

Process Cruise Control: Event-Driven Clock Scaling for Dynamic Power Management

Seminararbeit

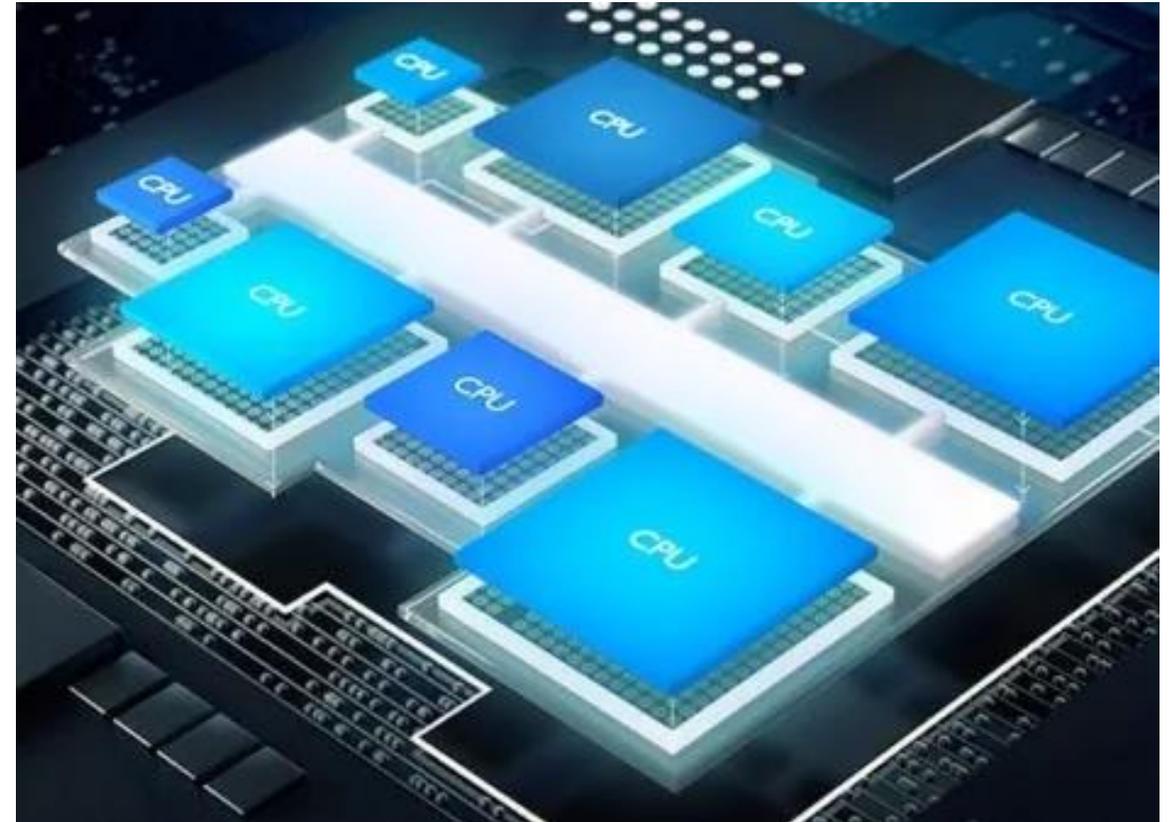
Maximilian Meidenbauer

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

10. Januar 2024

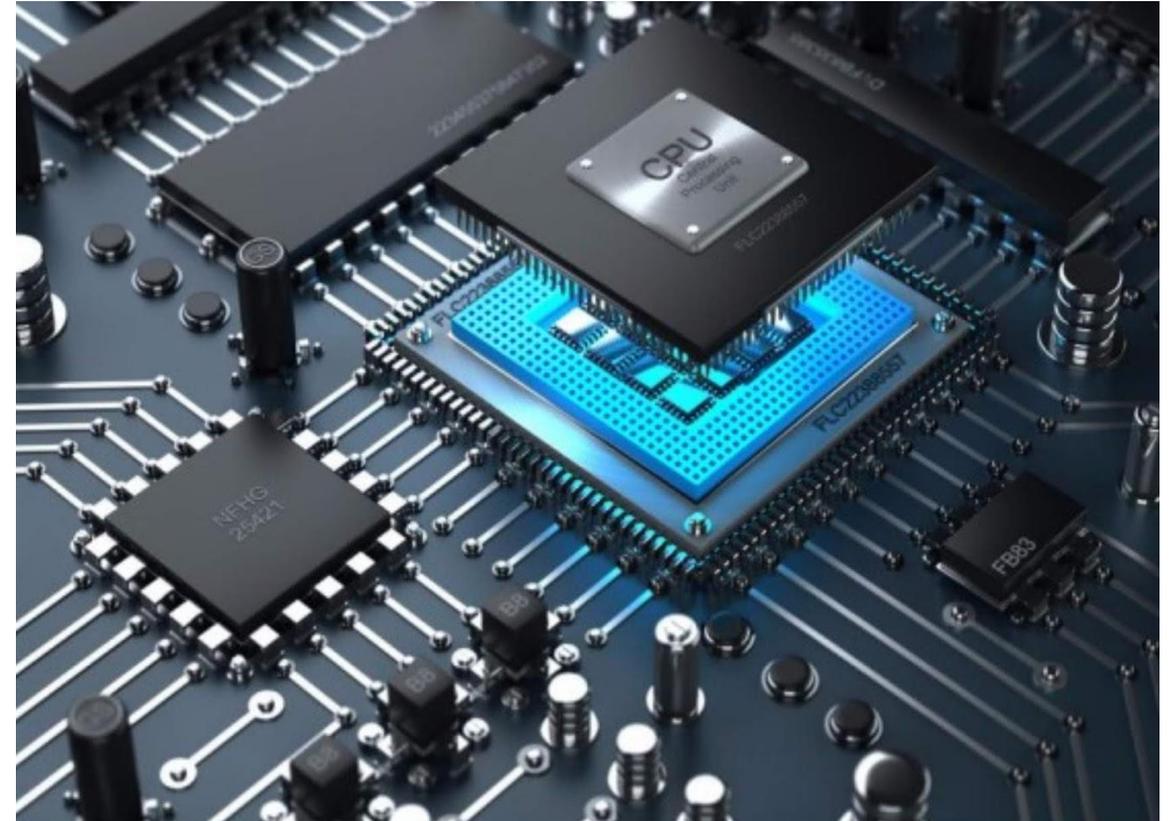
Vorteile von Dynamic Power Management

- Energieeffizienz
- Wärmemanagement
- Leistungsdichte
- Flexibilität und Anpassungsfähigkeit



