Adaption und Validierung einer Low Cost µPMU zur Netzüberwachung im Niederspannungsnetz

Melina Gurcke, Kevin Timpe, Michael Kelker, Jens Haubrock

Fachhochschule Bielefeld Fachbereich Ingenieurwissenschaften und Mathematik

Institut für Technische Energie-Systeme (ITES)

EnInnov2022

17. Symposium Energieinnovation | 16.02.–18.02.2022

ites Institut der FH Bielefeld

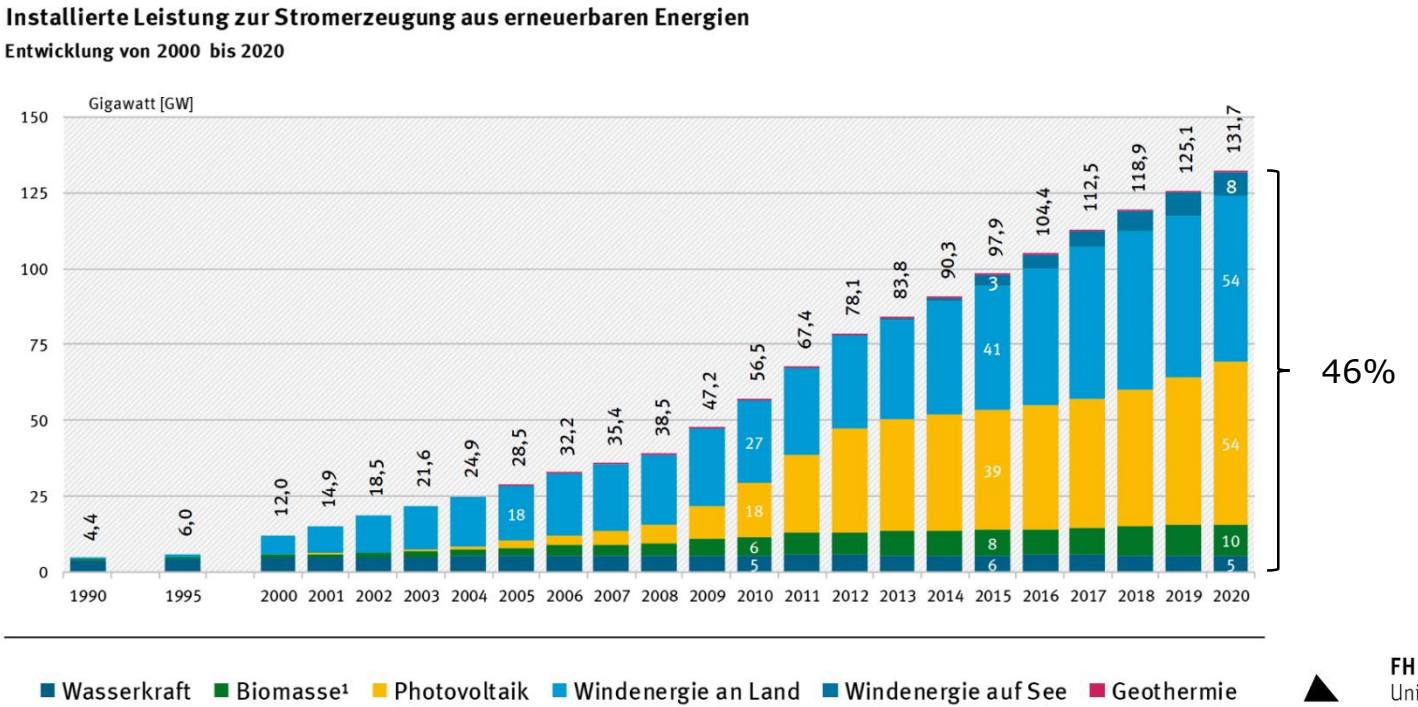
FH Bielefeld University of Applied Sciences

Agenda

1. Einleitung
2. µ-Phasor-Measurement-Unit (µPMU)
3. LOCO-µPMU System
4. Ergebnisse
5. Zusammenfassung und Ausblick

Einleitung
Entwicklung erneuerbarer Energien in Deutschland

Ziel EU: 40% der Stromerzeugung aus erneuerbare Energien bis 2030 [1]
Ziel D: 65% der Stromerzeugung aus erneuerbare Energien bis 2030 [2]

