

Verluste im Niederspannungsverteilstromnetz

Verteilnetze

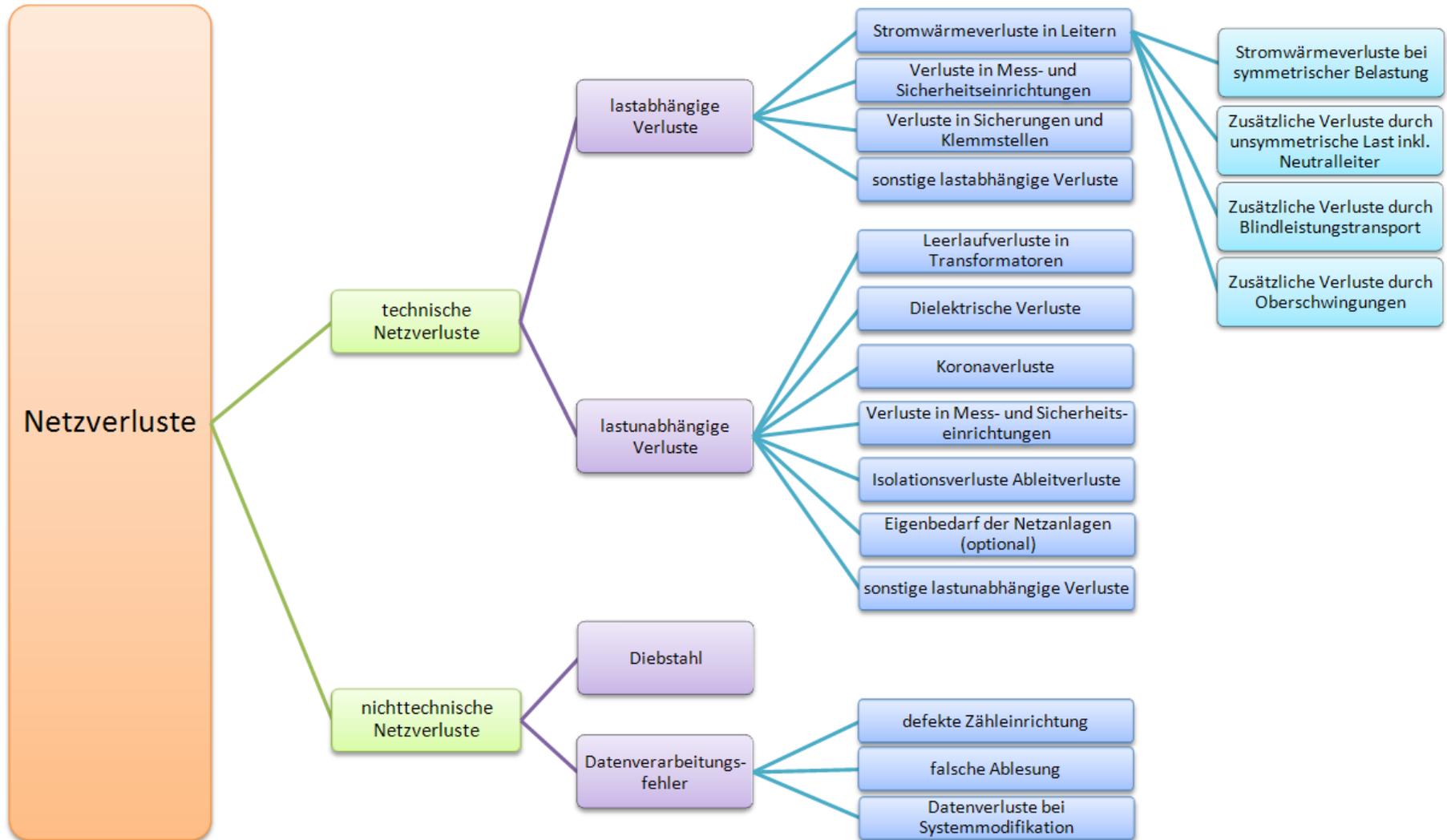
Werner Brandauer, Ernst Schmutzner, Lothar Fickert, Alfons Sillaber

**Technische Universität Graz
Institut für Elektrische Anlagen**

Übersicht

- Netzverluste
 - Einteilung
 - Größenordnung
 - Vergleich in Europa
- Zeitlich hochaufgelöste Messreihe im Niederspannungsverteilstromnetz
- Messdatenauswertung – Verlustberechnung
 - zeitliche Auflösung
 - Einfluss der Unsymmetrie
 - Vergleich der Verlustberechnung
 - auf Grundlage synthetischer Lastprofile
 - Verlustberechnung mit hochaufgelösten Messreihen

Einteilung von Netzverlusten



Netzverluste – Größenordnung – Vergleich

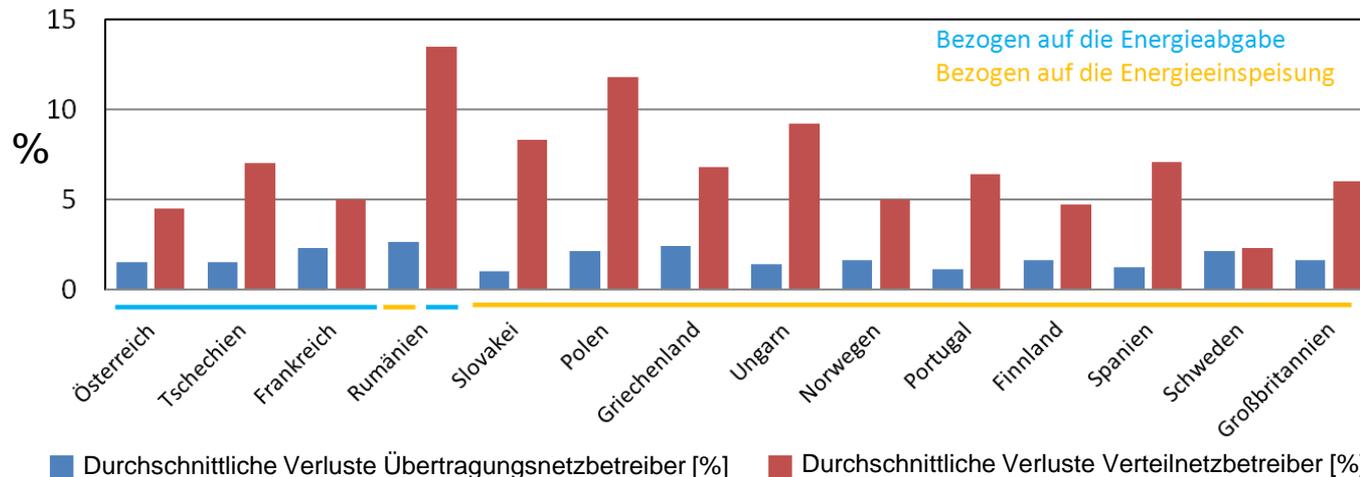
- Größenordnung

- Österreich (2008) 3,45 TWh (Quelle: www.e-control.at)
- UCTE (2007) 154 TWh (Ann. 6%) (Quelle: www.entsoe.eu)