<https://www.androidauthority.com/wp-content/uploads/2017/03/ARM-DynamiQ-840x339.jpg.webp>

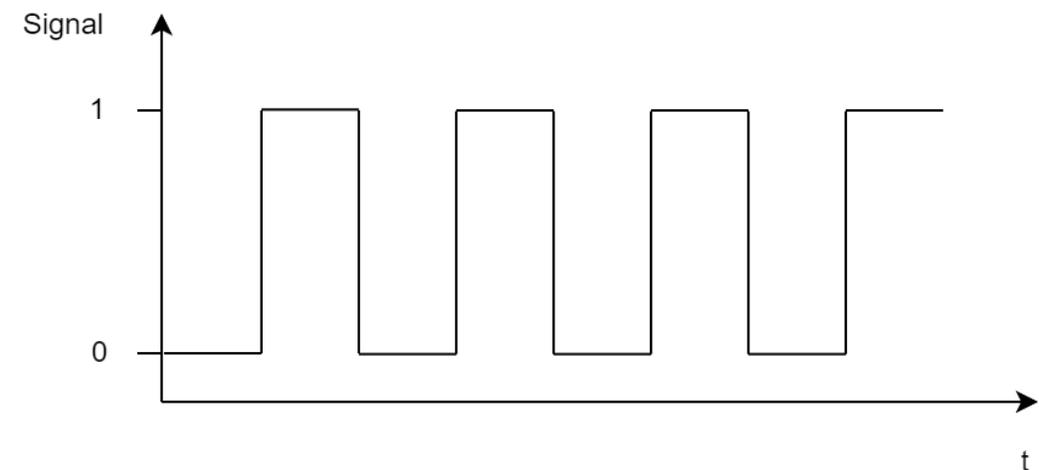
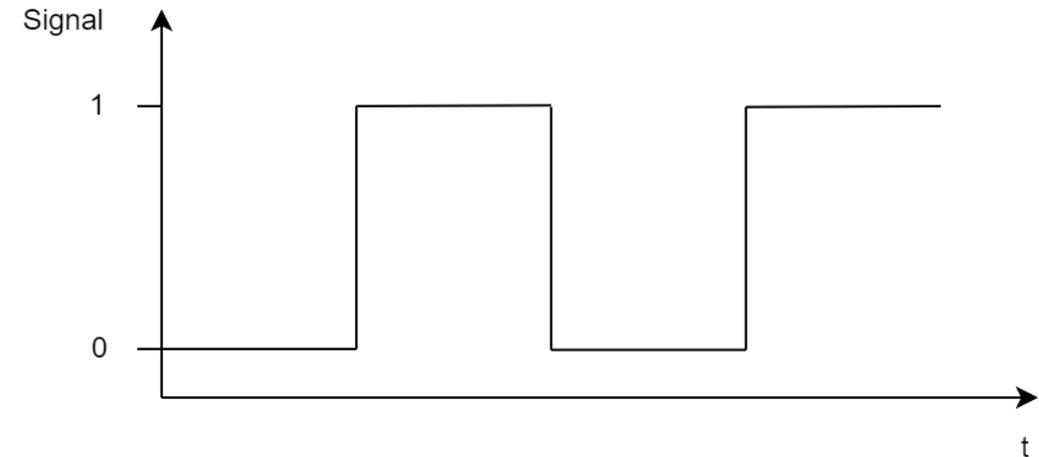
- 01 CPU Clocks
- 02 Dynamic Voltage and Frequency Scaling
- 03 Process Cruise Control
- 04 Wissenschaftlicher Kontext



Clock Speed Processor. Quelle: https://1.bp.blogspot.com/-1fVlgt8_2ww/W-7A9dIGK0I/AAAAAAAAABd4/b2_vHuelfA4Ekk9Mq0A_Ilg1dhZiyBiuQCLcBGAs/s1600/Clock%2BSpeed%2BProcessor.webp

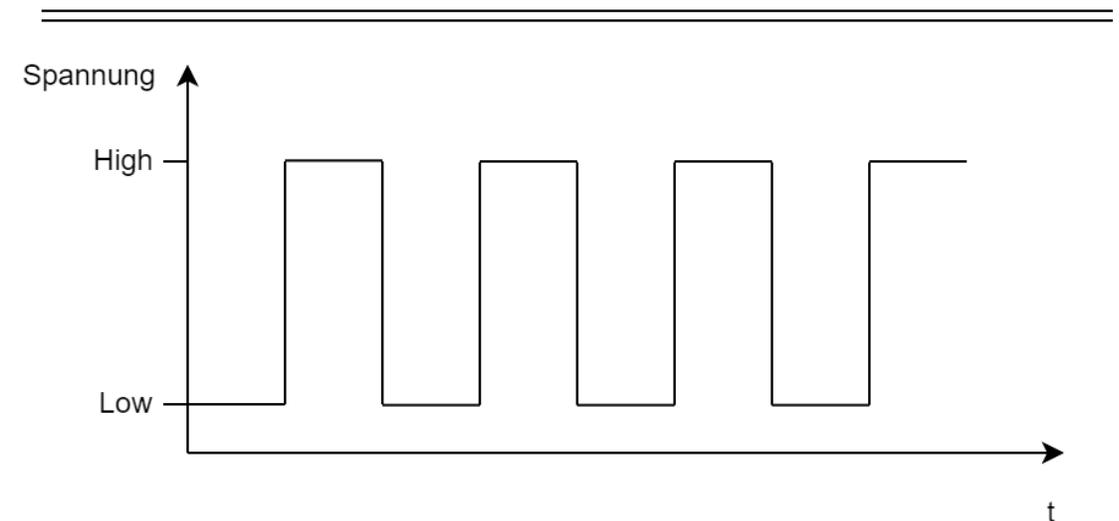
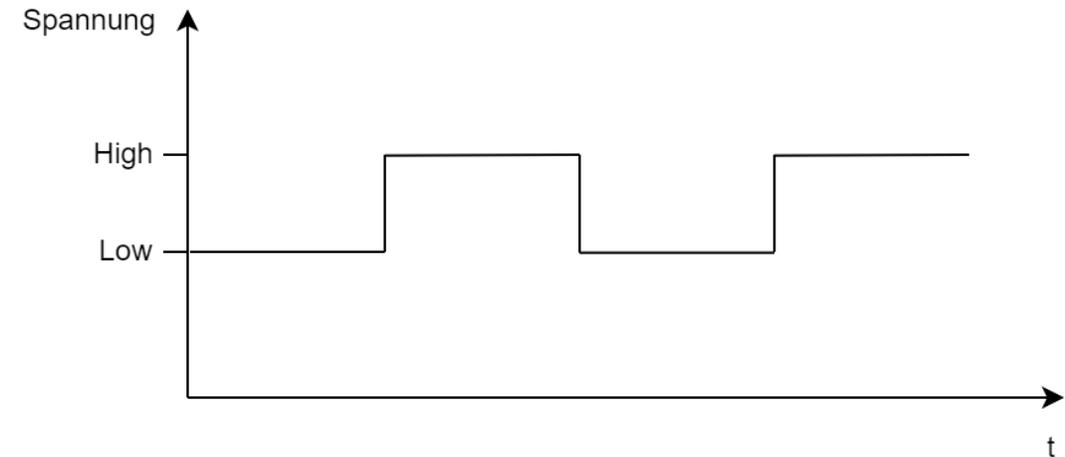
Taktgeber CPU Clock

