

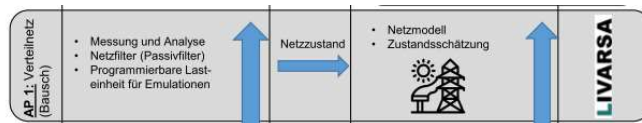
ENERGY DATA engineering

Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch

Basics und Anwendungen

Zu meiner Person ...

- **Professur: Elektrische Maschinen und Anlagen**
 - Elektrische Maschinen und Anlagen
 - Elektrotechnik I & II
 - Angewandte Informatik, Grundlagen der Informatik
 - Data Engineering and Management with IoT Devices
- **Studiendekan:** Masterstudiengang Renewable Energy and Data Engineering
- **Forschung am INES***
Forschungsgruppe: Intelligente Energienetze
 - MOBCOM – Modell based condition monitoring
 - iFEMA -Integrale Forschung Energie für Elektromobilität: Vom Modell zur Anwendung



*Institut für nachhaltige Energiesysteme an der Hochschule Offenburg

Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch

Studium: Elektrotechnik / Informatik Universität
Karlsruhe

Promotion zum Thema: Datenübertragung auf
Energieverteilnetzen

Professor an der Hochschule Offenburg

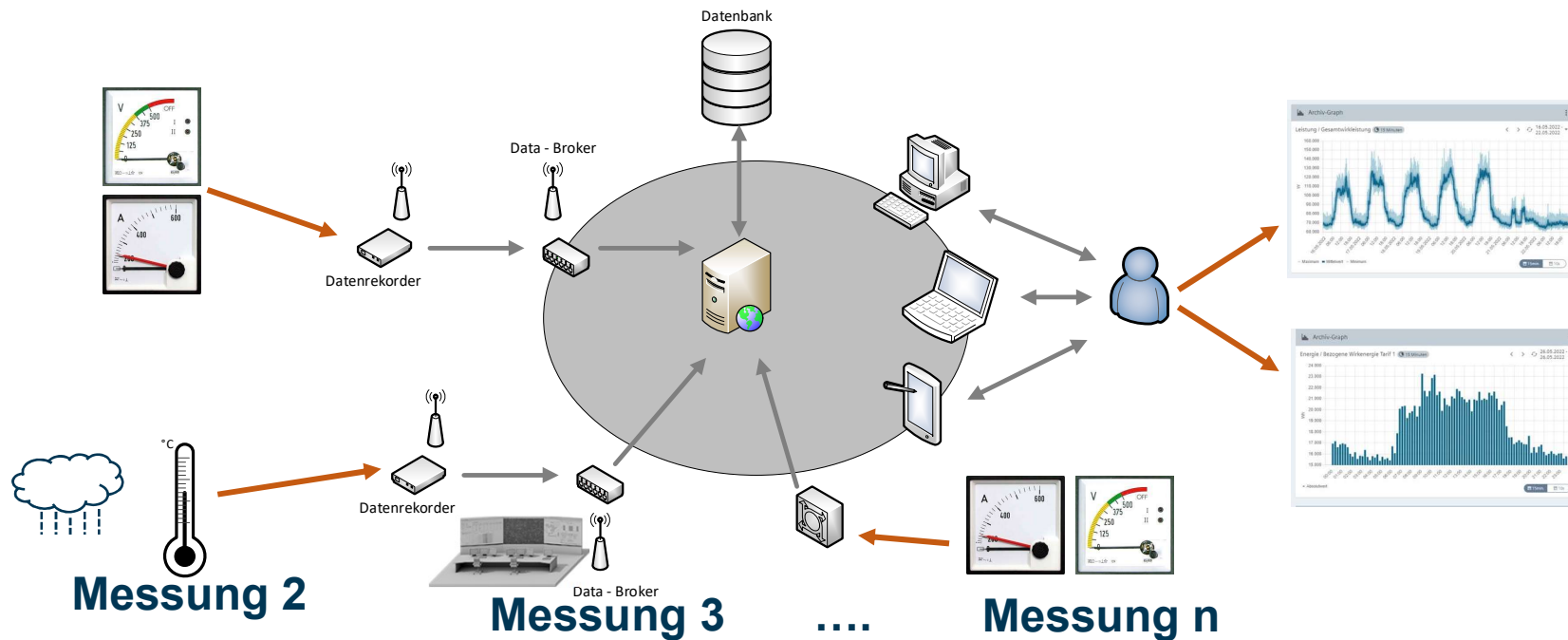
Siemens AG, Erlangen/Nürnberg:

- Projektleiter Umspannwerke
Hochspannung
- Produktmanagement: Gasisolierte
Hochspannungsschaltanlagen,
Verteiltransformatoren
- Business Portfolio Management

Fraunhofer ISI, Karlsruhe

Worum es heute geht ...

Energy Data Engineering ↔ die technische Be- und Verarbeitung von Energiedaten



19. Oktober 2022

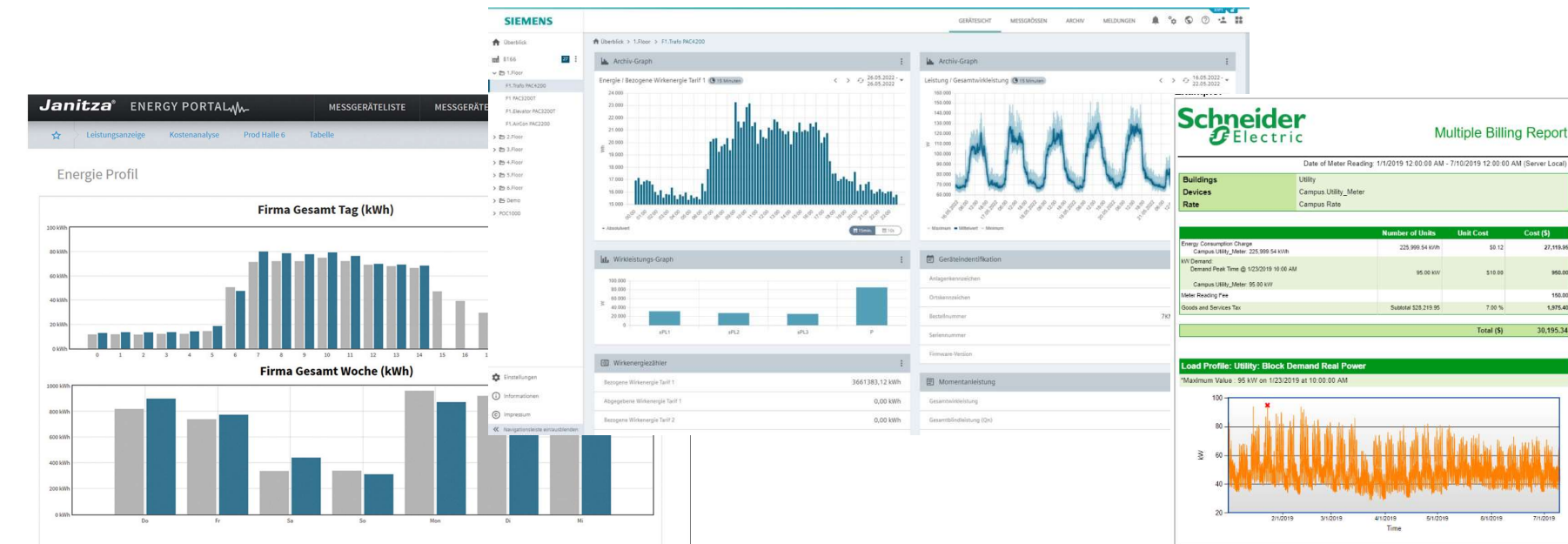
Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

4

Quellen: <https://www.klauspoetter.com/downloads/de-Liste-7-Schalttafeleinbauinstrumente.pdf> / http://bn.ch/HomePageSchule/Schule/GIBZ/22_Messinstrumente_Messtechnik/22_Messinstrumente_Messtechnik.pdf / <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:9ace49dc-d35b-4d7d-b823-28b6d9e1f4d4/width:1125/quality:high/7kn-powercenter-3000-energiedaten-visualisierung.jpg>

Nahezu jeder “sammelt” Daten

... und zu welchem Zweck?



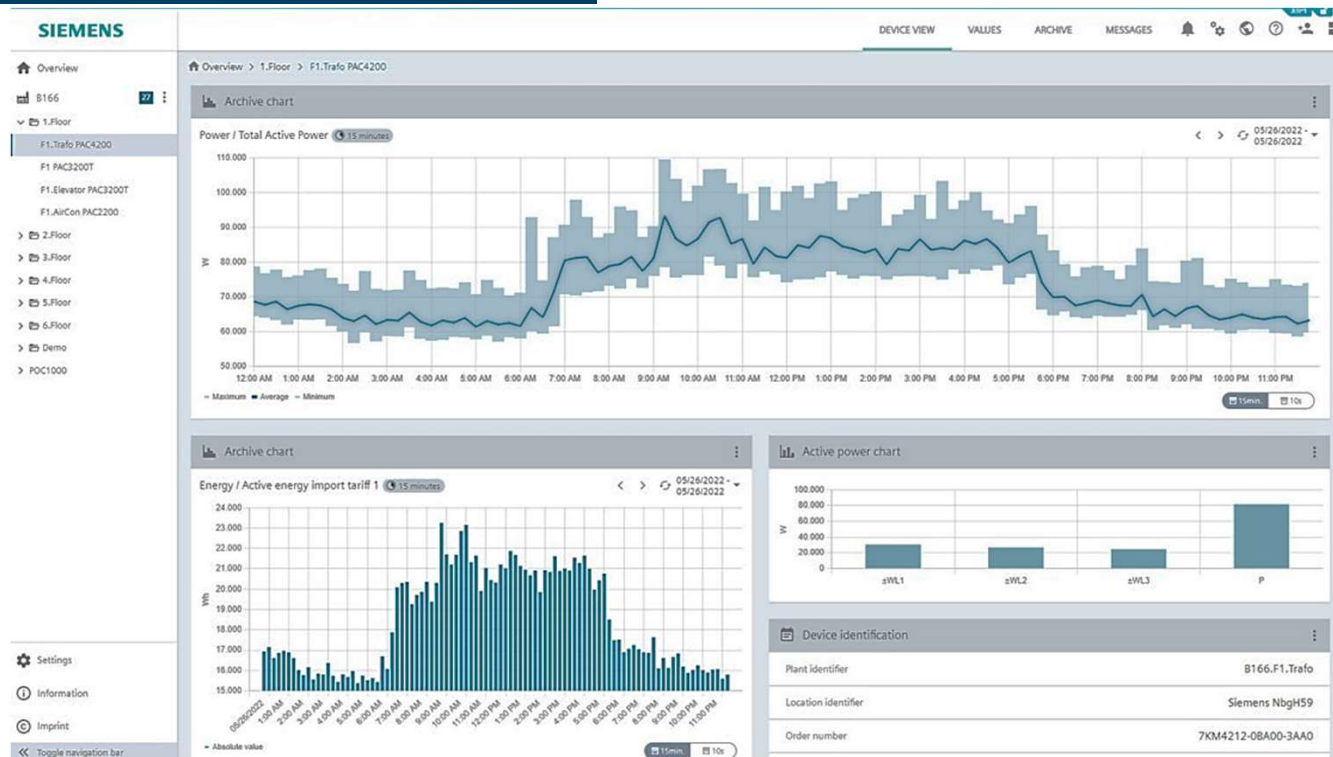
19. Oktober 2022

Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

5

Quellen: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File_Name=7EN02-0472-00.pdf&p_Doc_Ref=7EN02-0472, <https://www.janitza.de/files/topics/products/Software-und-IT-Loesungen/Energy-Portal/Janitza-Energy-Portal-Dashboard-Beispiel-04.jpg>, <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:9ace49dc-d35b-4d7d-b823-28b6d9e1f4d4/width:1125/quality:high/7kn-powercenter-3000-energiedaten-visualisierung.jpg>

Nahezu jeder “sammelt” Daten

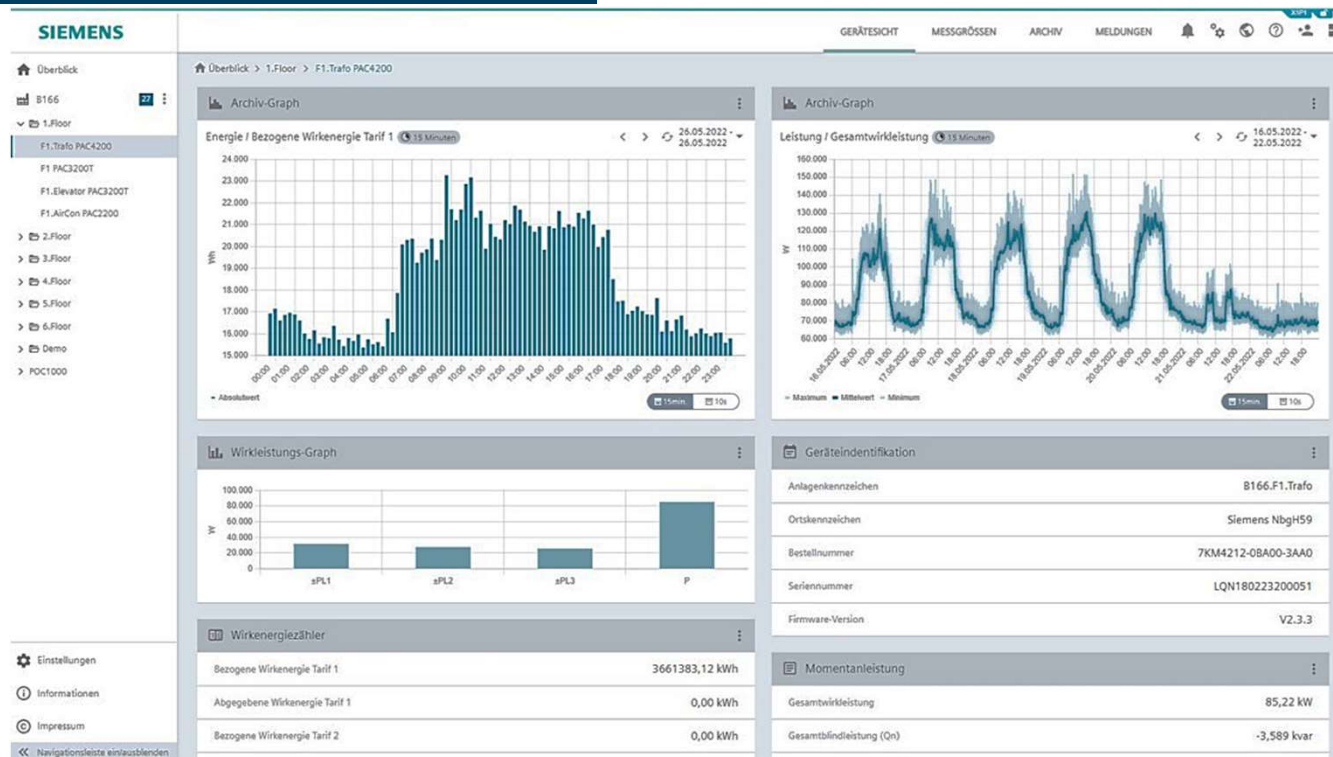


19. Oktober 2022

Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

Quellen: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:7b2b6dfb-1a9b-445a-b809-55487da084df/width:1125/quality:high/7kn-powercenter-3000-dashboar.jpg>

