

Eine Testplattform für Energy Harvesting mit

Michel Rottleuthner
INET AG
Department Informatik HAW-Hamburg

12.12.2017

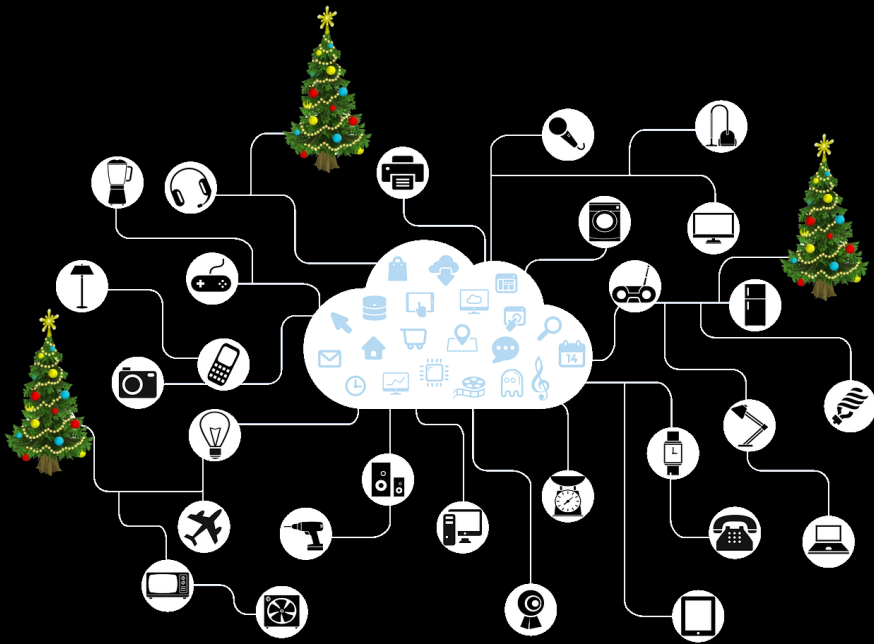
Agenda

- Wer bin ich?
- RIOT
- Motivation
- Energy Harvesting
- Testplattform
 - Lademodul
 - Messmodul
 - Superkondensator
 - Evaluierungsboard
 - Logging
- Lessons Learned

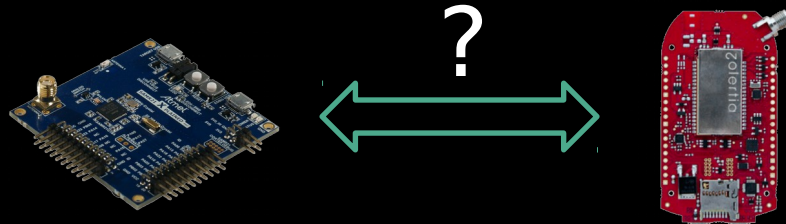
Wer bin Ich?

- B. Sc. Technische Informatik
 - Android <-> MCU IPC
- WIP: M. Sc. Informatik
 - Energy Harvesting / Low-Power mit RIOT
- Embedded, Low-Power, IoT,...

Warum ein (IoT-)OS?



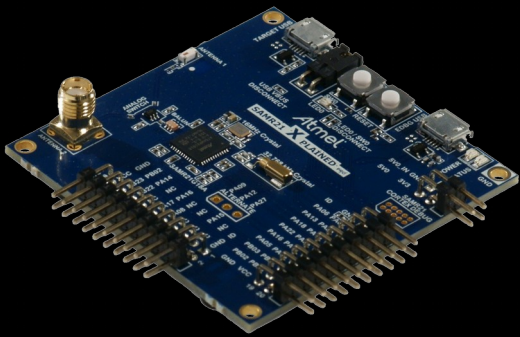
- Hardware-Abstraktion
- Portable Software
- Kommunikation
- Standards



- einfache Entwicklung
- hohe Interoperabilität

Warum RIOT ?

„If you can't run Linux, run RIOT!“



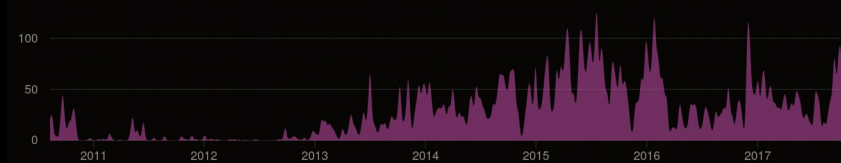
32KB RAM / 256KB Flash

- Linux, Android, etc.
– zu groß
- Bare-Metal
– zu komplex

- Offene Standards
– IP, CoAP, MQTT, etc.

