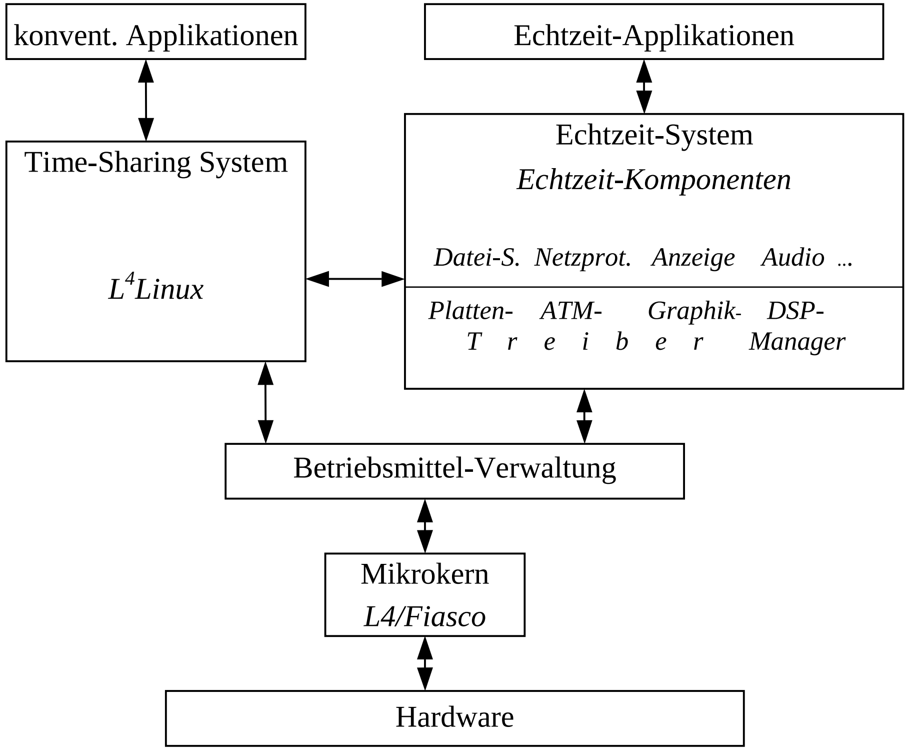
4.7. Schedulingmodell für DROPS

4.7.1. Ausgangspunkt

- **Motivation**

– ***Architektur von DROPS***



– ***Arbeitslast***

periodische, unabhängige Tasks
(stark) schwankender Ressourcenbedarf
„Wichtigkeit“ innerhalb (und zwischen) Tasks

- **Hintergrund**

– ***Überbuchung***

Imprecise Computations
SRMS

– ***DROPS Scheduler***

Scheduling mit festen Prioritäten

Reservierungsprioritäten (4 Ebenen)

4.7.2. Task-Modell

– ***Task***
Folge von Jobs, bestehend aus Pflicht- und Wahlteil M_i, O_i

– ***Taskbeschreibung***

$\tau_i = (X_i,\ \ Y_i,\ \ w_i,\ \ q_i,\ \ t_i)$

X_i:	Zufallsvariable; Ausführungszeit Pflichtteil
Y_i:	Zufallsvariable; Ausführungszeit Wahlteil
w_i:	maximale Ausführungszeit Pflichtteil
q_i:	QoS-Parameter
t_i:	Periode

4.7.3. Scheduling und Admission

- **Allgemeines Vorgehen**

– ***Zuordnungen***

Task $\tau_i \mapsto pr(M_i),\ pr(O_i)$ feste Prioritäten

Task $\tau_i \mapsto r_i$ Reservierungszeit für Wahlteil

$$p_i(r) := \boldsymbol{P}(Y_i \le r_i \ \wedge\ O_i \text{ ist spätestens bei } t_i \text{ beendet}), \quad r \in \mathbb{R}$$

Reservierungszeit r_i für τ_i:

$$r_i = \min(r \in \mathbb{R} \mid p_i(r) \ge q_i) \quad \forall i = 1,\ldots,n. \qquad (*)$$

– ***Zulassung für $T = \{\tau_1,\ldots,\tau_n\}$***

(1) Alle X_i müssen ihre Deadline erreichen.

