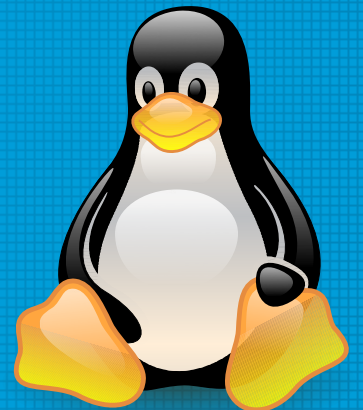


Energiesparende Hardware für kleine Server

Wie man durch geschickte Wahl von SoDa-Komponenten den Energieverbrauch senken kann und wann sich Hardware-Neuanschaffungen lohnen können

**Eine KI-freie Online-Bastelstunde von
Benno Vock**



Energiesparende Hardware für kleine Server

- Wofür einen Server und warum ein zusätzliches Gerät?
- Definition der Begriffe
 - Leistung <> Arbeit
 - Energiesparen
 - Stromverbrauch des Servers
- Kleiner Ausflug in die Messtechnik
- Verbrauchsoptimierung nach Komponenten
 - Netzteil
 - Mainboard
 - OT: Betriebssystem / Software
- Umgang mit verschlüsselten Servern

Wofür einen Server und warum ein zusätzliches Gerät?

- Wofür einen Server:
 - **Syncthing**: zum synchronisieren von Dateien auf mehreren Geräten
 - Über Docker:
 - **Paperless-ngx**: Dokumentenmanagement-System
 - **Homebox**: „Geräteverwaltung“
 - ...

Wofür einen Server und warum ein zusätzliches Gerät?

- Warum ein zusätzliches Gerät?
 - Der Server soll 24/7 betrieben werden.
 - Das NAS fällt damit aus, da es sich bei Nichtbenutzung ausschaltet.
 - Der HomeAssistant-Raspberry PI 4 fällt aus, da er kein AES-NI* hat.
- Die Daten sollen auf einem verschlüsselten Datenträger gespeichert werden.
 - Ein Raspberry PI 4 fällt aus, da er kein AES-NI* hat.

*AES-NI: Advanced Encryption Standard New Instructions ist eine Erweiterung des x86-Befehlssatzes von Intel- und AMD-Prozessoren.

Wofür einen Server und warum ein zusätzliches Gerät?

- Warum HomeAssistant *nicht* auf den Server
 - Generell ist eine Trennung von Haus-Steuerung und Datenmanagement sinnvoll.
 - HomeAssistant im Docker-Container kann keine Plug-ins installieren.
 - Damit würde Node-Red usw. sehr kompliziert in der Installation und Integration in HomeAssistant.

Wofür einen Server und warum ein zusätzliches Gerät?

- Vorhandene (SoDa-) Hardware soll nach Möglichkeit benutzt werden
- Zur Auswahl standen:
 - Raspberry PI 4 mit 8 GB RAM
 - Mainboards jeweils mit 8 GB RAM:
 - J3455-ITX (max. 2 x S0 DDR3)
 - J3455M (max. 2 x DDR3)
 - J4105-ITX (max. 2 x S0 DDR4)
 - N100-ITX (max. 1 x DDR4)
 - Stromversorgung
 - Flex-ATX Netzteil FSP180-50LE
 - Pico PSU 90 W
 - Inter-Tech Mini-ITX PSU 120 W
 - Verschiedene 12-V- und 19-V-Netzgeräte

Definition der Begriffe

- Leistung <> Arbeit:
 - Leistung: $V * A = W$ Arbeit / Energie: Ws, Nm, J bzw. kWh
 - Leistung: Der Wasserstrahl Arbeit / Energie: Der volle Eimer
 - Der Wasserdruck entspricht der Spannung in V, die Fließgeschwindigkeit dem Strom in A
 - Leistung: Das fahrende Auto Arbeit / Energie: Der Tankinhalt
 - Leistung: Die Weihnachtskarte Arbeit / Energie: Der fertige Stapel
- Energiesparen
 - Betrachtet wird hier ausschließlich die elektrische Leistung bzw. Arbeit / Energie.
 - Die Betrachtung des CO₂-Äquivalents beinhaltet zu viele Randbedingungen und würde schon alleine den Rahmen sprengen.
- Stromverbrauch des Servers
 - Es wird hier nur der Stromverbrauch des Servers im Leerlauf (Idle) betrachtet, da der Server die überwiegende Zeit in diesem Zustand verbringt.
 - Der Verbrauch unter Last ist schwer zu definieren und zu reproduzieren.

Kleiner Ausflug in die Messtechnik: Messgeräte

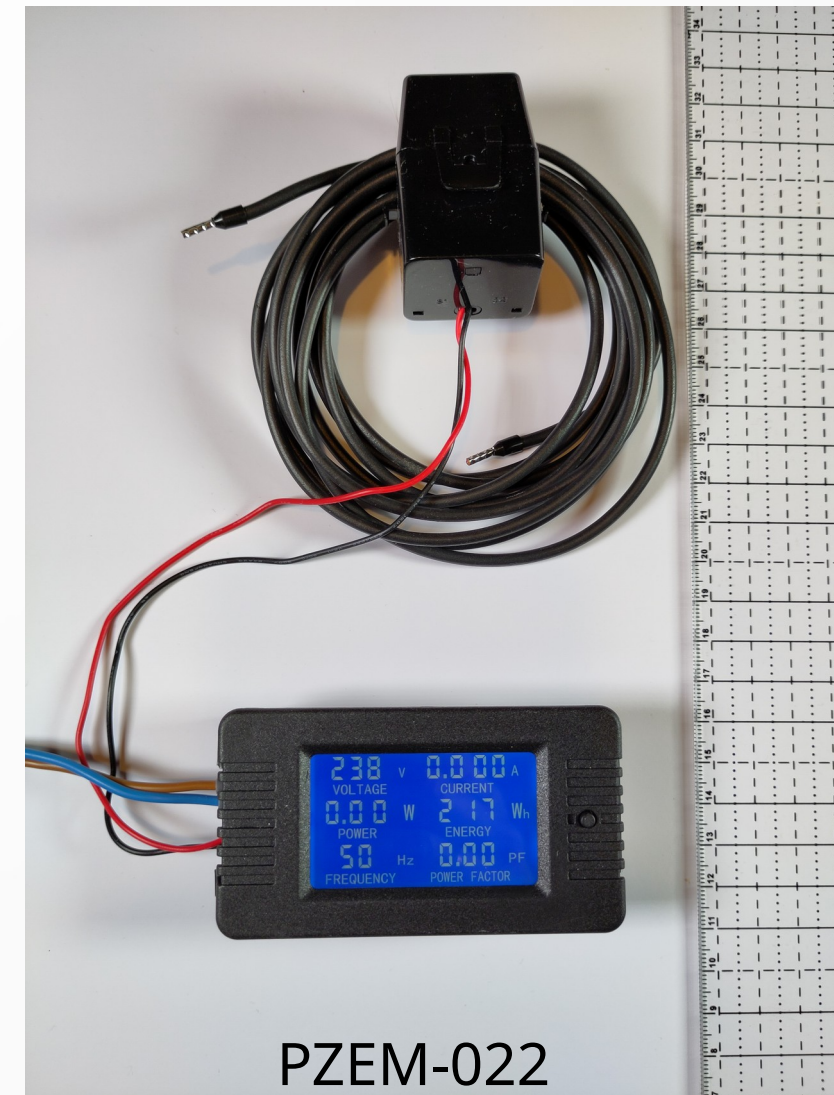
- Generell: Multimeter und Oszilloskop
- 12 V bzw. 19 V (bei N100-ITX – benötigt kein PC-Netzteil bzw. PSU)

- Fnirsi DPS-150



- 230 V:

- Voltcraft EPM 1L-16 (war leider schnell defekt)
- Peacefair PZEM-022 (Wandlermessung)
 - Zur Verbesserung der Auflösung 10 Windungen durch den Wandler

