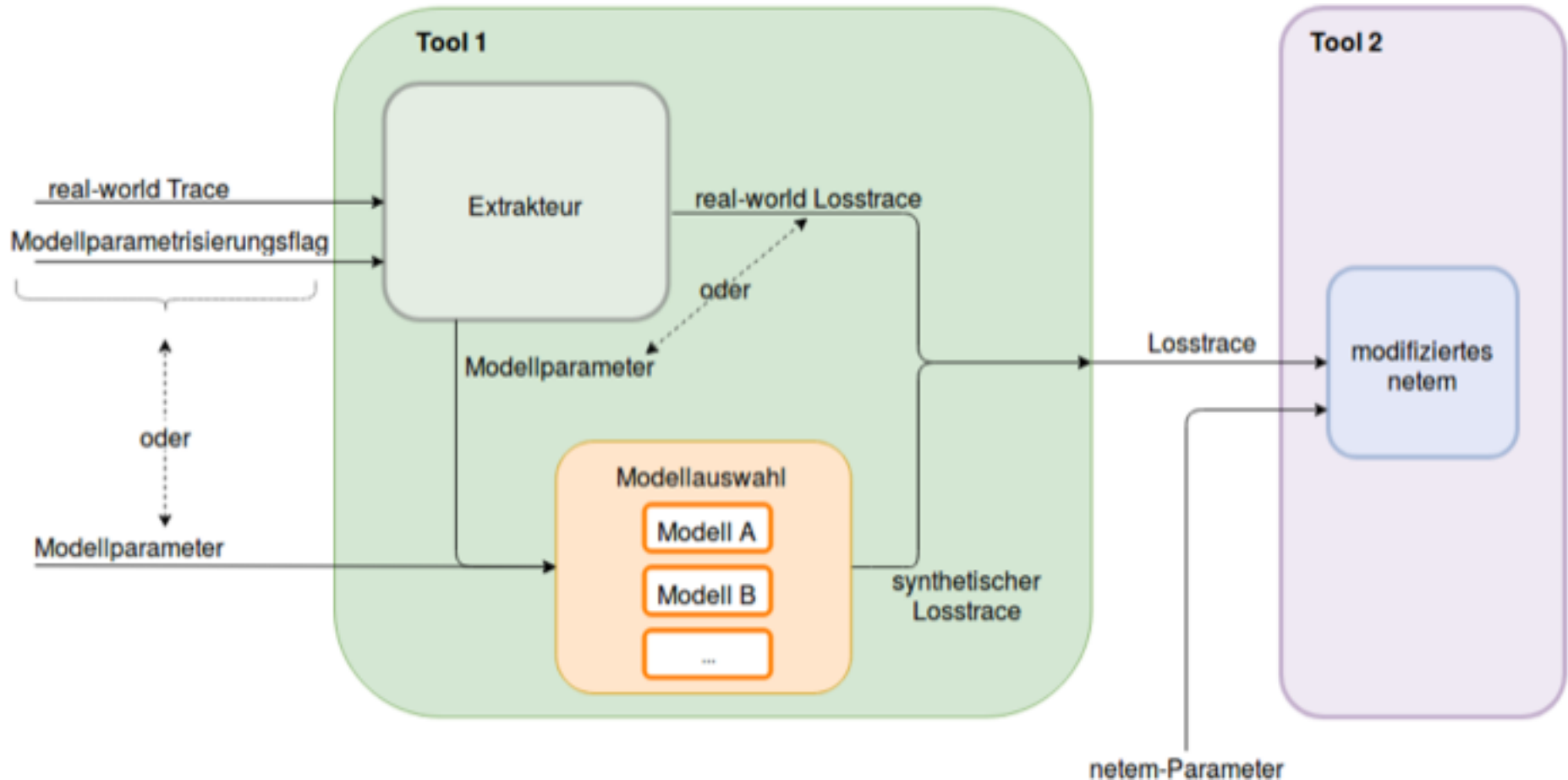


PRÄSENTATION DES PROTOTYPS

PACKET LOSS TRACES IN NETEM

MEILENSTEIN 2 - ZIELSETZUNG



TOOL 1 | TRACEGENERATOR

SPEZIFISCHE ZIELSETZUNG

Paketverlustmodelle

- Bernoulli
- Simple Gilbert
- Gilbert
- Gilbert-Elliot
- 4-State-Markov

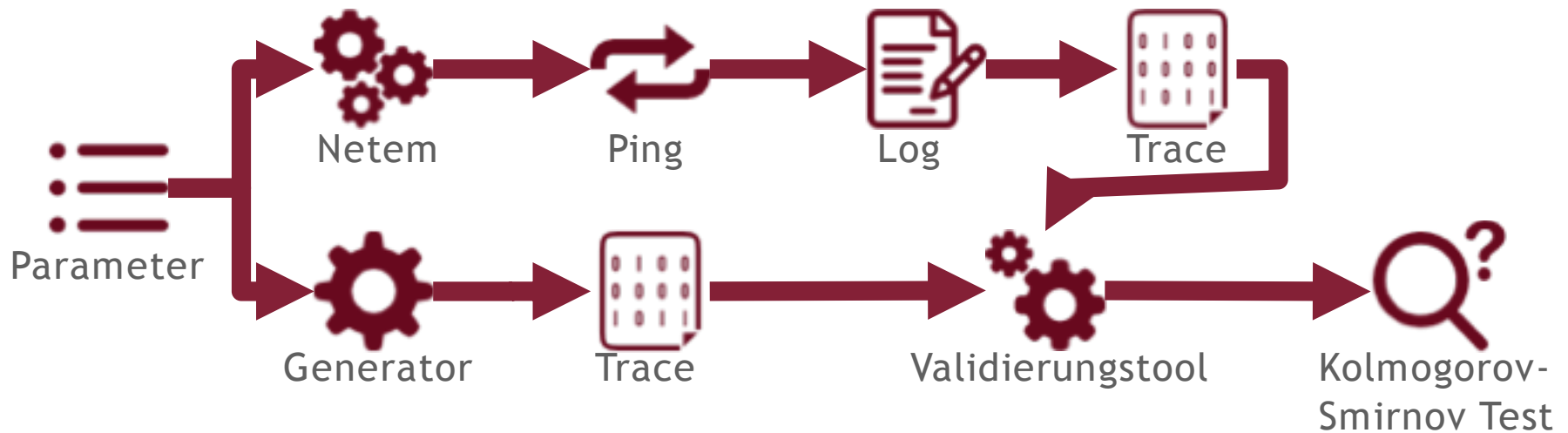
Weitere Zielsetzungen

- Reproduzierbarkeit
 - Gleichverteilte Zufallszahlen
 - Reproduzierbare Zufallszahlen
 - Seedübergabe per Parameter
- Skalierbarkeit
 - Große Periodenlänge