(2) Das Gleichungssystem (*) besitzt eine Lösung.

- **Einheitliche Periodenlänge *t***

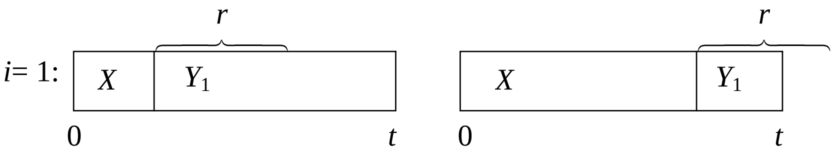
– ***Zulassung nach (1)***

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{w_i}{t} \le 1$$

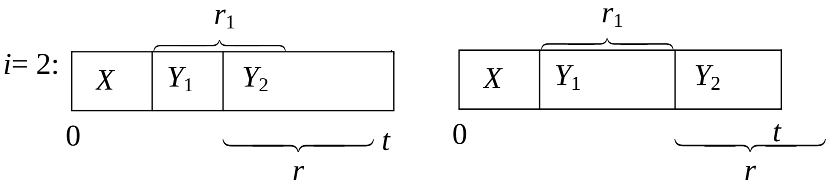
– ***Prioritätszuordnung***

„qualitätsmonoton“ (QMS): $q_1 \ge q_2 \ge \ldots$ QMS ist optimal.

– ***Reservierungszeit*** $X := \sum X_i$



$p_1(r) =$



$p_2(r) =$

$$p_i(r) = P\left(Y_i \le r \ \wedge\ X + Y_i + \sum_{k=1}^{i-1} \min(Y_k, r_k) \le t\right)$$

– ***Beispiel***

$n = 2$ Anzahl Tasks; $t = 7$ Periodenlänge

$X_1,\ldots,Y_2$ gleichverteilt, Werte: 1, 2, 3; $q_1 = 90\%$

$i = 1$:

X \ Y_1		*Wert* / *Wkt.*
1	$\frac{1}{3}$	
2	$\frac{1}{3}$	
3	$\frac{1}{3}$	

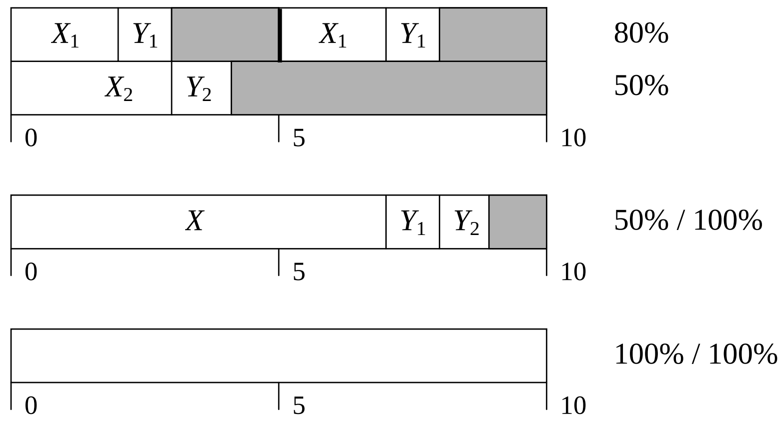
Wert
Wkt.

– ***Probleme***

Faltung – Minimum – Unabhängigkeit

- **Harmonische Perioden**

Weder RMS noch QMS ist optimal.



- **Beliebige Perioden**

Simulation

$$r_i \vdash s_i = \min(s \in \mathbb{R} \mid \boldsymbol{P}(Y_i \le s_i) \ge q_i) \quad \Big| \quad t_i$$

- **Modifikationen**

– ***Zwei optionale Teile***

$\tau_i = (X_i,\ \ Y_i,\ \ Y_i',\ \ w_i,\ \ q_i,\ \ q_i',\ \ t_i)$

– ***Subjobs S_{ijk}***

– ***Nicht-entziehbare Betriebsmittel***

4.7.4. Validierung

- **Plattenbandbreite**

  4 Auftragsströme, bestehend aus mehreren Einzelaufträgen je 64KByte

  Bearbeitungszeit für Einzelauftrag normalverteilt: N(14,70ms; 3,11ms)