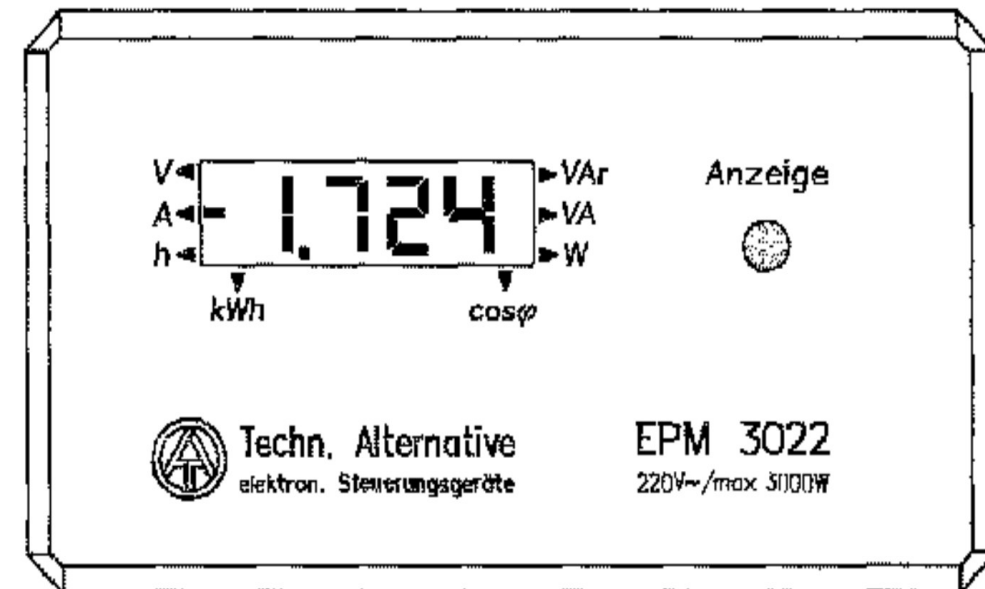
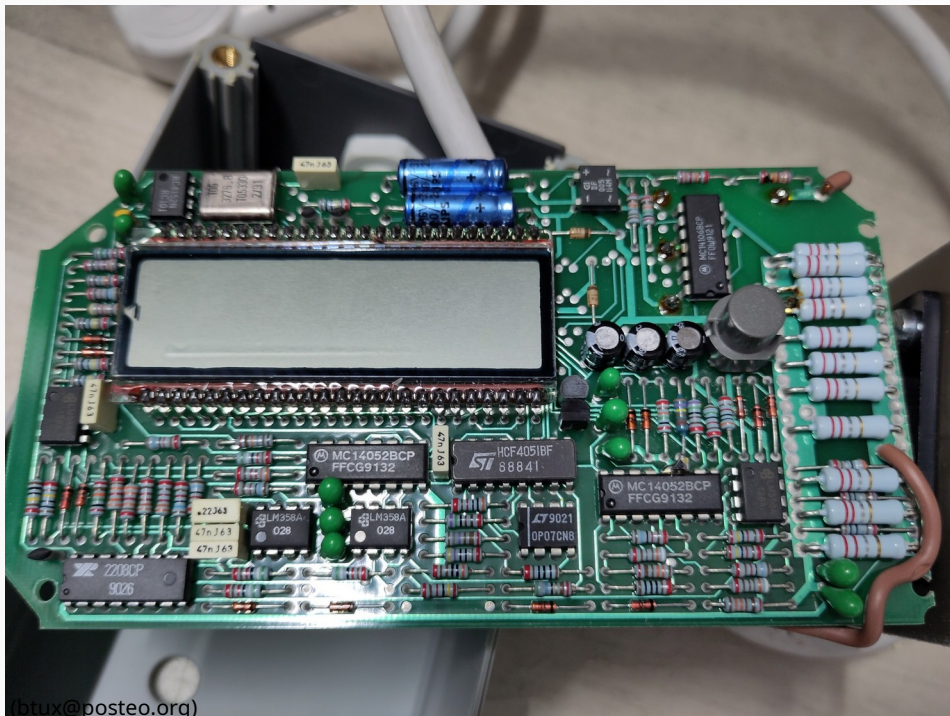


Kleiner Ausflug in die Messtechnik: Messgeräte

- Sonderfall EPM 3022 (BJ 1990)
 - 1-phasiges portables Leistungsmessgerät (P, S, Q)
 - Aufgrund der alten Technik (analogmultiplizierer XR2208) sind die Messwerte bei mit diskontinuierlichen Stromverbräuchen fehlerhaft