- Gibt globale Schaltfrequenz vor
- Schaltungen pro Sekunde \leftrightarrow Instruktionen pro Sekunde (Taktzyklus)
- MHz- bis GHz-Bereich



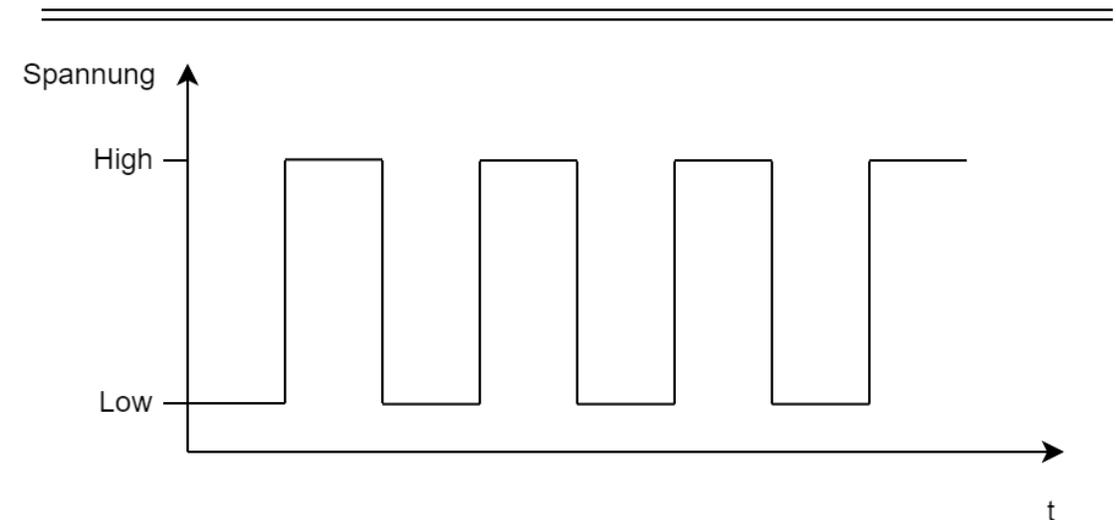
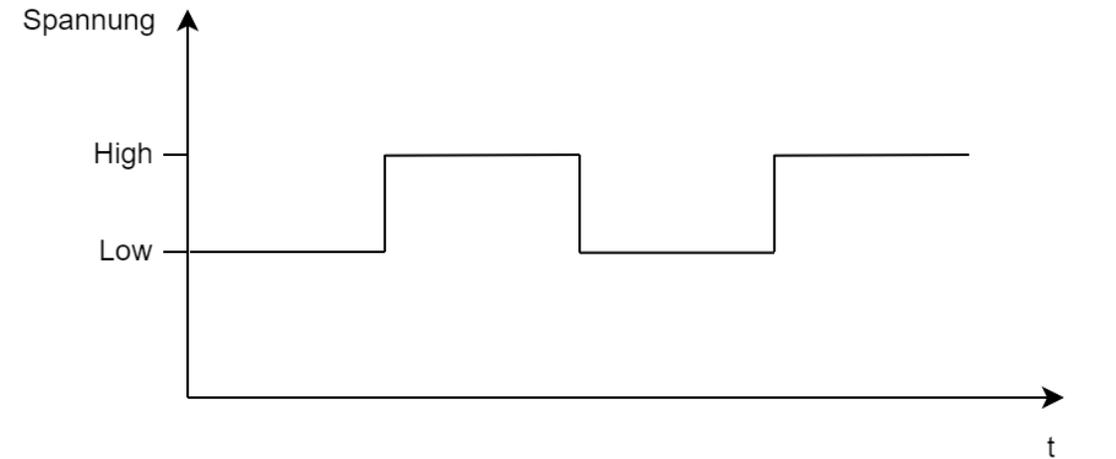
Spannungsgeber CPU Clock

- Mehr Berechnungen benötigen mehr Energie
- Höhere Frequenz benötigt höhere Spannung
- Taktspannung ist nicht notwendigerweise Versorgungsspannung



