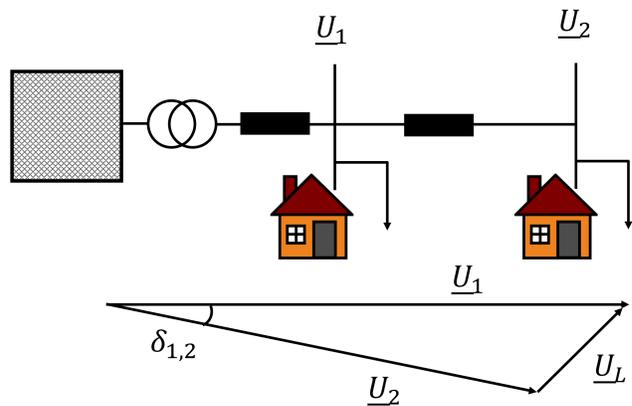


Konzept eines kostengünstigen GPS-synchronisierten Spannungsphasenwinkelmesssystems für Smart-Grid-Anwendungen

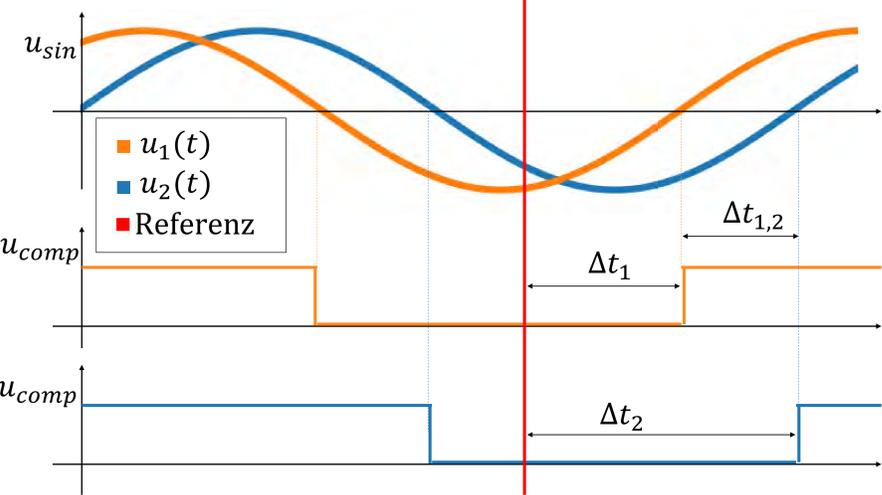
Christian Hotz, Tim Schäfer, Ashraf Ishag, Sergej Baum, Ingo Stadler, Eberhard Waffenschmidt, TH-Köln

Ziel: Messung eines Spannungsphasenwinkel e.g. zwischen zwei Haushalten in einer Straße

Elektrisches Modell des Straßenzuges:

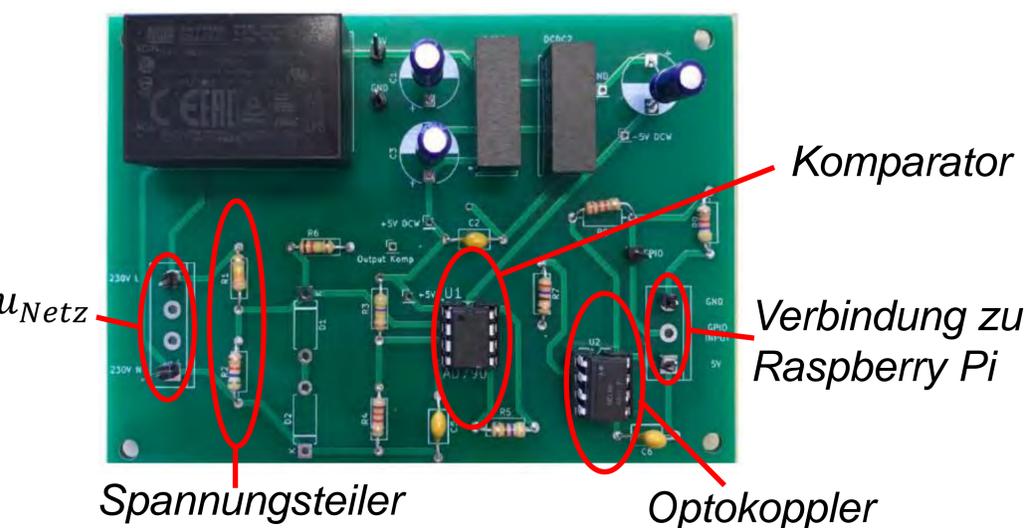


Der Phasenwinkel $\delta_{1,2}$ kann über den Phasenversatz der Sinusverläufe $u_1(t)$ und $u_2(t)$ bestimmt werden: $\delta_{1,2} = \omega_{Netz} \cdot \Delta t_{1,2}$

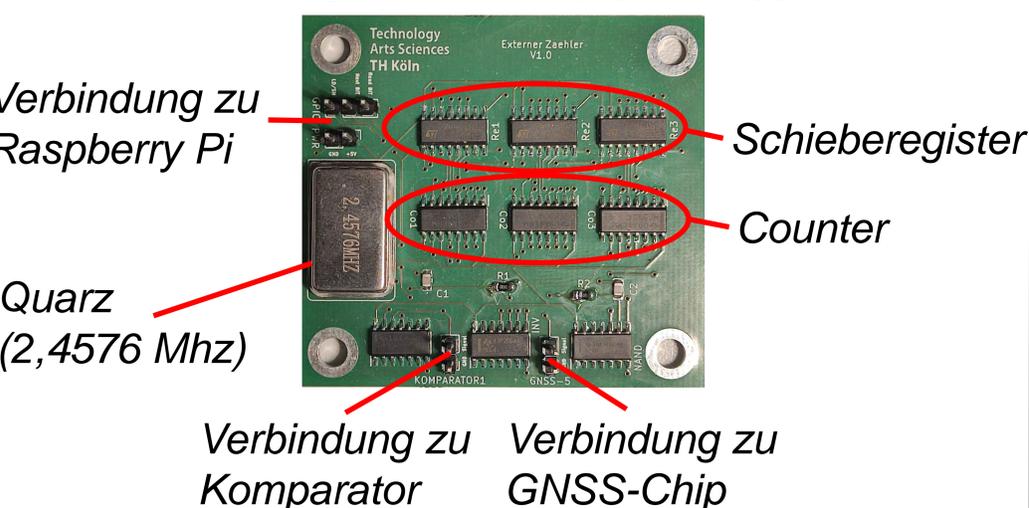


Das Referenzsignal wird vom GPS-Chip GNSS 5 Click erzeugt: der sekundliche PPS-Puls ist auf 50 ns präzise!

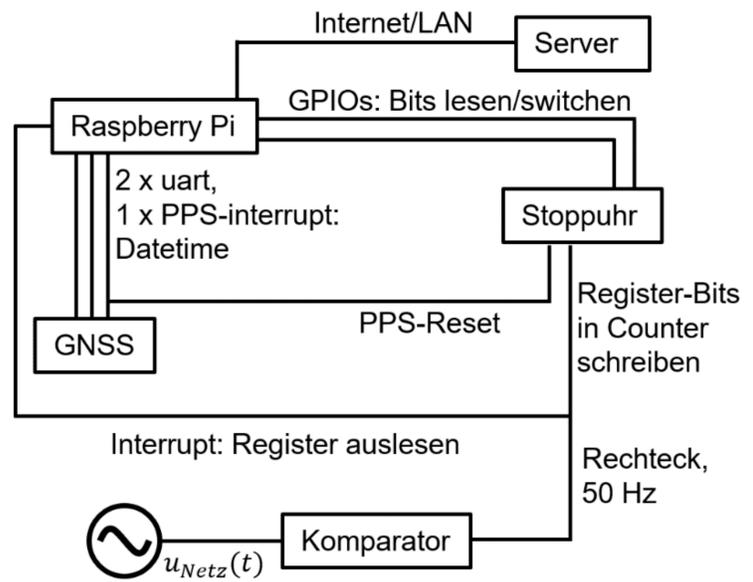
Das Rechtecksignal u_{comp} (5 V) wird über eine Komparatorschaltung realisiert:



Die Zeitmessung der Δt erfolgt per Stoppuhr-PCB:



Signalverbindungen an einem Messknoten:



Für jede Sekunde wird pro Knoten ein Messvektor aufgenommen:

Knoten:	1	Unix-Time:	1670961206
Daten [ms]:	[15.6816, 35.684, 55.6913, 75.6995, 95.7048, 115.7121, 135.7198, 155.7255, 175.7328, 195.7385, 215.7446, 235.7475, 255.7564, 275.7609, 295.769, 315.776, ...]		

Knoten:	2	Unix-Time:	1670961206
Daten [ms]:	[15.2629, 35.2686, 55.2743, 75.2783, 95.2877, 115.2922, 135.3003, 155.306, 175.308, 195.2124, 215.321, 235.3288, 255.3312, 275.341, 295.3438, 315.3487, ...]		

Per Regressionsgerade werden die Δt bestimmt:

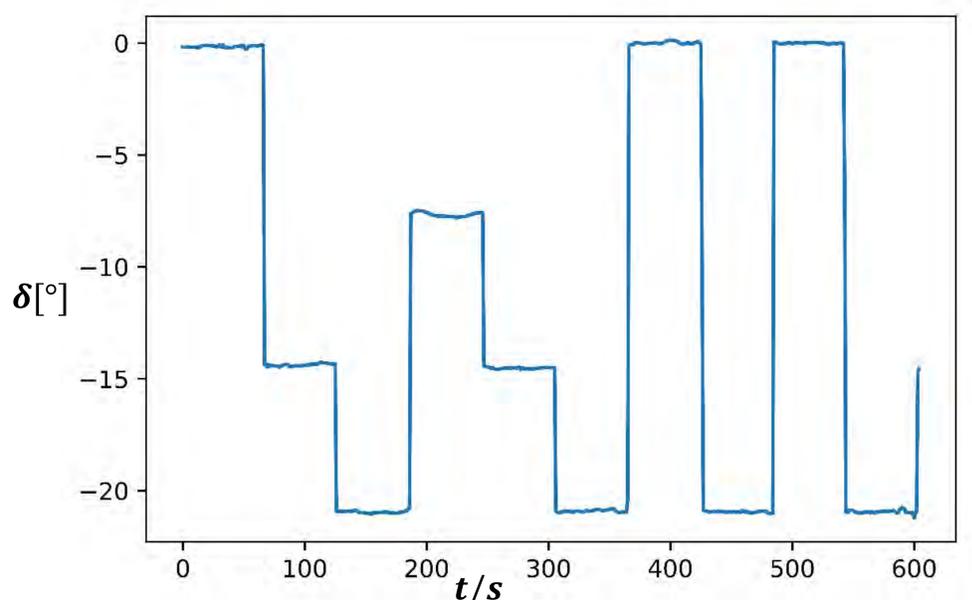
$$\Delta t_1 = 15,68 \text{ ms}$$

$$\Delta t_2 = 15,249 \text{ ms}$$

$$\Delta t_{1,2} = \Delta t_2 - \Delta t_1 = -431 \mu\text{s}$$

$$\delta = \Delta t_{1,2} \cdot 360^\circ / 20 \text{ ms} = -7,75^\circ$$

Eine Messreihe mit variierendem δ wird aufgenommen und aufbereitet:



Messpräzision: 0,1° bzw. 5%

Systemkosten:

Komponente	Kostenpunkt (ca.)
PCB	17 €
Bauteile	37 €
GPS-Chip: GNSS 5	61 €
Raspberry Pi 3B	35 €
Summe	150 €