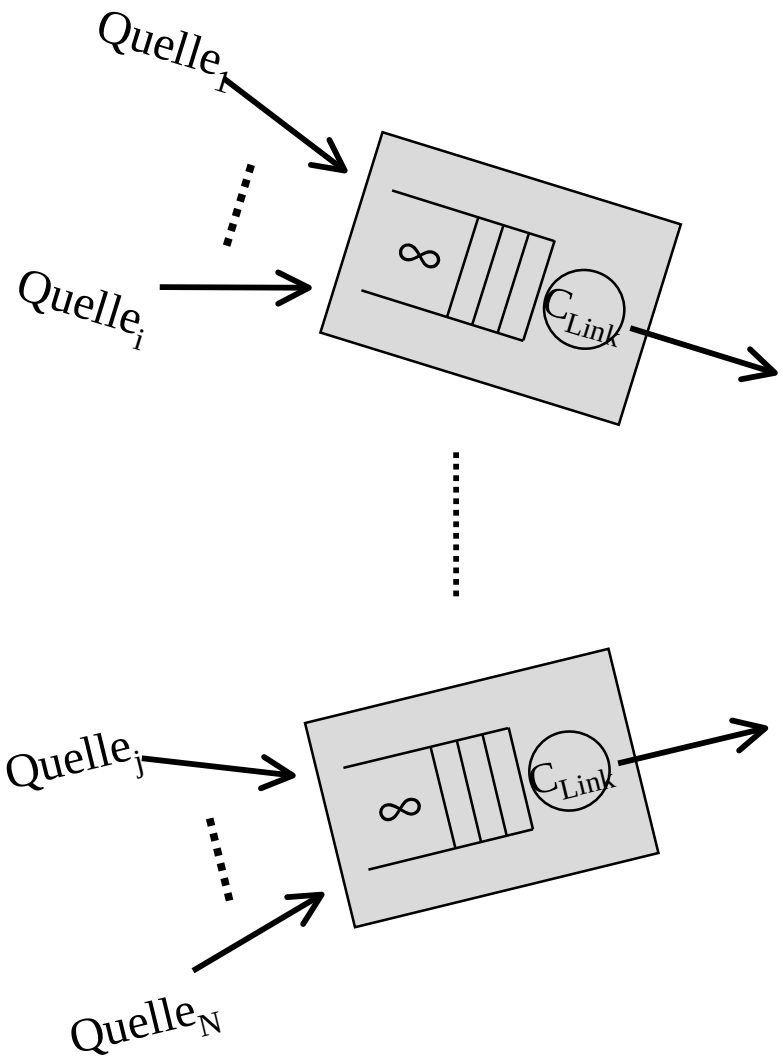
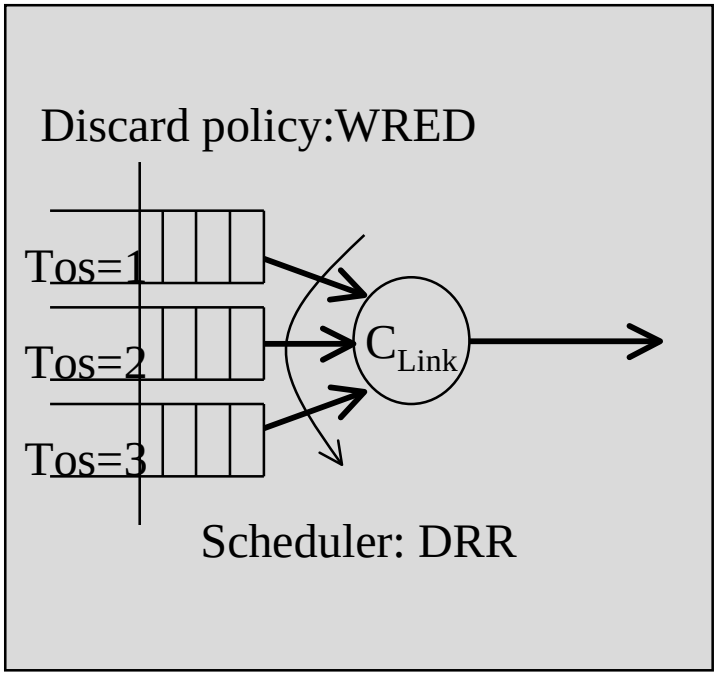
Dimensionierung von IP-Backbone-Links für TCP-Verkehr

