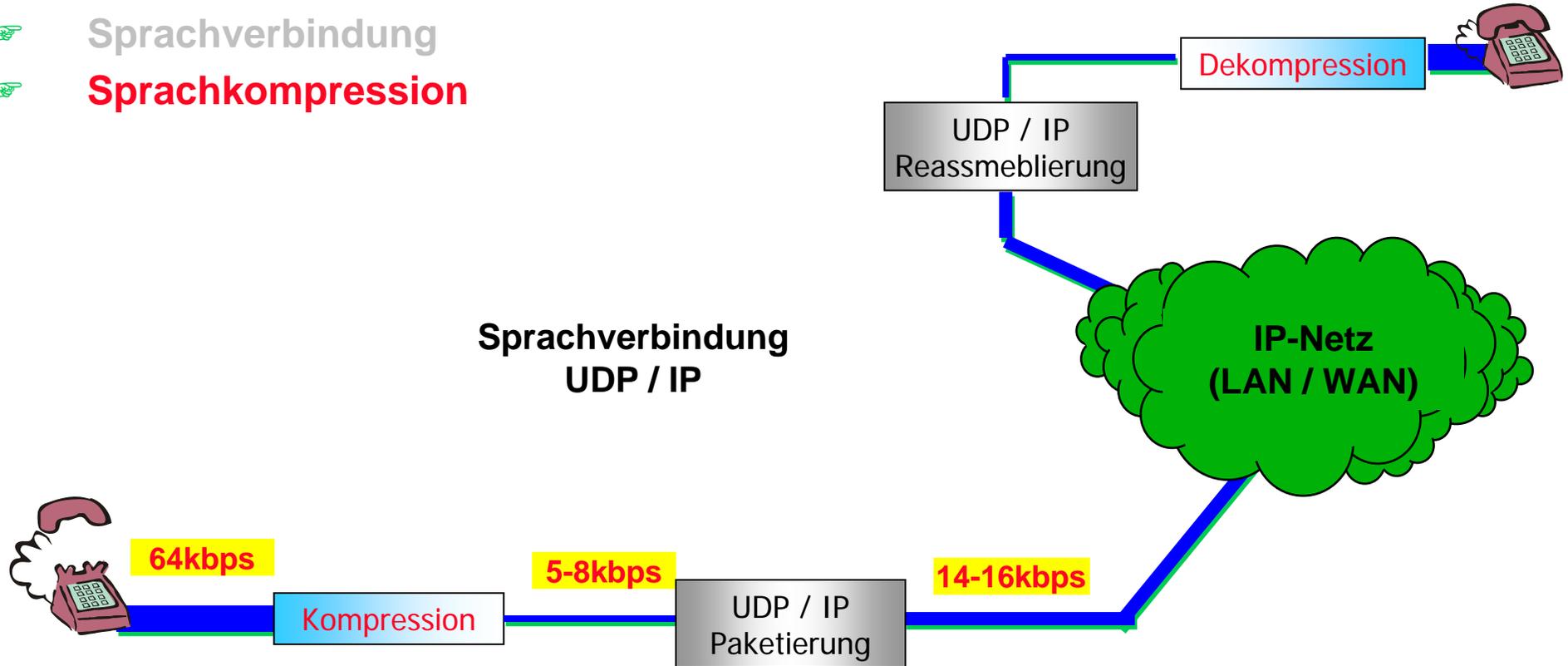
Rufnummer : 1001

## Ablauf eines Gespräches in Frames

- > Die Gesprächsdaten werden digitalisiert
- > die digitalisierten Daten werden komprimiert
  - > Entfernung redundanter Informationen
  - > Wiederholungsfaktoren nach Bitmusterentsprechung
- > Die digitalisierten und komprimierten Daten werden in UDP-Frames verpackt
- > Nach dem Ethernet “space available” Prinzip werden die Daten auf die Leitung geschickt
- > Auf der Gegenseite werden die Daten
  - > entpackt
  - > dekomprimiert
  - > analogisiert

- ☞ Signalisierungsverbindung
- ☞ Sprachverbindung
- ☞ **Sprachkompression**

Sprachverbindung  
UDP / IP

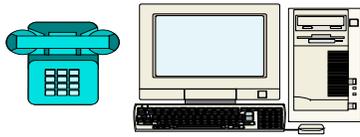


 Sprachqualität „Mean Opinion Score (MOS)“ Zahlen geben Auskunft

 5:	ISDN	64 kbps
 4.7:	VoIP G.711	64 kbps
 4.3:	VoIP G.729 / Lucent-Codec	8 kbps
 3.8:	VoIP G.723	5 kbps

 3.5 - 4 ist „Telefonqualität analog“ Sprachqualität ist kein Thema bei geeigneter Hardware bei geeigneter Netzstruktur



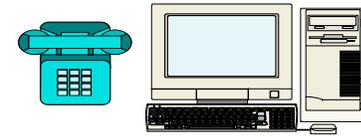


Klient Neck

Rufnummer : 1000



UDP-Frames



Klient Sperber

Rufnummer : 1001

### Einhaltung der Gesprächsqualität

- > Das menschliche Gehör ist sehr empfindlich (deutlich empfindlicher als der Gesichtssinn!)  
Daraus ergeben sich folgende Anforderungen an die Übertragung
- > > gleichbleibende Abstände zwischen Sprachframes
- > > Zuverlässigkeit der Übertragung
- > > hinreichend schneller Transport
- > Im Ethernet wird bestenfalls die letzte Bedingung erfüllt, sonst gibt es
- > > keine Servicequalität
- > Durch Verwendung sehr kleiner UDP-Frames können die QoS-Anforderungen trotzdem erfüllt werden
- > > Die Frames werden in 30 Millisec-Abständen verschickt,  
die Chance, daß ein sehr kleiner Frame sein Ziel kollisionsfrei erreicht ist groß
- > > Fehlen eines Frames kann interpoliert werden

- ☞ **H.323** Multimedia über IP Standardfamilie Standardfamilie
- ☞ **H.225.0** Call Signalling
- ☞ **H.245** Media Stream Control Protocol
- ☞ **G.711, G.723.1, G.729A Voice Coder**                      alternativ: **Lucent-Codec**
  - ☞ + Voice Activity Detection, Comfort Noise Generation
- ☞ **G.165** Echo Kompensation
- ☞ **RTP** Realtime Media Stream Transport
- ☞ **T.37** Store and Forward Fax
- ☞ **T.38** Realtime Fax

- ☞ **DTMF funktioniert nicht ohne weiteres  
(muß im H.245 kodiert werden)**
- ☞ **Fax-Dienst funktioniert nicht ohne weiteres**
- ☞ **Modem-Dienst funktioniert gar nicht**
- ☞ **X.75, PPP etc. funktioniert nicht**



## Verzögerung



Kodierung



Ausgangspuffer



Übertragung



Dekodierung



Eingangspuffer



## Adäquate, DSP-basierte Hardware erforderlich

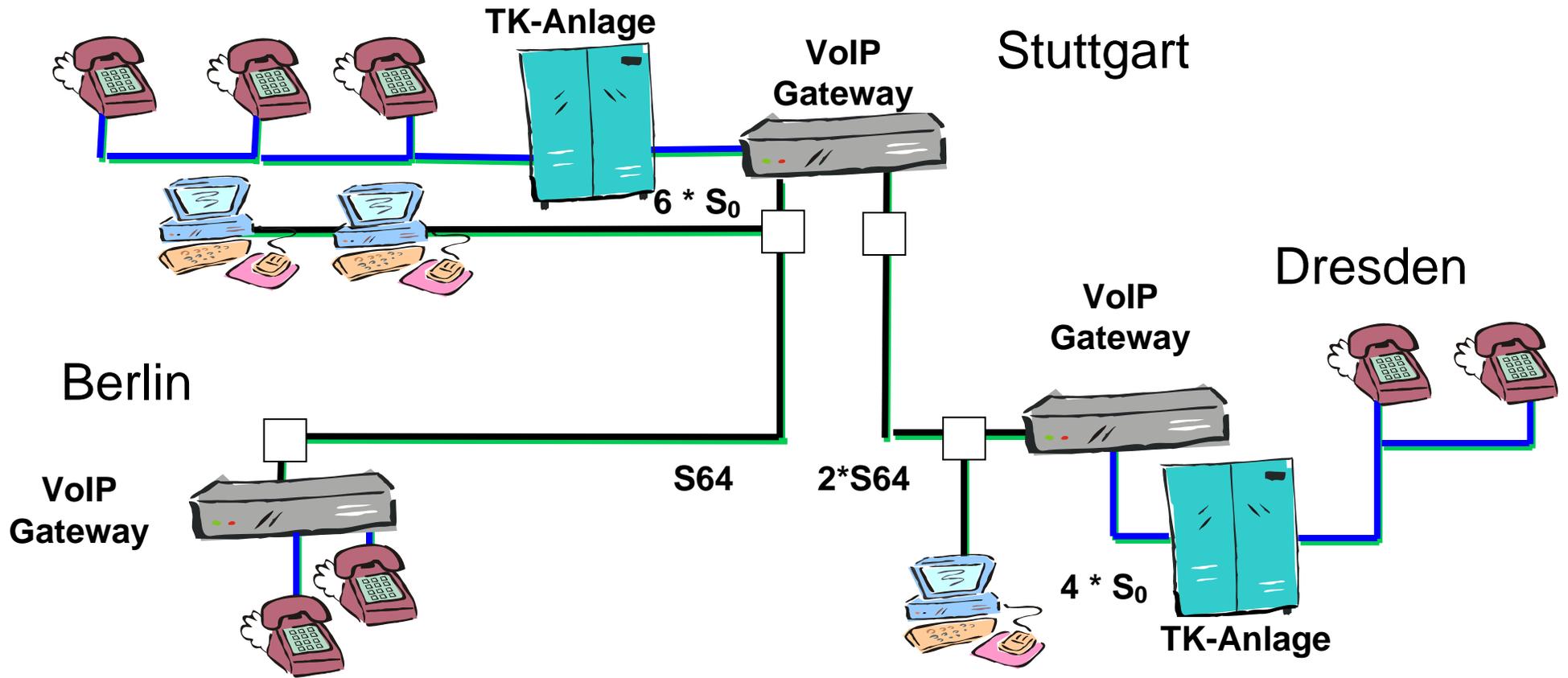


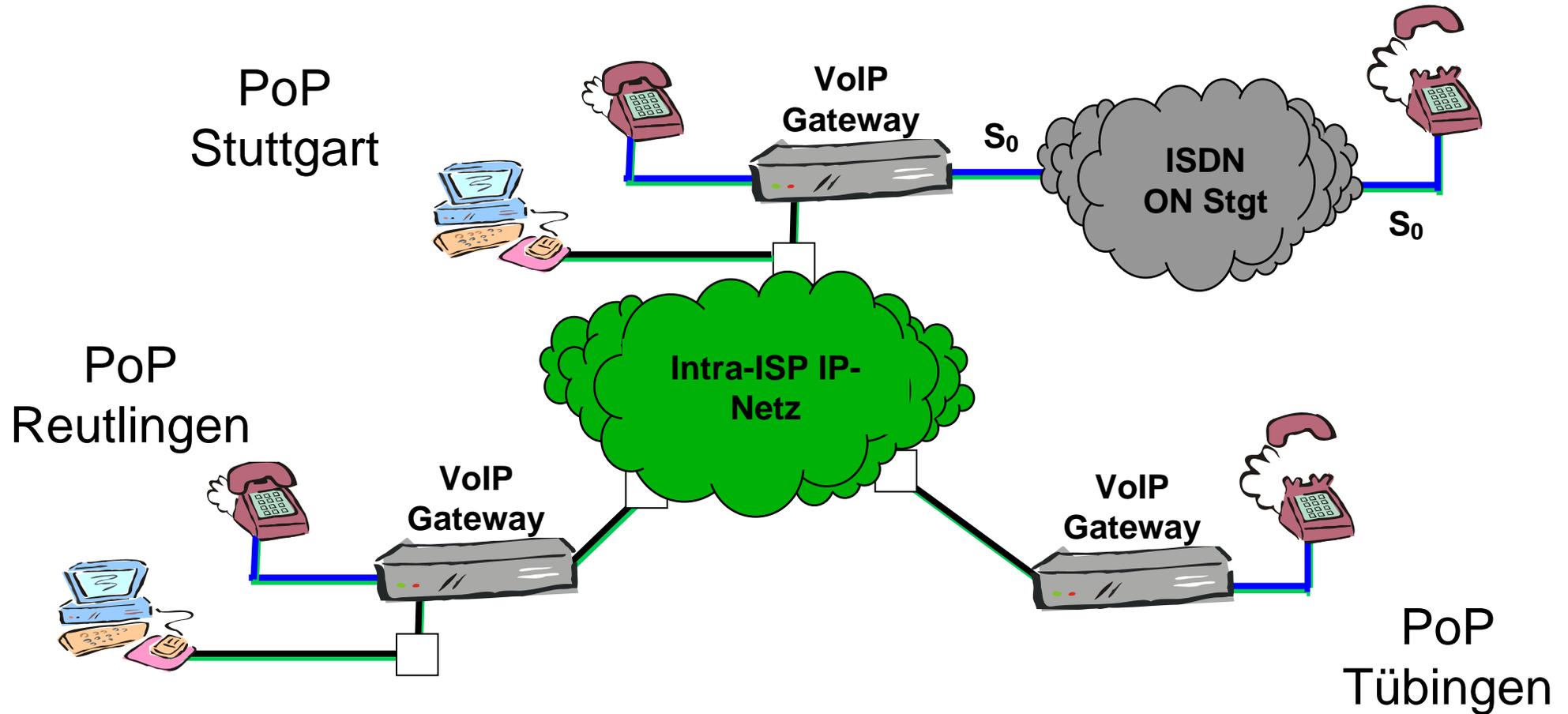
softwarebasierte PC Lösungen im Nachteil