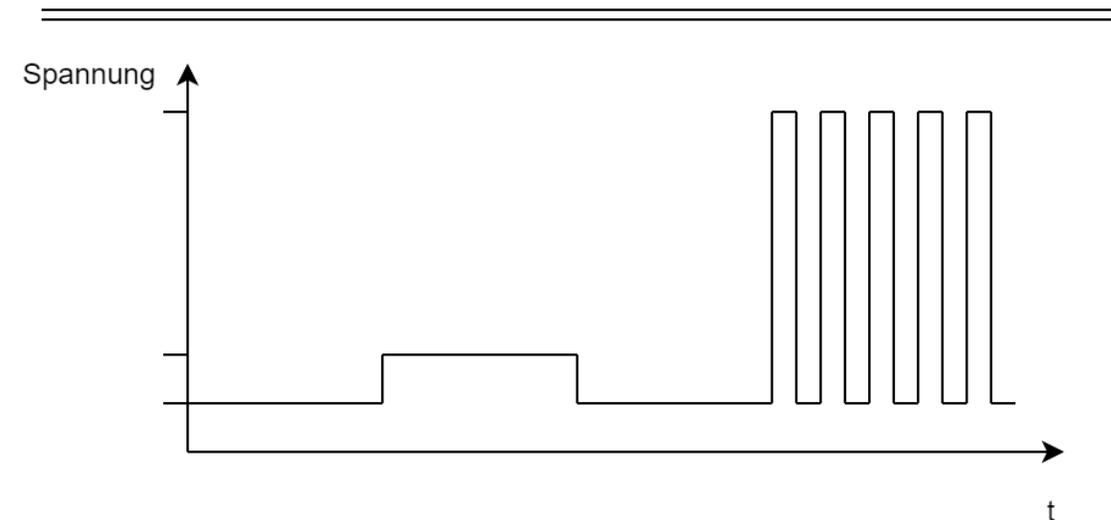
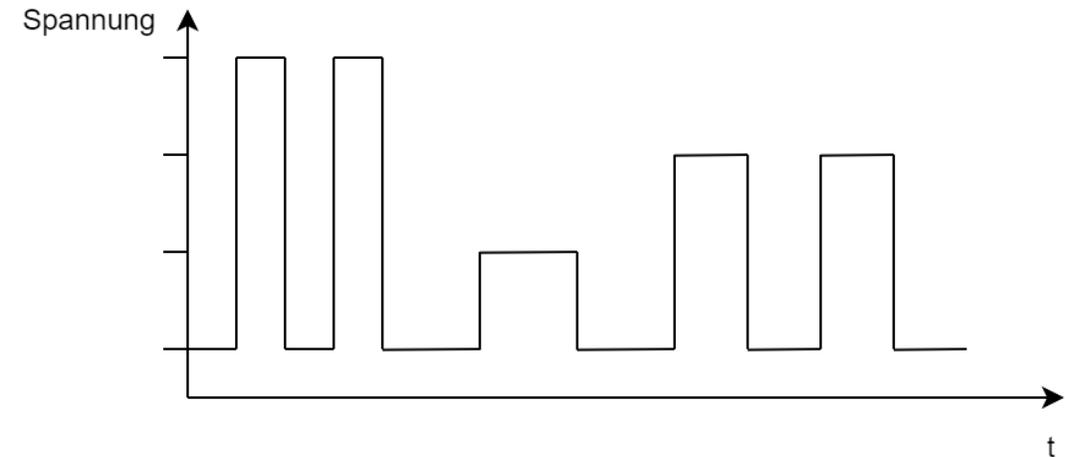
Spannungsgeber CPU Clock

- Spannung zu niedrig:
 - Instabilität
 - Fehler
- Spannung zu hoch:
 - Kürzere Lebensdauer
 - Höherer Energieverbrauch



Dynamische Anpassung der Taktfrequenz und Spannung (DVFS)

- Veränderung der Taktfrequenz und/oder Spannung während der Laufzeit
- Setzt Prozessor mit „Dynamic Power Range“ voraus
- Performanz der CPU verändert sich mit Leistungsbedarf



$$P = CfV^2 + P_{static}$$

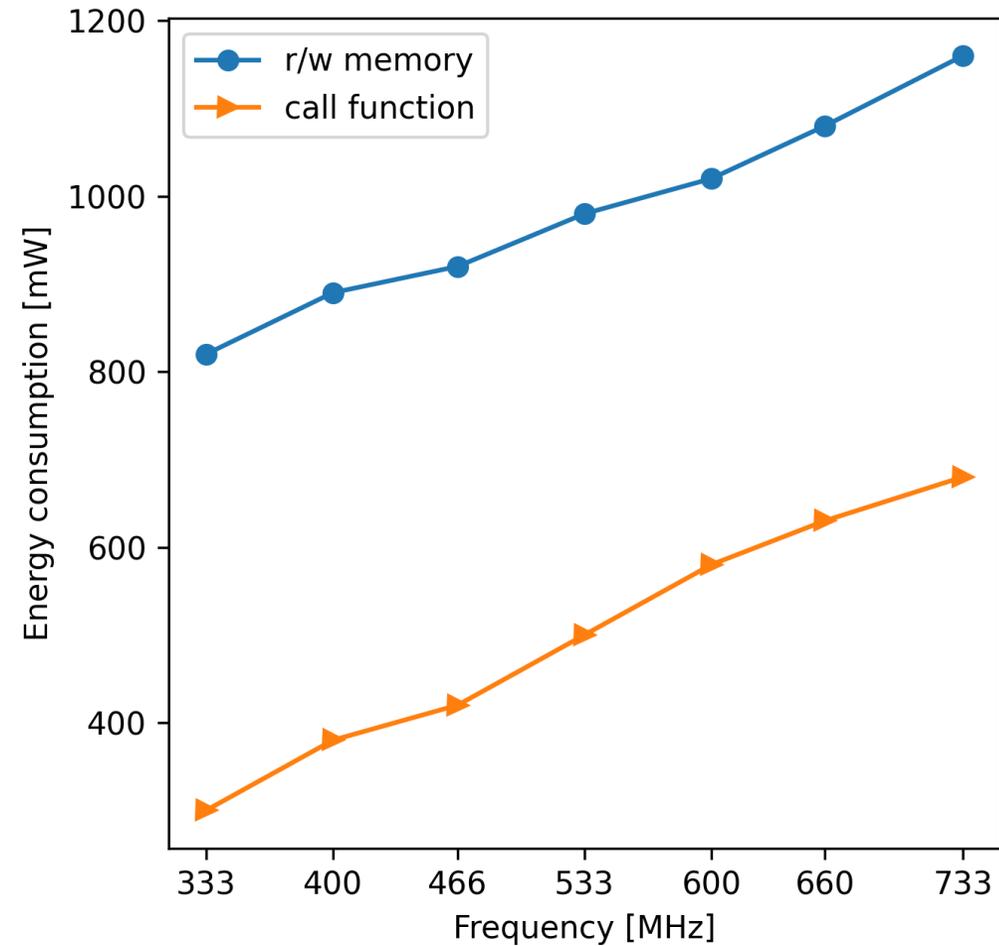
Mit:

- P , der Leistung
- C , die aggregierte Kapazität -> durchschnittlicher Energieverbrauch pro Schaltvorgang
- f , der Taktfrequenz
- V , der Versorgungsspannung
- P_{static} , statischer Leistungsbedarf

Vorgehen nach Weissel und Belossa

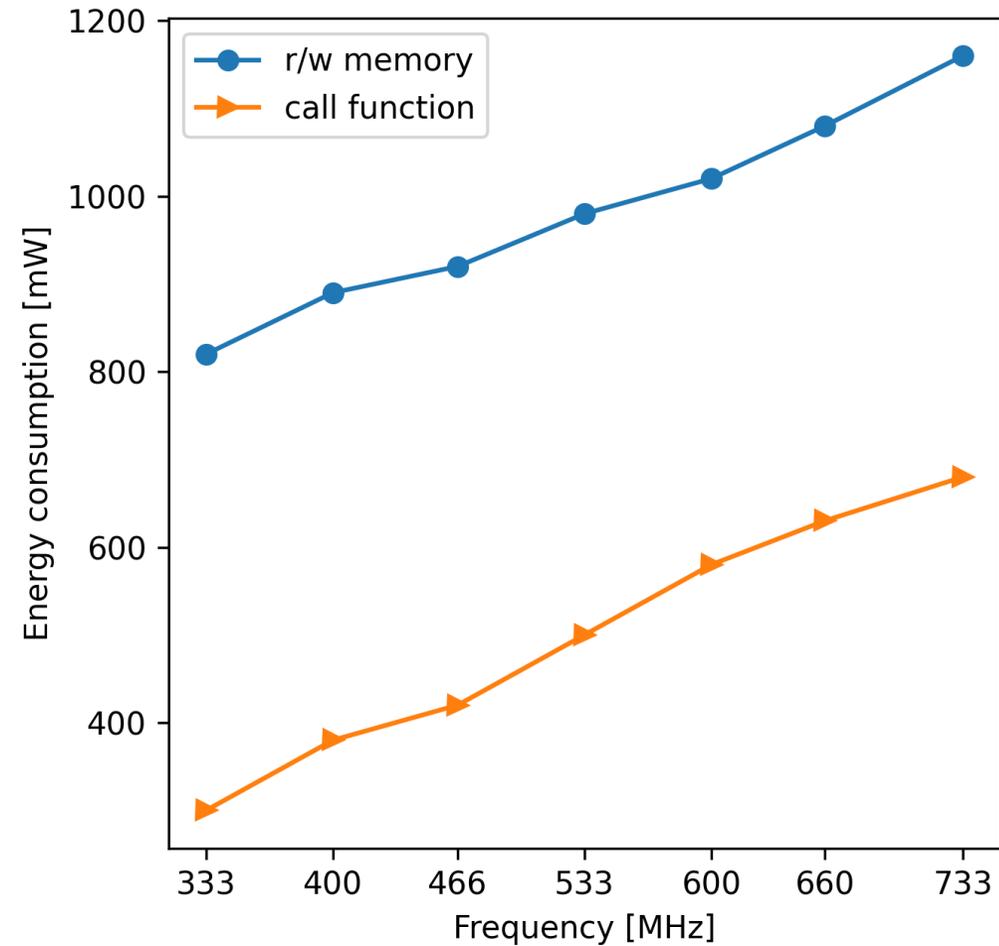
- Vermessung Energieverbrauch
- Vermessung Performanz
- Bildung Energy-/Performanzrelation
- Aufstellung von Frequenzdomains

→ **Process Cruise Control**



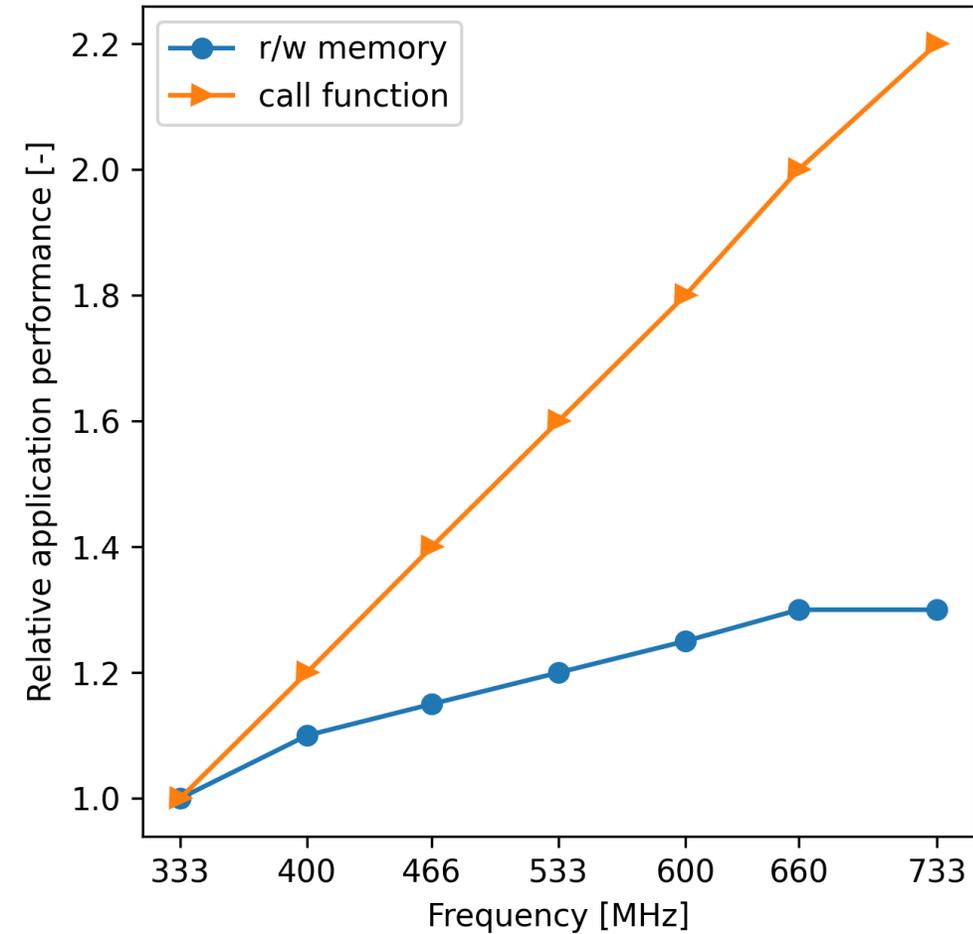
Vermessung Energieverbrauch

- Speicherbeteiligung hat höheren Energieverbrauch
- Task mit Instruktionen effizienter