 **Mersenne-Twister-Generator**

MODELL-VALIDIERUNG

ABLAUF



Validierungstool

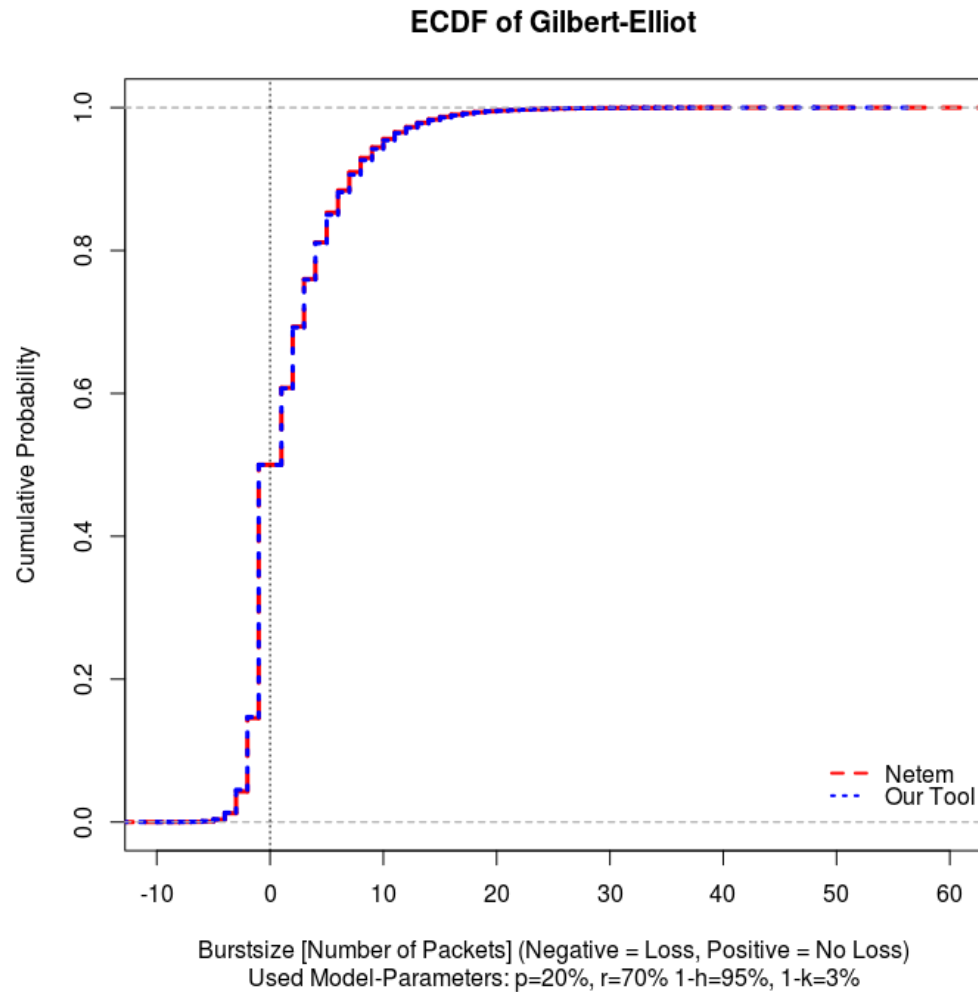
Input: 000000111110000000111111

Output: -6 5 -7 7

R: ECDF







MODELL-VALIDIERUNG

ERGEBNISSE



MODELL-VALIDIERUNG

ERGEBNISSE

Modell	Paketverlust		D	P-Wert	Entscheidungs- wert	
	Netem	Wir				
Bernoulli GEMODEL	10,723%	11,936%	0,059245	2,2e-16	0,01338	
Bernoulli RAND	12,048%	11,936%	0,003061	0,989	0,01342	
Simple Gilbert	12,308%	12,294%	0,002146	1	0,01348	
Gilbert	11,136%	11,057%	0,003336	0,983	0,01407	
Gilbert- Elliot	23,383%	23,288%	0,003706	0,756	0,00107	
Markov	24,539%	24,623%	0,001268	1	0,00965	

PARAMETERSCHÄTZUNG AUS TRACES

SCHÄTZVERFAHREN

Bernoulli, Simple Gilbert

- Zustände eindeutig identifizierbar
- Zuverlässig

Gilbert

- Gilberts Methode
- Parameter können unmögliche Werte annehmen
- Unzuverlässig

Gilbert-Elliott

- Good-State Schwellenwert: $gMin$
- RFC3611: $gMin=16$
- Zustände in Trace definieren
- Ergebnis hängt stark von Schwellenwert ab

4-State-Markov

- Zwei Schwellenwerte $gMin$, $bMin$
- Keine Empfehlungen in der Literatur
- Zustände in Trace definieren
- Ergebnis hängt stark von Schwellenwerte ab