Nahezu jeder “sammelt” Daten

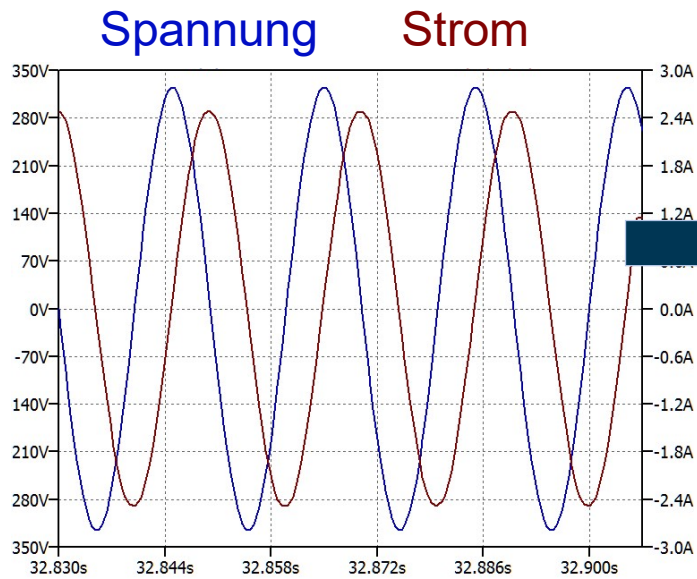


19. Oktober 2022

Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

Quellen: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:9ace49dc-d35b-4d7d-b823-28b6d9e1f4d4/width:1125/quality:high/7kn-powercenter-3000-energie-daten-visualisierung.jpg>

Spannung und Strom, die Basis für alles



19. Oktober 2022

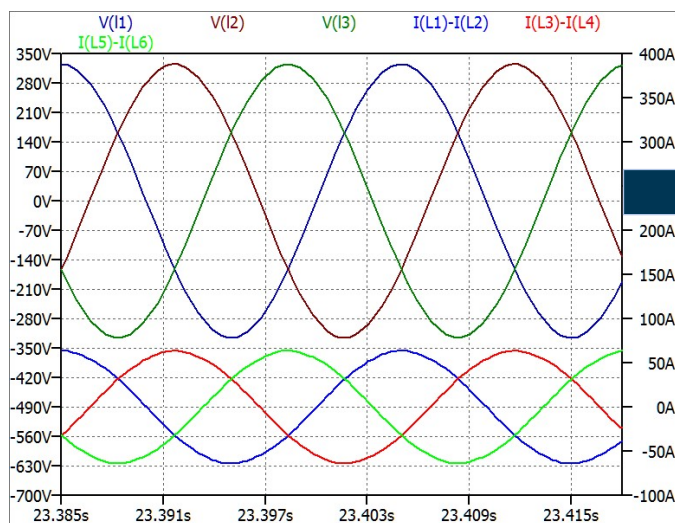
Quellen: <https://struband.net/jeder-mag-fancy-dashboards/>

Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

8

Spannung und Strom, die Basis für alles

Die ideale Welt – 3-phasig



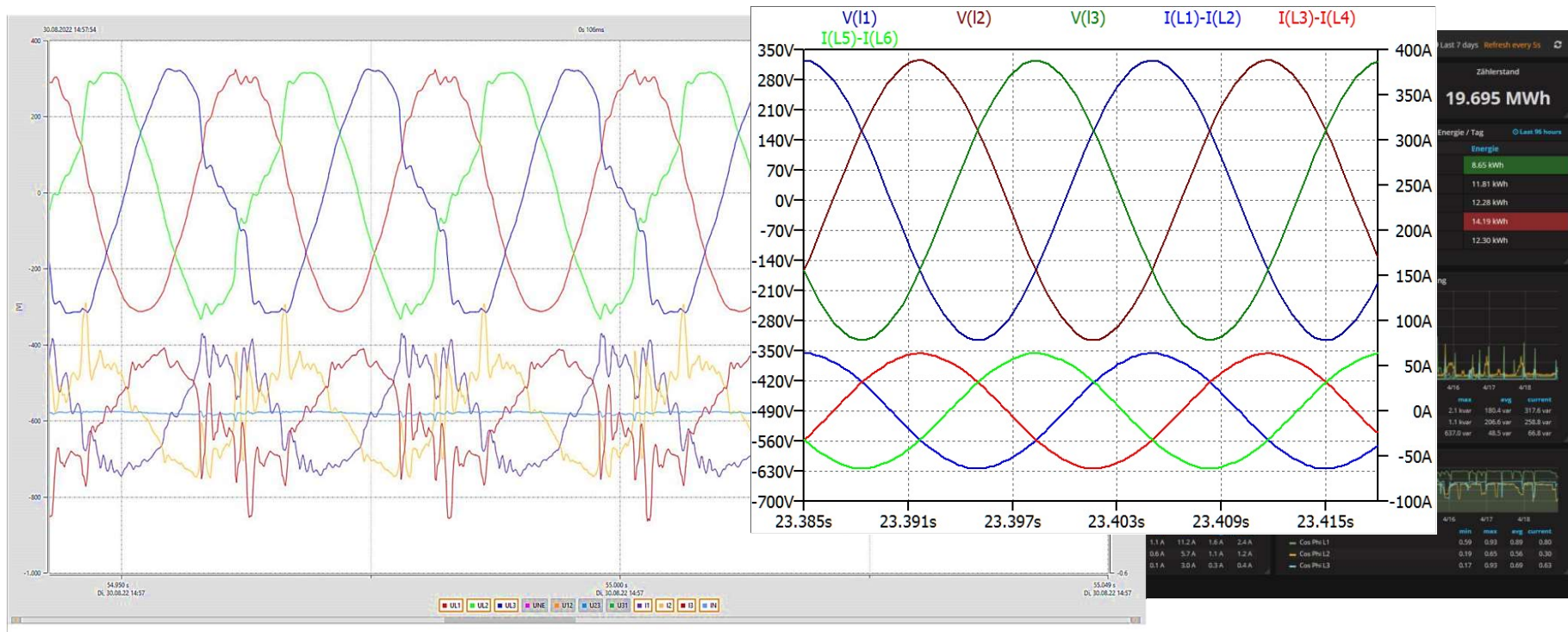
19. Oktober 2022

Quellen: <https://struband.net/jeder-mag-fancy-dashboards/>

Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

9

Spannung und Strom, die Realität



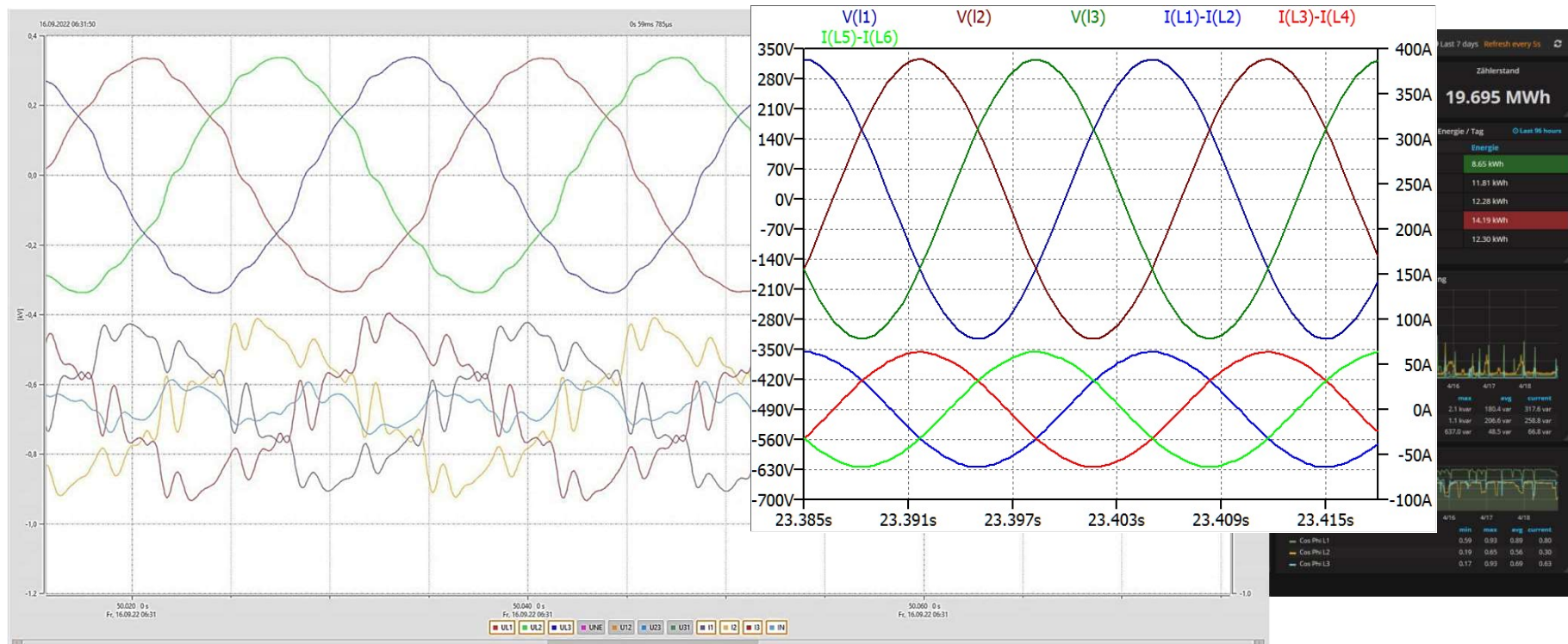
19. Oktober 2022

Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

Quellen: Janitza Alexander Lang, <https://struband.net/jeder-mag-fancy-dashboards/>

10

Spannung und Strom, die Realität



19. Oktober 2022

Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

Quellen: Janitza Alexander Lang, <https://struband.net/jeder-mag-fancy-dashboards/>

Energiehandel

Primärregelleistung im Reservestrom-Markt

Basis:

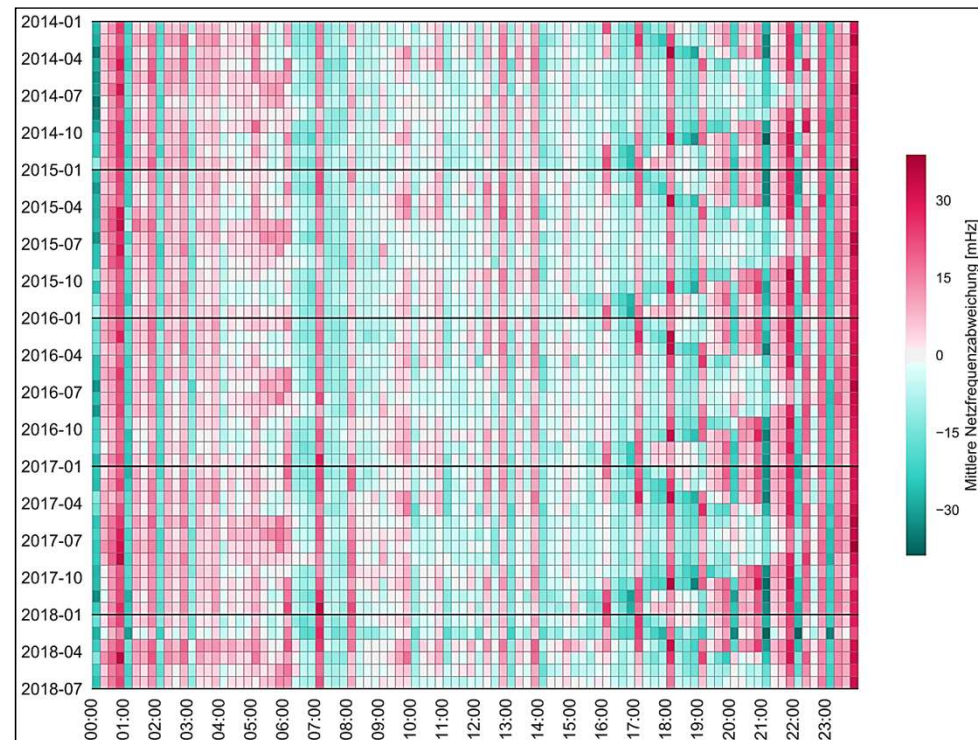
Energiedatenmonitoring der
Bundesnetzagentur
(<https://www.smard.de>)

Netzfrequenzschwankungen

- 15 min. Slots über 24 Std.