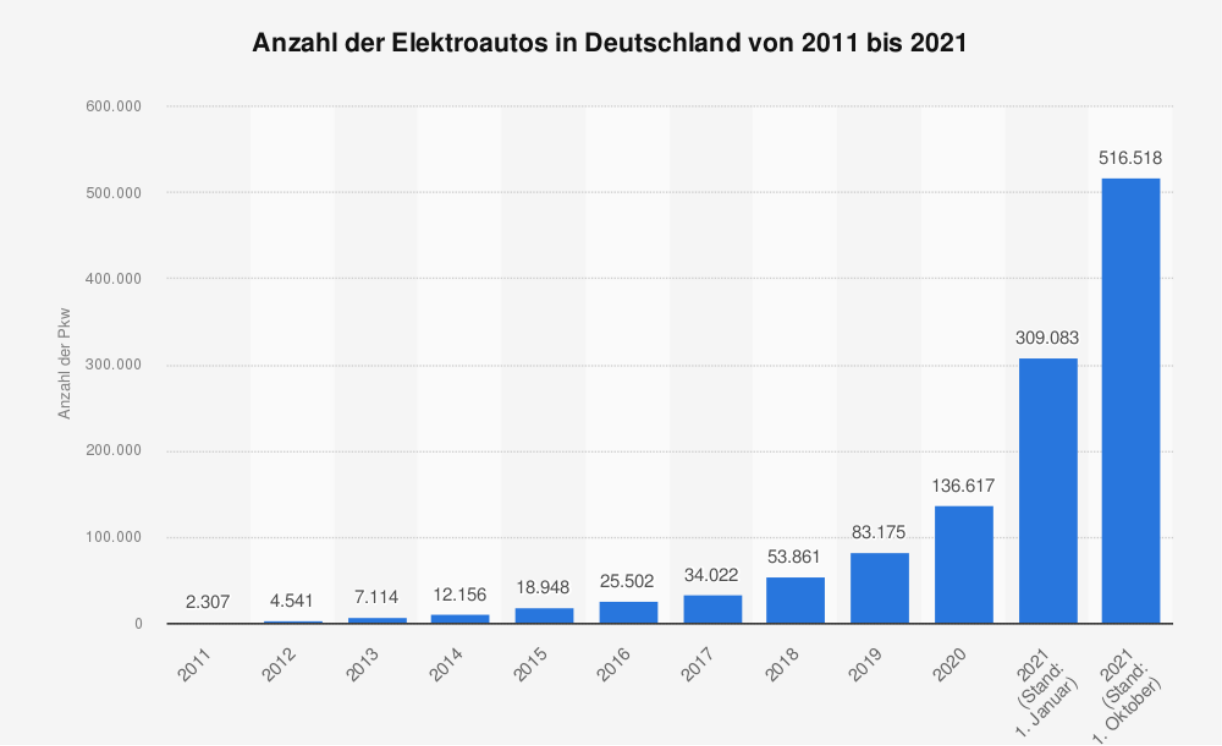


[3]

FH Bielefeld
University of
Applied Sciences

Einleitung
Entwicklung Anzahl der Elektrofahrzeuge in Deutschland

Ziel EU: Reduktion der Emissionen bei Neuzulassungen um 100% bis 2035 [1]
Ziel D: 7-10 Mio. Elektrofahrzeuge bis 2030 [2]



[4]

FH Bielefeld
University of
Applied Sciences

Einleitung
Herausforderungen für das elektrische Netz

- Zuwachs an dezentralen erneuerbaren Energien und Elektrofahrzeugen, sowie politischen Zielsetzungen
- Veränderung des Lastflusses vom klassischen vertikalen zum horizontalen
- Probleme die Spannungsqualität in der Niederspannung zu gewährleisten
- Keine Messdaten und Eingangsgrößen für Steuerungen auf Niederspannungsebene vorhanden
- Notwendigkeit von günstigerer Messtechnik auf Niederspannungsebene

FH Bielefeld
University of
Applied Sciences

µ-Phasor Measurement Units (µPMUs)
Low Cost µPMUs

- Phasor-Measurement-Units (PMUs) messen Strom- und Spannungszeiger in Größe und Phase

- zeitliche Synchronisation der Messdaten von verschiedenen Messpunkten mittels GPS