Franz Hartleb
Gerhard Haßlinger

T-Nova

Linkmodell:


Quelle1
Quellei
∞
CLink
Quellej
∞
CLink
QuelleN


Discard policy:WRED
Tos=1
Tos=2
Tos=3
CLink
Scheduler: DRR

Worst Case Analyse mit einem Modell ohne Speicher

Annahme: N Quellen vom Typ On/Off(R_{on},p)

Wahrscheinlichkeit für Überlast:

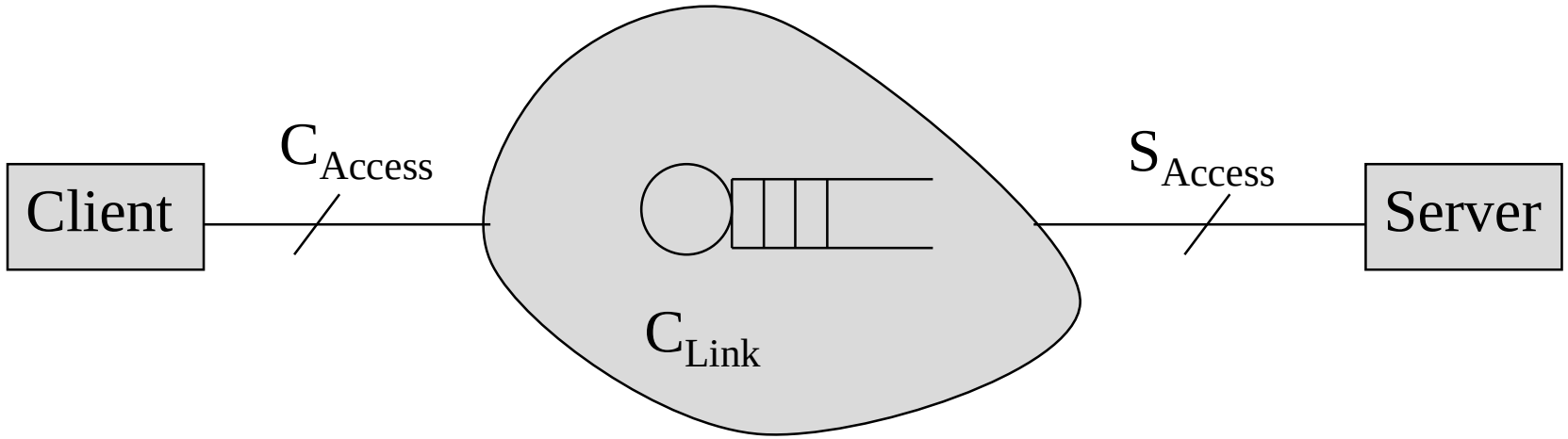
$$P\left(\sum_{i=1}^{N} R_i(t) > C_{\text{Link}}\right) = \sum_{i=\lceil C_{\text{Link}}/R_{\text{on}} \rceil}^{N} \binom{N}{i} p^i (1-p)^{N-i}$$

Verlustwahrscheinlichkeit:

$$P_{\text{Loss}} = \sum_{i=\lceil C_{\text{Link}}/R_{\text{on}} \rceil}^{N} \binom{N}{i} p^i (1-p)^{N-i} \frac{i \cdot R_{\text{on}} - C_{\text{Link}}}{\rho \cdot C_{\text{Link}}}$$

