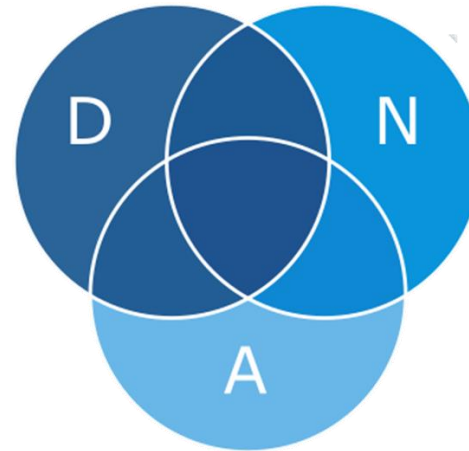


Innovative Dienstleistungen für die elektrische Energieversorgung



Vor-Ort-Messung der Hysteresekurve von Leistungstransformatoren zur verbesserten Modellierung und Simulation transienter Vorgänge

C. Kath*, J. L. Velásquez*, S. Wenig**, S. Beckler**, J. Reisbeck**, R. Sapetschnig***

*Hubert Göbel GmbH, **TransnetBW GmbH, OMICRON electronics GmbH***



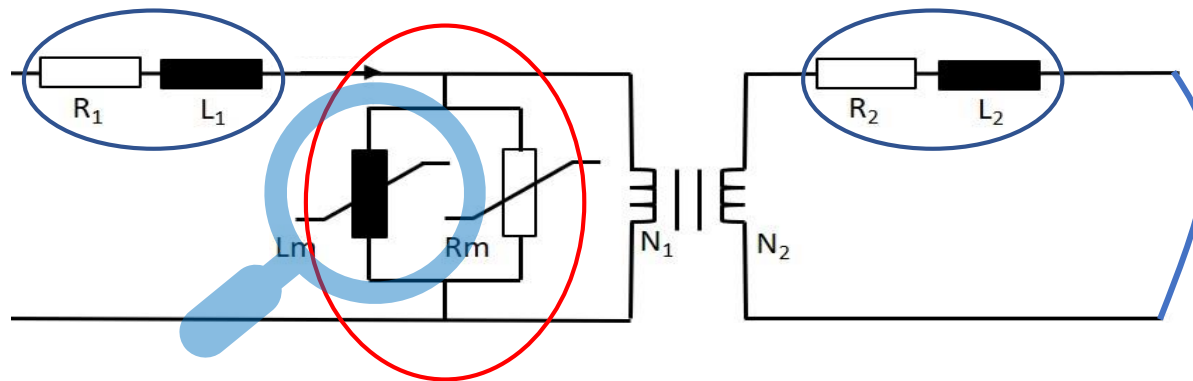
Agenda

1. Einleitung
 - 1.1 Motivation
 - 1.2 Stand der Technik
2. Beschreibung des Verfahrens
3. Anwendung
 - 3.1 Anwendungsbeispiel 1 (Sättigungskennlinie)
 - 3.2 Anwendungsbeispiel 2 (Hysteresekurve)
4. Zusammenfassung

1. Einleitung

Motivation:

- T-Ersatzschaltbild als Basis für die Modellierung
- Bestimmung der Längselemente über Kurzschlussmessung
- Bestimmung der Querelemente über Leerlaufmessung
- Nachbildung der nichtlinearen Induktivität mit Hilfe der Messung möglich



1. Einleitung

Motivation:



Analyse

Präzise Nachbildung der Hauptinduktivität L_m in der Modellierung möglich



Genauere Analyse von transienten Vorgängen (z.B. Einschaltvorgang) eines Transformators



✓ Auslegung bzw. Parametrierung von Schutz- und Regelungssystemen



✓ Beurteilung der Beanspruchung von Betriebsmitteln



Diagnose

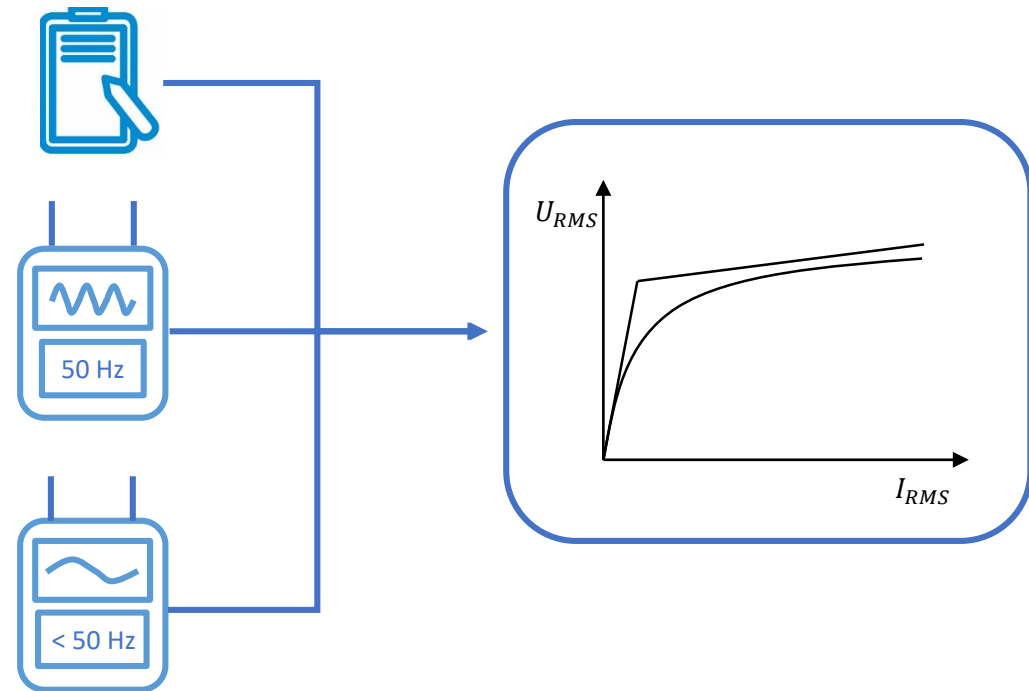
✓ Zustandsbewertung des Eisenkerns hinsichtlich Verluste und Kernfehler