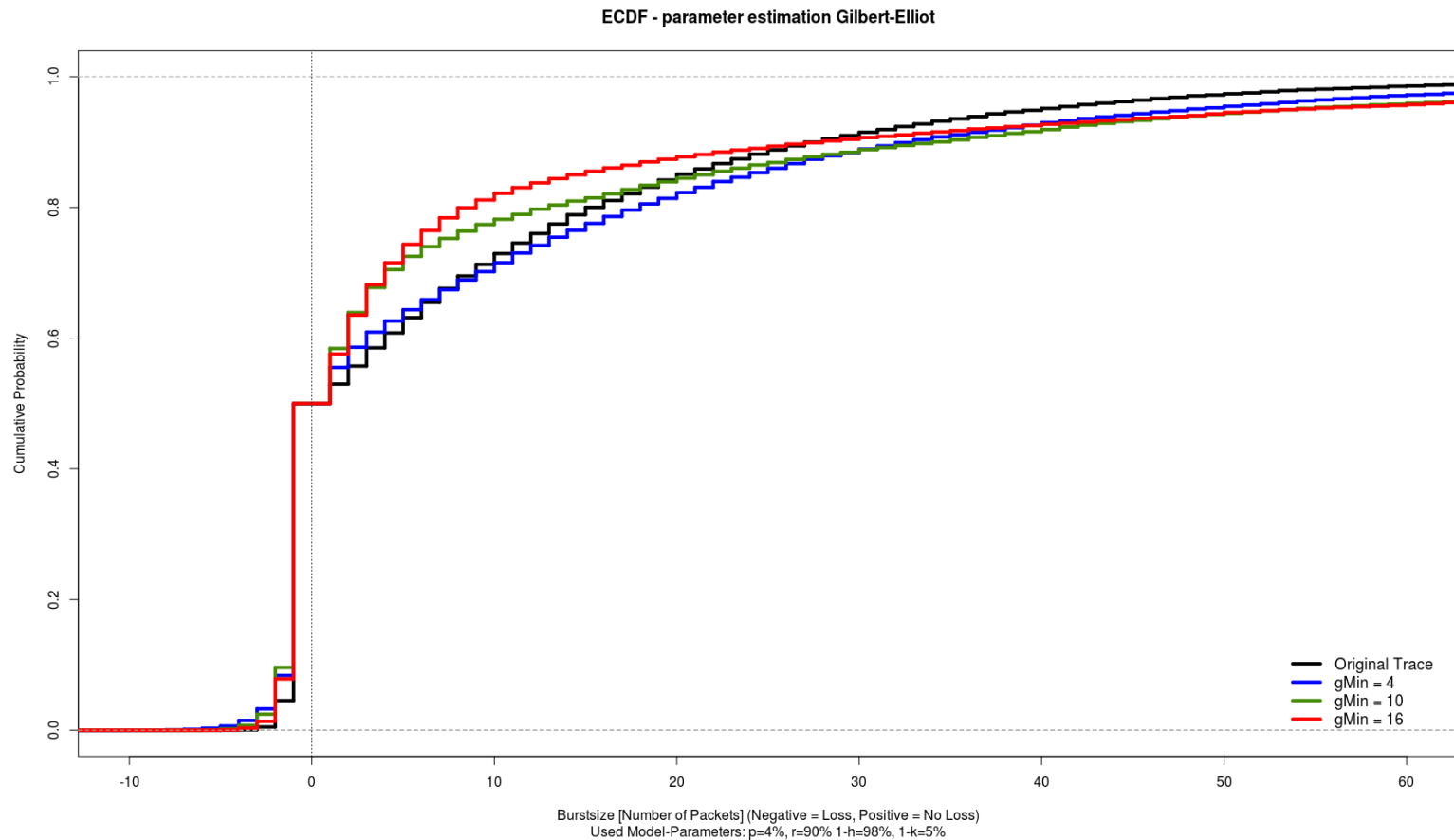
PARAMETERSCHÄTZUNG AUS TRACES

GILBERT-ELLIOT ERGEBNISSE

gMin	p	r	k	h	Verlust [%]
Trace	0,04	0,9	0,95	0,02	6,011
4	0,012	0,249	0,964	0,415	6,039
7	0,016	0,151	0,974	0,607	6,028
10	0,018	0,099	0,981	0,71	6,055
13	0,019	0,069	0,986	0,77	6,102
16	0,019	0,051	0,989	0,811	6,066
19	0,019	0,034	0,992	0,838	6,005

