

Möglichkeiten und Grenzen moderner Messtechnik

Dipl.-Ing.
Bernhard Grasel

o.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.
Helmut Weiß



Inhalt

- Vorstellung Dewesoft
- Möglichkeiten und Grenzen moderner Messtechnik
 - Ein Blick auf die Messkette
 - Herausforderungen bei Strom- und Spannungsmessung
- Applikationsbeispiel 1:
Kurzschlussversuche Oberleitung Bahnnetz
- Applikationsbeispiel 2:
Wirkungsgradbestimmung bei Umformern
- Applikationsbeispiel 3:
Messung von Gleichströmen im 110 kV / 50 Hz - Netz



Dewesoft

Mess-Systeme



Software



Anwendungen

AUTOMOBIL U. FAHRZEUG



LUFTFAHRT



INDUSTRIE



TRANSPORT



ELEKTR. LEISTUNG



ENTWICKLUNG



- Gegründet im Jahr 2000
- ~ 150 Mitarbeiter weltweit
- Umsatz 17 Mio. Euro



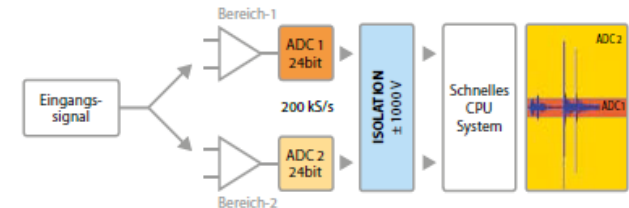
DEWESoft®
measurement innovation

Messsysteme

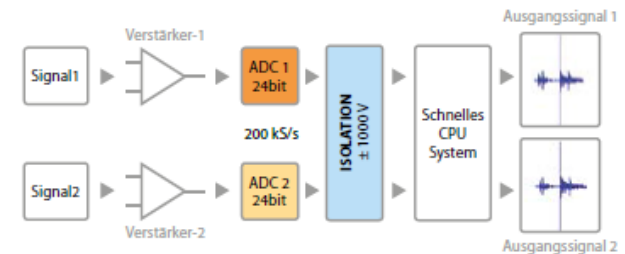
- **High Accuracy and high dynamik**
(0,05 % accuracy, 160 dB dynamik, 2 MHz bandwidth, Automatic Anti-Aliasing)
- **Any signal, any sensor**
(voltage, current, temperature, strain, vibration, GPS, video, CAN, etc.)
- **1 - 1000's of channels**
(Distributed or all-in-one)
- **Rugged measurement instruments**
(IP 67, -40 to 85 deg. C ambient high shock/vibration rating)



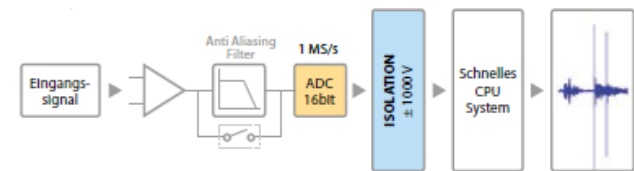
Dual Core 2x 24bit @ 200ks/s



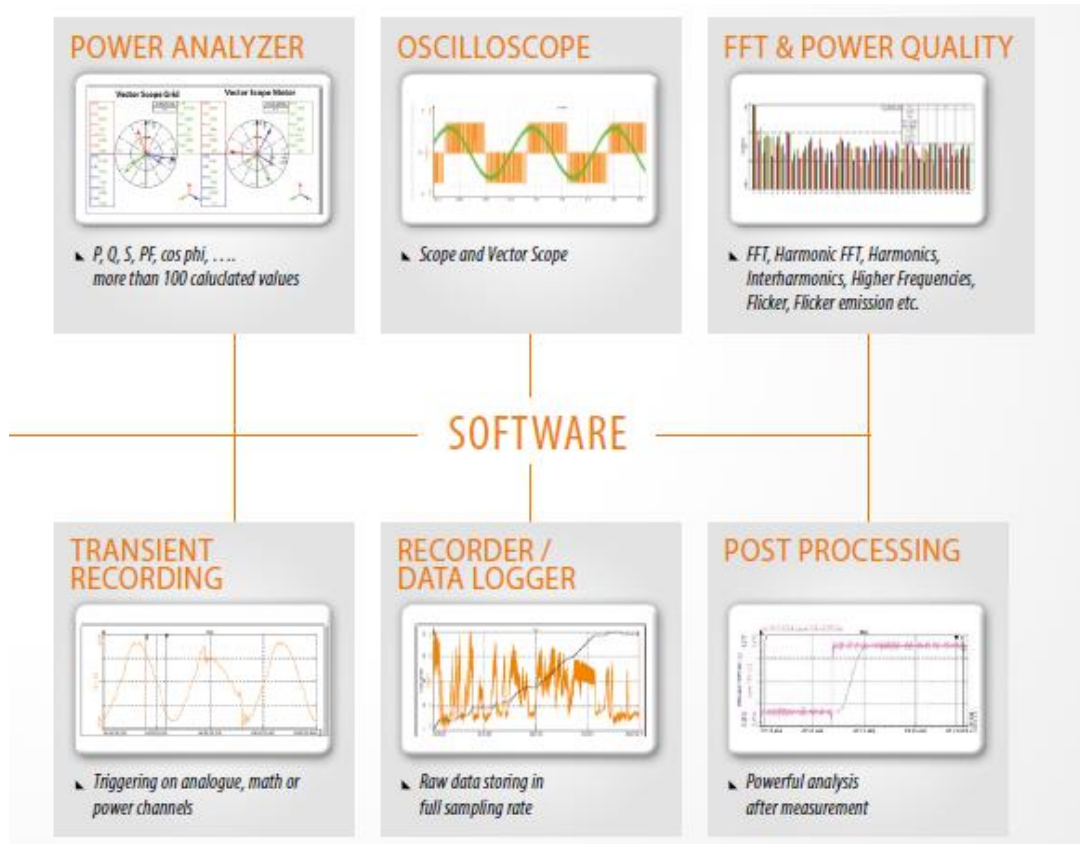
High Density 1x 24bit @ 200ks/s



High Speed 1x 16bit @ 1 MS/s



Messsoftware



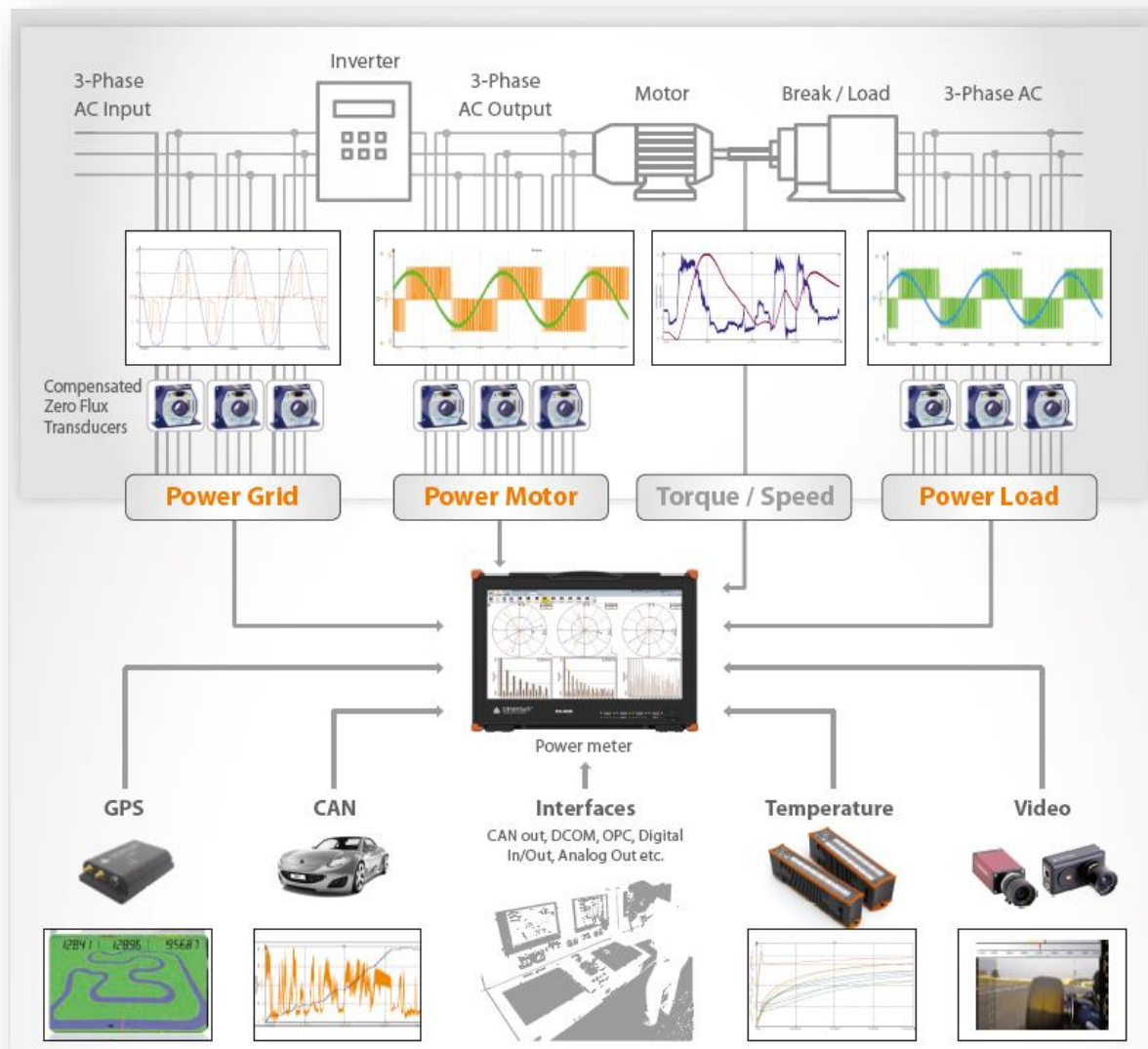
- **One Software for all applications**
- **Easy to use – Plug & Play**
- **Online – Offline Use**
- **All signals completely synchronized**



DEWESoft®
measurement innovation



Typische Anwendung Leistungsmesstechnik



DEWESoft®
measurement innovation



Application Fields POWER

DEWESoft® Power Analyzer

... SOLUTION FOR EVERY APPLICATION

POWER ANALYSIS

MOTOR



INVERTER



TRANSFORMER



EQUIPMENT



LIGHTING



STANDBY-POWER



E-MOBILITY

ELECTRIC VEHICLE



HYBRID VEHICLE



HYDROGEN VEHICLE



ELECTRIC MOTORCYCLE



BATTERY TESTING



CHARGING ANALYSIS



POWER SYSTEM TESTING

POWER QUALITY ANALYSIS



SMART GRID & ENERGY MANAGEMENT



RENEWABLE TESTING



RAILWAY TESTING



AIRCRAFT TESTING



MARINE TESTING



DEWESoft®
measurement innovation



Referenzen

POWER



AUTOMOTIVE



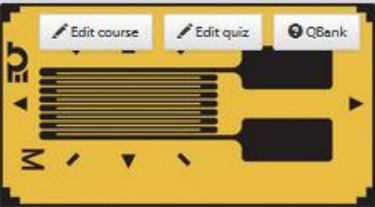
AEROSPACE



TRANSPORTATION



Online Lernplattform



Edit course Edit quiz QBank

Strain measurement

Published

Strain and stress are the result when it comes to external forces that are applied to a non-moving object. Strain is defined as the amount of deformation that an object experiences compared to its original size and shape (the ratio of increase in length regarding original length).

View course Take quiz Get PDF



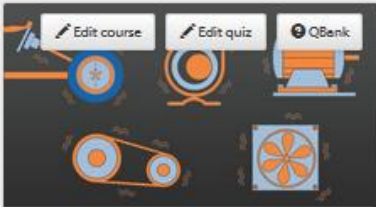
Edit course Edit quiz QBank

Temperature measurement

Published

Temperature is a measure of how cold or hot something is, expressed in several different scales, such as Celsius, Kelvin or Fahrenheit. Temperature can be measured with thermocouples, RTDs or thermistors.

View course Take quiz Get PDF



Edit course Edit quiz QBank

Vibration measurement

Published

Vibration can be considered to be the oscillation or repetitive motion of an object around an equilibrium position. Vibrations usually occur because of the dynamic effects of manufacturing tolerances, clearances, rolling and rubbing contact between machine parts and out-of-balance forces in rotating and reciprocating members.

View course Take quiz Get PDF



Edit course Edit quiz QBank

Sound power measurement

Published

Sound power is characteristics of a sound source and it does not depend from the distance from source. We detect the deviations in sound pressure, which is the result of sound power and depends from distance from sound source.

View course Take quiz Get PDF



Edit course Edit quiz QBank

Sound pressure measurement

Published

Sound pressure or acoustic pressure is the local pressure deviation from the ambient atmospheric pressure, caused by a sound wave. In air, sound pressure can be measured using a microphone, and in water with a hydrophone.

View course Take quiz Get PDF



Edit course Edit quiz QBank

Current measurement

Published

The electric current is a physical quantity caused by voltage and means a flow of electrons between different electric potential. An electric current is the flow of the electric charge.

View course Take quiz Get PDF



Edit course Edit quiz QBank

Voltage measurement

Published

Electricity is very hard to imagine because we can not see if a voltage is present or if a current is flowing. If we want water to flow out of a pipe we need some water pressure which is achieved with a water pump. In electricity, our flow is the current, water pressure is the voltage and pump is the battery. This means that the voltage is the cause of the current.

View course Take quiz Get PDF



Edit course Add quiz QBank

GPS

Draft

In first part of the lesson you will learn the basic concept of how GPS works and how to use it together with DEWESoft hardware and software. In the second part we will have more detailed look into RTK (Real Time Kinematic) GPS. You will learn a technique used to enhance the precision of position data and how to establish such a system with DEWESoft.

View course Get PDF

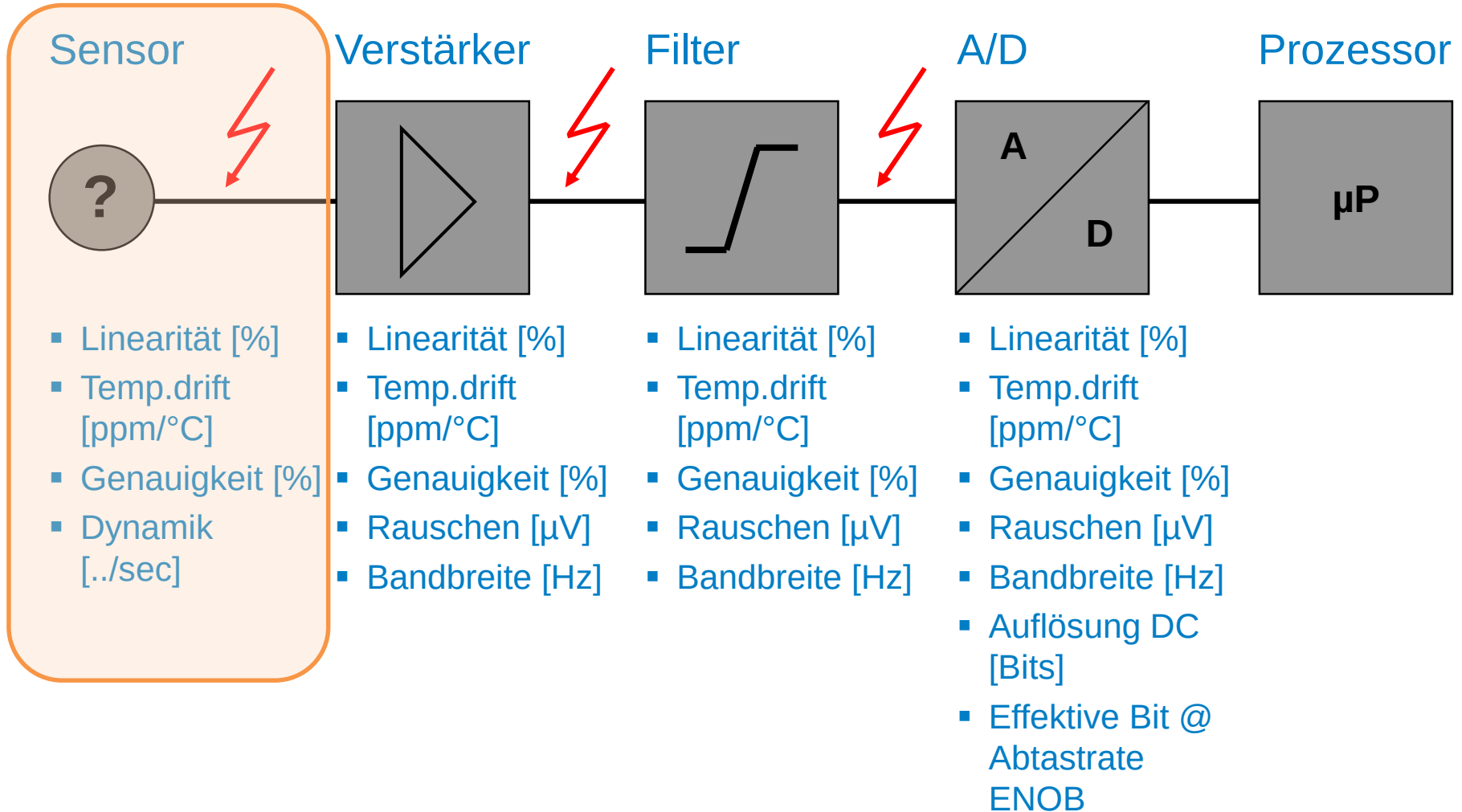
www.dewesoft.com/pro



DEWESoft®
measurement innovation

Möglichkeiten und Grenzen moderner Messtechnik

Messkette



Messgeräte geben Gesamtgenauigkeit an !
% Messunsicherheit & Temperaturbereich

Spannungsmessung

Spannungsmessung direkt bis max. 1600 V

➤ Einsatz Spannungswandler und Tastköpfe

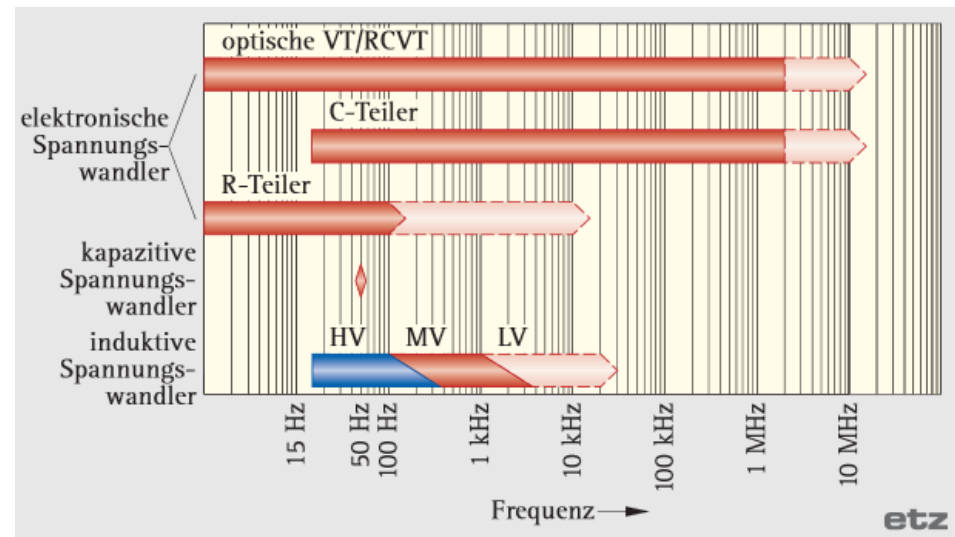
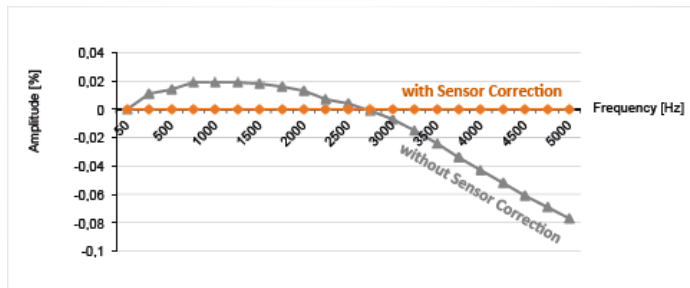
– Genauigkeitsklassen

0,1 – 0,2 – 0,5 – 1 – 3

– Bandbreite

Phasen und Winkelfehler

➔ FFT Sensor Correction



Strommessung

Strommessung direkt bis max. 50 A

- Einsatz Stromwandler
- Indirekte Strommessung

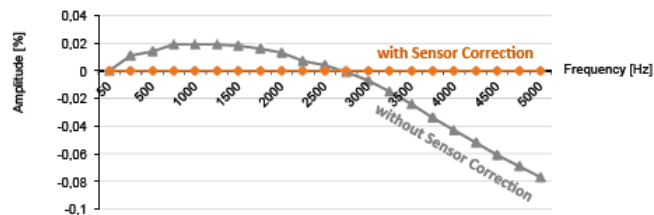
— *Messbereich*

— *AC und DC Ströme*

— *Bandbreite*

Phasen und Winkelfehler

→ FFT Sensor Correction



Properties							
Type	AC	DC	Range	Accuracy	Bandwidth	Pros	Cons
Iron-Core Clamp 	Yes	No	5 kA	0,5 - 4 %	10 kHz	Cheap	- Heavy - not flexible - no DC - low bandwidth
Cheap Rogowsky Coil 	Yes	No	10 kA	1%	20 kHz	- rugged, flexible - Linear - No magnetic influence - Overload withstand capability	- No DC - Positioning Error
Good Rogowsky Coil 	Yes	No	50 kA	0,30%	up to 20 MHz	- rugged, flexible - Linear - No magnetic influence - Overload withstand capability	- No DC - Positioning Error
Hall compensated AC/DC Clamp 	Yes	Yes	300 A	0,50%	100 kHz	- AC & DC - high accuracy - high bandwidth - it can be opened	- low measurement range
Zero-Flux Transducers 	Yes	Yes	1000 A	highest accuracy	up to 300 kHz	- AC & DC - highest accuracy - high bandwidth - low phase error - low offset	- not to open



Kurzschlussversuche Bahnstromnetz

Kurzschlussversuche Bahnnetz

Anforderungen:

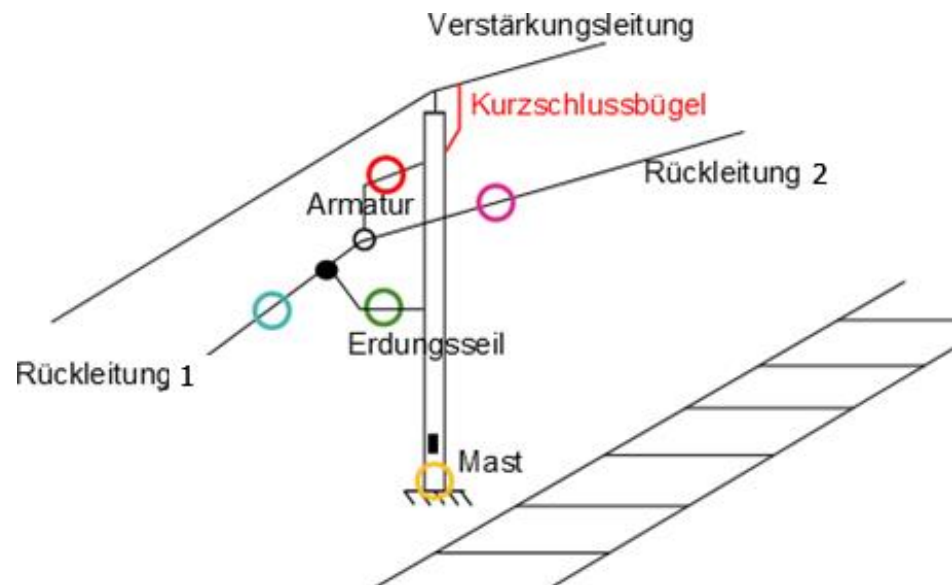
Hohe Ströme: $> 30 \text{ kA}$

Hohe Abtastrate: 1 MS/s

Kurzer Impuls: 40 ms

Mobiles Messsystem

→ **Strommessung via Rogowskyspulen**



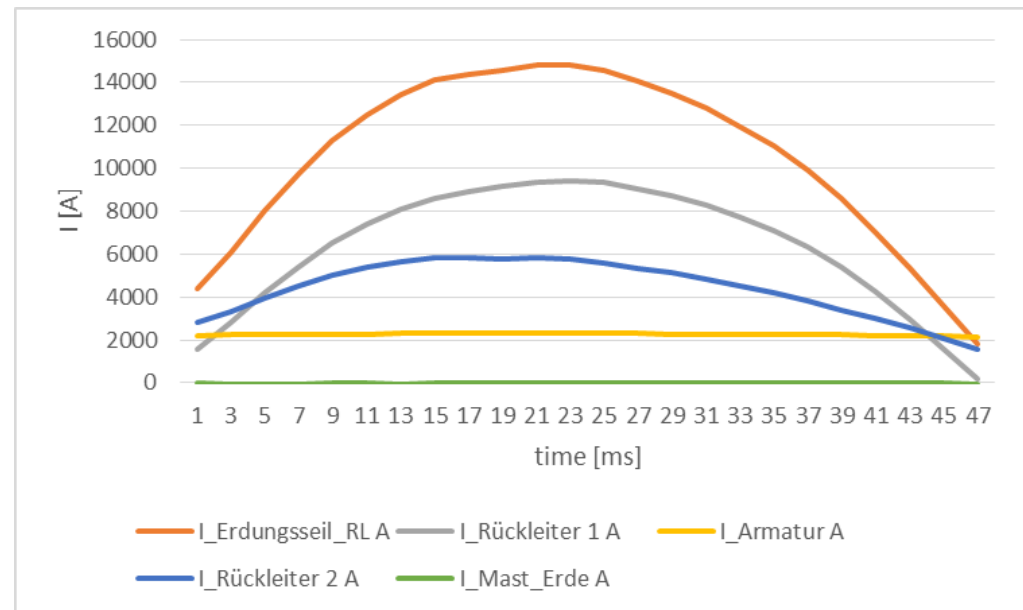
Kurzschlussversuch Bahnnetz I

1/3 Theorie?