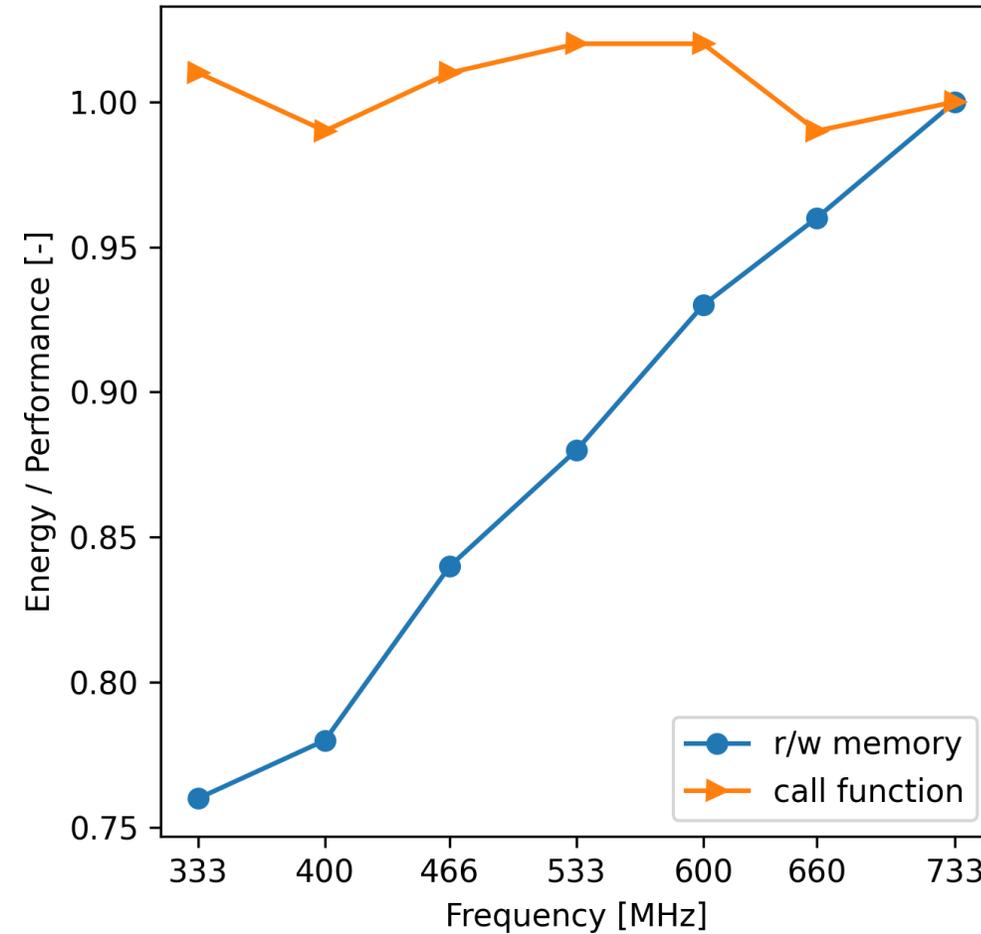
Vermessung Performanz

- Task mit Instruktionen steigt annähernd linear mit der Frequenz
- Task mit Speicheraufrufen profitiert weniger von Taktfrequenz



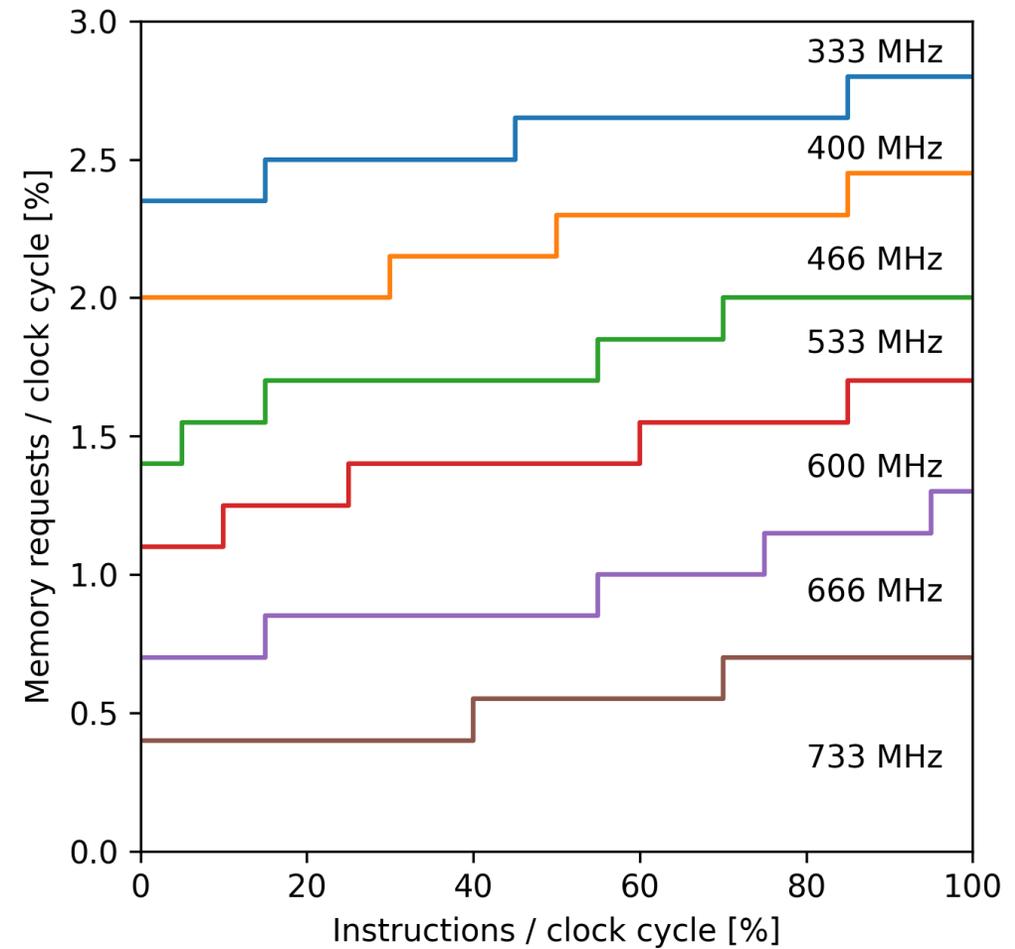
Bildung $\frac{\text{Energie}}{\text{Performanz}}$ - Relation