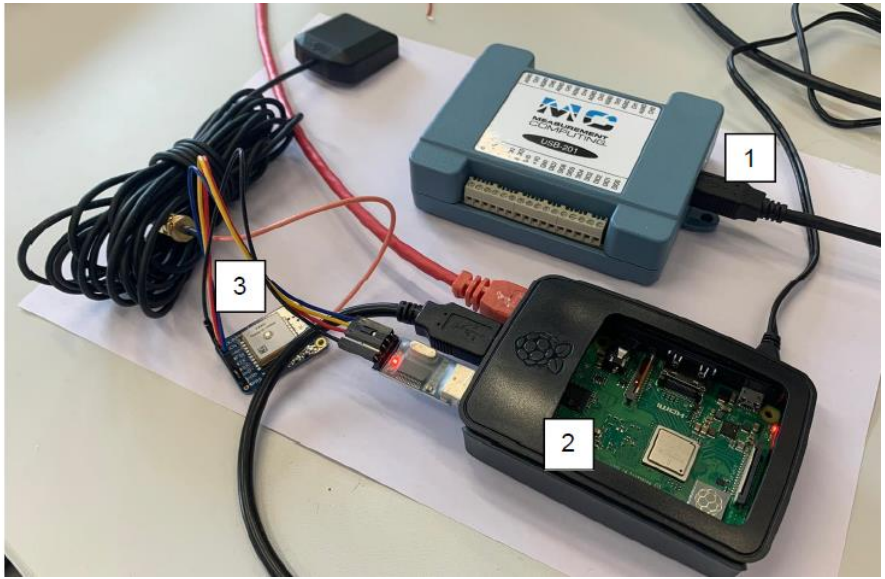
- µPMUs sind für das Verteilnetz angepasste PMUs
  - Höhere Abtastrate
  - Kleiner
  - Kostengünstiger (Low Cost)

- Anwendung: intelligente Ladesäule und Netzknoten

FH Bielefeld
University of
Applied Sciences

LOCO-µPMU System
Hardware Komponenten

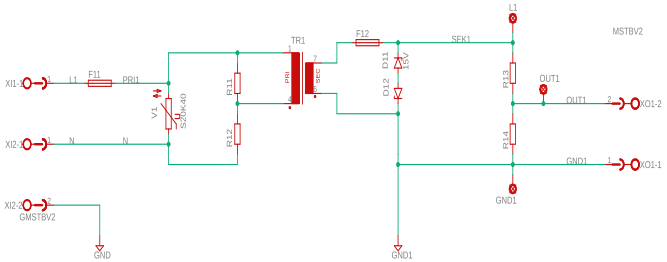
- AD-Wandler (1):
  - Datenerfassung (+/- 10 V; bis zu 100 kS/s)
  - Getriggert durch PPS
  - Sendet Daten über USB an RPI
- Raspberry PI 3 (2):
  - Berechnung Phasor, Frequenz, ROCOF
  - Konfiguration Datenerfassung und GPS
- GPS-Modul (3):
  - Übergibt Zeitstempel an RPI
  - Übergibt PPS an AD-Wandler