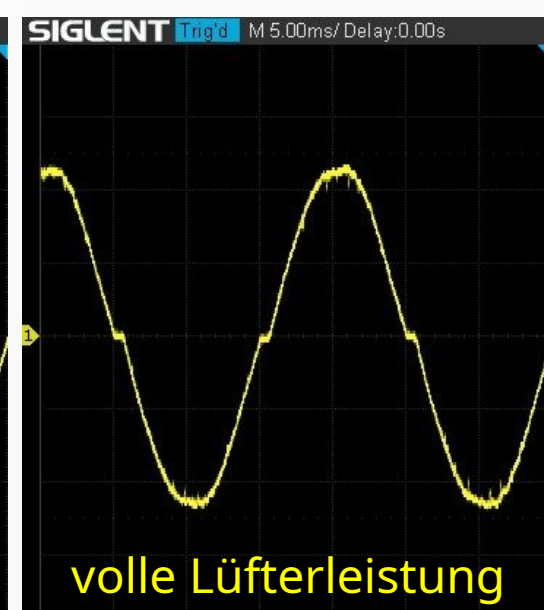
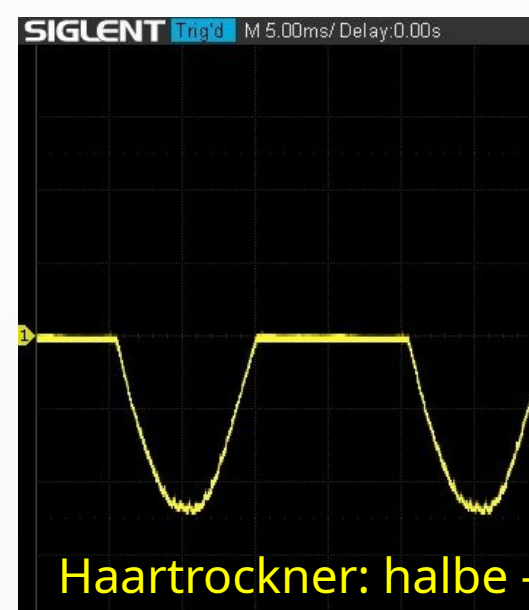
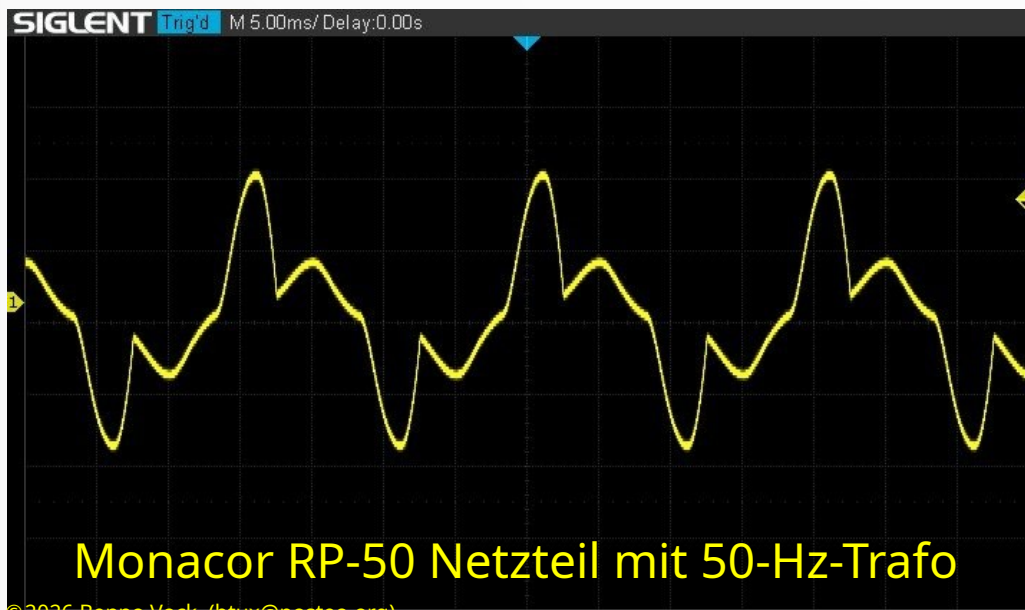
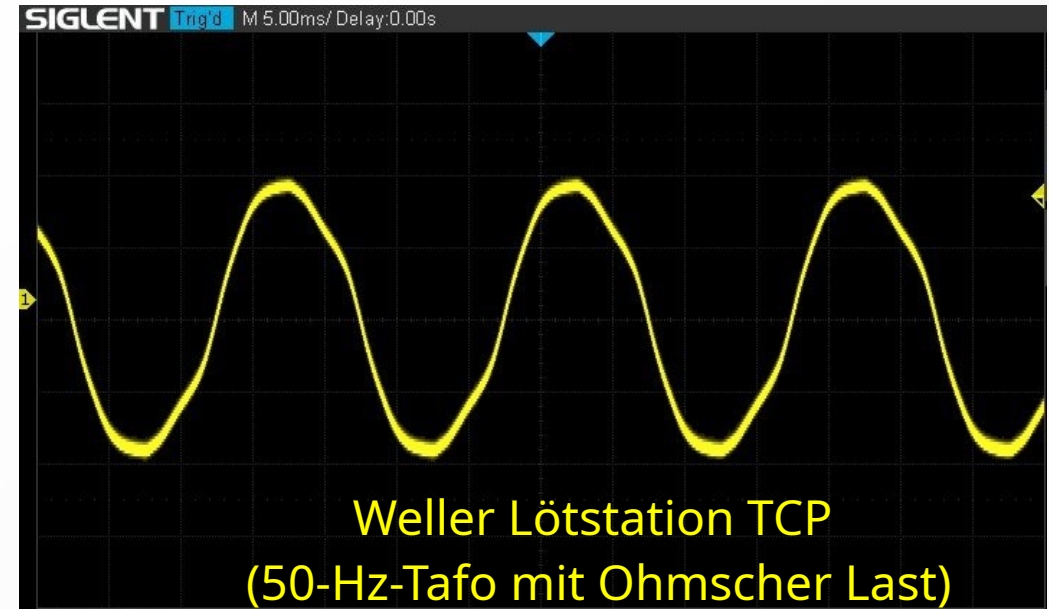
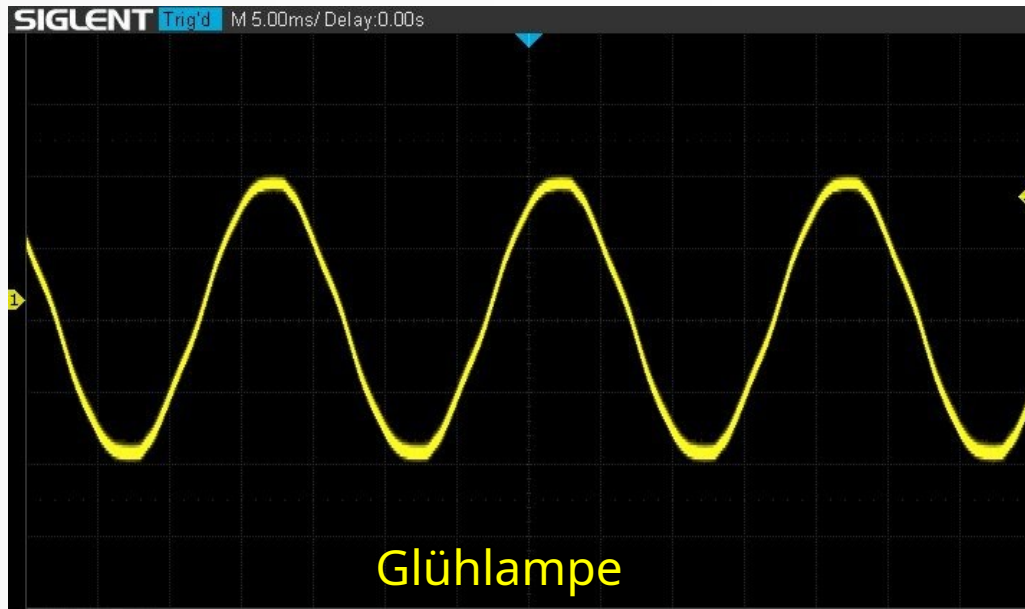


TECHNISCHE ALTERNATIVE
Elektronische Steuerungsgeräteges.m.b.H.
A-3872 Amaliendorf 124, Tel. 02862/53635



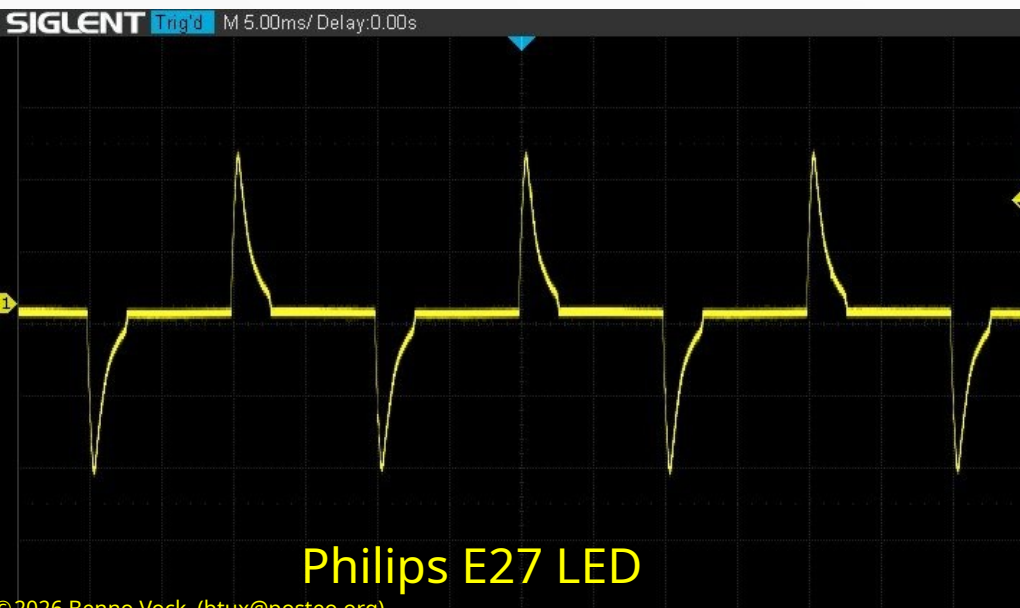
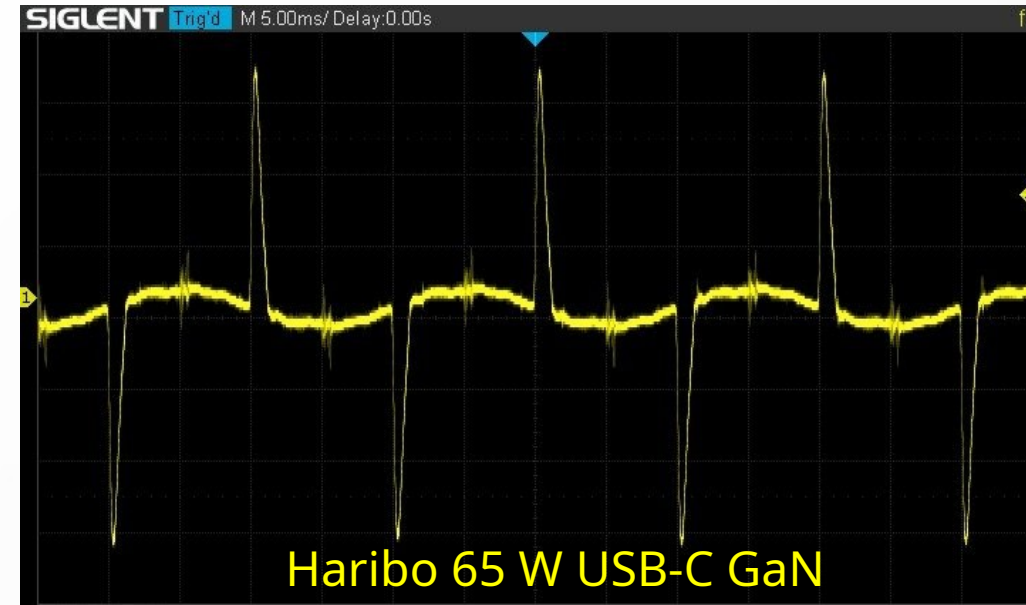
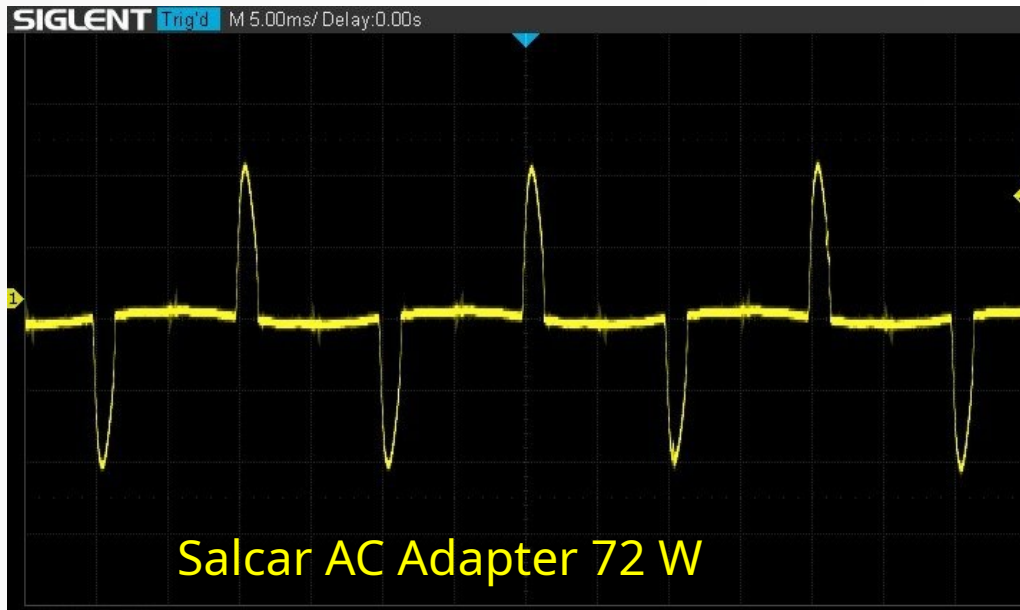
Kleiner Ausflug in die Messtechnik: Stromverläufe