- bis zu 50 % der gesamten Netzverluste sind der Niederspannungsverteilung zuzuordnen

- Netzverluste (Europäische Länder im Vergleich)

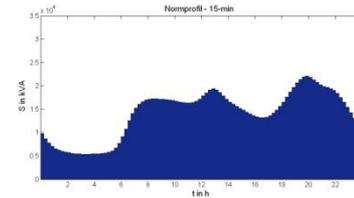
(Quelle: www.energy-regulators.eu)



Verlustbestimmung im Niederspannungsverteilstnetz I

- Wieso sind genauere Kenntnisse über Verlustursachen notwendig?
 - Maßnahmen zur Effizienzsteigerung gezielt durchzuführen
 - Erfüllung von regulatorischen Vorgaben

- Verfahren zur Verlustbestimmung



- Bilanzielle Abgrenzung
- Annäherung über synthetische Lastprofile
- Anwendung von Lastgängen aus übergeordneten Netzebenen
- Annäherung über Verlustfaktoren

$$W_{\text{verl}} = \int_0^{T_n} P_{\text{verl}} \, t \, dt = \frac{R \cdot P_{\text{tran max}}^2}{U^2 \cos^2 \varphi_{\text{max}}} \cdot T_n \cdot \vartheta_s$$

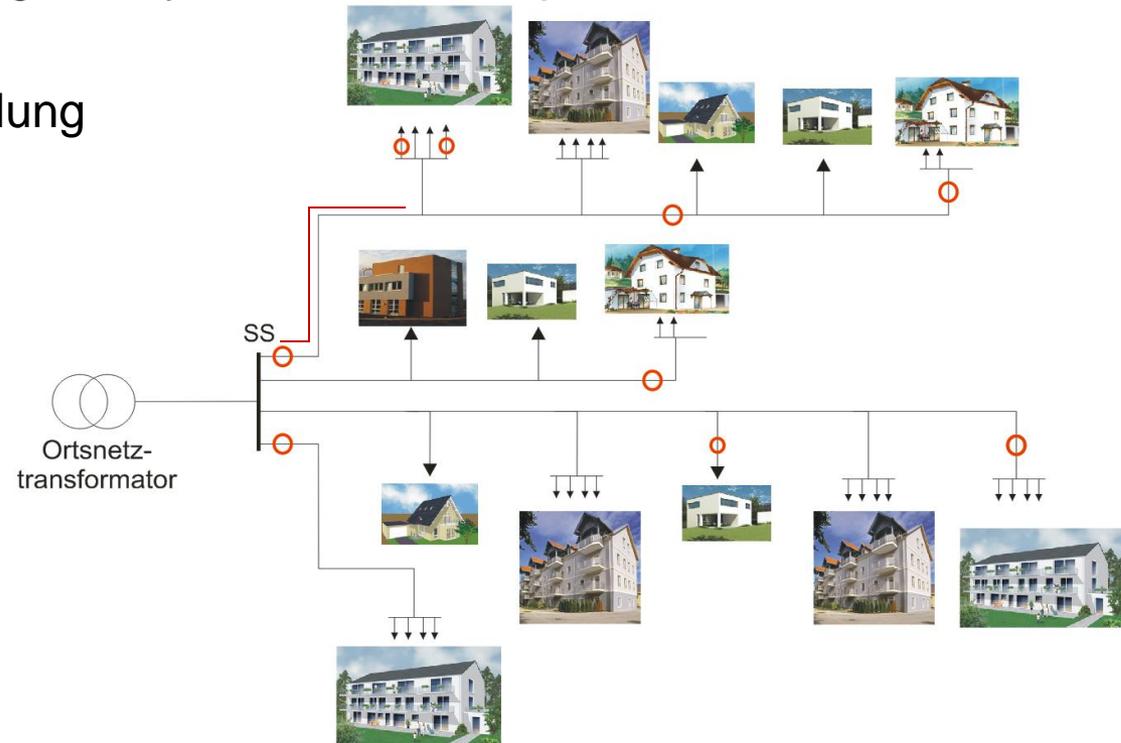
- Voraussetzungen für detaillierte Berechnungen

- Genaue Kenntnis der Leitungen hinsichtlich des Widerstandes
- Genaue Kenntnis der Einflussparameter notwendig

Untersuchungsumfang

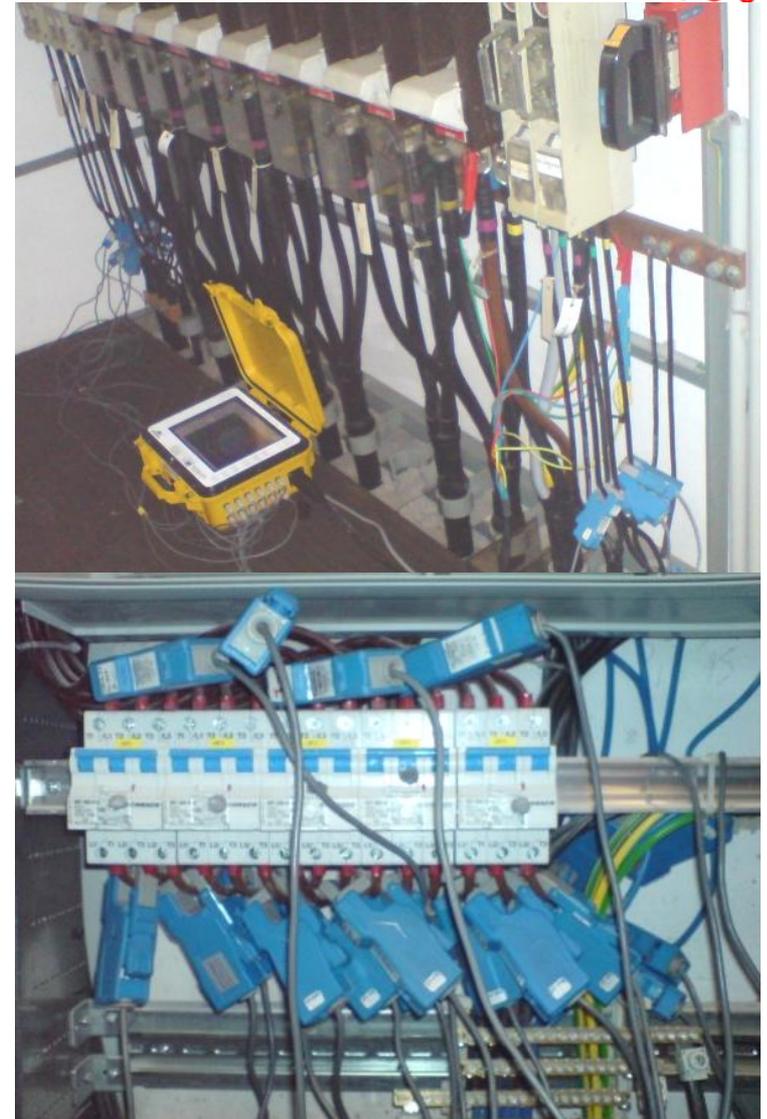
■ Durchgeführte Untersuchungen

- Auswirkung der zeitlichen Auflösung der Messwerte (Granularität)
- Auswirkung der auftretenden Unsymmetrien im Verteilnetz auf die Verlustberechnung
- Fehler bei Anwendung von synthetischen Lastprofilen zur Verlustbestimmung
- Beispielhafte Darstellung der Messpunkte:

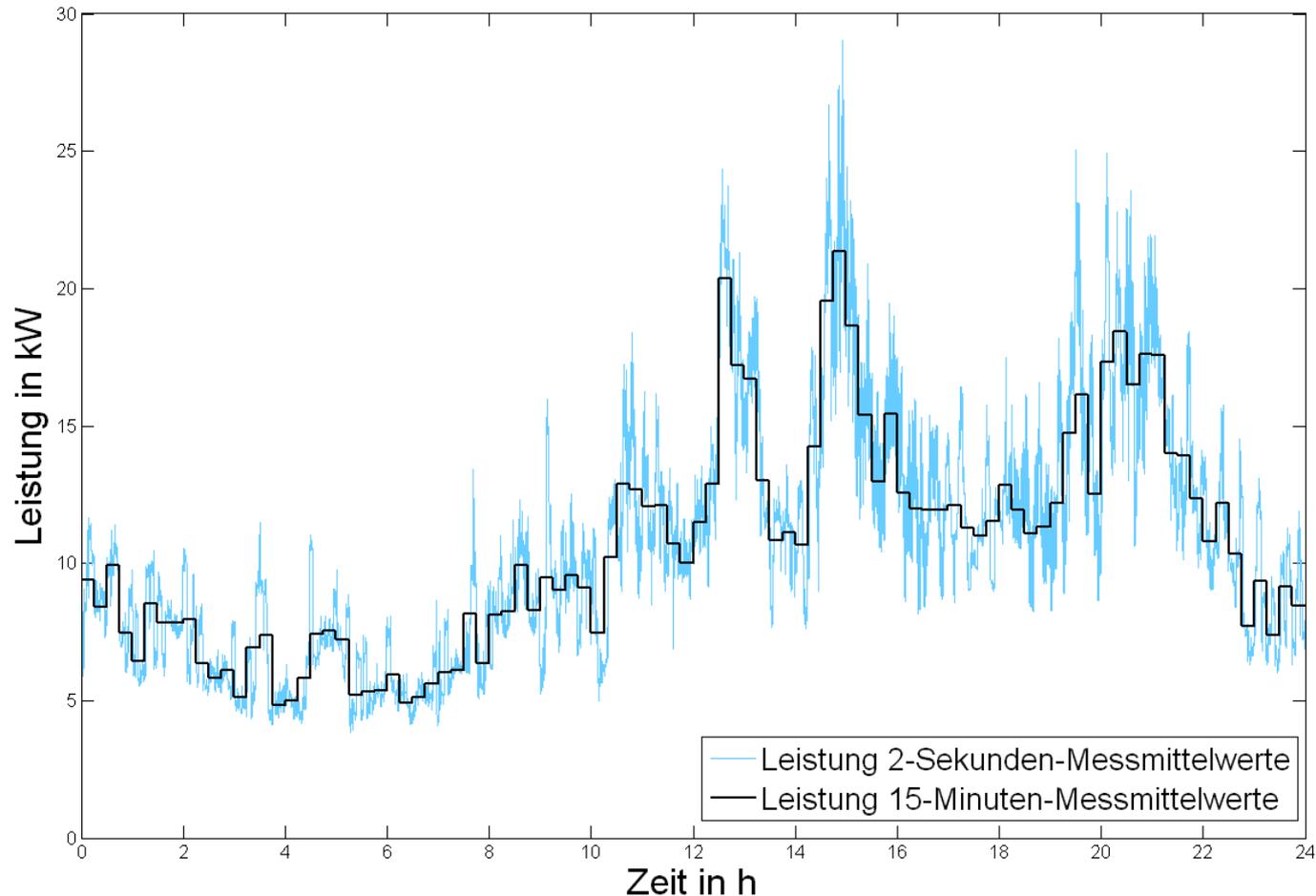


Kurzbeschreibung der Messreihe

- Mehrkanaliger Datenlogger
- hochaufgelöste Messwertaufzeichnung
2-Sekunden-Messmittelwerte
- Dauer der Messung: je eine Woche
- 30-Abgänge im Niederspannungsnetz
 - Transformatorabgänge
 - Haushaltsabgänge (teilweise überlagert)



Messwertauflösung (Granularität)



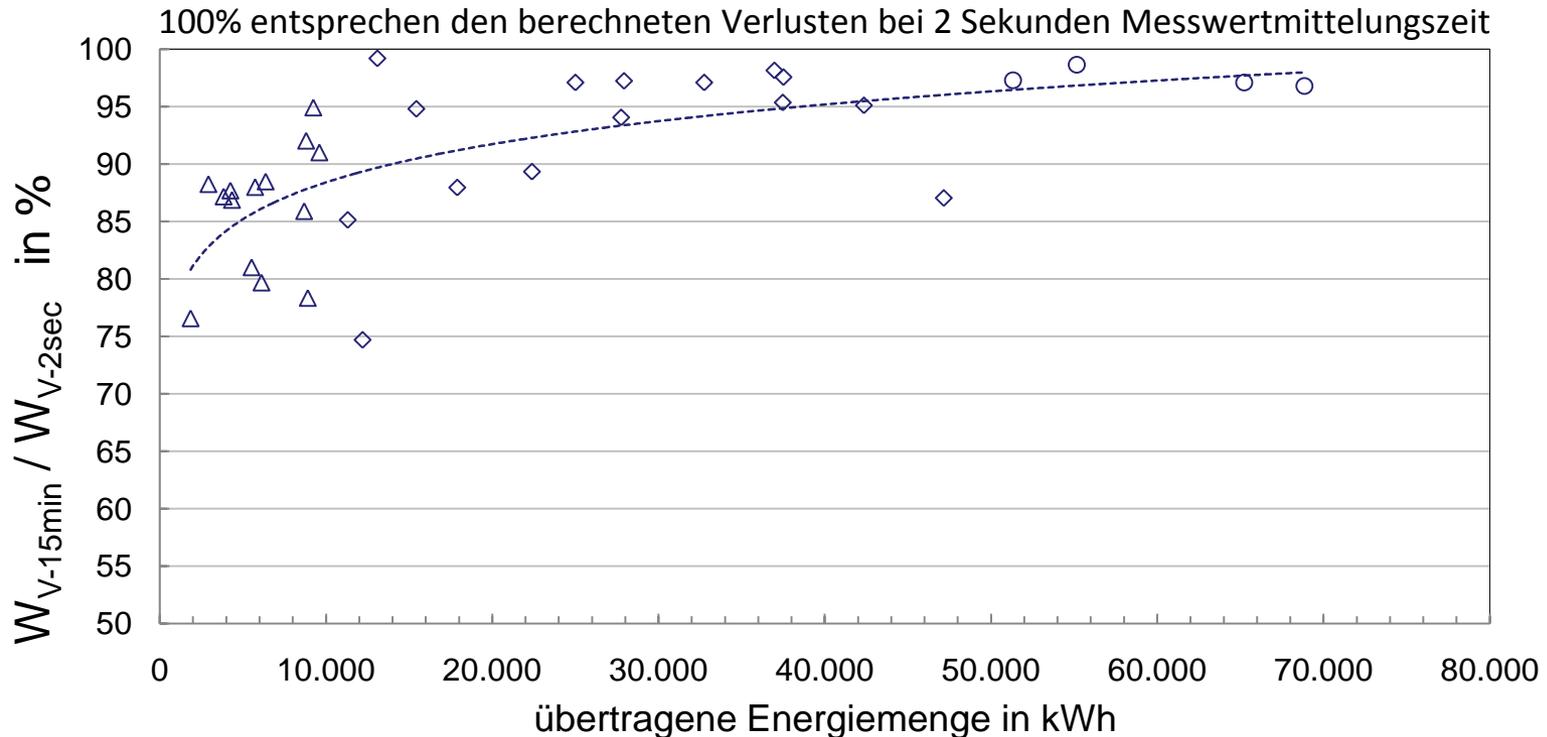
Darstellung unterschiedlicher Messwertmittelungszeiten (2-Sekunden, 15-Minuten) am Beispiel einer 25-Parteien-Wohnanlage über 24 h