1. Einleitung

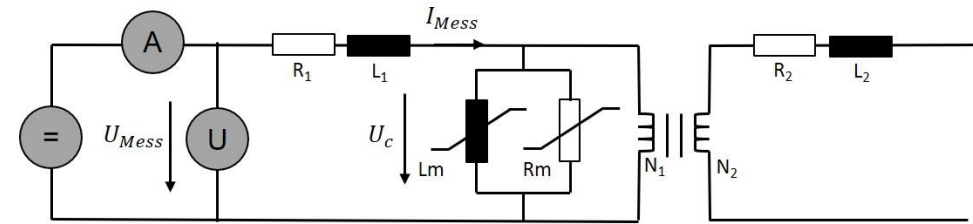
Stand der Technik:

- Nutzung von Daten aus der Werksabnahmeprüfung und ggf. Anwendung von Näherungsfunktionen
- Messung bei Nennfrequenz
- Messung bei reduzierter Frequenz



3. Beschreibung des Verfahrens

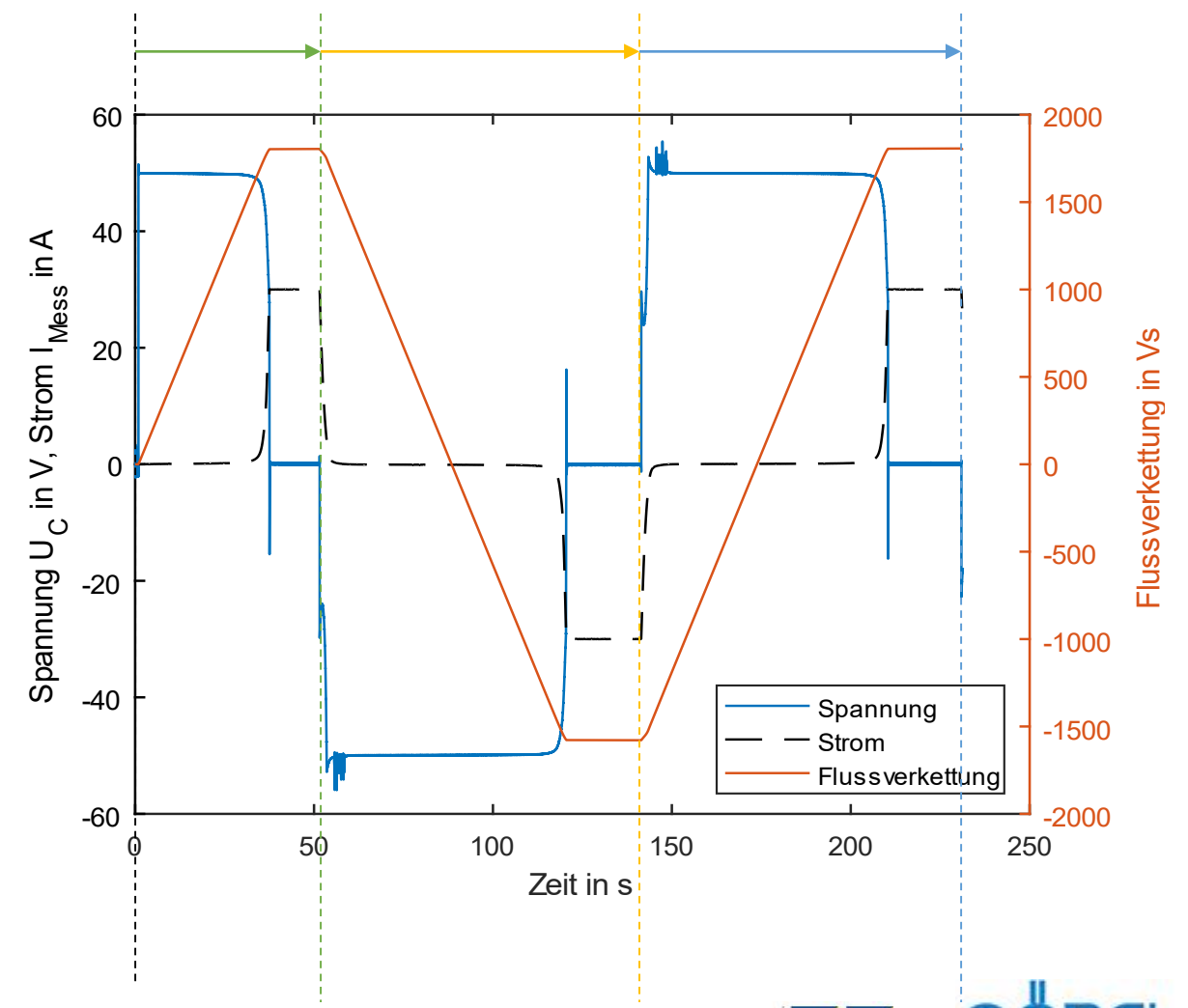
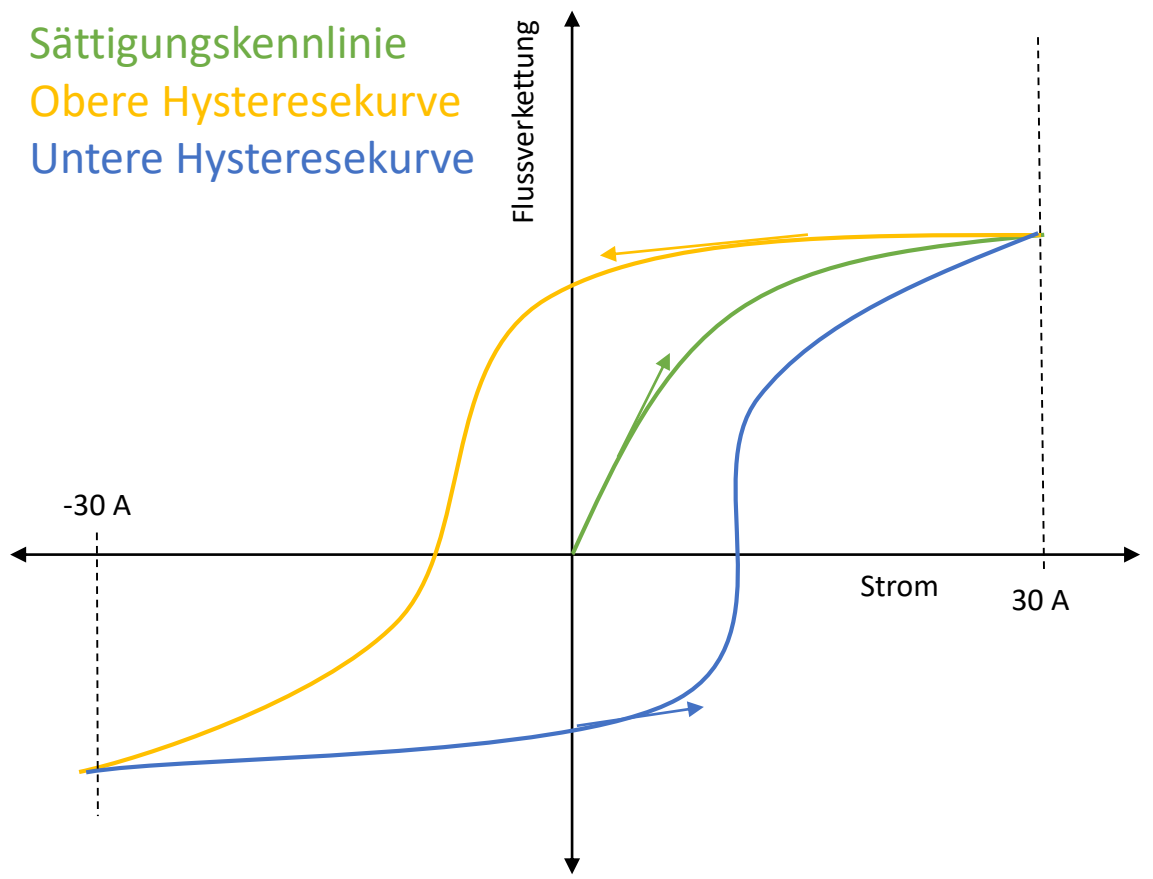
- Messverfahren mit geregelten Gleichgrößen
 - ✓ Geringe Messspannungen notwendig
 - ✓ Messung mit portablen Gerät möglich