„Alte Welt“



Kleiner Ausflug in die Messtechnik: Stromverläufe

„Neue Welt“



Verbrauchsoptimierung nach Komponenten: Netzgeräte

- Zur Verfügung standen folgende Spannungsversorgungen:
 - Kompakt-PC-Netzteil FSP180-50LE (speziell für kompakte Gehäuse für ITX-Boards)
 - Verschiedene Stecker- und Kompaktnetzteile (Schaltnetzteile)
 - USB-C-Netzteile mit USB Power Delivery (USB-PD)
 - Steckernetzteil mit 50-Hz-Trafo

 - Pico PSU 90 W
 - Inter-Tech Mini-ITX PSU 120 W

Verbrauchsoptimierung nach Komponenten: Netzgeräte



Verbrauchsoptimierung nach Komponenten: Netzgeräte

- Messungen bei 12 V und einer Last von ca. 7 W:
 - Steckernetzteil mit 50-Hz-Trafo
 - Wirkungsgrad ca. 50%
 - Verschiedene Stecker- und Kompaktnetzteile (Schaltnetzteile)
 - Wirkungsgrad zwischen 70% und 85%
 - USB-C-Netzteile mit USB-C-PD-Trigger-Modul
 - Wirkungsgrade größer 85%
- Die Mainboards (außer N100-ITX) wurde jeweils mit einer PicoPSU 90 W und einer Inter-Tech Mini-ITX PSU 120 W versorgt
 - Der Stromverbrauch hat sich nur um wenige mW unterschieden. Die Differenz lag im Bereich der Messtoleranz .

Verbrauchsoptimierung nach Komponenten: Netzgeräte

- Messungen des PC-Netzteils bei 230 V und einer Last (sekundär) von ca. 7 W:
 - Kompakt-PC-Netzteil FSP180-50LE (speziell für kompakte Gehäuse für ITX-Boards) wurde nicht mit dem EPM 1L-16 gemessen, da dies defekt war. Der Wirkungsgrad wurde daher berechnet:
 - Verwendet wurde jeweils das gleiche Mainboard und Zubehör
 - Pico-PSU mit Salcar AC Adapter 72 W¹: 6,5 W an 230 V
 - PC-Netzteil FSP180-50LE¹: 8,9 W an 230 V
 - Wirkungsgrad des PC-Netzteils im Vergleich zu Pico-PSU (6,5 W / 8,9 W) 73%
 - Wirkungsgrad des Salcar AC Adapter 72 W (ca. 6 W DC auf 230V)² 81%
 - Darauf ergibt sich der Gesamtwirkungsgrad: $0,73 * 0,81 = 0,59$ **ca. 60%**

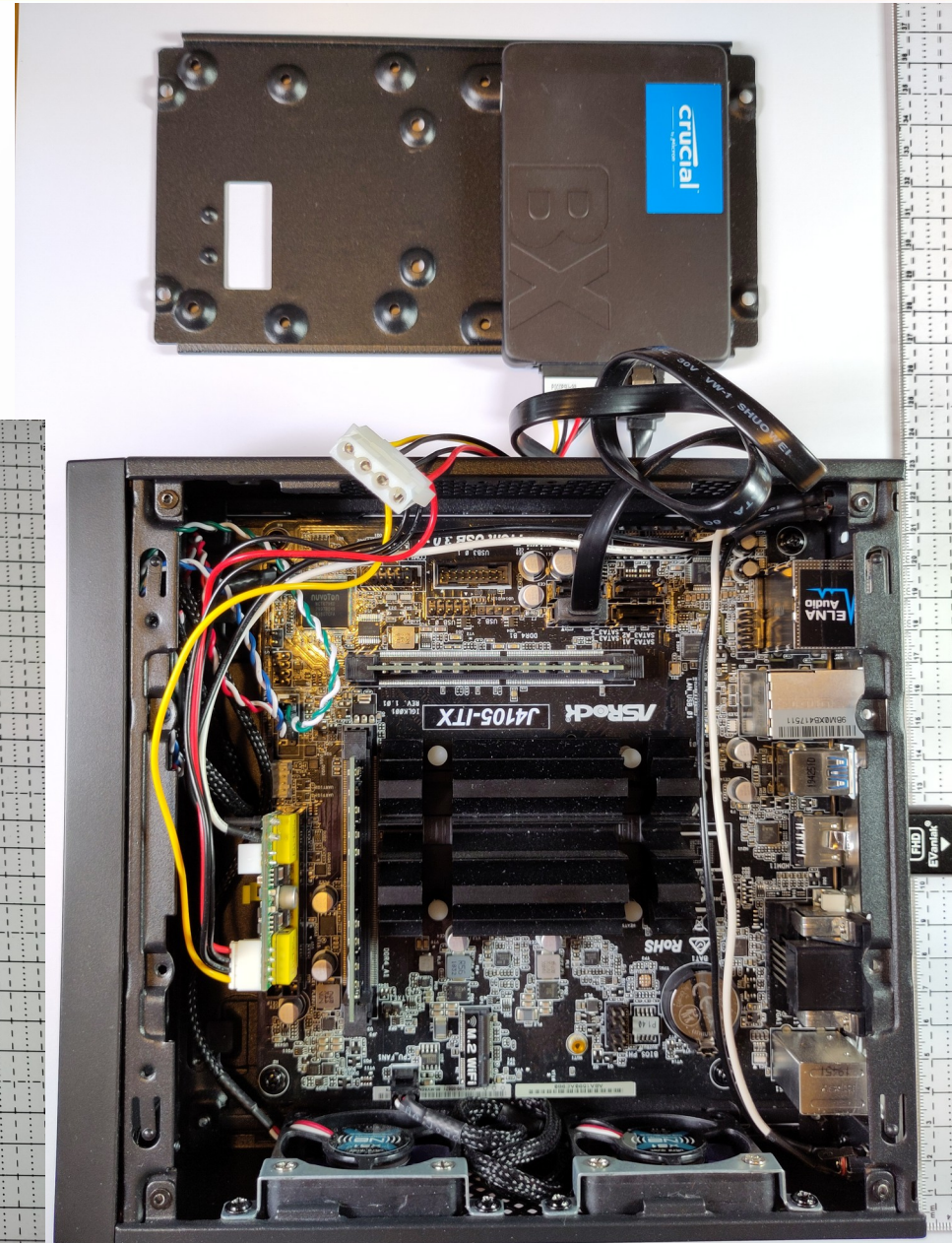
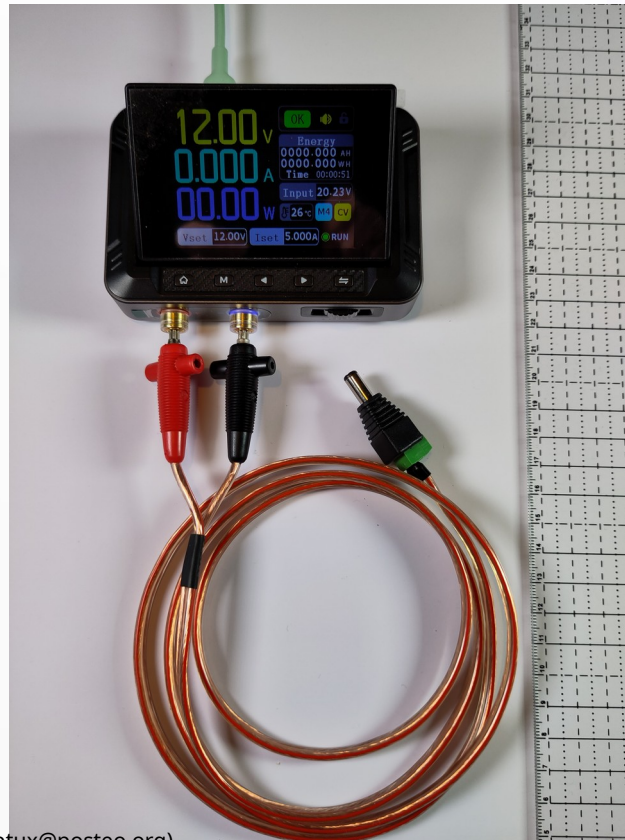
¹ gemessen mit PZEM-022