Einfluss unterschiedlicher Messwertmittlungszeiten

- Annahme symmetrischer Lastverhältnisse

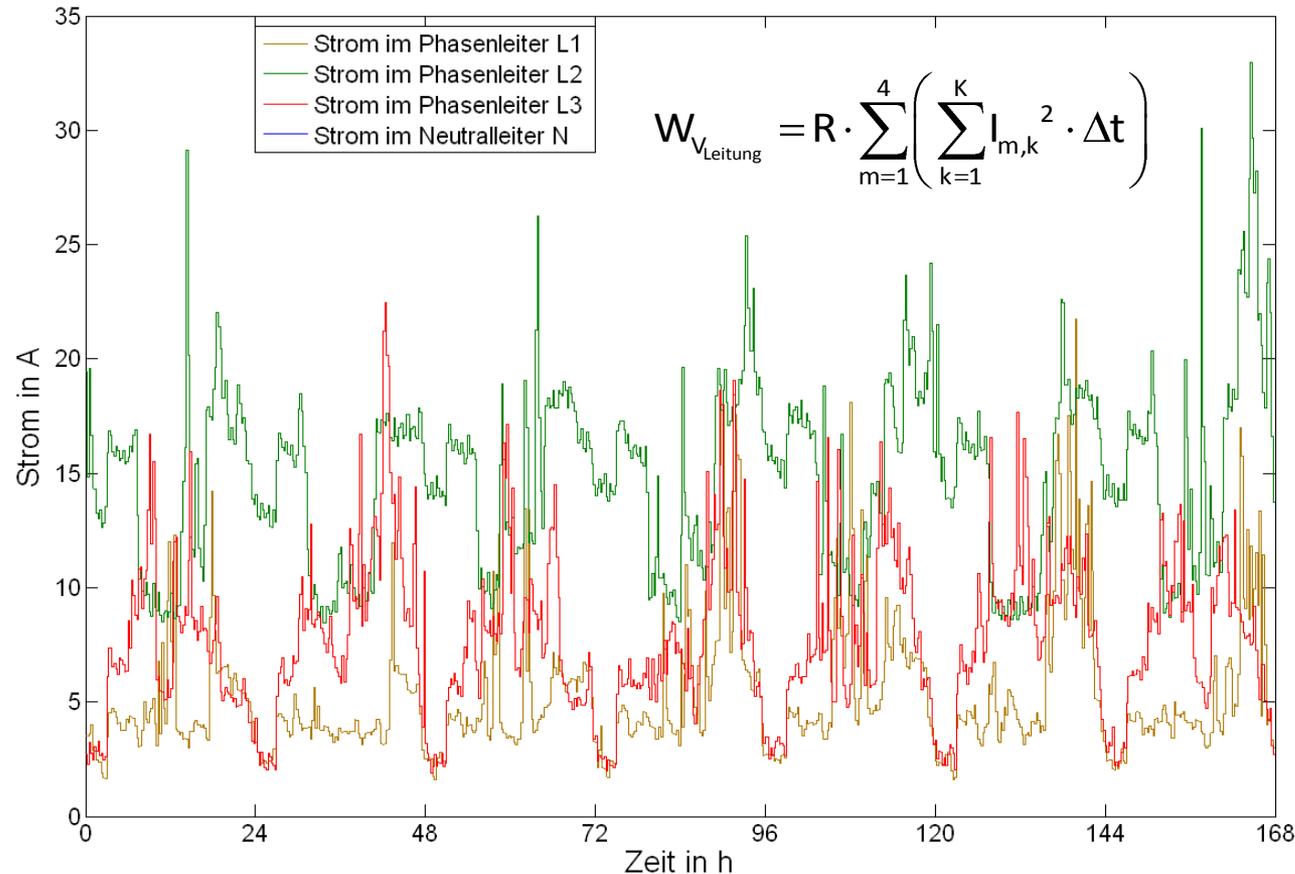
$$W_{V_{\text{Leitung}}} = 3 \cdot R \cdot \int_0^T I_{\text{sym}}^2 t \, dt = 3 \cdot R \cdot \sum_{k=1}^K I_{\text{sym},k}^2 \cdot \Delta t$$