mit $\rho = \dfrac{N \cdot p \cdot R_{on}}{C_{link}}$

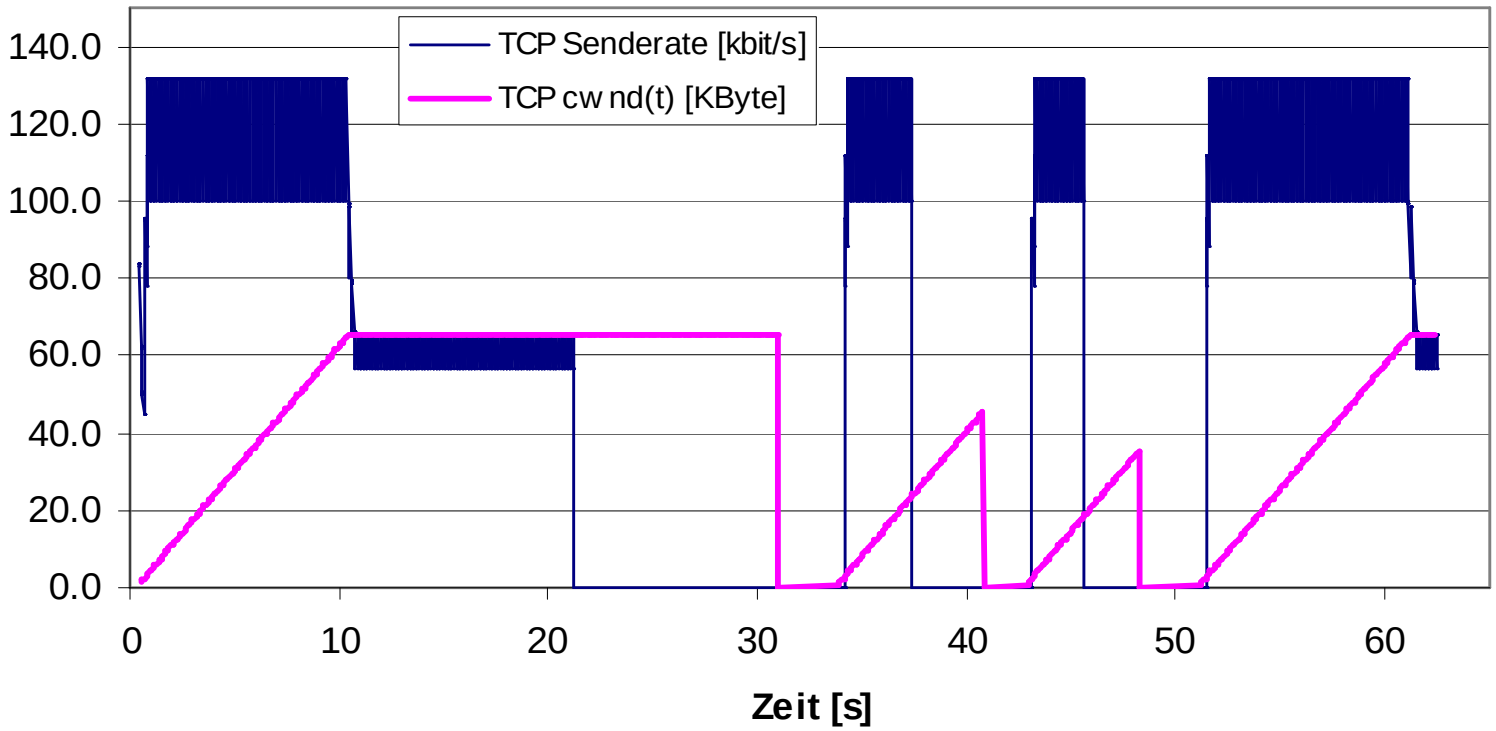
Modell für TCP-Verkehr



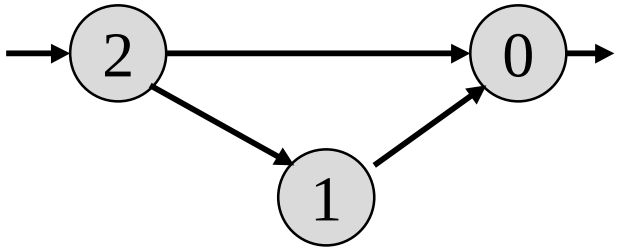
Annahmen:

- $S_{Access} >> C_{Access}$
- C_{Link} ausreichend dimensioniert
  - $\Rightarrow$ keine Verluste
  - $\Rightarrow$ keine TCP-Timeouts

TCP-Senderate (Simulation)



Quellenmodell:



TCP-Quellenmodell mit 3 Zuständen

Dateigrößenverteilung F(x)