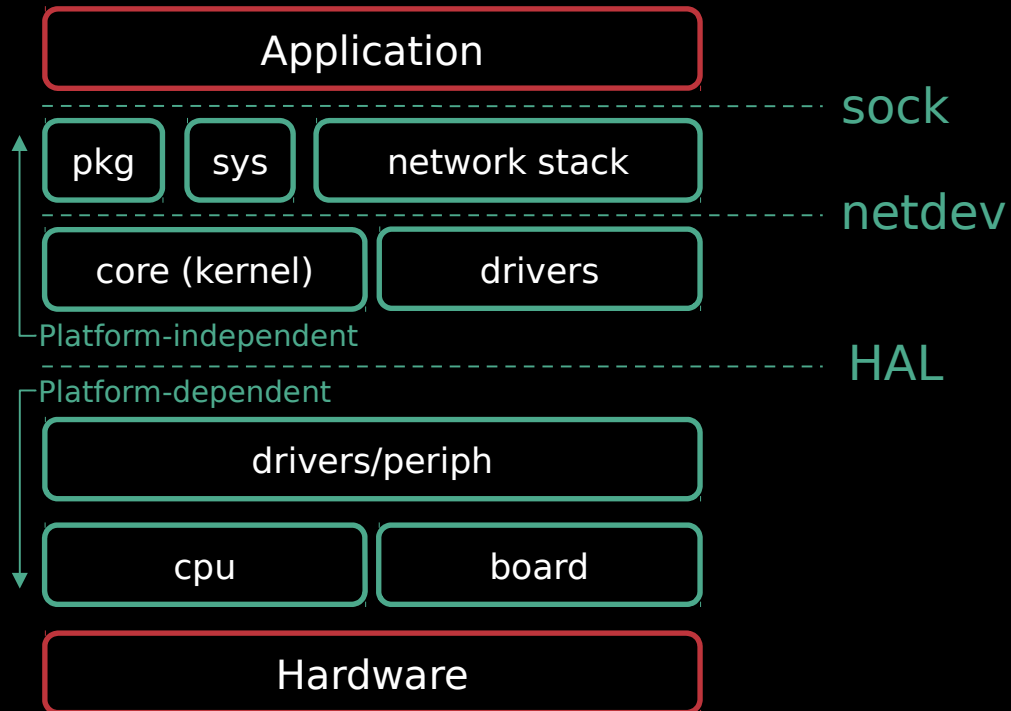


- Weltweite Community



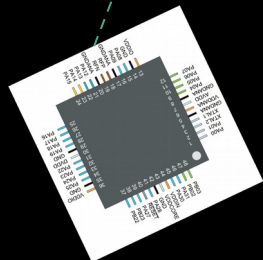
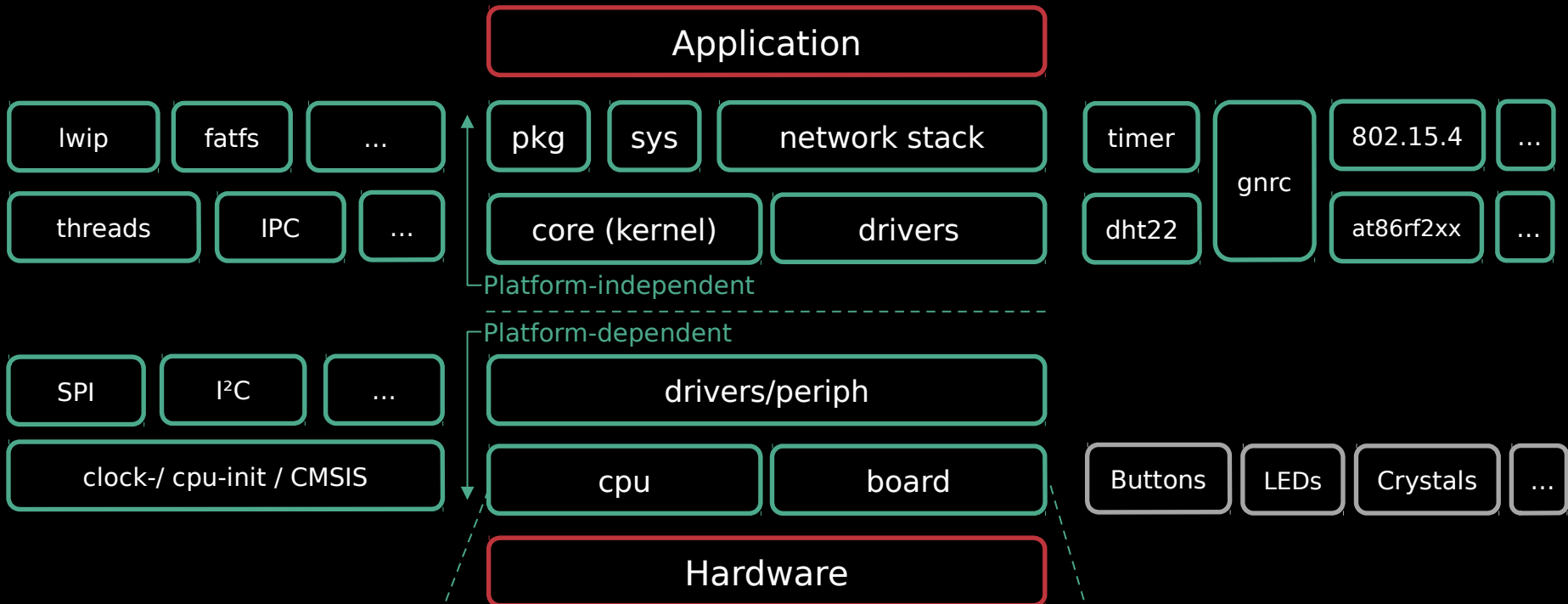
[b2]
[b16]
[b17]
[b18]
[b22]
[b23]
[b27]

RIOT



■ SW-module
■ non-OS

RIOT



- SW-module
- non-OS
- config

[b2]
[b5]

Ressourcen im IoT

Ressourcen im IoT

Problem: RAM / ROM / Rechenkapazität

Ressourcen im IoT

Problem: RAM / ROM / Rechenkapazität

Lösung: OS & Protokolle schlank halten

Ressourcen im IoT

Problem: RAM / ROM / Rechenkapazität

Lösung: OS & Protokolle schlank halten

Problem: Energieversorgung

Ressourcen im IoT

Problem: RAM / ROM / Rechenkapazität

Lösung: OS & Protokolle schlank halten

Problem: Energieversorgung

Lösung 1: Verkabeln

→ Aufwand / Kosten / oft gar nicht möglich

Ressourcen im IoT

Problem: RAM / ROM / Rechenkapazität

Lösung: OS & Protokolle schlank halten

Problem: Energieversorgung

Lösung 1: Verkabeln

→ Aufwand / Kosten / oft gar nicht möglich

Lösung 2: Aktive Zeit stark reduzieren

→ Nutzen / Performance wird ebenfalls reduziert

Ressourcen im IoT

Problem: RAM / ROM / Rechenkapazität

Lösung: OS & Protokolle schlank halten

Problem: Energieversorgung

Lösung 1: Verkabeln

→ Aufwand / Kosten / oft gar nicht möglich

Lösung 2: Aktive Zeit stark reduzieren

→ Nutzen / Performance wird ebenfalls reduziert

Lösung 3: Energy Harvesting

→ Verbrauch an Verfügbarkeit anpassen

Motivation

Motivation

- Energy Harvesting System als Testobjekt
 - IoT-Geräte benötigen flexibles Powermanagement

Motivation

- Energy Harvesting System als Testobjekt
 - IoT-Geräte benötigen flexibles Powermanagement

Powermanagement in RIOT

- Ist-Zustand : implizites Powermanagement (WIP)

Motivation

- Energy Harvesting System als Testobjekt
 - IoT-Geräte benötigen flexibles Powermanagement

Powermanagement in RIOT

- Ist-Zustand : implizites Powermanagement (WIP)
- Ziel: dynamisches Powermanagement
 - State-of-Charge / Lifetime Prediction
 - Scheduling
 - QoS Aussagen

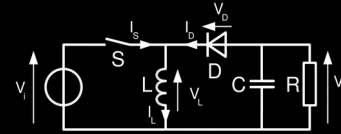
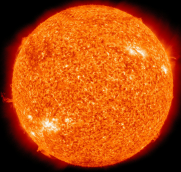
Motivation

- Energy Harvesting System als Testobjekt
 - IoT-Geräte benötigen flexibles Powermanagement

Powermanagement in RIOT

- Ist-Zustand : implizites Powermanagement (WIP)
- Ziel: dynamisches Powermanagement
 - State-of-Charge / Lifetime Prediction
 - Scheduling
 - QoS Aussagen
- Probleme
 - Low-Power Modi der Plattformen unterscheiden sich erheblich
 - `save_all_ze_poweerer()` vs. `disable_clock_of_periph_a()`
 - Labor vs. Realität
 - Quantifizierbarkeit / Testing / CI
 - ...