Regelanforderungen

- Reaktionszeit: 30 Sek.
- Limits 50 Hz $\pm$ 0,2 Hz



Energiehandel

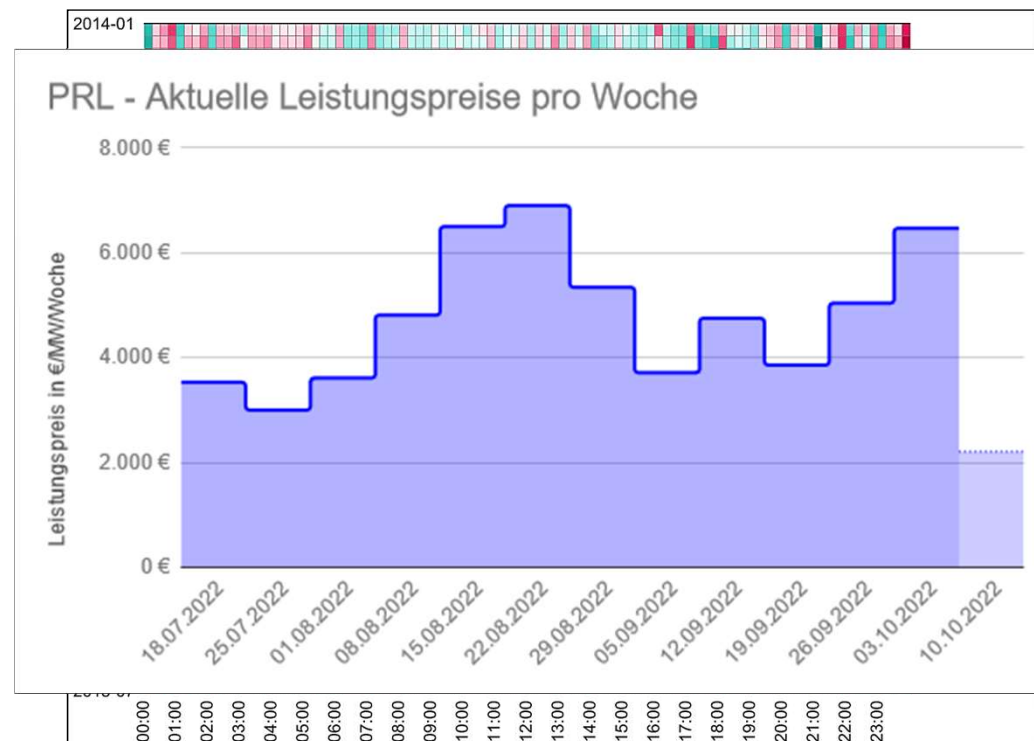
Primärregelleistung im Reservestrom-Markt

Basis:

Energiedatenmonitoring der
Bundesnetzagentur
(<https://www.smard.de>)

Business-Modell

- Fehlende Leistung ausgleichen
- Überangebot abfangen
- Bis über € 7,-- / Kilowattstunde



19. Oktober 2022

Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

Quellen: Prädiktives Lademanagement von Batteriespeichern im Primärregelleistungsmarkt. Lopez, Bausch, Janson, Elsland, e.t. Energietechnische Tagesfragen, 1-2/2019, VDE-Verlag, 2019 (<https://emagazin.et-magazin.de/de/profiles/cb1a7fd451c4/editions/2374cf229e3229f1bc25>)

13

Energiehandel

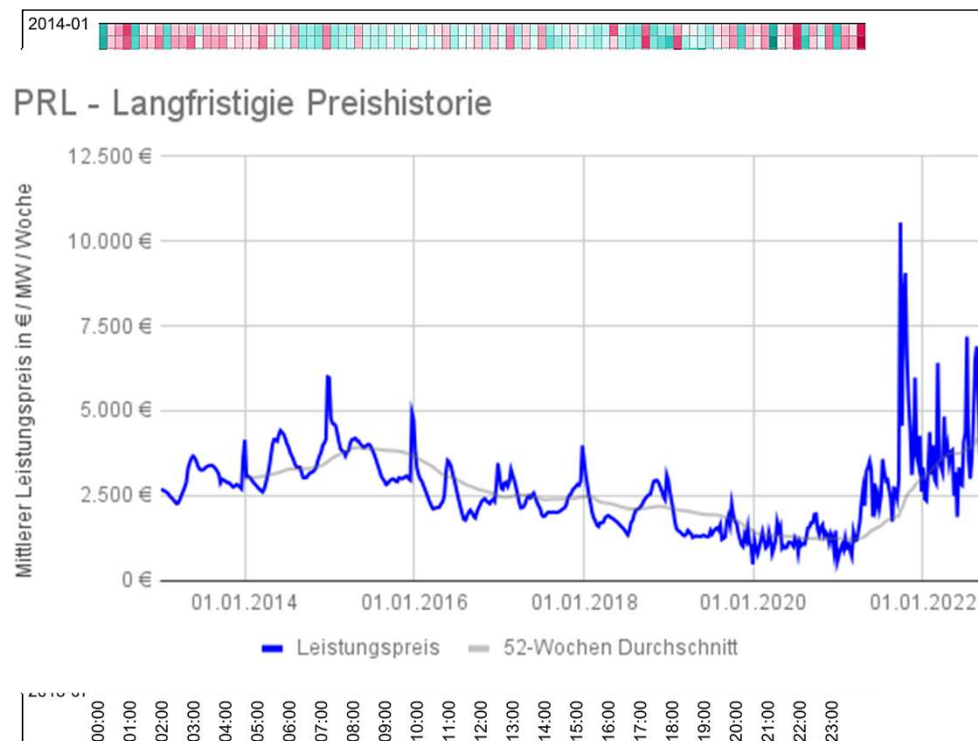
Primärregelleistung im Reservestrom-Markt

Basis:

Energiedatenmonitoring der
Bundesnetzagentur
(<https://www.smard.de>)

Business-Modell

- Fehlende Leistung ausgleichen
- Überangebot abfangen
- Bis über € 7,-- / Kilowattstunde



19. Oktober 2022

Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

Quellen: Prädiktives Lademanagement von Batteriespeichern im Primärregelleistungsmarkt. Lopez, Bausch, Janson, Elsland, e.t. Energietechnische Tagesfragen, 1-2/2019, VDE-Verlag, 2019 (<https://emagazin.et-magazin.de/de/profiles/cb1a7fd451c4/editions/2374cf229e3229f1bc25>)

14

Energiehandel

Primärregelleistung im Reservestrom-Markt

Business-Modell

- Fehlende Leistung ausgleichen
- Überangebot abfangen
- Bis zu € 7,-- / Kilowattstunde

Die Lösung: Lithium-Ionen Speicher

- Hohe Kapazität
- Schnelle Lade-/Entladefähigkeit
- Einfache Steuerung
- Anschluss am Hochspannungsnetz
- Vergleichbare Halbleiter-Technologie wie bei HGÜ-Strecken



Energiehandel

Primärregelleistung im Reservestrom-Markt

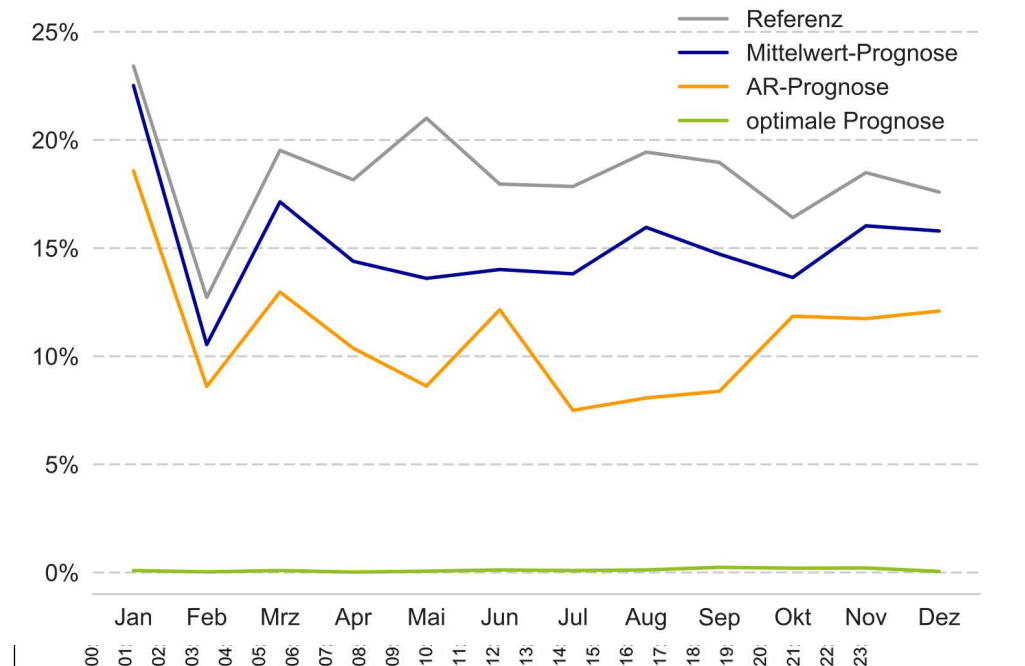
OPTIMIERUNG

- Historische Daten als Blue-Print für das Frequenzverhalten
- Prognose der Frequenz
- Idealisiertes Vorhalten von Leistung und Aufnahmekapazität

Variante Lademanagement	Optimierung
Referenz	-
Mittelwert-Prognose	1,6%
AR-Prognose	5,9%
Optimale Prognose	13,1%

Ausblick: KI, selbstlernende Algorithmen

Zeitanteil Ladezustand außerhalb der Schwellwerte (2017)



19. Oktober 2022

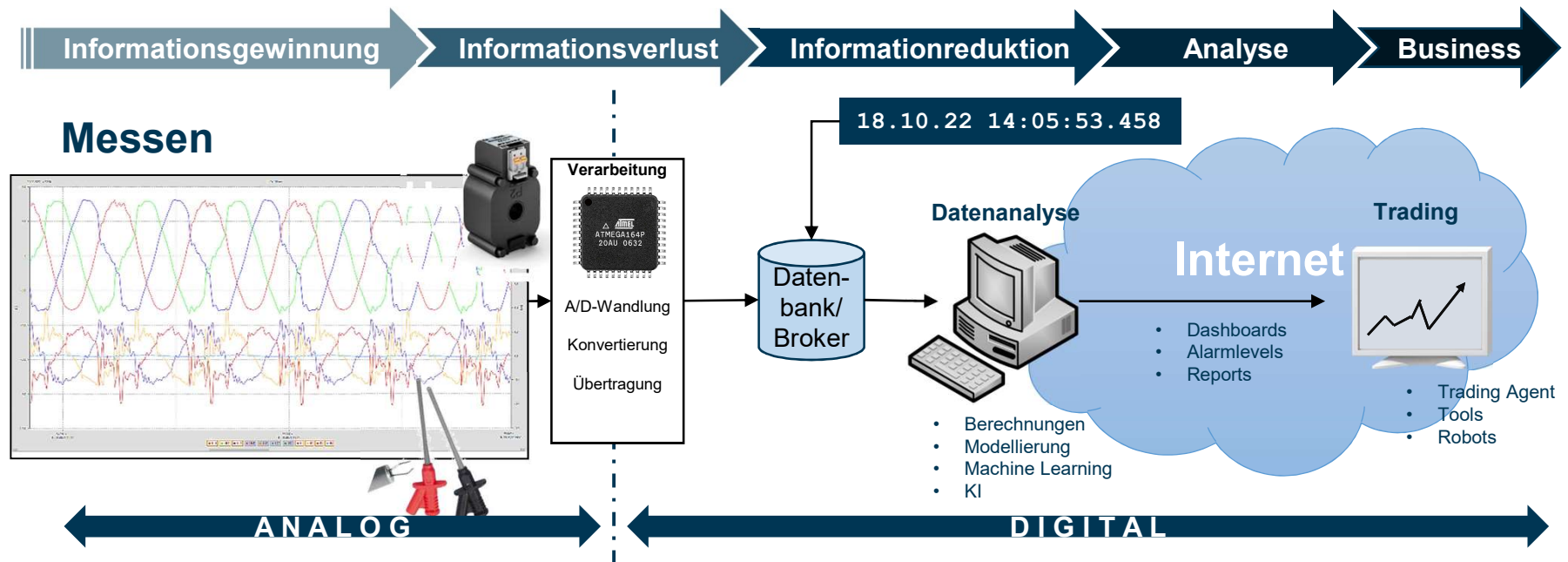
Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

16

Quellen: Prädiktives Lademanagement von Batteriespeichern im Primärregelleistungsmarkt. Lopez, Bausch, Janson, Elsland, e.t. Energietechnische Tagesfragen, 1-2/2019, VDE-Verlag, 2019

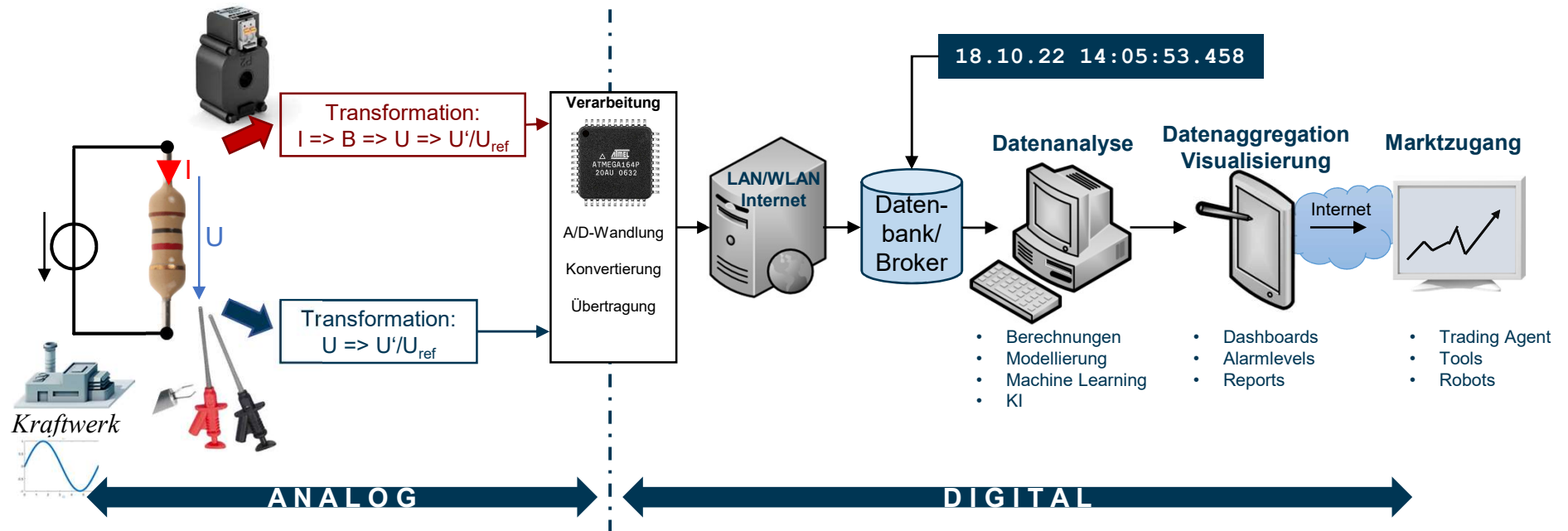
Vom analogen Signal zur Trading-Strategie

transformation is key !