(1/3 Erde, 1/3 Schiene, 1/3 Rückleiter)

Trifft nicht zu!!!

Kurschlussdaten	
Gesamt	~ 15 kA
Rückleiter UW 1	60 %
Rückleiter UW 2	30 %
Armatur	9 %
Mast Erde	< 1 %
Dauer	50 ms



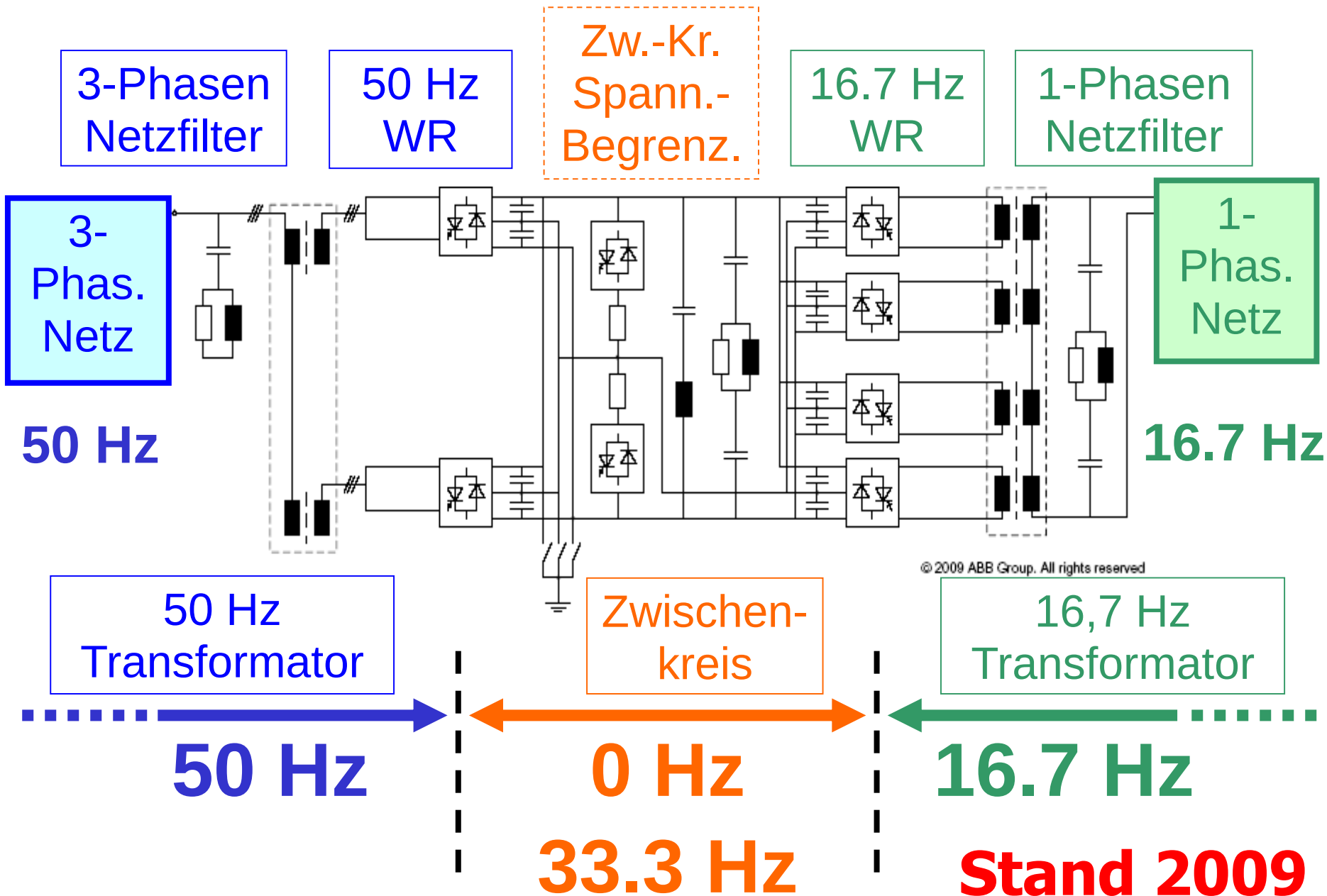
...Messergebnisse aus Schweiz



DEWESoft®
measurement innovation



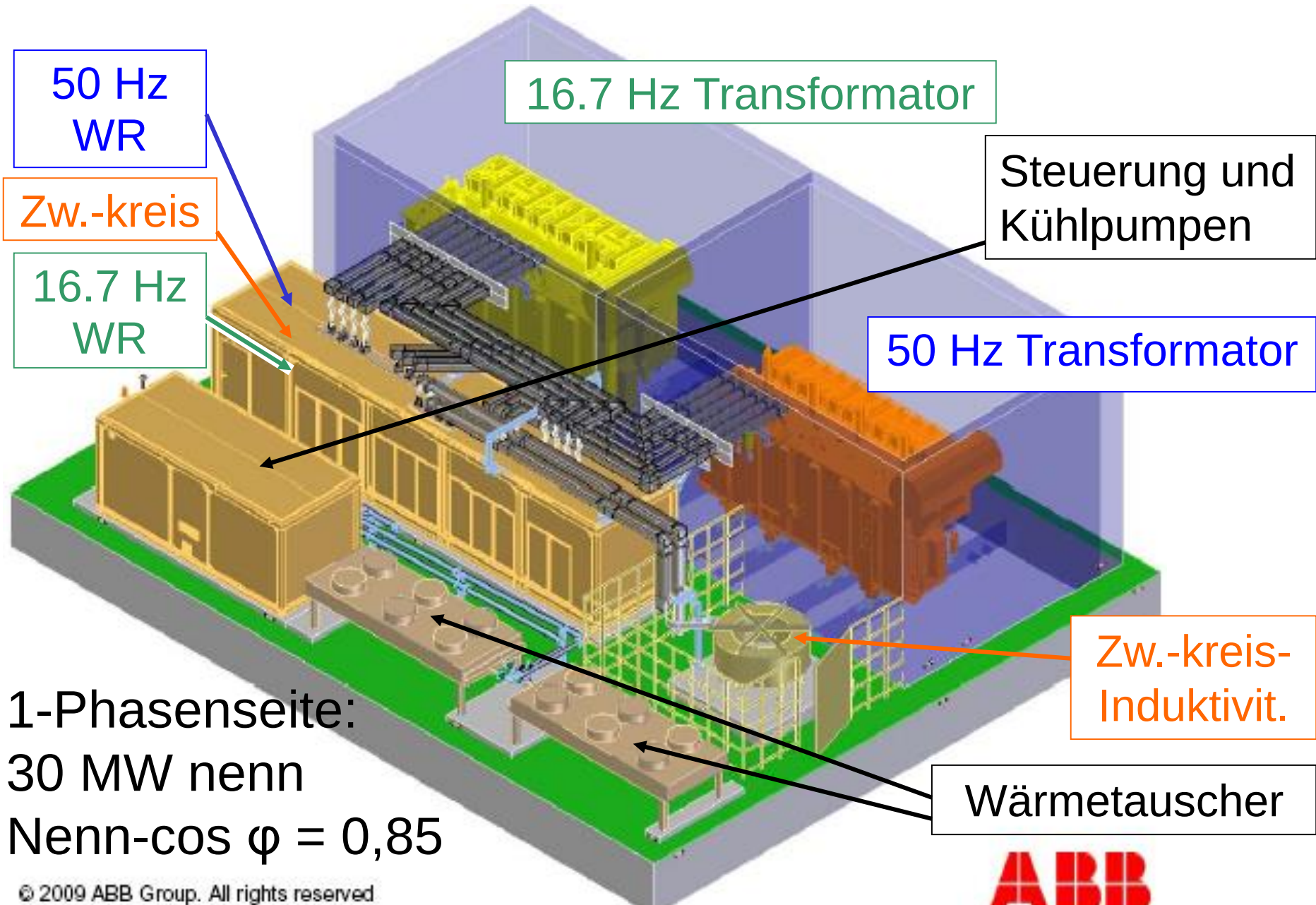
Wirkungsgradbestimmung bei Umrichtern



110 kV 16,7 Hz
Energie-Über-
tragungsleitung

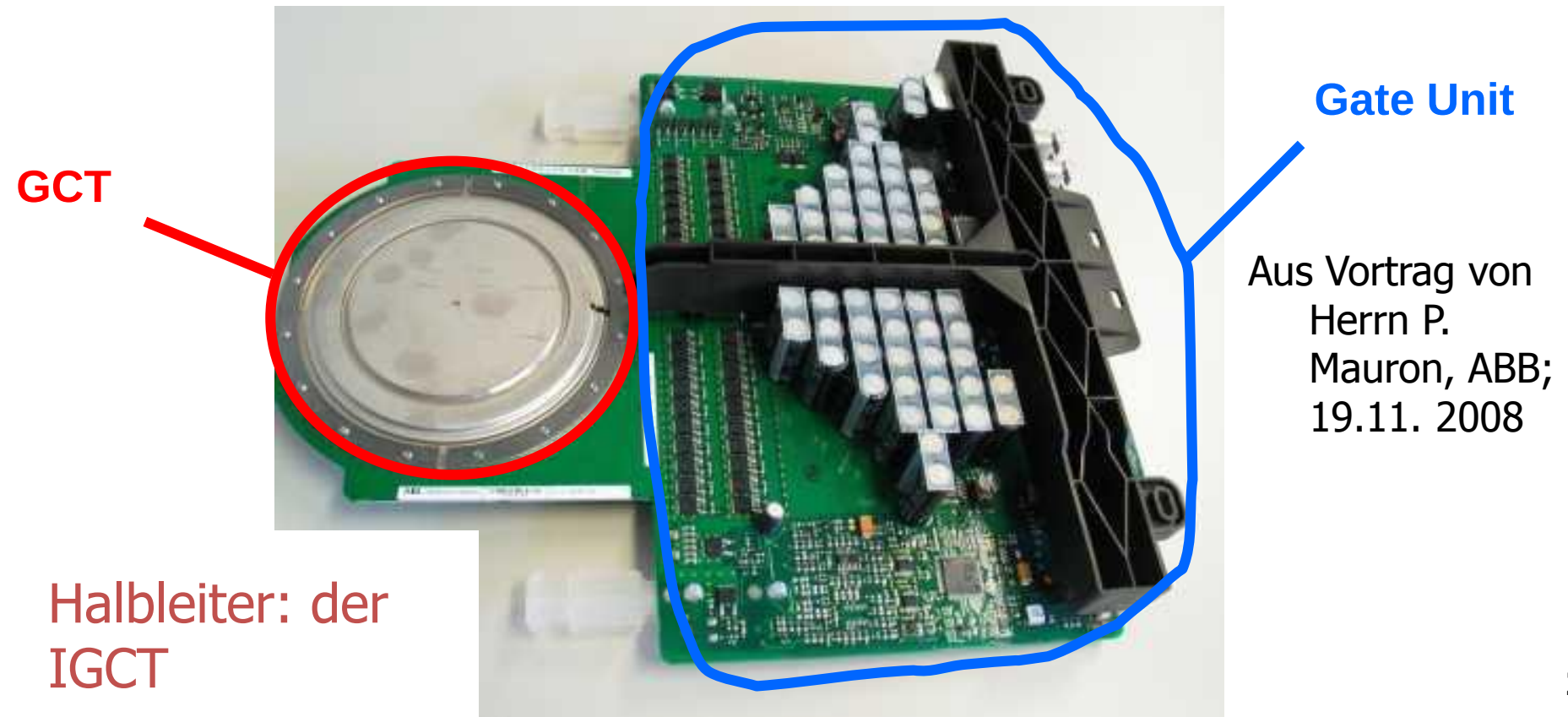
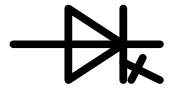


ÖBB UrW Timelkam 2 x 30 MW 50 Hz / 16,7 Hz



1-Phasenseite:
30 MW nenn
Nenn-cos $\varphi = 0,85$

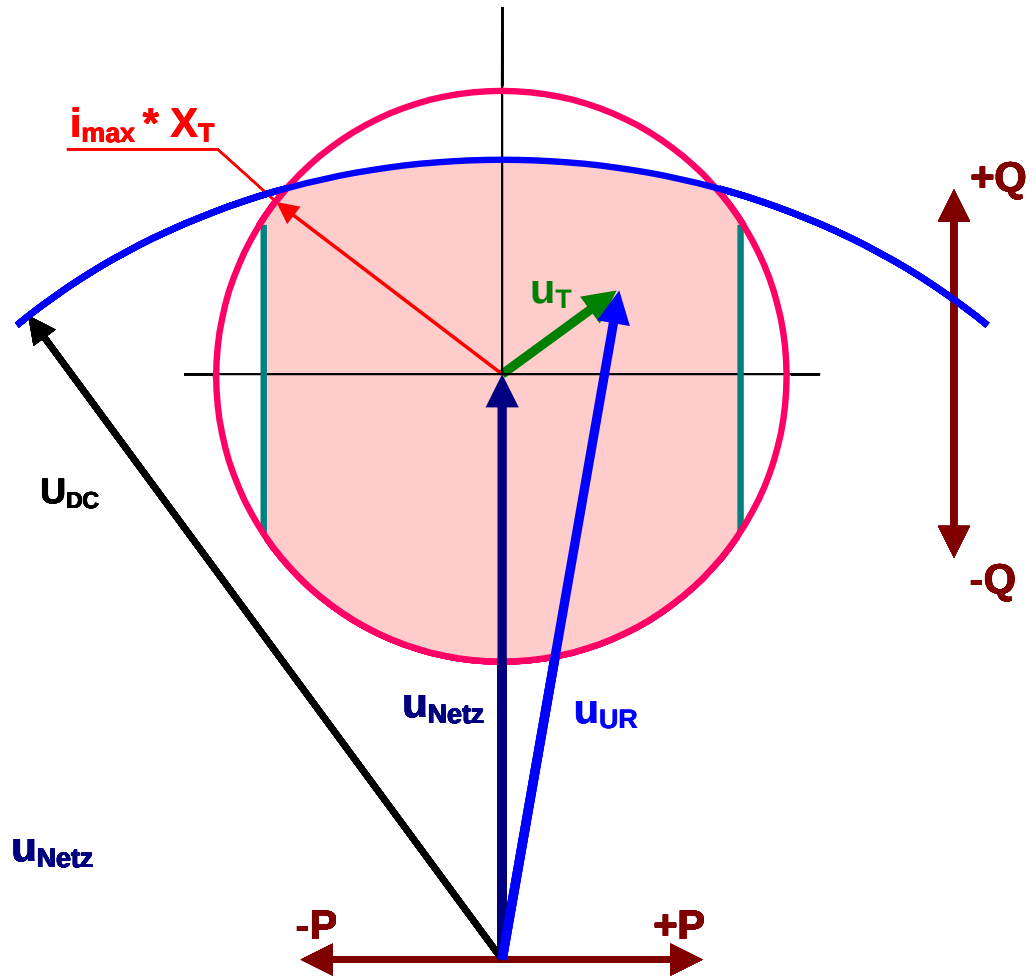
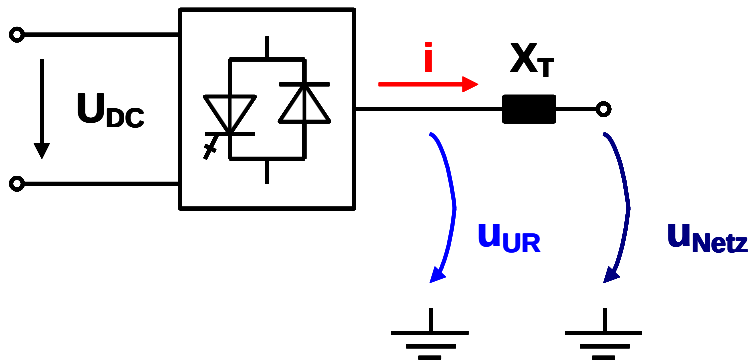
- GCT besteht aus einem P-N-P-N „Sandwich“
- Lässt nur in eine Richtung Strom fließen
- Sobald Spannung in korrekter Polarität anliegt kann Strom sowohl ein- als auch ausgeschaltet werden
- Zusammen mit der Gate Unit bildet er den IGCT (Integrated Gate Commutated Thyristor)



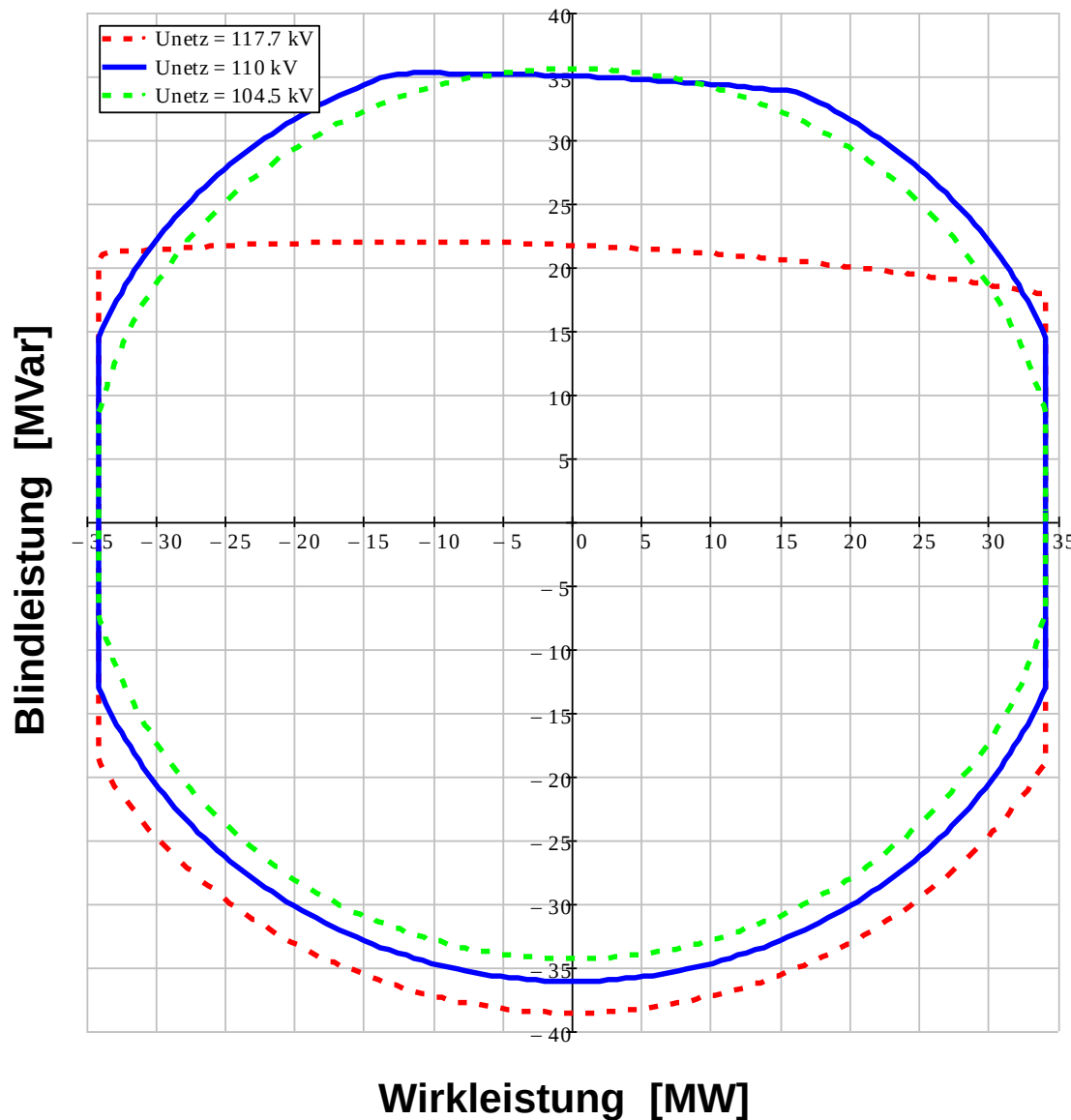
Zwischenkreis-
spannung

Strom in den
Wechselrichtern

Wirkleistung
Dreiphasenseite



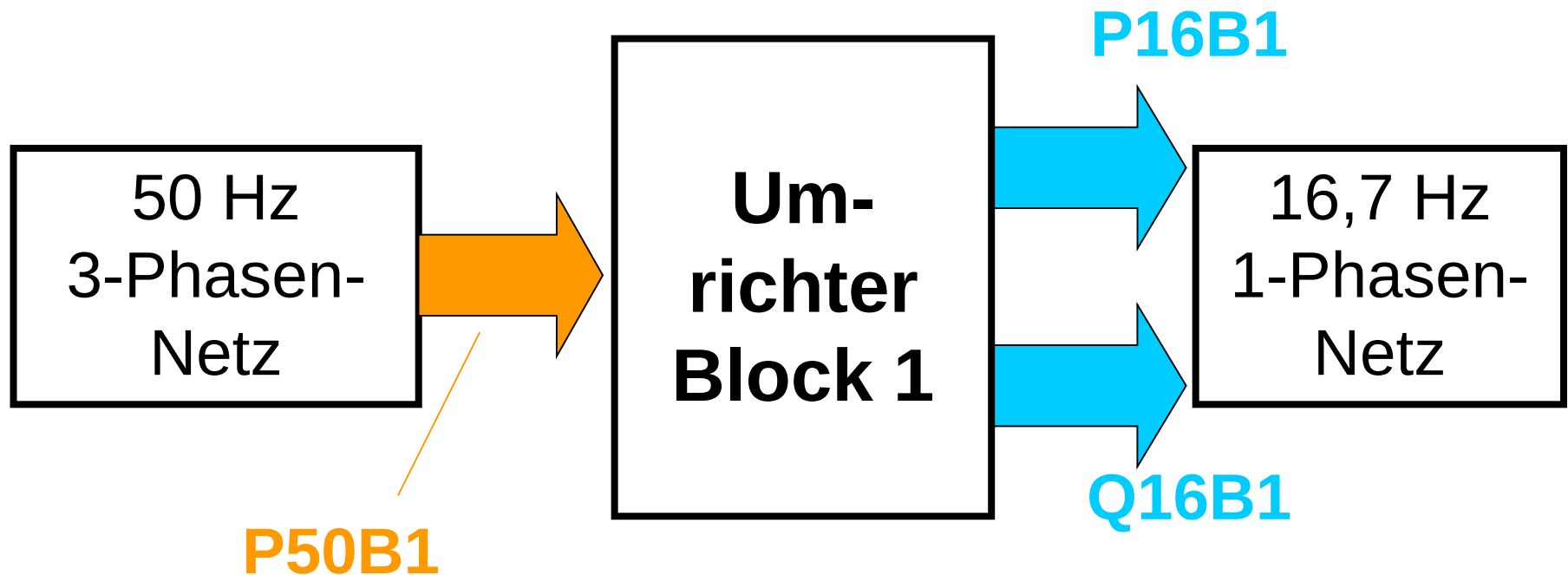
Aus Vortrag von Herrn P. Mauron, ABB; 19.11.2008



- Alle möglichen Arbeitspunkte des Umrichters aus Netzsicht
- Wirkleistung positiv :
Energietransfer ins Bahnnetz
- Blindleistung positiv :
Bahnnetzspannung wird gestützt

Aus Vortrag von Herrn P. Mauron, ABB; 19.11.2008

P/Q Diagramm (auf der Bahnstromseite)



P(Verlust) =

P50B1 – P16B1 + P(Kühlung + Steuerung)

Verluste betragen 2 % ... 3 % der übertrag. Leist.

Oberschwingungen in Spannungen und Strömen

Hoher Wirkungsgrad, Trafo-gekopp. UrW

**“vorher-
gesagte“** = versprochen
= garantiert

Verlustkosten / 30 J.