- Task mit Instruktionen direkt abhängig
- Task mit Speicheraufrufen bietet Möglichkeit zum Energiesparen



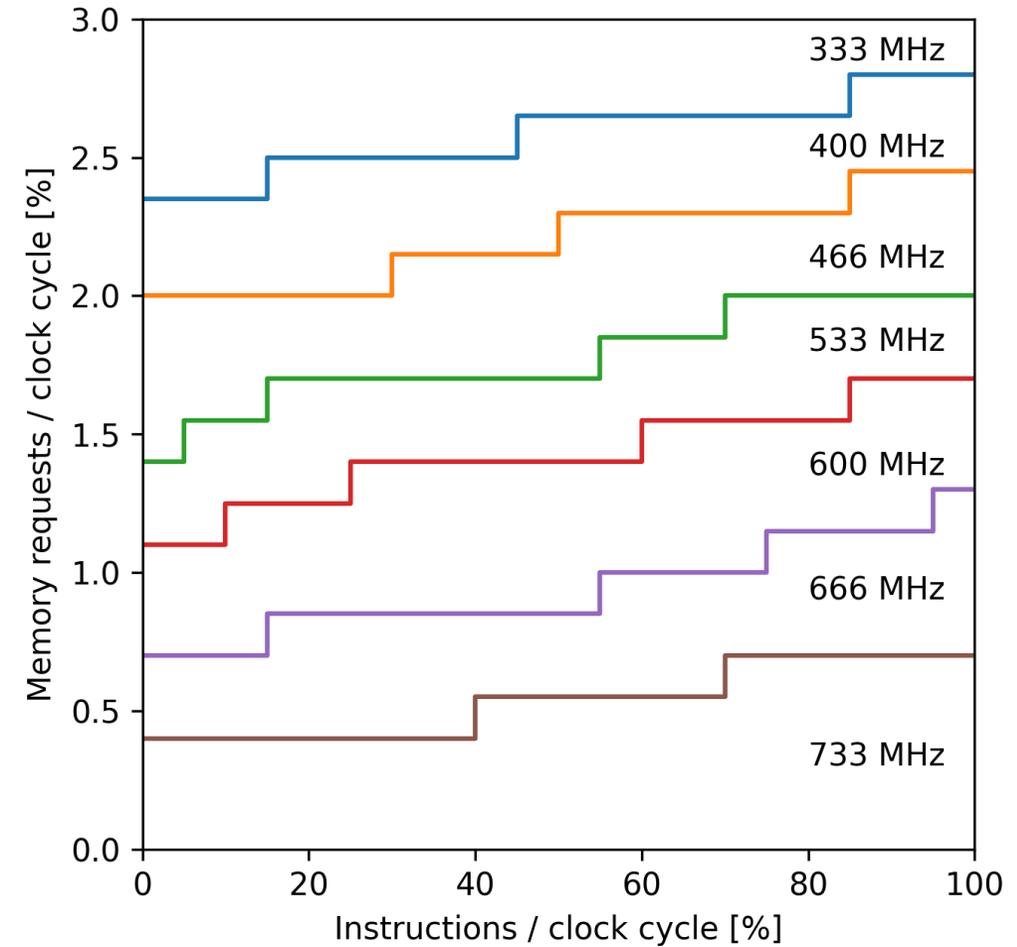
Event-Counter

- Leistungsüberwachung
- Ereignissteuerung
- Neu -> Energieverbrauchsmessung



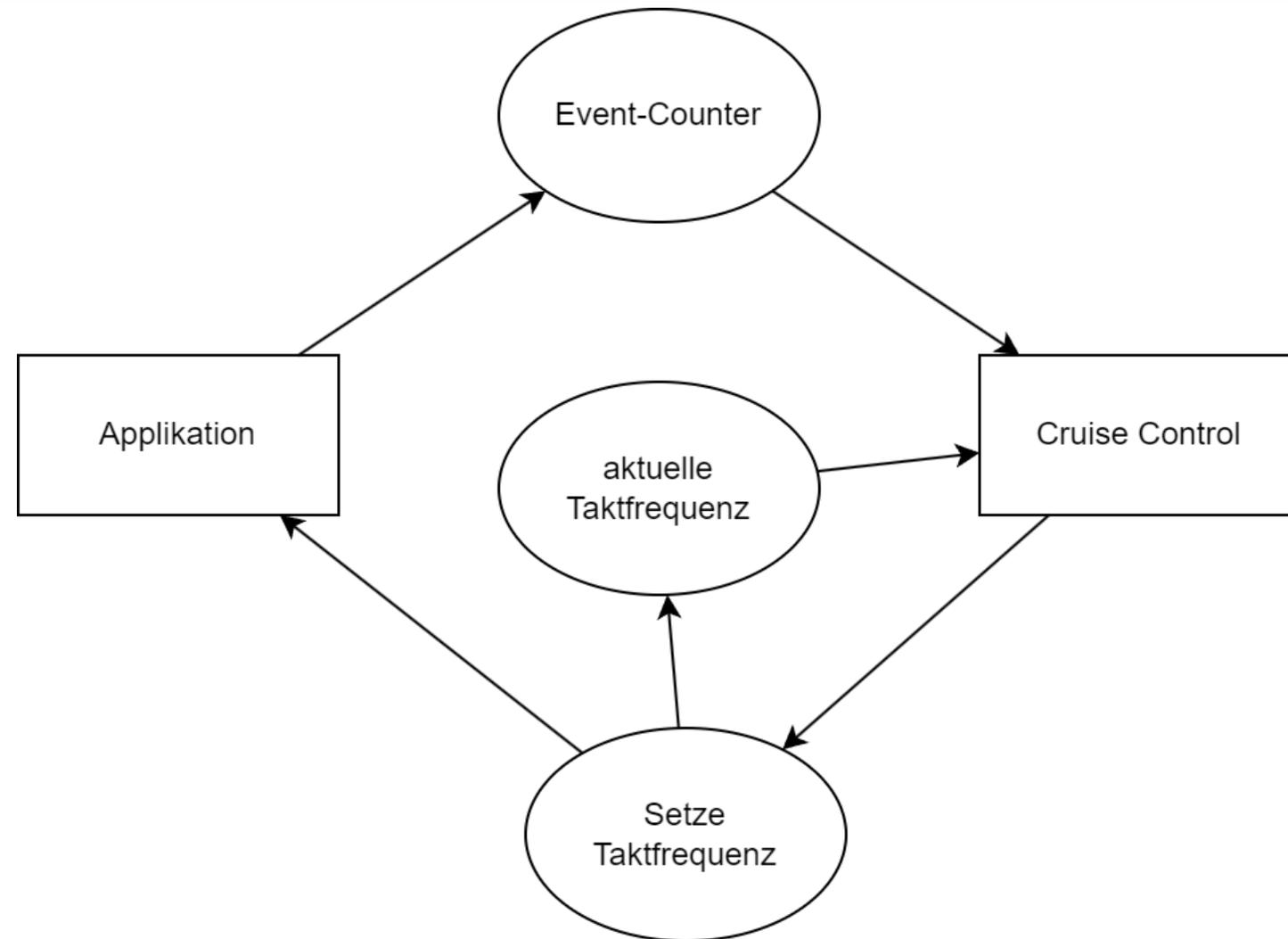
Aufstellung von Frequenzdomains

- Bildung von Domains abhängig von Event-Countern
- Lookup-Diagramm für Process Cruise Control



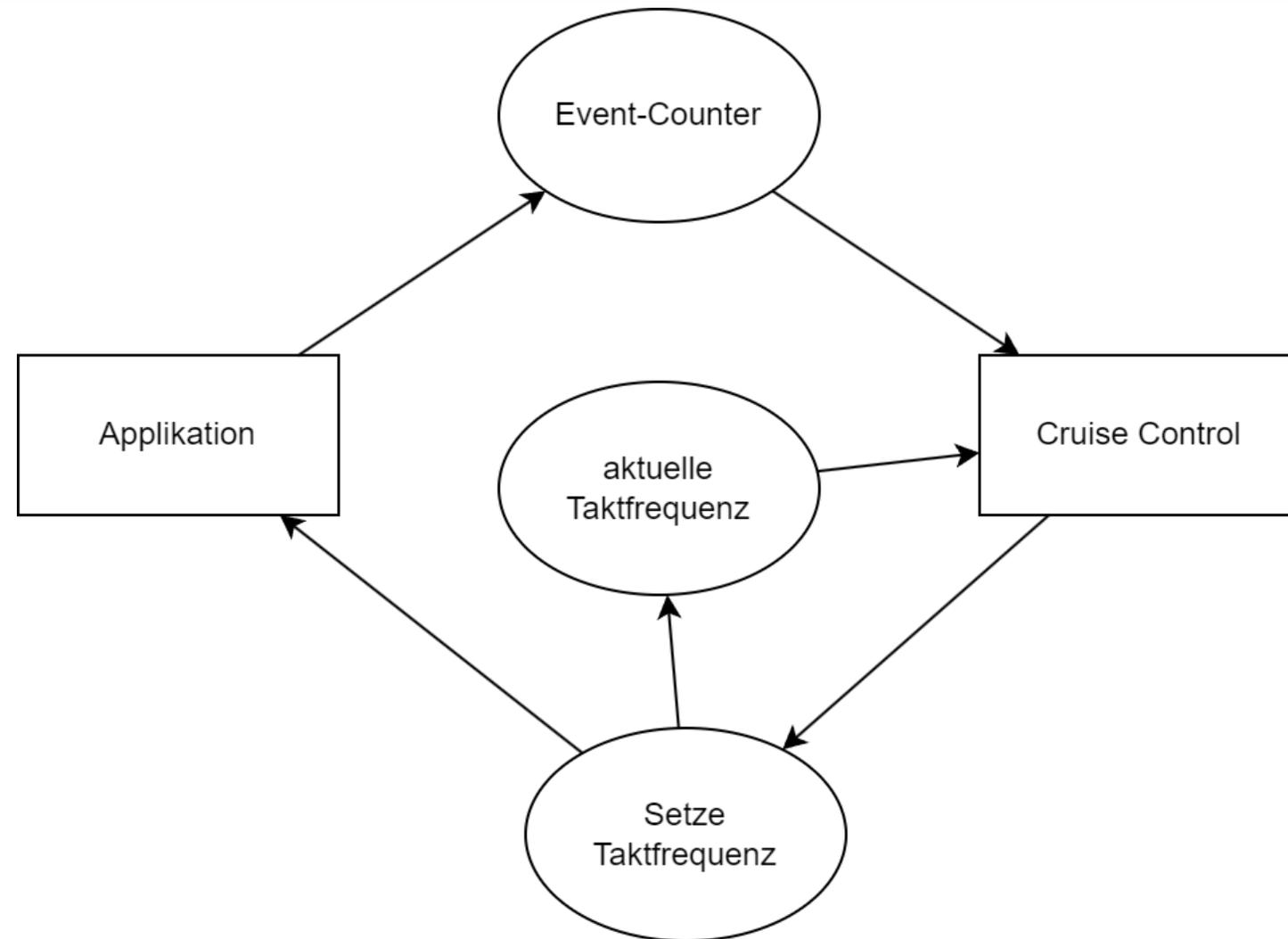
Process Cruise Control

- Energieersparnis von 22% bei Performanzverlust von bis zu 10%
- Potential nach oben mit Spannungsscaling



Auswirkungen auf die Welt der Wissenschaft

- Paradebeispiel für inter-task DVFS / Dynamic Power Management
- Zitieren von eigenen Messwerten bis hin zu mehreren Erkenntnissen
- Grundlage für weitere Forschungen



Langfristige Entwicklung

- Event-Counter zu ungenau
- Event-Counter nicht weiterentwickelt
- Berücksichtigt nur einzelne Tasks, nicht Applikation als Ganzes
- Mit heutigen Prozessoren im Serverbereich nur bedingt lohnenswert:
 - $CfV^2 \ll P_{static}$
 - Verringerung der Taktfrequenz spart nicht unbedingt Energie

$$P = CfV^2 + P_{static}$$

**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!**