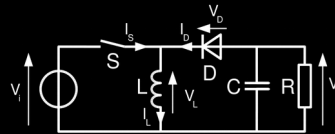
Energy Harvesting



Energiequelle

Energiewandler

Energiewandler



Energiespeicher

Energiewandler

Sensorknoten

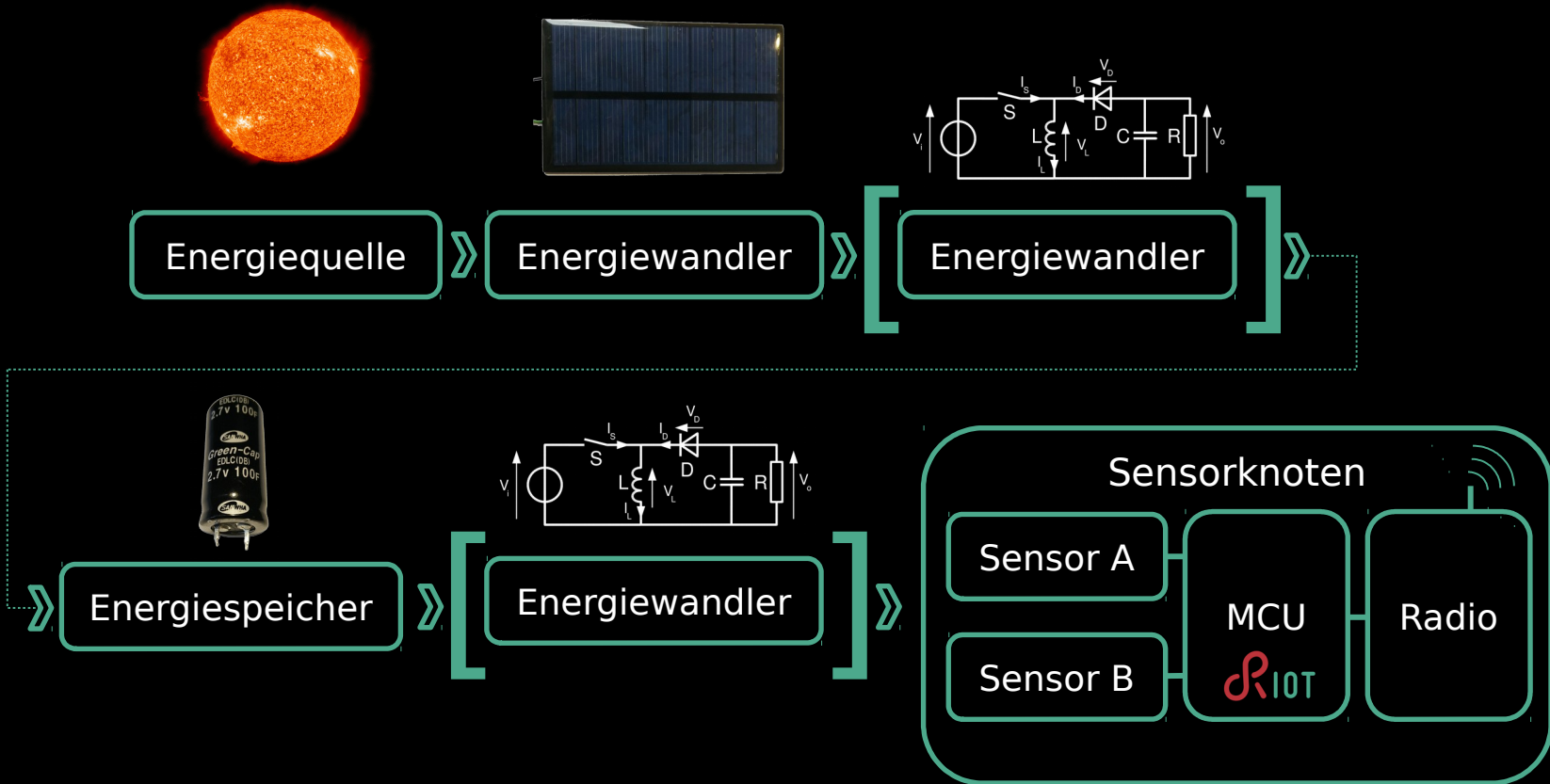
Sensor A

Sensor B

MCU
IoT

Radio

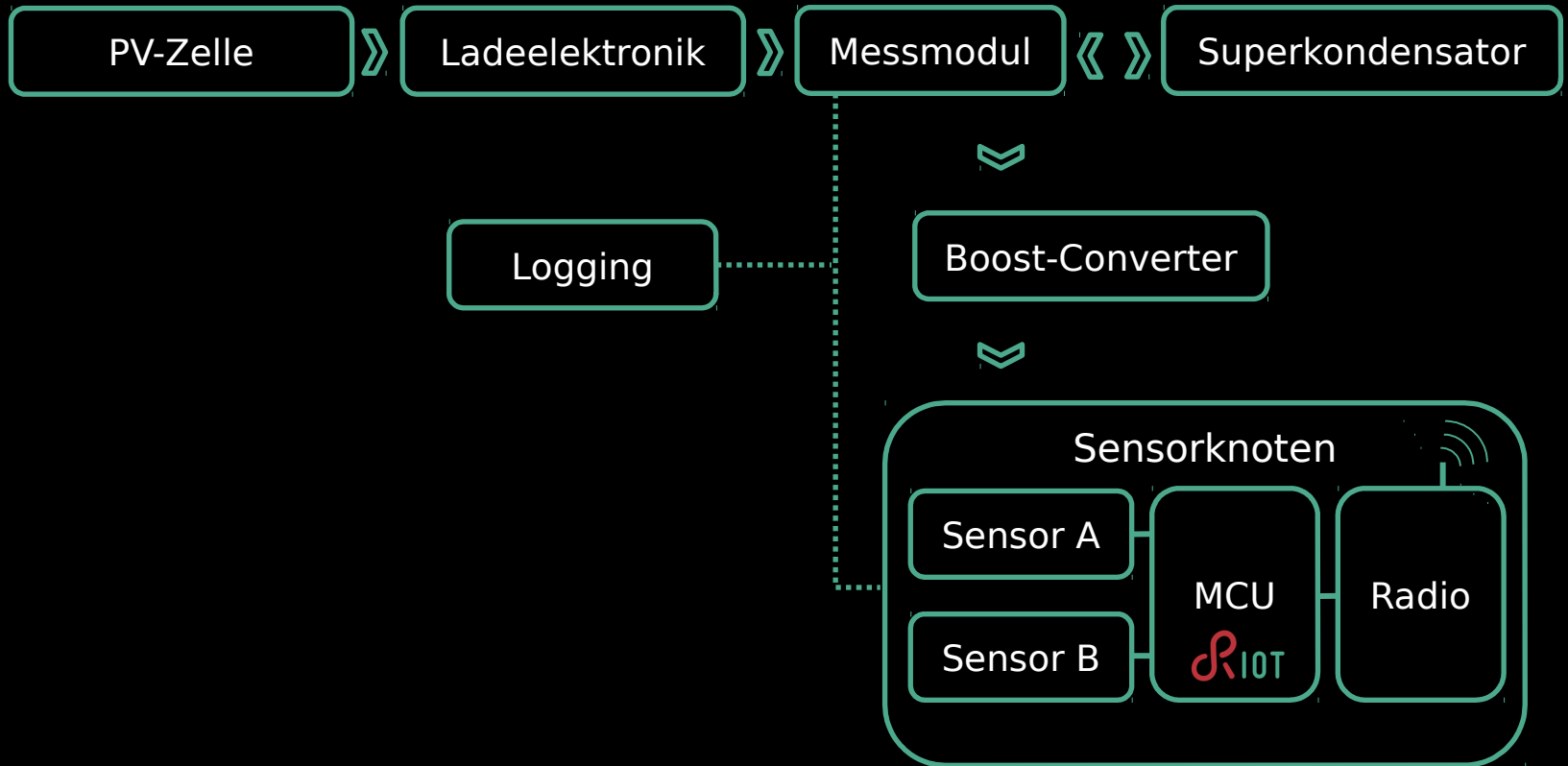
Energy Harvesting



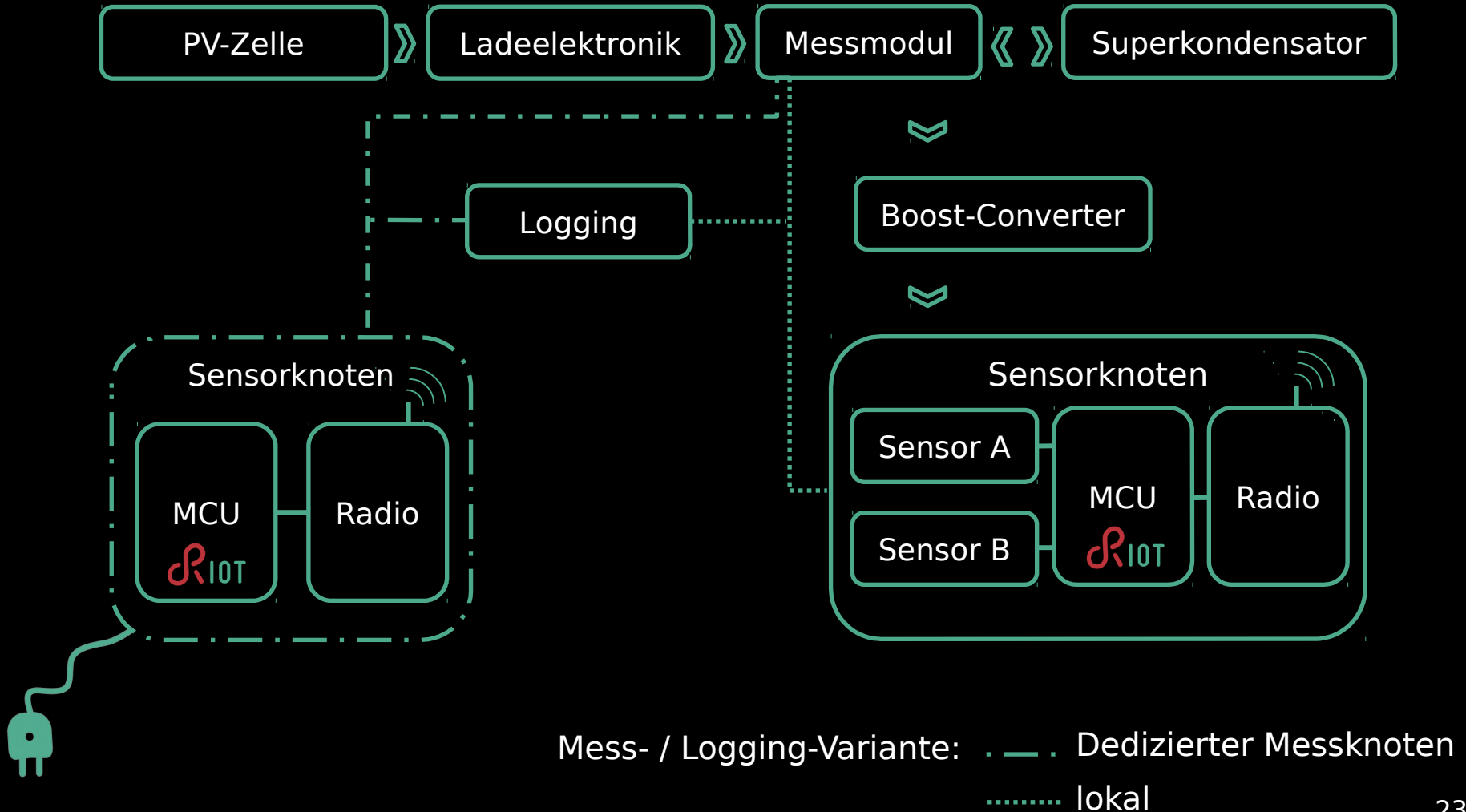
→ Häufiger aufwachen / Optimierung der Performance / Langzeit-Deployment