- Auswertung der Messdatenreihen



Auswirkung der Unsymmetrien im Niederspannungsnetz

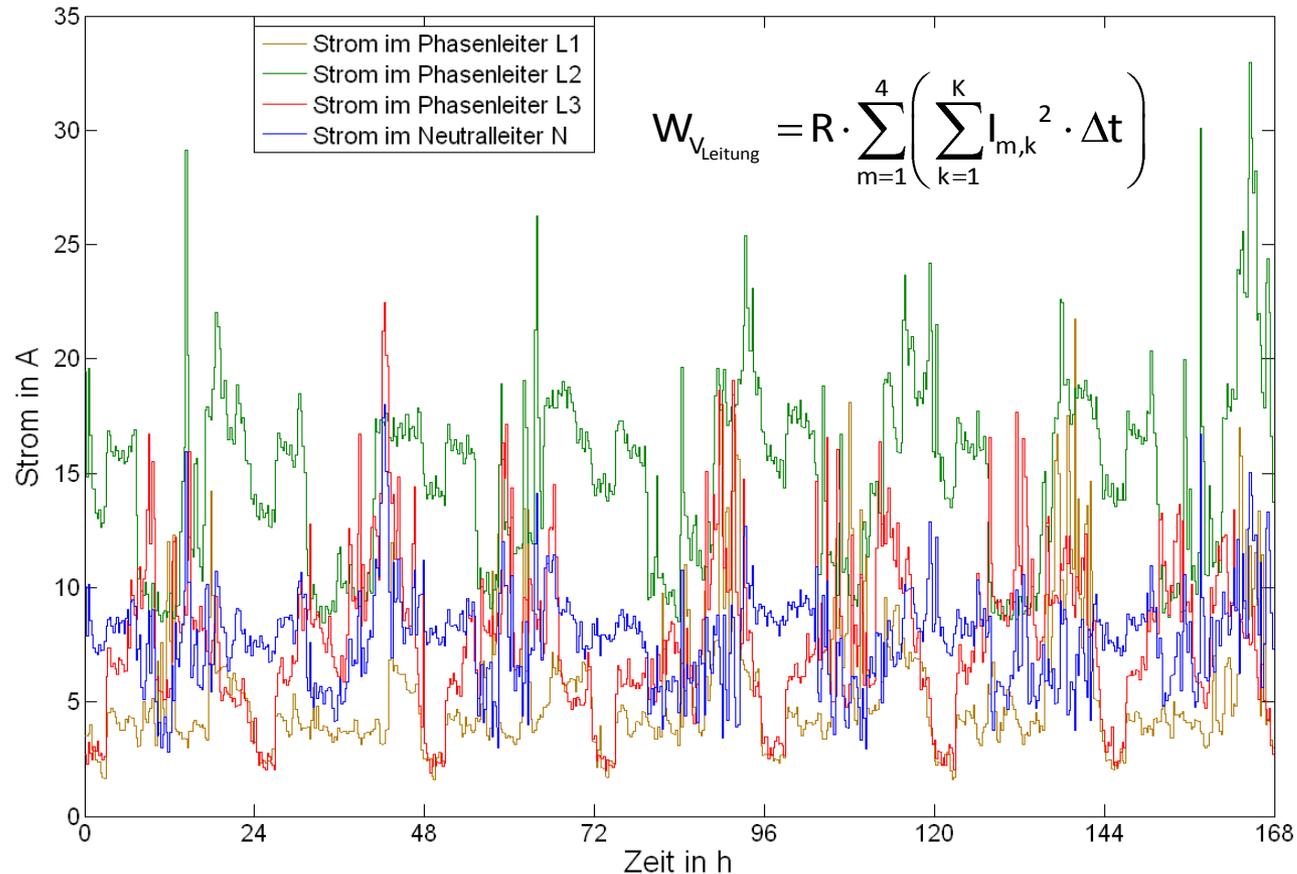
- je geringer die Überlagerung desto größer die Unsymmetrien
- zusätzliche Verluste im Neutraleiter



Darstellung der Leiterströme über eine Woche (15-Minuten-Messmittelwerte)

Auswirkung der Unsymmetrien im Niederspannungsnetz

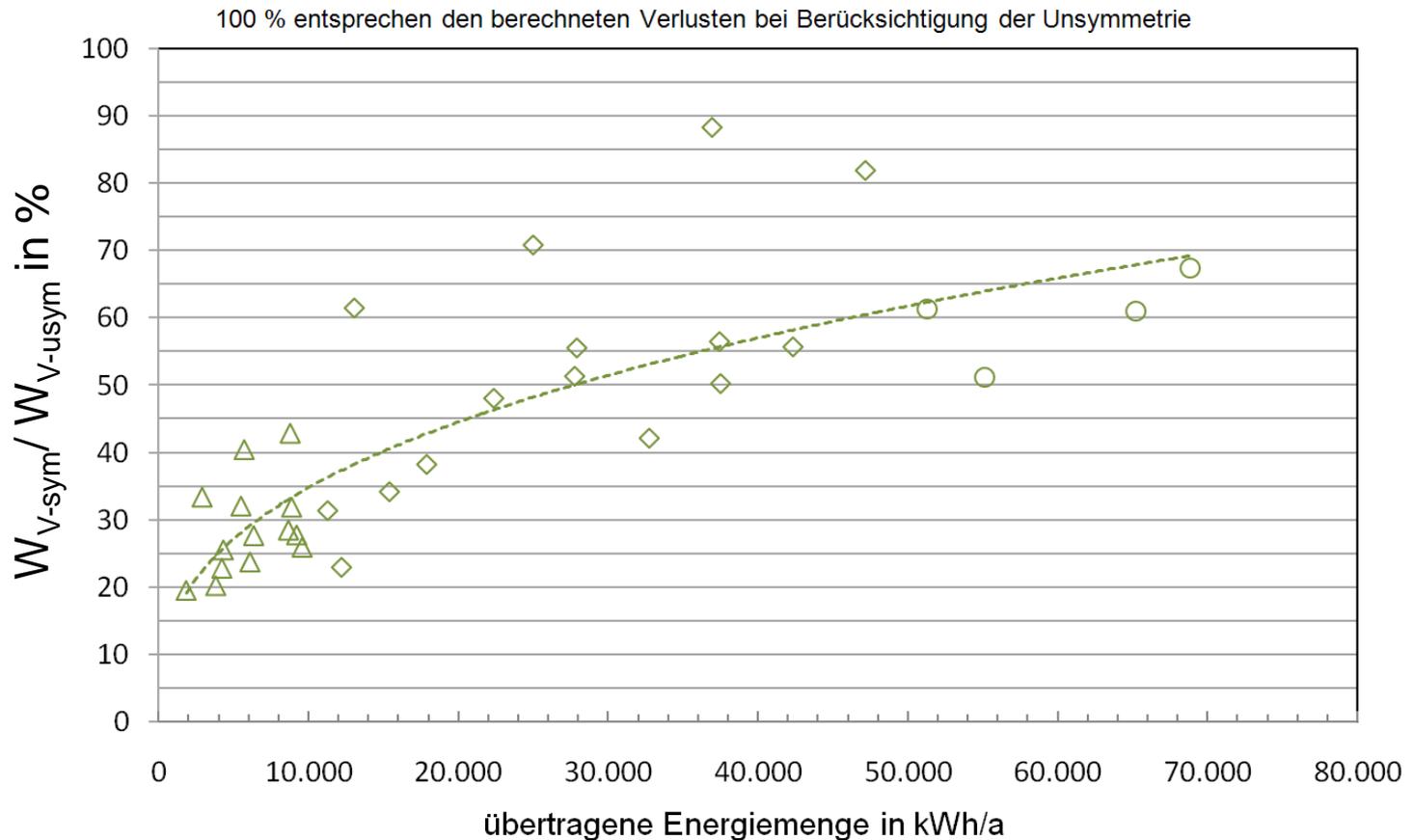
- je geringer die Überlagerung desto größer die Unsymmetrien
- zusätzliche Verluste im Neutralleiter