+ Investition

+ Wartungskosten

+ **“Qualität“**

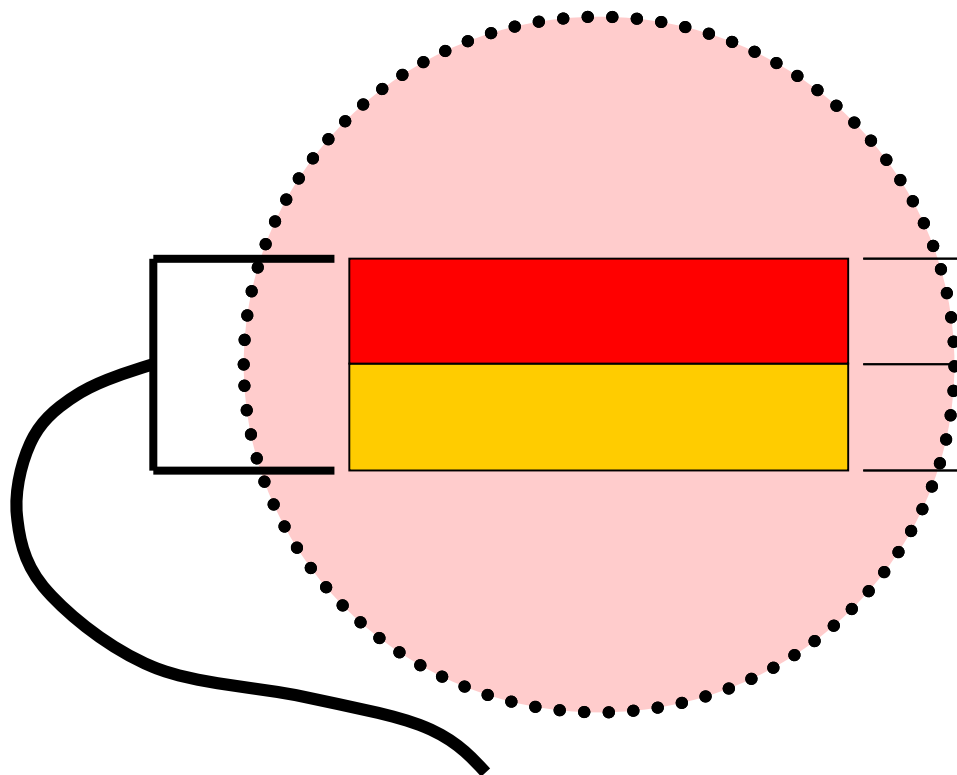
= **Entscheidungsbasis
zur Auftragsvergabe**

Kosten der übertragenen Energie

Kosten der Verluste über 30 Betriebsjahre

Investition

Investition, Verlustkosten, Energiekosten

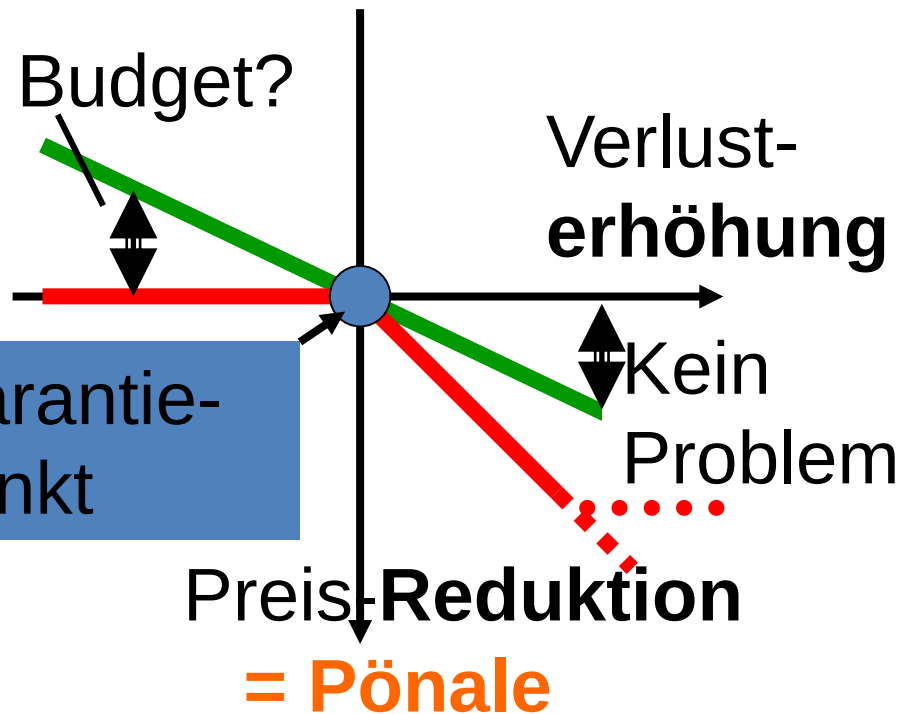


Version 1: Konstanthaltung
Verlustkosten + Preis

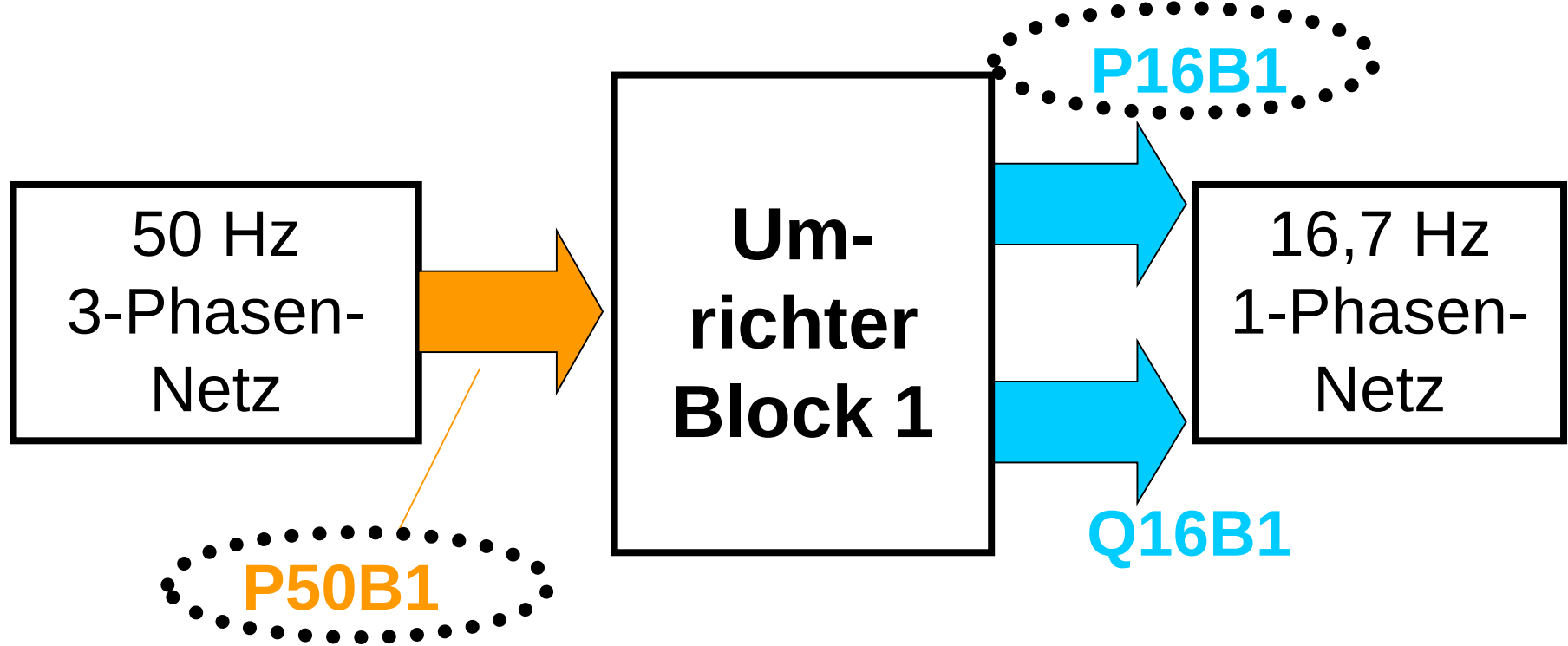
Version 2: Unsymmetrischer
Ansatz, "erzieherisch"

Tatsächliche Verluste?

$$\text{Verlustkosten} / 30 \text{ J.} + \text{Investition} = \text{Preis}$$



Verluste garantiert ⇔ Verluste tatsächlich



$$P(\text{Verlust}) = P50B1 - P16B1 + P(\text{Kühlung} + \text{Steuerung})$$

Verluste betragen 2 % ... 3 % der übertrag. Leist.

Oberschwingungen in Spannungen und Strömen

Wirkungsgrad-„Messung“

P50B1

P16B1

P(Kühlung + Steuerung)

16,7 Hz – Gerät
zeigt 1 % zu
wenig an

P50B1 - P16B1

P(Verluste)

100 % - 97 % + 0.2 % = 3.2 % Ideal !!!

99 % - 98 % + 0.2 % = 1.2 % Bestens

101 % - 96 % + 0.2 % = 5.2 % SCHLECHT

50 Hz - Gerät zeigt 1 % zu viel an

Wirkungsgrad-„Messung“ (Nennleist₂)

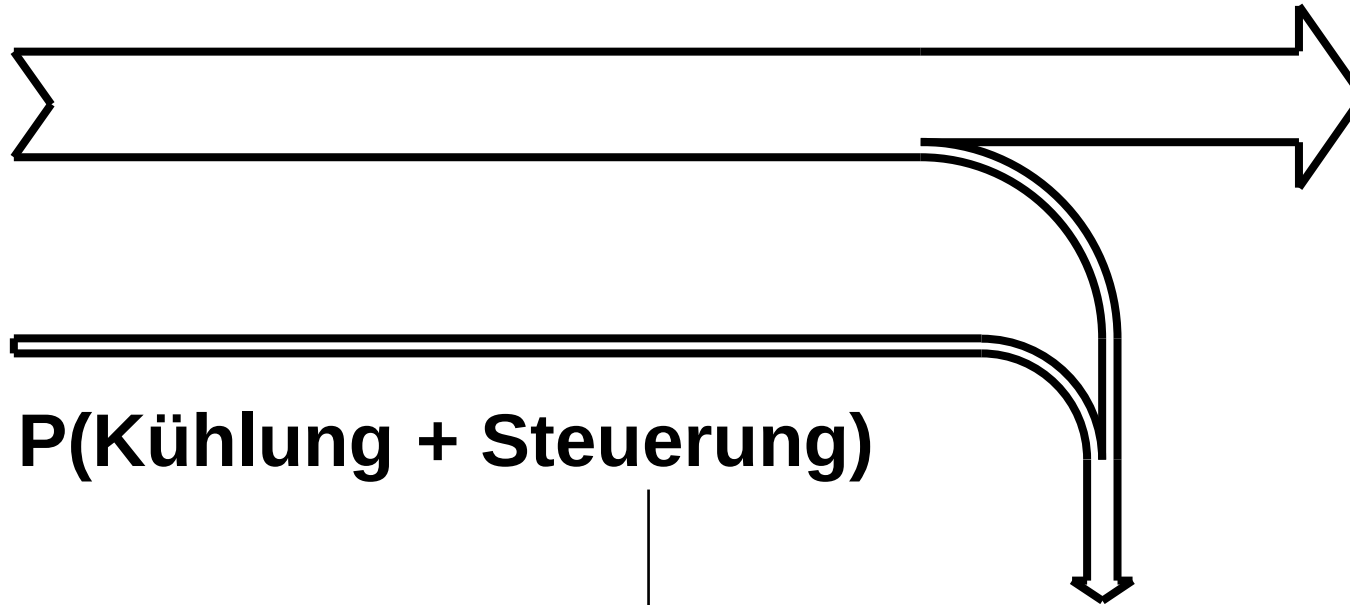


DEWESoft®
measurement innovation



P50B1

P16B1



P(Kühlung + Steuerung)

P50B1 - P16B1

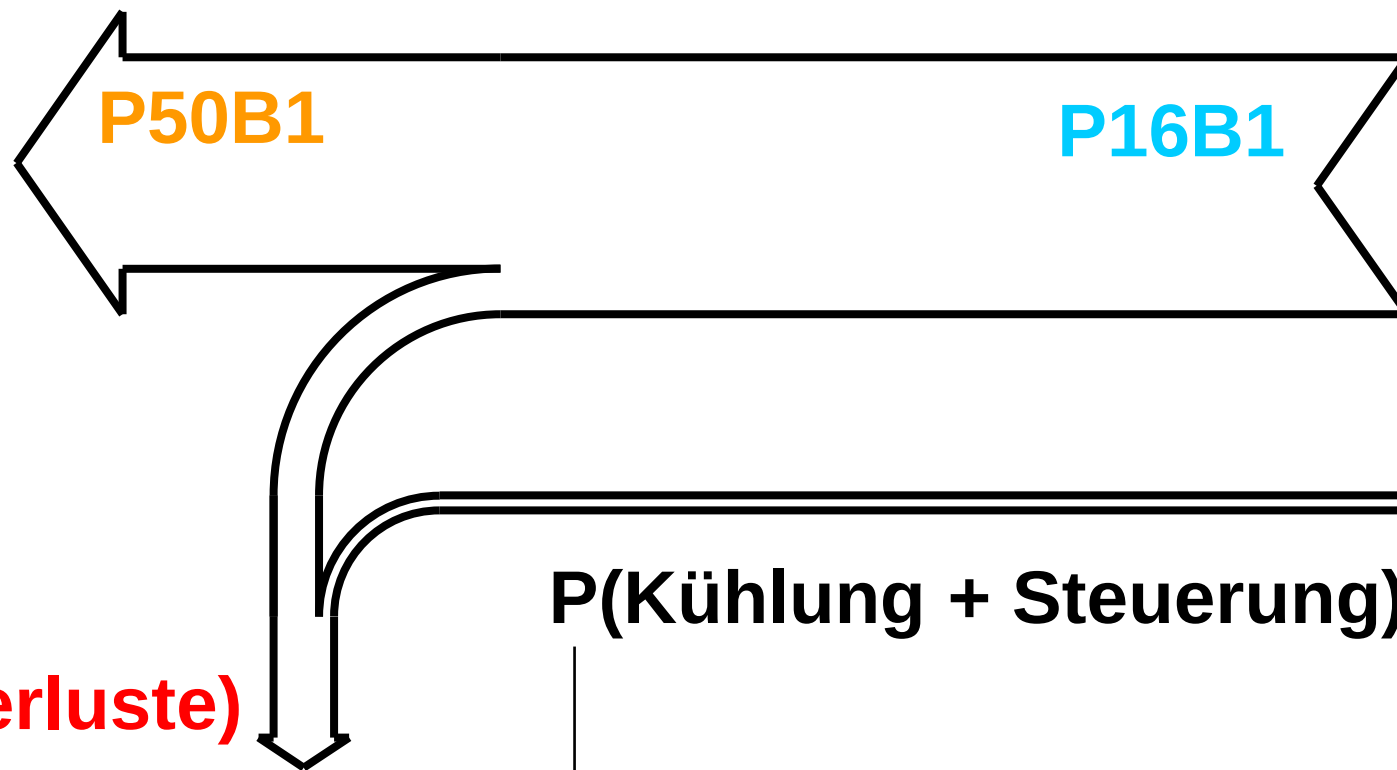
P(Verluste)

40 % - 39 % + 0.2 % = 1.2 % Ideal !!!

39 % - 40 % + 0.2 % = -0,8 % $\eta > 100 \%$

41 % - 38 % + 0.2 % = 3.2 % SCHLECHT

Wirkungsgrad-, „Messung“ Teillastbereich



P(Verluste)

P16B1 - P50B1

P(Kühlung + Steuerung)

P(Verluste)

100 % - 97 % + 0,2 % = 3,2 % Ideal !!!

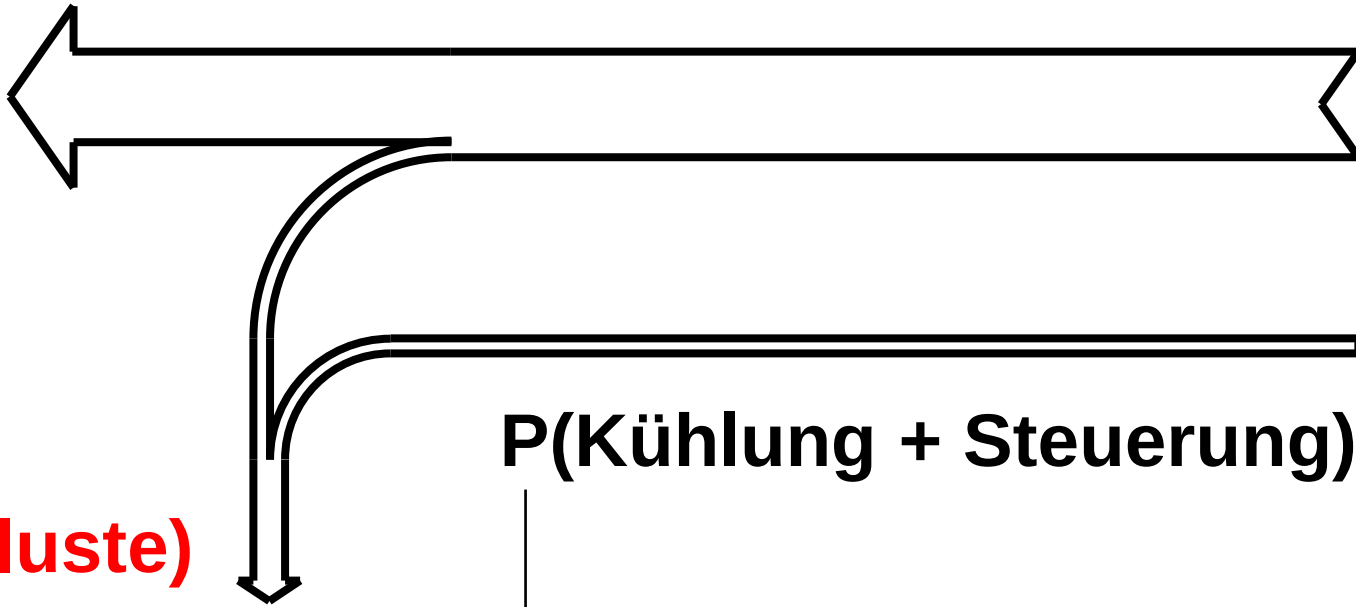
101 % - 96 % + 0,2 % = 5,2 % SCHLECHT

99 % - 98 % + 0,2 % = 1,2 % Bestens

Wirkungsgrad-„Messung“ Rücklieferung

P50B1

P16B1



P(Verluste)

P16B1 - P50B1

P(Verluste)

40 % - 39 % + 0,2 % = 1,2 % Ideal !!!

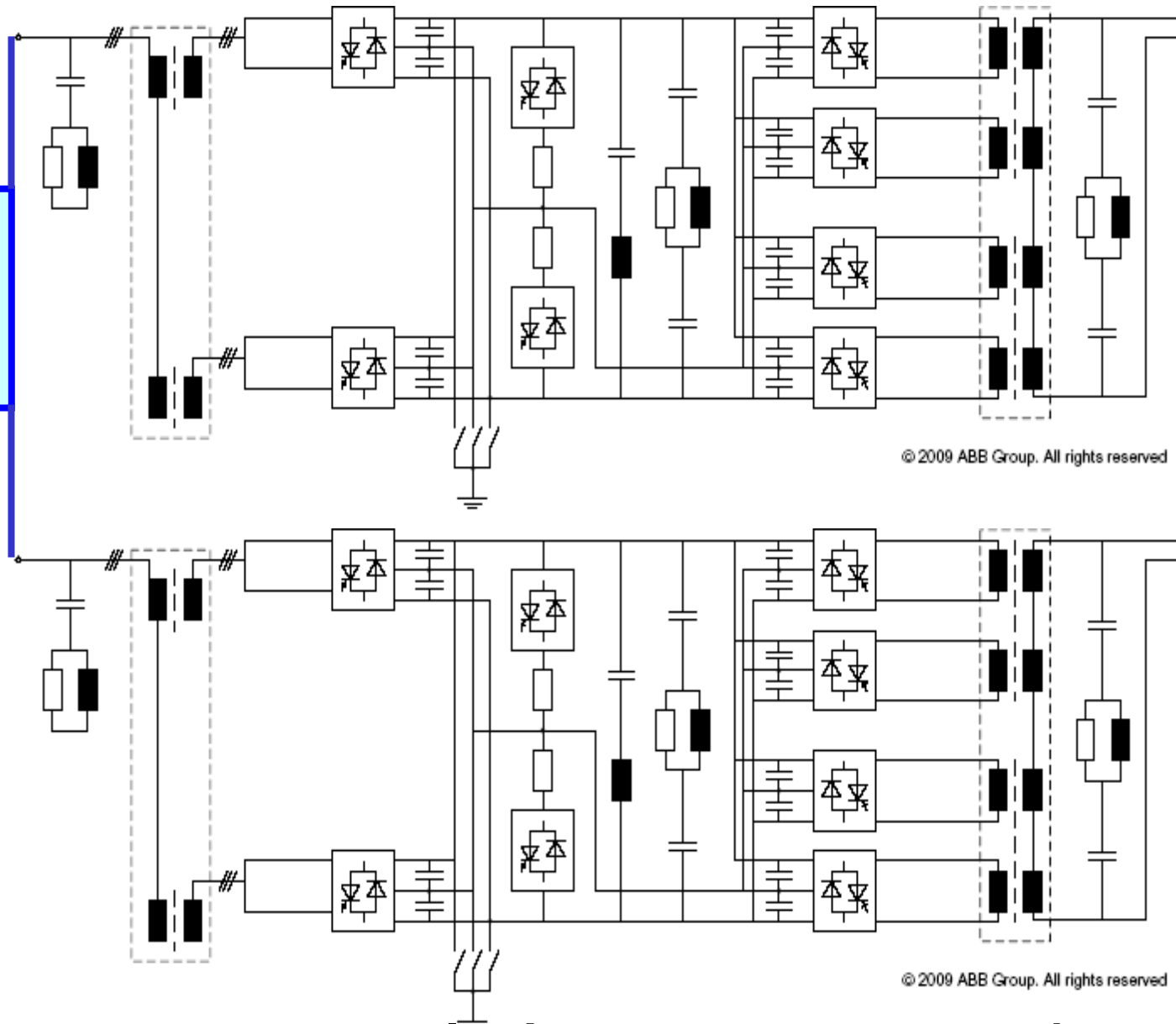
41 % - 38 % + 0,2 % = 3,2 % SCHLECHT

39 % - 40 % + 0,2 % = -0,8 % $\eta > 100 \%$

Wirkungsgrad-, „Messung“ Rückl., Teillast

3-
Phas.-
Netz

1-
Phas.-
Netz

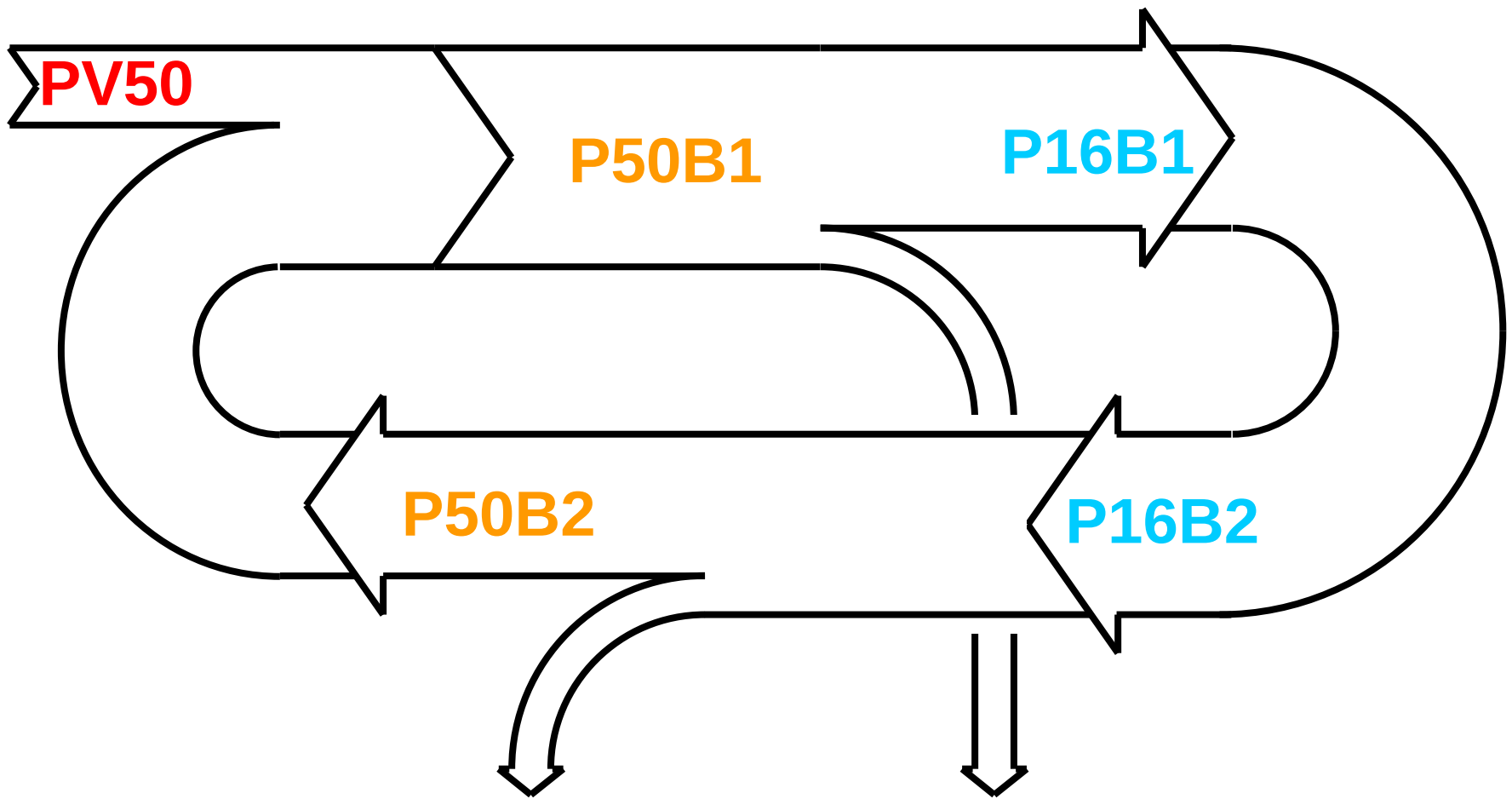


2 Blöcke: 2 x 30 MW 50 Hz / 16.7 Hz UrW



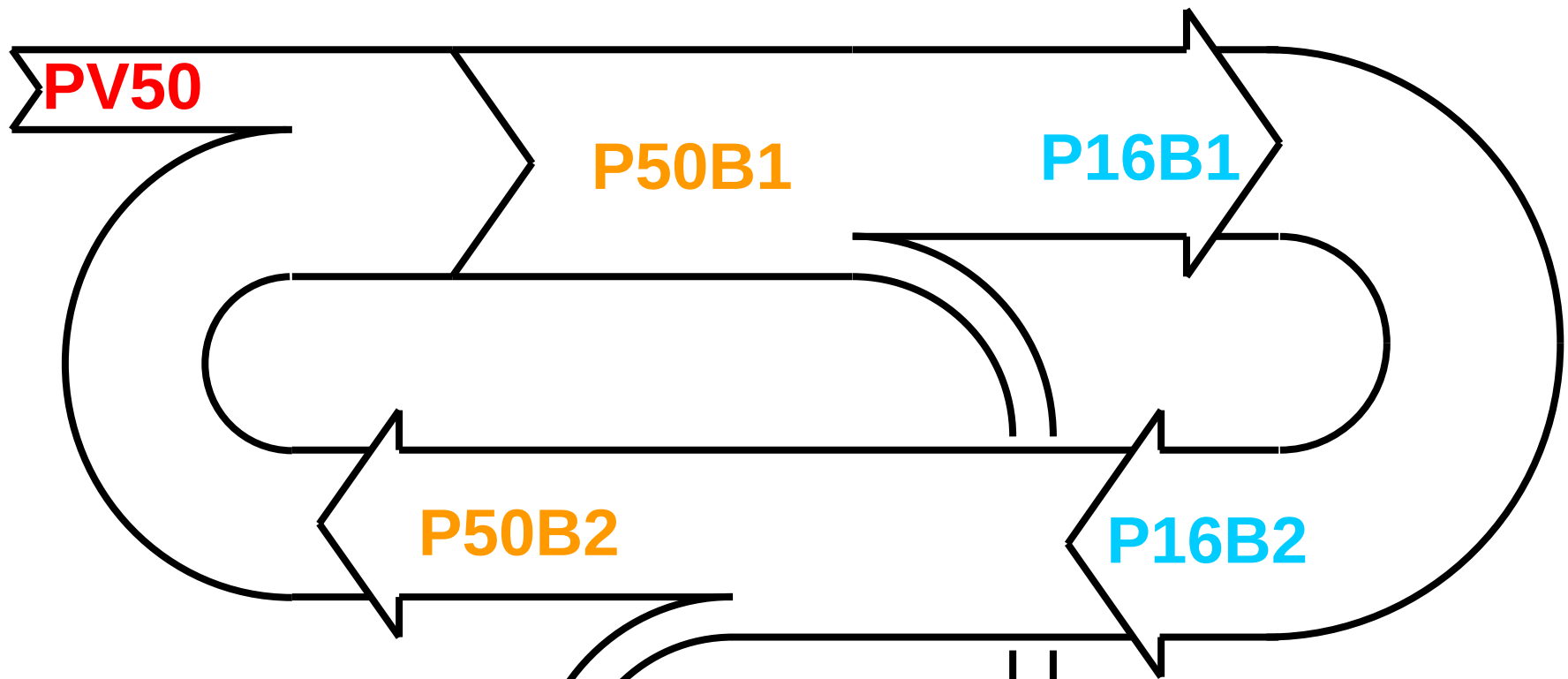
DEWESoft®
measurement innovation





Kreisförmiger Leistungsfluss (ohne Verluste der Kühlung und Steuerung)

Wirkungsgradmessung im Kreisbetrieb



P(Kühl. + Steu.)