² gemessen mit EPM 1L-16

Verbrauchsoptimierung nach Komponenten: Mainboards

- Betrachtungsumgebung:
 - Haribo USB-Netzteil 65 W mit
 - Fnirsi DPS-150 (Leistungsmessung)
 - Mainboard
 - SSD 120 GB
 - Linux Mint LMDE 7
 - 8 GB RAM
 - 2 x 4 GB (außer N100-ITX)
 - 1 x 8 GB
 - An HDMI-Port:
 - EDID-Adapter* FHD

*EDID: Extended Display Identification Data



Verbrauchsoptimierung nach Komponenten: Mainboards

Messwerte nach Booten und ca. 5 Min. „Einschwingzeit“:

Mainboard	Mehrkern-Rechenleistung ¹	TDP	2 x 4 GB		1 x 8 GB		ausgeschaltet	
			DC	Netz ²	DC	Netz ²	DC	Netz ²
J3455-ITX (CPU Q3/2016)	38%	10 W	4,7 W	5,8 W	5,1 W	6,3 W	0,3 W	0,4 W
J3455M (CPU Q3/2016)	38%	10 W	4,3 W	5,3 W	4,3 W	5,3 W	0,3 W	0,4 W
J4105-ITX (CPU Q4/2017)	65%	10 W	4,3 W	5,3 W	4,7 W	5,8 W	0,3 W	0,4 W
N100-ITX (CPU Q1/2023)	100%	6 W	--	--	6,5 W	8,0 W	1 W	1,2 W

Fazit: Der TDP (Thermal Design Power) sagt nichts über den tatsächlichen Energieverbrauch aus.

¹ laut: <https://www.cpu-monkey.com>

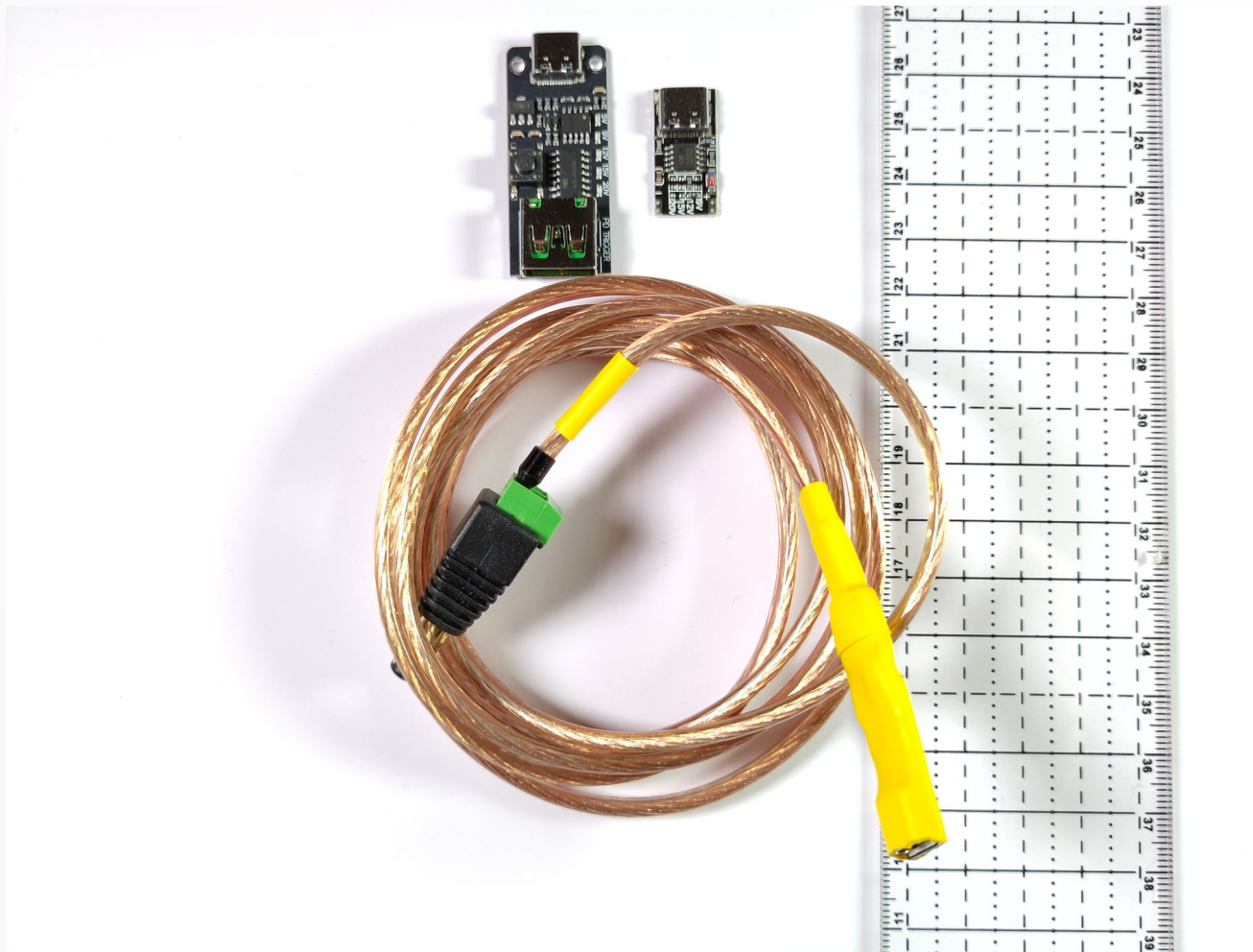
² Errechnet mit einem Wirkungsgrad AC/DC von 81%

Verbrauchsoptimierung nach Komponenten: Zusammenfassung 1

- Der größte Hebel bei der Senkung des Energieverbrauchs ist die Spannungsversorgung
 - Ein handelsübliches PC-Netzteil ist in dem betrachteten Leistungsbereich ineffizient.
 - Sog. PSU mit Schaltnetzteil sind dem vorzuziehen.
 - Alte Netzteile mit 50-Hz-Trafo taugen aufgrund des schlechten Wirkungsgrades nicht für Geräte, die 24/7 laufen sollen!
 - Vorhandene Schaltnetzteile sind aufgrund ihres Wirkungsgrades $> 70\%$ mitunter wirtschaftlicher als ein Neukauf mit $> 80\%$.
 - Ein USB-C-PD-Netzteil kann mit einem PD-Trigger eine wirtschaftliche Alternative sein (etwas Bastelerfahrung und Arbeit notwendig).