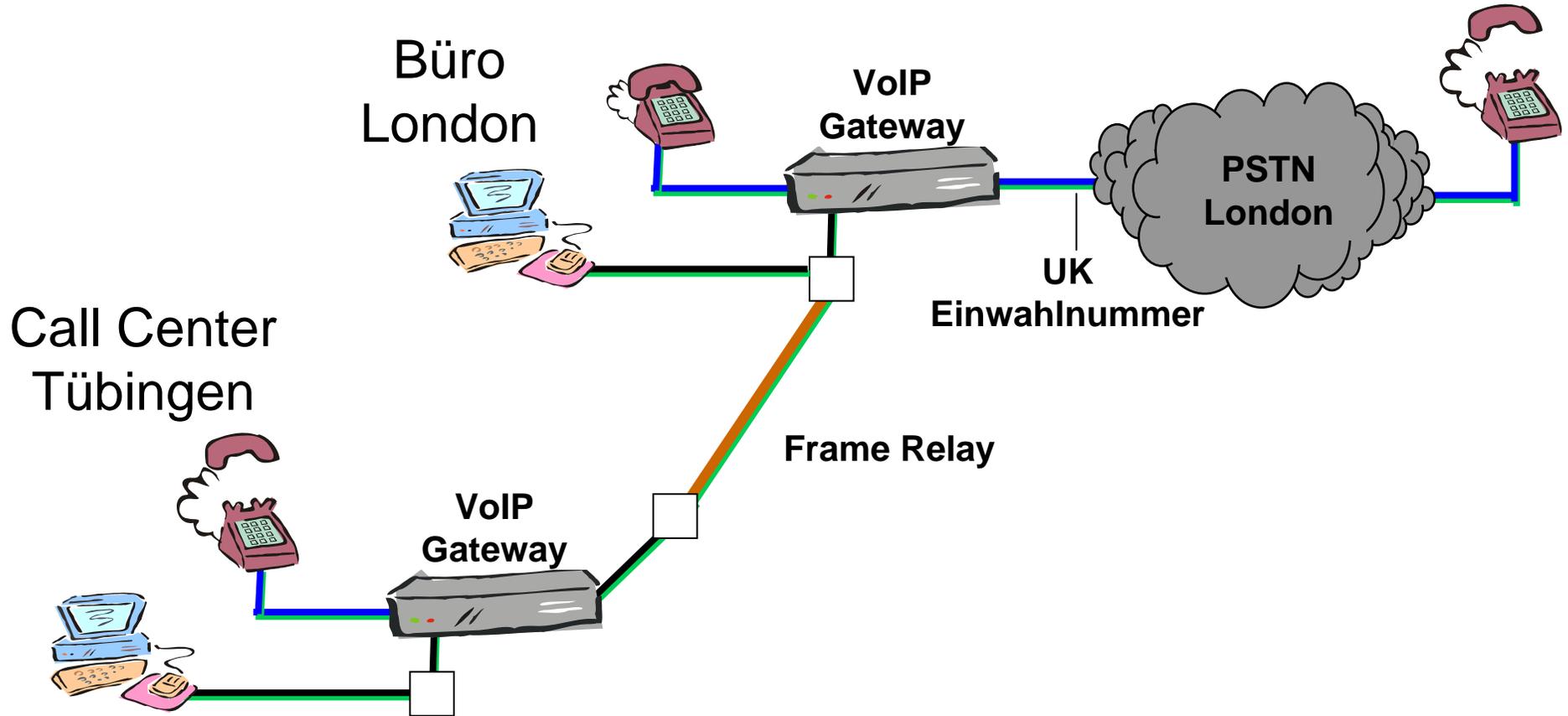


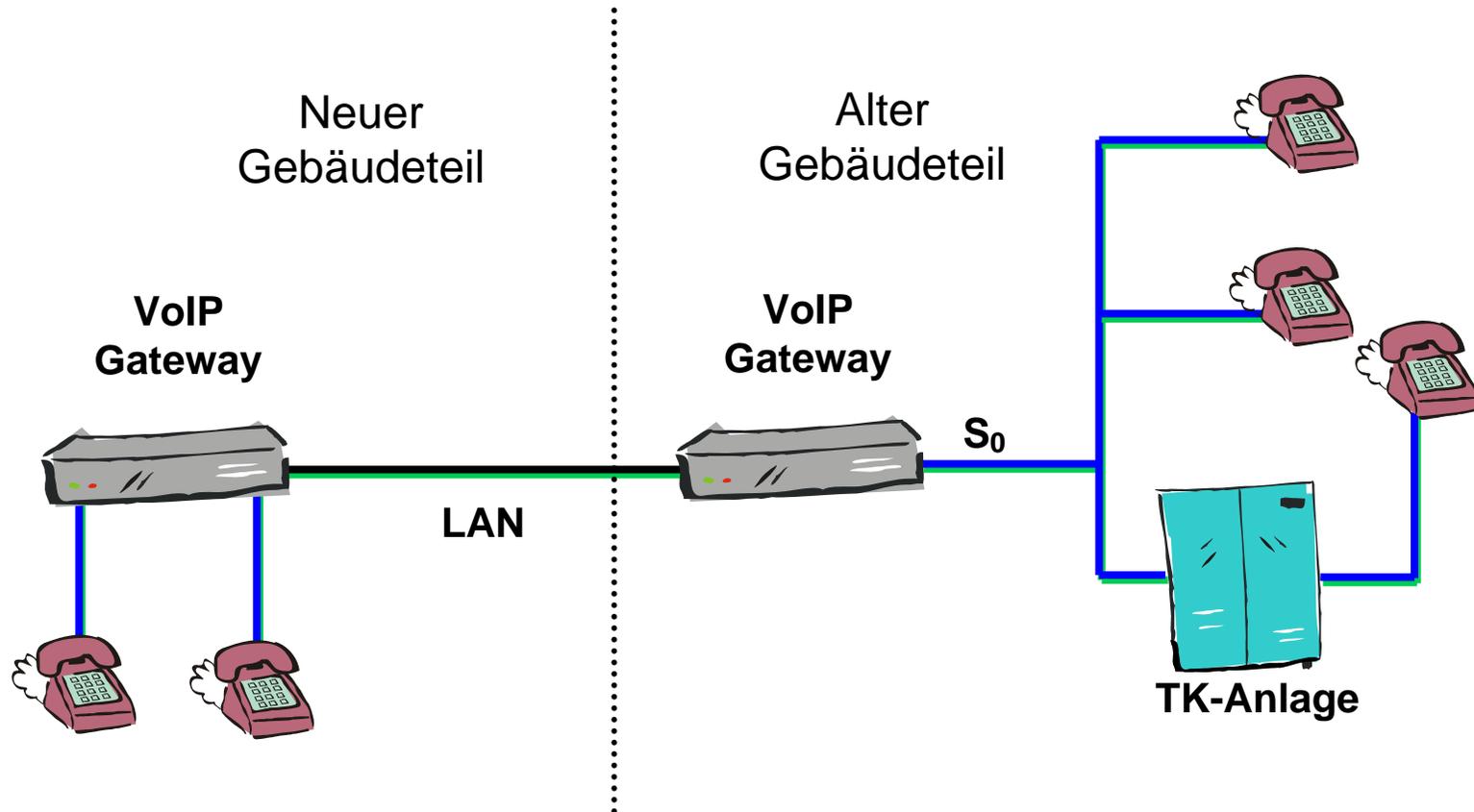
Internetanwendungen im Nachteil

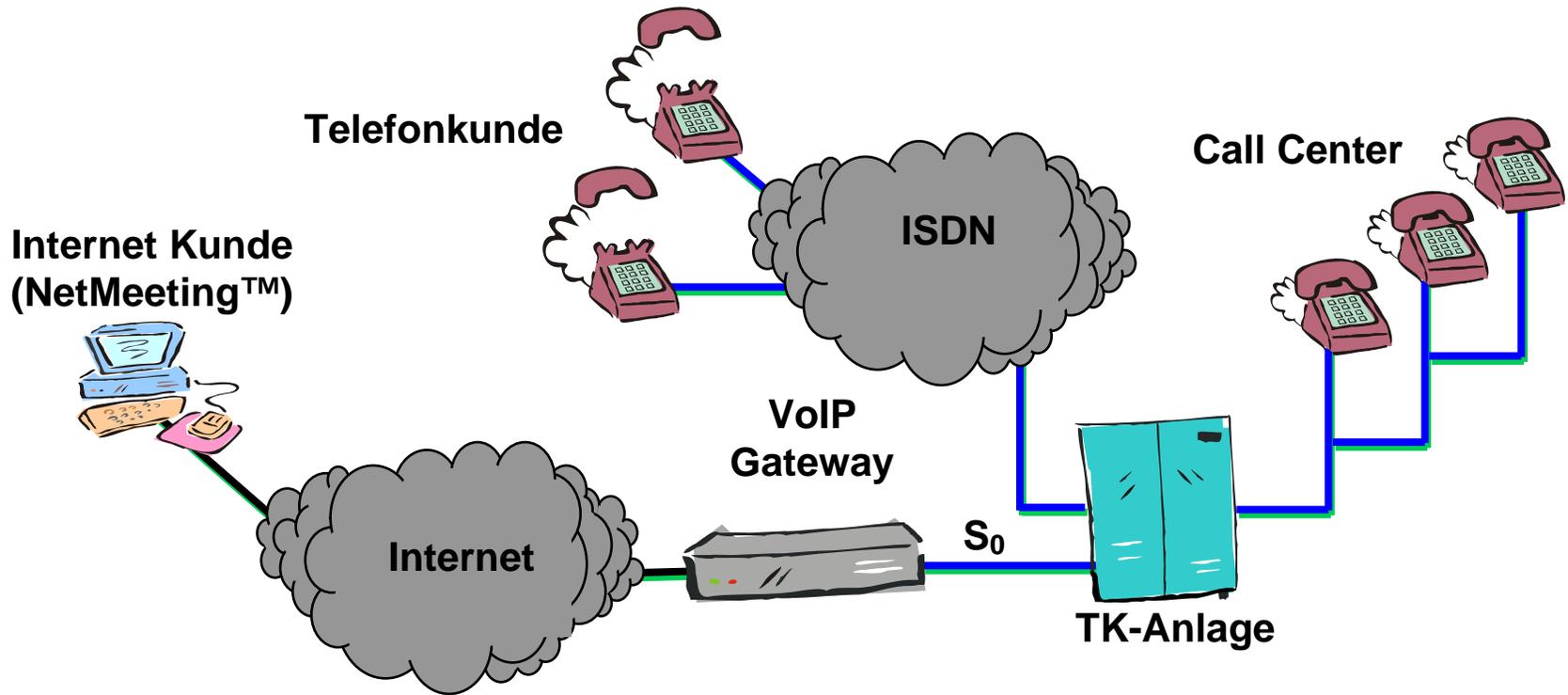
- ☞ **Transparenz**
  - ☞ Erfolgreicher Einsatz bedingt gute Akzeptanz
  - ☞ Gute Akzeptanz bedingt Einsatz ohne Umgewöhnung
  - ☞ Alle **Telefoniemerkmale** gefordert
    - ☞ CLI
    - ☞ Makeln, Weiterleiten
    - ☞ Einzelzifferwahl
    - ☞ „Any-to-any Dialing“
- ☞ **Zuverlässigkeit** PC-basierter Systeme
- ☞ **Kosteneffizienz** durch Sprachkompression
  - ☞ Bis zu **6 Gespräche auf einer einzelnen 64kbps Leitung** verglichen mit einem herkömmlichen Gespräch
  - ☞ Deutliche Kostenreduktion bei Stand- und Wählleitungen
  - ☞ Je nach Aufkommen Reduktion um **50% - 80%**