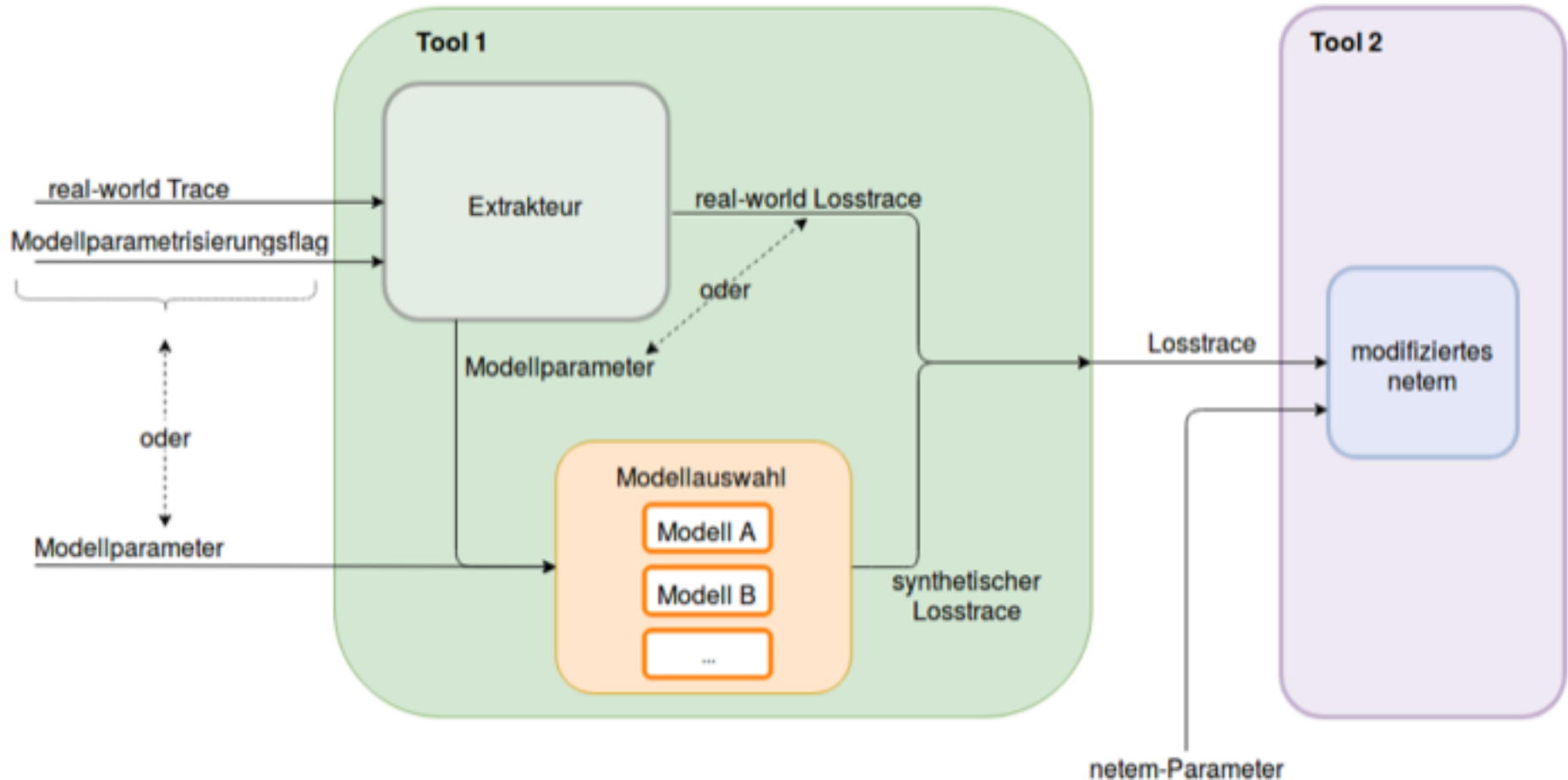
PARAMETERSCHÄTZUNG AUS TRACES

GILBERT-ELLIOT ERGEBNISSE



- Kompatibilität zu weiteren Protokollen herstellen
 - TCP
- Verbesserung der Parameterschätzung aus Trace
 - Gilbert, Gilbert-Elliot: Brute-Force Methode
 - 4-State-Markov: Kaum Literatur
 - Möglicher Ansatz: Baum-Welch Algorithmus für das Hidden-Markov-Model
 - Problem: Ist unser Problem ein HMM?
 - Wenn nein: Evtl. transformierbar?

MEILENSTEIN 2 - ZIELSETZUNG



TOOL 2 | MODIFIZIERTES NETEM

Entwicklungsumgebung

- Ubuntu 18.04 LTS
- Linux Kernel 4.17.0
- Iproute2 4.15

Funktionalität

- Ermöglicht Netzwerkemulation
- Delay, loss, duplication, und re-ordering von Paketen

Bestandteile

tc-Userinterface



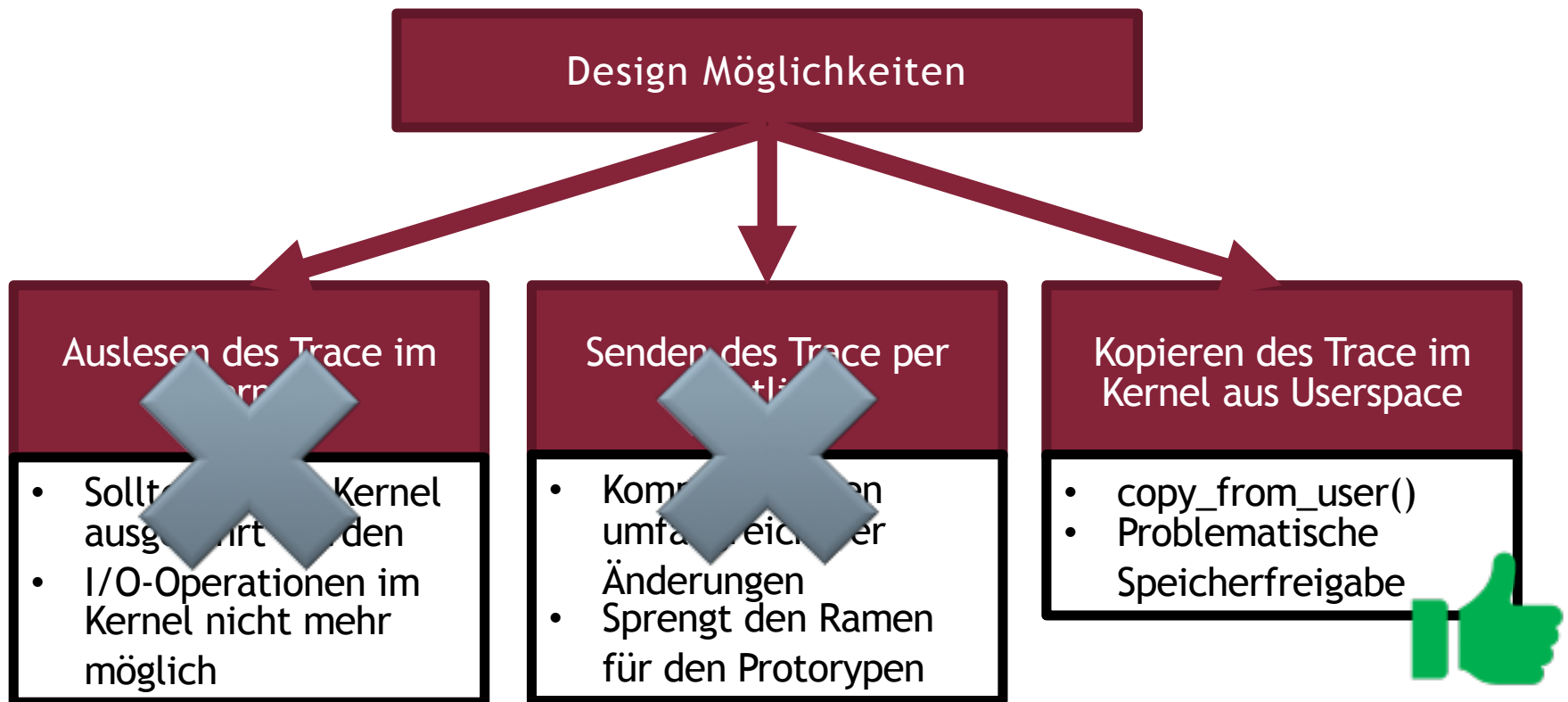
- Teil von iproute2
- Ermöglicht Paketverarbeitung