+ 0,2 %

+ 0,2 %

+ 0,2 %

PV50

+ 3 %

+ 3,03 %

+ 2,97 %

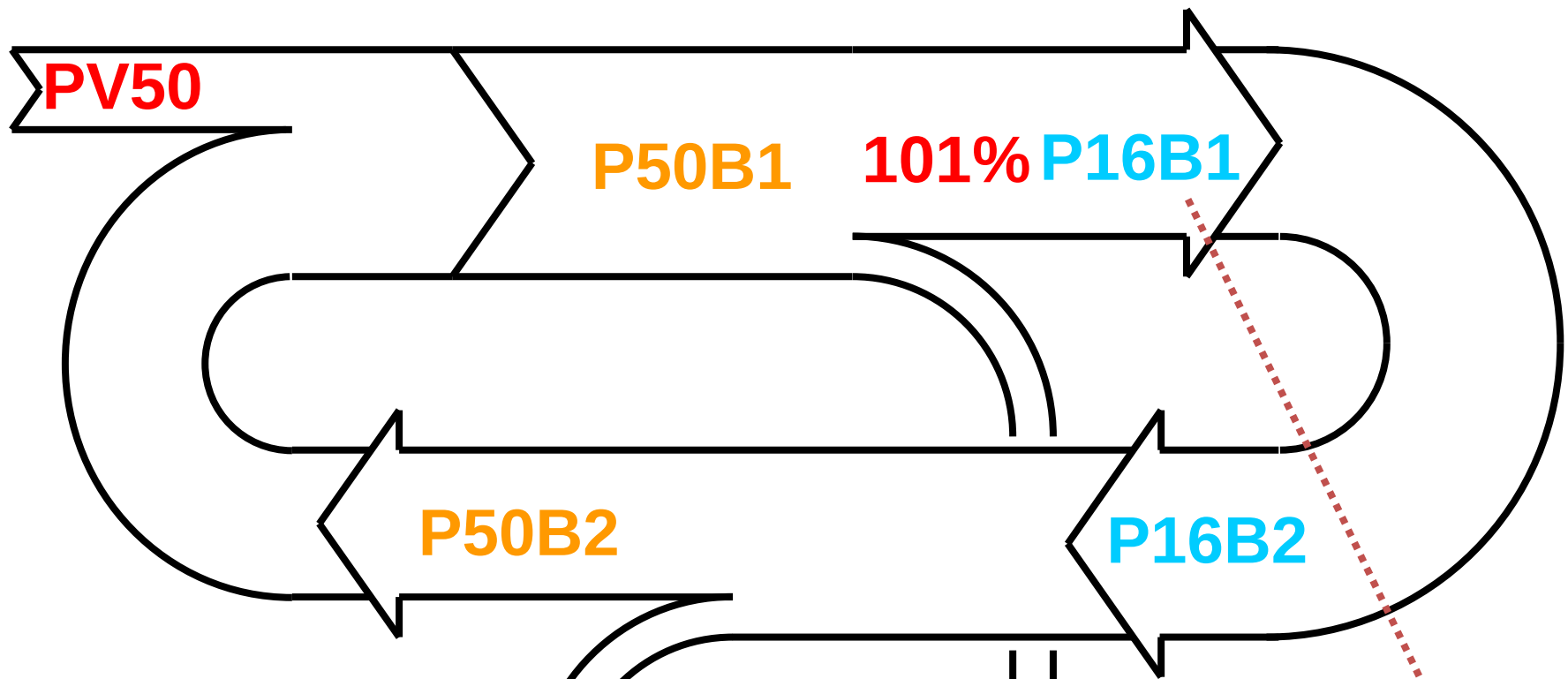
P(Verluste)

= 3.2 % Ideal

= 3.23 %

= 3.17 %

Fehlergrenzen-Abschätzung für 100 % P16



P(Kühl. + Steu.)

+ 0,2 %

+ 0,2 %

+ 0,2 %

PV50

+ 3 %

+ 3,05 %

+ 2,95 %

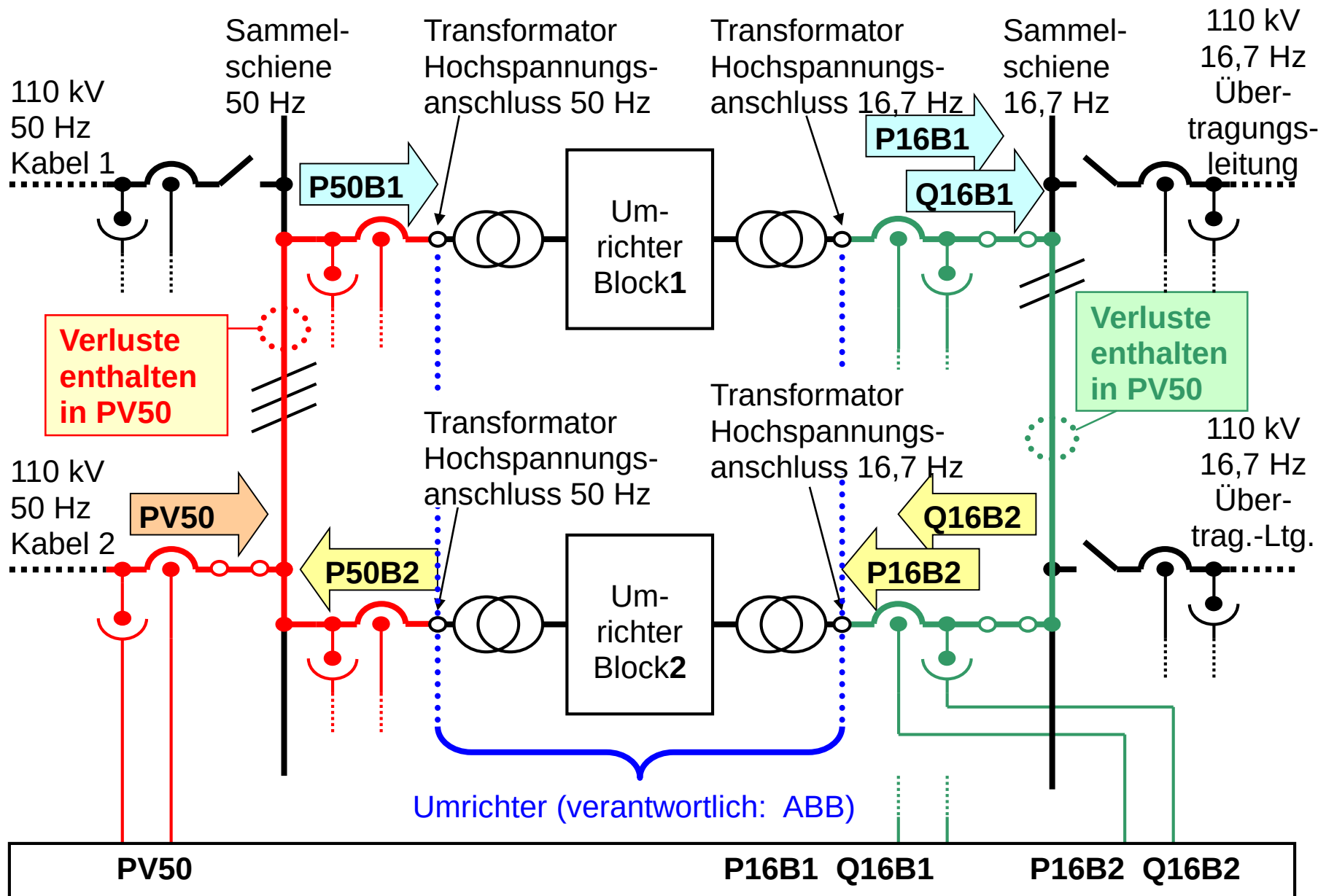
P(Verluste)

= 3.2 % 100 %

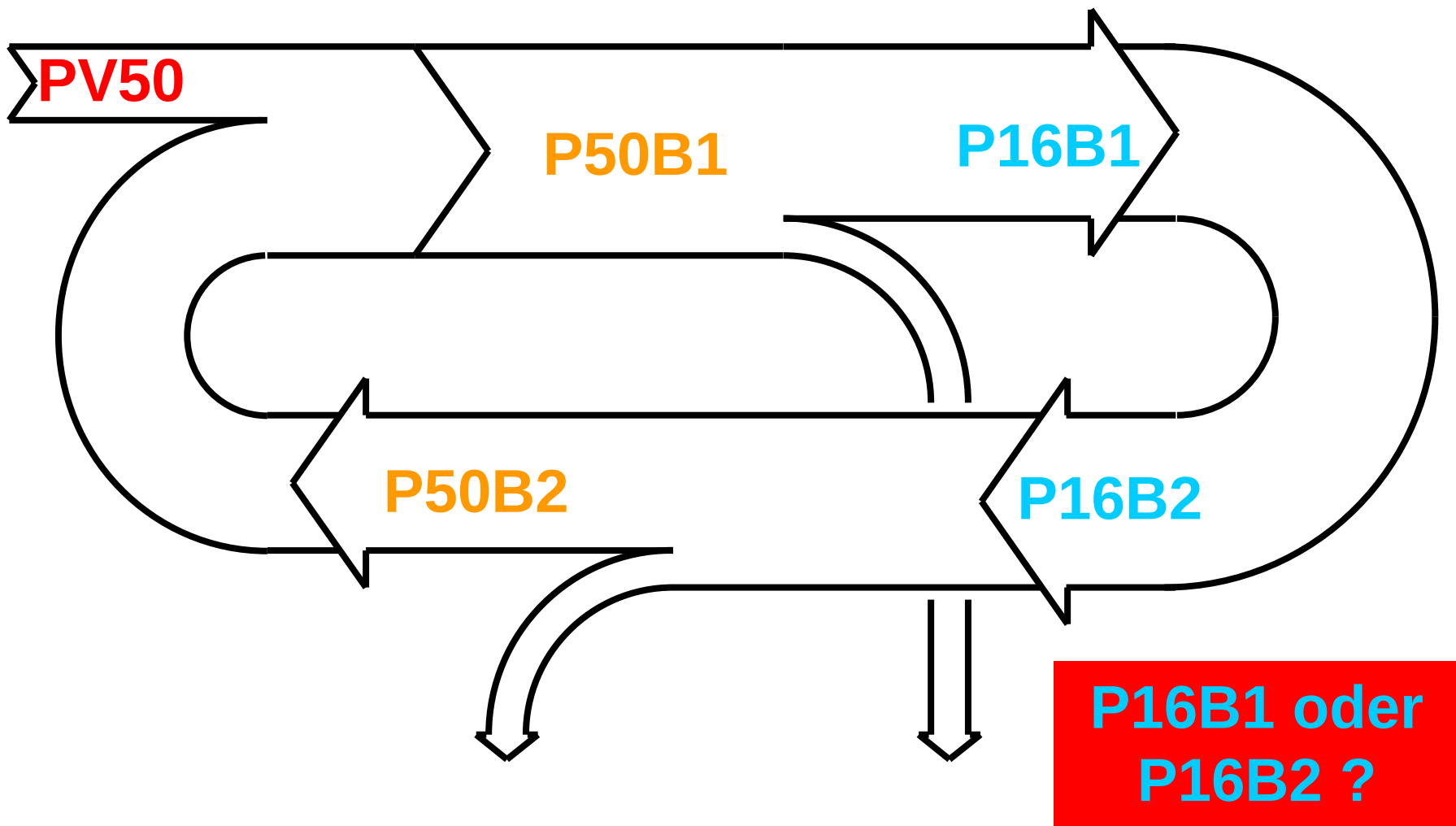
= 3.25 % 101 %

= 3.15 % 99 %

Abschätzung für 101 % P16 bzw. 99 % P16



Wirkungsgradmessung im Kreisbetrieb

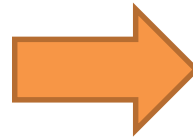


**Kreisförmiger Leistungsfluss (ohne
Verluste der Kühlung und Steuerung)**
Wirkungsgradmessung im Kreisbetrieb

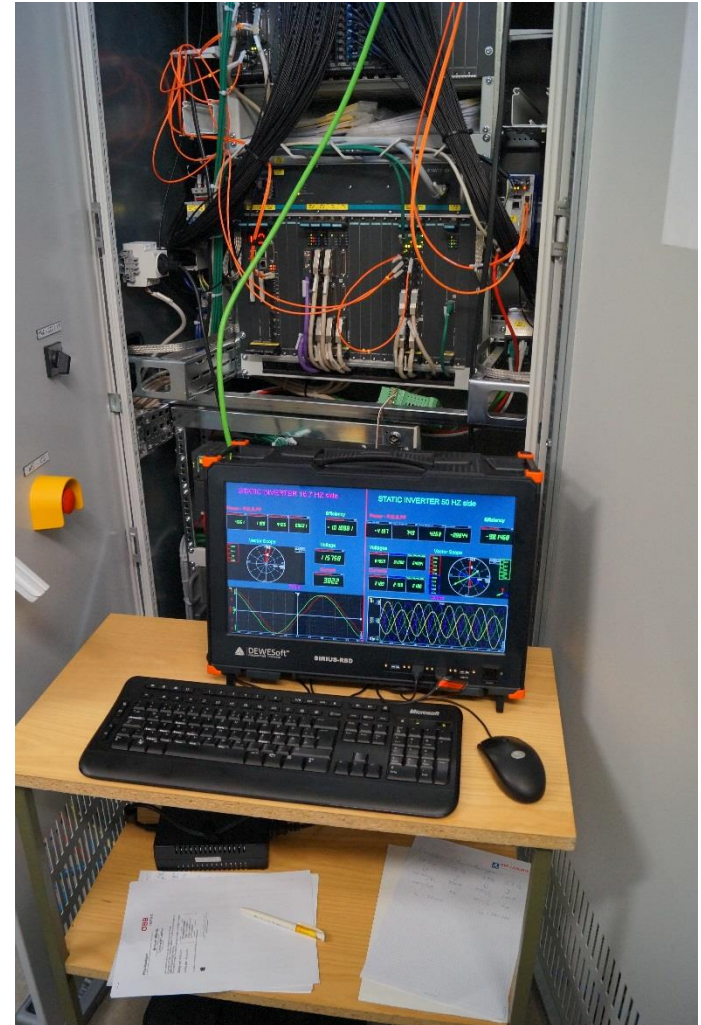
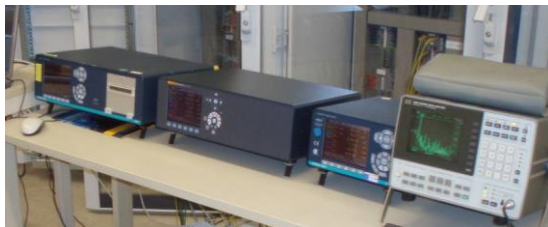
Hochpräzise Leistungsmessung

DEWESoft Power Analyzer R8D

- Hochpräzise Leistungsmessung
- Oberschwingungsanalyse
- Datenspeicherung in voller Abtastrate