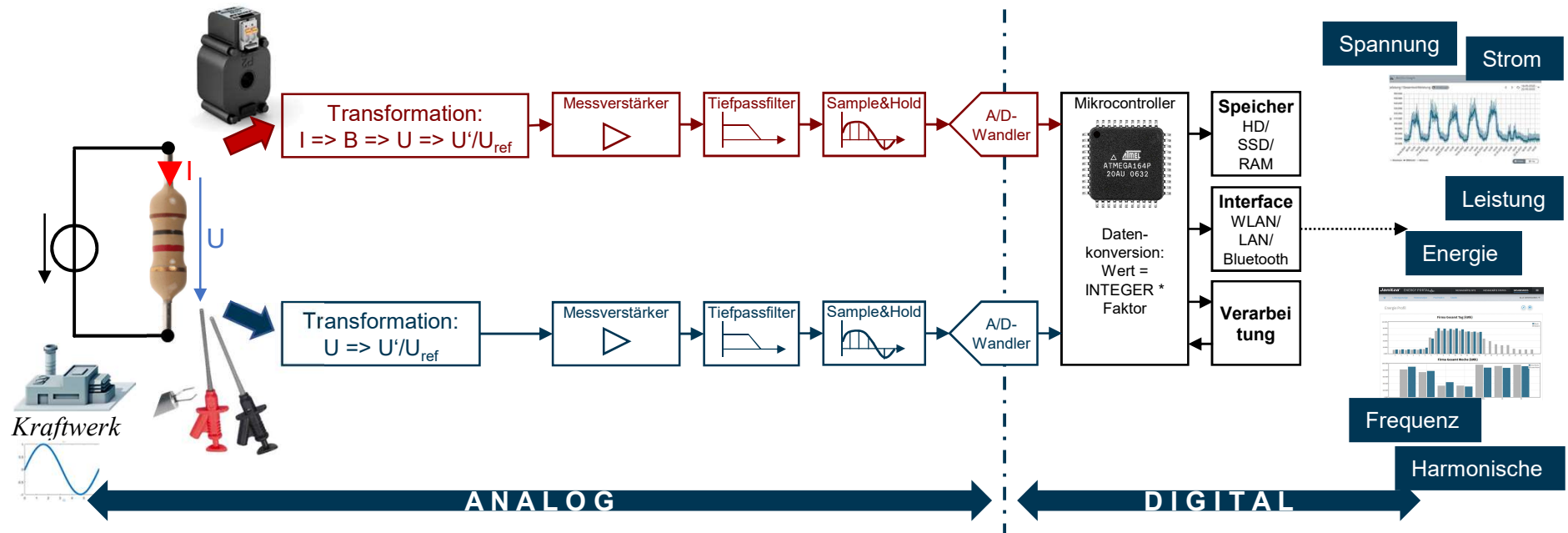
Vom analogen Signal zur Trading-Strategie

transformation is key !



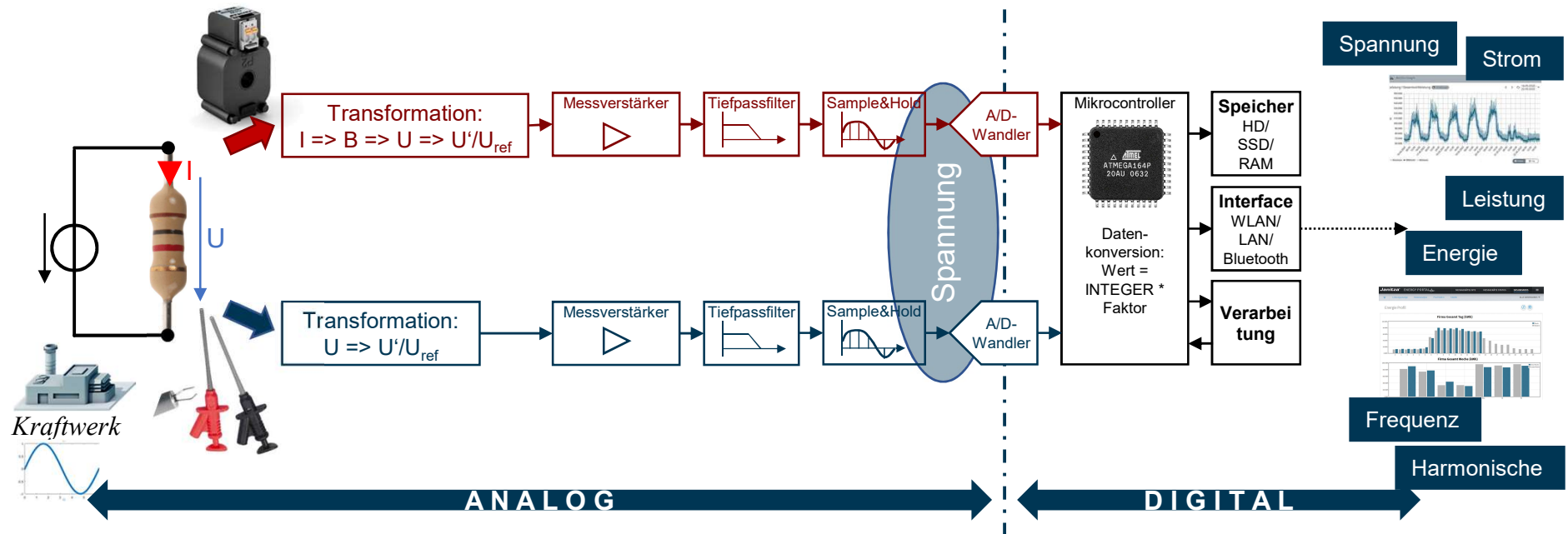
Analoge Signale – die reale Welt ist nicht digital

... und digitale Signale zeigen nicht die Realität, bestenfalls ein unvollkommenes Abbild dieser auf.



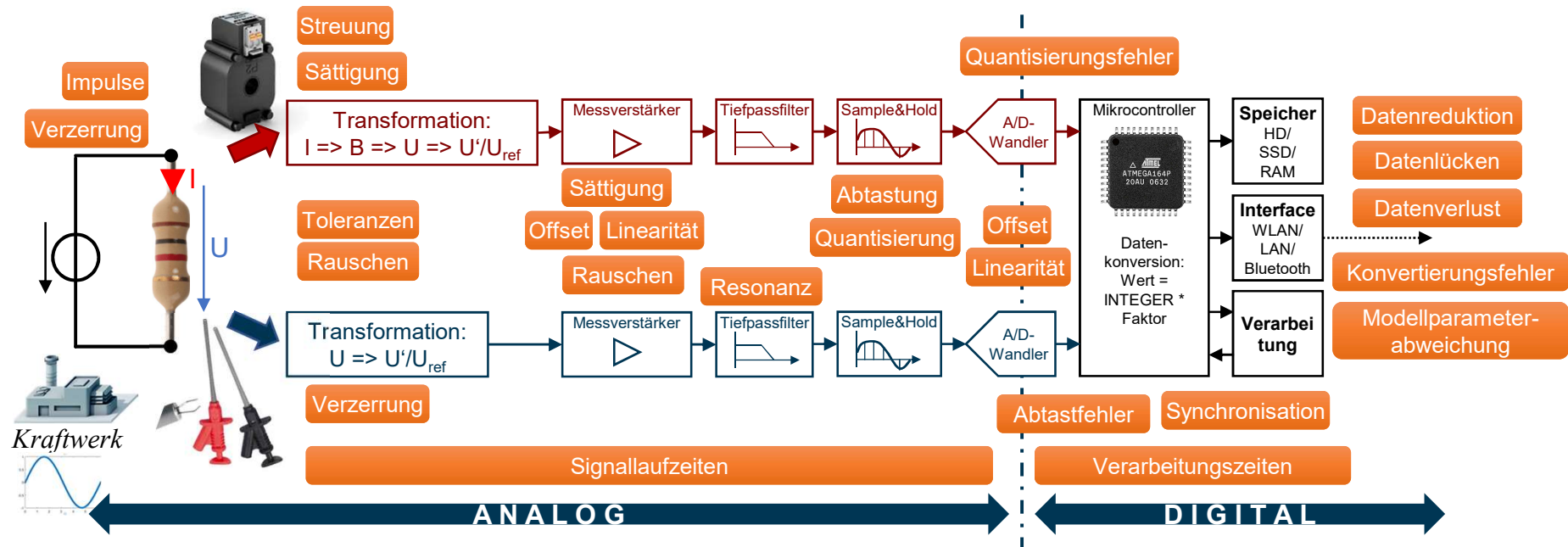
Analoge Signale – alles wird zur Spannung

... in der digitalen Welt werden nur Spannungen miteinander verglichen.

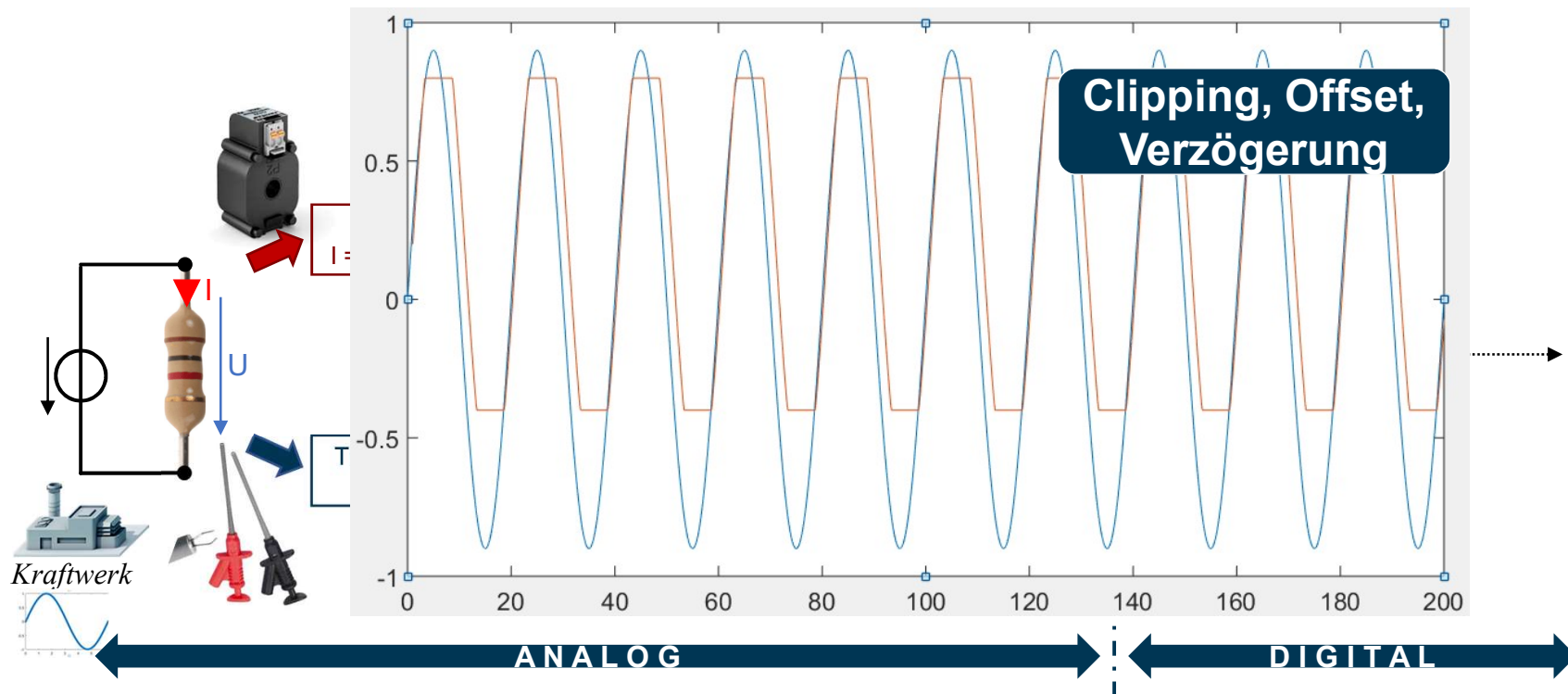


Messung und Datenverarbeitung – Fehler überall?