Kernelmodule

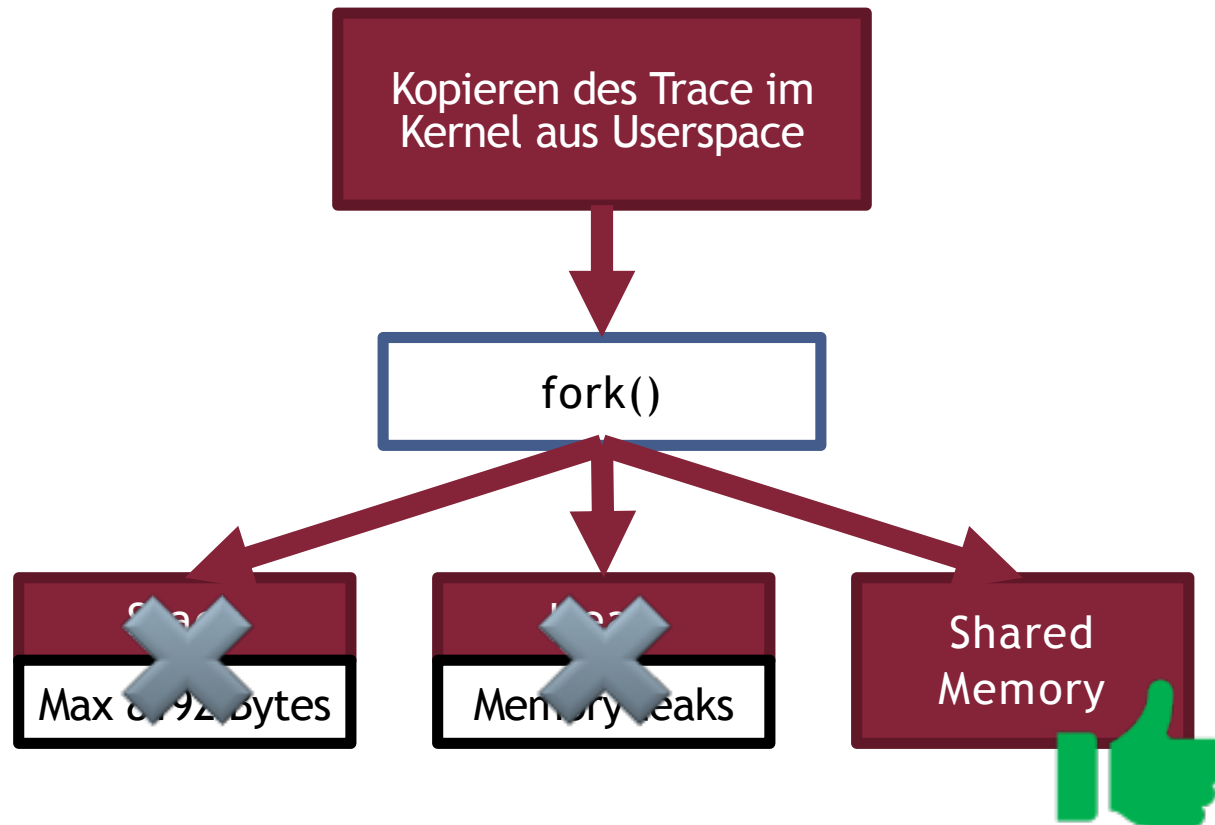


- Zuständig für Netzwerkemulation

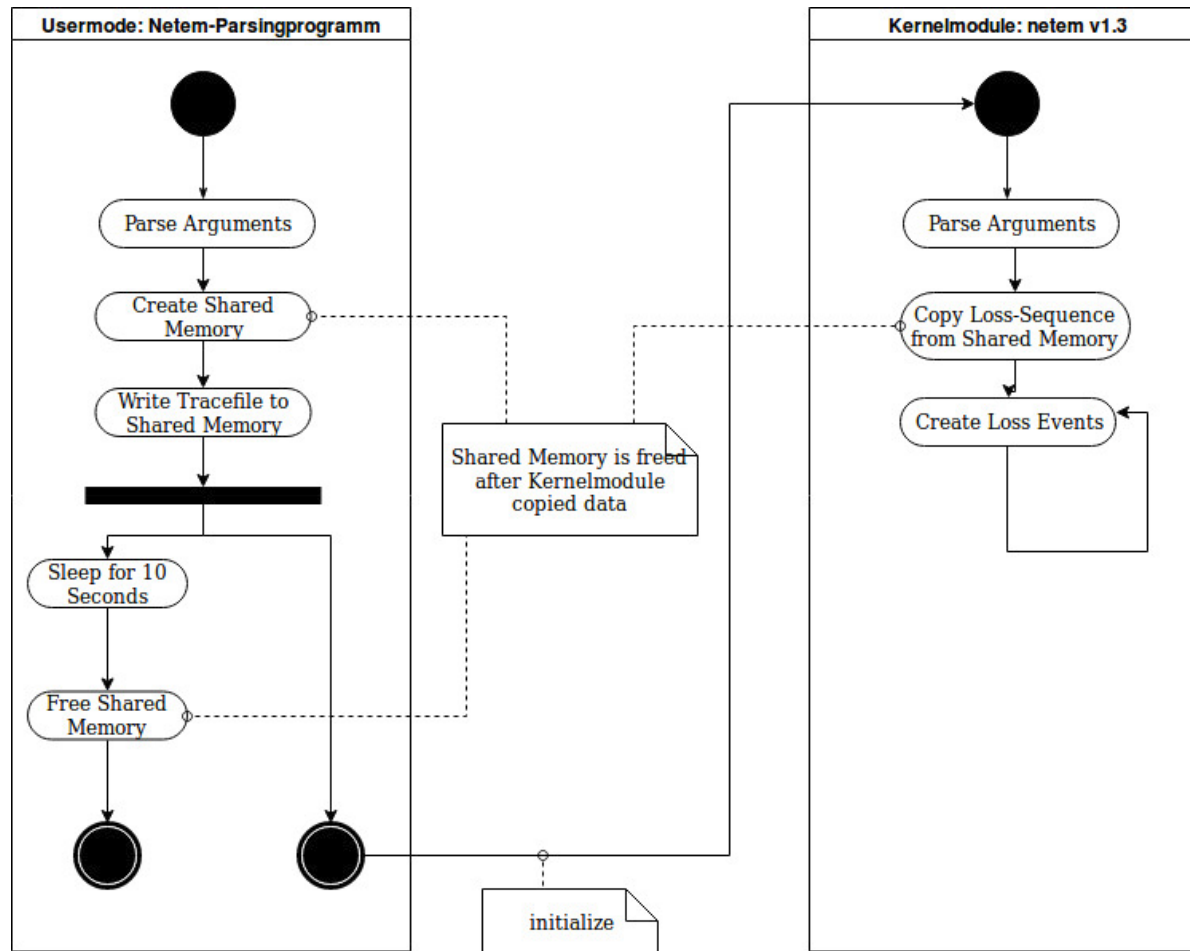
- „Beliebig“ große Traces einlesen



HERAUSFORDERUNG



MODIFIZIERUNGEN



- Erweiterung Shared Memory
 - Kommunikation zwischen Kernel und Child
- Full Copy vs. Partial Copy
 - Performancetest
- Erweiterbarkeit um weitere Trace-Eigenschaften