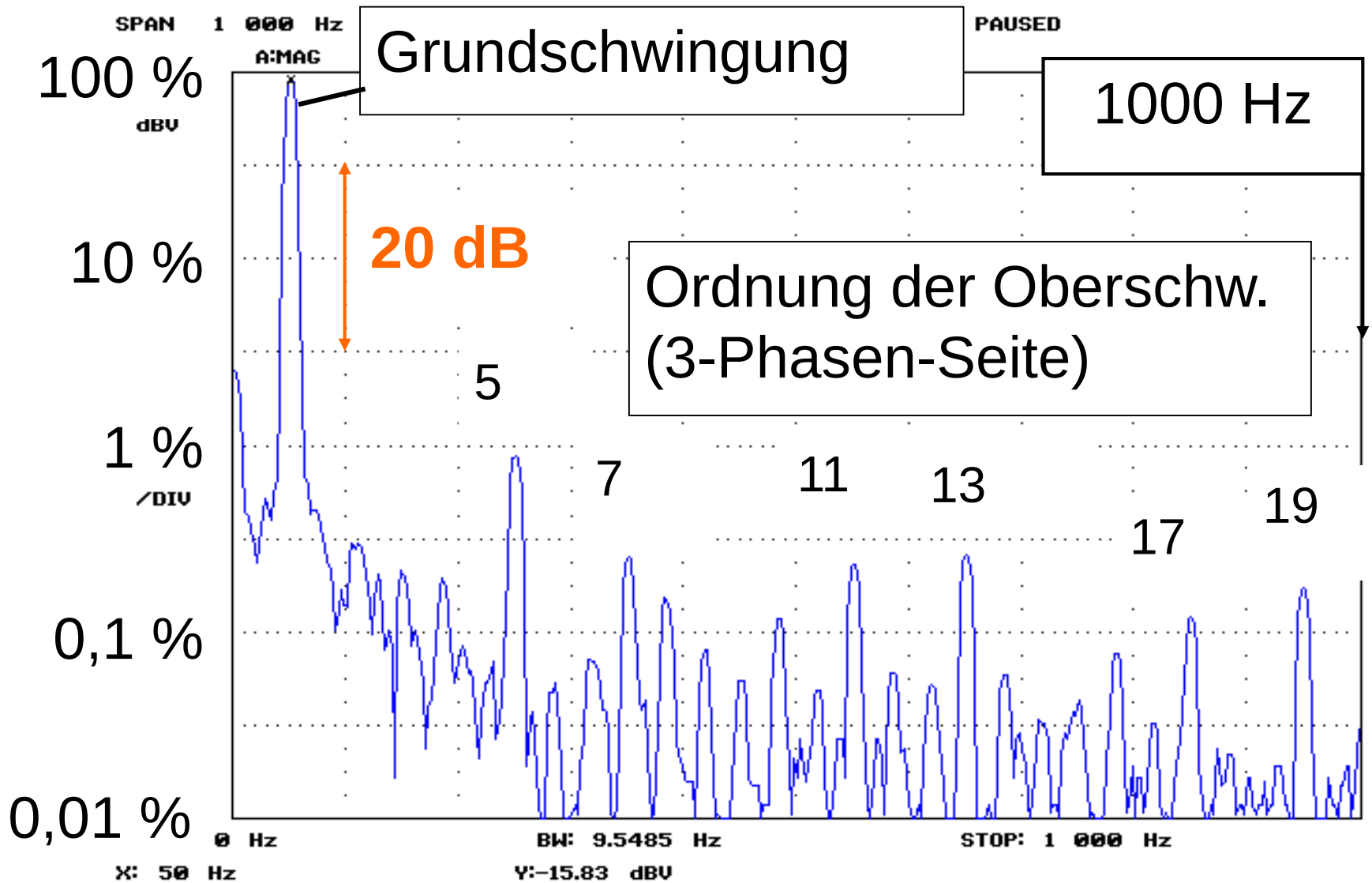


Kontrolle mit zusätzlichen Leistungsmessgeräten

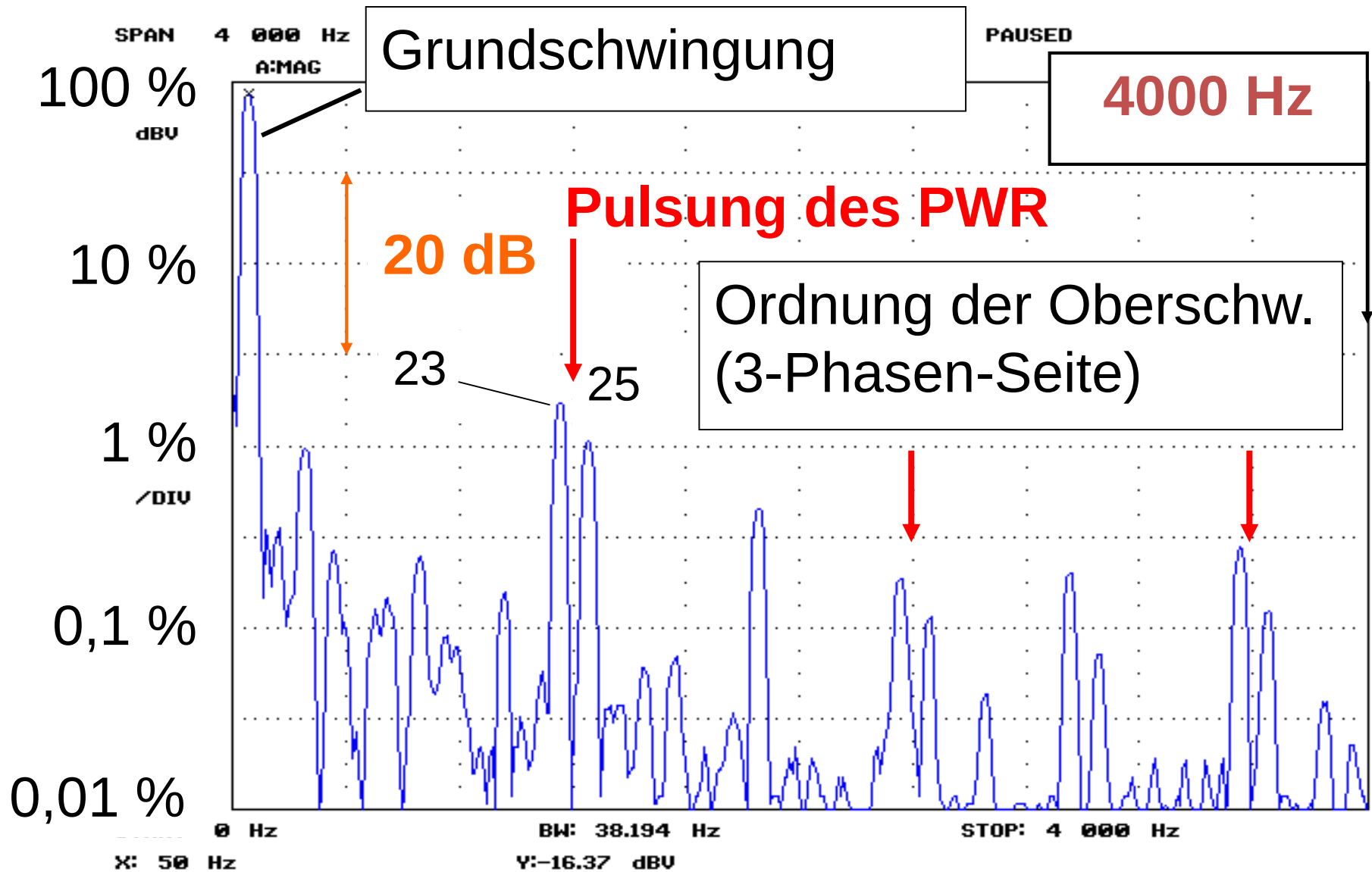


DEWESoft®
measurement innovation



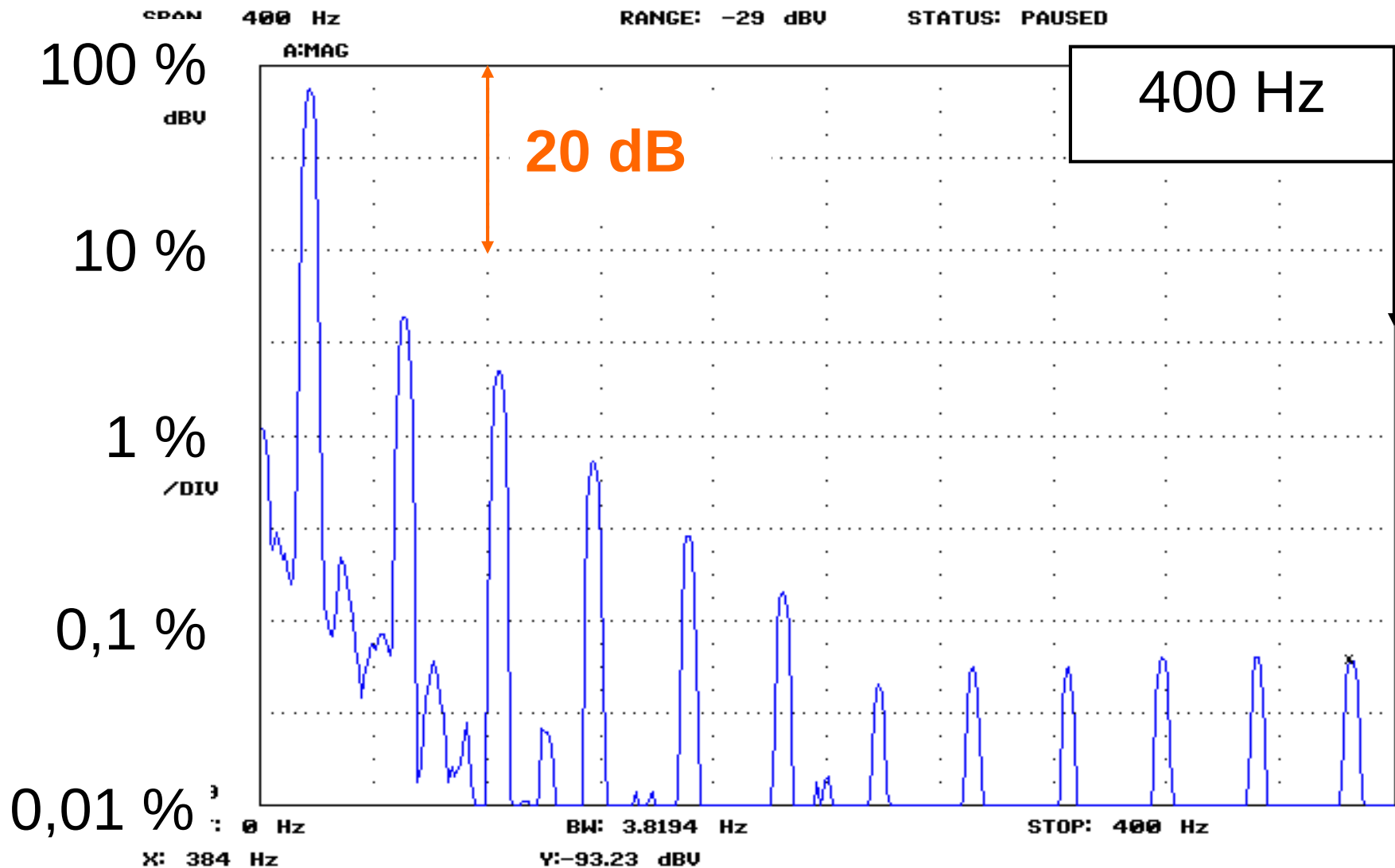


Strom-Oberschwingungen der 50 Hz Seite



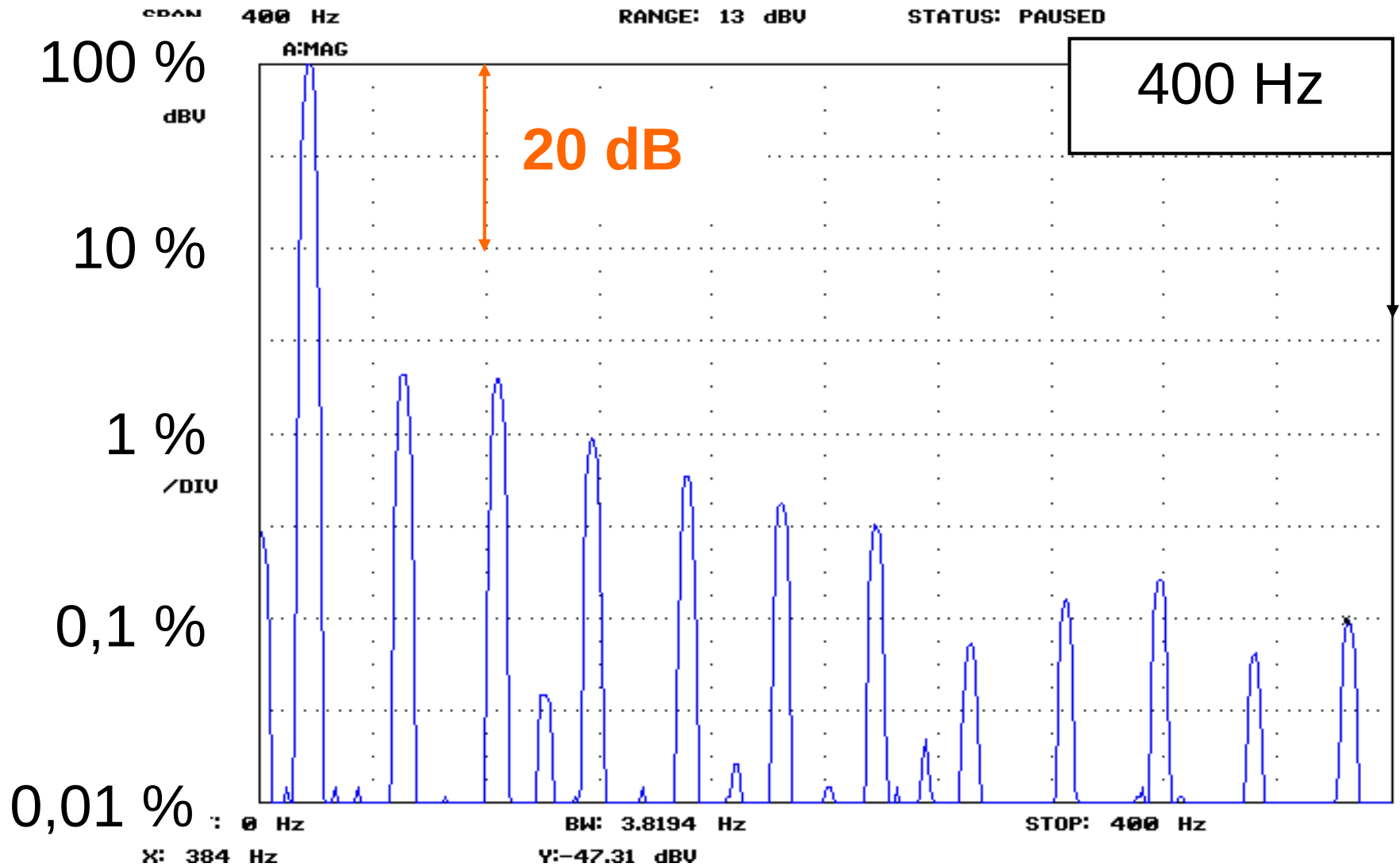
Strom-Oberschwingungen der 50 Hz Seite





Strom-Oberschwingungen der 16,7 Hz Seite





Spannungs-Oberschwing. der 16,7 Hz Seite



DEWESoft®
measurement innovation



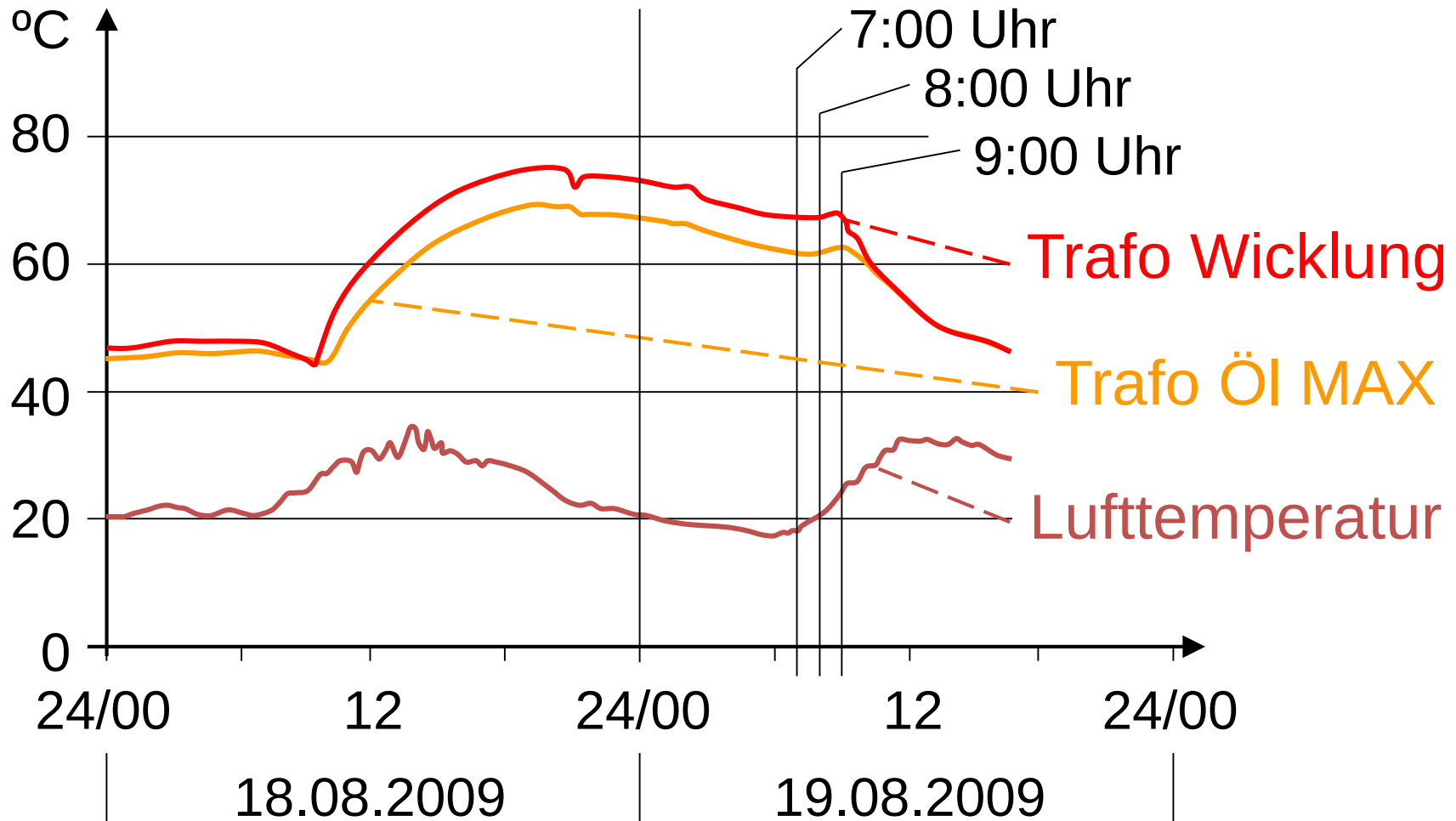
16.7 Hz Transformator => Temperatur-Zykl.

Vor-
betrieb

Erwärmung
mit P(max)
und Q(max)

S_{nenn}

Messung des
Nennbetriebs von
9.00 bis 9.01 Uhr



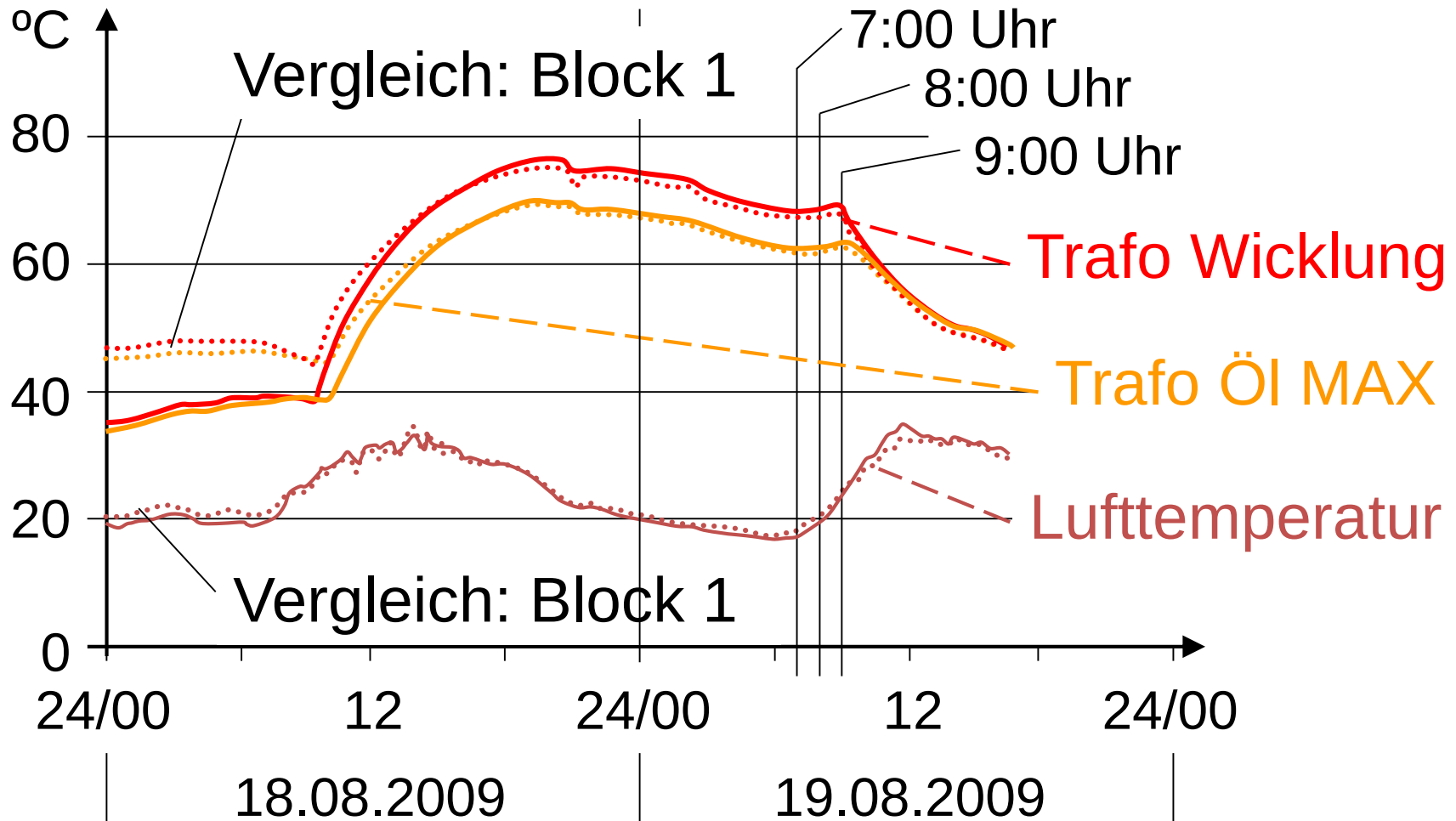
Temperaturverlauf 50 Hz Trafo Block 1

Vor-
betrieb

Erwärmung
mit P(max)
und Q(max)

S_{nenn}

Messung des
Nennbetriebs von
9.00 bis 9.01 Uhr



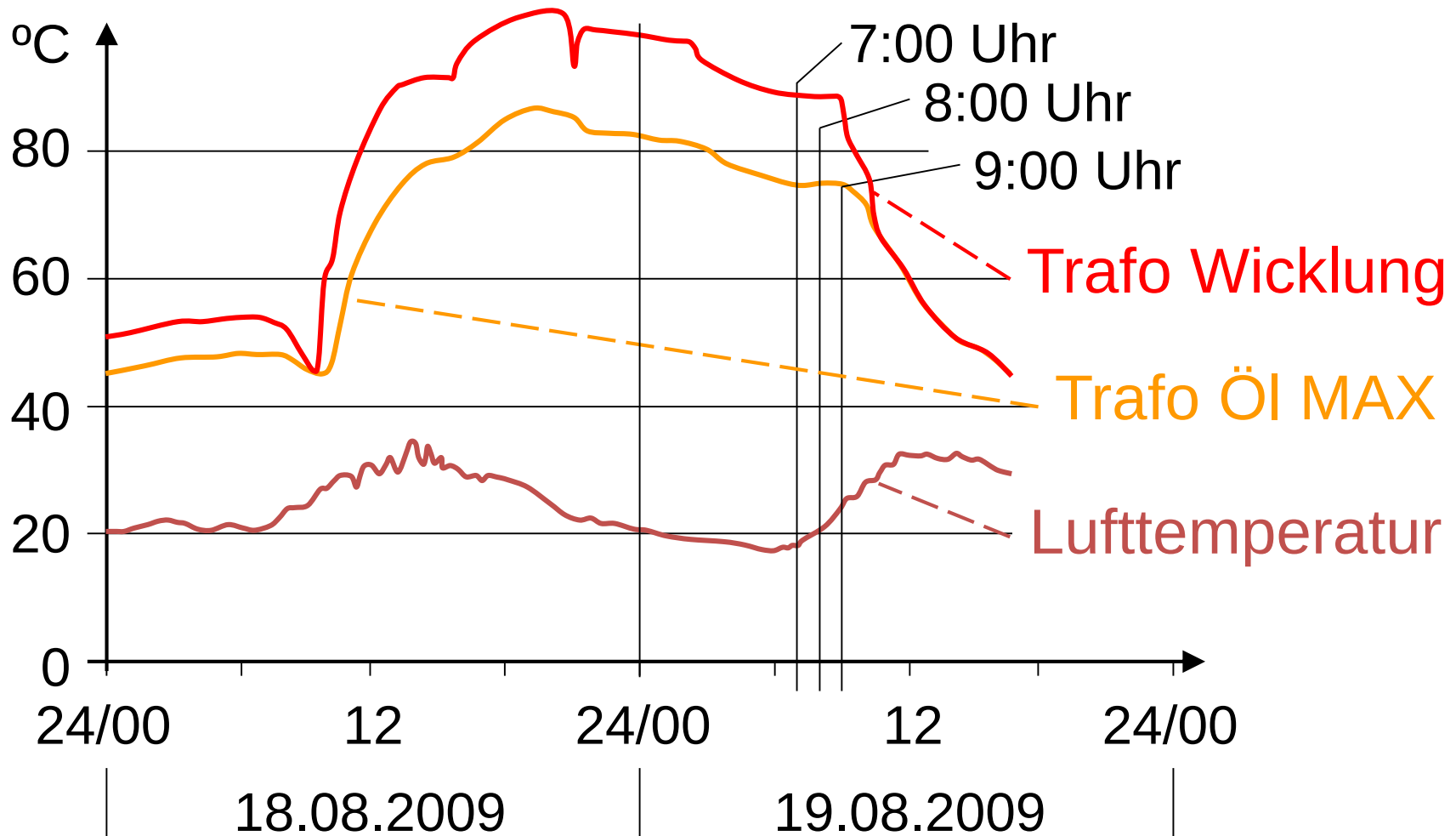
Temperaturverlauf 50 Hz Trafo Block 2

Vor-
betrieb

Erwärmung
mit P(max)
und Q(max)

S_{nenn}

Messung des
Nennbetriebs von
9.00 bis 9.01 Uhr



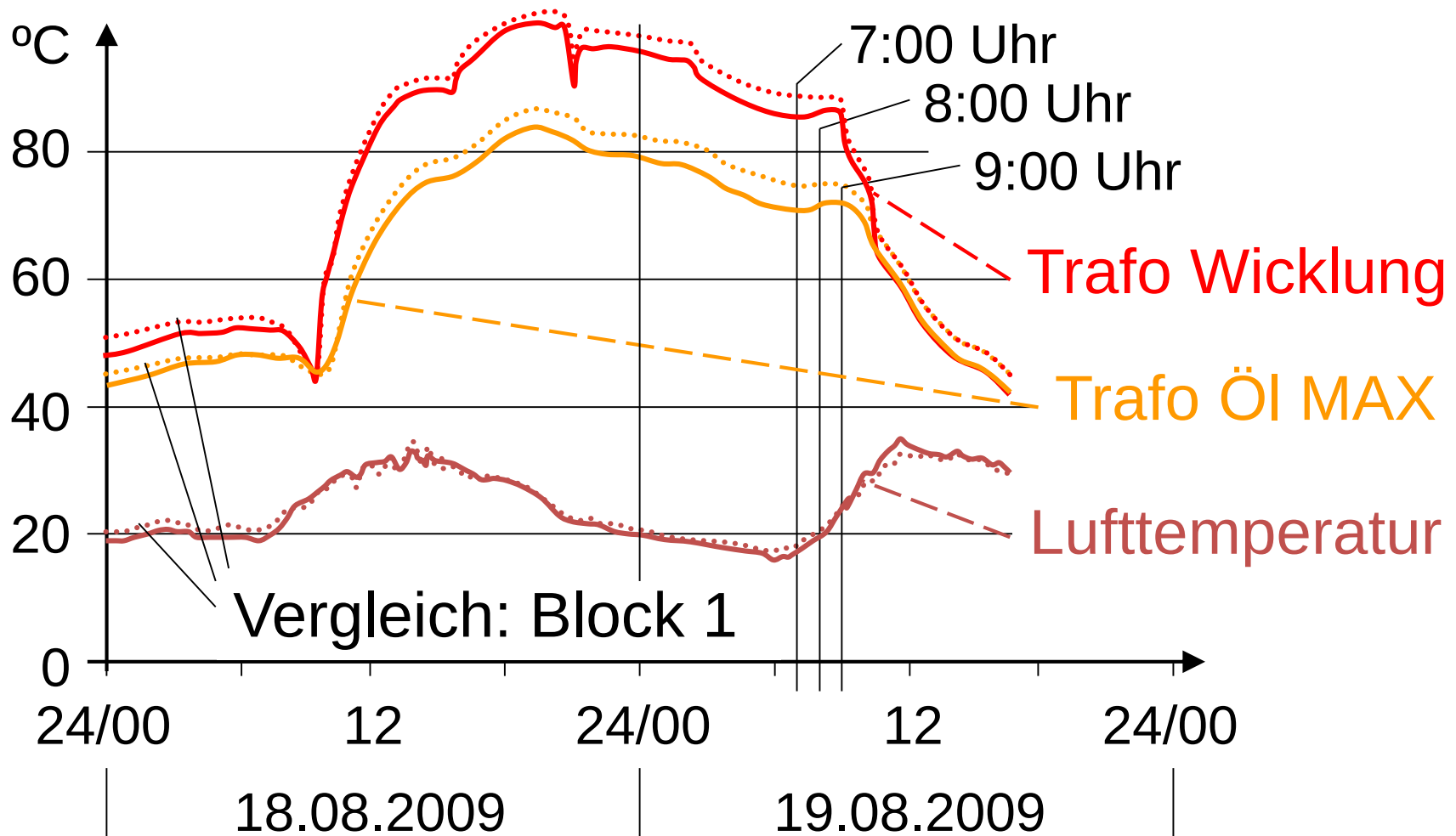
Temperaturverlauf 16,7 Hz Trafo Block 1

Vor-
betrieb

Erwärmung
mit P(max)
und Q(max)

S_{nenn}

Messung des
Nennbetriebs von
9.00 bis 9.01 Uhr



Temperaturverlauf 16,7 Hz Trafo Block 2



DEWESoft®
measurement innovation



Gerät, Effekt Maßnahmen

Messwandler	Kalibrierung im Bereich der Messung
Messgerät	Hochpräzise auch für 16,7 Hz, Mehrfachmessung, Kontrollmessung
Oberschwing.	Leistungsmess. auch über Harmon. Kontrolle der Oberschwingungen
Temperatur	Daueraufzeichnung über Stunden, Auswahl des geeigneten Zeitpunkts
Kühlanlage, ...	Zusatzmessung, Verlustbilanz
Mitgemessene Verluste	Abschätzung Verluste in Wandlern, Schaltern, Verbindungsseilen => Verlustbilanz

Fehlereinflüsse



Gesamtverluste pro Umrichterblock, bezogen auf Nennbedingungen (wie in Verlustberechnung)

Ermittelte Verluste für 30 MW pro Block bei Nenn-cos φ **1693,4 kW**

Verlustunsicherheit (alle Fehlergrenzen) für 30 MW pro Block bei Nenn-cos φ **12,0 kW**

Ermittelte Verluste für 30 MW pro Block bei Nenn-cos φ minus Verlustunsicherheit **1681,4 kW**

Nennwirkungsgrad (Berücksichtigung der Verlustunsicherheit zugunsten Lieferanten) **97,3 %**

Ergebnisse (1)

**Gesamtverluste pro Umrichterblock, bezogen auf
Nennbedingungen (wie in Verlustberechnung)**

**=> Mit Sicherheitsabstand
UNTERHALB der Garantiewerte**

Kontrollrechnung („Die Messgeräte könnten auch
zu wenig anzeigen“):

gemessene Verluste PLUS Messunsicherheit

**=> Noch immer UNTERHALB der
Garantiewerte**

=> „Solide Dimensionierung“

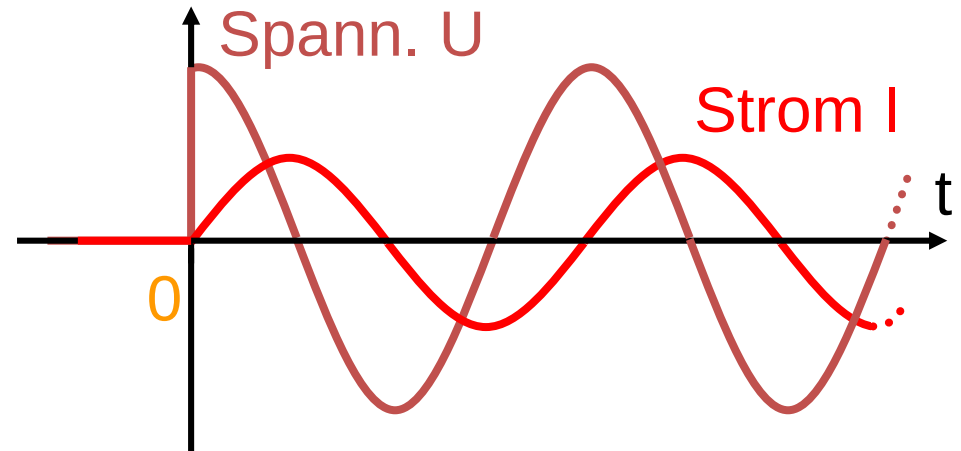
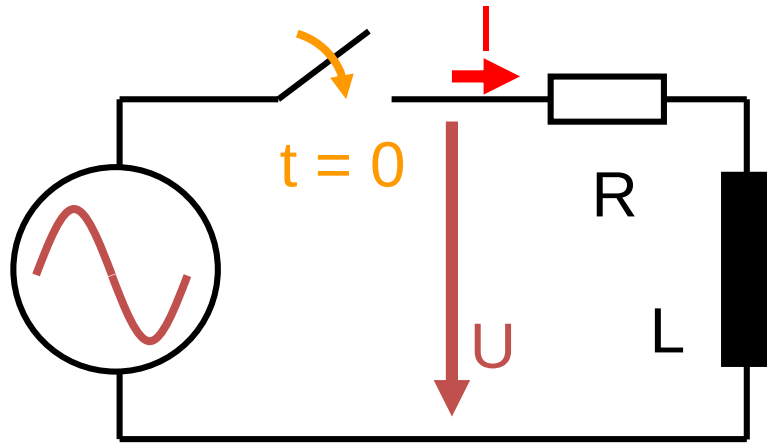
**=> „Angstfaktor Pönale“, Reserve wegen nicht
beeinflussbarer Verluste (Halbleiter, Trafoblech)**

Ergebnisse (2)



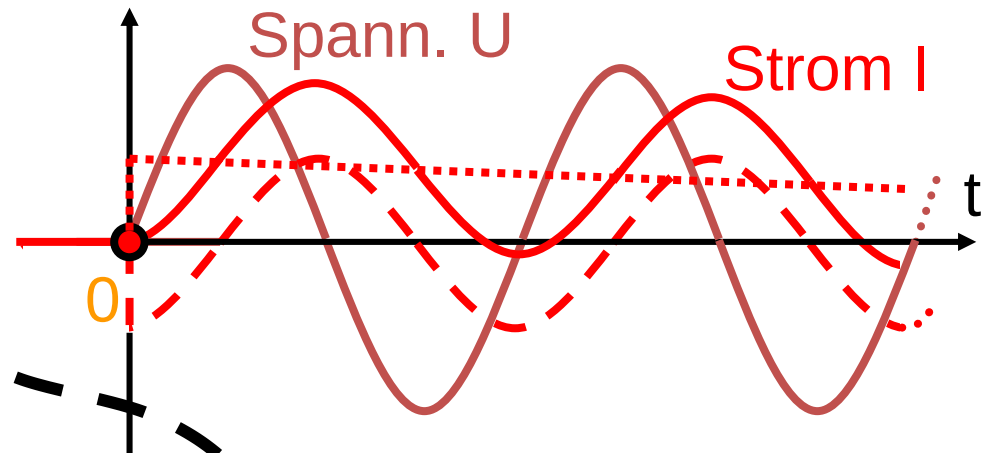
Messung von Gleichströmen im 110 kV / 50 Hz - Netz

Theorie auf universitärer Ebene



Frage 1:
Warum ist dieser Trafo plötzlich so laut?