Verbrauchsoptimierung nach Komponenten: Zusammenfassung 1

- Beispiele für USB-C-PD-Trigger



Verbrauchsoptimierung nach Komponenten: Zusammenfassung 2

- Optimierungsmöglichkeiten 1
 - Auswahl der Speicherriegel
 - 2 x 4 GB sind verbrauchsgünstiger als 1 x 8 GB
 - Auswahl der SSD
 - Falls eine Auswahl möglich ist, weil mehrere SSD mit erforderlicher Speicherkapazität von unterschiedlichen Herstellern / Baureihen vorhanden sind, ist hier auch eine Energieeinsparung möglich
 - Auswahl der ggf. erforderlichen Lüfter
 - Hier sind die Verbrauchsunterschiede mitunter erheblich (bis zu 1 W pro Lüfter).
 - Die Lüftersteuerung des Mainboards im BIOS auf das erforderliche Minimum stellen reduziert nochmals den Verbrauch.

Verbrauchsoptimierung nach Komponenten: Zusammenfassung 3

- Optimierungsmöglichkeiten 2
 - Videoauflösung
 - Full HD verbraucht weniger als 4K.
 - Auflösungen darunter brachten keine Energieeinsparung.
 - Netzwerk-Komponenten
 - Ein 2,5-Gbit-Adapter benötigt 0,5 – 1 W mehr Leistung.
 - Ein WLAN-Adapter benötigt mehr Leistung als das eingebaute Netzwerk-Interface (kabelgebunden).
 - USB-Komponenten
 - Alle nicht benötigten Geräte sollten entfernt werden.

Verbrauchsoptimierung nach Komponenten: Zusammenfassung 4

- Was bringt praktisch keinen Effekt
 - Betriebssystem
 - Ob mit oder ohne grafische Oberfläche bringt keinen messbaren Effekt.
 - Debian oder Linux Mint unterscheiden sich nicht messbar im Energieverbrauch.
 - BIOS
 - BIOS-Einstellungen – außer Lüftereinstellungen - haben wenig bis keinen Einfluss auf den Energieverbrauch.

Umgang mit verschlüsselten Servern

- Wie kann der Server nach Neustart entschlüsselt werden?
 - *Praktisch*: Wenn der Server am Arbeitsplatz stehen soll: ggf. ein KVM-Switch*
 - *Aufwändig*: Monitor, Tastatur und Maus am Server zum Start
 - *Umständlich*: Verschlüsseltes System via SSH freischalten
 - https://wiki.ubuntuusers.de/Verschl%C3%BCssseltes_System_via_SSH_freischalten/

*KVM: Keyboard Video Mouse

Umgang mit verschlüsselten Servern

- Wie kann der Server nach Neustart entschlüsselt werden?
 - *Pragmatisch:* Wenn der Server nicht direkt am Arbeitsplatz laufen soll:
 - Hardware so einrichten, dass 2 Spannungsversorgungen möglich sind (ggf. durch Schottky-Dioden entkoppeln).
 - Server am Arbeitsplatz starten.
 - Für den Transport über eine Powerbank mit USB-PD mit Adapter für 12 V bzw. 19 V (je nach Mainboard) versorgen.
 - Am Aufstellungsort Netzteil anschließen und Powerbank entfernen.

Links

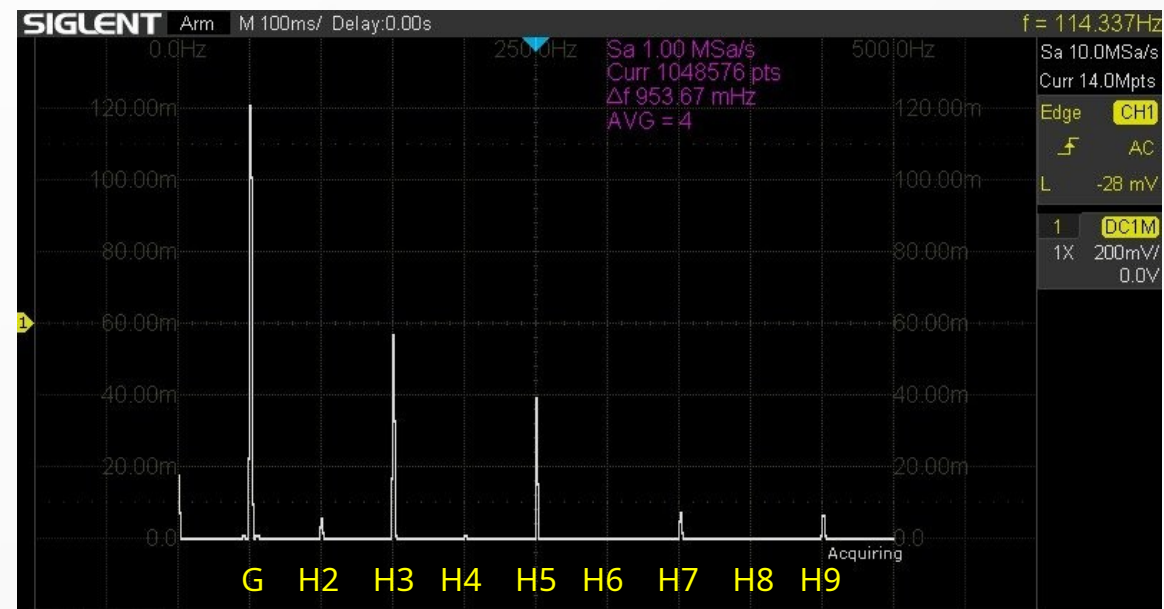
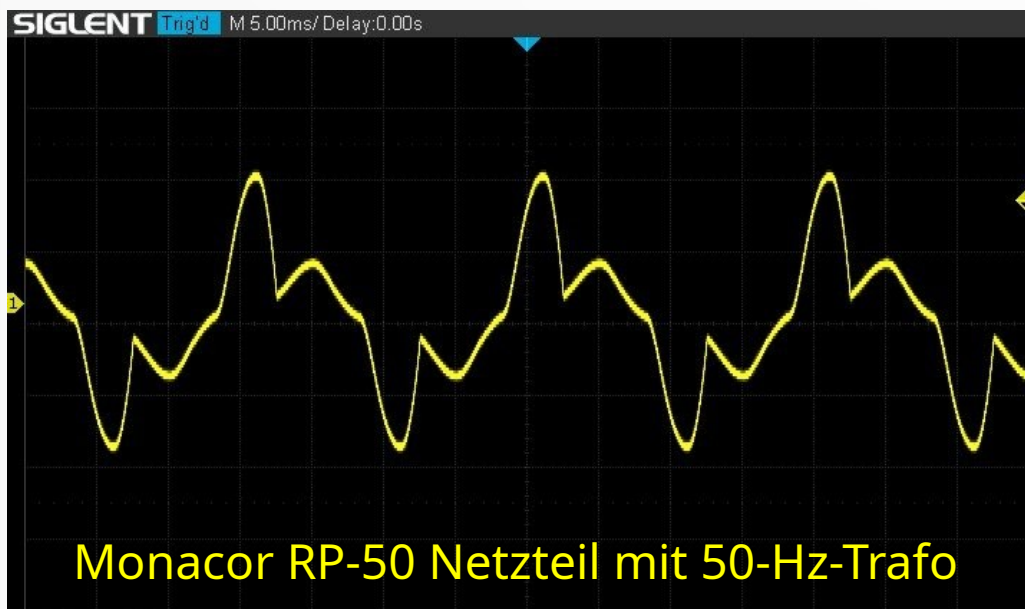
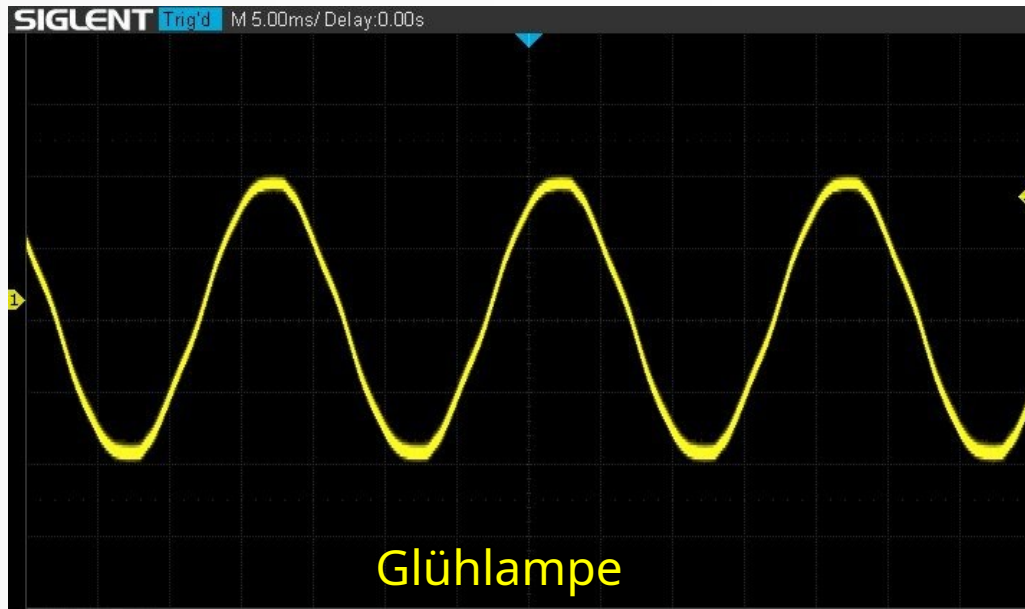
- Syncthing:
 - <https://syncthing.net/>
- Paperless-ngx:
 - <https://docs.paperless-ngx.com/>
 - <https://digital-cleaning.de/index.php/paperless-ngx-auf-dem-raspberry-pi-erstaunlich-gut-teil-1/>
- Homebox
 - <https://homebox.software/en/>
- Zerobrain (als Ergänzung zu meinem HomeAssistant-Vortrag)
 - <https://www.zerobrain.info/fotokatastrophen/2024/11/22/kleine-leistungsmessung-shelly-pm-mini-gen3-innereien-und-messungen?rq=shelly>