FH Bielefeld
University of
Applied Sciences

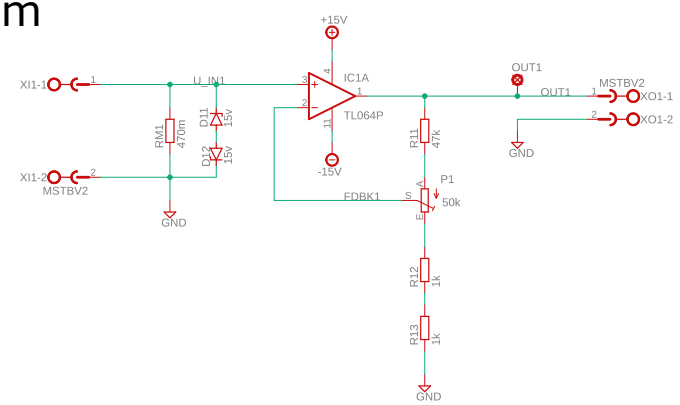
LOCO-µPMU System
Hardware Wandler

Spannung



- Transformator und Spannungsteiler
- Übersetzungsverhältnis: 1V/28,3mV

Strom

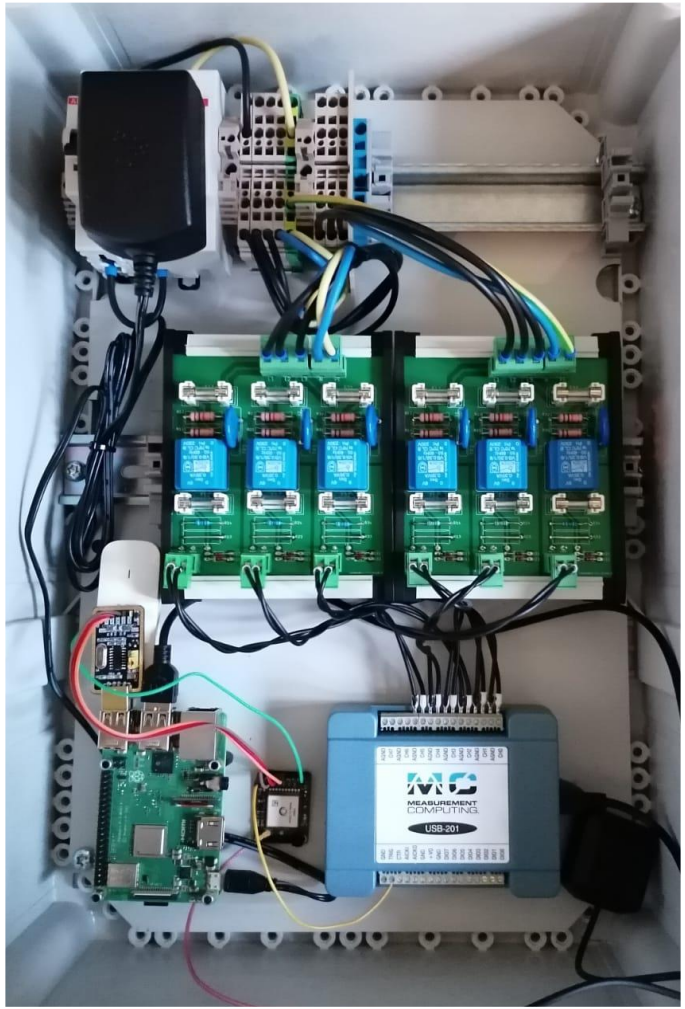


- Kabelumbauwandler und Messshunt
- Übersetzungsverhältnis: 1A/32,5mV

FH Bielefeld
University of
Applied Sciences

LOCO-µPMU System
µPMU intelligente Ladesäule

- Einbau in Ladesäule
- Messung von zwei Ladepunkten
- Anpassung Eingangsdaten auf Niveau des Analogeingangs des AD-Wandlers von +/-10 V
- Datenübertragung an Broker über LTE