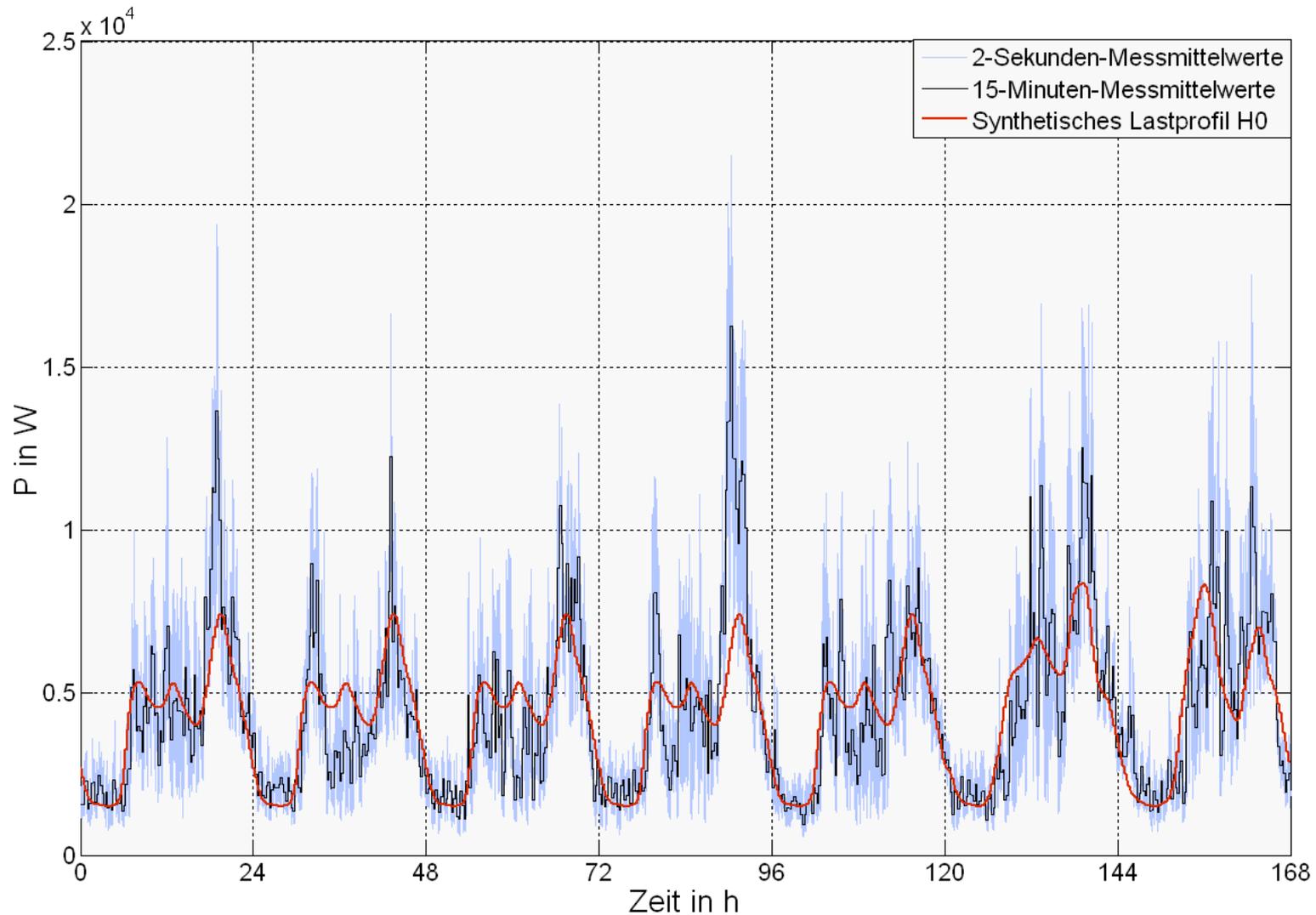
Darstellung der Leiterströme über eine Woche (15-Minuten-Messmittelwerte)

Einfluss der Unsymmetrie

- Große Abweichungen in der Verlustberechnung durch unsymmetrische Leiterströme
- Bei einphasiger Last Faktor 6
- Bei den untersuchten Messpunkten bis zu einem Faktor 5

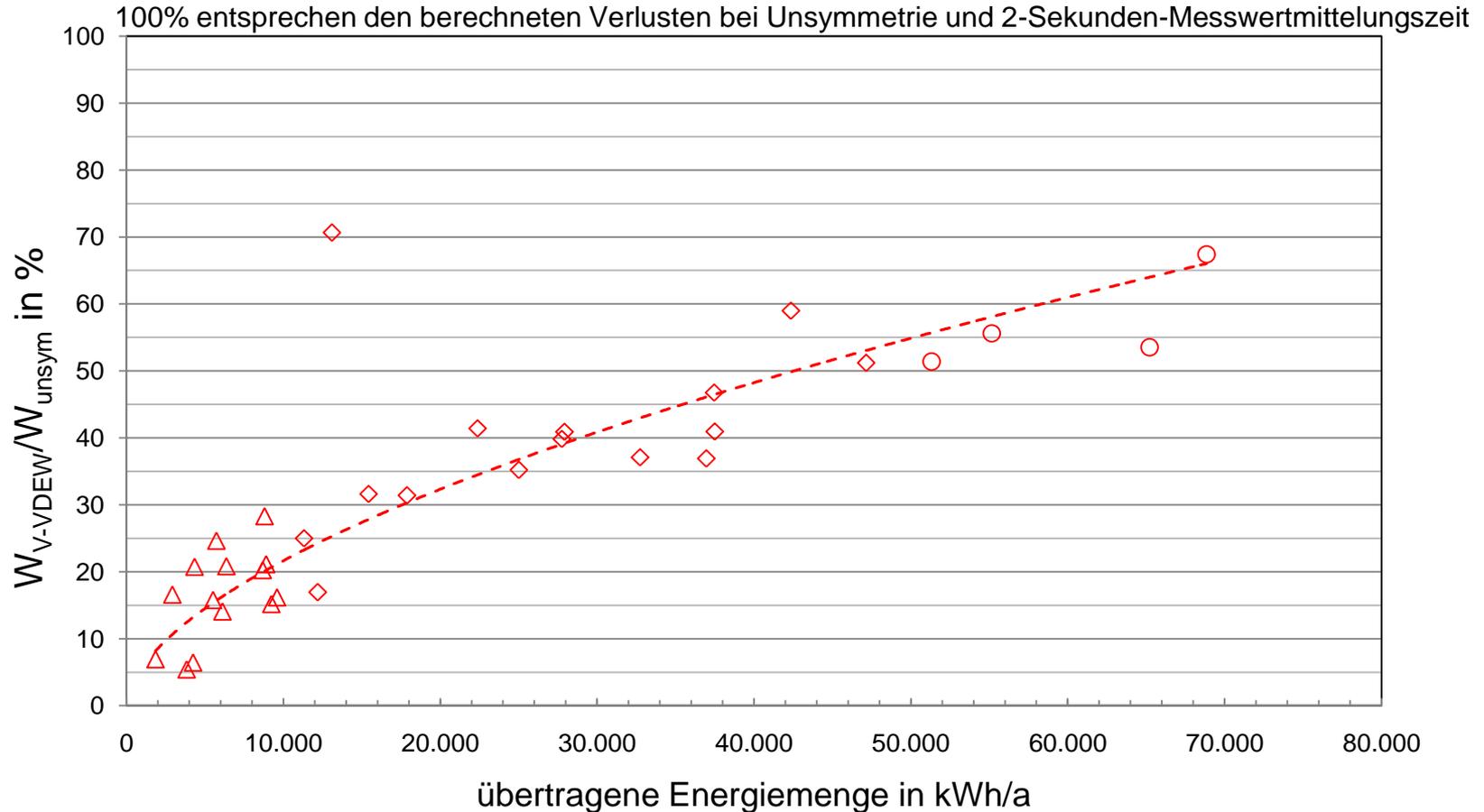


Synthetische Lastprofile zur Verlustbestimmung



Ergebnisse bei Anwendung synthetischer Lastprofile

- Eine Verlustberechnung auf Grundlage von synthetischen Lastprofilen ist ohne Korrekturfaktoren für das Niederspannungsnetz nicht geeignet