$$\psi = \psi_R + \int U_C dt$$

$\psi_R \rightarrow$ Remanenz des Kerns

3. Beschreibung des Verfahrens



3. Beschreibung des Verfahrens

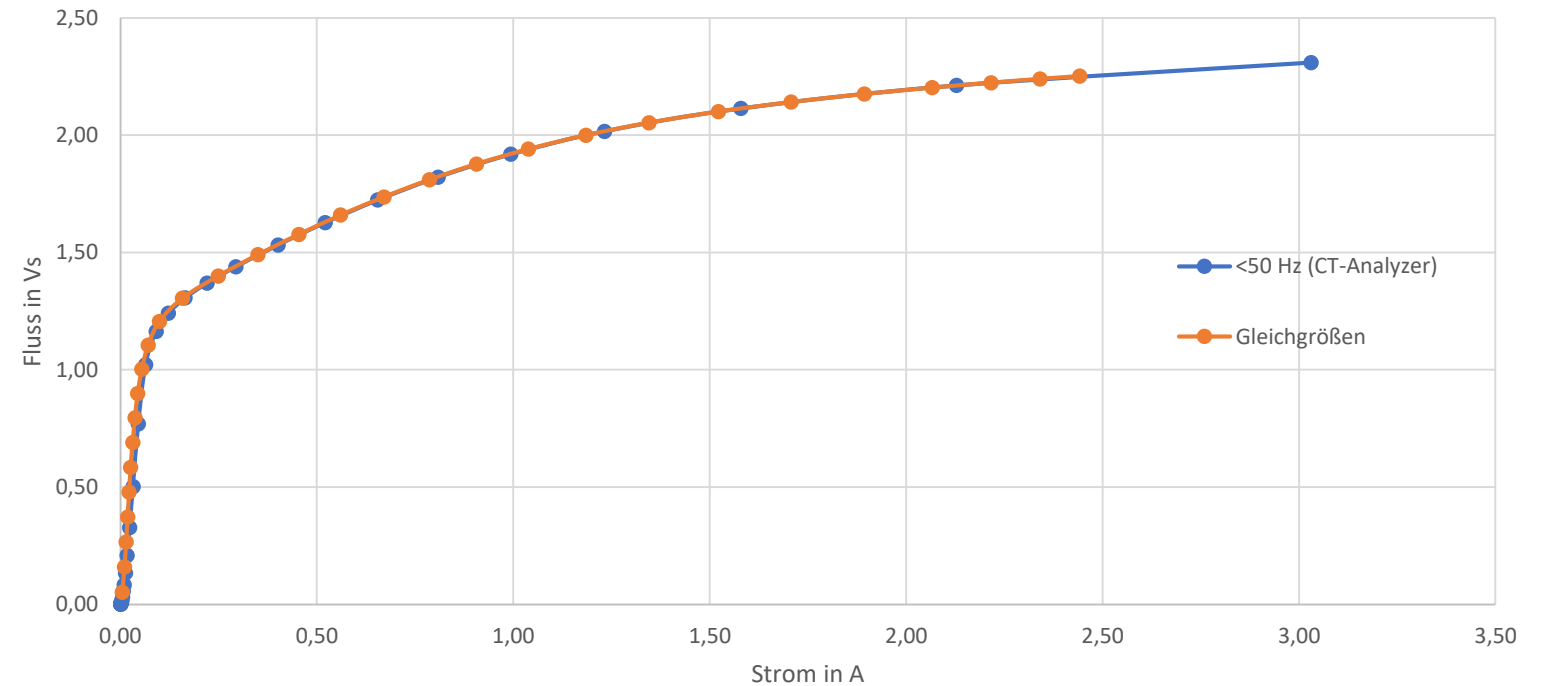
Validierung:

- Abgleich mit einem Messgerät zur Messung von Stromwandlern



Verwendeter Labortransformator

Vergleich der Sättigungskennlinien an einem Labortransformator



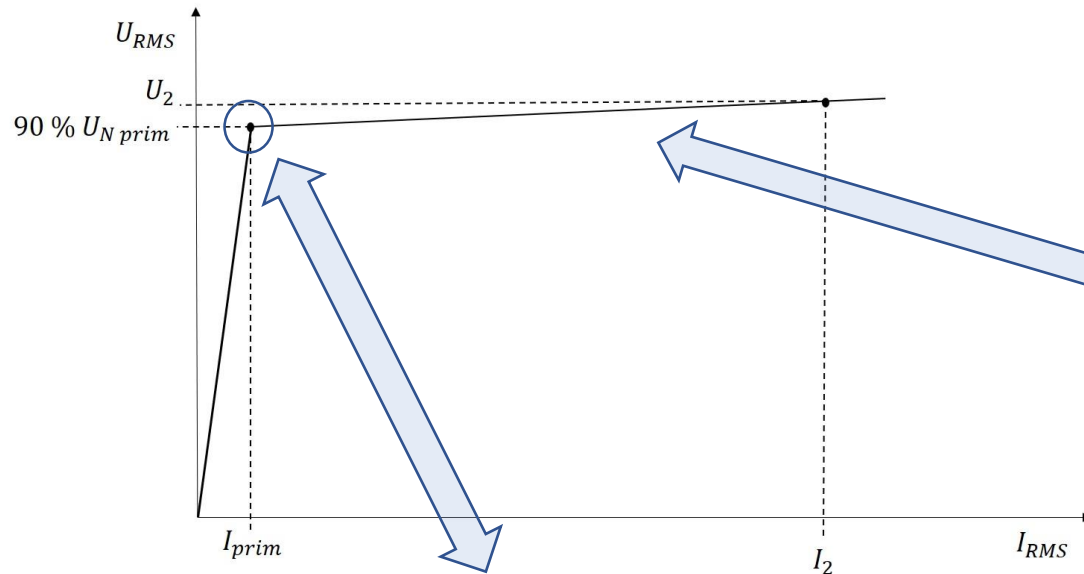


Messeinsatz vor Ort:



3. Anwendungsbeispiel 1

Vereinfachte Sättigungskennlinie



Daten aus Leerlaufmessung	
Spannung	Strom
$90\% U_{N\ prim} = 404,5\text{ kV}$	$I_{prim} = 68,95\text{ mA}$

Bestimmung der Steigung im gesättigten Bereich [1]:

1. Kurzschlussinduktivität L_K des Transformators aus Kurzschlussmessung beziehen
2. Sättigungsinduktivität L_S berechnen, in Abhängigkeit von L_K und der Lage der Wicklung

