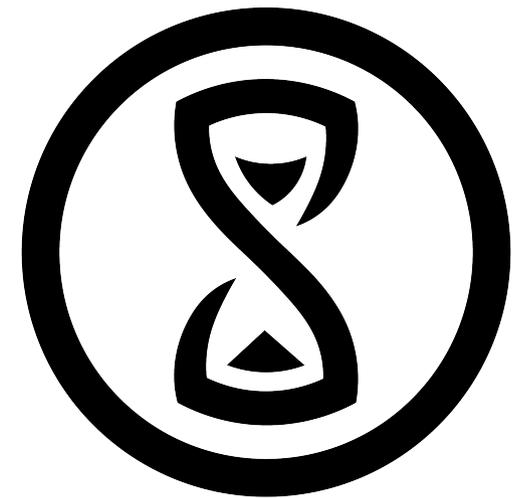


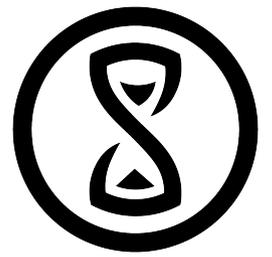
Leistungsmessung an Dreiphasenwechselstrom

Script zum Lightningtalk
Chrissi^, 11.2012



Stratum 0

Dreiphasenwechselstrom: Was?!

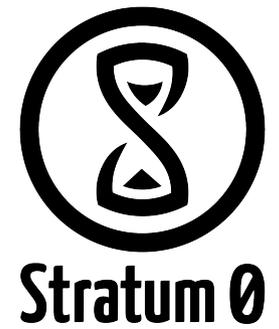


Stratum 0

- Viele Namen für das gleiche Ding:
Starkstrom, Kraftstrom, Drehstrom
- System für die Verteilung elektrischer Leistung
- Multipunkt-fähig: Viele Verbraucher, viele Erzeuger am gleichen Netz
- Typische Leiter: L1, L2, L3 [, N]

Welchselstrom

Für den Anfang eine Phase



- Spannungsverlauf auf einer Phase:

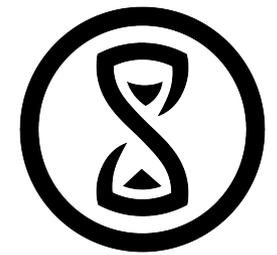
$$u(t) = \hat{U} \cdot \sin(\omega t + \varphi_U)$$

- Effektivwert in Europa: 230V
- Netzfrequenz: 50Hz

- Durch Anschließen einer Last bekommen wir einen Stromfluss:

$$i(t) = \hat{I} \cdot \sin(\omega t + \varphi_I)$$

- [[Strom / Spannungsverlauf 1 Phase]]



Stratum 0

Eine Phase etwas *komplexer*

- Etwas umgänglicher ist die Darstellung als komplexe Effektivwertzeiger:

- $\underline{U} = U_{eff} \cdot e^{j\varphi_U}$

- $\underline{I} = I_{eff} \cdot e^{j\varphi_I}$

- Hieraus wird die komplexe Scheinleistung definiert:

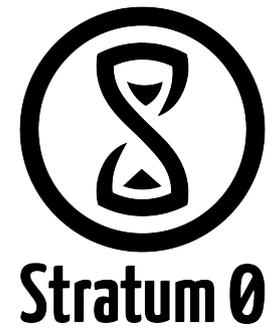
$$\underline{S} = \underline{U} \cdot \bar{\underline{I}}$$

- Und daraus die Wirk- und Blindleistung:

$$P = \Re \{ \underline{S} \}$$

$$Q = \Im \{ \underline{S} \}$$

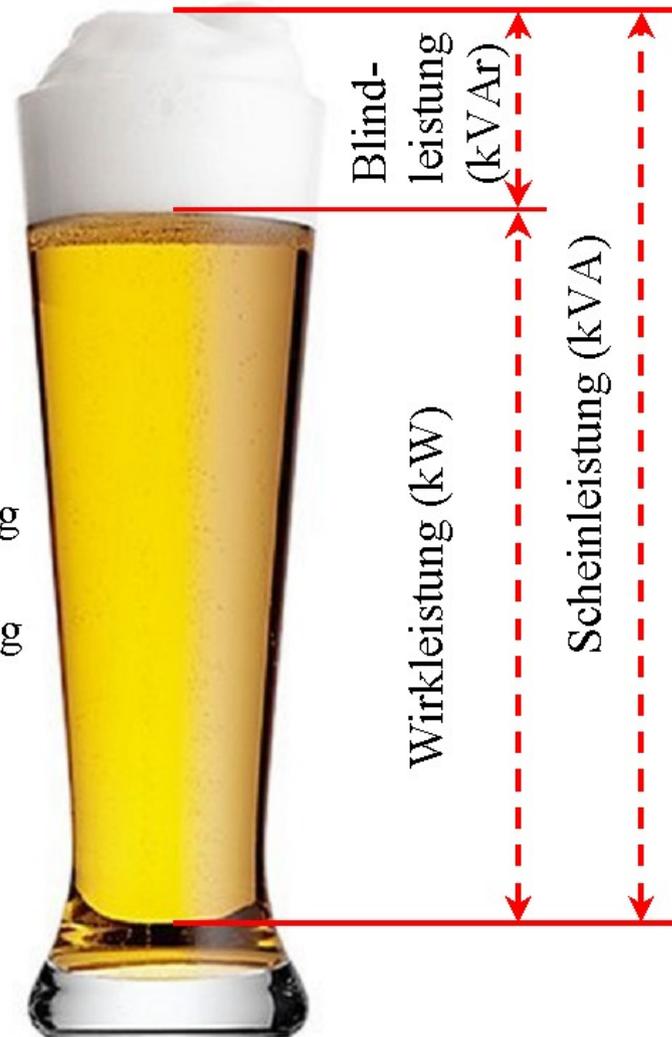
Wirkleistung, Blindleistung, Scheinleistung?



- Wirkleistung:
 - Entsteht, wenn Strom und Spannung *in Phase* sind.
 - Backöfen, Durchlauferhitzer, Glühlampen
- Blindleistung:
 - Entsteht, wenn Strom und Spannung nicht *in Phase* sind.
 - Bei kapazitiven oder induktiven Lasten
- [[1 Phase]]

Scheinleistung ist nicht alles...

Endlich eine vernünftige Erklärung zu Wirk-, Blind- und Scheinleistung auch für Nicht-Elektrotechniker



Bestimmung der Leistungen

- Augenblicks-Scheinleistung:

$$s(t) = u(t) \cdot i(t)$$

– Aber: Immer an das Bier denken!

- Bestimmung der Wirk- und Blindleistung über Phasenmessung:

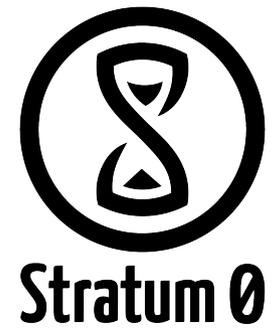
$$Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$$