... wenn ich diese kenne, kann ich sie beherrschen

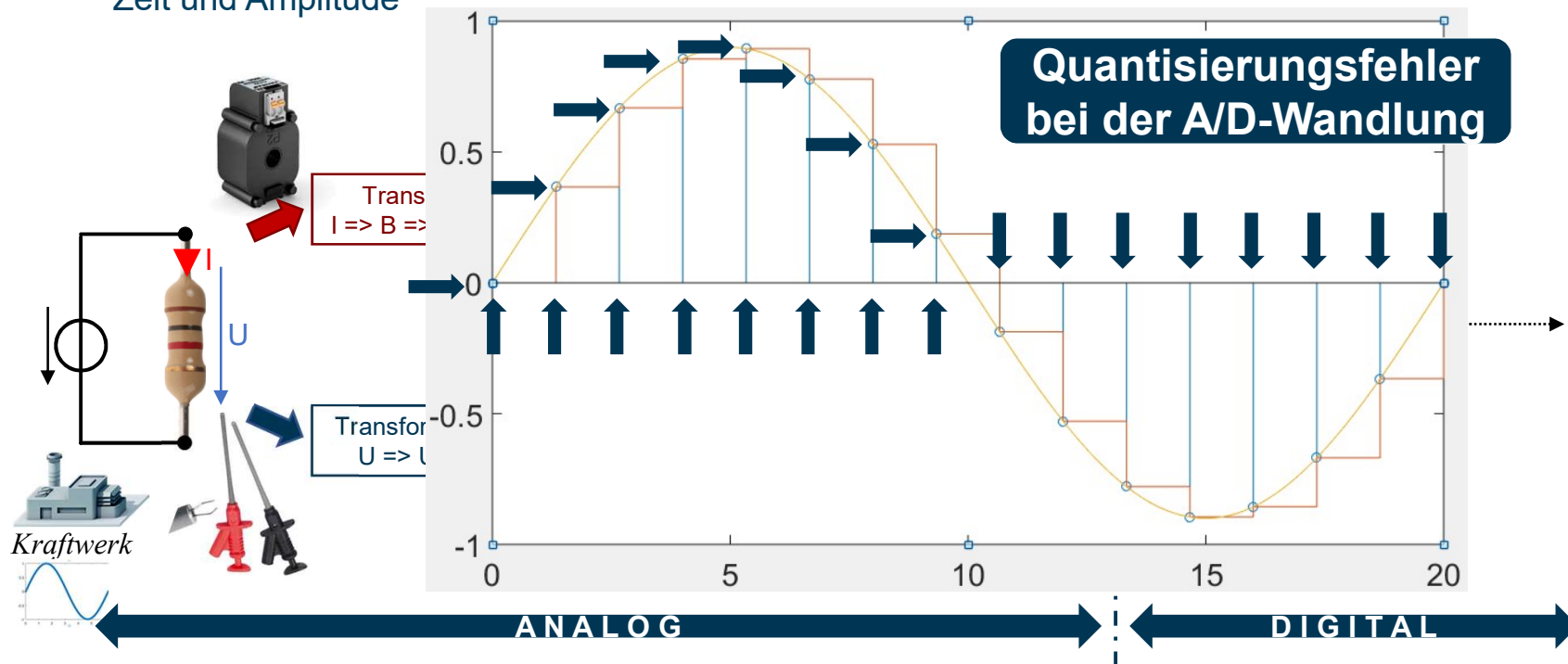


Analoge Signale – auch hier gibt es Fehler



Digitale Signale – eine Diashow der realen Welt

Zeit und Amplitude



19. Oktober 2022

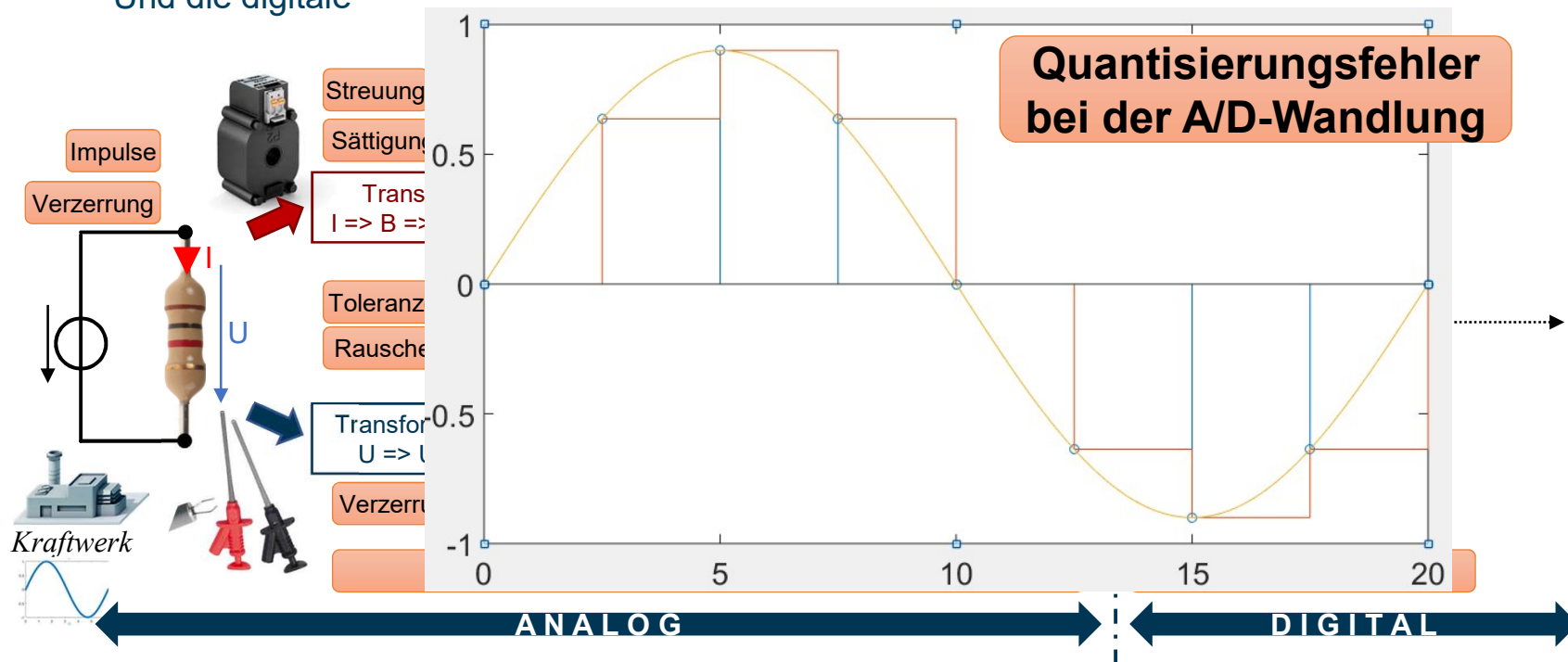
Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

23

Quellen: janitza.de, <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRc9Lo9FW1rwmIUo2HaQ1eM6wNtpkaoW89dxA&usqp=CAU>, atmel.com

Digitale Signale – eine Diashow der realen Welt

Und die digitale



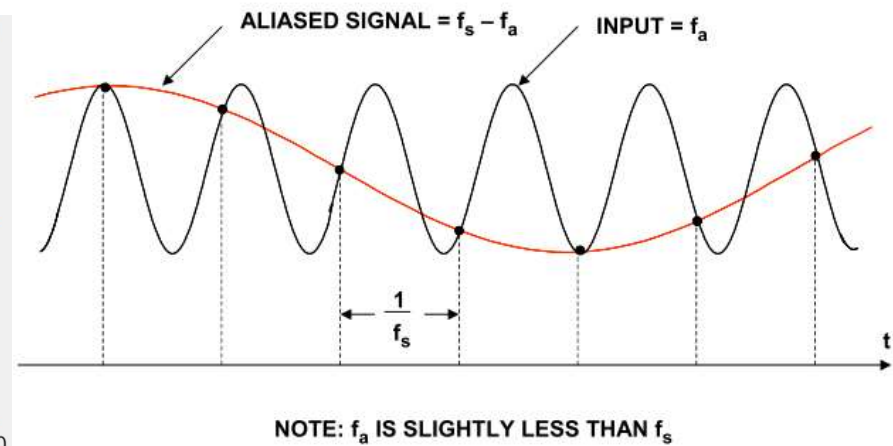
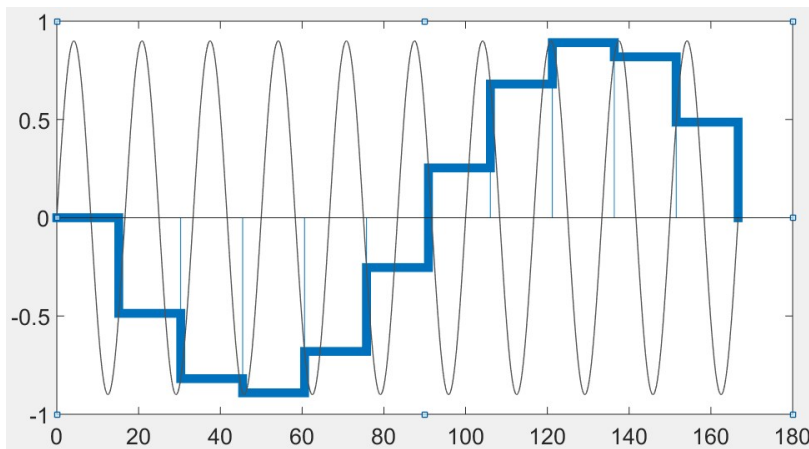
19. Oktober 2022

Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

24

Unterabtastung – Vorsicht bei der Abtastung

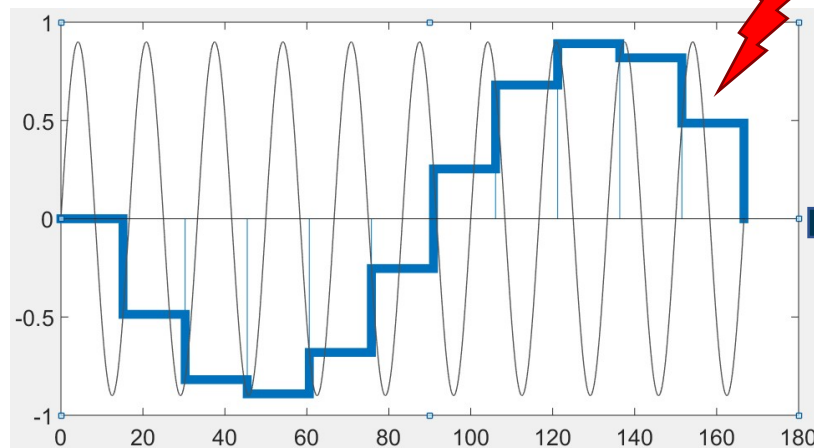
... nicht, dass wir uns plötzlich rückwärts drehen!



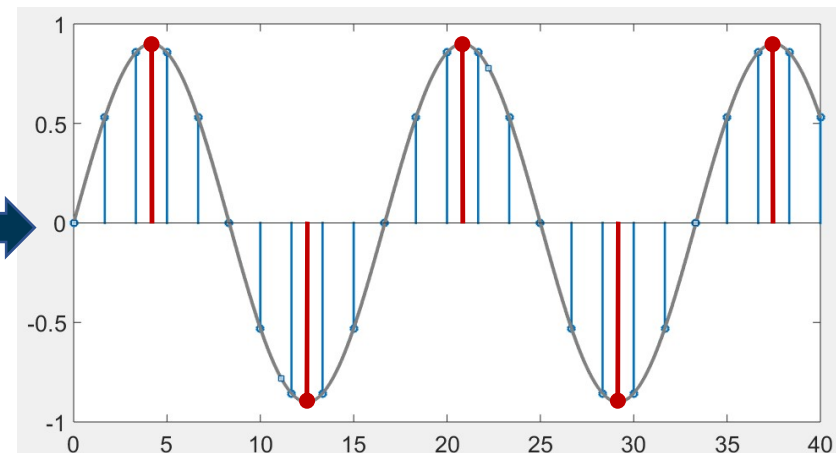
Die doppelte Frequenz ist (mindestens) nötig

Nyquist-Kriterium / Abtasttheorem

**Unterabtastung erhält den Sinus
mit reduzierter Frequenz**



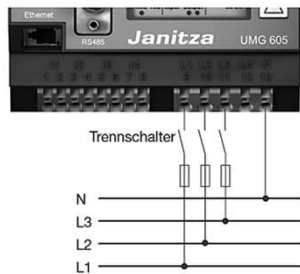
**... ab ca. 10-facher Abtastung
erhält man verwertbare Ergebnisse**



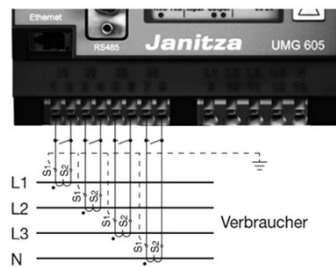
Dann zeichnen wir mal Daten auf!

... am Besten gleich alles, wir haben große Server

Spannung



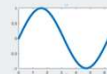
Strom



... aus der Betriebsanleitung:

20kHz-Abtastung:

Damit wird (theoretisch) alles sichtbar, was eine Frequenz bis 10 kHz besitzt.



➔ ABTASTTHEOREM

Da kommt ordentlich Was zusammen ...

4x Strom und 3x Spannung werden pro Periode mit 400 Werten abgetastet.

0110011001
0011011

- 2800 Werte / Periode
- 140.000 Werte / s
- 8,4 Mio. Werte / min
- 504 Mio. / h
- 12 Mrd. / Tag
- 4,415 Bio. / Jahr

Datenmenge*:

Minima:

Zeit: 32 bit
Strom: 4x 32 bit
Spannung: 3x 32 bit
= 256 Bit / Messung
= 32 Byte / Messung

0110011001
0011011

~ 128,5 $\frac{TByte}{Jahr \cdot Gerät}$

Nettodatenrate:
~ 625 kByte / s

19. Oktober 2022

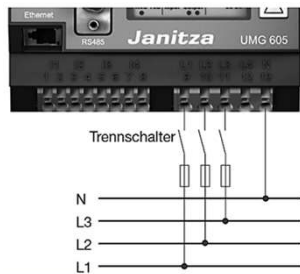
Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

Quellen: <https://www.janitza.de/>

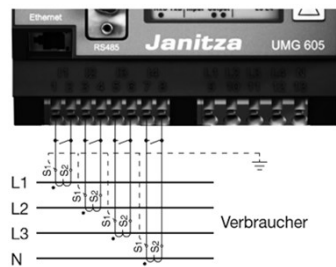
* Überschlagsrechnung, 1kByte = 1024 bit

In Messgeräten wird gerechnet und verarbeitet

Spannung



Strom



... aus der Betriebsanleitung:

Messung:

„Das UMG605 misst lückenlos und berechnet alle Effektivwerte über ein **200ms Intervall**. Das UMG605 misst den echten Effektivwert (**TRMS**) der an denn Messeingängen angelegten Spannungen und Ströme.“

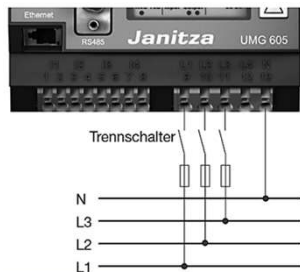
Daten bank

18.10.22 14:05:53.458

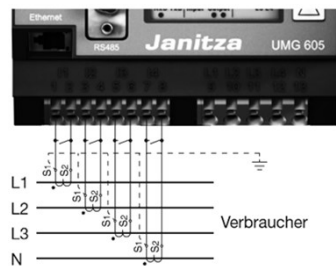
#	Name	Typ	Kollation	Attribute	Null	Standard	Kommentare
1	time	datetime			Nein	kein(e)	
2	U12_RMS_MIN_Halbperiode	float			Ja	NULL	
3	U12_RMS	float			Ja	NULL	
4	U12_RMS_MAX_Halbperiode	float			Ja	NULL	
128	U23_THDf	float			Ja	NULL	
129	U31_THDf	float			Ja	NULL	
130	A1_THDf	float			Ja	NULL	
131	A2_THDf	float			Ja	NULL	
132	A3_THDf	float			Ja	NULL	

In Messgeräten wird gerechnet und verarbeitet

Spannung



Strom



... aus der Betriebsanleitung:

Messung:

„Das UMG605 misst lückenlos und berechnet alle Effektivwerte über ein **200ms Intervall**. Das UMG605 misst den echten Effektivwert (**TRMS**) der an denn Messeingängen angelegten Spannungen und Ströme.“

Daten bank

18.10.22 14:05:53.458

Minima:
Messung: 132x32 bit
= 528 Byte/s

$$\sim 6,5 \frac{\text{GByte}}{\text{Jahr} \cdot \text{Gerät}}$$

Nettodatenrate:
~ 528 Byte / s

In Messgeräten wird gerechnet und verarbeitet

Anzeigen

Struktur

SQL

Suche

Einfügen

Exportieren

Importieren

Rechte

Operationen

Nachverfolgung

Trigger

⚠

Die aktuelle Markierung enthält keine eindeutige („unique“) Spalte. Gitter-Bearbeitungsfunktion, Kontrollkästchen, Bearbeiten, Kopieren und Löschen von Links sind nicht verfügbar.

🔗

✓

Zeige Datensätze 0 - 49 (982500 insgesamt, Die Abfrage dauerte 0.0016 Sekunden.)

SELECT * FROM `schneider`

☐

Messen

[inline bearbeiten]

[Bearbeiten]

[SQL erklären]

[PHP-Code erzeugen]

[Aktualisieren]

1

>

>>

Anzahl der Datensätze:

50

Zeilen filtern:

Diese Tabelle durchsuchen

+ Optionen

time	U12_RMS_MIN_Halbperiode	U12_RMS	U12_RMS_MAX_Halbperiode	U23_RMS_MIN_Halbperiode	U23_RMS	U23_RMS_MAX_Halbperiode	U31_RMS_MIN_Halbperiode	U31_RMS	U31_RMS_M
2020-09-17 17:35:00 380.7		382.5	383.9	381.3	383.1	385.2	381.1	383	385
2020-09-17 17:35:01 380.8		382.3	384.1	382.2	383.2	385.3	380.4	382.4	384.5
2020-09-17 17:35:02 380.8		382.5	384.3	381.7	383.5	385.4	381.1	382.6	384.5
2020-09-17 17:35:03 381.1		382.3	384.0	382.1	383.7	385.3	381.3	383.5	385
2020-09-17 17:35:04 382.4		383.1	384.9	381.4	383.6	385.5	382.4	383.6	385
2020-09-17 17:35:05 381.3		383.1	384.9	382.7	383.7	384.2	382	383.6	385.1
2020-09-17 17:35:06 381.2		383.2	385.1	381.9	383.8	385.8	382.1	383.8	385.7
2020-09-17 17:35:07 381.4		383.3	385.5	383	383.9	384.4	381.8	383.9	385.9
2020-09-17 17:35:08 381.6		383	385	381.8	383.6	385.6	382.1	383.6	385.6
2020-09-17 17:35:09 382.5		383.1	384.3	382	383.6	385.4	381.8	383.7	385.7
2020-09-17 17:35:10 380.9		382.4	384.1	381.2	383	385	381.2	383	384.5

Aufzeichnung: 1s Intervall

19. Oktober 2022

Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

30

In Messgeräten wird gerechnet und verarbeitet

Anzeigen Struktur SQL Suche Einfügen Exportieren Importieren Rechte Operationen Nachverfolgung Trigger

⚠ Die aktuelle Markierung enthält keine eindeutige („unique“) Spalte. Gitter-Bearbeitungsfunktion, Kontrollkästchen, Bearbeiten, Kopieren und Löschen von Links sind nicht verfügbar.