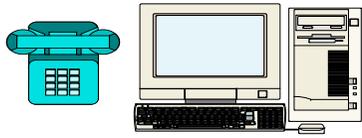










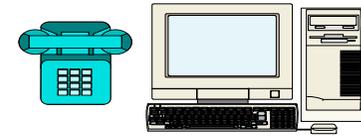


Klient Neck

Rufnummer : 1000



UDP-Frames



Klient Sperber

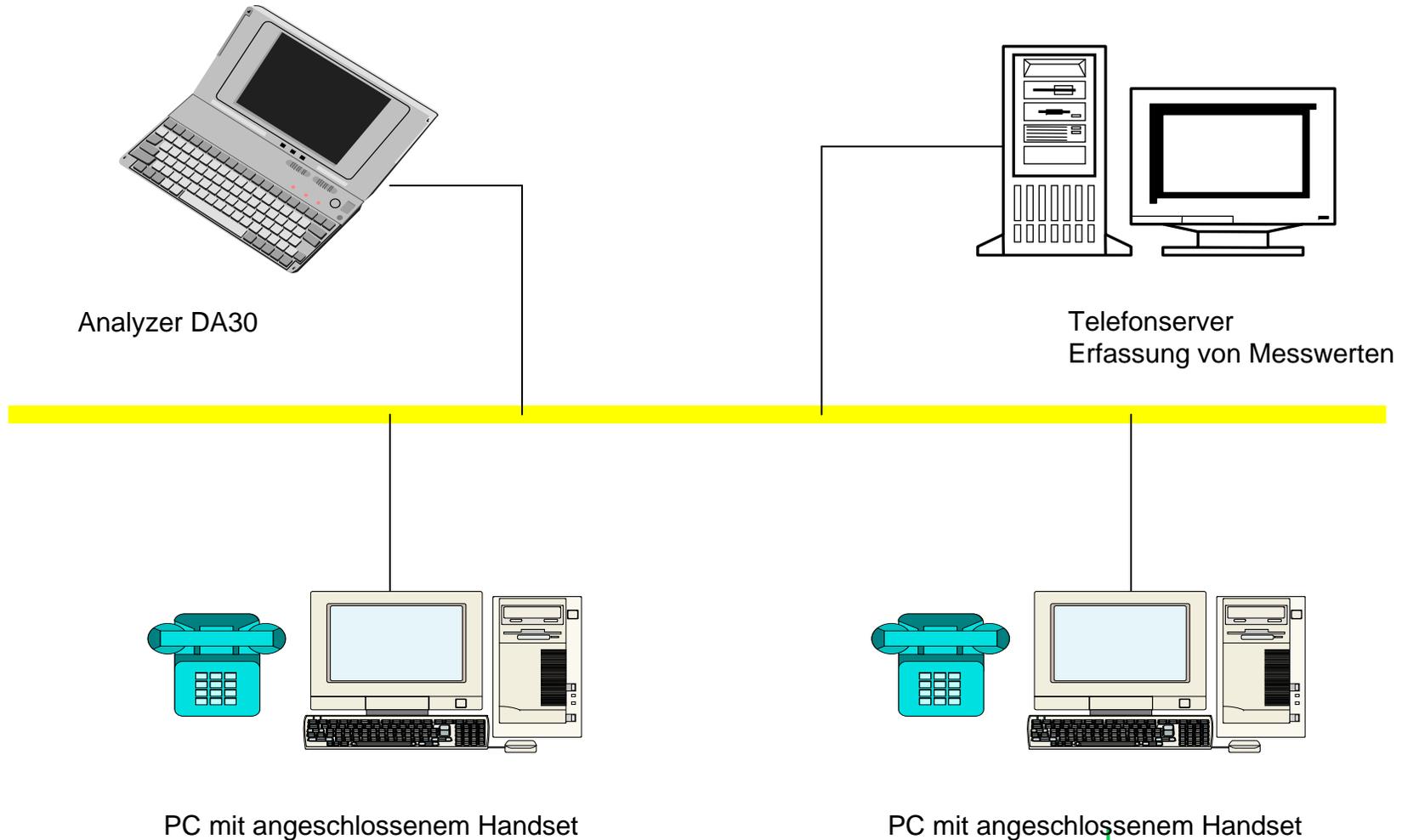
Rufnummer : 1001

**Mit dem Versuchsaufbau auf der nächsten Seite versuchen wir die Qualität**

- > **subjektiv zu messen**
- > **nachvollziehbar zu erklären**

**Folgende Messungen wurden gemacht :**

- > **Netzlast nur durch Telefonie**
- > **Zusätzliche Netzlast durch DA30 10%**
- > **Zusätzliche Netzlast durch DA30 20%**
- > **...**
- > **...**
- > **Zusätzliche Netzlast durch DA30 90%**
- > **geflutetes Netzwerk**





## Legende:



### rote Linie:

Zeitabstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden UDP Frames einer Kommunikationsrichtung in ms;  
aufgetragen an rechter Skala [Einheit: x-10 ms]



### grüne Linie:

Zeitstempel des ausgewerteten UDP Frames;  
aufgetragen an linker Skala [Einheit: ms]



### blaue Linie:

laufende Nummer des gecaptureten UDP Frames;  
aufgetragen an linker Skala [Einheit: lfd. Nummer]



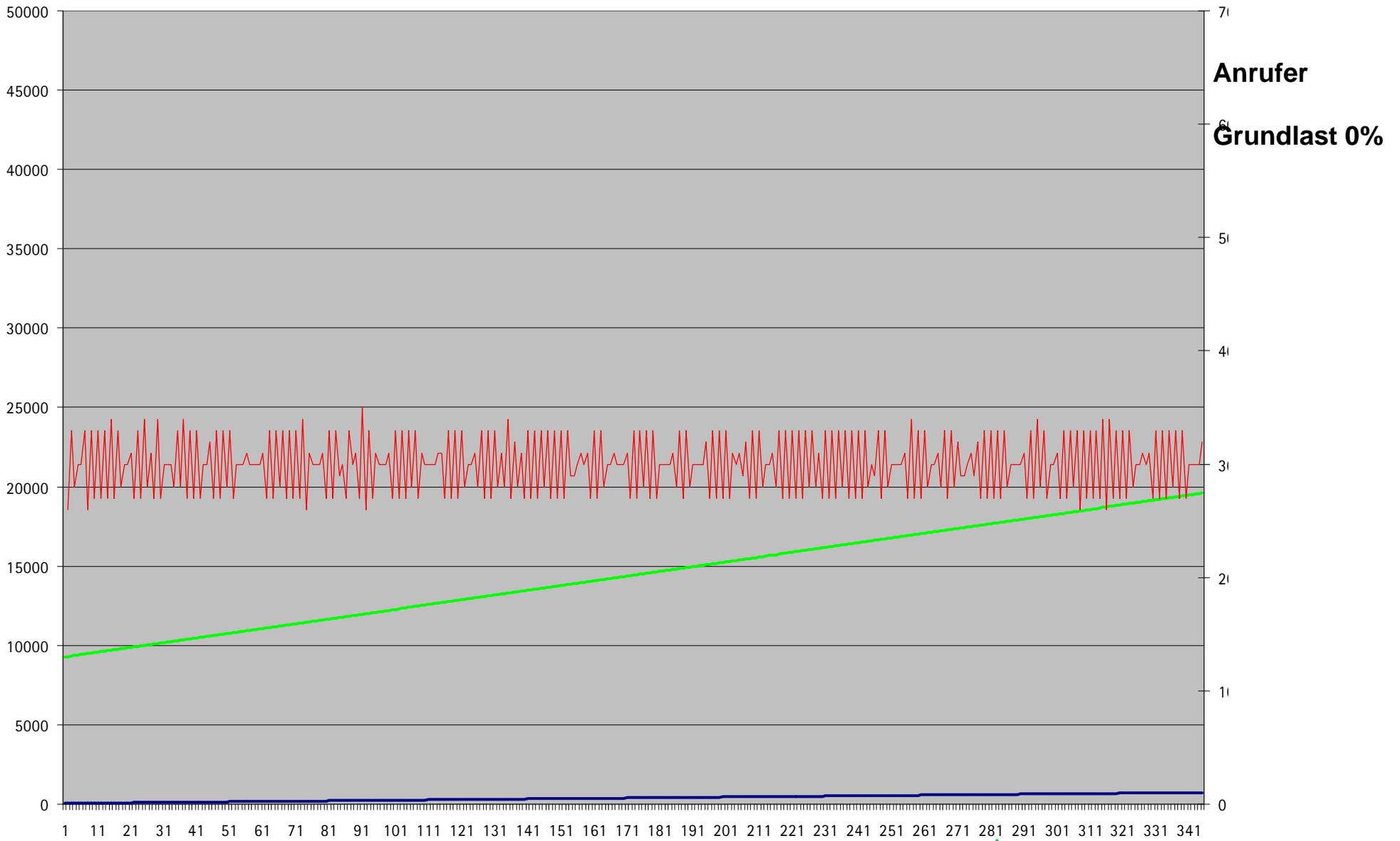
Die Grafen berücksichtigen (über Filter) jeweils nur die UDP Frames des Telefongesprächs in einer Richtung.

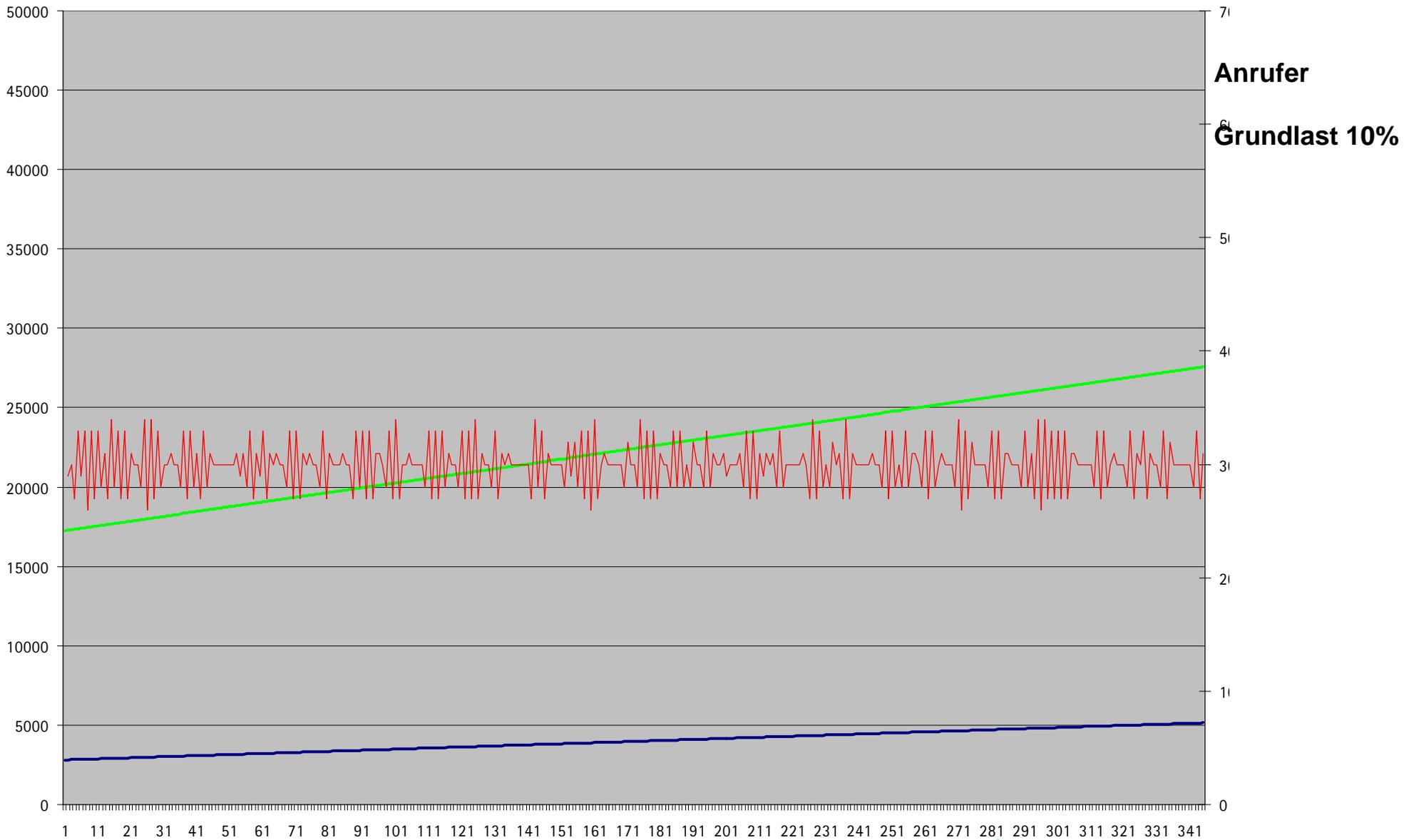


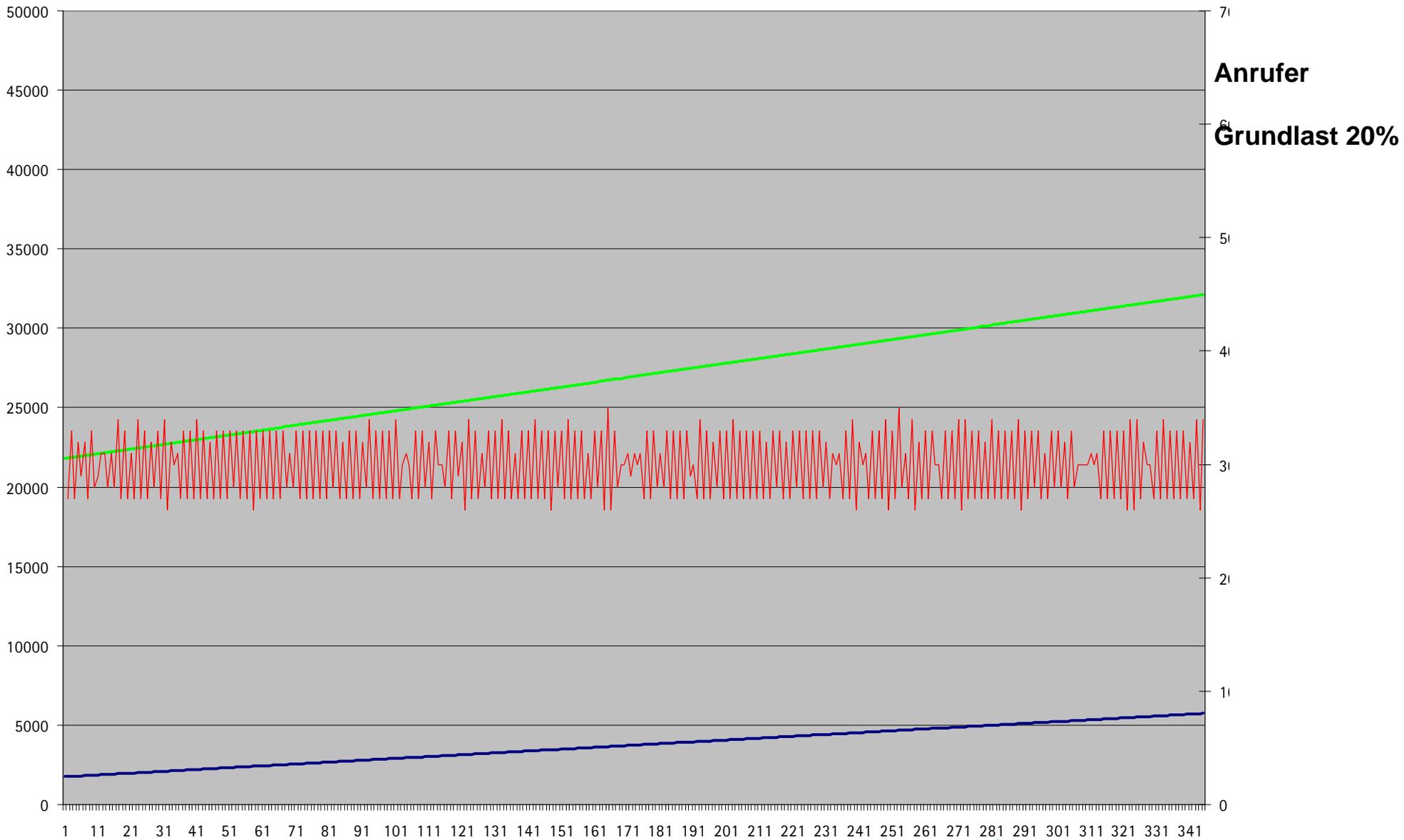
Die zunehmende Netzlast neben dem Telefongespräch kann an der zunehmenden Steigung der blauen und grünen Linien abgelesen werden.