  Periodenlänge t = 500ms

Strom i	Anzahl Aufträge	Bandbreite [Kbyte/s]	QoS
1	8	1024	80%
2	12	1536	65%
3	6	768	50%
4	9	1152	40%

- **Reservierungszeiten**

  r_1 = 110,5ms r_2 = 166,7ms r_3 = 74,0ms r_4 = 131,3ms

- **Ergebnis**

  Erreichte Qualität. Simulation 1: Basis gemessene Verteilung
  Simulation 2: Basis Normalverteilung

i	Modell	Simulation 1	Simulation 2	reale Last	ohne Reserv.
1	80,0%	82,1%	79,9%	77,8%	**100,0%**
2	65,0%	68,6%	64,1%	63,6%	**100,0%**
3	50,0%	52,6%	47,3%	50,6%	**100,0%**
4	40,0%	48,9%	46,0%	43,8%	**17,2%**

Bemerkungen.

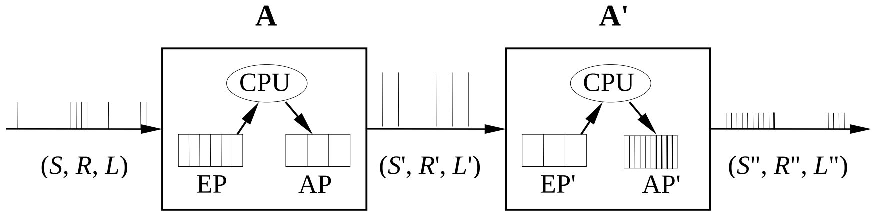
Summe aller 35 Einzelaufträge normalverteilt: N(514,5ms; 18,4ms)

Summe aller Reservierungszeiten: 541,3ms → ***Überlast!***

HAMANN, CL.-J., et al.: Quality-Assuring Scheduling – Using Stochastic Behavior to Improve Resource Utilization. Proc. Real-Time Systems Symp., London, Dec. 2001, pp. 119-128.

4.8. Schwankungsbeschränkte Ströme

- **Motivation**

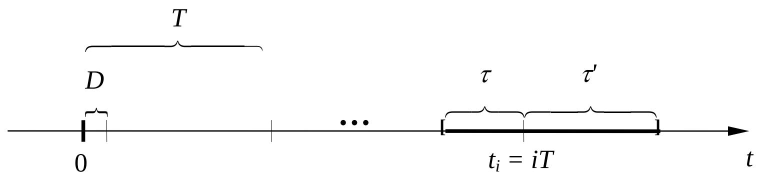


S: Spitzenrate D: Mindestabstand

R: mittlere Rate T: Periodenlänge

L: maximale Burstlänge τ: Schwankung

- **Schwankungsbeschränkte periodische Ereignisströme**



Intervall für Ereignis E_i

Definition. Gegeben seien

$$D, T, \tau, \tau' \in \mathbb{R} \quad \text{mit} \quad T > D > 0, \quad \tau, \tau' \geq 0$$

sowie $i \in \mathbb{N}$. Ein *(τ,τ')-schwankungsbeschränkter periodischer Ereignisstrom mit konstanter Periode T und Mindestabstand D* ist dann eine Folge $(E_i)_{i=0,1,...}$ von Ereignissen, die in den Zeitpunkten

$$a_i \in [t_i - \tau, t_i + \tau'] \subseteq \mathbb{R} \qquad \text{tatsächliche Ereigniszeit}$$

mit $t_i = iT$ theoretische Ereigniszeit

eintreten und deren Abstände der Bedingung

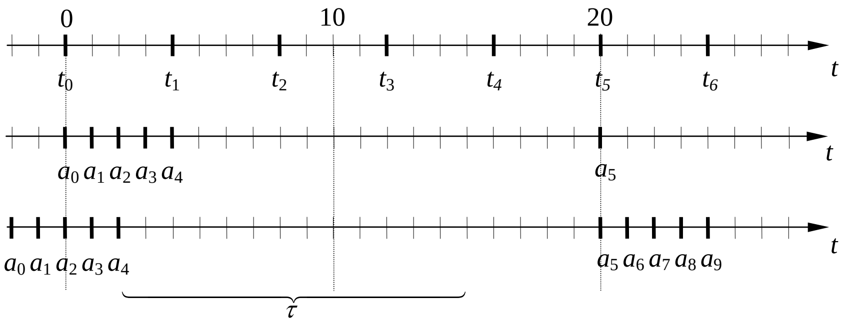
$$a_{i+1} - a_i \geq D \qquad \forall i \in \mathbb{N}$$

genügen.