Maximale TCP-Fenstergröße w

$$E[T_2] = \frac{1}{2C_{\text{Access}}} \left(\int_0^{2w} x \cdot f(x)dx + 2w \int_{2w}^{\infty} f(x)dx \right)$$

$$E[T_1] = \frac{1}{C_{\text{Access}}} \int_{2w}^{\infty} (x - 2w) \cdot f(x)dx$$

p_i: Wahrscheinlichkeit, Quelle sendet mit Rate i C_{Access}

$$p_i = \frac{E[T_i]}{E[T_2] + E[T_1] + E[T_0] + E[T_{\text{Idle}}]}$$

Verlustwahrscheinlichkeit

N Quellen:

$$P_{\text{Loss}} = \sum_{k_1=0}^{N} \sum_{k_2=\left\lceil \frac{C_{\text{Link}}-k_1 R_1}{R_2} \right\rceil}^{N-k_1} \frac{N!}{(N-k_1-k_2)!\cdot k_1!\cdot k_2!} (1-p_1-p_2)^{N-k_1-k_2}\, p_1^{\,k_1}\, p_2^{\,k_2}\, \frac{k_1 R_1 + k_2 R_2 - C_{\text{Link}}}{N(p_1 R_1 + p_2 R_2)}$$

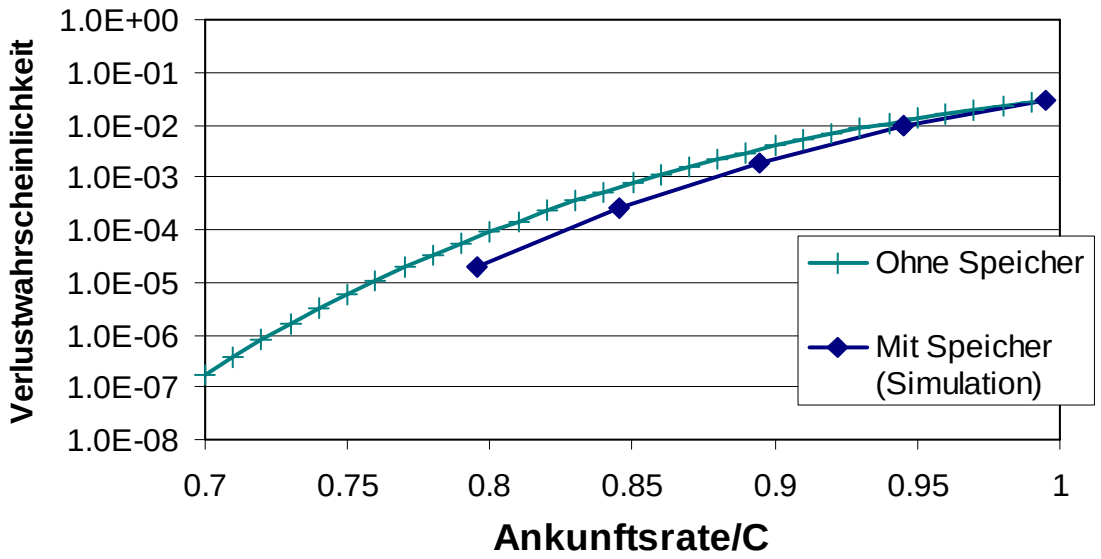
Sehr viele Quellen: Ankunftsrate ist normalverteilt!

$$P_{\text{Loss}} \approx \frac{\sigma}{\mu}\left(\frac{e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{C_{\text{Link}}-\mu}{\sigma}\right)^2}}{\sqrt{2\pi}} - \frac{C_{\text{Link}}-\mu}{\sigma}\left(1 - N_{0,1}\left(\frac{C_{\text{Link}}-\mu}{\sigma}\right)\right)\right)$$

Modellgenauigkeit:

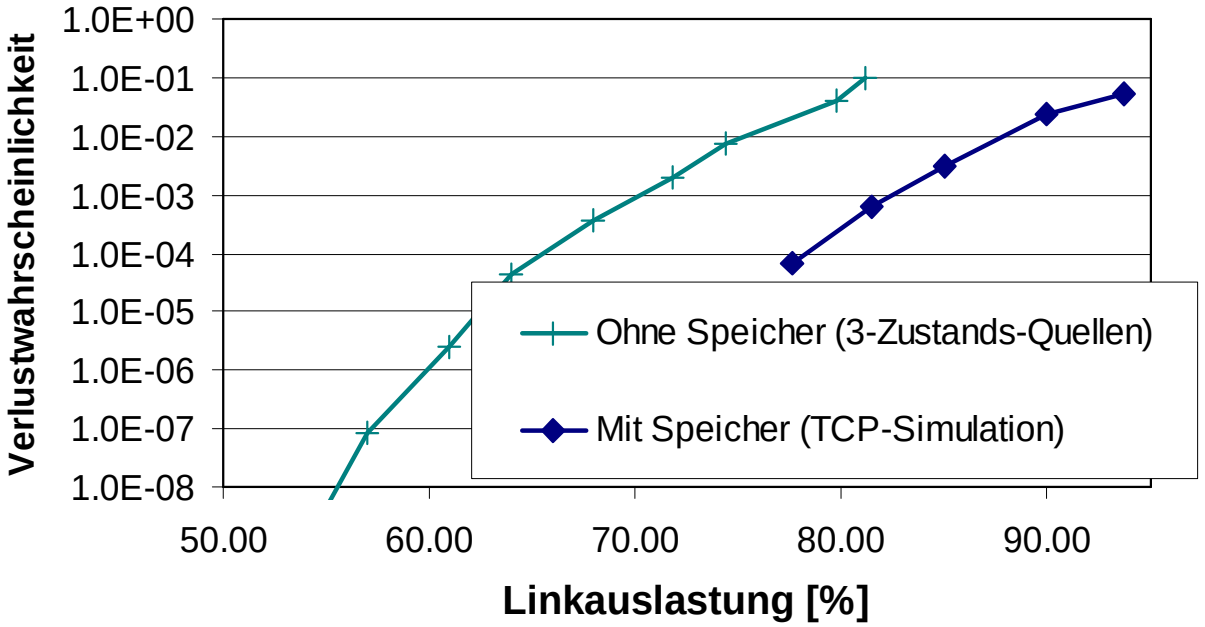
Vergleich mit Simulationsmodell mit Speicher

- C_{Link} = 155 Mbit/s, N = 555 ADSL-Quellen,
- Dateigröße Pareto verteilt mit β = 1.5 und E[S] = 100 KByte
- Scheduling: Q_i = 4/2/1, $T_{max}(i)$= 10, 60, 60 ms



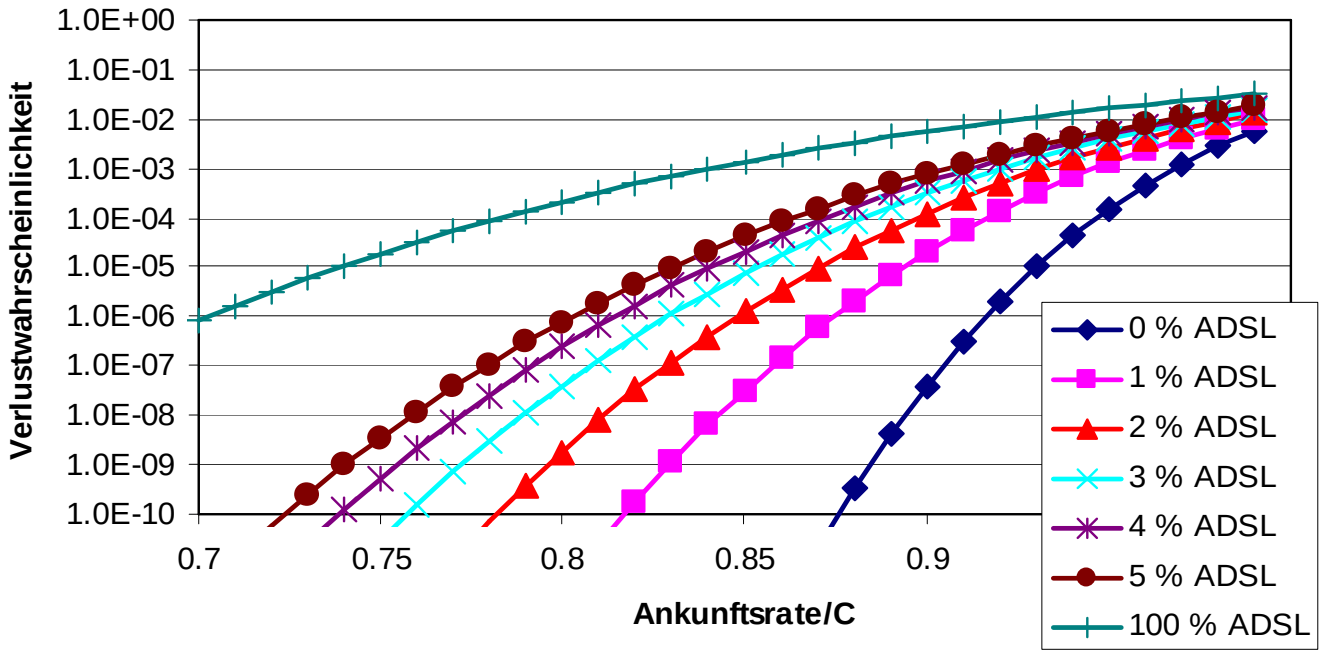
Modellgenauigkeit:
Vergleich mit TCP-Simulation