Zusatzinfos: Oszillogramme und Oberschwingungen

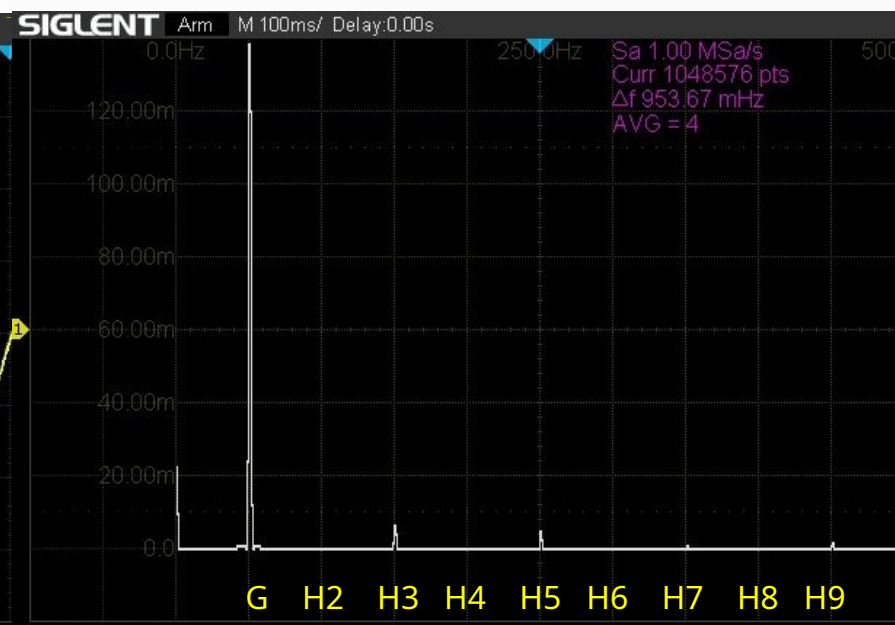
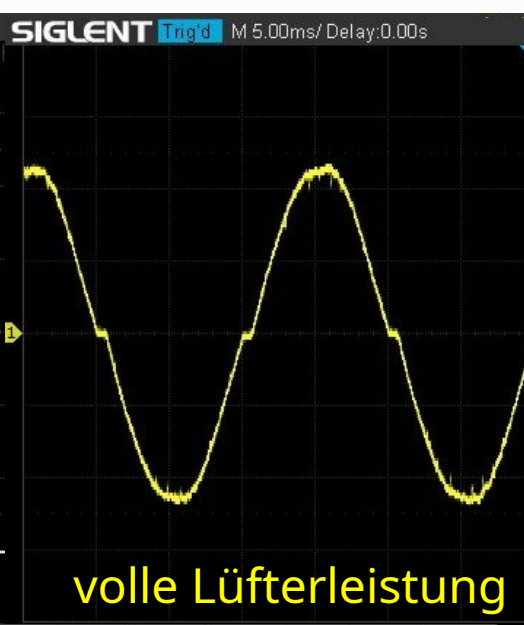
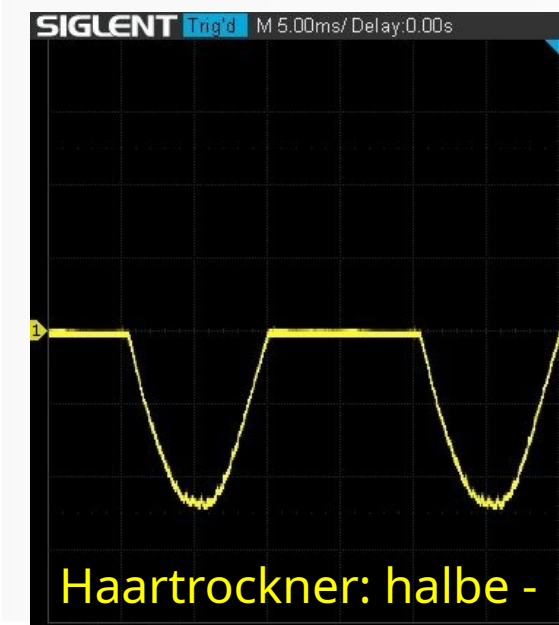
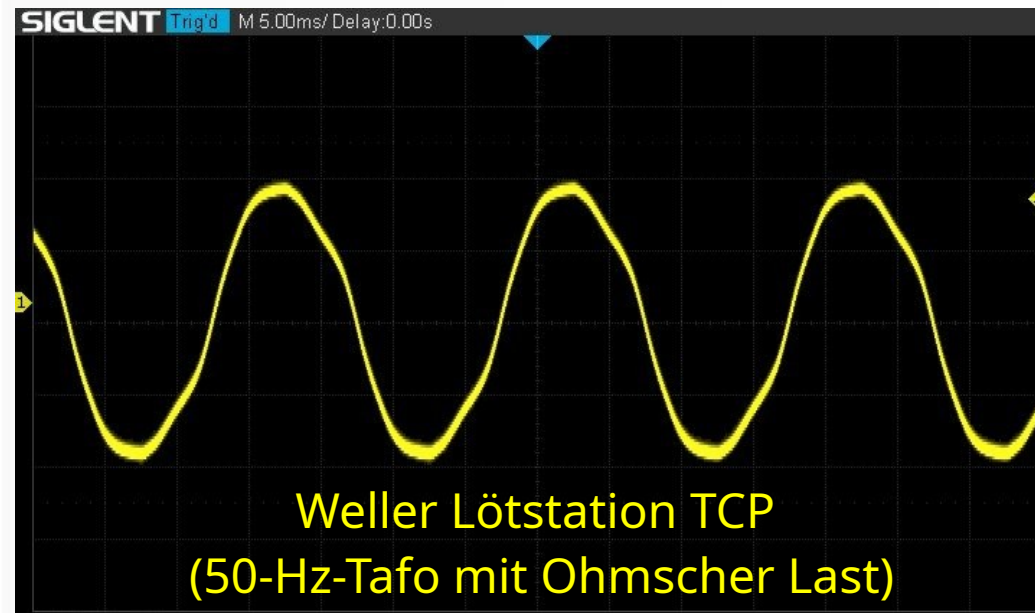
- Die folgenden Folien zeigen zu den bereits gezeigten Oszillogrammen die Verteilung der Harmonischen / Oberschwingungen.
 - Das Raster ist auf 50 Hz eingestellt. Die Höhe der Harmonischen ist nur relativ zu betrachten, da die untersuchten Geräte stark unterschiedliche Leistungen haben (Beispiel: Glühlampe: 60 W; LED E27: 9 W)
 - Die farblich markierten Harmonischen (3., 6., 9.) sind besonders problematisch, da sie im Drehstromsystem ein sog. Nullsystem bilden, d. h. die Ströme Außenleiter heben sich im Nulleiter nicht auf, sondern addieren sich. Hierdurch kann es bei vielen solchen Verbrauchern mit hohen Anteilen diesen Harmonischen (speziell der 3.) zu Überlastung des Nulleiters kommen, was u. U. eine Brandgefahr darstellt.
 - Detaillierte Information sind z. B. hier zu finden : https://www.demvt.de/publish/binarydata/juli_2005/EMV_Os.pdf