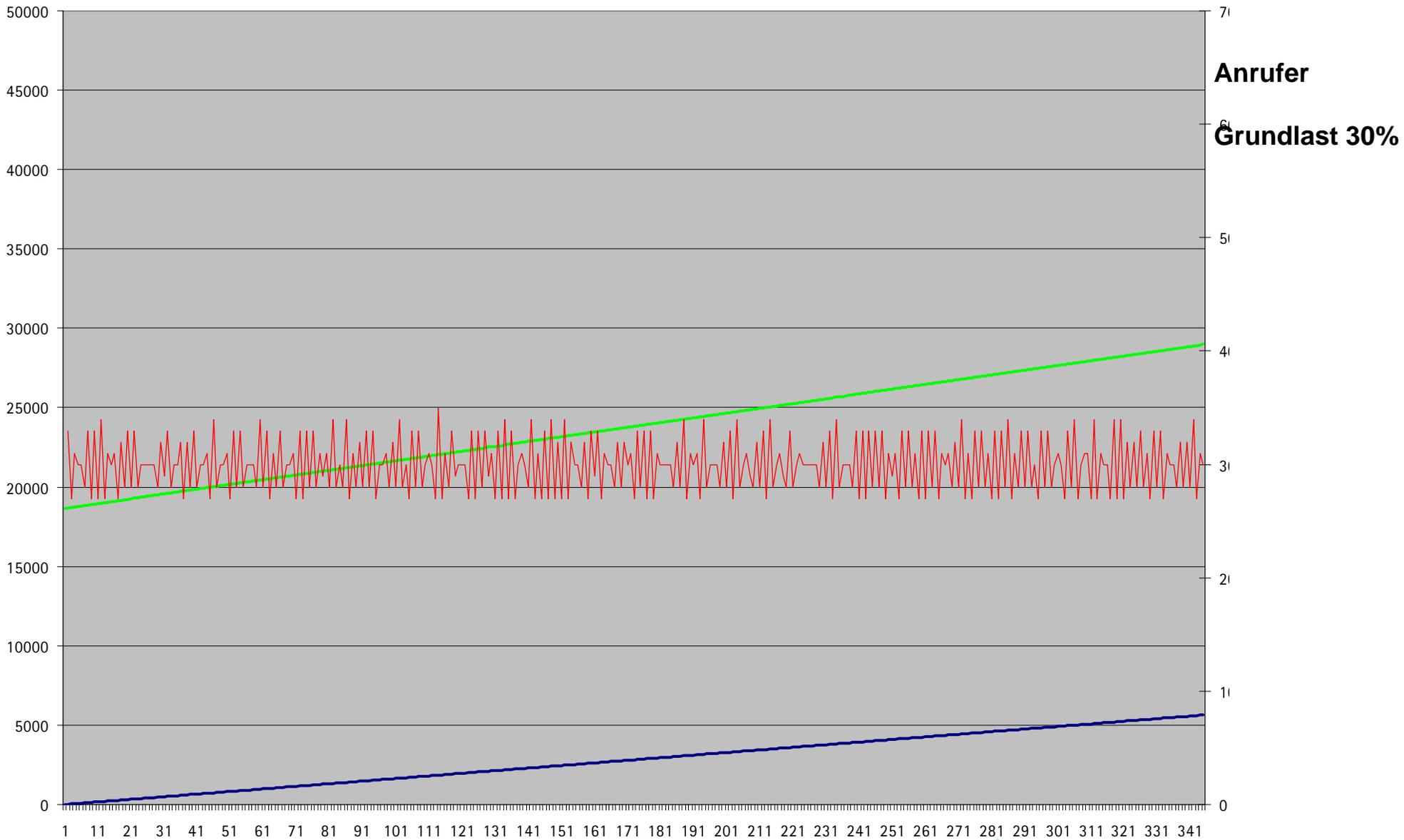


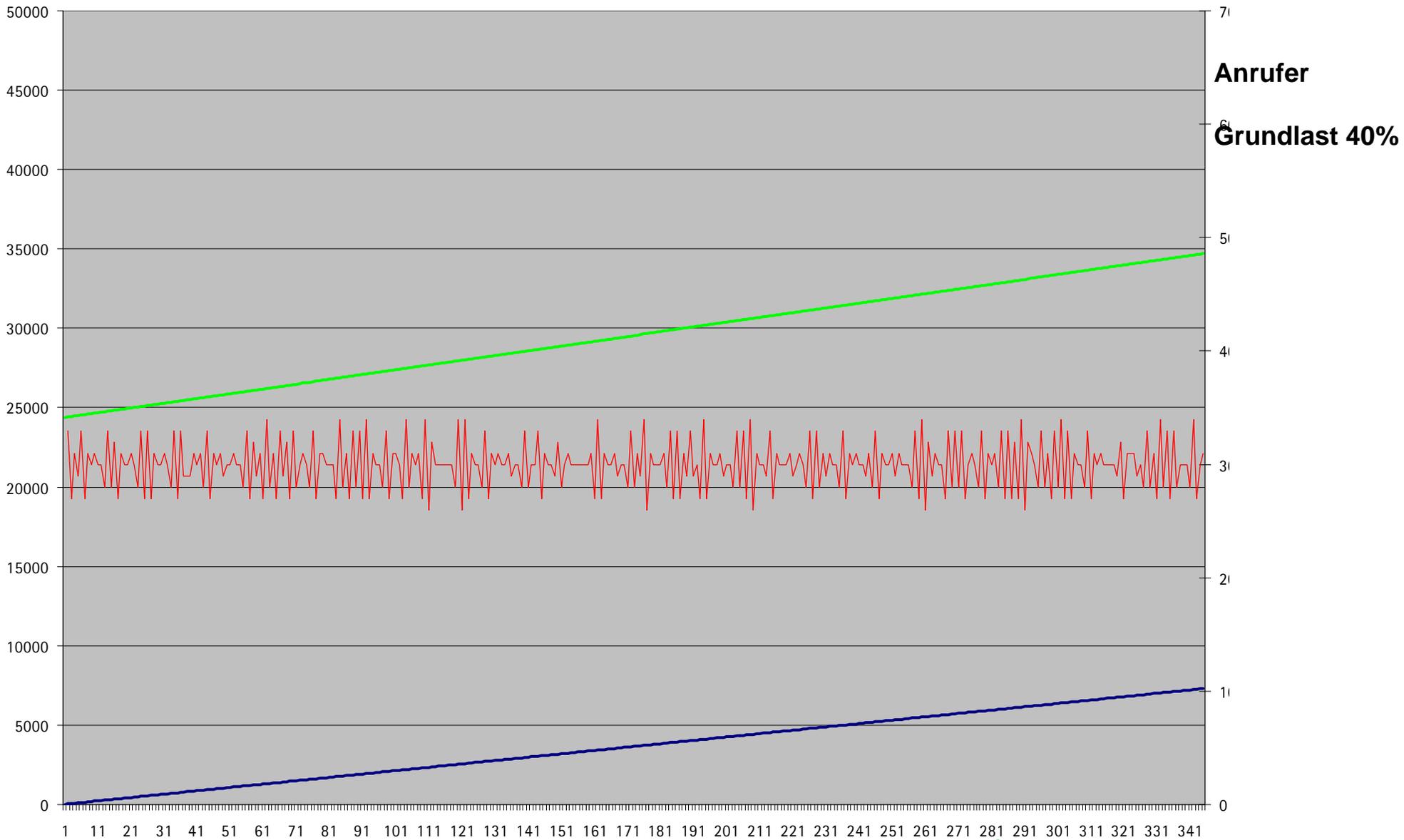
Aus allen Messungen wurde ein Ausschnitt von jeweils 345 Messpunkten normierend gewählt