Für HS-Wicklung
(außenliegend)

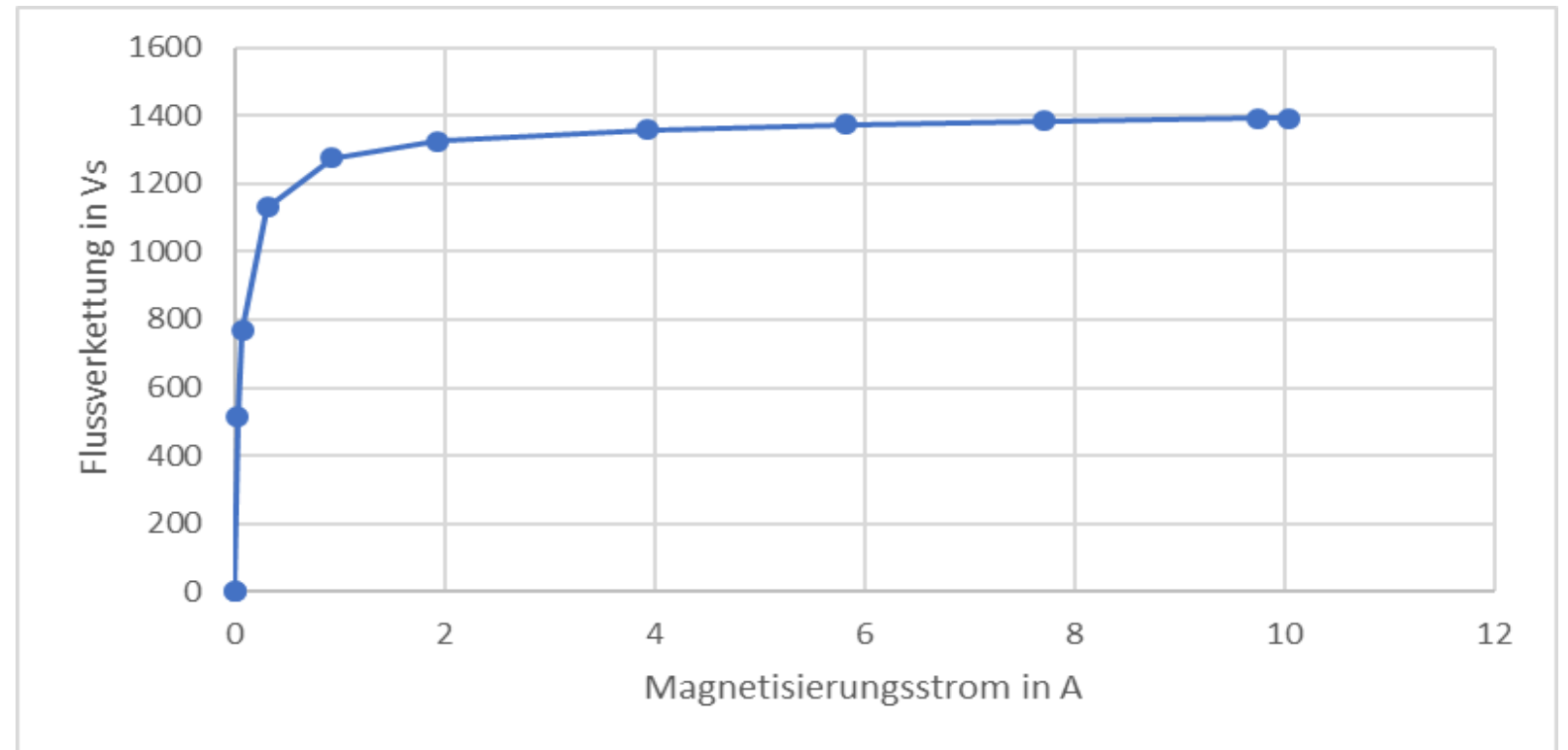
$$\rightarrow L_S \approx 2 \dots 2,5 \cdot L_K$$

[1] Working Group 33.02: Guidelines for representation of network elements when calculating transients. Paris. CIGRE