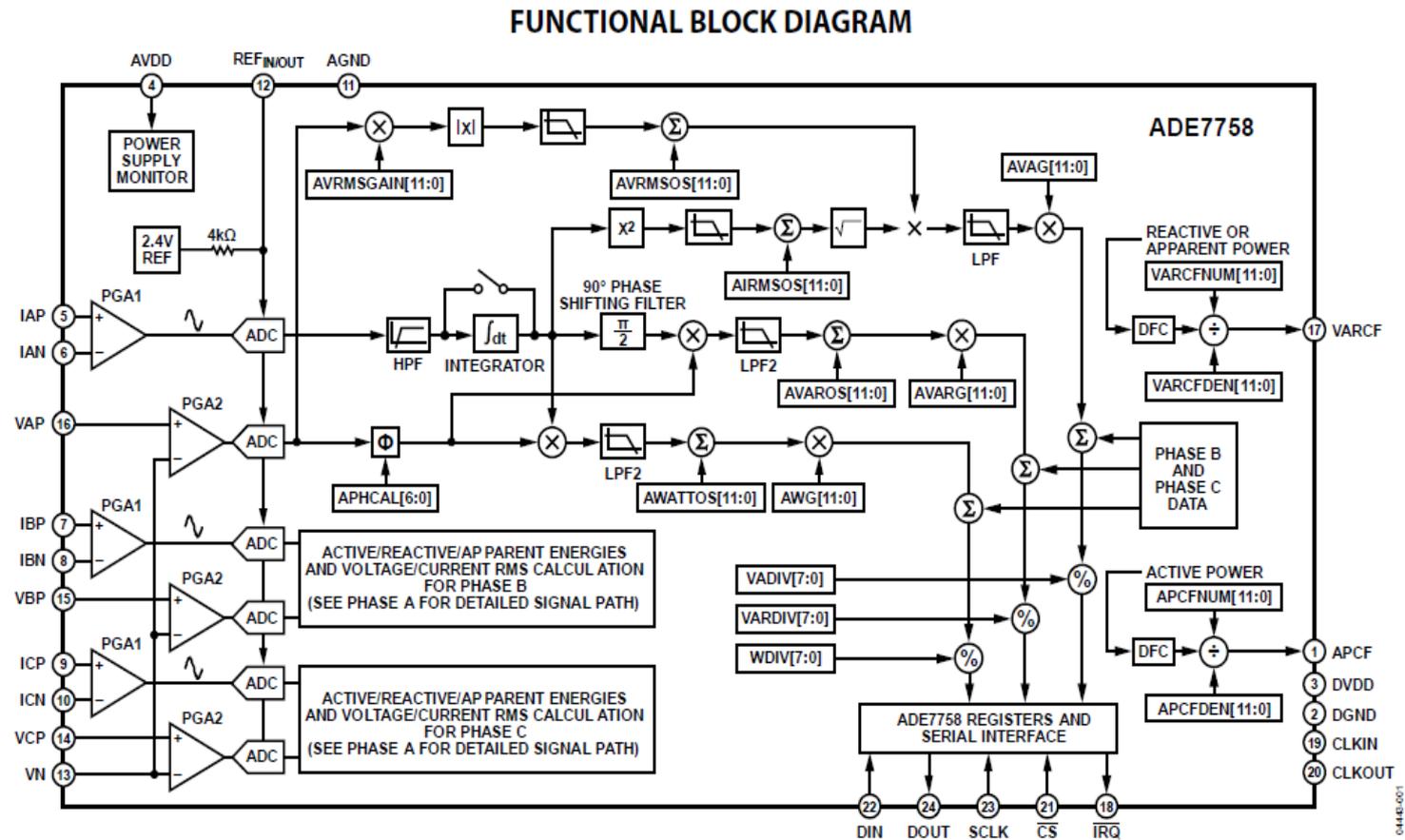
- Oder über Integration:

$$P = \overline{p(t)} = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt$$

Leistungsmessung mit ADE7758



- Die *eierlegende Wollmilchsau* zur Leistungsmessung:
 - Dreiphasig
 - Wirkleistung
 - Blindleistung
 - Netzfrequenz
 - Strom- / Spannungs Überwachung
 - SPI-Interface



ADE7758: Wirkleistungsmessung

- Je Phase:
- Ermittlung der Augenblicksleistung:

$$p(t) = u(t) \cdot i(t)$$
- Ermittlung des Gleichanteils des Signals über einen Tiefpassfilter:
- Rest-Ripple ist sinusförmig mit ca 100Hz.