[b8]
[b9]

Energy Harvesting Testplattform



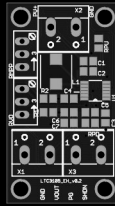
Energy Harvesting Testplattform



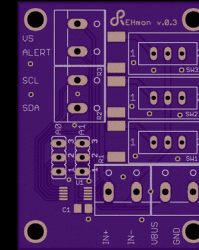
Energy Harvesting Testplattform (2)



250 mV - 5 V



$\leq 2,7$ V



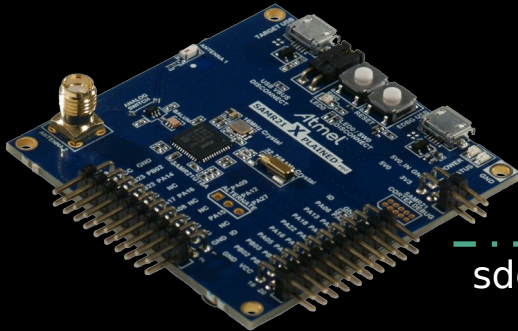
$\leq 2,7$ V



INA22x RIOT-Treiber

~ 1 V - 2,7 V

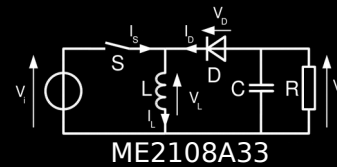
INA22x RIOT-Treiber



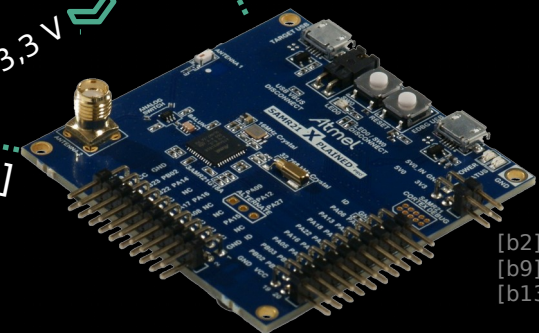
sdcard_spi [fatfs]



sdcard_spi [fatfs]

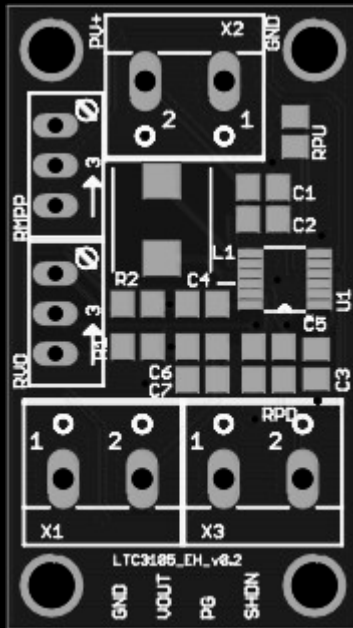


3,3 V



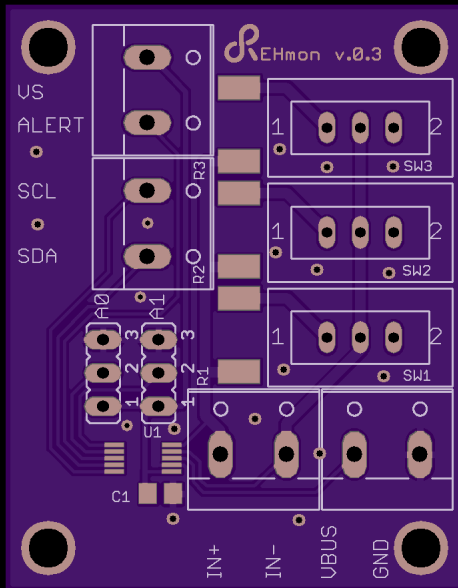
[b2]
[b9]
[b13]

Lademodul



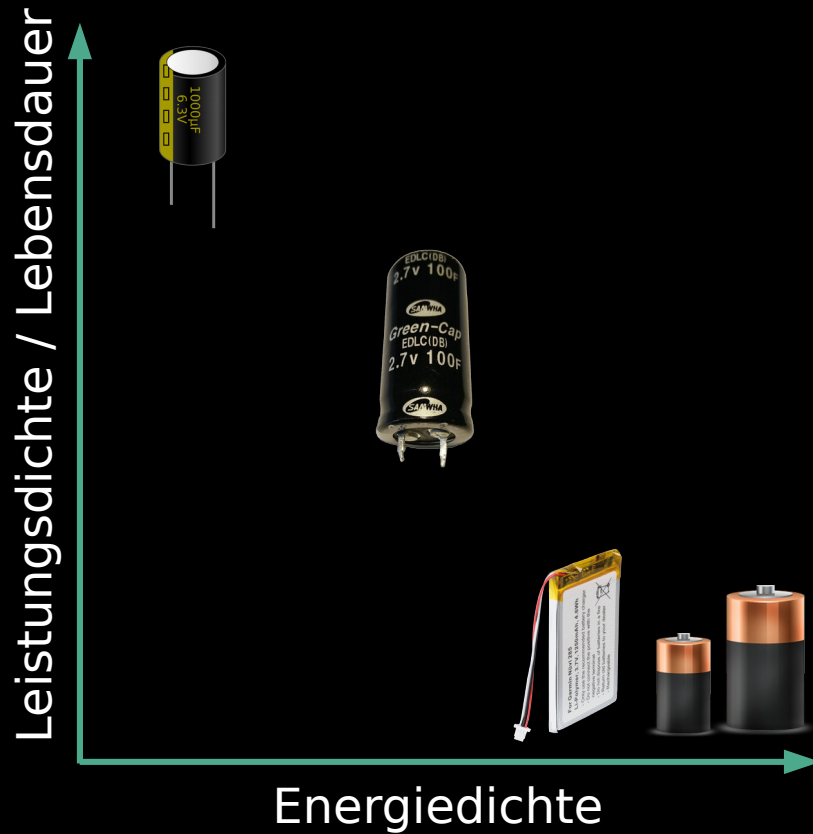
- Linear Technologies LTC3105
- V_{in} : 250mV – 5 V
 - MPP über Poti einstellbar
- V_{out} : 2,24V – 5,12V
 - über Poti einstellbar