- C_{Link} = 10 Mbit/s, N_{ISDN} = 150 bis 250 Quellen,
- Dateigröße Pareto verteilt mit β = 1.5 und E[S] = 100 KByte
- Scheduling: Q_i = 4/2/1, $T_{max}(i)$= 10, 60, 60 ms



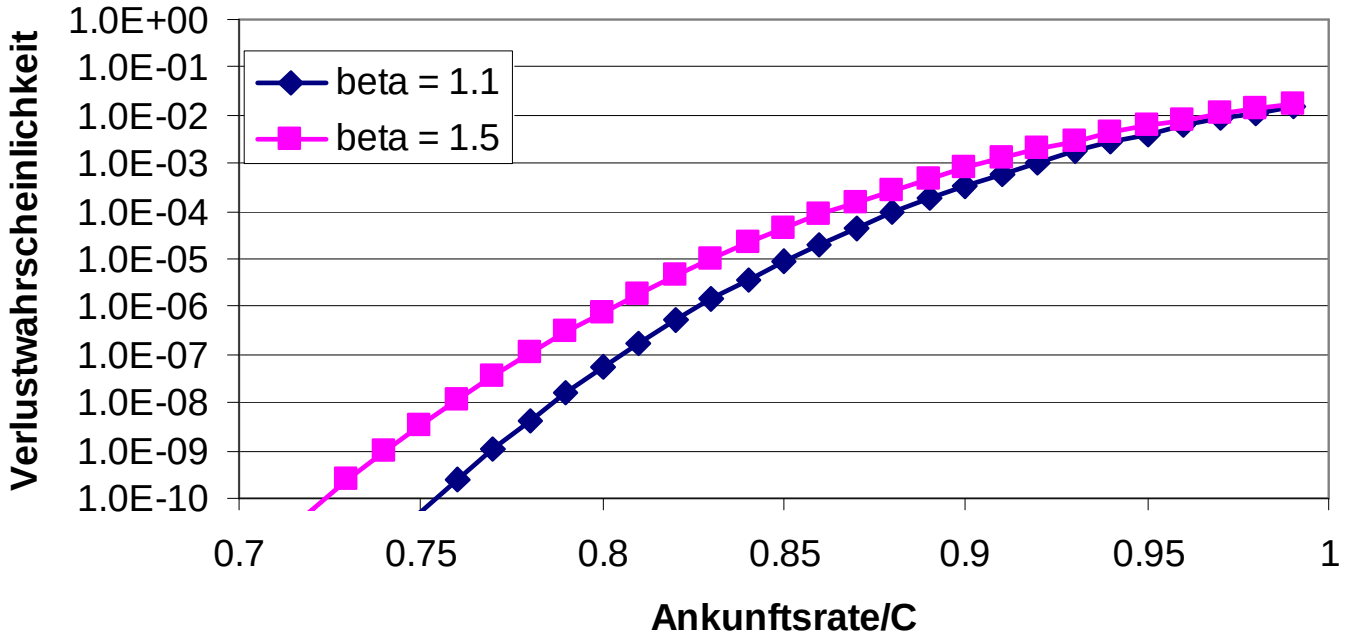
Die Verlustwahrscheinlichkeit abh. vom ADSL-Anteil