✓ Zeige Datensätze 0 - 49 (982500 insgesamt, Die Abfrage dauerte 0.0016 Sekunden.)

SELECT * FROM
Messen [Inline]
1

+ Optionen
time
s Wort:

~ 11 Tage

Aktion	Datensätze	Typ	Kollation	Größe	Überhang
2020-09-17 17:35:00 ⭐ Anzeigen Struktur Suche Einfügen Leeren Löschen	0	InnoDB	latin1_swedish_ci	32,0 KiB	-
2020-09-17 17:35:01 ⭐ Anzeigen Struktur Suche Einfügen Leeren Löschen	0	MyISAM	latin1_swedish_ci	2,0 KiB	-
2020-09-17 17:35:02 ⭐ Anzeigen Struktur Suche Einfügen Leeren Löschen	982.500	MyISAM	latin1_swedish_ci	511,6 MiB	-
2020-09-17 17:35:03 ⭐ Anzeigen Struktur Suche Einfügen Leeren Löschen	2.670.707	MyISAM	latin1_swedish_ci	428,2 MiB	-
2020-09-17 17:35:04 ⭐ Anzeigen Struktur Suche Einfügen Leeren Löschen	802.551	MyISAM	latin1_swedish_ci	126,6 MiB	154 B
2020-09-17 17:35:05 ⭐ Anzeigen Struktur Suche Einfügen Bearbeiten Löschen	~0	Ansicht	---	-	-

2020-09-17 17:35:10 380.9 382.4 384.1 381.2 383 385 381.2 383 384.5

19. Oktober 2022

Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

31

Quellen: HS-Offenburg (eigener Datenbankservers)

Visualisierung

Ein bild sagt mehr als Tausend Zahlen



19. Oktober 2022

Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

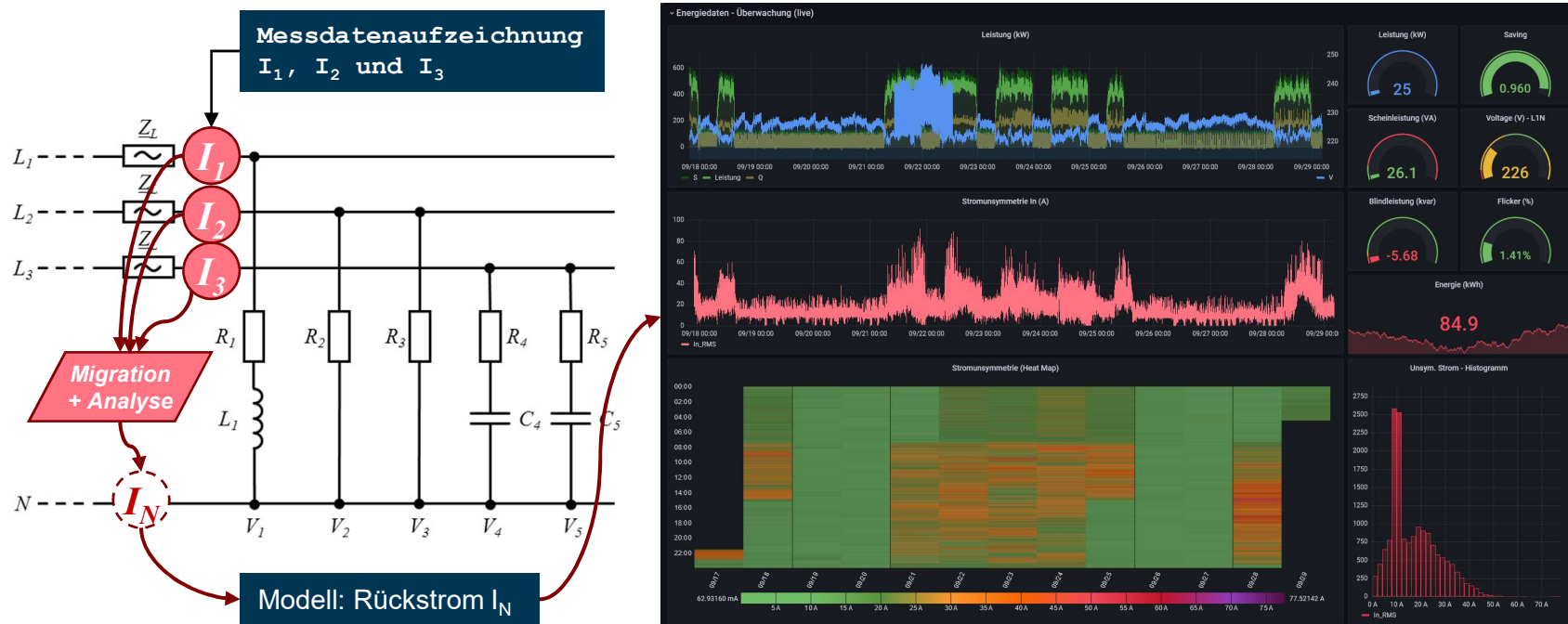
Quellen: <https://www.janitza.de/>

32

Datenmigration und Analyse

... nicht jeder Wert muss gemessen werden

Mehrwerte aus Topologie und Datenmodellierung



19. Oktober 2022

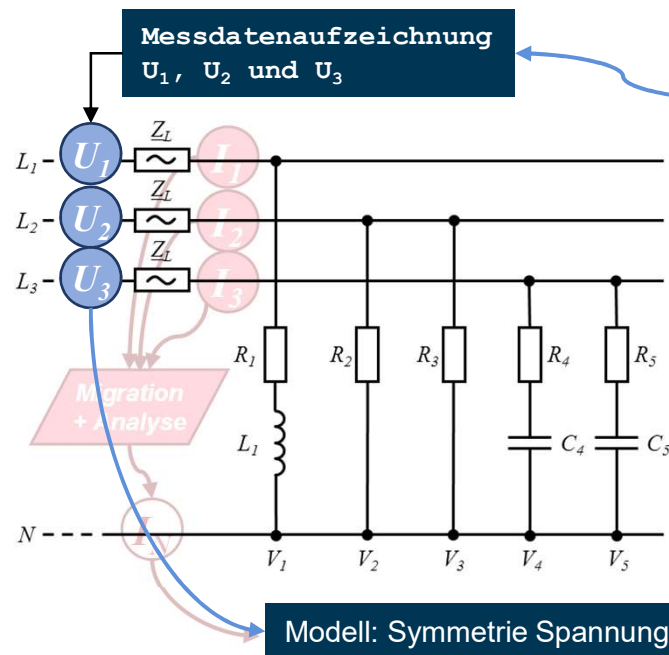
Quellen: <https://www.janitza.de/>

Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

33

Ursachenforschung – mein Fehler ?

Zustands-Signalisierung auf Basis von Datenmodellierungen und Berechnungen



19. Oktober 2022

Quellen: <https://www.janitza.de/>

Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

34

Frequenzanalyse

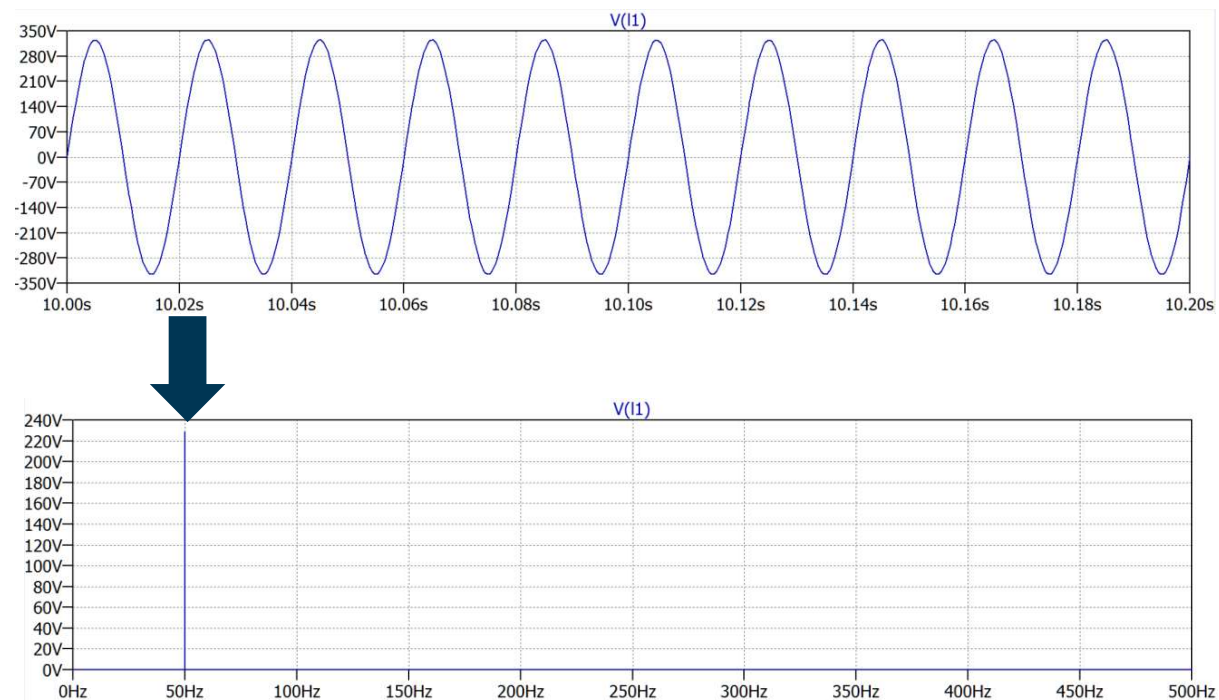
Aufteilung eines Signals in seine Frequenzanteile

230V Sinus-Spannung einer Niederspannungsphase (L_1)

Zeitdarstellung

Jede Sinusschwingung zeigt sich genau mit einem Peak gleicher Amplitude und Frequenz im Frequenzbereich

Frequenzdarstellung



19. Oktober 2022

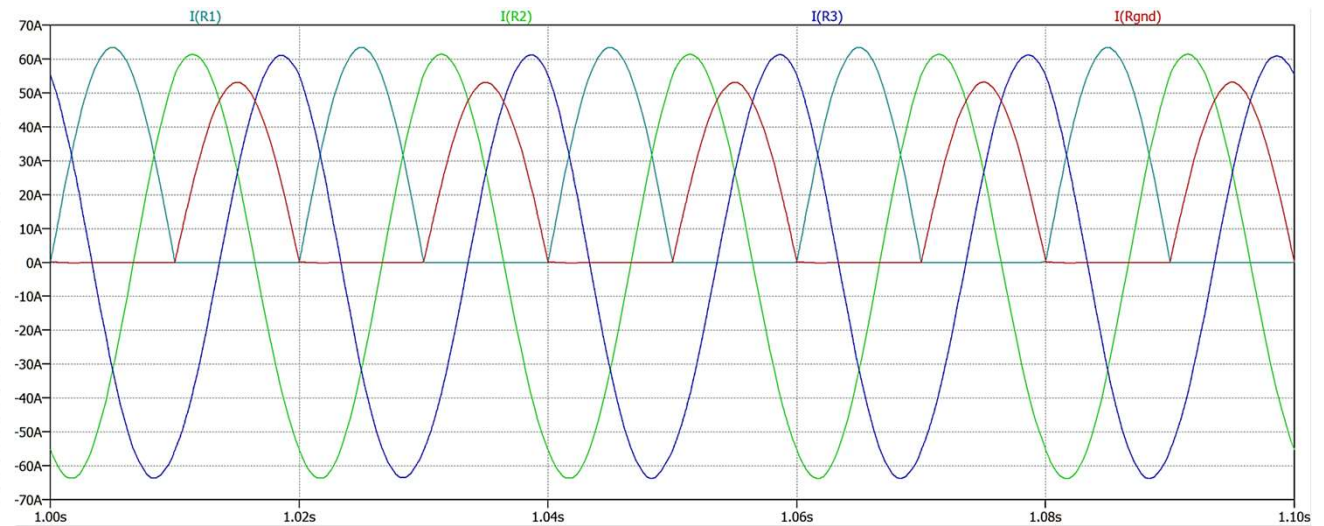
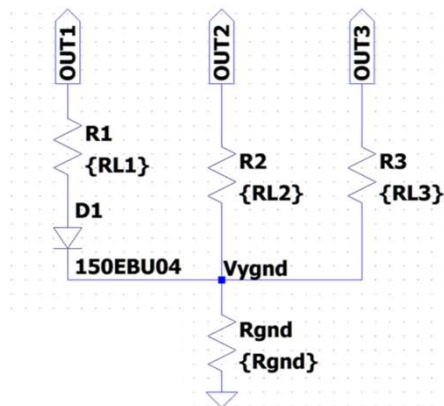
Quellen:

Frequenzanalyse

... einfachste Halbleiter verursachen Störungen

Ströme einer unsymmetrische Last mit Diode an L_1 am 400V Drehstrom-Netz

Netz-Last

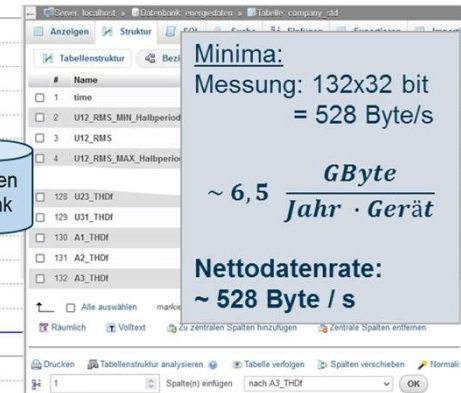
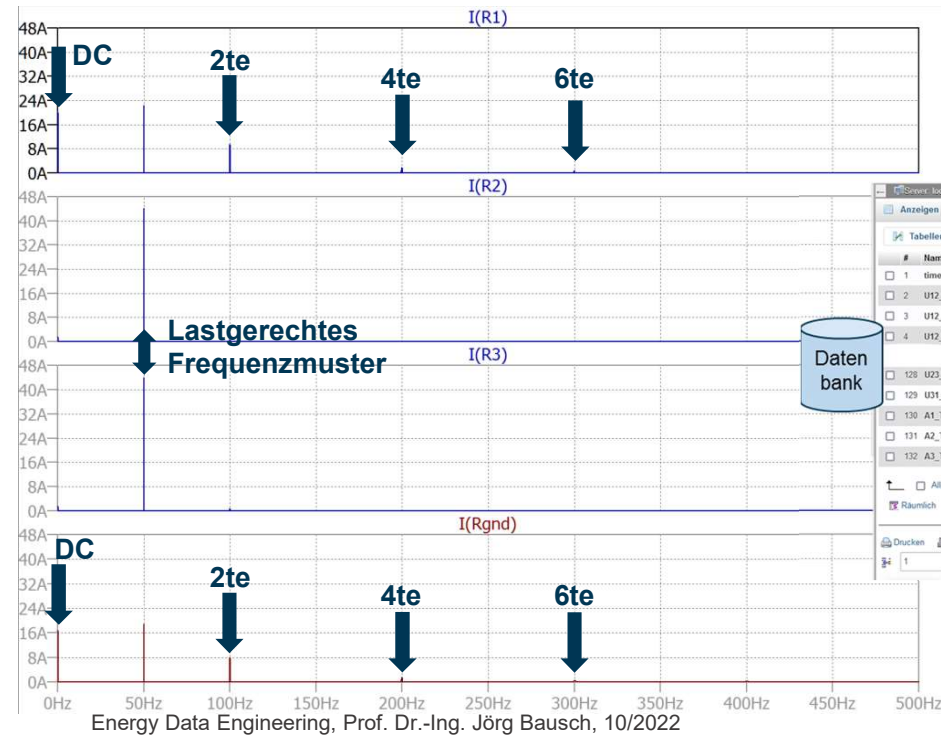
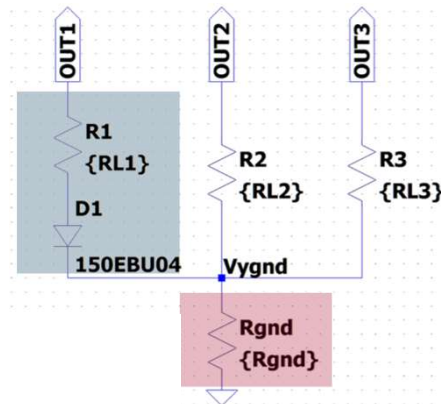


Frequenzanalyse

... und schon haben wir ein zeitunabhängiges typisches Muster

Ströme einer unsymmetrischen Last mit Diode an L₁ am 400V Drehstrom-Netz

Netz-Last



19. Oktober 2022

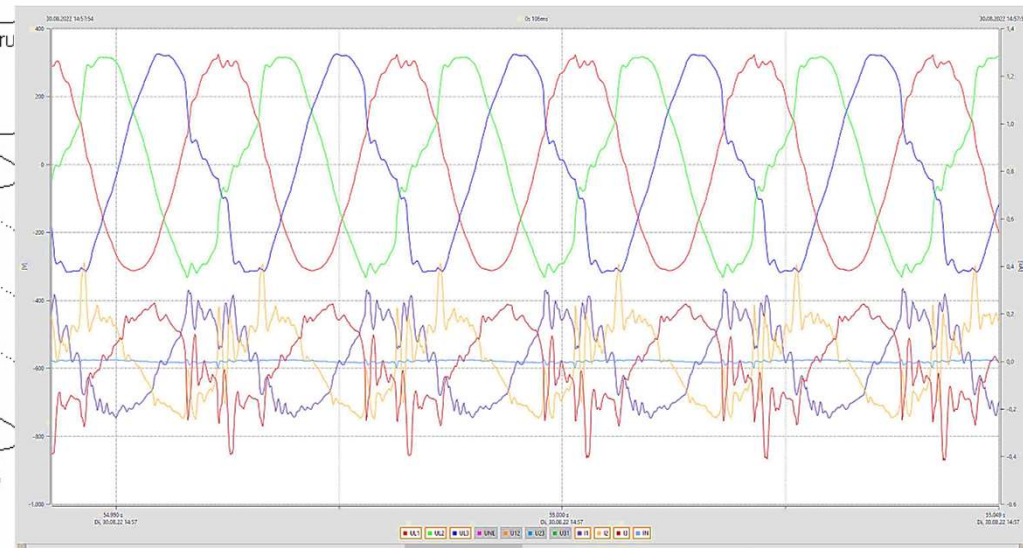
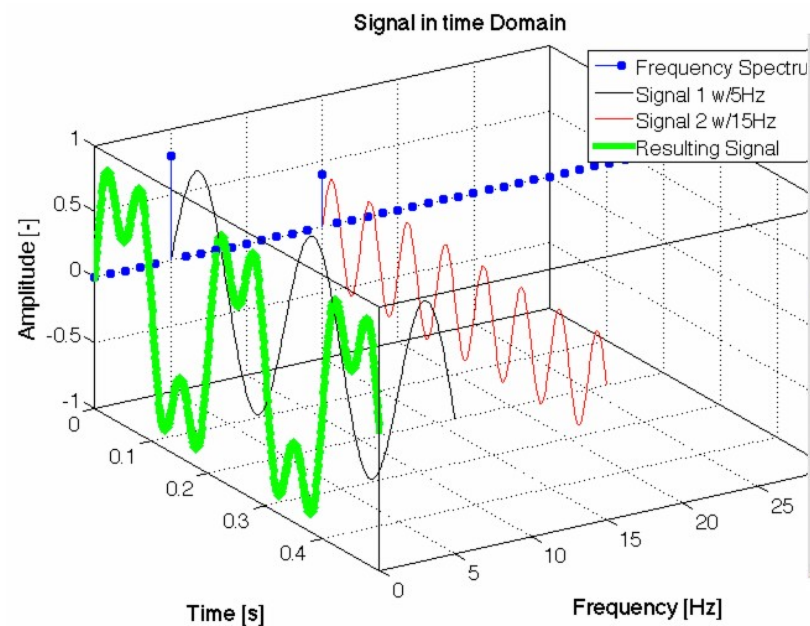
Quellen:

Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

37

Frequenzanalyse, jedes Signal ist eine Summe seiner harmonischer Schwingungen

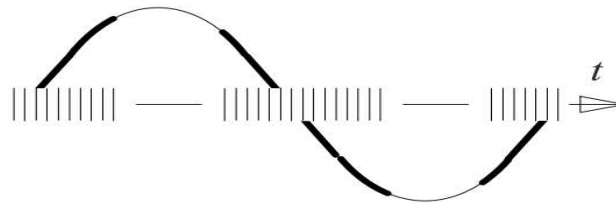
Auch Störungen sind nur Sinus-Schwingungen



Störungen defekter Betriebsmittel

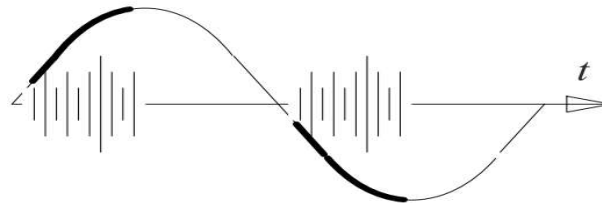
Kontaktrauschen

schlecht verbundene Leiter
im Bereich des größten
kapazitiven Stroms
(z.B. bei Kabelmuffen oder
Klemmen)



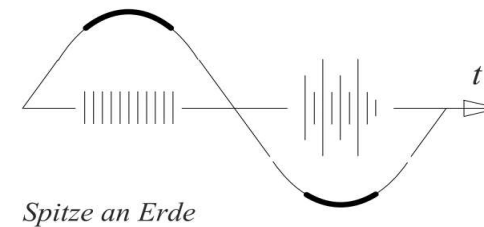
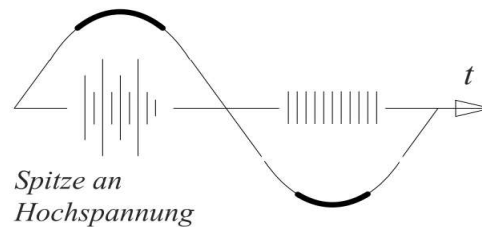
Hohlraum- und Oberflächenentladung

zwischen isolierten Leitern
ohne Elektrodenkontakt
(z.B. zwischen Trafowicklungen
oder defekten Kabelisolationen)



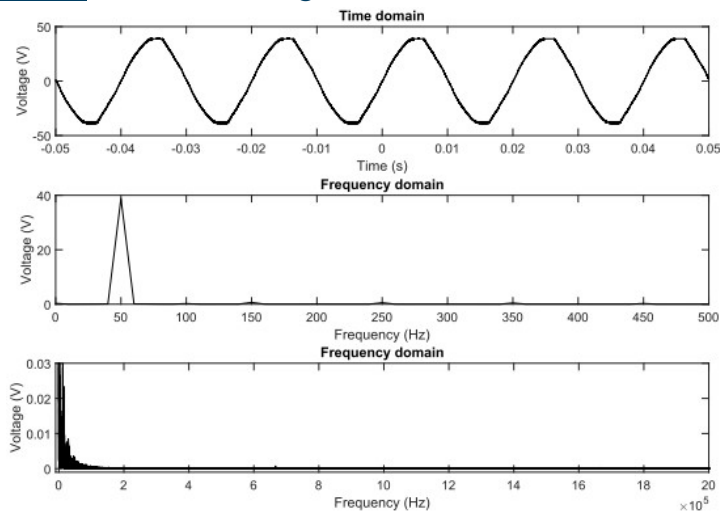
Koronaentladung in Öl

Spitze gegen Platte
(z.B. Trafodefekt)



Frequenzanalyse – Die Überlagerung

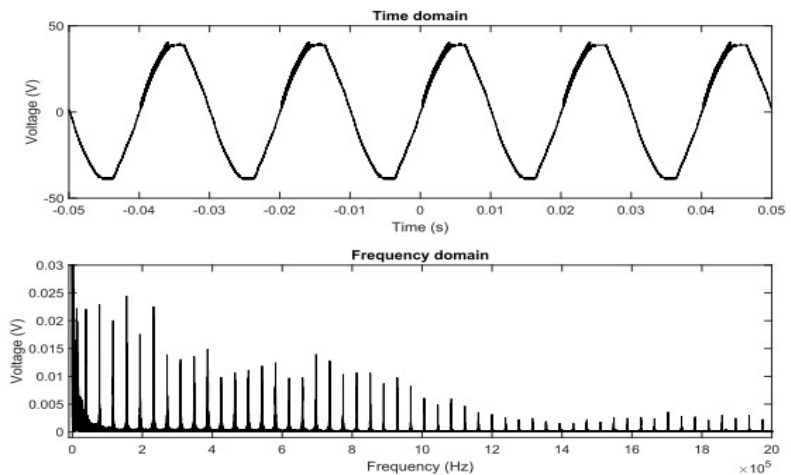
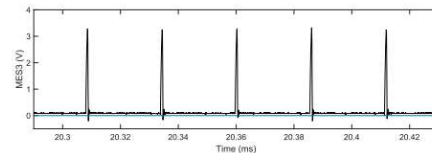
INTAKT: Spannung & Frequenz am Testtrafo
ohne Teilentladungen



Isolationsfehler



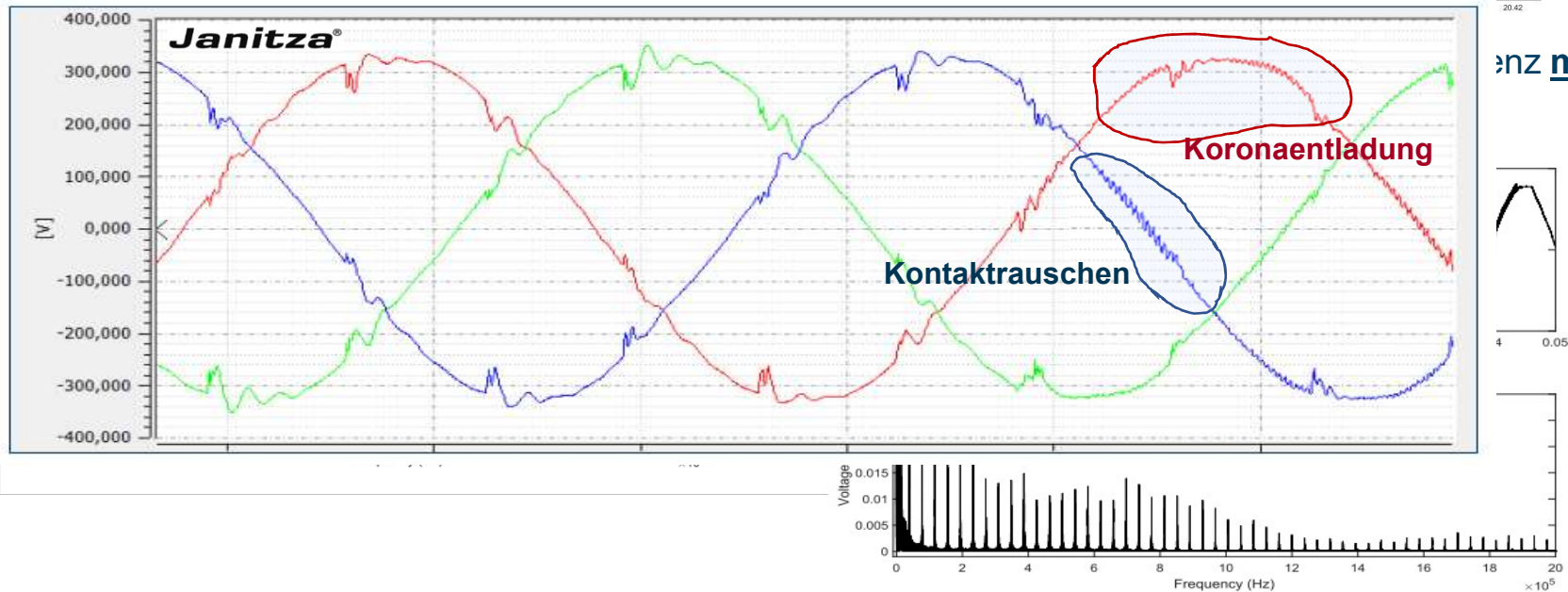
DEFEKT: Spannung & Frequenz mit Teilentladungen



Frequenzanalyse – Die Überlagerung

INTAKT: Spannung & Frequenz am Testtrafo
ohne Teilentladungen

Isolationsfehler



19. Oktober 2022

Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

Quellen: Modelling of specific discharge patterns for advanced condition monitoring in distribution grids, A.M. Roig, HS-Offenburg, janitza.de