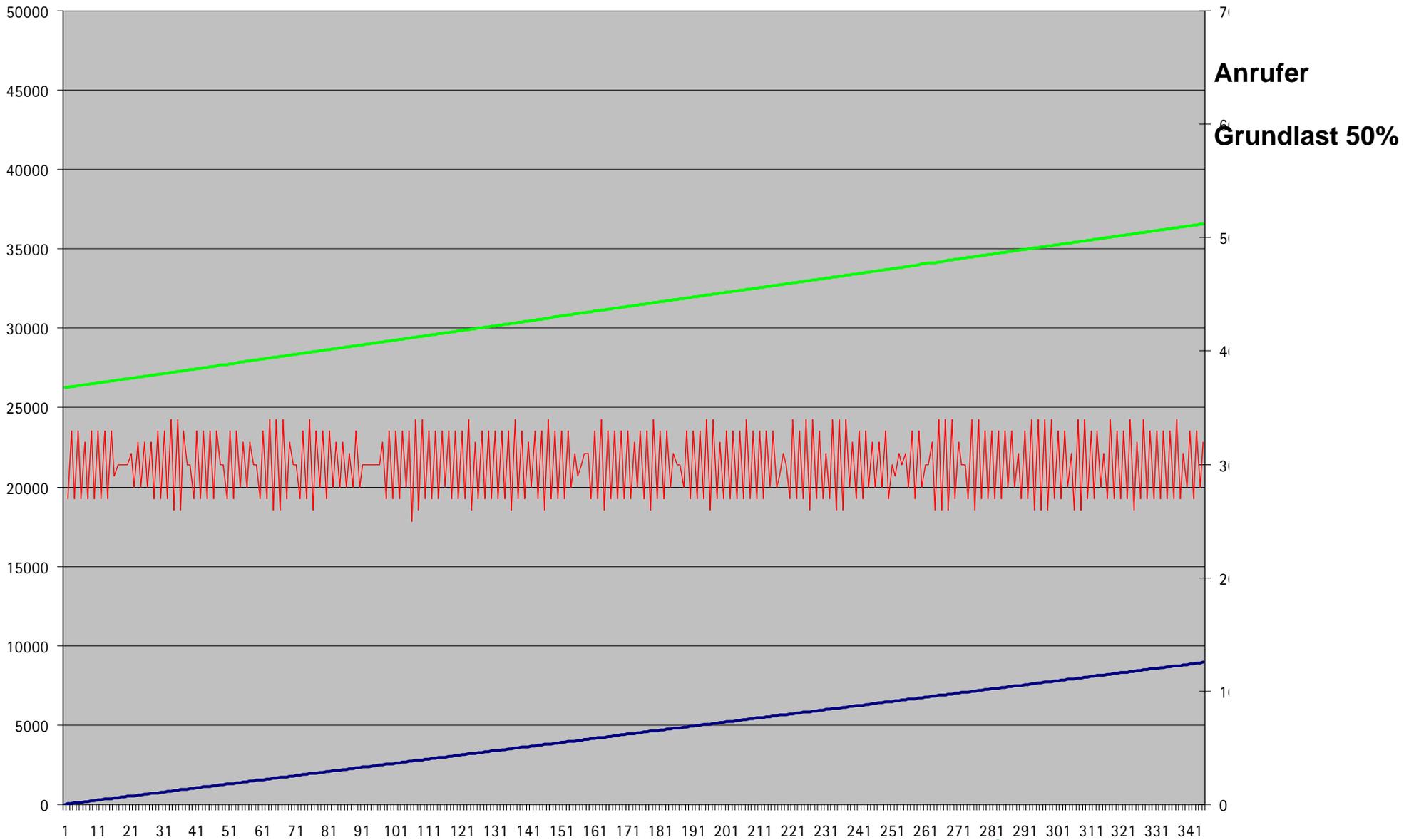


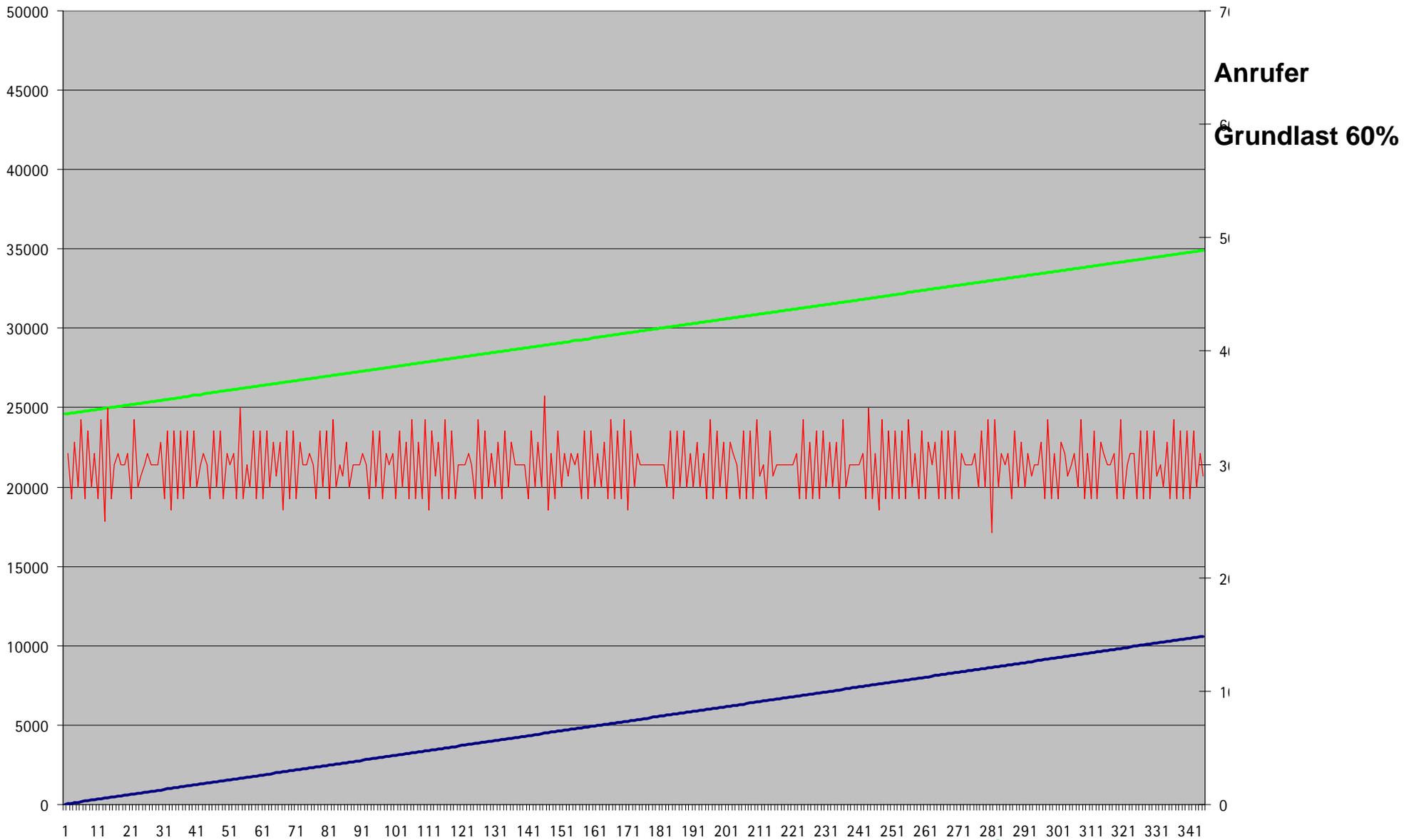
**OPENING '99:**  
**11. März 1999**

**Voice Over IP (VOIP) —**  
**Technischer Abriß und Erfahrungsbericht**  
 Dia-Nr: **49** (im Stand: 22.02.2008)

**Forschungszentrum Karlsruhe**  
 Technik und Umwelt

Fortbildungszentrum Technik u. Umwelt  
 Dipl.-Inform. Torsten Neck



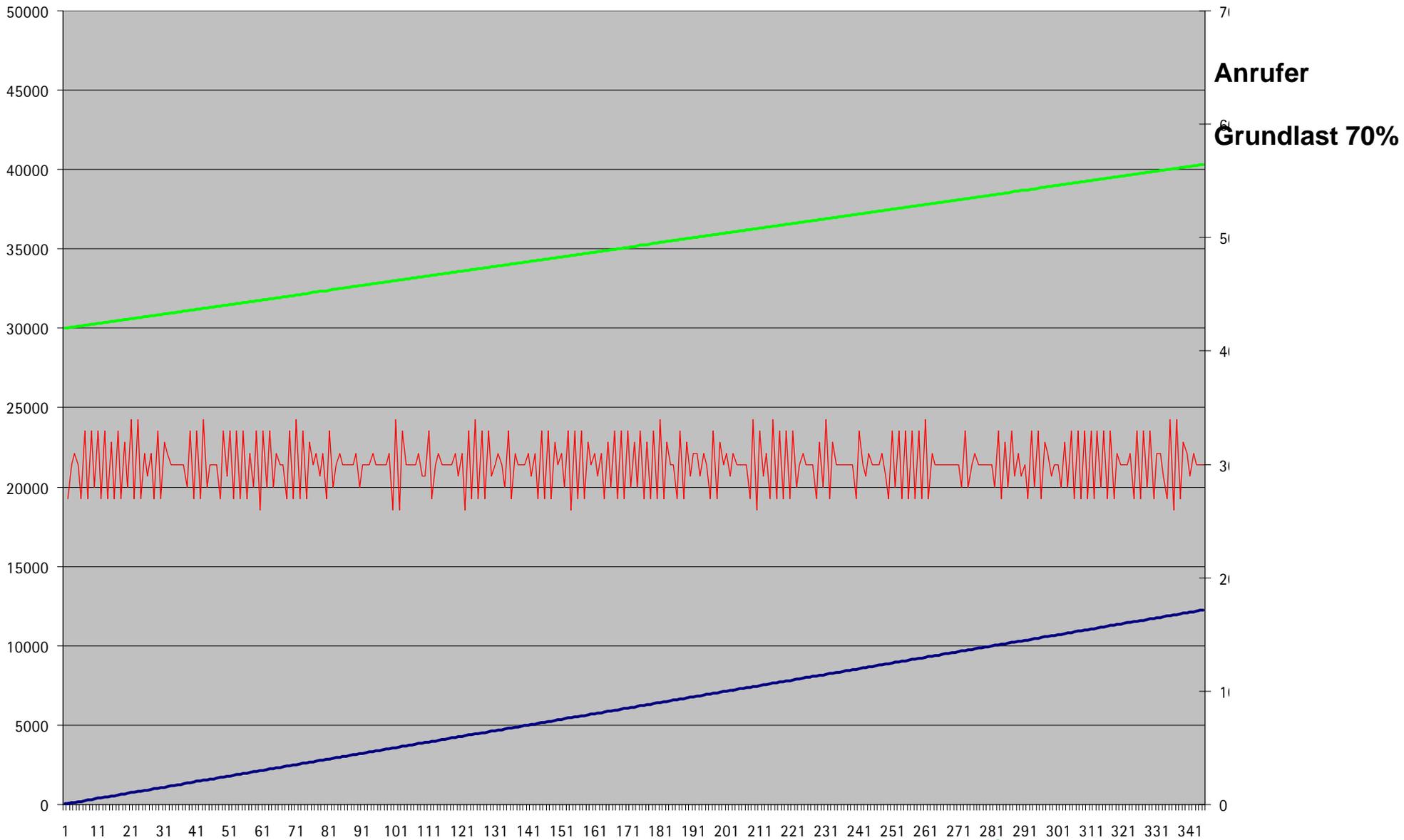


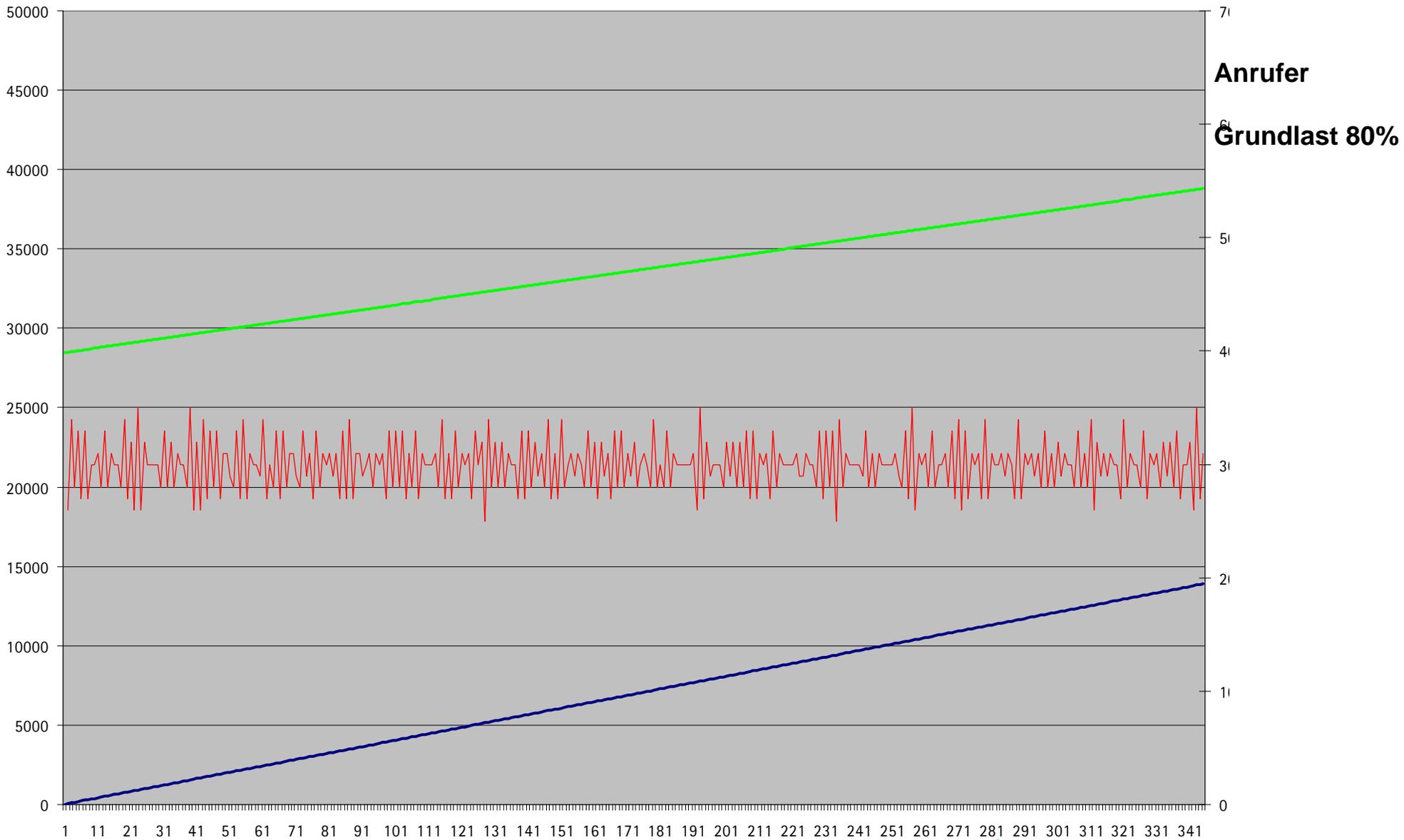
**OPENING '99:**  
**11. März 1999**

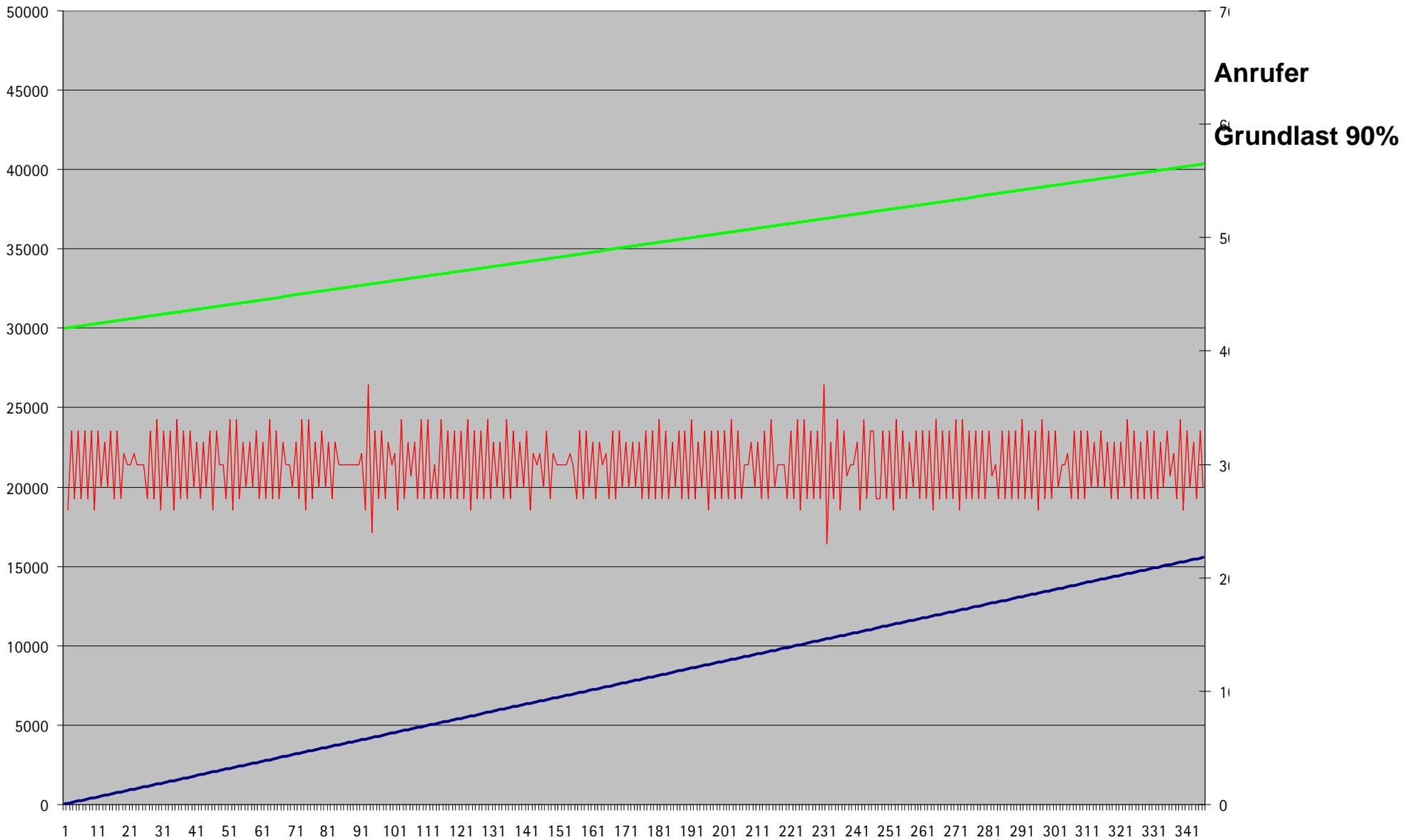
**Voice Over IP (VOIP) —**  
**Technischer Abriß und Erfahrungsbericht**  
 Dia-Nr: **51** (im Stand: 22.02.2008)