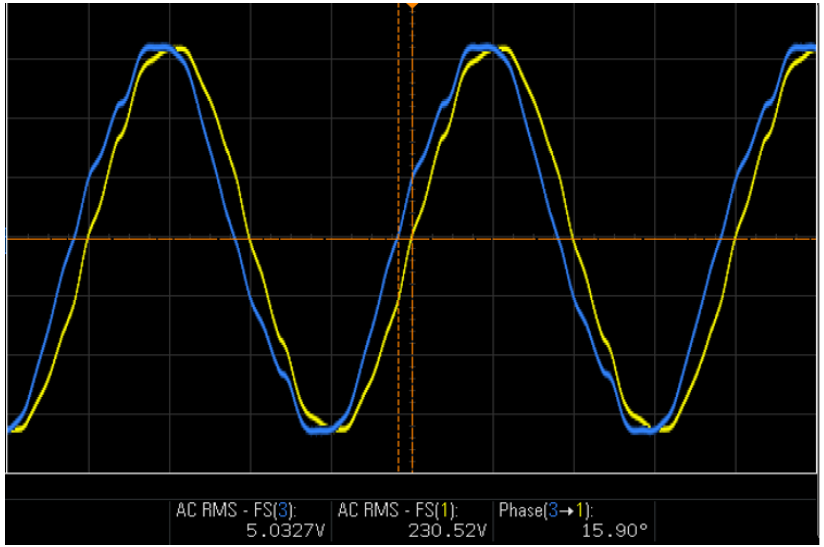


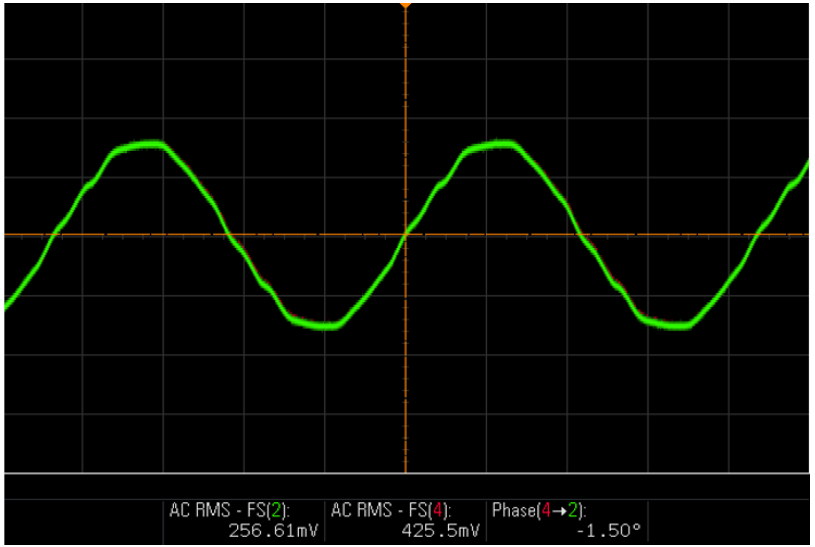
FH Bielefeld
University of
Applied Sciences

LOCO-µPMU System
Software

- Open-Source-Software LOCO-Villas der RWTH Aachen [5]
- Korrektur des Übersetzungsverhältnisses der Wandler
- Anwendung diskreter Fourier-Transformation (DFT) → Signal extrahieren
- Berechnung von:
  - Frequenz
  - Rate of Change of Frequency (ROCOF)
  - Phasor
  - RMS

Ergebnisse
Wandlergenauigkeit





links: Netzspannung (gelb) und Spannungsplatine (blau)
rechts: Stromzangen Oszilloskop (rot) und Strommessplatine (grün)

FH Bielefeld
University of
Applied Sciences

Ergebnisse
µPMU Genauigkeit

- Validierung Spannung und Frequenz mit KEYSIGHT DSOX1204G-Oszilloskop
- Validierung Phasenwinkel mit OpalRT
- im Durchschnitt keine signifikanten Abweichungen

Abweichung	Spannung	Frequenz	Phasenwinkel
Maximum	0,73 %	0,06 %	4,00 %
Durchschnitt	0,52 %	0,02 %	1,83 %

FH Bielefeld
University of
Applied Sciences

Zusammenfassung und Ausblick

- LOCO-µPMU zur Netzüberwachung im Niederspannungsnetz ist erweitert und validiert worden
- keine signifikanten Abweichungen bei den Messungen mit den µPMUs im Vergleich zum Oszilloskop und dem OpalRT
- Eine Validierung im Feld muss noch erfolgen
- Optimierend sind die Spannungsanpassung und das Kommunikationsgateway

FH Bielefeld
University of
Applied Sciences

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Kontakt:

Melina Gurcke, B.Eng.
Fachhochschule Bielefeld
Institut für Technische Energie-Systeme
Kurt-Schumacher-Str. 6
33615 Bielefeld

E-Mail: melina.gurcke@fh-bielefeld.de
Telefon: +49.521.106-70981

FH Bielefeld
University of
Applied Sciences

Referenzen

[1] Europäische Kommission, "Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen", Brüssel, Juli 2021

[2] Bundesregierung Klimaschutzprogramm 2030 [Online] https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzprogramm-2030-1673578 [letzter Zugriff 06. Januar 2021]

[3] Umweltbundesamt, Erneuerbare Energien in Zahlen [Online] https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#strom [letzter Zugriff: 09.02.2022]

[4] Statista, Anzahl der Elektroautos in Deutschland von 2011 bis 2021 [Online] https://de.statista.com/statistik/daten/studie/265995/umfrage/anzahl-der-elektroautos-in-deutschland/ [letzter Zugriff: 09.02.2022]

[5] A. Angioni, G. Lipari, M. Pau, F. Ponci und A. Monti, „A Low Cost PMU to Monitor Distribution Grids," IEEE International Workshop on Applied Measurements for Power Systems (AMPS), 2017.