ANHANG

rand()

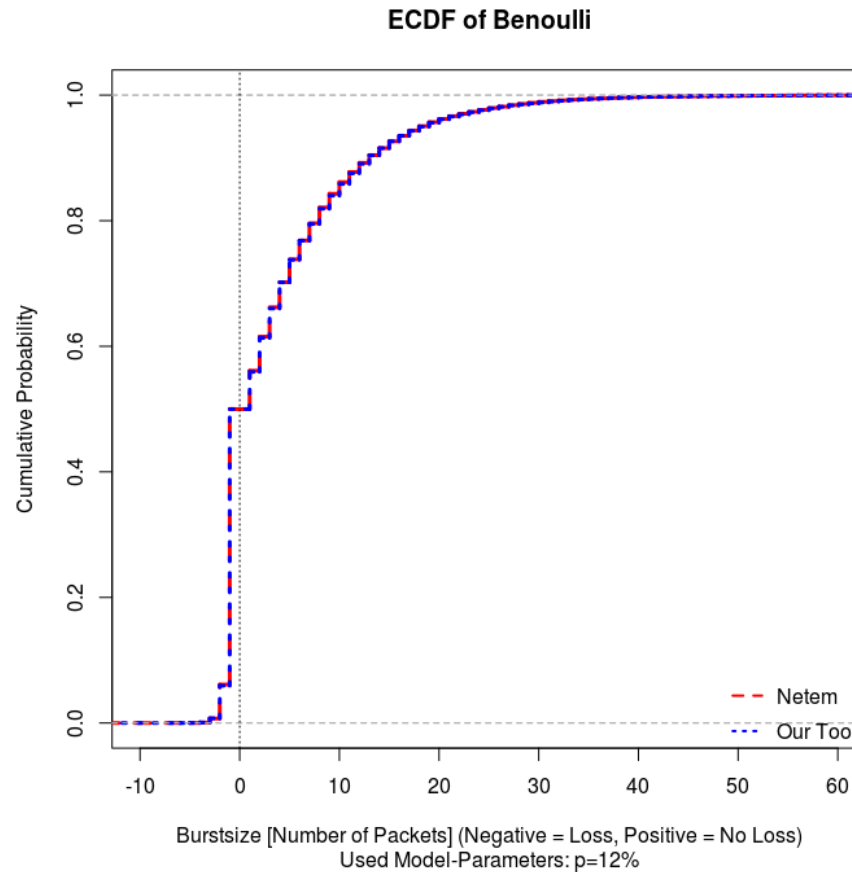
- Zufallszahl zwischen 0 und 32767
- Abbildung auf $[0,1]$ durch *mod* nicht gleichverteilt möglich

Mersenne-Twister

- Periodenlänge: $2^{19937} - 1$
- *Uniform_real_distribution<float>*
 - Gleichverteilte floats in $[0,1)$