**Forschungszentrum Karlsruhe**  
 Technik und Umwelt

Fortbildungszentrum Technik u. Umwelt  
 Dipl.-Inform. Torsten Neck





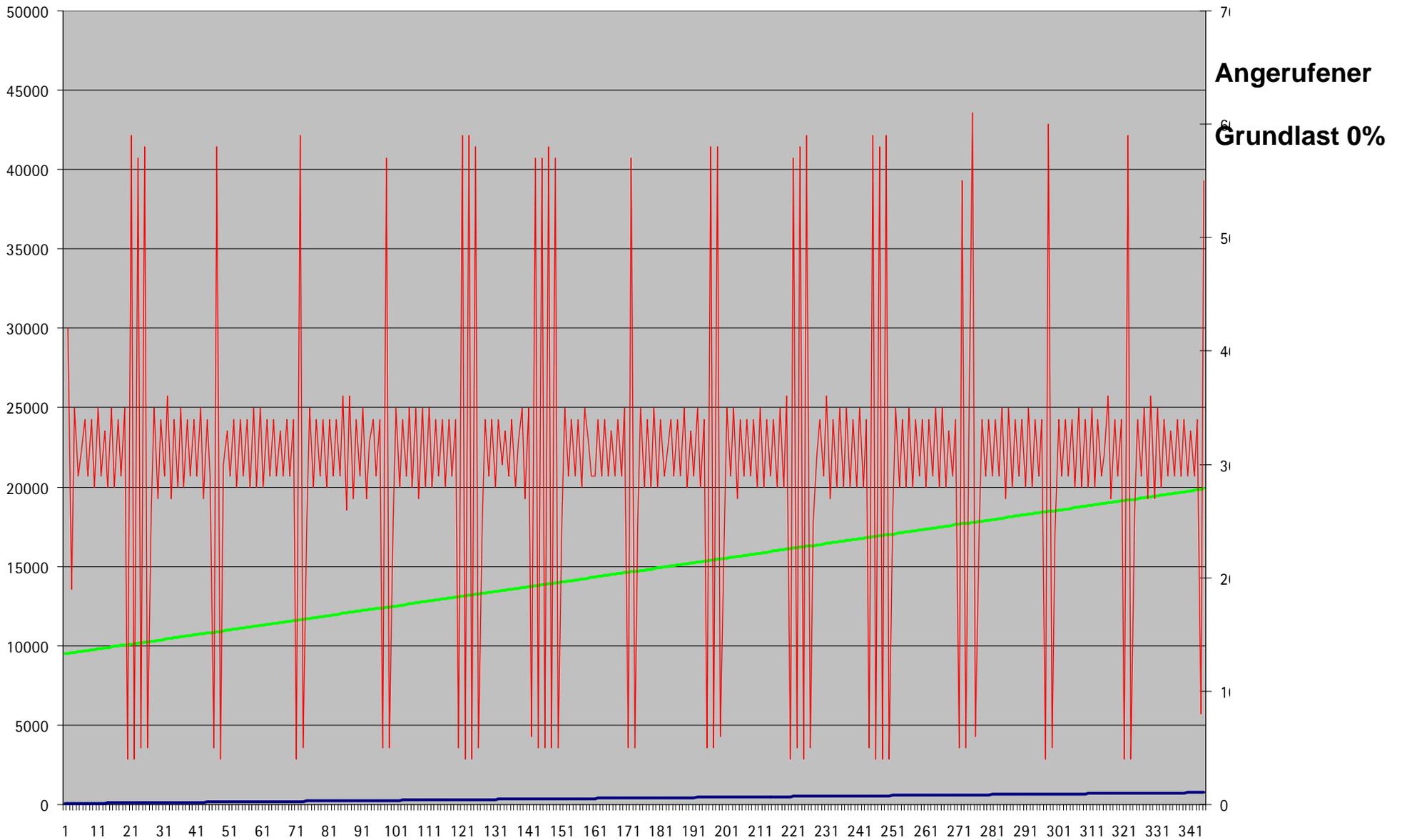


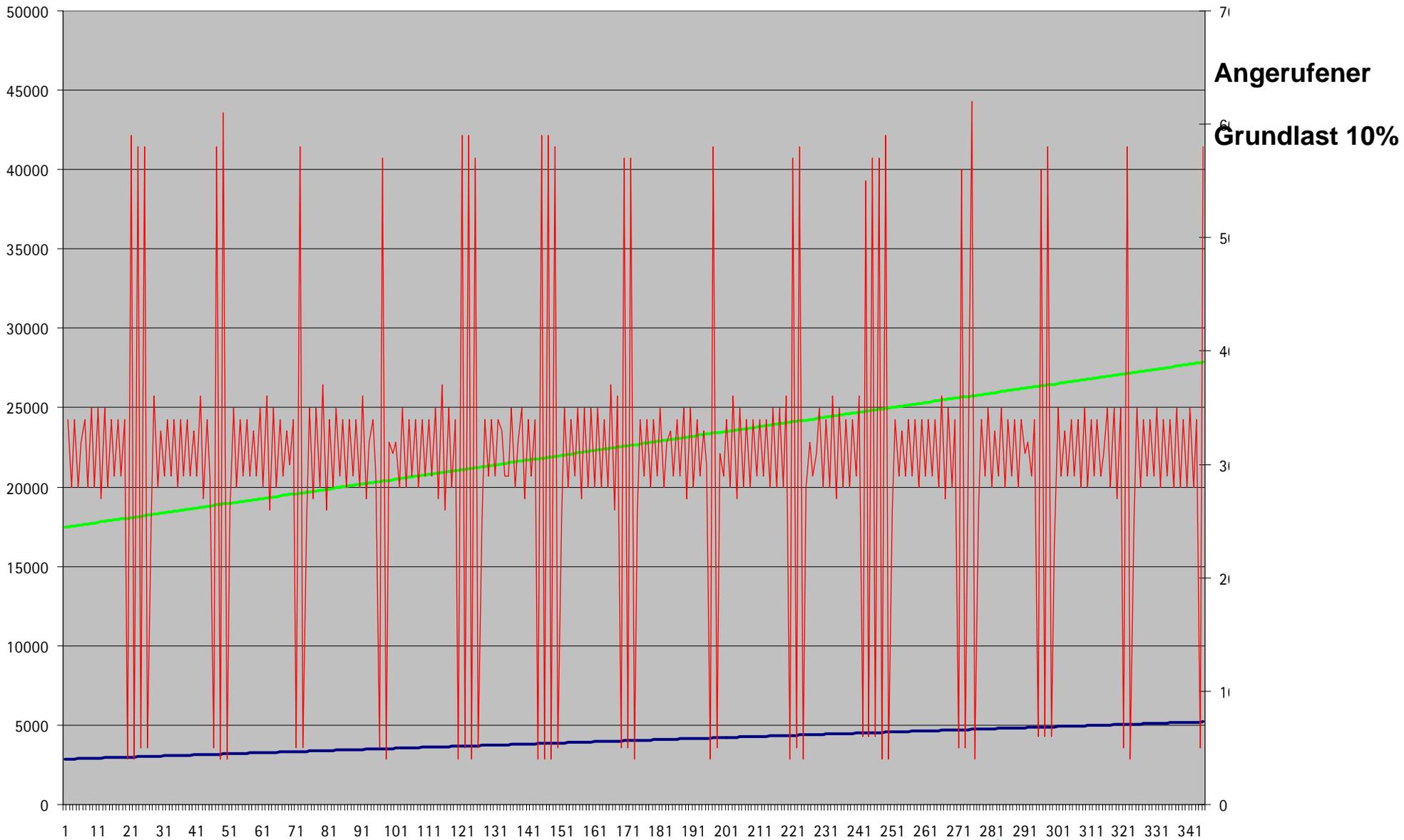
**OPENING '99:**  
**11. März 1999**

**Voice Over IP (VOIP) —**  
**Technischer Abriß und Erfahrungsbericht**  
 Dia-Nr: **54** (im Stand: 22.02.2008)

**Forschungszentrum Karlsruhe**  
 Technik und Umwelt

Fortbildungszentrum Technik u. Umwelt  
 Dipl.-Inform. Torsten Neck

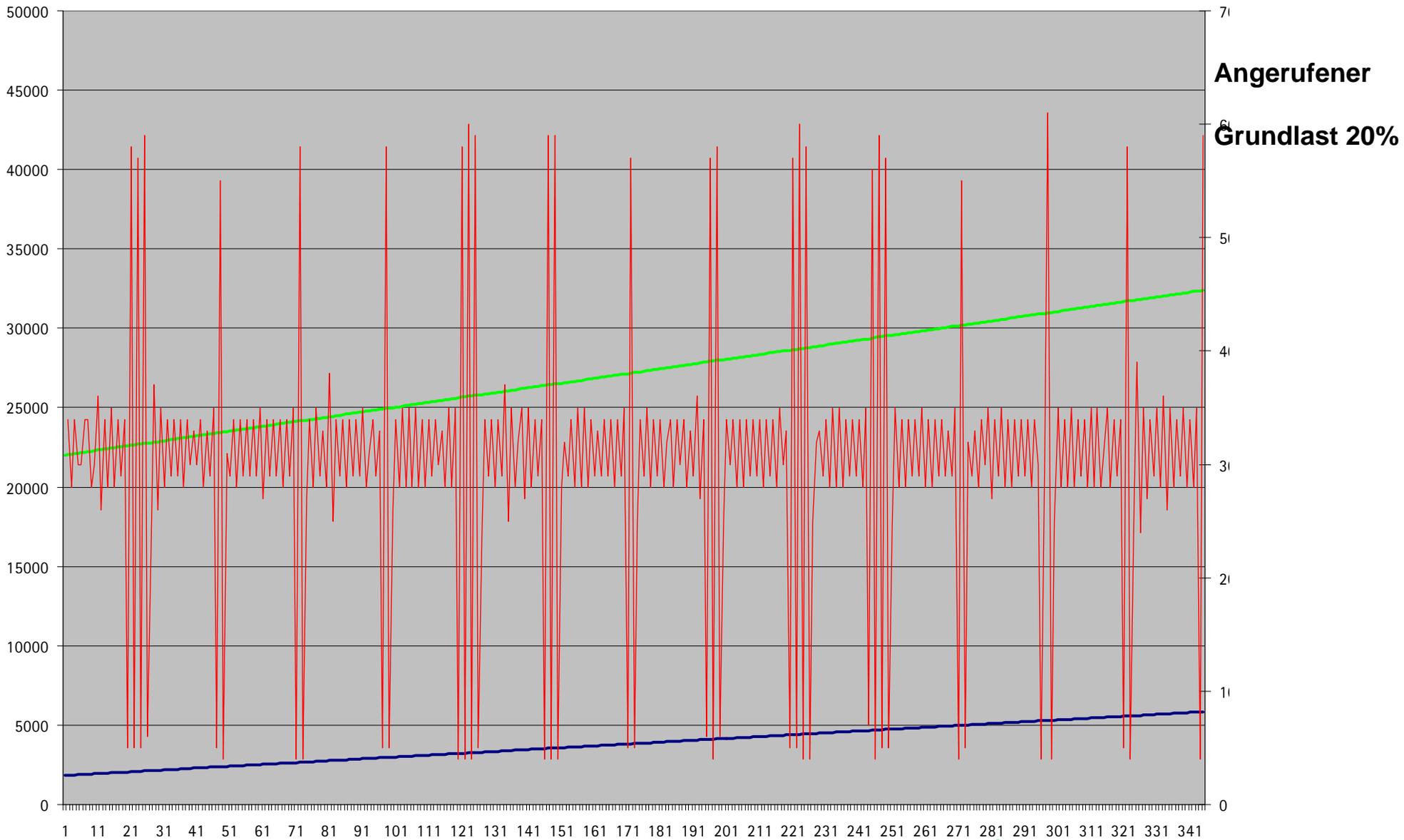


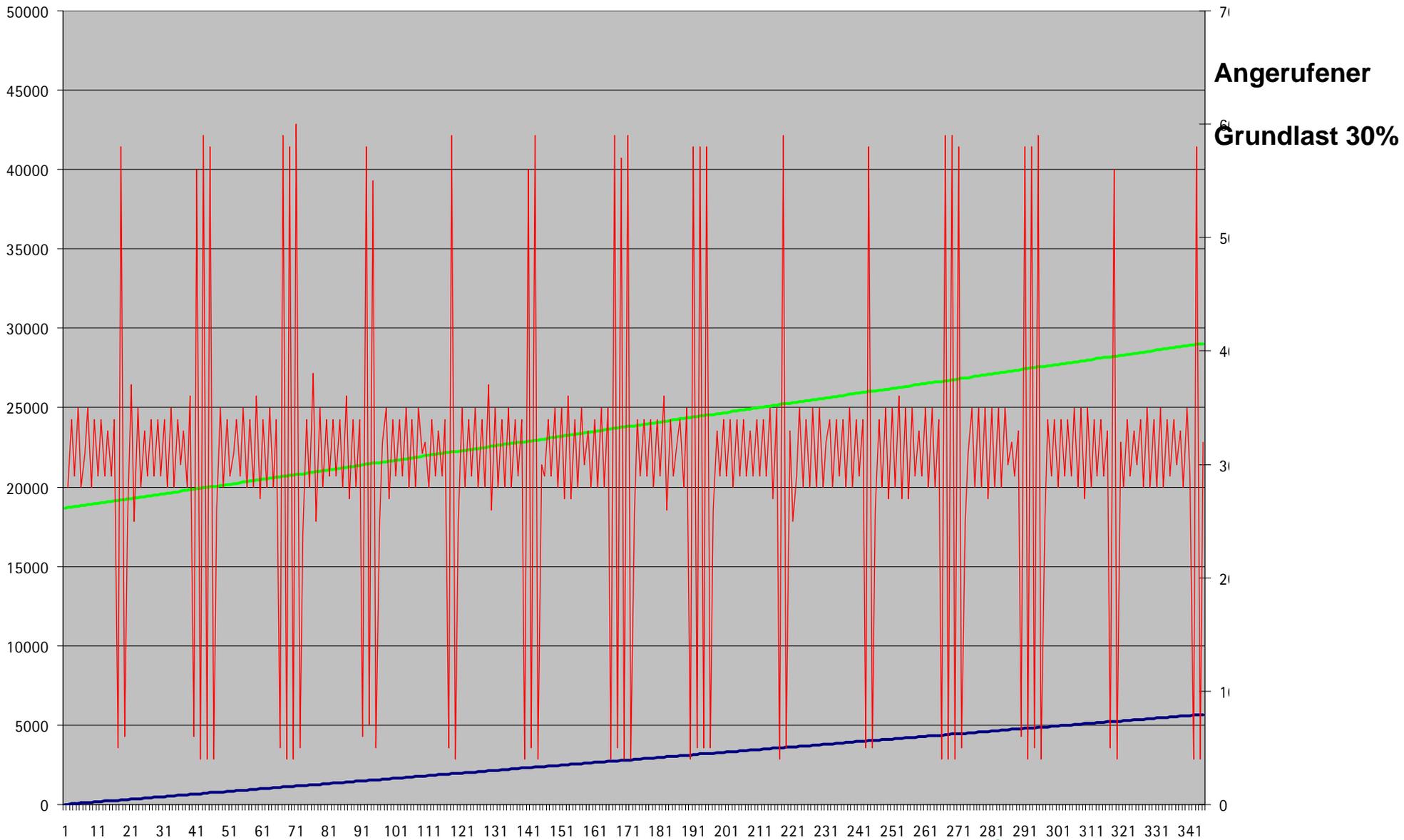