Messmodul



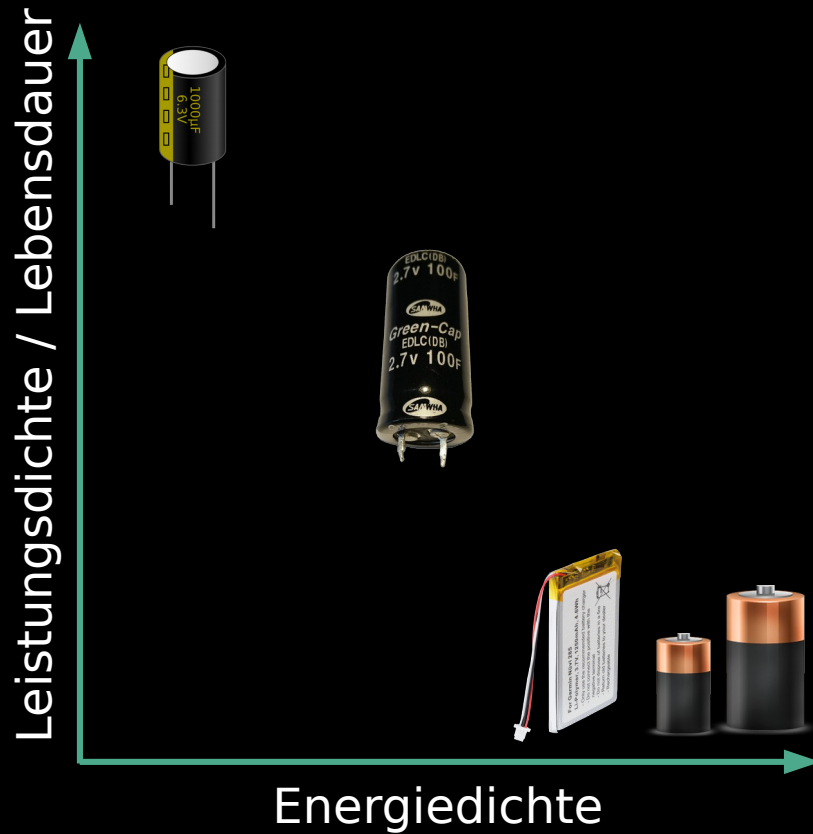
- Texas Instruments INA226
- Bidirektional
- Integrierte Mittelwertbildung
- Alarm-Interrupts
- Eigene Spannungsversorgung
- I²C-Adresse konfigurierbar
- Kalibrierung möglich
- 3 verschiedene Messbereiche
 - Bsp: ~40 mA (1.25 μ A) - 680 mA (20 μ A)

Superkondensator



[b19]
[b20]
[b21]
[b25]

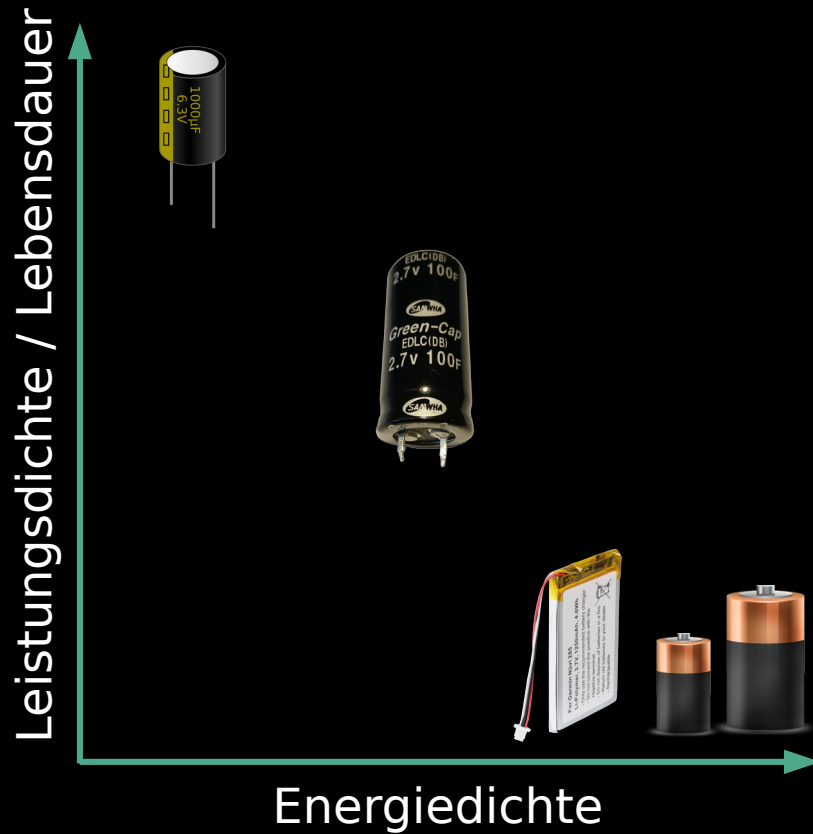
Superkondensator



Energie im Kondensator:

$$W = 0.5 * C * U^2$$
$$W = 364.5 \text{ Ws}$$

Superkondensator



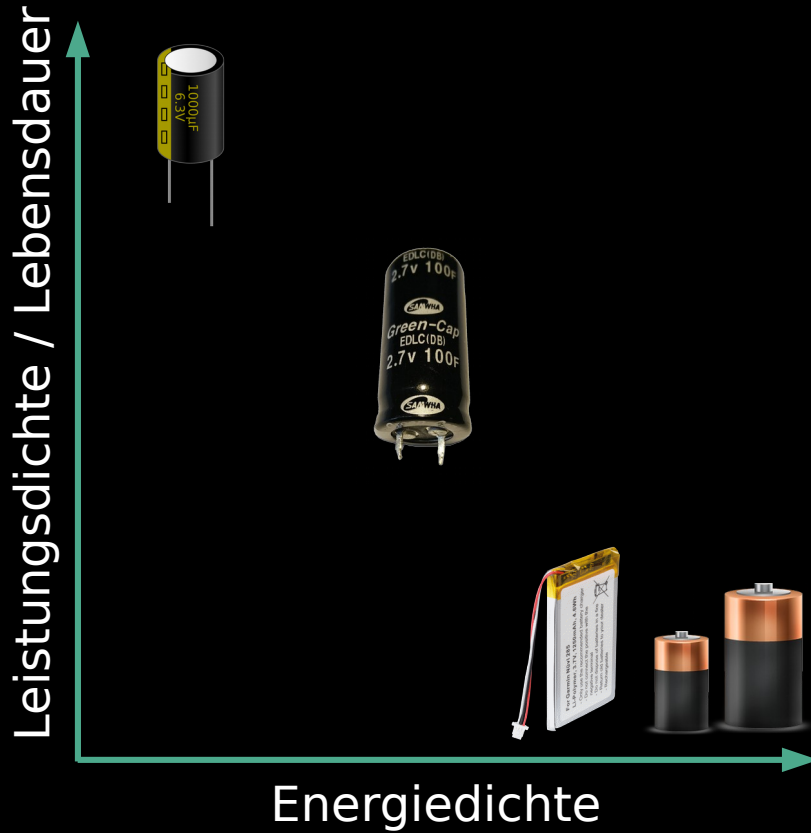
Energie im Kondensator:

$$W = 0.5 * C * U^2$$
$$W = 364.5 \text{ Ws}$$



[b19]
[b20]
[b21]
[b25]