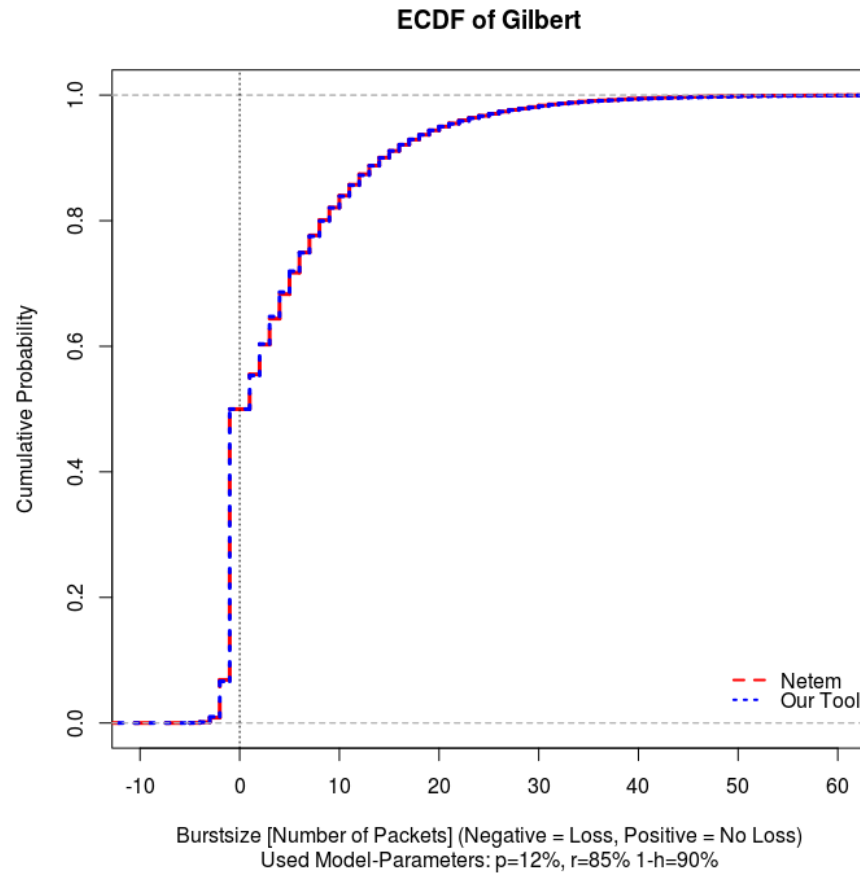
MODELL-VALIDIERUNG

ERGEBNISSE



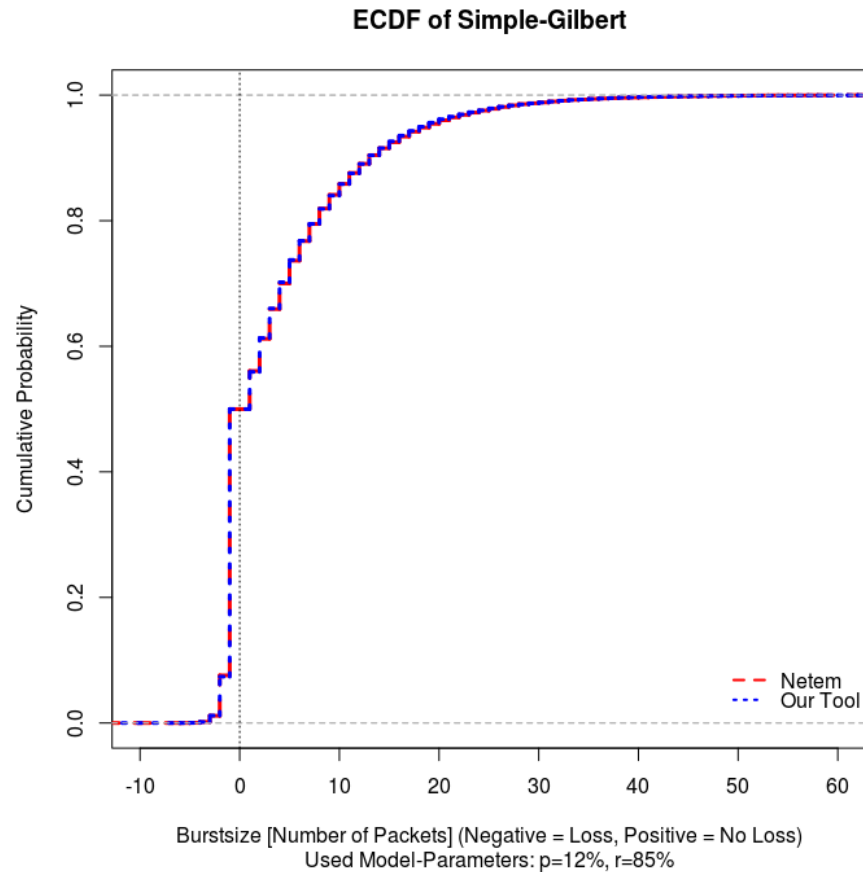
MODELL-VALIDIERUNG

ERGEBNISSE



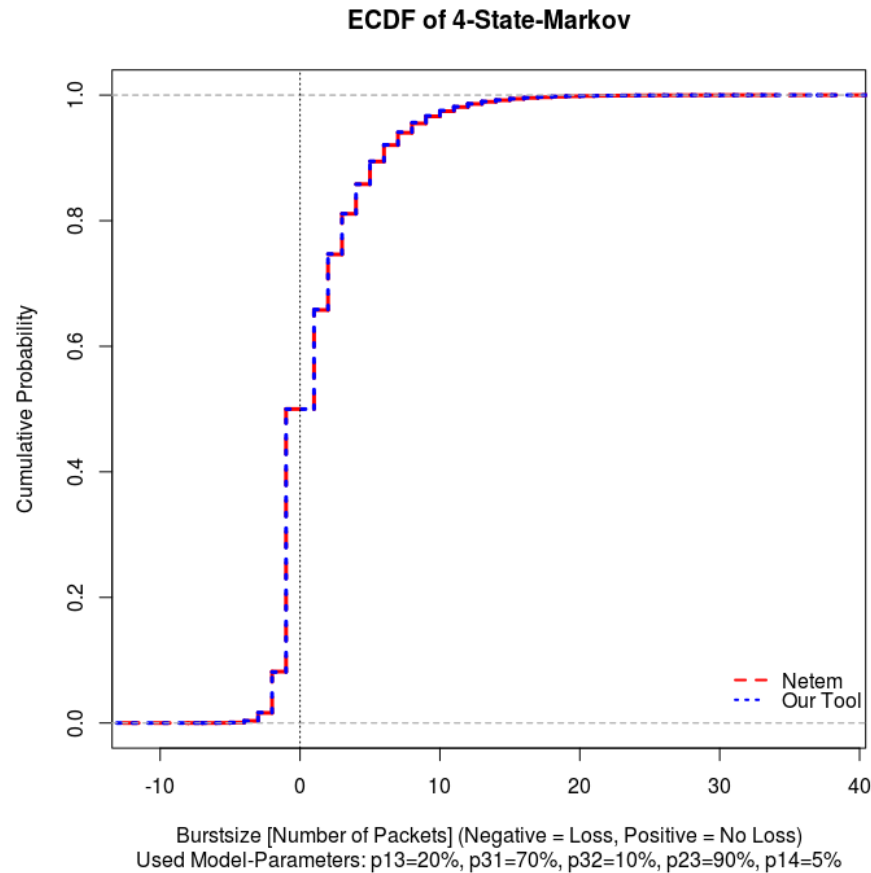
MODELL-VALIDIERUNG

ERGEBNISSE



MODELL-VALIDIERUNG

ERGEBNISSE



KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST

- Nullhypothese H_0 : Die Burstlängen von Netem und unserem Tool haben die gleiche Wahrscheinlichkeitsverteilung
- H_0 wird abgelehnt, wenn $D > \sqrt{-\frac{1}{2} * \ln\left(\frac{\alpha}{2}\right) * \frac{n+m}{n*m}}$
- $\alpha = 0,001$ Signifikanzniveau
- n = Größe des Netem Datensatzes
- m = Größe des Datensatzes unseres Tools

KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST

Modell	Datengrößen		D	P-Wert	Entscheidungs- wert
	Netem	Wir			
Bernoulli GEMODEL	42878	42031	0,059245	2,2e-16	0,01338
Bernoulli RAND	42339	42031	0,003061	0,989	0,01342
Simple Gilbert	41767	41857	0,002146	1	0,01348
Gilbert	38481	38275	0,003336	0,983	0,01407
Gilbert- Elliot	66286	65545	0,003706	0,756	0,00107
Markov	81532	81793	0,001268	1	0,00965