**OPENING '99:**  
**11. März 1999**

**Voice Over IP (VOIP) —**  
**Technischer Abriss und Erfahrungsbericht**  
 Dia-Nr: **56** (im Stand: 22.02.2008)

**Forschungszentrum Karlsruhe**  
 Technik und Umwelt  
 Fortbildungszentrum Technik u. Umwelt  
 Dipl.-Inform. Torsten Neck

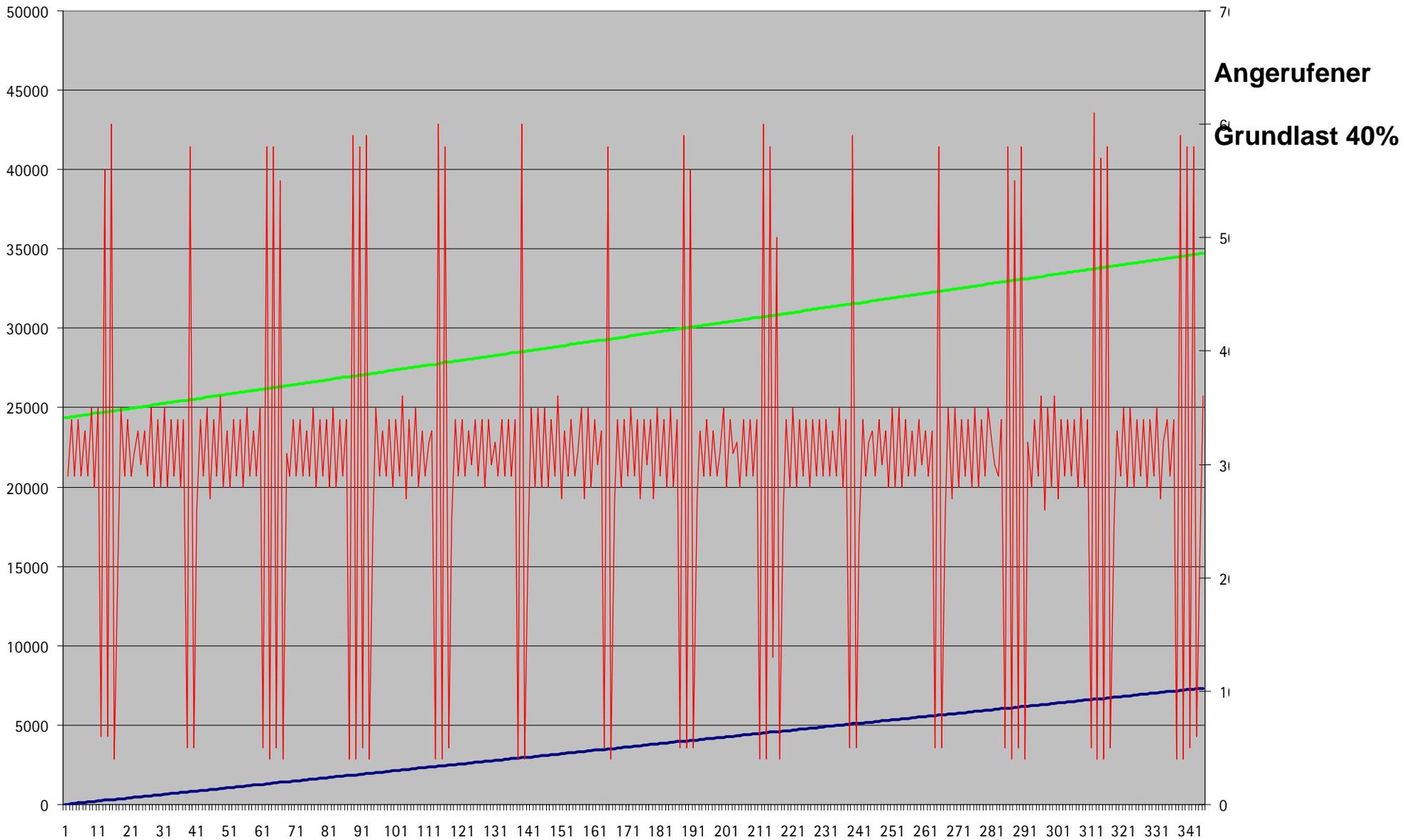




**OPENING '99:**  
**11. März 1999**

**Voice Over IP (VOIP) —**  
**Technischer Abriss und Erfahrungsbericht**  
 Dia-Nr: **58** (im Stand: 22.02.2008)

**Forschungszentrum Karlsruhe**  
 Technik und Umwelt  
 Fortbildungszentrum Technik u. Umwelt  
 Dipl.-Inform. Torsten Neck