3. Anwendungsbeispiel 1

Gemessene Sättigungskennlinie

- Maximaler Strom sollte möglichst im linearen Bereich der Kennlinie liegen



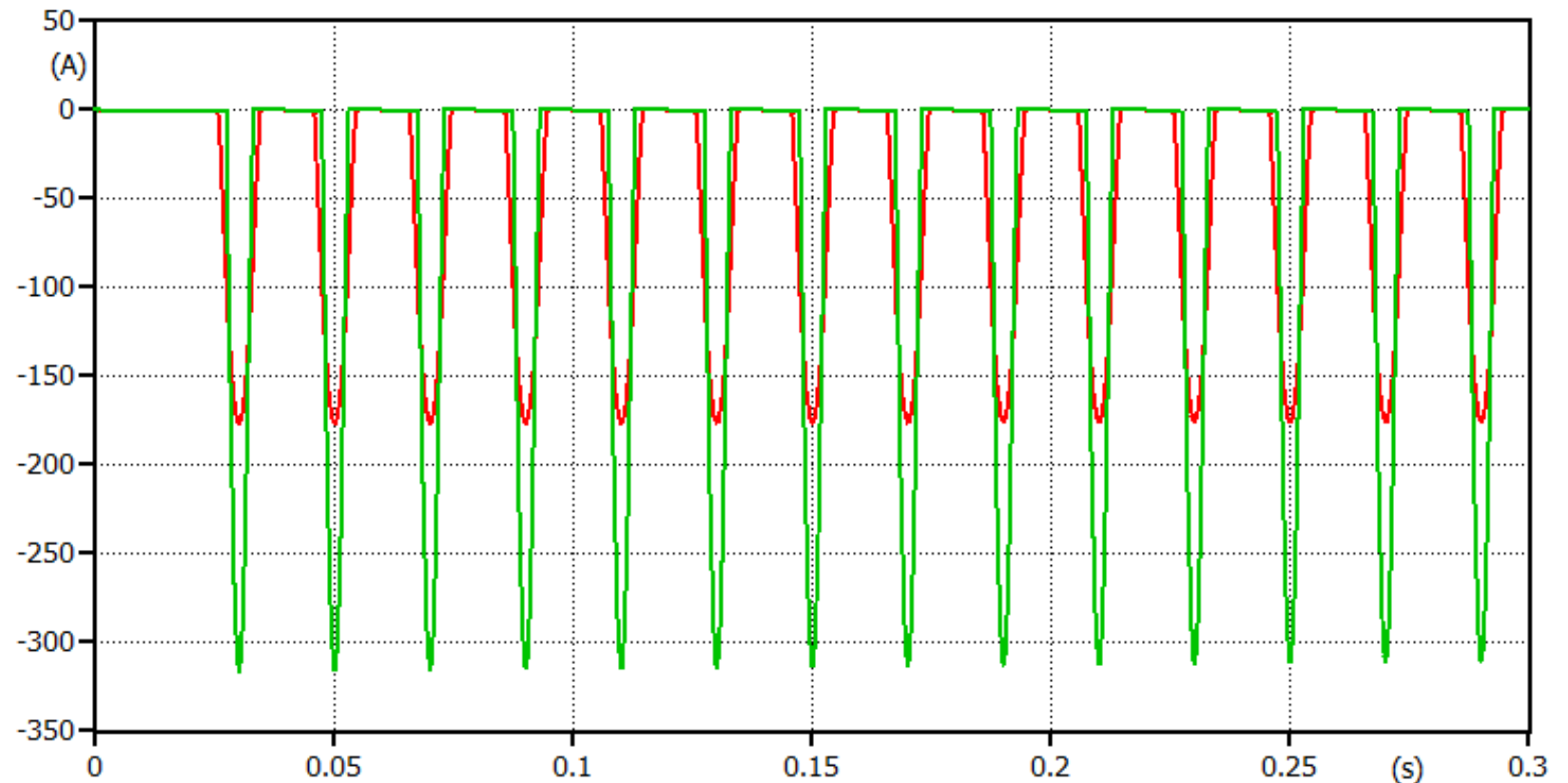
Aus dem Messverfahren gewonnene Sättigungskennlinie an einem 420 kV Netztransformator

3. Anwendungsbeispiel 1

Simulationsergebnis Einschaltvorgang

- Große Abweichung bei maximalem Strom zu verzeichnen!