PARAMETERSCHÄTZUNG GILBERT

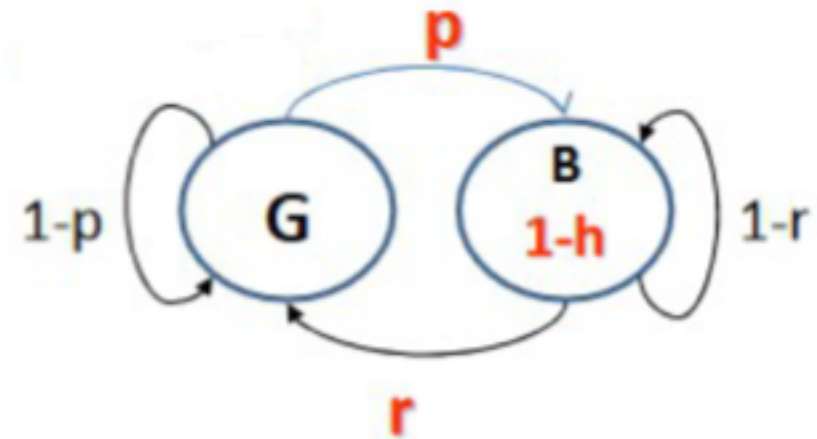
ERKLÄRUNG - GILBERTS METHODE

Pattern zählen

- $\alpha = P(0)$
- $b = P(0|0)$
- $c = \frac{P(000)}{P(010)+P(000)}$

Parameter berechnen

- $1 - r = \frac{ac - b^2}{2ac - b(a + c)}$
- $h = 1 - \frac{b}{1 - r}$
- $p = \frac{ar}{1 - h - a}$

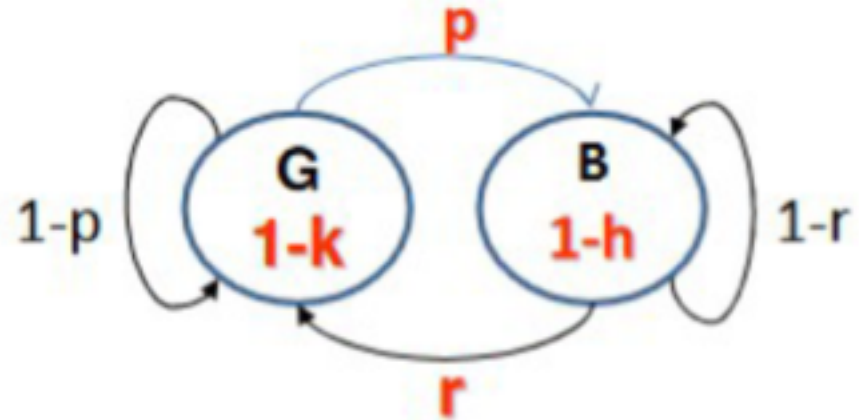


PARAMETERSCHÄTZUNG GILBERT-ELLIOT

ERKLÄRUNG

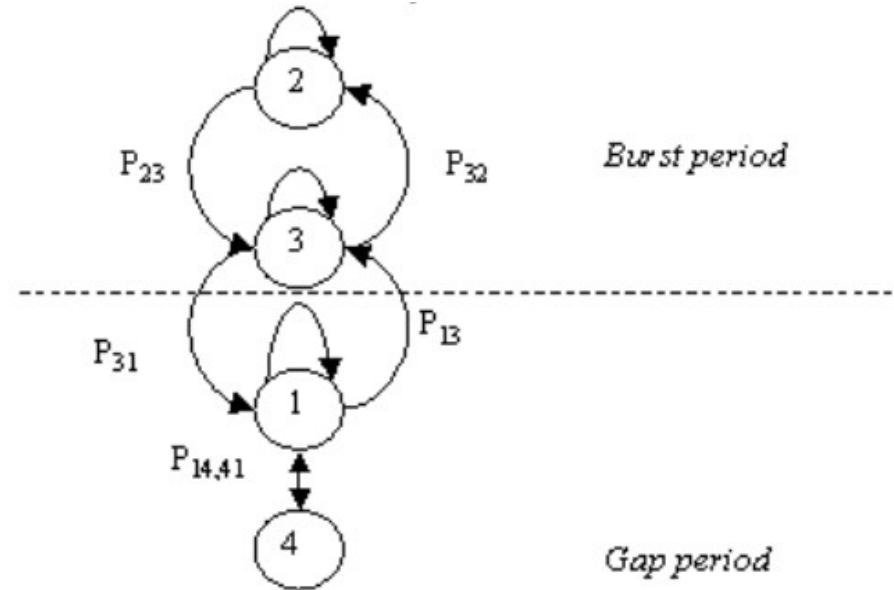
Beispiel: $g_{\min} = 4$

0011110101111100001
B G B G B



PARAMETERSCHÄTZUNG MARKOV

- 1: Paketempfang in „Gap period“
- 2: Paketempfang in „Burst period“
- 3: Paketverlust in „Burst period“
- 4: Paketverlust in „Gap period“



NETEM VALIDIERUNG

```
prototype@prototype-VirtualBox:~/WiLE$ sudo tc qdisc add dev enp0s3 root netem loss trace ~/WiLE/Output.txt
[sudo] password for prototype:
prototype@prototype-VirtualBox:~/WiLE$ ping google.de
PING google.de (216.58.213.195) 56(84) bytes of data:
64 bytes from ham02s15-in-f195.1e100.net (216.58.213.195): icmp_seq=1 ttl=63 time=16.8 ms
64 bytes from ham02s15-in-f195.1e100.net (216.58.213.195): icmp_seq=3 ttl=63 time=16.8 ms
64 bytes from ham02s15-in-f195.1e100.net (216.58.213.195): icmp_seq=5 ttl=63 time=16.9 ms
64 bytes from ham02s15-in-f195.1e100.net (216.58.213.195): icmp_seq=6 ttl=63 time=16.7 ms
^C
--- google.de ping statistics ---
8 packets transmitted, 4 received, 50% packet loss, time 7031ms
```

NETEM VALIDIERUNG

```
[ 108.847676] netem: version 1.3
[ 116.853918] TR: 0
[ 116.854120] TR: 1
[ 117.662847] TR: 1
[ 117.665243] TR: 1
[ 117.683026] TR: 1
[ 118.666992] TR: 0
[ 119.673072] TR: 1
[ 120.674411] TR: 0
[ 121.689149] TR: 1
[ 122.072717] TR: 0
[ 122.690444] TR: 1
[ 122.841164] TR: 0
[ 123.098638] TR: 1
[ 123.692690] TR: 0
[ 123.865127] TR: 1
[ 124.696742] TR: 0
prototype@prototype-VirtualBox:~/WiLES$
```

[illegible]