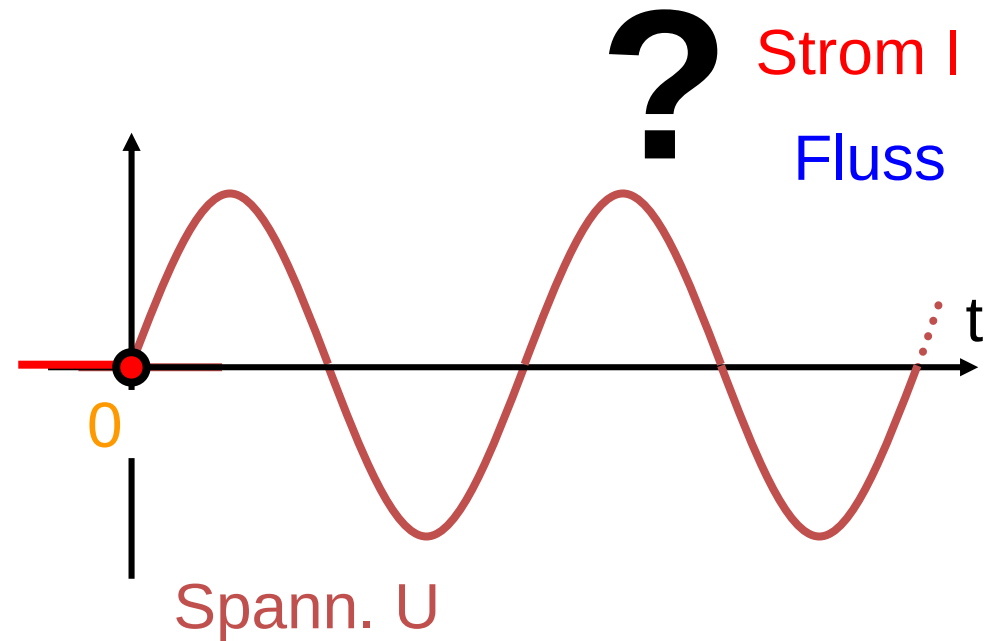
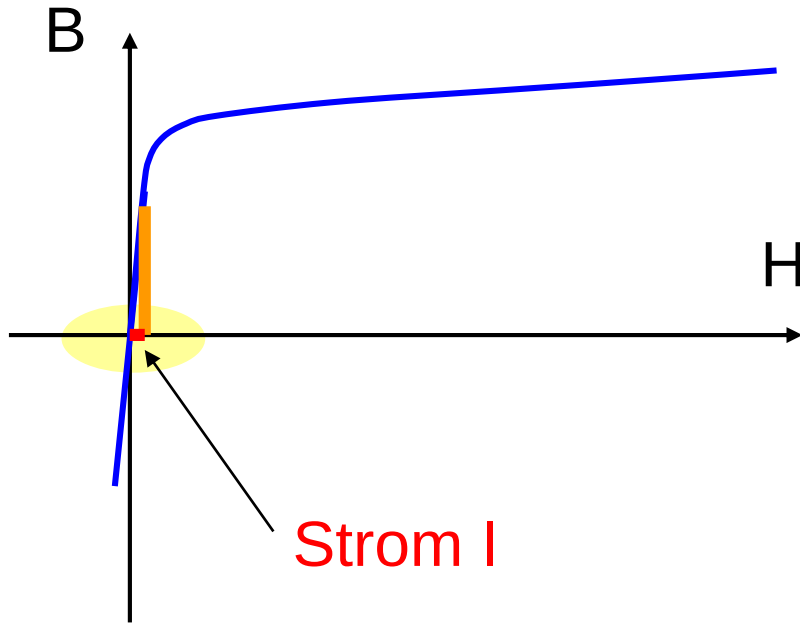
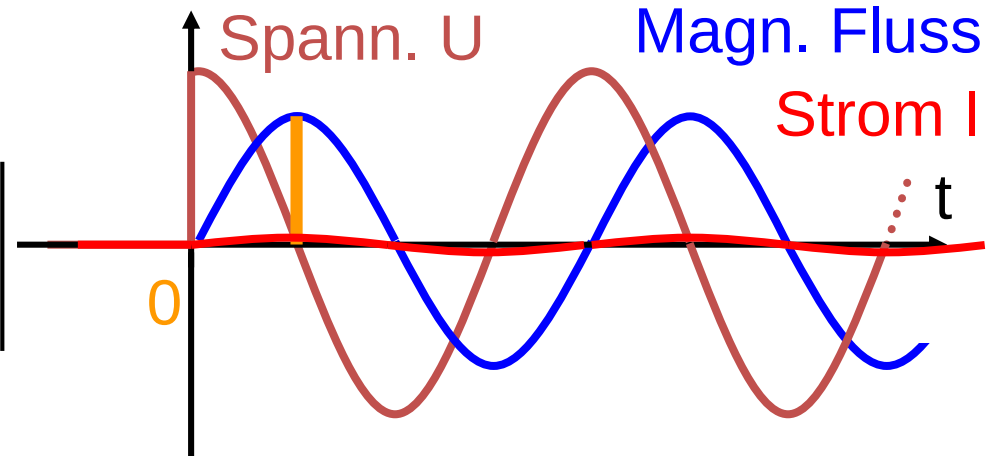
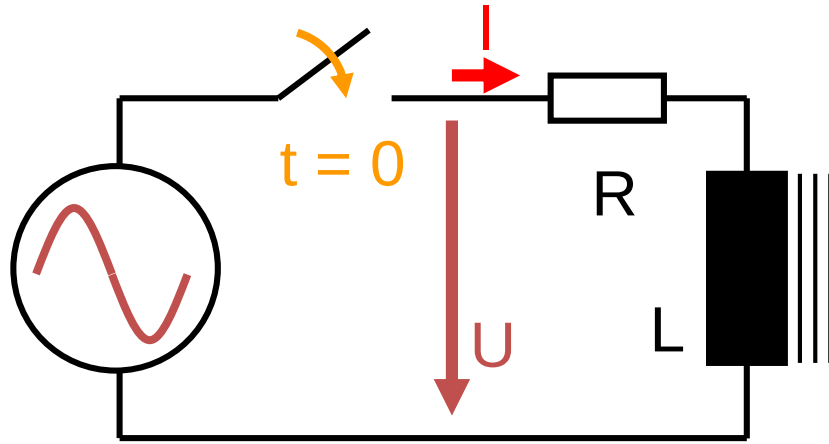
Frage 2:
Warum zerstören wir unsere schöne Netzqualität durch unseren neuen Bahnstrom-Umrichter?



Theorie für konstantes L
Theorie für NICHT
konstantes L

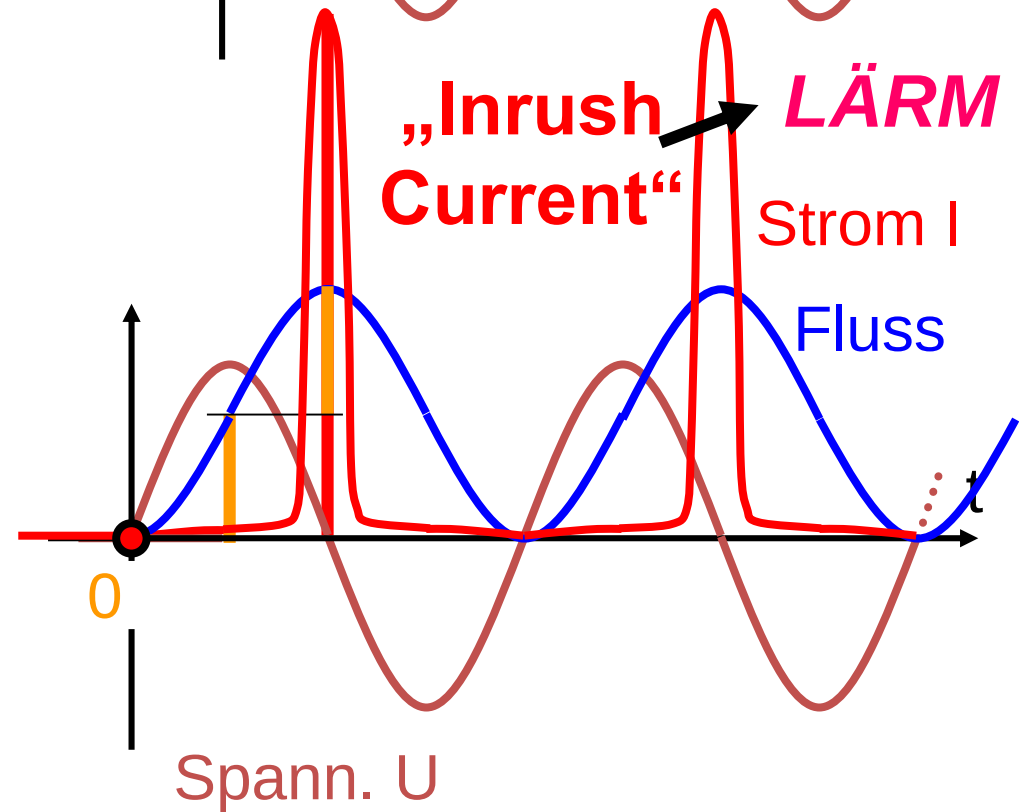
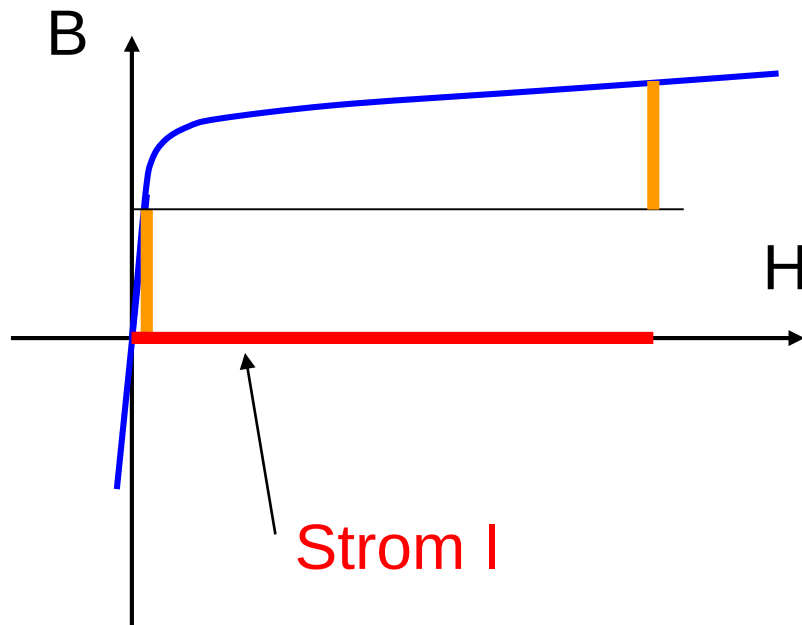
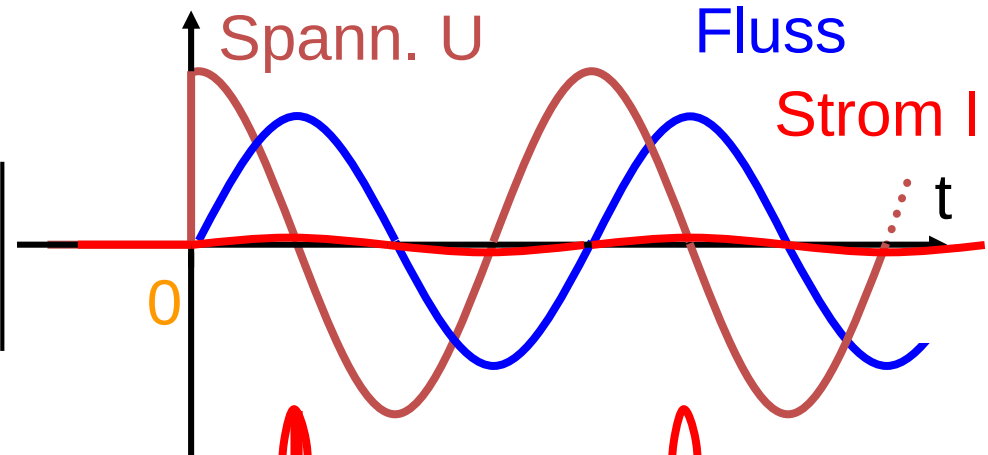
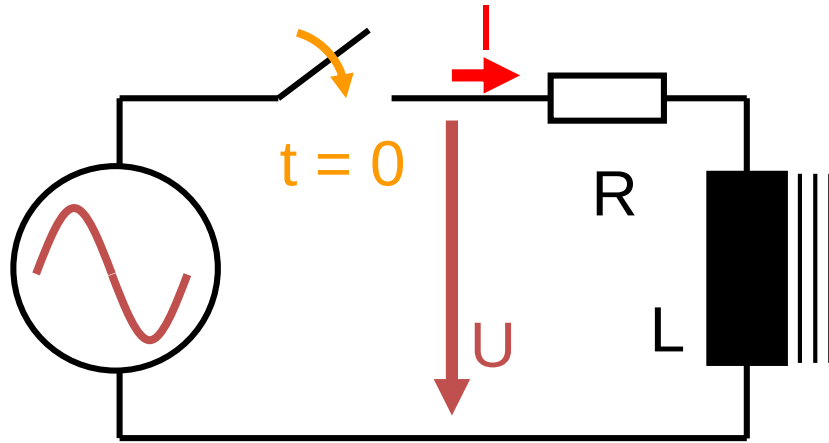
Antworten

Einschalten mit gesättigtem Eisenkern (1)



Magnetisierungskennlinie

Einschalten mit gesättigtem Eisenkern (2)



Magnetisierungskennlinie



Transformator-Modell

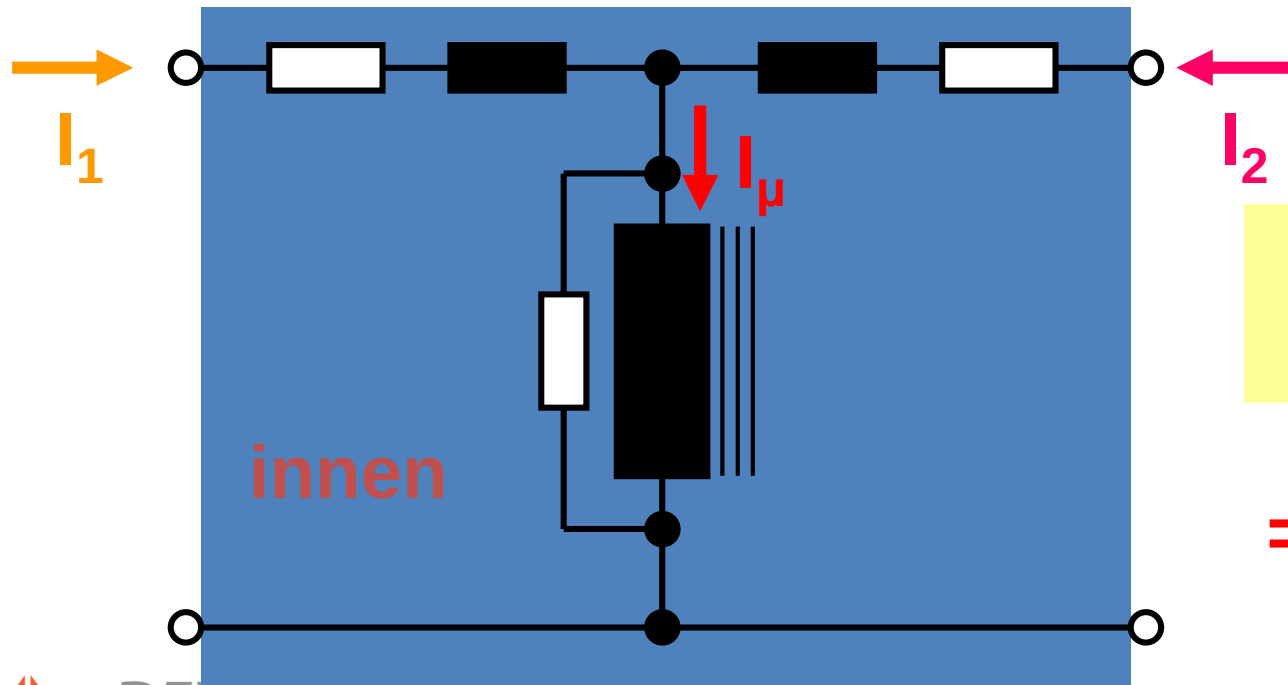
Transformator:

Komplizierte Anordnung mit elektrischen und magn. Feldern

Lösung: **Maxwell Gleichungen & überwältigende Feldtheorie**

Alternative: Vereinfachung => Modell des Transformators

Einphasen-Transformator:



Wie erhalten wir I_μ ?

=> Kirchhoff

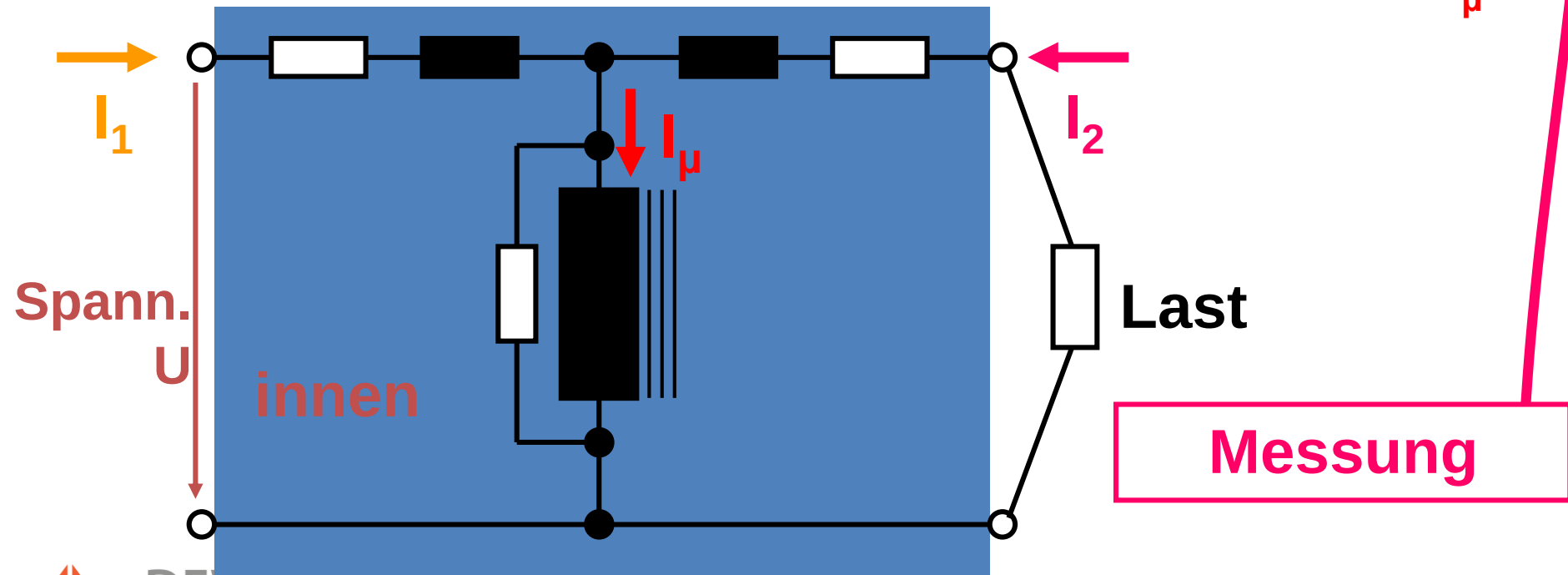
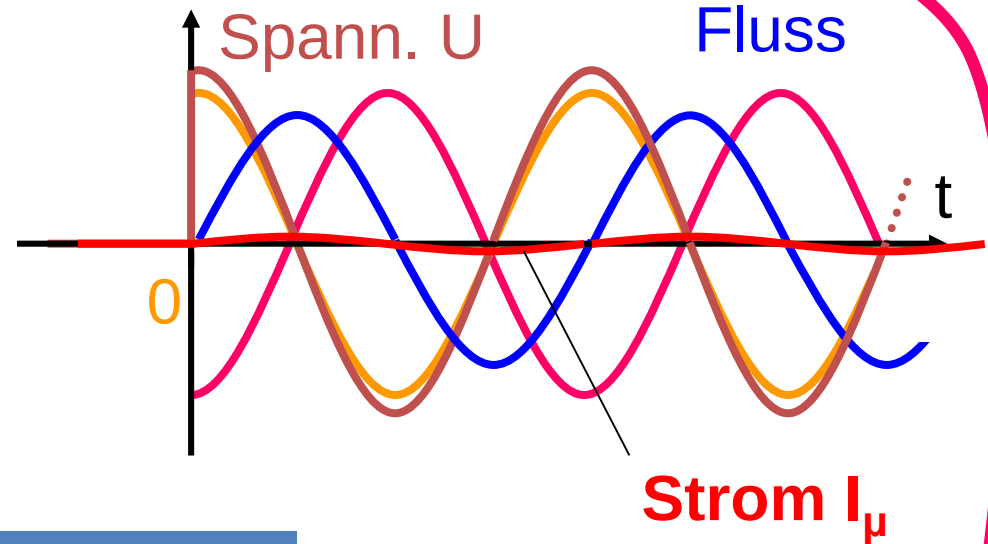
Magnetisierungsstrom - Messung

=> Kirchhoff (1):

$$I_{\mu} = I_1 + I_2$$

~~Fluss Messung??~~

Nicht praktikabel



Magnetisierungsstrom - Messung

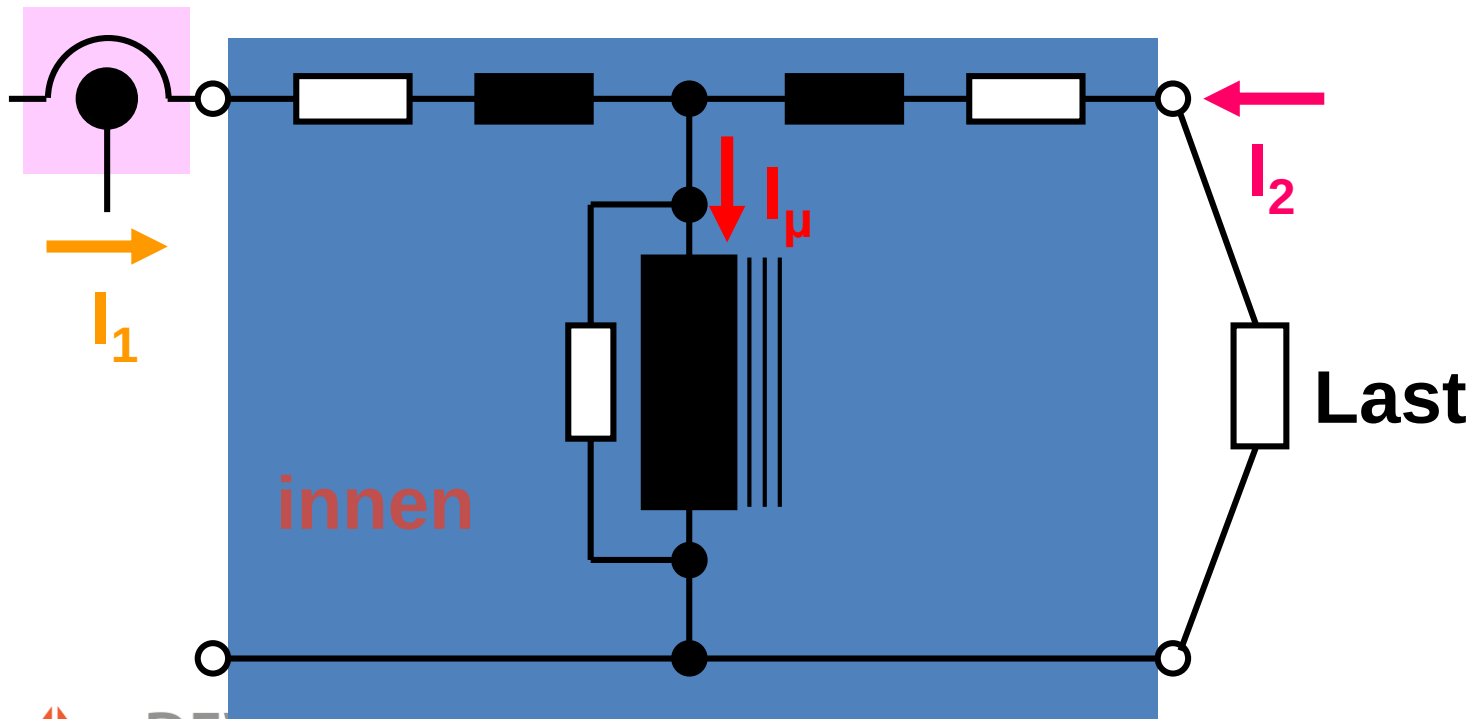
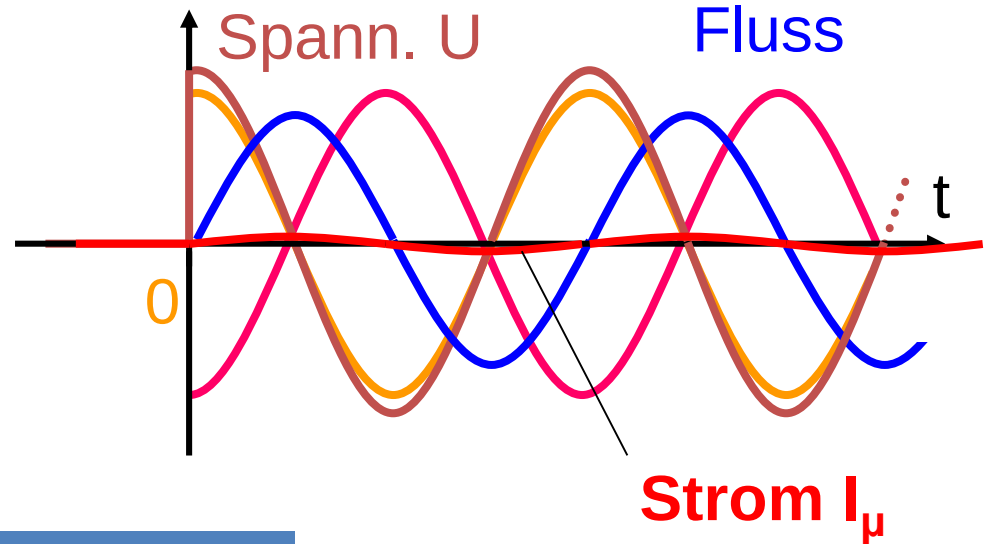
=> Kirchhoff (1):