— Gemessene Sättigungskennlinie
— Vereinfachte Sättigungskennlinie

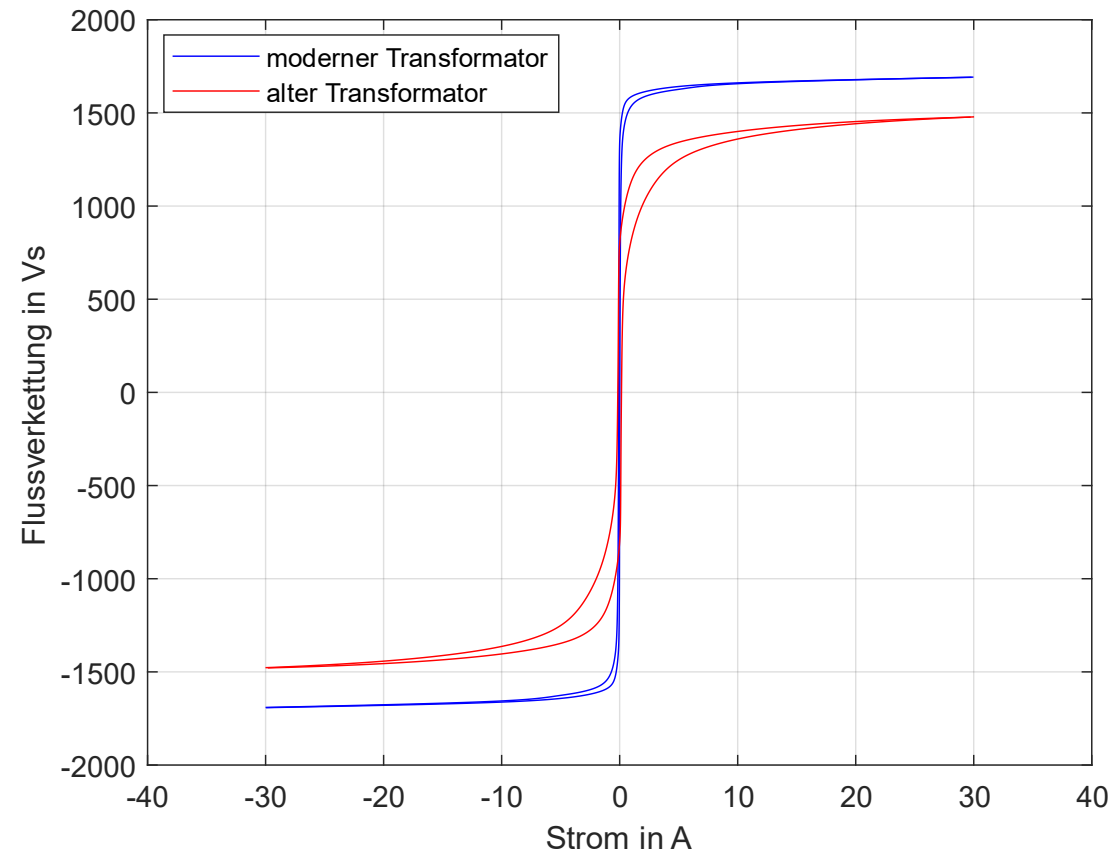


Vergleich simulierter Einschaltverläufe zwischen vereinfachter und gemessener Sättigungskennlinie

3. Anwendungsbeispiel 2

Hysteresekurve für Diagnosezweicke

- Qualitative Beurteilung der Ummagnetisierungsverluste möglich
- Trendanalyse (Hinweise auf Kernfehler)
- Evl. Zusammenhang zu Geräusentwicklung des Transformators



Gegenüberstellung zweier Netztransformatoren 420 kV/350MVA

5. Zusammenfassung

- Sättigungskennlinie u. Hysteresekurve vor-Ort mit portablen Gerät messbar
- Fallbeispiel 1 zeigt, dass insbesondere der gesättigte Bereich bei Annahme der vereinfachten Sättigungskennlinie schwierig einzuschätzen ist
- Höhere Simulationsgenauigkeit durch Implementierung einer gemessenen Sättigungskennlinie
- Weitere Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Transformator diagnose denkbar

Ausblick:

- Abgleich zwischen Simulation und Messung eines Einschaltvorgangs im Labormaßstab und im Feld



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Hubert Göbel GmbH

Siemensstraße 42

D-59199 Bönen

Tel. +49 2383 6189 690

kontakt@hgmes.de

www.hgmes.de

[Xing](#)