41

Künstliche Intelligenz

Daten bilden die Voraussetzung für den KI-Einsatz

Ergebnisse der dena-Studie zum Thema KI in der Energiewirtschaft

„Der Einsatz von Künstlicher Intelligenz wird viele Branchen auf absehbare Zeit in einem ähnlichen Umfang verändern, wie es beispielsweise Computer und Internet getan haben. Insofern: Kein Hype, sondern ein echter Wandel, der selbstverständlich auch vor der Energiewirtschaft nicht halt machen wird.“

Kerstin Andreae, Branchenexpertin und Hauptgeschäftsführerin des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW)

19. Oktober 2022

Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

42

Die neun Anwendungsfelder für KI in der Energiewirtschaft

Ergebnisse der dena-Studie zum Thema KI in der Energiewirtschaft

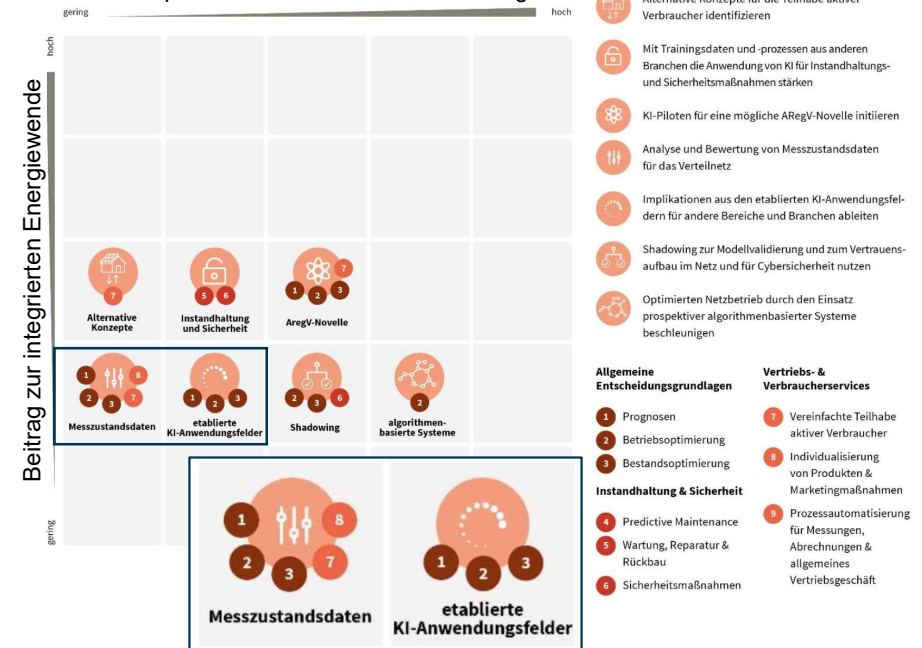
- 1. Prognosen**
- 2. Betriebsoptimierung**
- 3. Bestandsoptimierung und andere strategische Geschäftsentscheidungen**
- 4. Predictive Maintenance**
- 5. Wartung, Reparatur und Rückbau**
- 6. Sicherheitsmaßnahmen**
- 7. Vereinfachte Teilhabe aktiver Verbraucher**
- 8. Individualisierung von Produkten und Marketingmaßnahmen**
- 9. Prozessautomatisierung für Messungen, Abrechnungen und allgemeines Vertriebsgeschäft**

Bewertung und Einordnung der KI-Anwendungsfelder

Technischer Entwicklungsstand und
ökonomische Bewertung



Komplexität und Dauer der Umsetzung



19. Oktober 2022

Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

Quellen: dena-ANALYSE Künstliche Intelligenz – vom Hype zur energie wirtschaftlichen Realität, dena-Studie, 08/2020, www.dena.de

44

KI ist nicht gleich KI

Lernverfahren und ihre Modelle

Lernstil	Lernaufgabe	Lernverfahren	Modell
Überwacht	Regression	Lineare Regression	Regressionsgerade
		Klassifikations- und Regressionsbaumverfahren (CART)	Regressionsbaum
	Klassifikation	Logistische Regression	Trennlinie
		Iterative Dichotomizer (ID3)	Entscheidungsbaum
		Stützvektormaschine (SVM)	Hyperebene
		Bayessche Inferenz	Bayessche Modelle
Unüberwacht	Clustering	K-Means	Clustermittelpunkte
	Dimensionsreduktion	Kernel Principal Component Analysis (PCA)	Zusammengesetzte Merkmale
Bestärkend	Sequentielles Entscheiden	Q-Lernen	Strategien
Verschiedene	Verschiedene	Rückwärtspropagierung	Künstliche Neuronale Netze

19. Oktober 2022

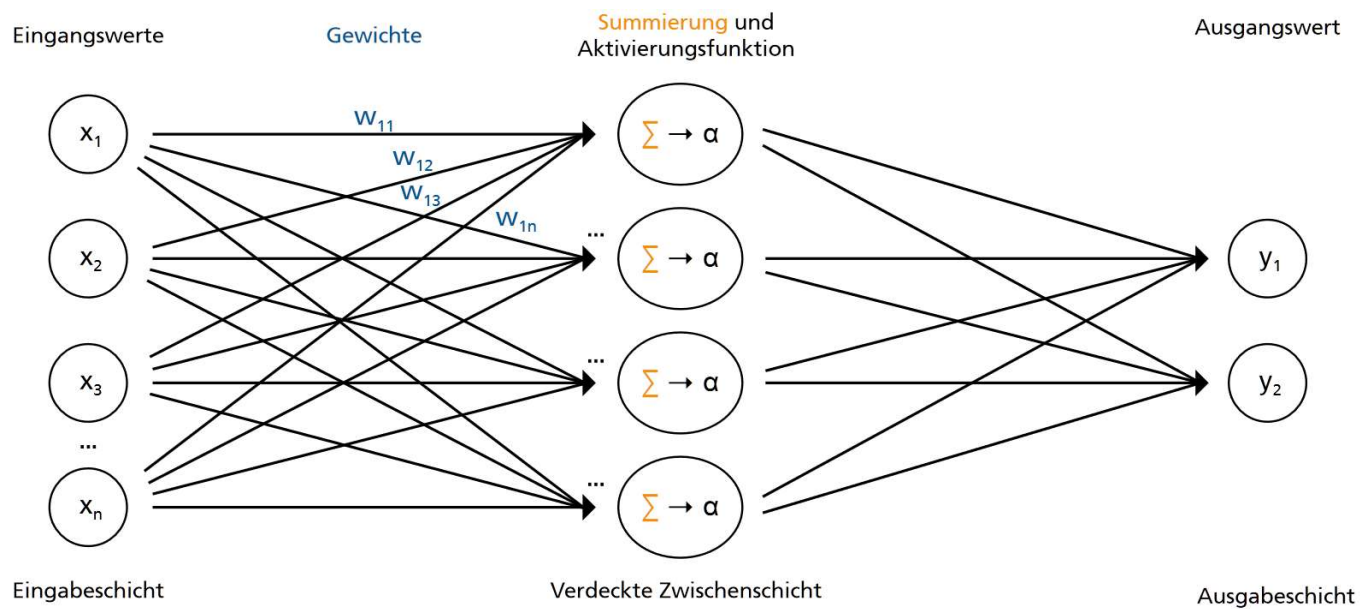
Energy Data Engineering, Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, 10/2022

45

Quellen: dena-ANALYSE Künstliche Intelligenz – vom Hype zur energie wirtschaftlichen Realität, dena-Studie, 08/2020, www.dena.de, https://www.bigdata-ai.fraunhofer.de/content/dam/bigdata/de/documents/Publikationen/Fraunhofer_Studie_ML_201809.pdf

KNN – künstliche neuronale Netze

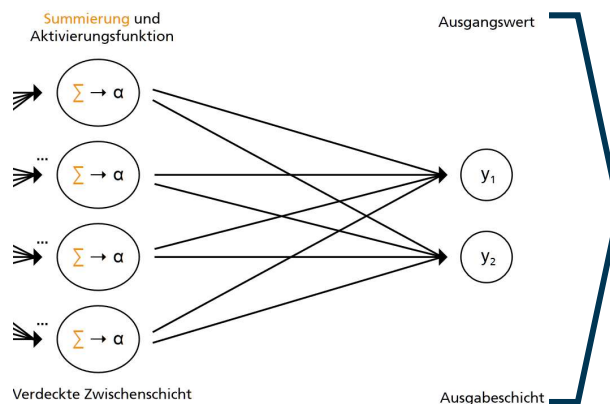
Lernen, Lernen, Lernen ...



KNN – künstliche neuronale Netze

Lernen, Lernen, Lernen ...

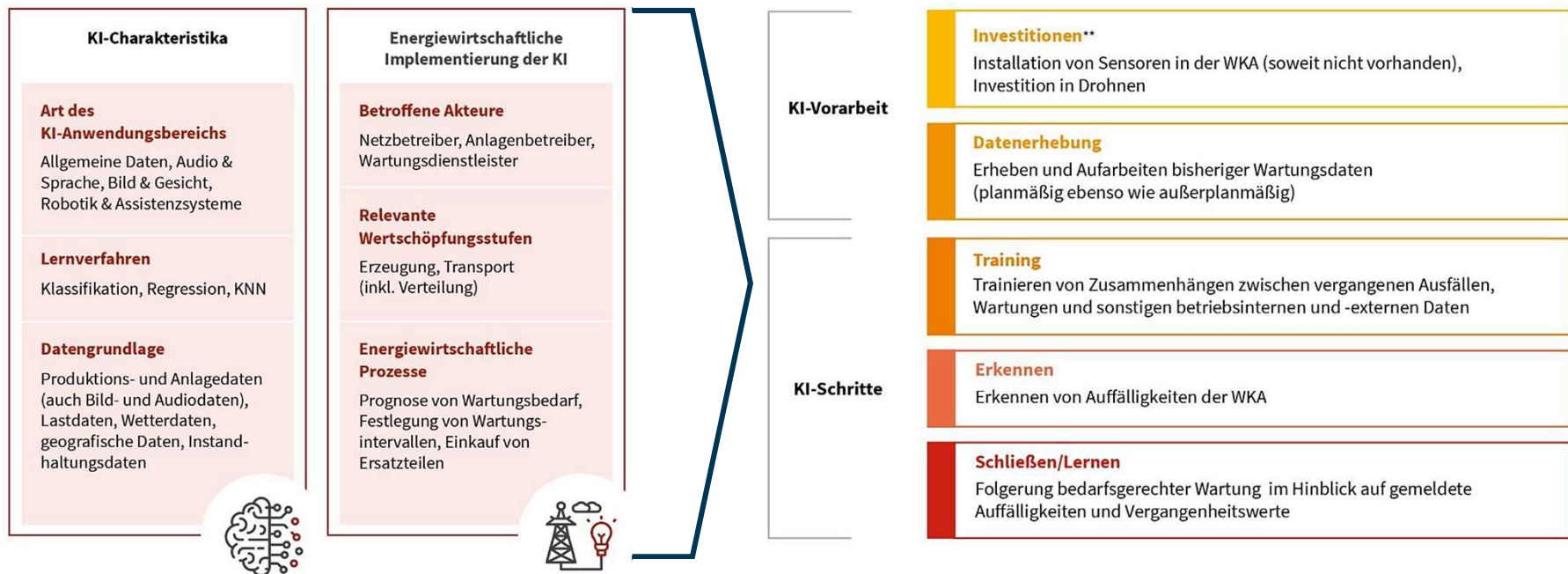
- True positives (TP): Vorhersage war **ja** und der tatsächliche Wert ist **ja**
- True negatives (TN): Vorhersage war **nein** und der tatsächliche Wert ist **nein**
- False positive (FP): Vorhersage war **ja** und der tatsächliche Wert war **nein**
- False negative (FN): Vorhersage war **nein** und der tatsächliche Wert war **ja**



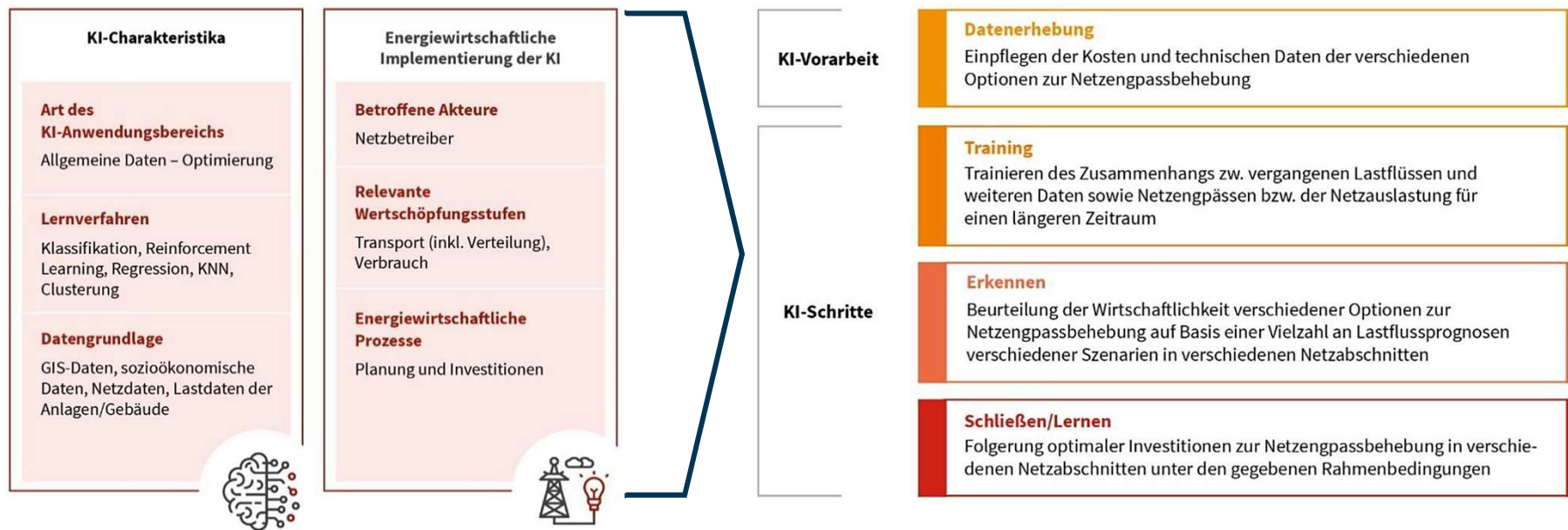
		Predicted: NO	Predicted: YES	
Actual: NO	n=165	TN = 50	FP = 10	60
	Actual: YES	FN = 5	TP = 100	105
		55	110	

Genauigkeit: $\frac{(TP+TN)}{(TP+TN+FP+FN)} = 90,9 \%$

KI-Anwendungsfeld: Predictive Maintenance



Beispiel 2: Bestandsoptimierung Netze



Anwendungen



Energy Data Engineering

**Am Anfang ist es nur
Spannung und Strom
und dann wird Erkenntnis
und Erfolg daraus.**