Beschriftung		
G	Grundschwingung	50 Hz
H2	2. Harmonische	100 Hz
H3	3. Harmonische	150 Hz
H4	4. Harmonische	200 Hz
H5	5. Harmonische	250 Hz
H6	6. Harmonische	300 Hz
H7	7. Harmonische	350 Hz
H8	8. Harmonische	400 Hz
H9	9. Harmonische	450 Hz

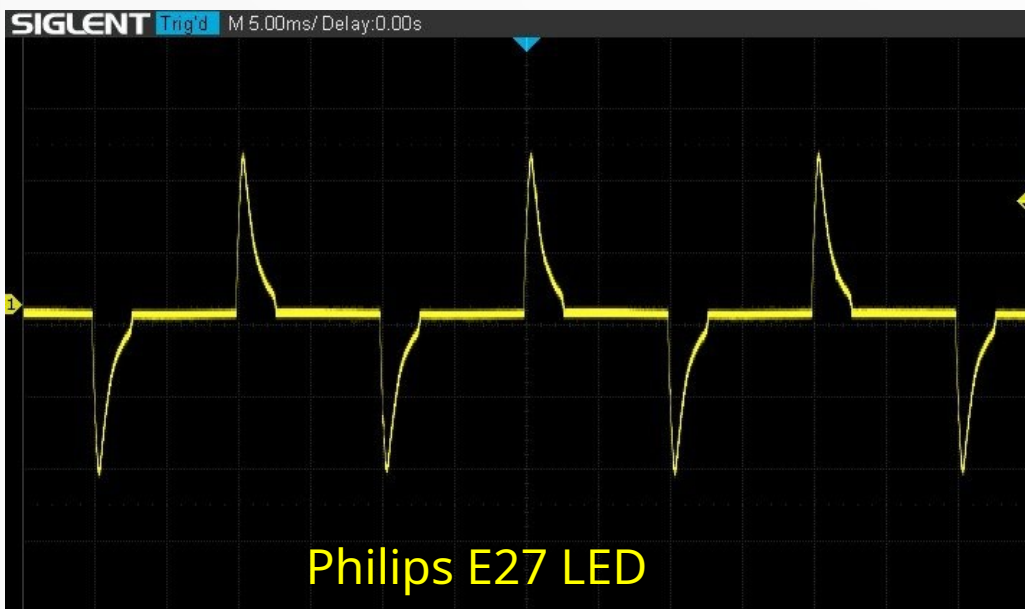
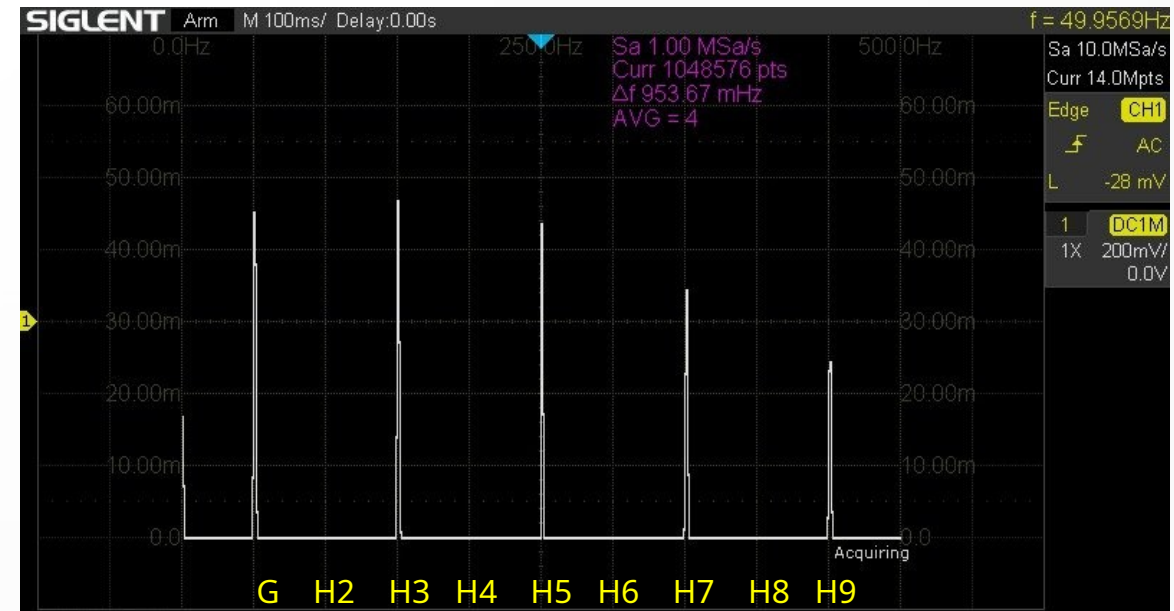
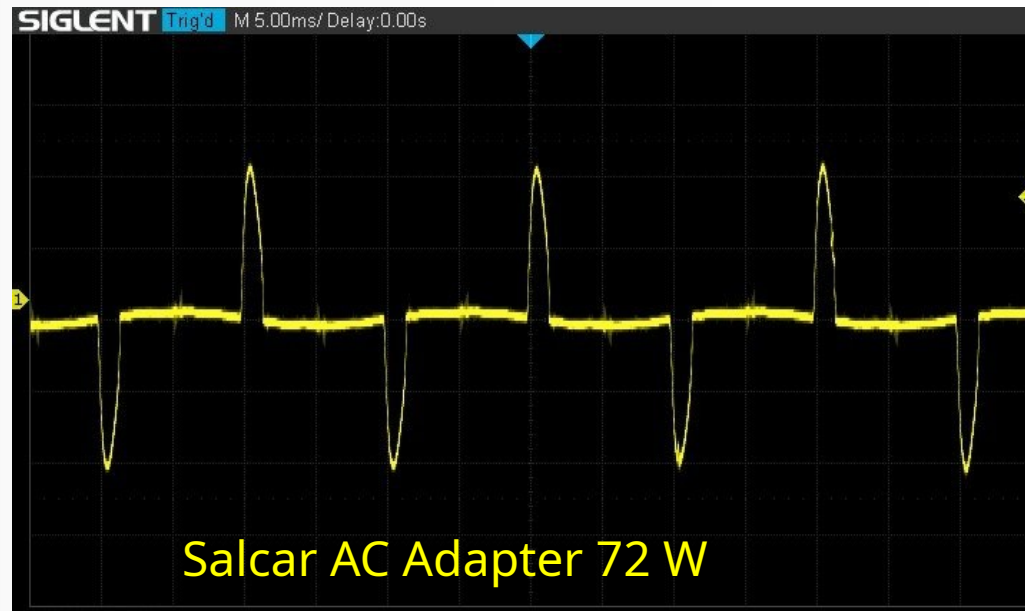
Kleiner Ausflug in die Messtechnik: Stromverläufen + Harmonische „Alte Welt“



Kleiner Ausflug in die Messtechnik: Stromverläufen + Harmonische „Alte Welt“



Kleiner Ausflug in die Messtechnik: Stromverläufen + Harmonische „Neue Welt“



Kleiner Ausflug in die Messtechnik: Stromverläufen + Harmonische „Neue Welt“