Ansprechpartner für den Bereich Modellierung und Simulation

Christoph Kath

c.kath@hgmes.de

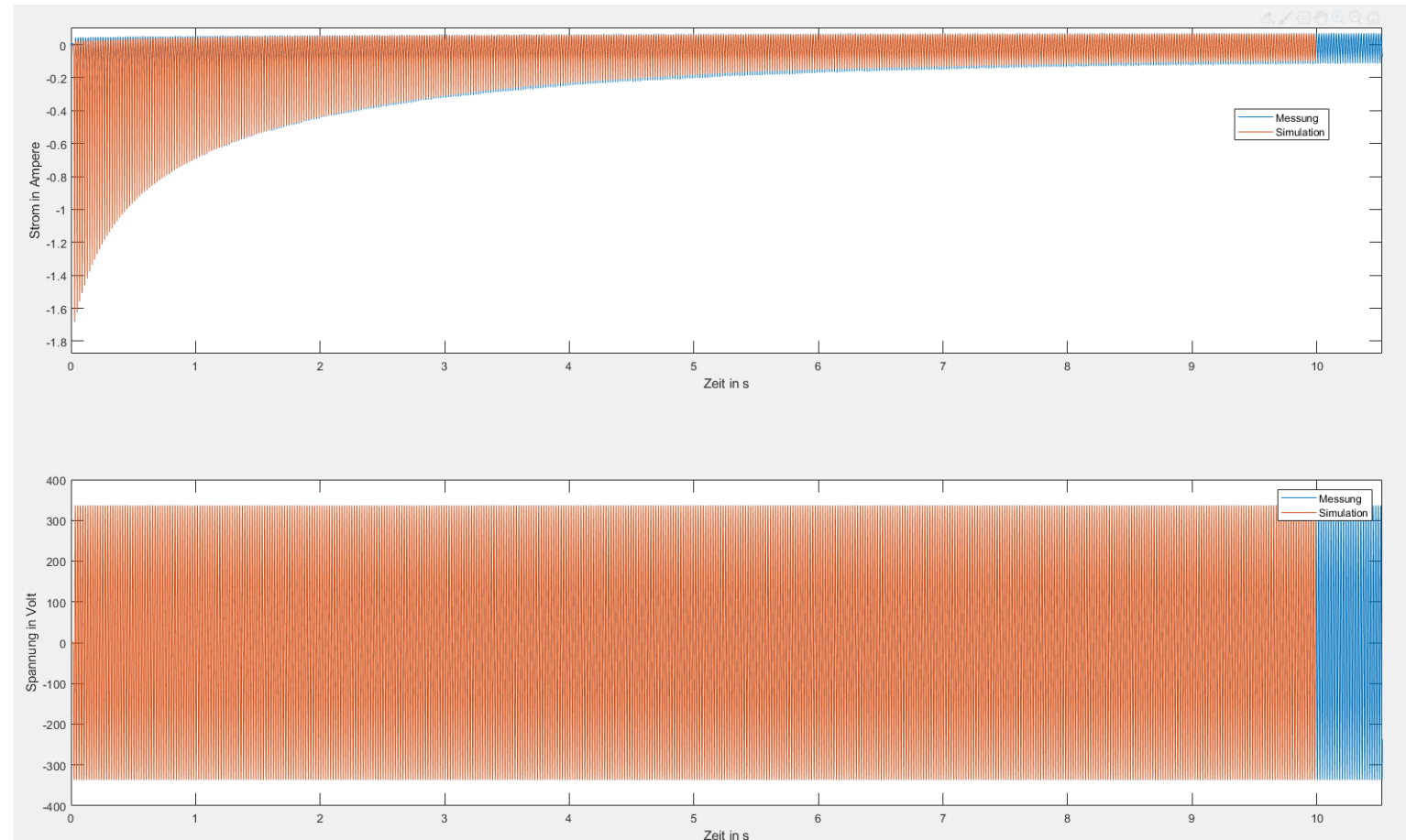
Tel. +49 2383 6189 695

Mobil: +49 1736092205



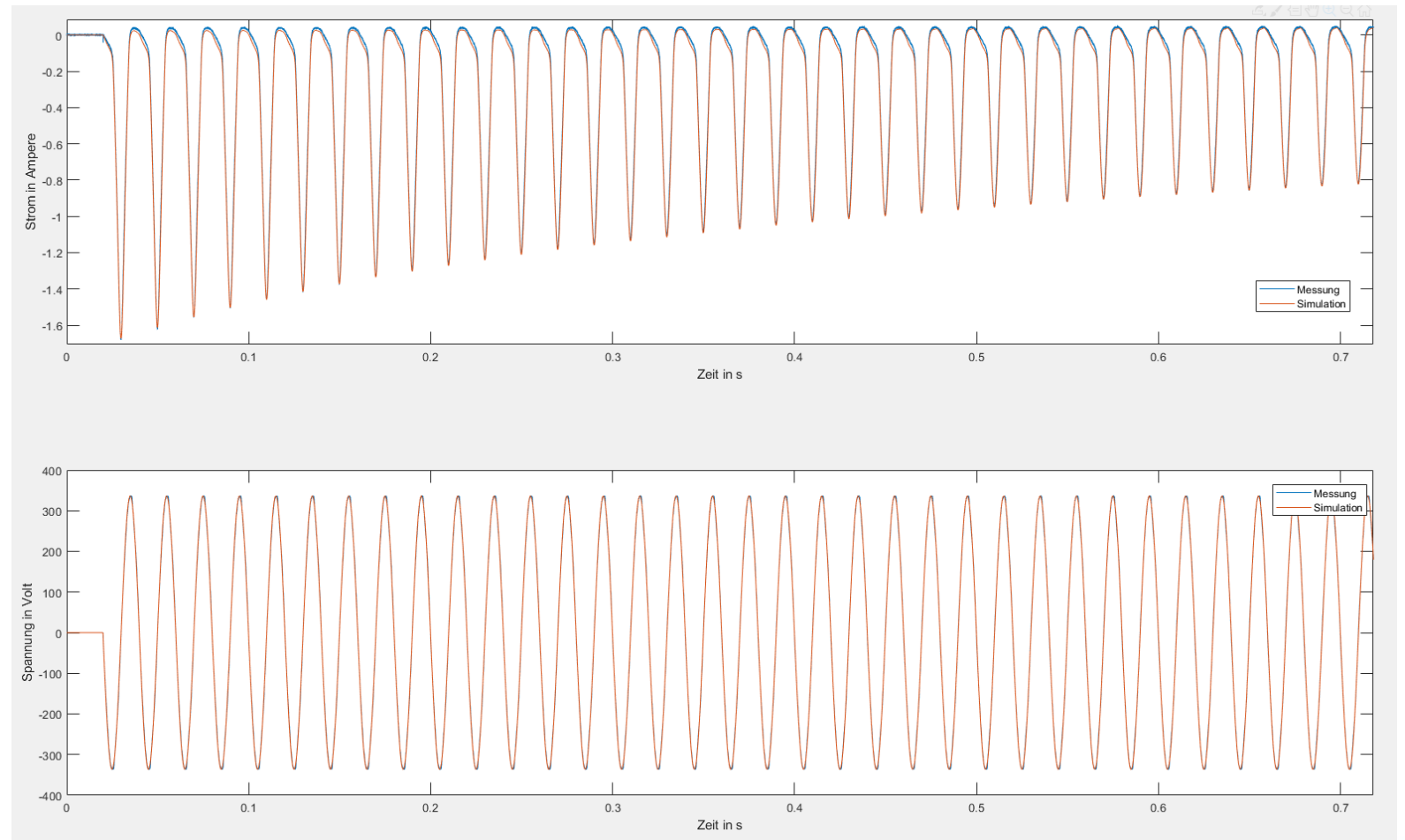
Anhang

Vergleich Simulation mit Messung an einem Labortransformator (einphasig)



Anhang

Vergleich Simulation mit Messung an einem Labortransformator (einphasig)



Anhang

Vergleich Simulation mit Messung
an einem Labortransformator
(einphasig)