- C_{Link} = 155 Mbit/s, N = 10000 Quellen,
- Dateigröße Pareto verteilt mit β = 1.5 und E[S] = 100 KByte



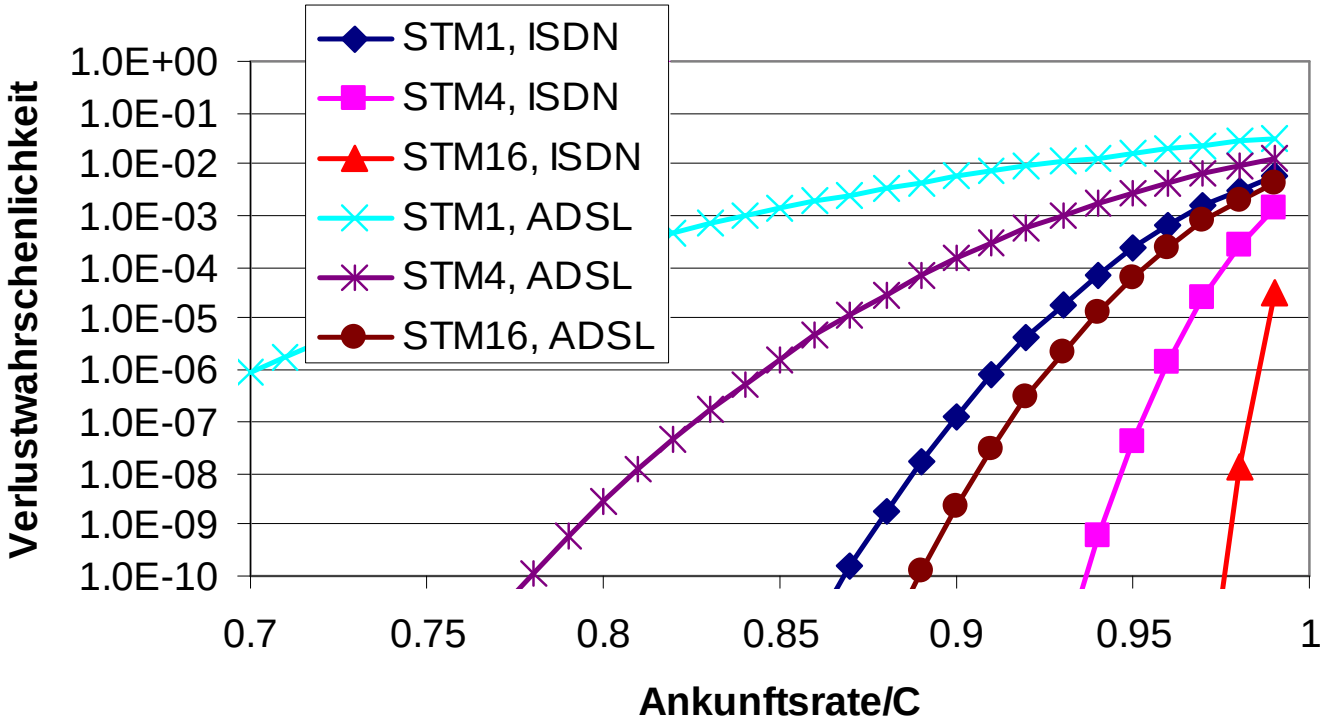
Die Verlustwahrscheinlichkeit abh. von der Langzeitabhängigkeit

- C_{Link} = 155 Mbit/s, N = 10000 Quellen, 5% ADSL
- Dateigröße Pareto verteilt mit E[S] = 100 KByte



Die Verlustwahrscheinlichkeit abh. vom Verhältnis C_{Link}/C_{Access}

- N_{ADSL} = 20000 Quellen, N_{ISDN} = 50000
- Dateigröße Pareto verteilt mit β = 1.5 und E[S] = 100 KByte



Zusammenfassung

- TCP-Quellenmodell mit 3 Zuständen
- Dimensionierung mit Modell ohne Speicher
- Ergebnisse:
  - Ausl. zw. 70% und 95% abh. von C_{Link} / C_{Access}
  - Höhere Langzeitabhängigkeit
    $\Rightarrow$ kleinerer Bandbreitenbedarf