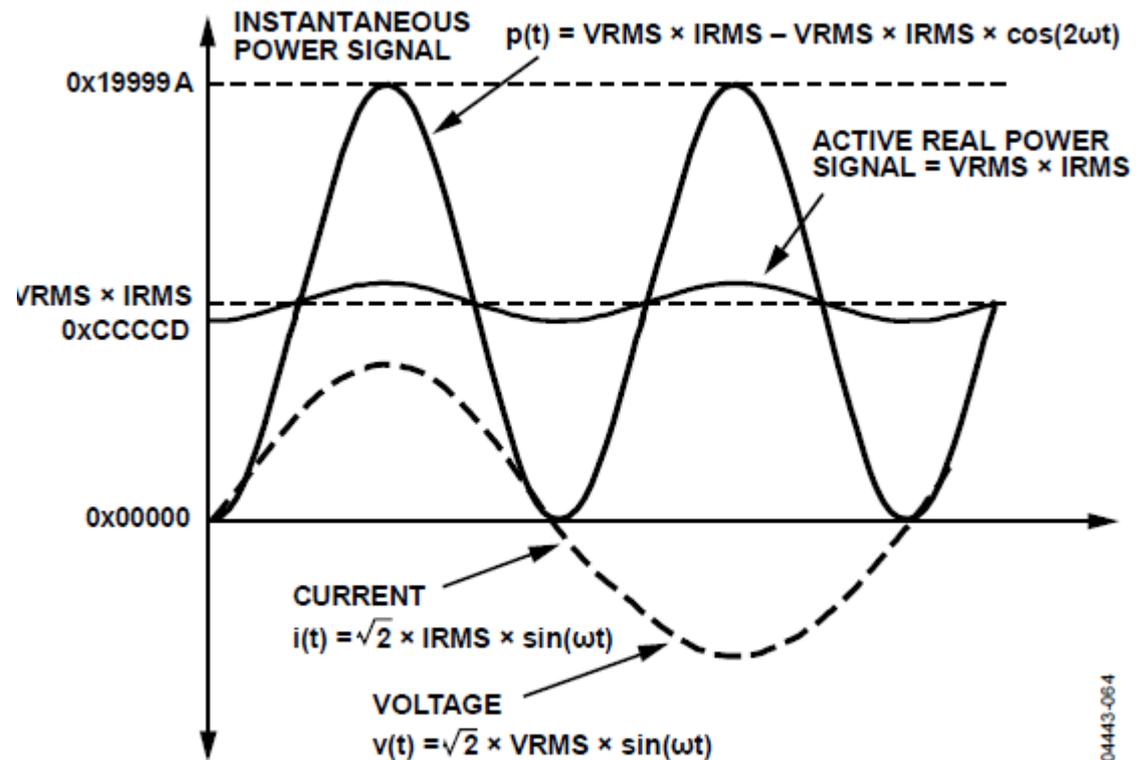
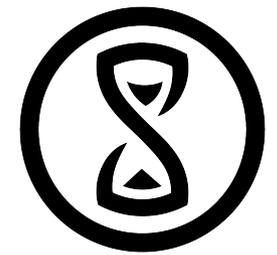


Figure 65. Active Power Calculation



Stratum 0

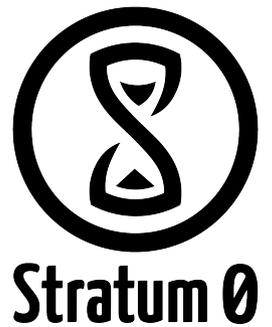
ADE7758: Leistung zur Energie

- ADE7758 addiert je Phase ständig die Augenblickswirkleistung $p(t)$ zu dem *Watthour-Registers*.
- Das entspricht einer diskreten Integration über $p(t)$:

$$E = \sum_{i=0}^{\infty} p_i \cdot \Delta t$$

- ... und mit ein wenig Logik kann man hieraus die SO-Bus Signale unseres Smart-Meters generieren

Zur Vollständigkeit:



- T. Mühl - „Einführung in die elektrische Messtechnik“ - Teubner Verlag
<http://www.amazon.de/Einf%C3%BChrung-elektrische-Messtechnik-Thomas-M%C3%BChl/dp/3835100947>
- Analog Devices - Datenblatt ADE7758
http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADE7758.pdf
- Linear Technology: LTSpice
<http://www.linear.com/designtools/software/>

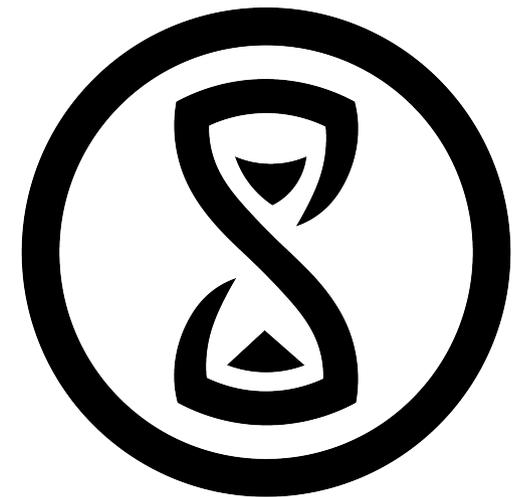
Vielen Dank

Chrissi^

IRC: chrissi^ @ freenode.net

Stratum0 e.V. - Braunschweig

stratum0.org



Stratum 0