Superkondensator



Energie im Kondensator:

$$W = 0.5 * C * U^2$$

$$W = 364.5 \text{ Js}$$

$$\frac{1}{100} *$$



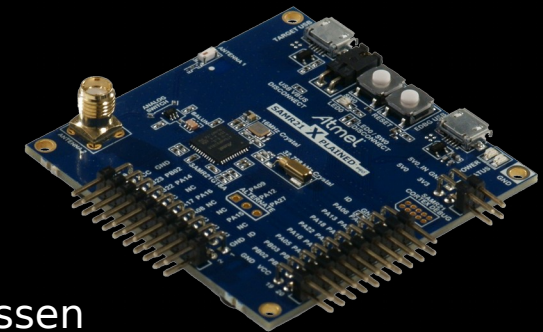
≈ 60m

[b19]
[b20]
[b21]
[b25]

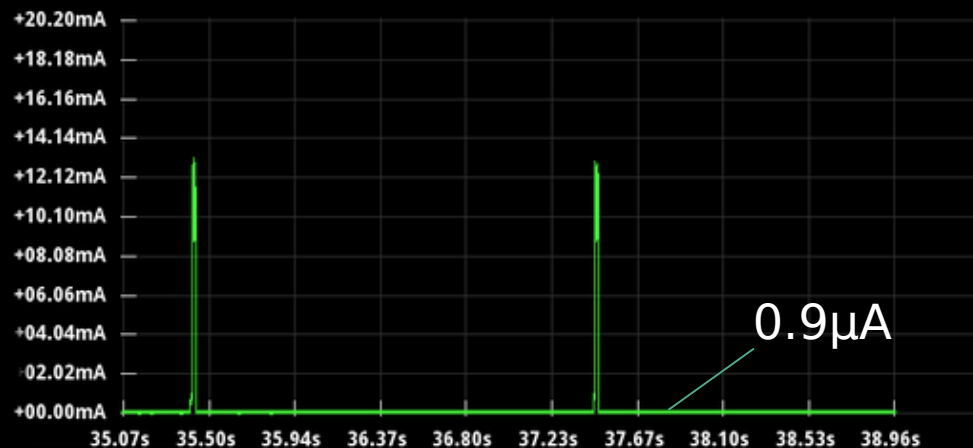
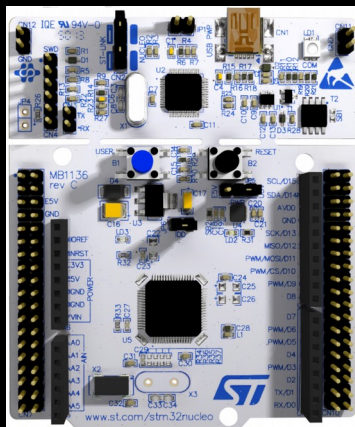
Evaluierungsboards

- Messen & Evaluieren != Nutzen

- samr21-xpro: Energiebedarf der MCU einfach zu messen
✗ Energiebedarf des Boards für Feldtests zu hoch



- nucleo-l476: Energiebedarf der MCU auch einfach zu messen
✓ Durch einfache Modifikationen auch für Feldtests geeignet



[b2]
[b15]

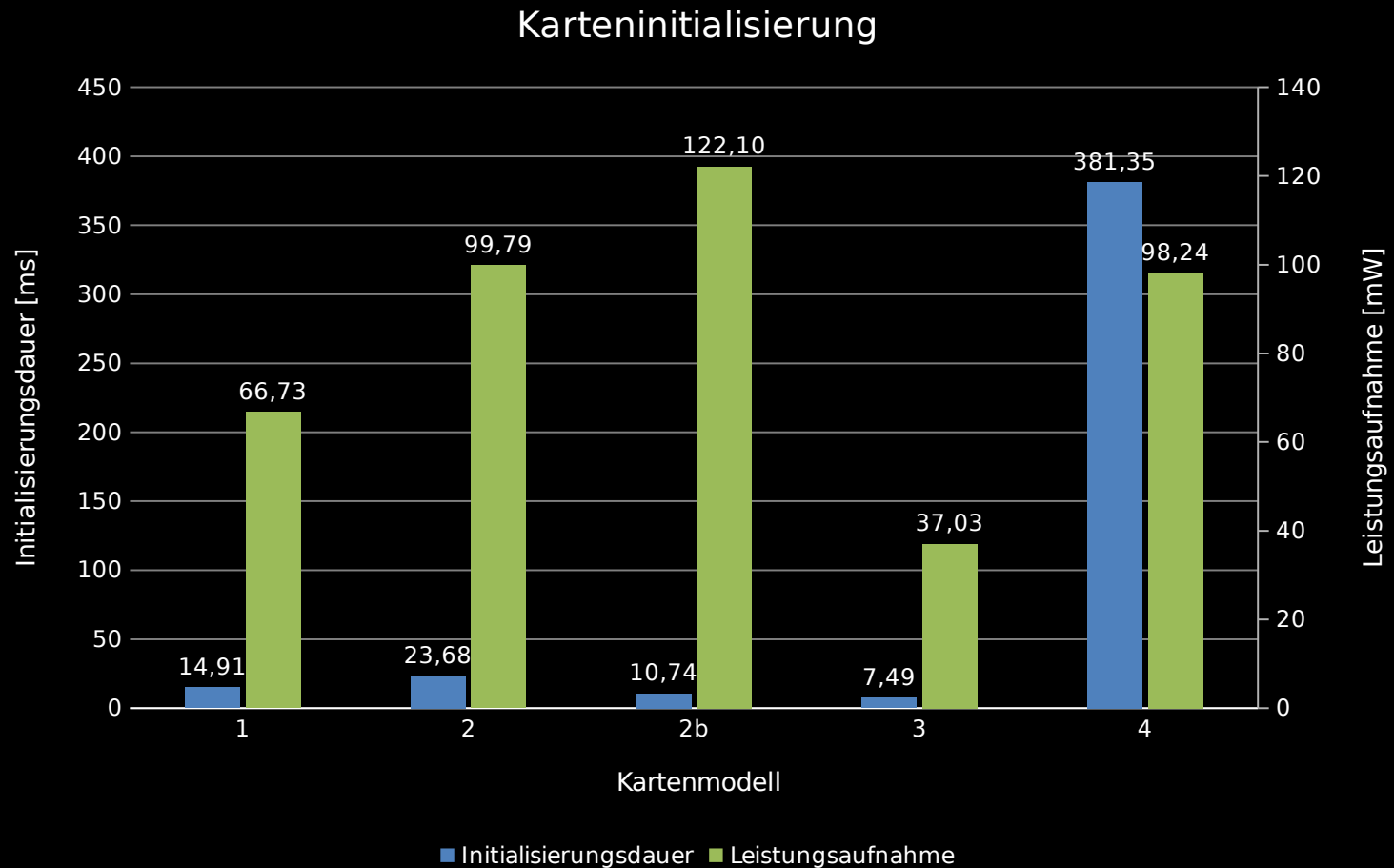
Logging

- Viel Speicherkapazität auf *jeder* MCU?
- SD-Karten
 - `sdcard_spi`
 - Nur SPI-Interface nötig (Soft-SPI möglich)
- Einfacher Datenzugriff
 - Dateisystem (z.B. FatFs)