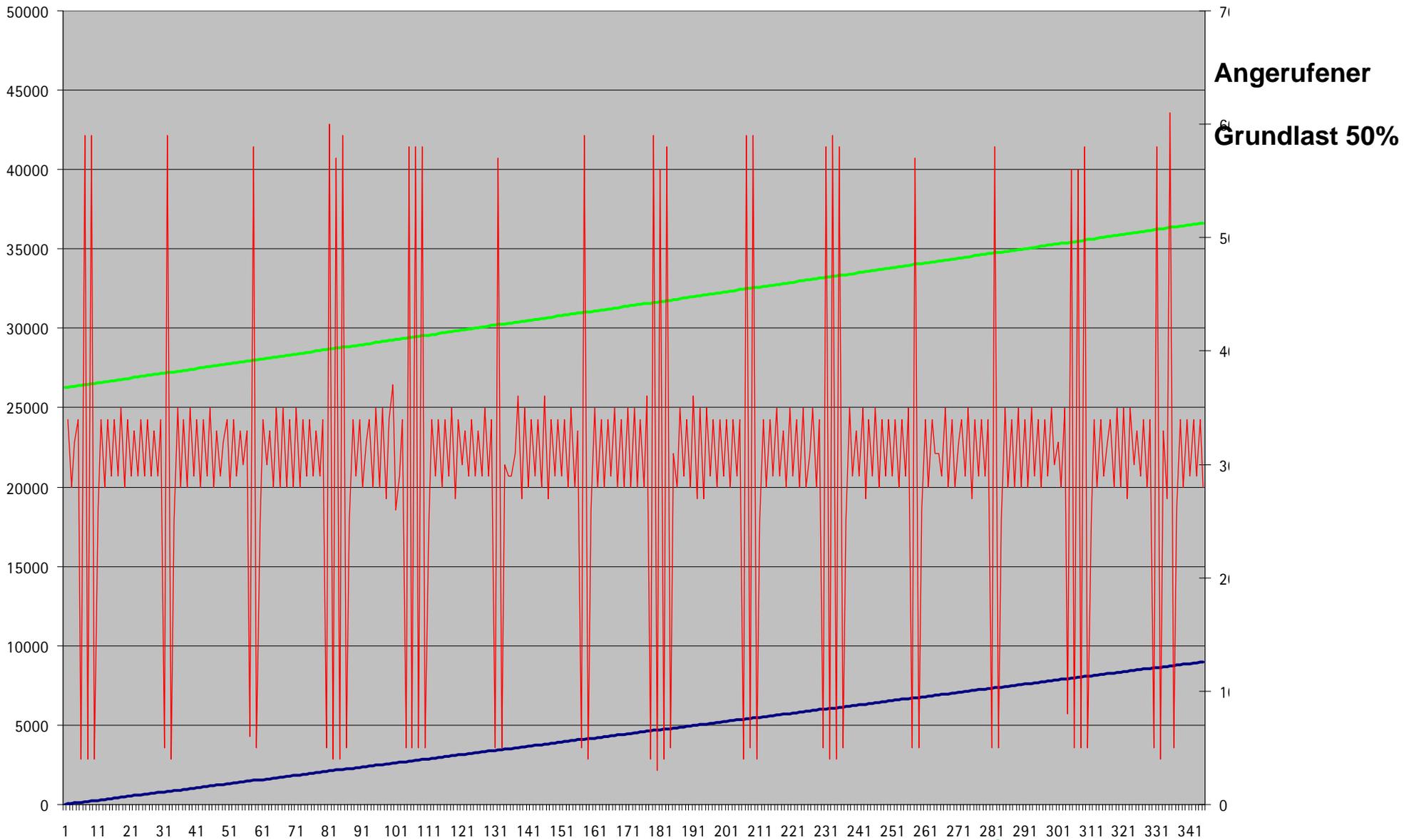


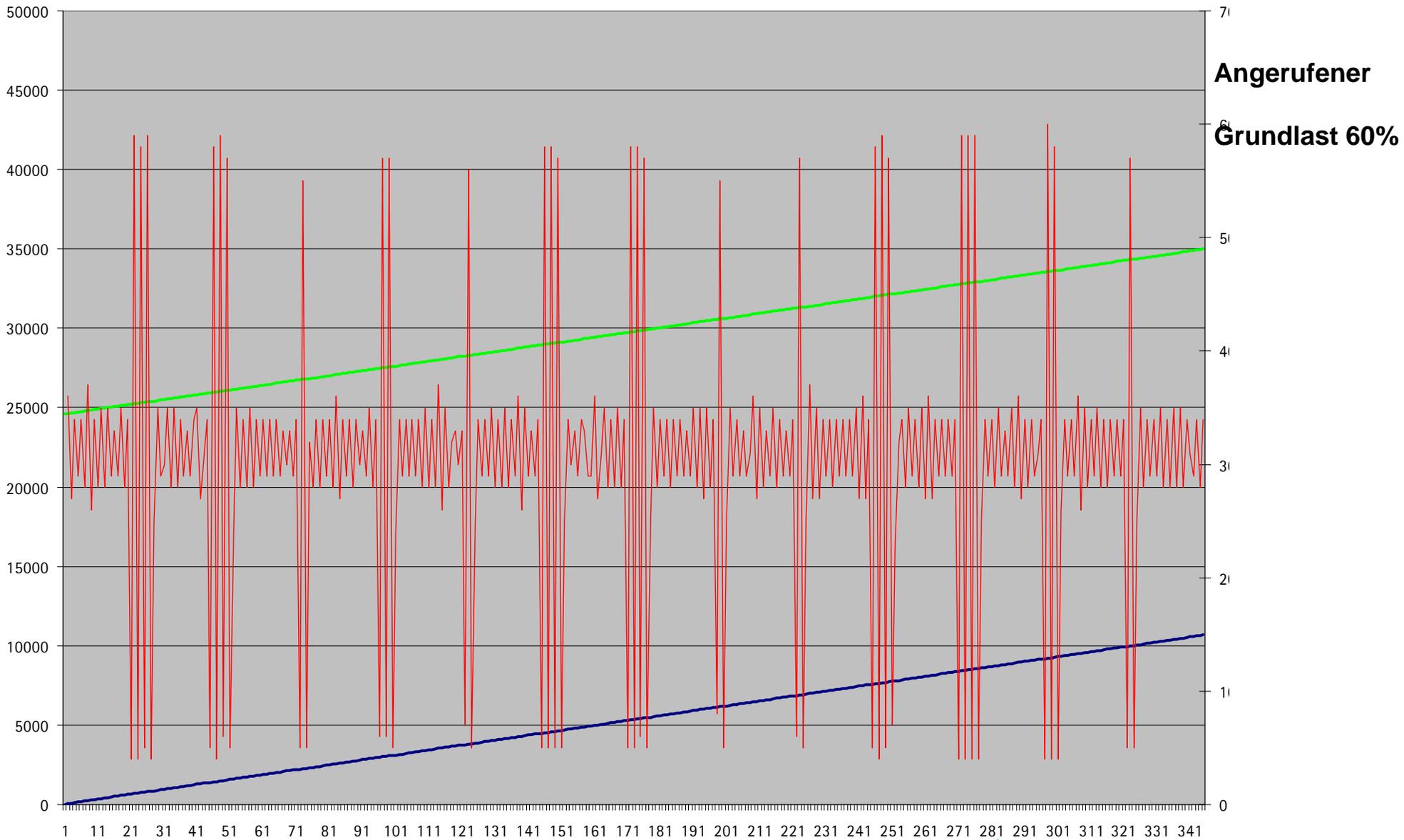
OPENING '99:  
11. März 1999

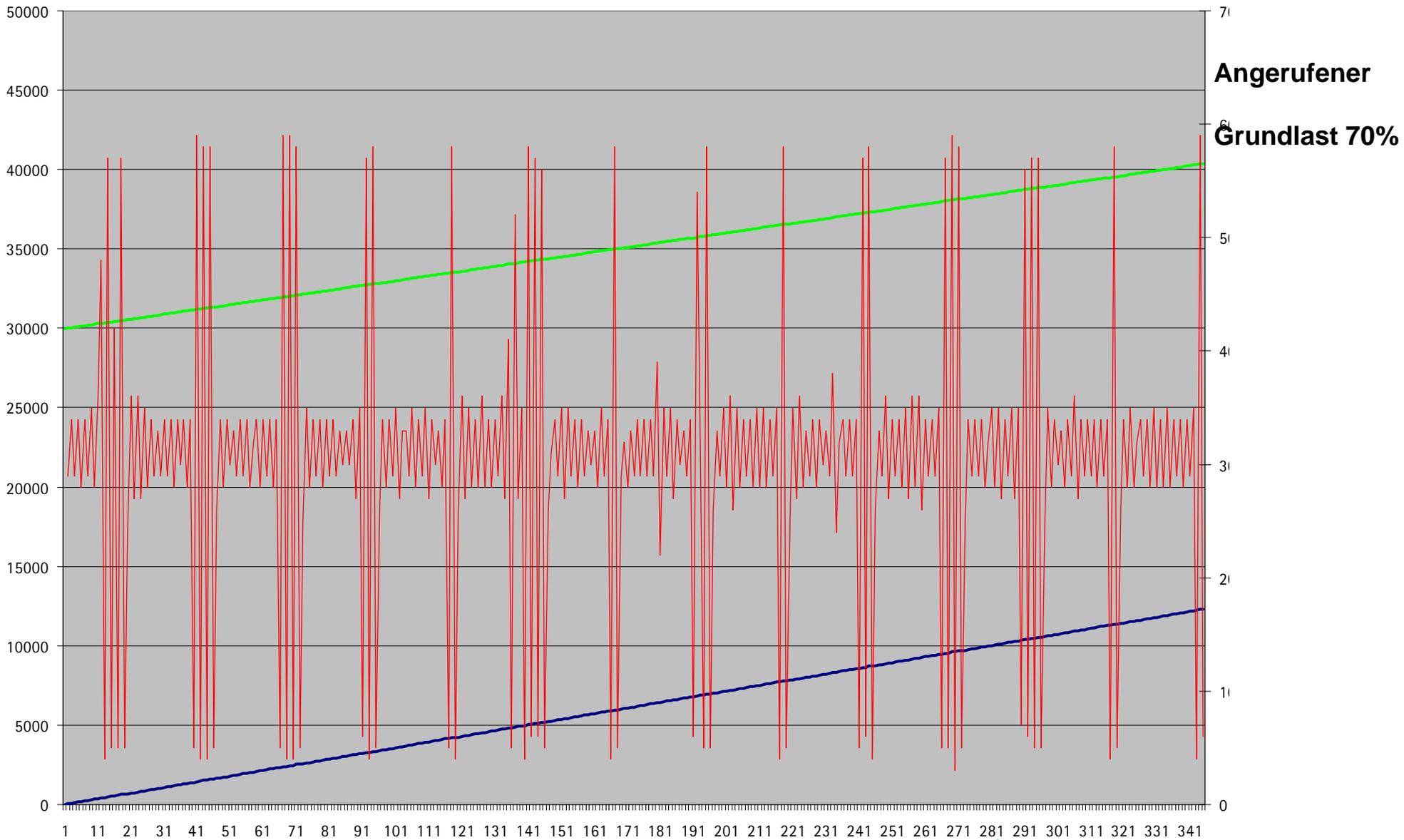
Voice Over IP (VOIP) —  
Technischer Abriß und Erfahrungsbericht  
Dia-Nr: 59  
(im Stand: 22.02.2008)

Forschungszentrum Karlsruhe  
Technik und Umwelt

Fortbildungszentrum Technik u. Umwelt  
Dipl.-Inform. Torsten Neck







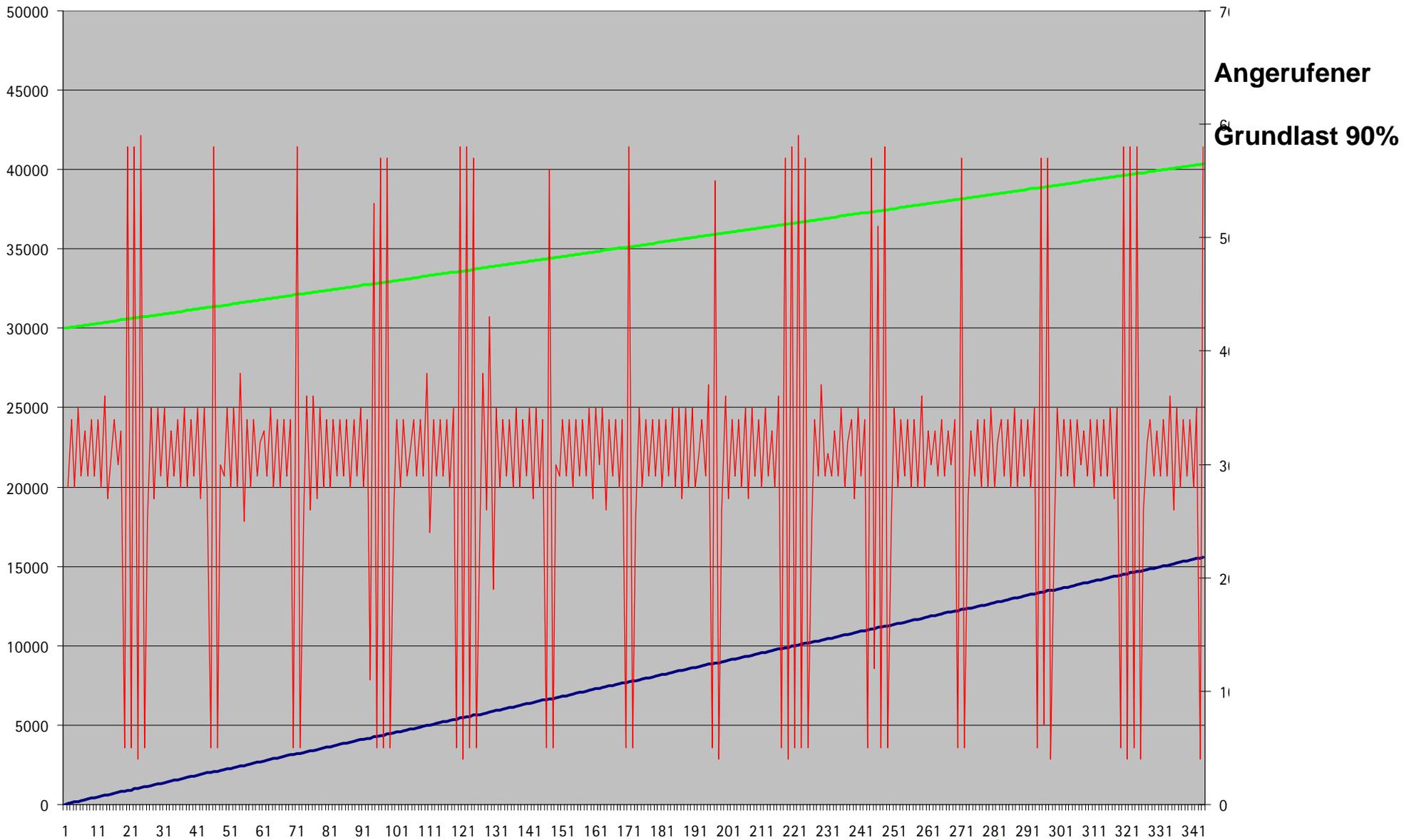
**OPENING '99:**  
11. März 1999

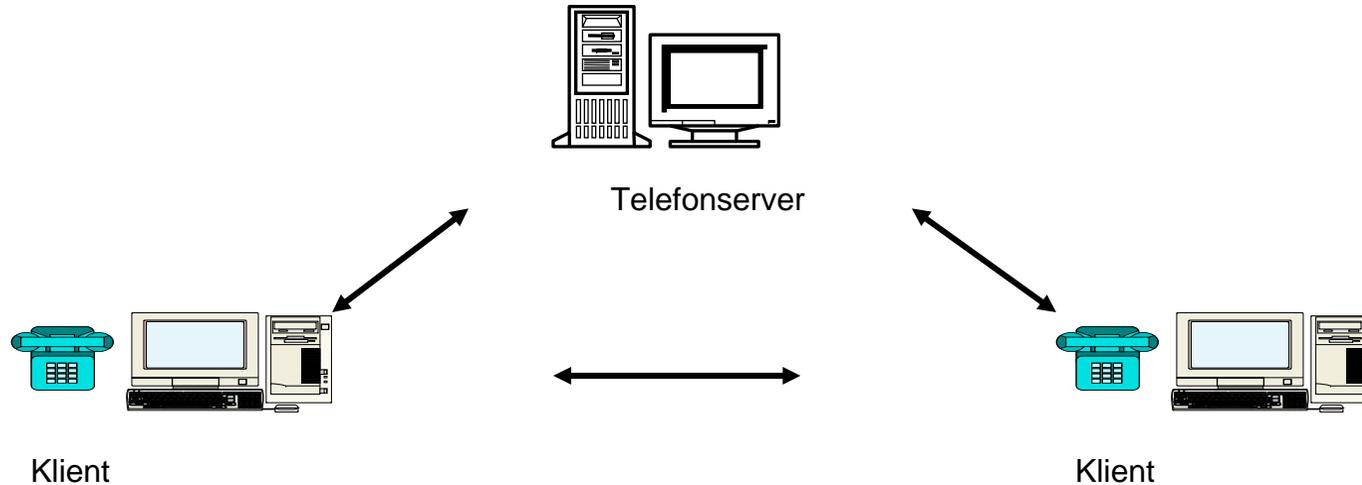
**Voice Over IP (VOIP) —**  
**Technischer Abriß und Erfahrungsbericht**  
Dia-Nr: **62** (im Stand: 22.02.2008)

**Forschungszentrum Karlsruhe**  
Technik und Umwelt

Fortbildungszentrum Technik u. Umwelt  
Dipl.-Inform. Torsten Neck







## Ergebnisse :

- > **Der Übertragungsalgorithmus gewährleistet gute Sprachqualität auch bei stark belastetem Netz**
- > **Die Bruttobandbreitenanforderung für ein Gespräch ist 16 kbit/s Voll-Duplex**
  - > **Nettobandbreite ca. 8 kbit/s je Richtung**
  - > **Rest für Netzwerk-Overhead**
- > **Die Anwendung kann also in fast jedes Netz integriert werden, bei vielen "Sprachkanälen" über ein Netzwerk sollte für QoS gesorgt werden**

# Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

## Weitere Auskünfte:

 <http://www.iai.fzk.de/~neck>

 <mailto:torsten.neck@ftu.fzk.de>