- **Beispiele.**

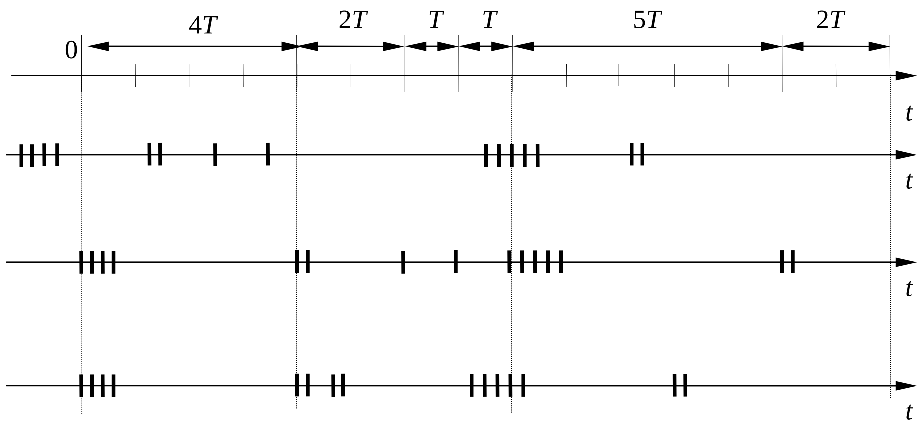
– Maximaler Burst-Strom mit $D = 1$, $T = 4$, $\tau = 14$, $\tau' = 0$.

Dann ist $L = 5$, $b_f = -2$, $b_s = 0$, $I_u = 14$, $I_o = 18$.



– Dichter Strom von Bursts der Längen 4,2,1,1,5,2

bei $D = 1$, $T = 4$, $\tau = 14$, $\tau' = 0$. Dann ist $L = 5$.



- **Ausgewählte Ergebnisse**

Maximale Burstlänge L $\quad L = 1 + \left\lfloor \dfrac{\tau}{T - D} \right\rfloor$

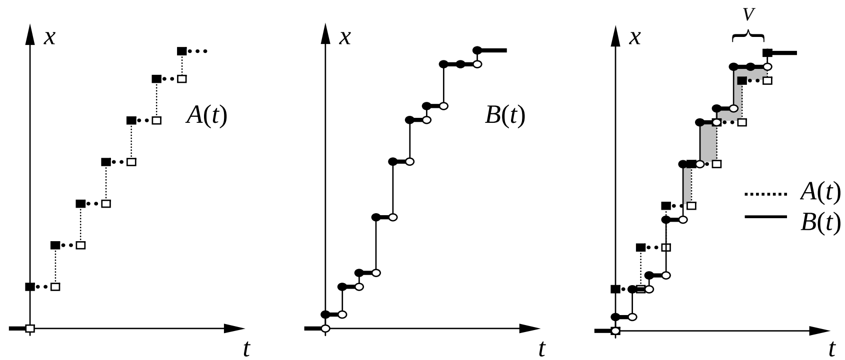
Mindest-Puffergröße P $\quad P = \left\lceil \dfrac{\tau}{T} \right\rceil$ bzw. $P = \left\lceil \dfrac{(L-1)(T-D)}{T} \right\rceil$

Interburstiness I $\quad I = \tau + T$

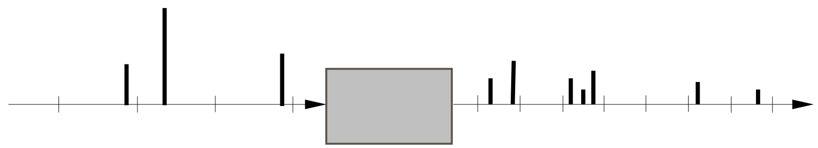
Schwankungsparameter $\quad \tau \in [(L-1)(T-D), L(T-D))$

$\tau \in ((P-1)T, PT\,]$

Puffer und Vorlauf



- **Problem**



Ereignisstrom Ressource Ereignisstrom