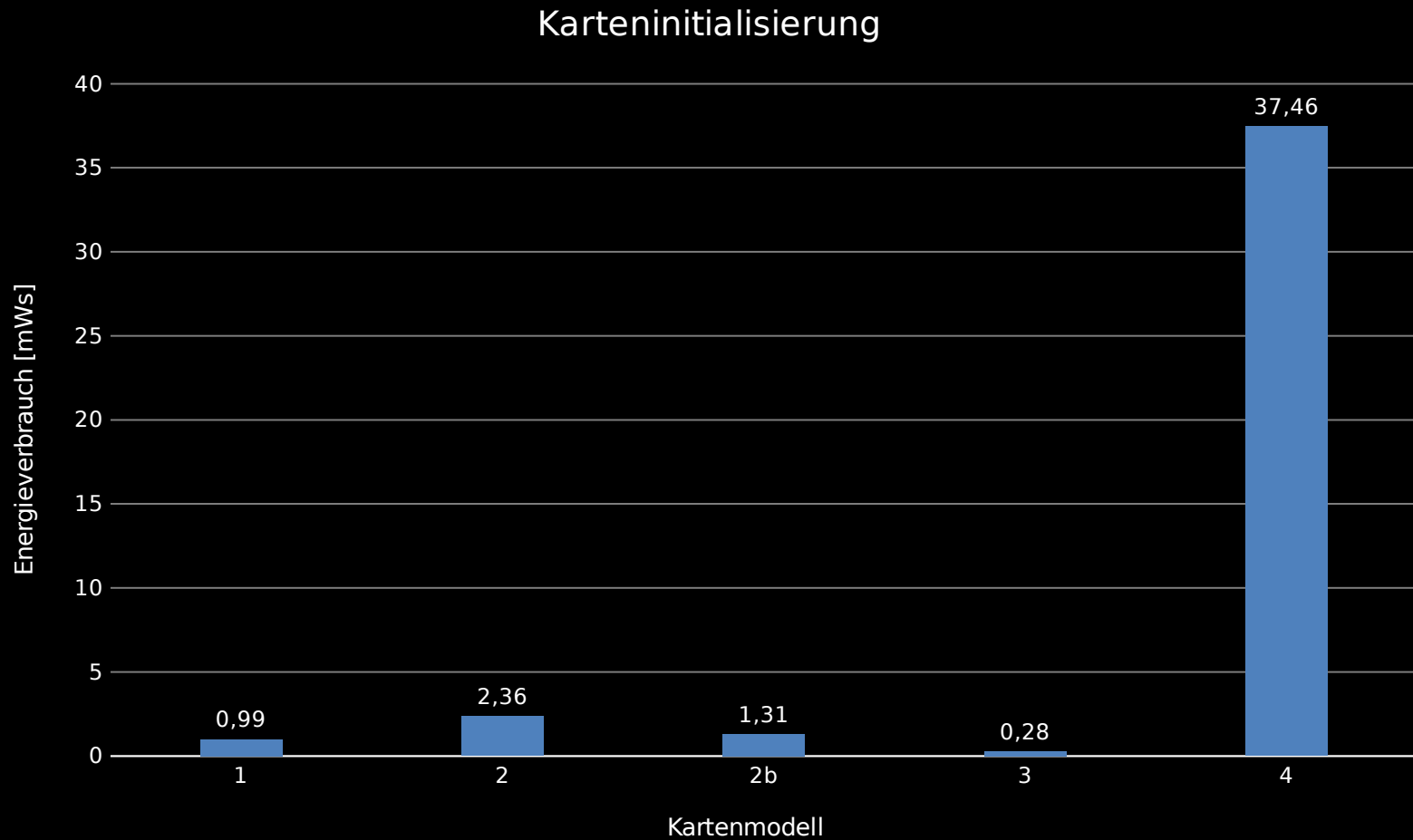
sdcard_spi

- Software limitiert Durchsatz (~300 KiB/s)
 - Anpassungen am Treiber nötig
 - Optimierungen: doppelter Durchsatz möglich
 - Direct Memory Access?
- Energieverbrauch der Karten variiert stark