Sehr klein

$$I_{\mu} = I_1 + I_2$$

Hochpräzise

Stromwandler



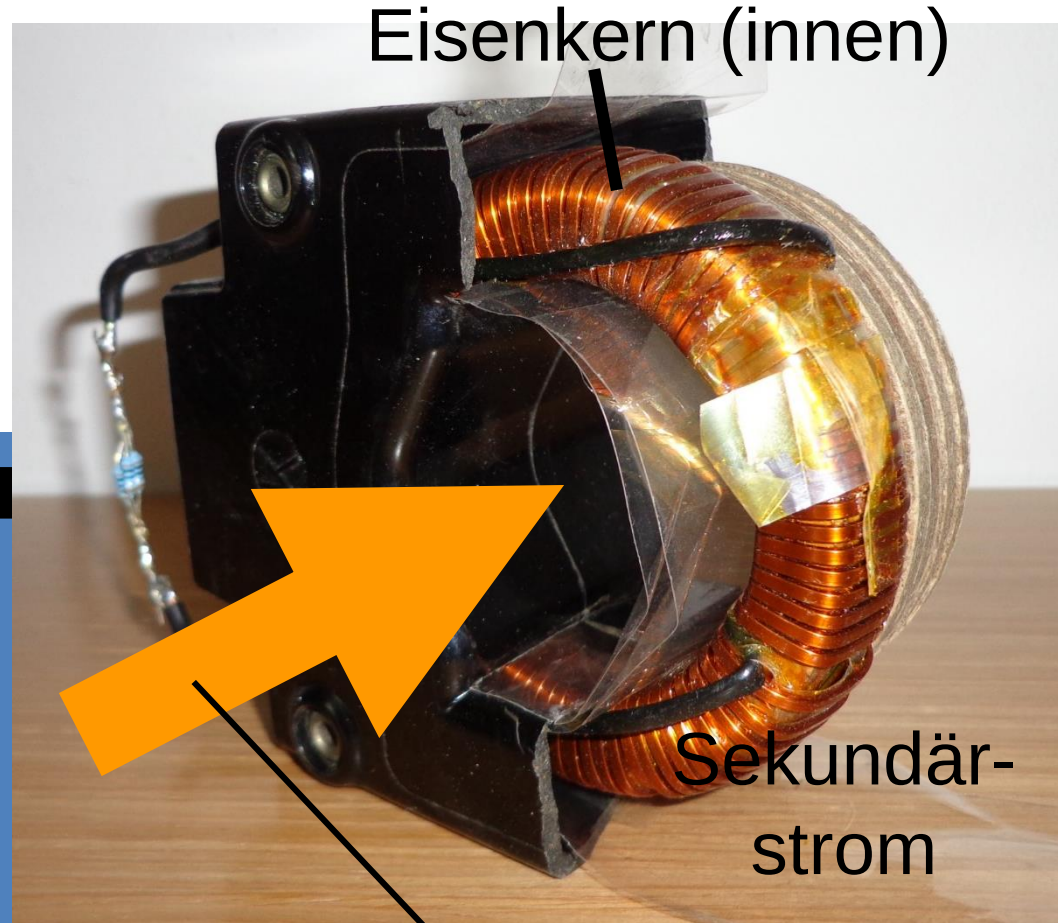
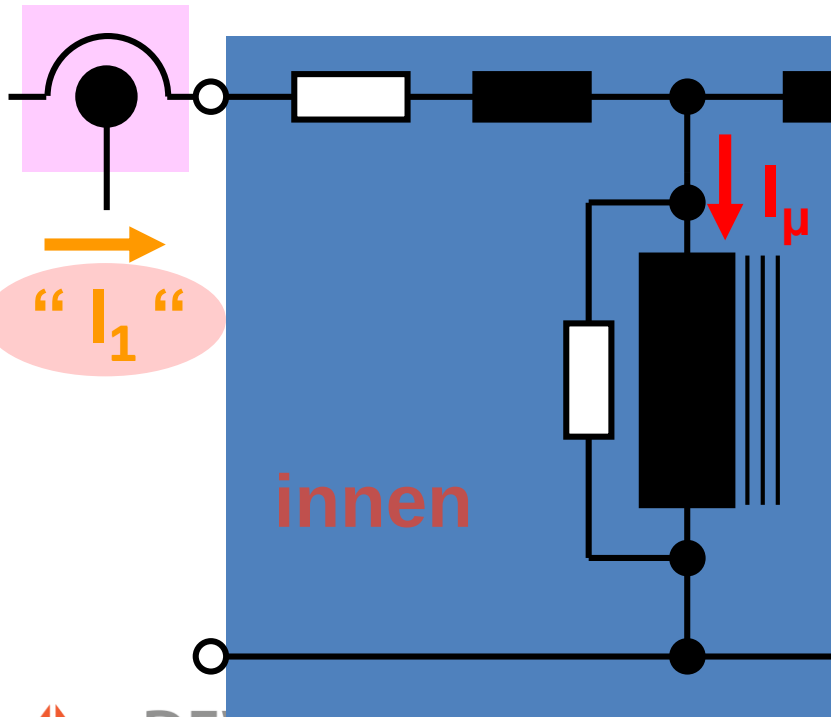
Passiver Stromwandler

= Strom-Transformator $\leq$!!!

Bei einer
Gleichstrom-
Komponente im
Strom

???

???



Primärstrom

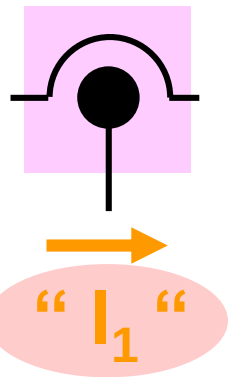
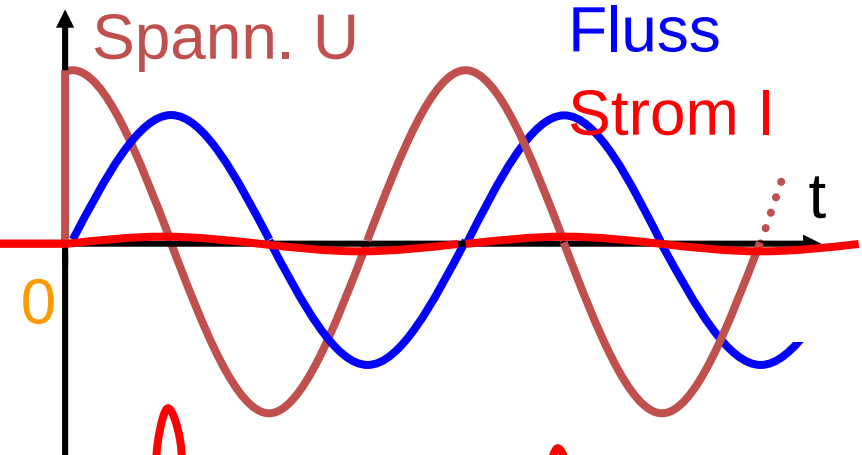
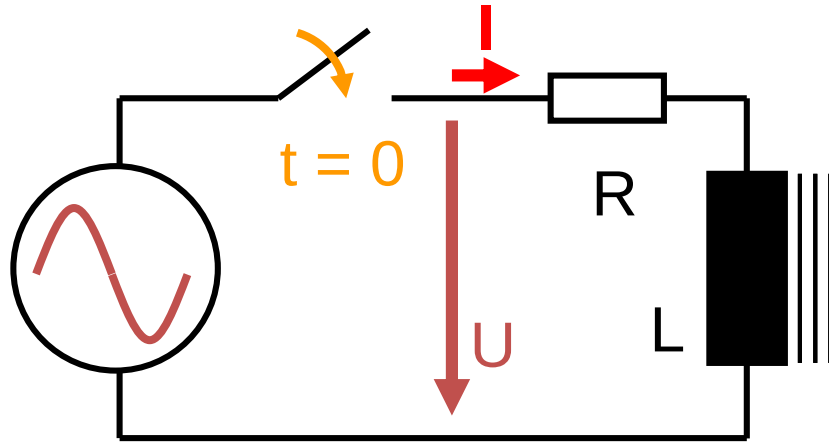


DEWESoft®
measurement innovation

MONTAN
UNIVERSITÄT
WIEN VIENNA UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY

iET
Institut für
Elektrotechnik

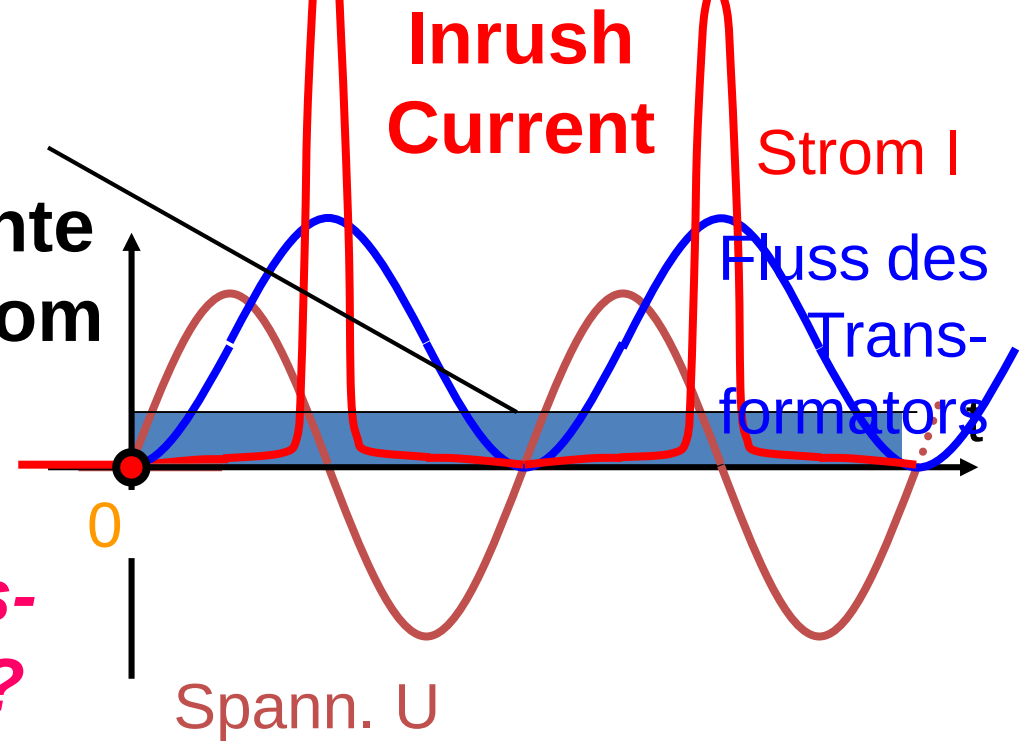
Passiver Stromwandler + DC-Komponente (1)



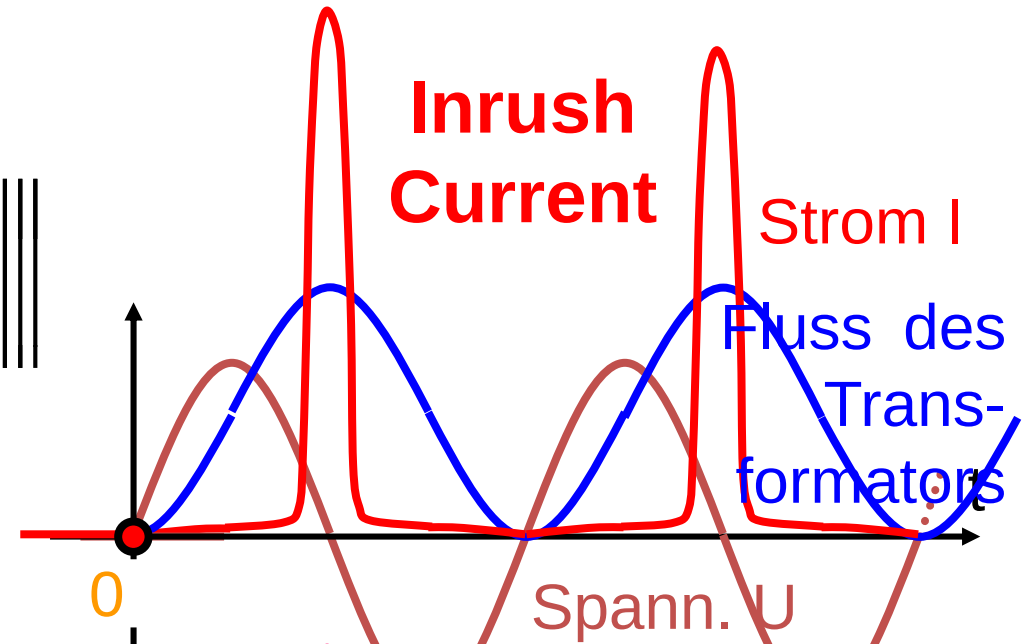
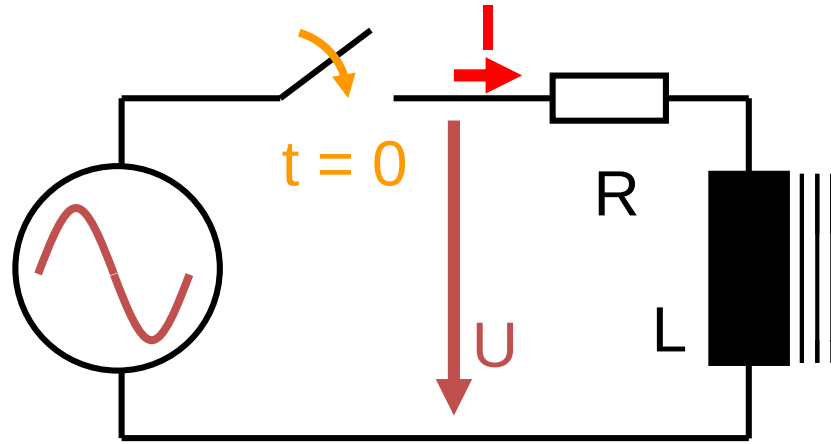
Mit DC-Komponente im Netzstrom

Passiver Strom-Wandler

Ausgangssignal ???



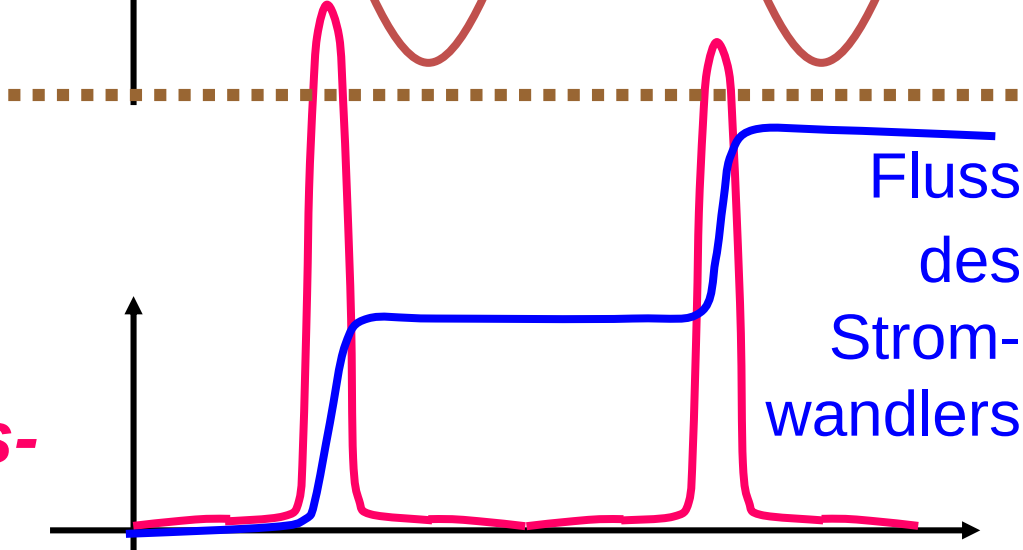
Passiver Stromwandler + DC-Komponente (2)



Strom I
Fluss des
Transformators

Spann. U

Sättigung

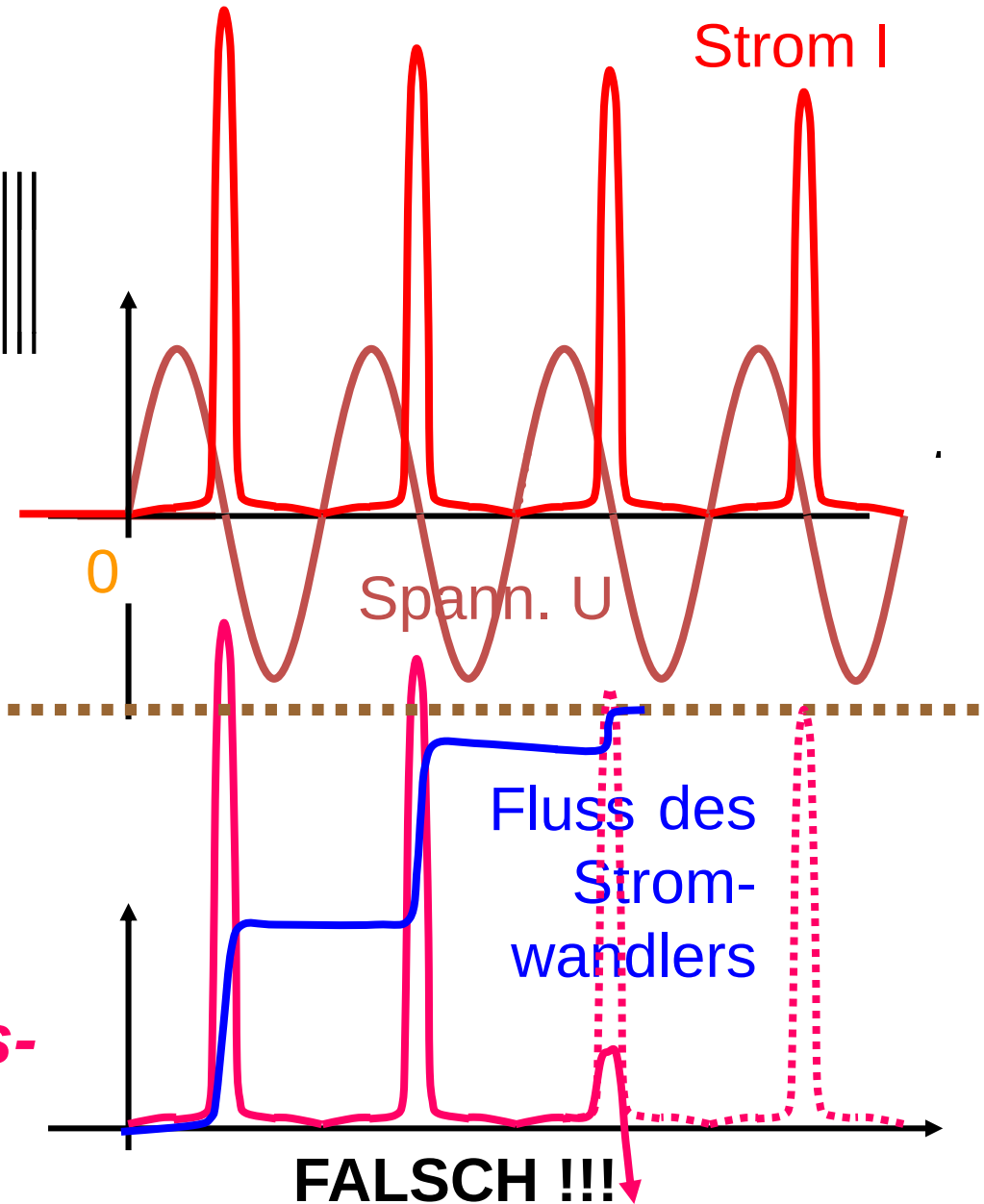
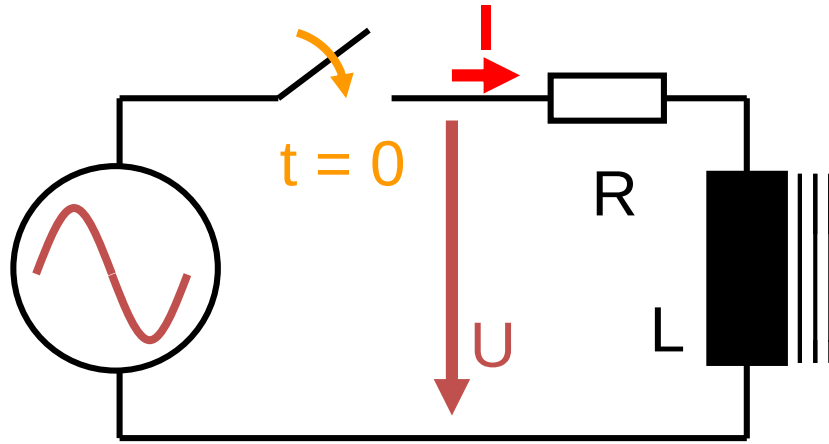


Fluss
des
Strom-
wandlers

Ausgangs-
signal

Passiver
Strom-
wandler

Passiver Stromwandler + DC-Komponente (3)



Sättigung

Ausgangs-
signal

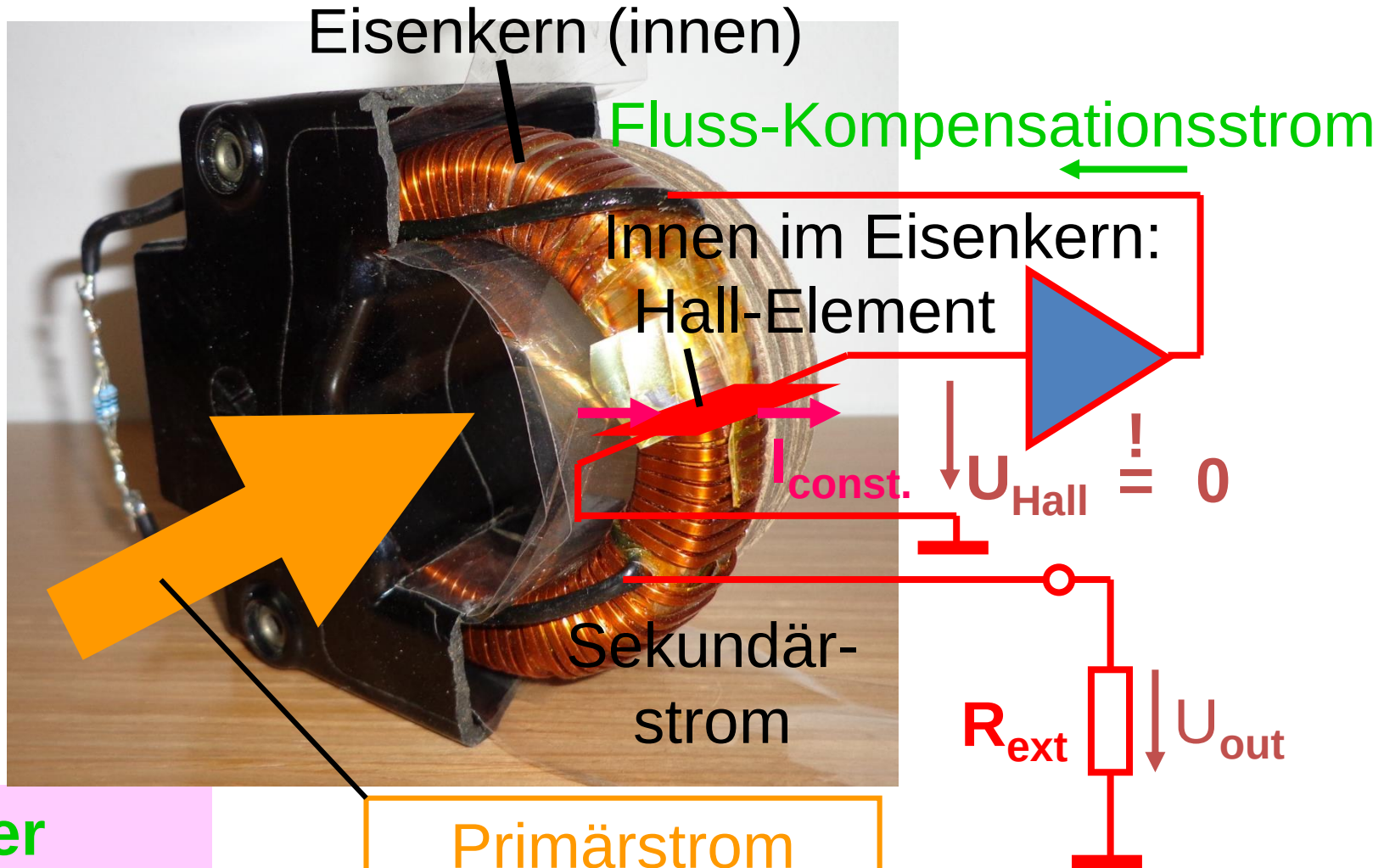
Passiver
Strom-
wandler



DEWESoft®
measurement innovation



Aktiver Stromwandler + DC-Komponente (1)