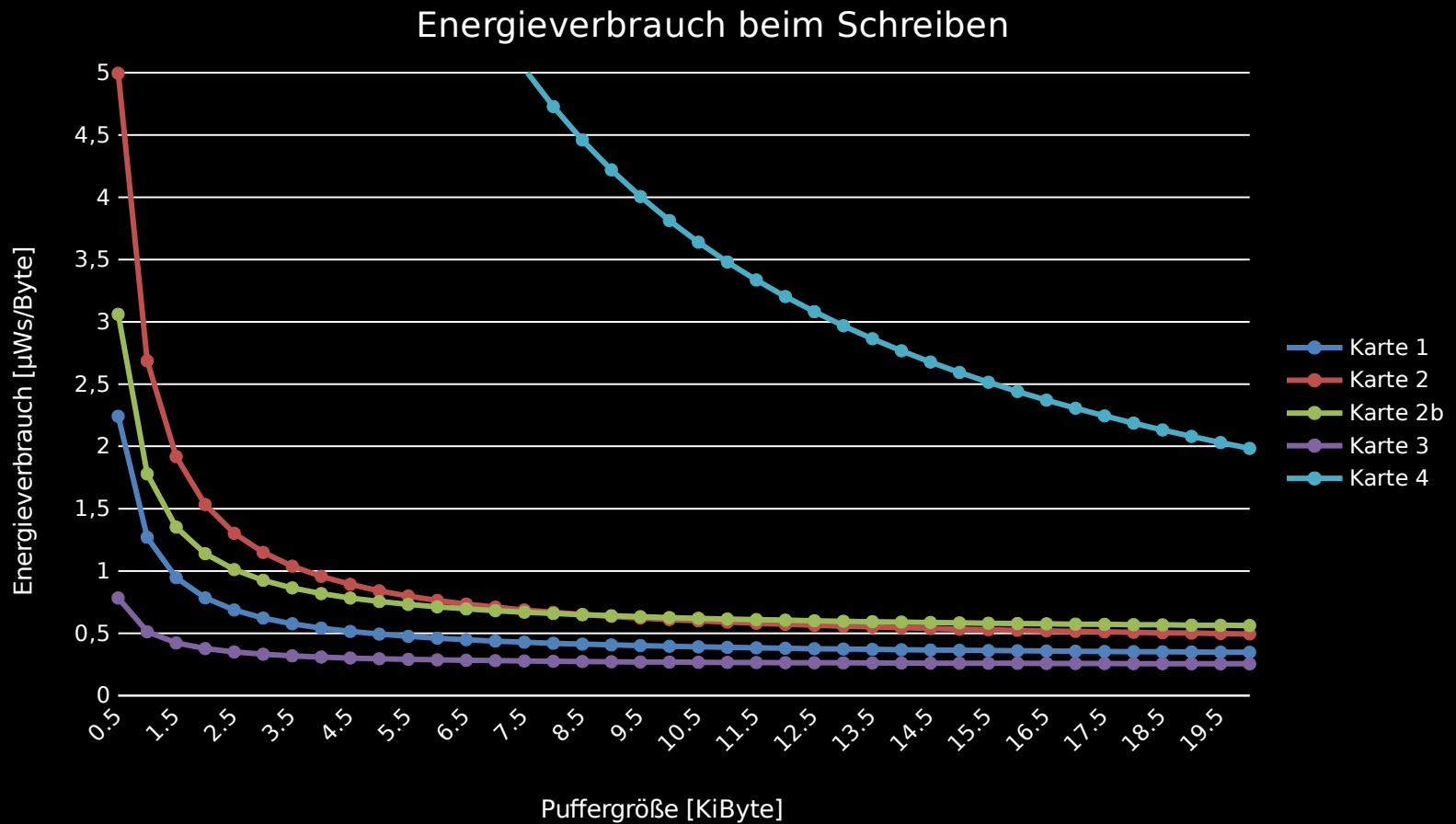
sdcard_spi - Leistungsaufnahme



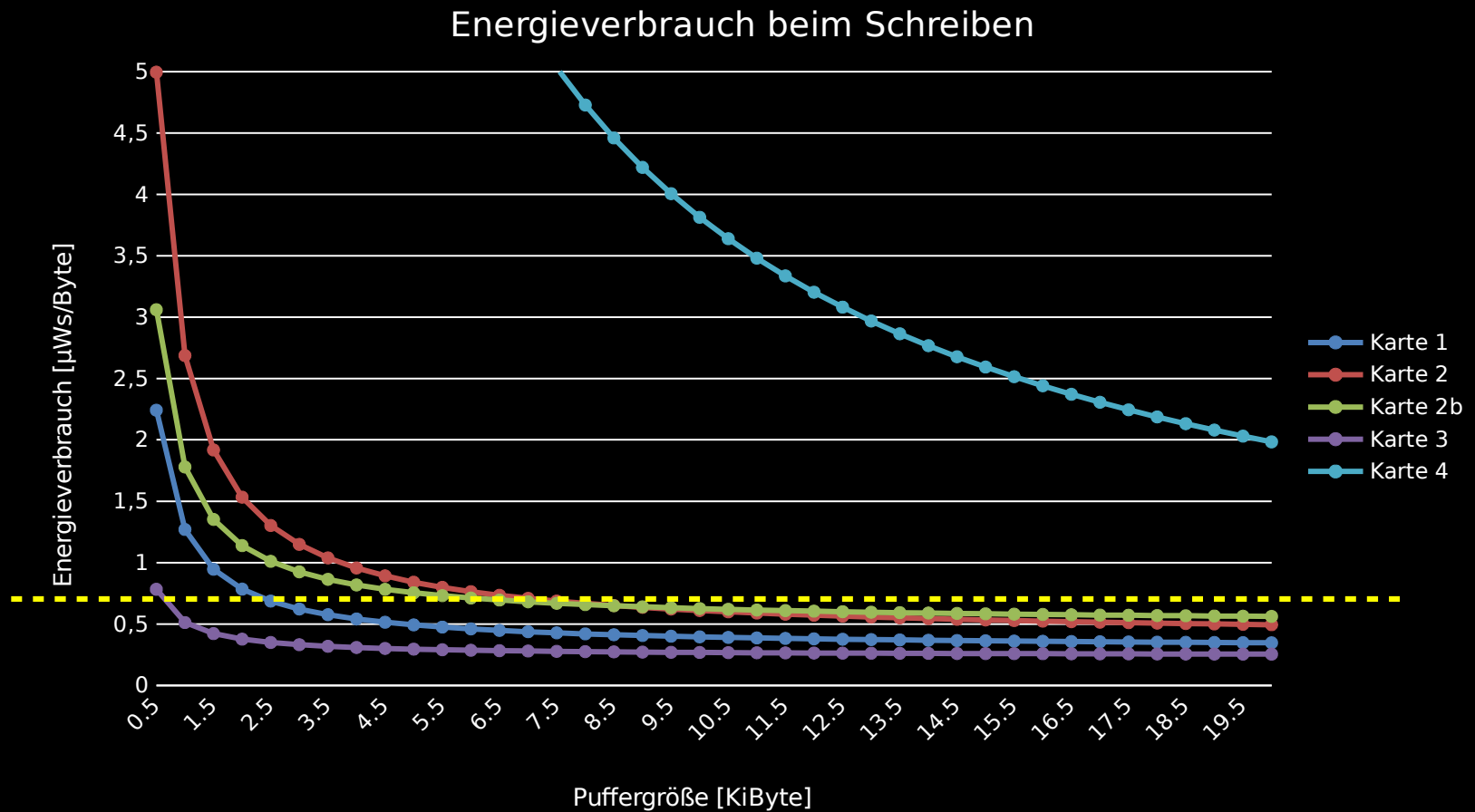
sdcard_spi - Energieverbrauch



sdcard_spi - Energieverbrauch (2)



sdcard_spi - Energieverbrauch (2)

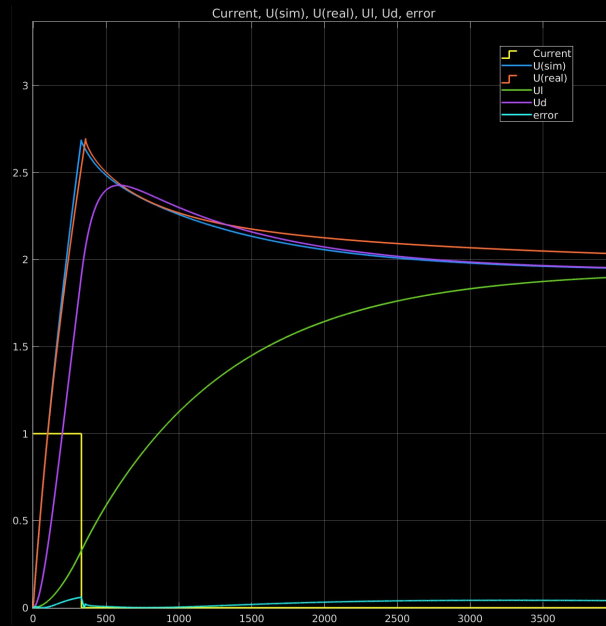
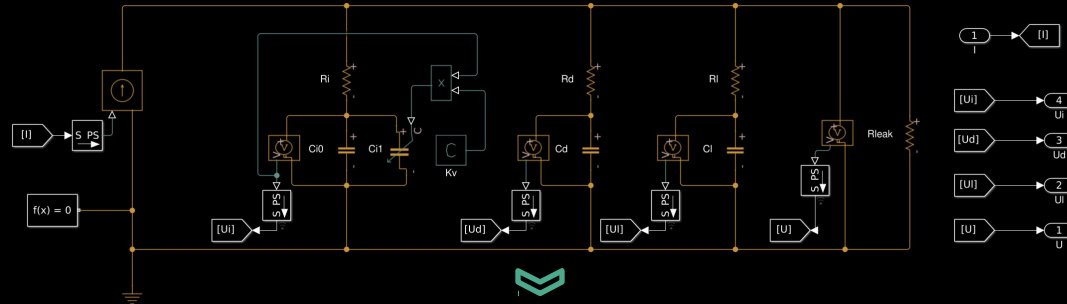


Vergleich: AT86RF233 ~0,7 µWs/Byte (abs. theoretische Untergrenze)

Lessons Learned

- Messbereichsschalter
 - Innenwiderstand
- SD-Karte \neq SD-Karte
 - Pin-Konfigurationen (Push-Pull)
 - Timings & Energieverbrauch
- Evaluierungsboards
 - Für Feldtests häufig nicht geeignet
- Es gibt Hersteller von Labornetzteilen die man vermeiden sollte ;)

What's next ?



Superkondensator
SOC-Modell in **RIOT**

Fragen ?



Quellen

- [b1]: <https://pixabay.com/de/netzwerk-iot-internet-der-dinge-782707/>
- [b2]: http://www.atmel.com/Images/Atmel-42243-SAMR21-Xplained-Pro_User-Guide.pdf
- [b3]: <https://camo.githubusercontent.com/3c75a5dfc43dfd39e2cc15737b31e83477671473/687474703a2f2f692e696d6775722e636f6d2f75496d306d336a2e706e67>
- [b5]: http://www.atmel.com/Images/Atmel-42223%E2%80%93SAM-R21_Datasheet.pdf
- [b8]: <https://pixabay.com/p-11582>
- [B9]: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Buckboost_conventions.svg
- [b12]: <https://pixabay.com/p-280947/>
- [b13]: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Micro_sd.svg
- [b14]: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4a/Boost_circuit_2.png
- [b15]: www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/user_manual/98/2e/fa/4b/e0/82/43/b7/DM00105823.pdf/files/DM00105823.pdf/
- [b16]: <https://github.com/logos>
- [b17]: <https://files.digitalcitizen.info/logos/GNU/GNU-head-wallshadow.png>
- [b18]: <https://ietf.org/logo/ietf-logo.gif>
- [b19]: <https://www.picpng.com/image/view/37376>
- [b20]: https://cdn-reichelt.de/bilder/web/xxl_ws/D600/AKKU_GPS_GAR4_03.png
- [b21]: https://openclipart.org/image/2400px/svg_to_png/278853/1000uF-Electrolytic-Capacitor.png
- [b22]: https://cdn.pixabay.com/photo/2012/04/18/13/47/santa-hat-37074_960_720.png
- [b23]: <http://abload.de/img/muetze8wtum3.png>
- [b24]: https://img.rewe-static.de/4010566/1960390_digital-image.png?resize=600px:600px
- [b25]: https://pixabay.com/p-2854305/?no_redirect
- [b26]: <https://vignette.wikia.nocookie.net/hayday/images/0/07/Weihnachtsbaum.png/revision/latest/scale-to-width-down/256?cb=20150702142610&path-prefix=de>