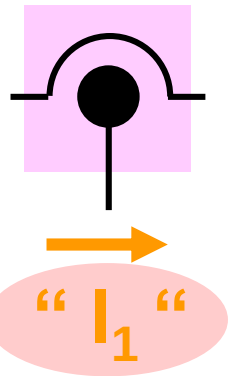
**Aktiver
Strom-
wandler**

U_{out} proportional zum Augenblickswert
von I_1 (einschließlich DC-Komponente)

Aktiver Stromwandler + DC-Komponente (2)

Eisenkern (verlängert)

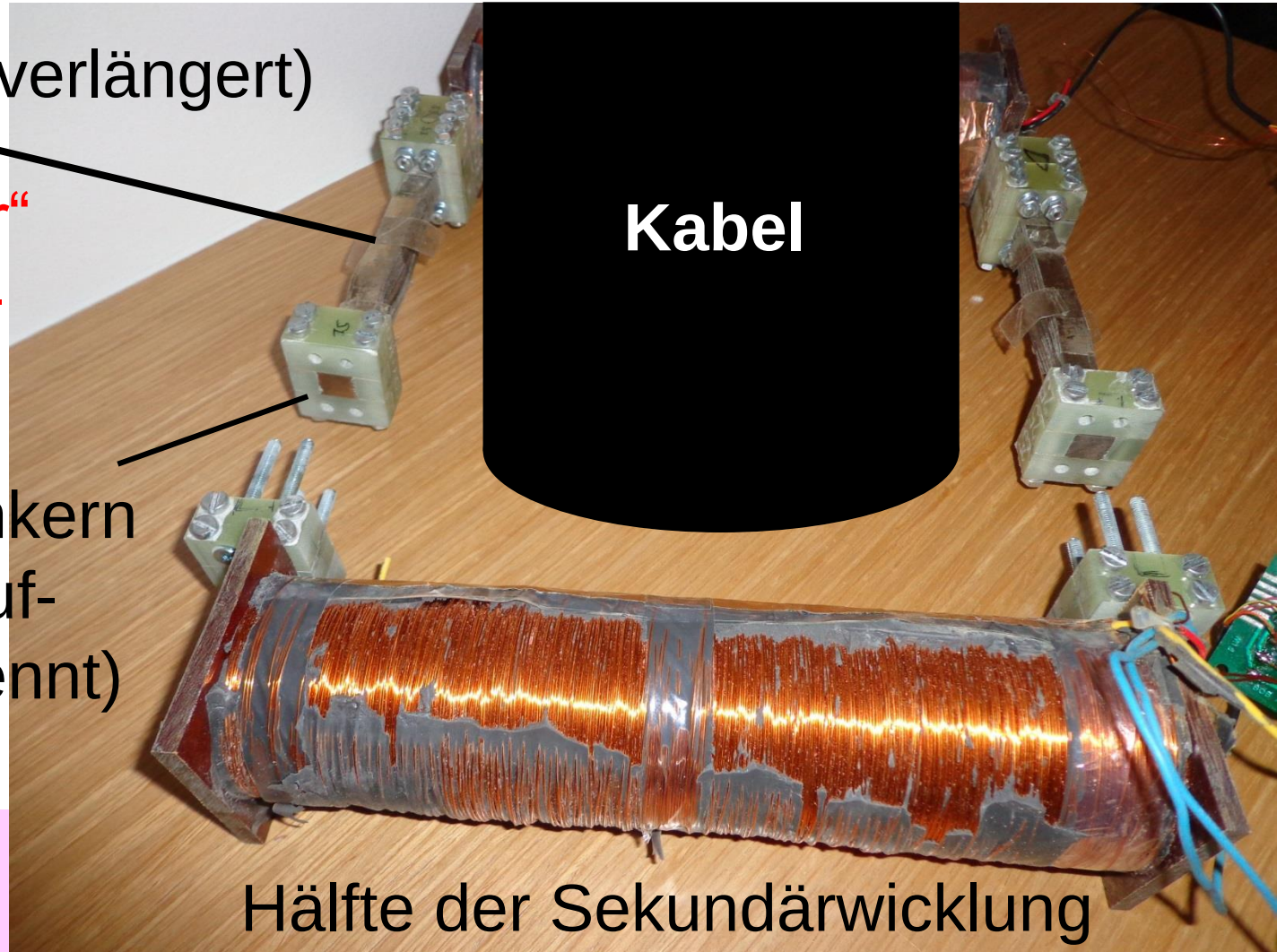
„Modifizierter“
LEM Strom-
wandler



Eisenkern
(auf-
getrennt)

Aktiver
Strom-
wandler

Kabel



Hälfte der Sekundärwicklung

$$N(\text{total}) = 10.000 \quad 4.000 A_{\text{pri}} \Rightarrow 0.4 A_{\text{sec}}$$



DEWESoft®
measurement innovation



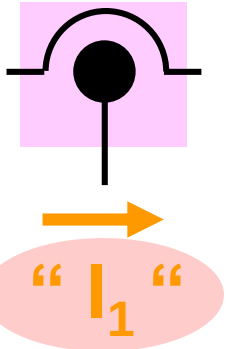
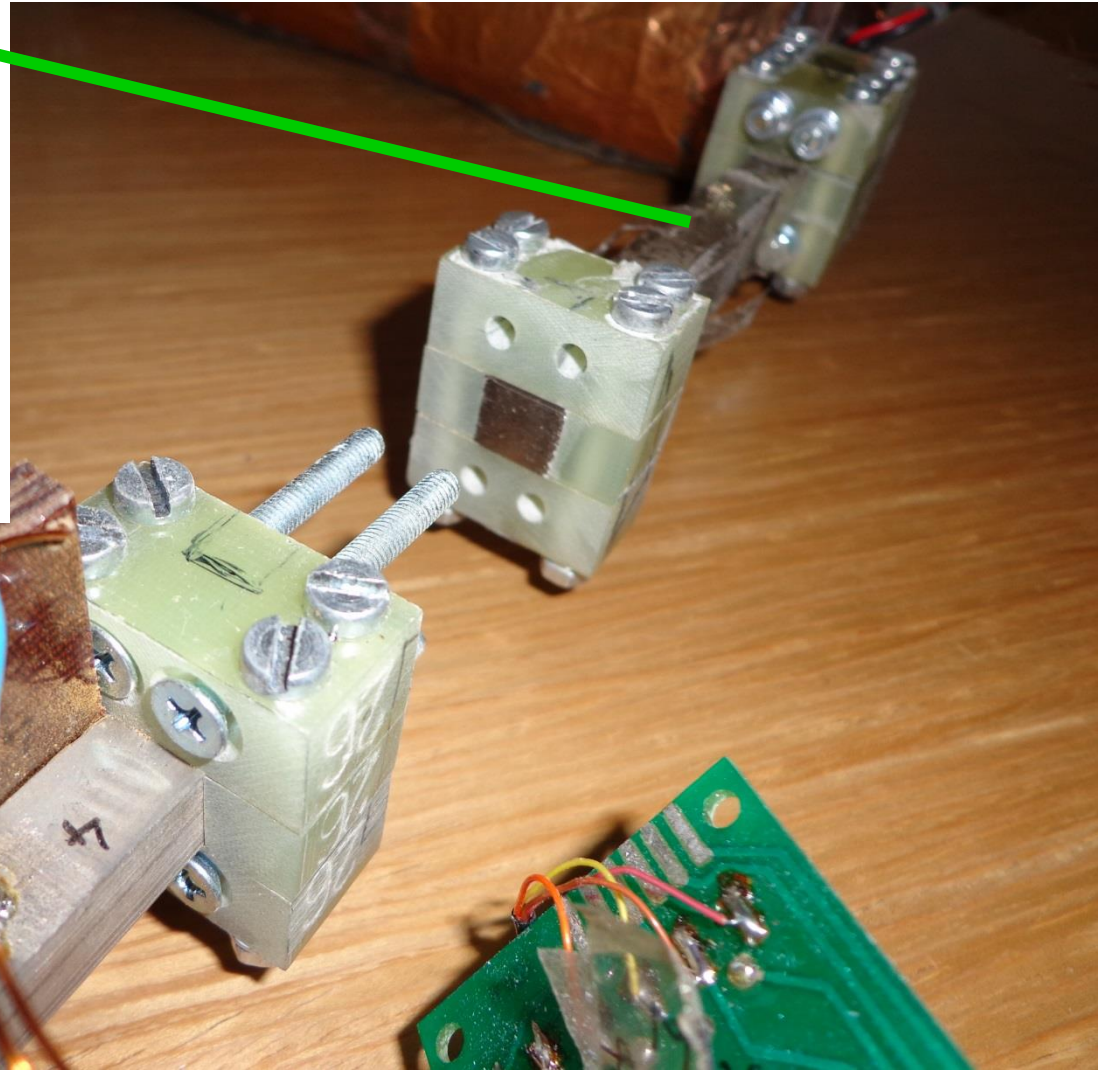
MONTAN
UNIVERSITÄT
WWW.MONTAN-UNIVERSITAET.GR



iET
INSTITUT FÜR
ELEKTROTECHNIK

Aktiver Stromwandler + DC-Komponente (3)

Zusätzlicher Eisenweg,
hinzugefügt um den
Wandler um ein Kabel
zu schlingen (oder um
Trafo-Isolator bzw.
-Durchführung)



**Aktiver
Strom-
wandler**

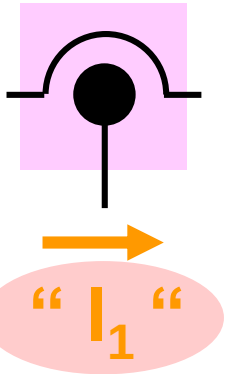


DEWESoft®
measurement innovation

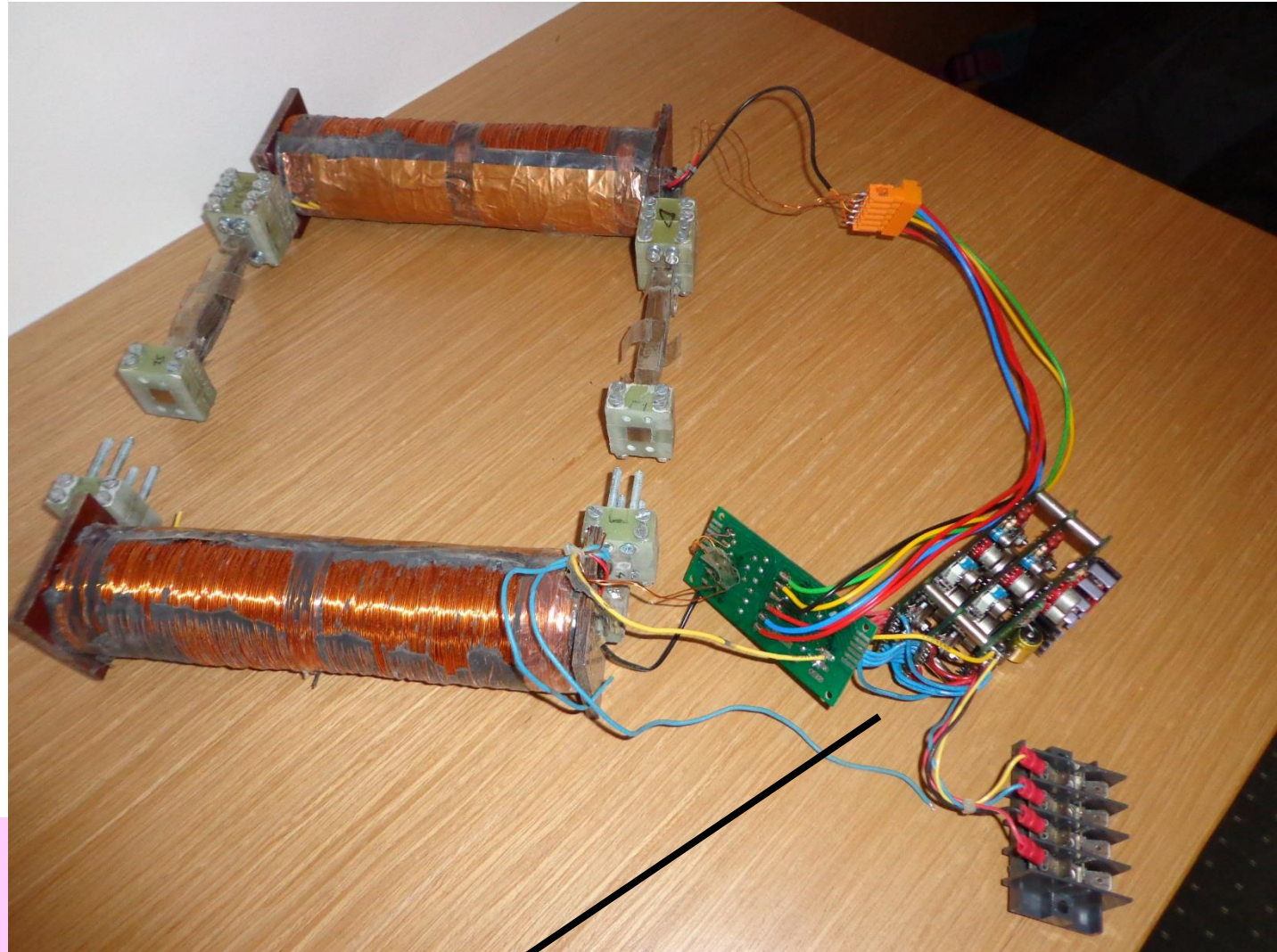


Aktiver Stromwandler + DC-Komponente (4)

Gesamte
Anordnung



Aktiver
Strom-
wandler



Elektronik („Verstärker“)



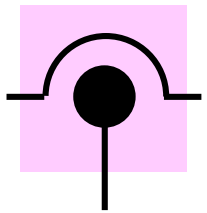
DEWESoft®
measurement innovation



Aktiver Stromwandler + DC-Komponente (5)

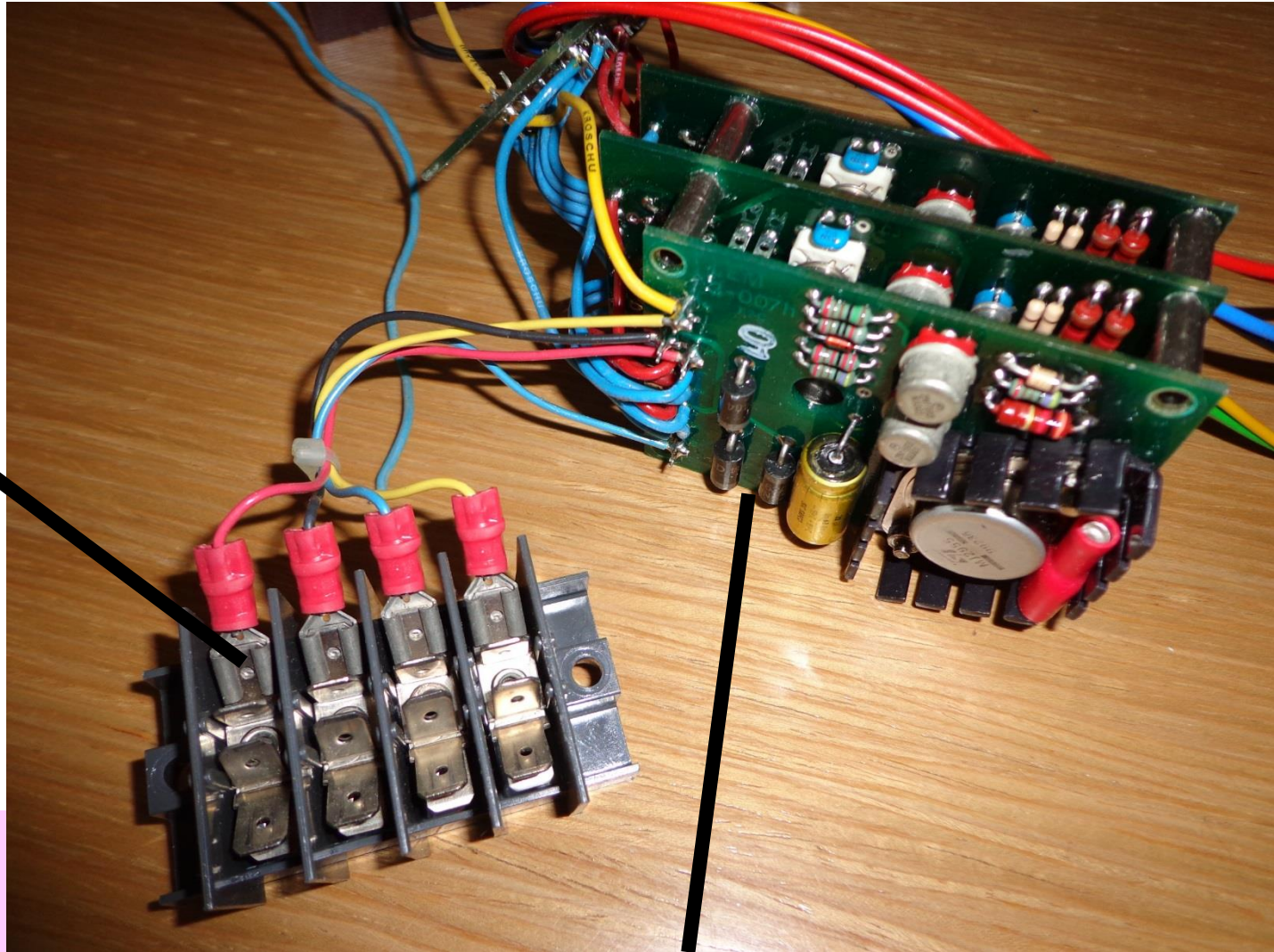
Wichtigster
Teil aus
Sicht des
Nutzers:

Kontakt-
leiste



“ I_1 ”

Aktiver
Strom-
wandler



Elektronik („Verstärker“)
Grenze für Stromspitze: 4.000 A



DEWESoft®
measurement innovation



Aktiver Stromwandler + DC-Komponente (6)

Hochspannungsschiene



Shunt - Widerstand



Signal = Spannung am
Shunt-Widerstand

auf
Hochspannungs-
potential

Potentialtrennung

Signal mit Bezug
auf Erde

Es geht auch anders !!!

Beeindurckendes
System !!!

**Beeindruckender
Preis !!!**

... NICHT für
allgemeine
Anwendung

... für z.B. 500.000 Volt

**Stromversorgung für
Signalübertragung**



DEWESoft®
measurement innovation



Magnetisierungsstrom - Messung

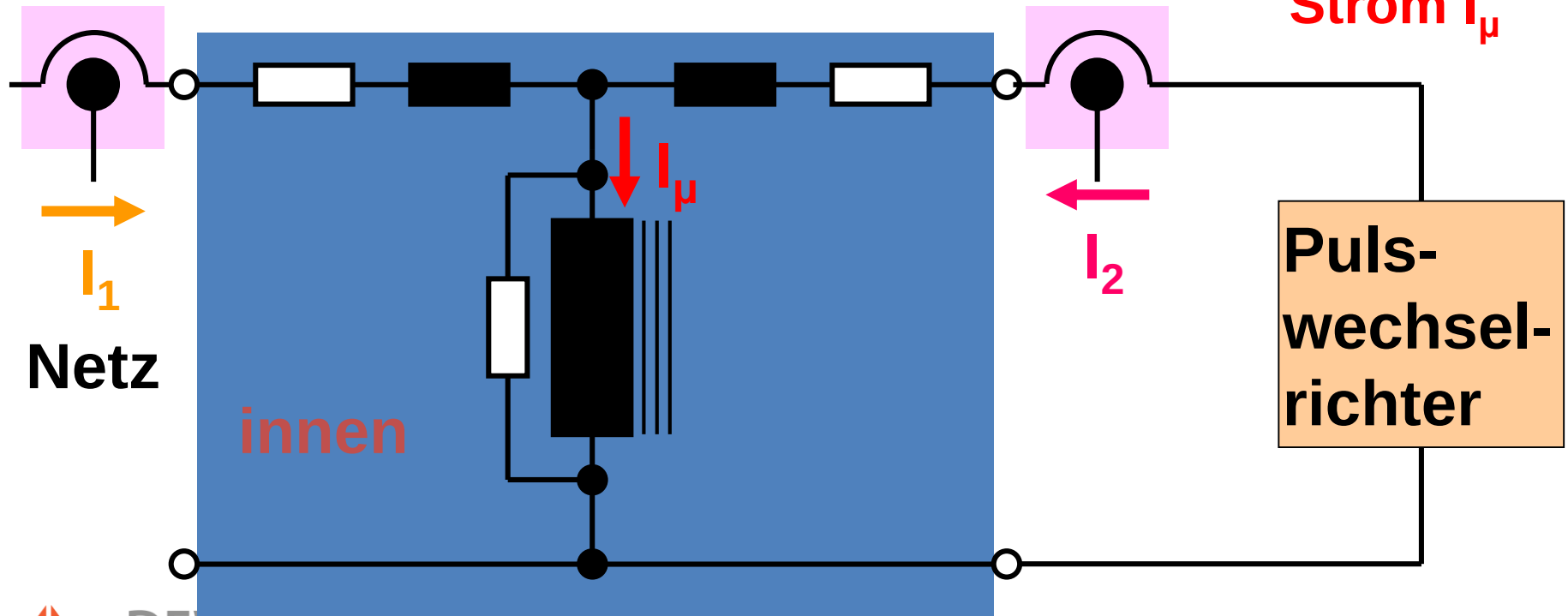
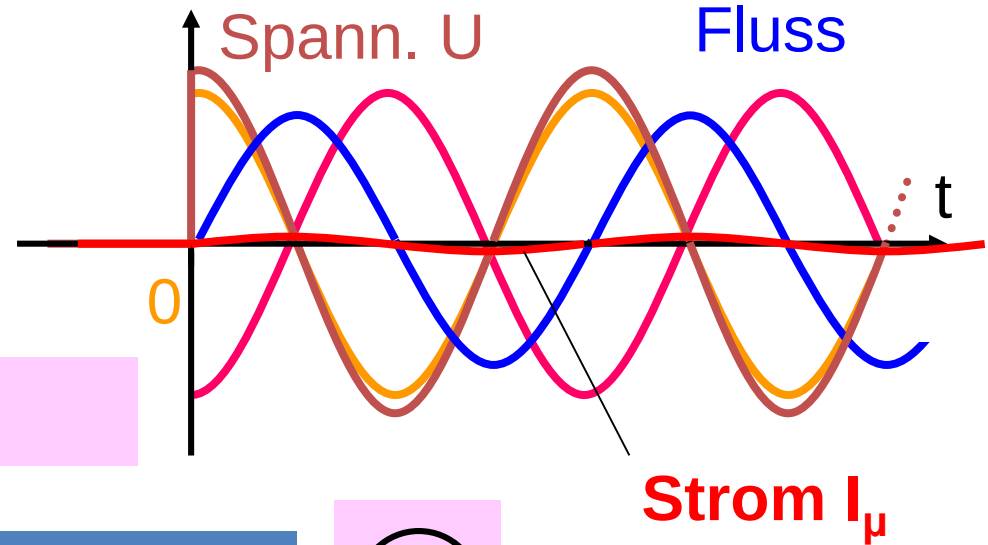
=> Kirchhoff (1):

Sehr klein

$$I_{\mu} = I_1 + I_2$$

Hochpräzisions-

Stromwandler DC-fähig



Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



DEWESoft™
measurement innovation

Bernhard Grasel

Productmanager
POWER & E-MOBILITY

Mobile: +43 660 38 155 86

bernhard.grasel@dewesoft.com

DEWESOFT GmbH

Grazerstrasse 7

8062 Kumberg

Austria

Tel: +43 3132 22520

Fax: +43 3132 22522

www.dewesoft.com

01
110
0111
10010
1 11111
010010
01011
11 010111
011001110
1110111001
01001101101
1011110 00010
010010010 101011
0 1 01010101101 10100 101100101110
0 0 10 1 0 0 1010100010101011 110100100 111
101 1 101 011 0 1011 01 1111010 101110010000101101011
0111 1 010111010101001101101 1010100101001100010101010110
1 01010101001001 111 1001100111011 011011110 11001 11 0 101
100110 10101 10110011010101101101101 0110101111010101101
101101001101 10101010101 1001 1000101010101100 0010010011010110
010011000101011011001101010110110111010011010111101010111011

Herr **WeiB**, Helmut, O.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.

E-Mail [helmut.weiss\(at\)unileoben.ac.at](mailto:helmut.weiss(at)unileoben.ac.at)

Homepage -

Telefon MU Leoben +43 3842 402 - 2400

Fax +43 3842 402 2402

Sprechstunde nach Vereinbarung mit dem Sekretariat

Postadresse 240 Institut für Elektrotechnik
8700 Leoben, Franz-Josef-Strasse 18 (Institut für Elektrotechnik)



DEWESoft®
measurement innovation