Zusammenfassung

- Die Messwertmittlungszeit hat einen geringen Einfluss auf die Verlustberechnung
 - max. 25 % Abweichung zwischen der Verlustberechnung bei 15-Minuten-Messmittelwerten und 2-Sekunden-Messmittelwerten in den Netzausläufern
- Großer Einfluss der Unsymmetrie auf die berechneten Verluste
 - muss unbedingt berücksichtigt werden
- Synthetische Lastprofile sind zur Verlustbestimmung nicht geeignet
 - Anwendung von Korrekturfaktoren zur Ergebnisverbesserung
- bei steigender Lastüberlagerung sinkt der Einfluss der untersuchten Einflussfaktoren ab

Ausblick

- Weitere Untersuchungen im Niederspannungsverteilnetz in Kooperation mit Wienenergie Stromnetz GmbH unterstützt vom Klima und Energiefonds.
- Unsymmetrie – Lokalisation von ständig unsymmetrisch belasteten Leitungen unter Zuhilfenahme der entstehenden Kommunikationsinfrastruktur im Verteilnetz.
- Möglichkeiten in Verbindung mit dezentralen Energieerzeugungsanlagen bei Einspeisung unter Berücksichtigung der bestehenden Unsymmetrie.



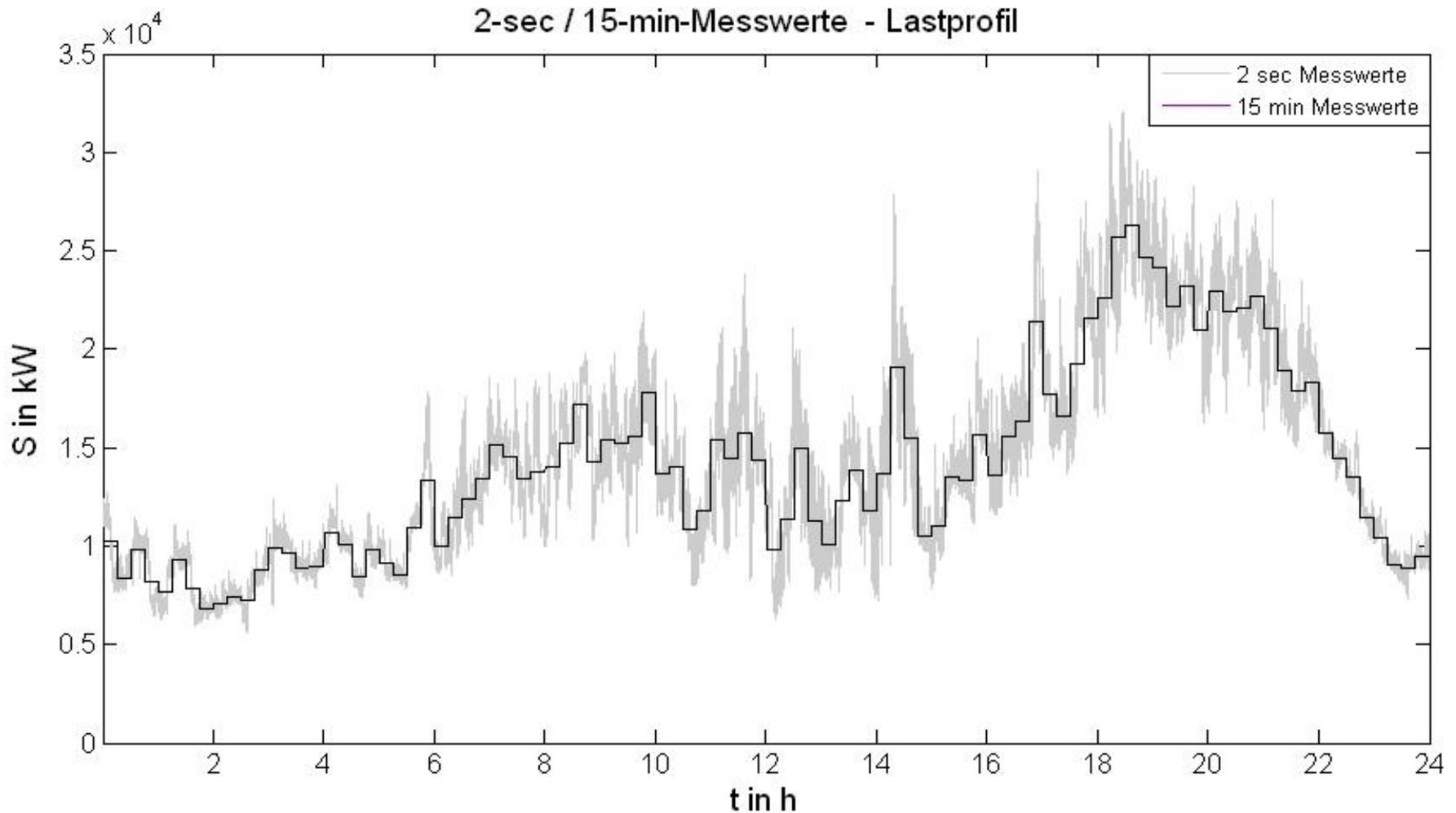
Verluste im Niederspannungsverteilstromnetz

Verteilnetze

Werner Brandauer, Ernst Schmutzner, Lothar Fickert, Alfons Sillaber

Technische Universität Graz
Institut für Elektrische Anlagen

Granularität - Vergleich



Erste Ergebnisse - symmetrische Belastung

Auswertung:

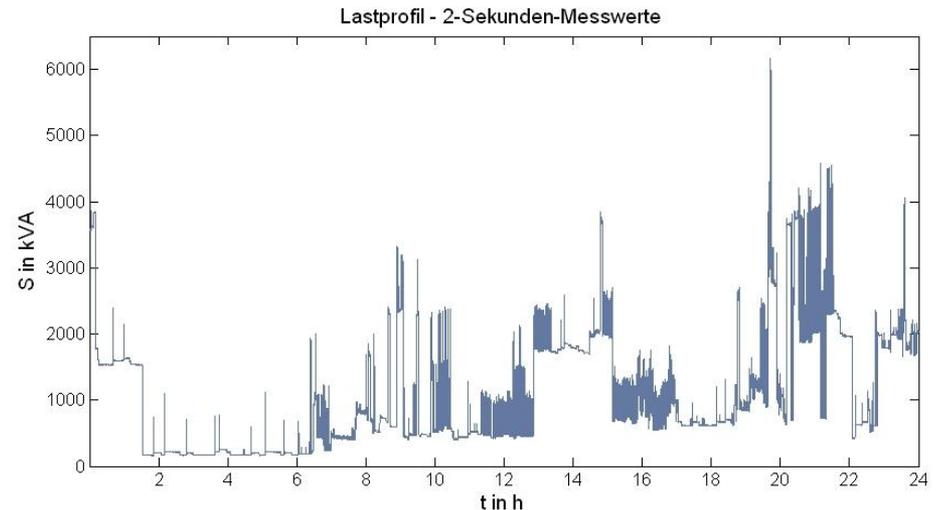
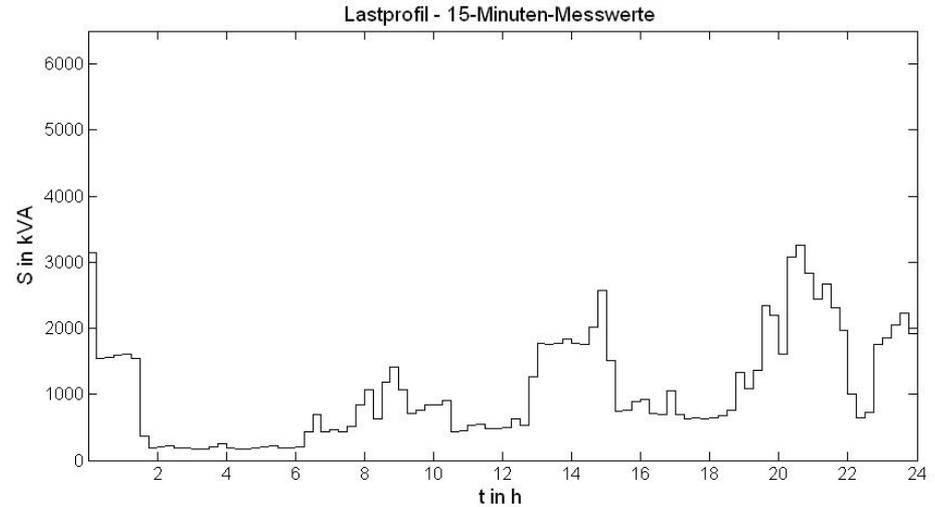
$$W_{\text{verl}} = \int_0^{T_n} S_{\text{verl}} \, t \, dt = \int_0^{T_n} 3 \cdot \underline{Z} \cdot I(t)^2 dt$$

Verluste in den Leitungen:

Zuschlag bei hochaufgelöster Messung:

- bei kurzzeitig stark schwankenden Lasten → starke Zunahme

- Abnahme in Richtung Transformator



Verlustberechnung(2) - weitere Ansätze

Berechnung mit Lastflussprogrammen:

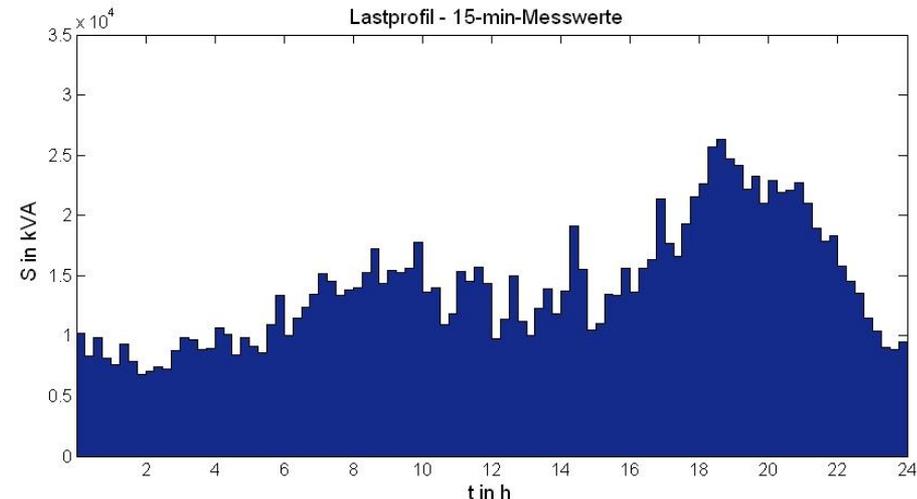
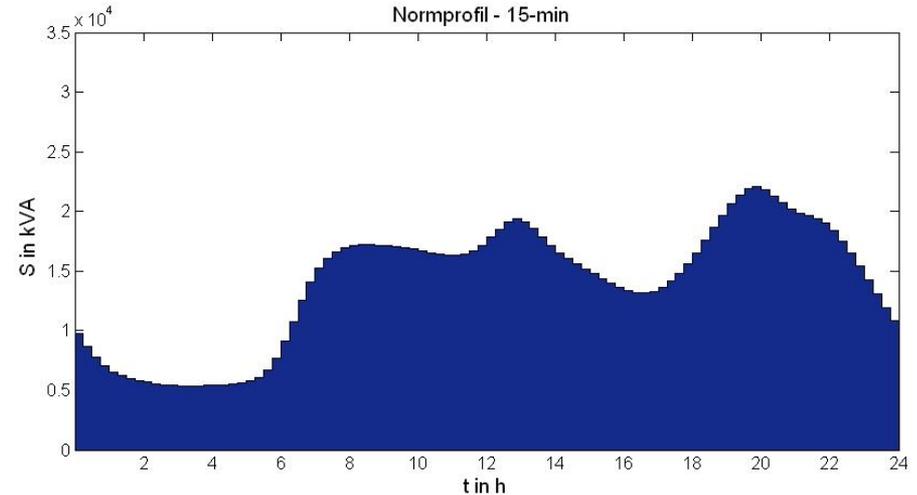
Hinterlegung von Lastprofilen:

- synthetisch generierte Lastprofile:

$$P_{\text{verl } t} = 3 \cdot R \cdot I^2 t = \frac{R \cdot P_{\text{tran } t}^2}{U^2 \cos^2 \varphi t}$$

- gemessene Lastprofile:

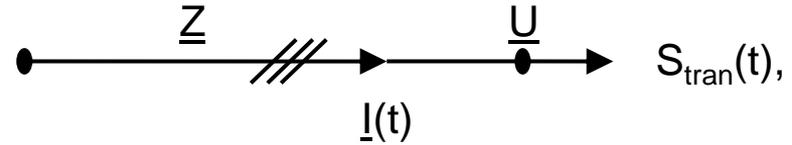
Lastspitzen werden besser
berücksichtigt



Verlustberechnung(1) - Verlustfaktoren

Verlustscheinarbeit einer Leitung:

$$S_{\text{verl}} = \int_0^{T_n} S_{\text{verl}} \, t \, dt = \int_0^{T_n} 3 \cdot \underline{Z} \cdot I(t)^2 dt$$



Annäherung über die Verlustarbeit bei Höchstlast und Scheinarbeitsverlustfaktor:

$$W_{\text{verl}} = \int_0^{T_n} P_{\text{verl}} \, t \, dt = \frac{R \cdot P_{\text{tran max}}^2}{U^2 \cos^2 \varphi_{\text{max}}} \cdot T_n \cdot \vartheta_s = W_{\text{verl}} \cdot \vartheta_s$$

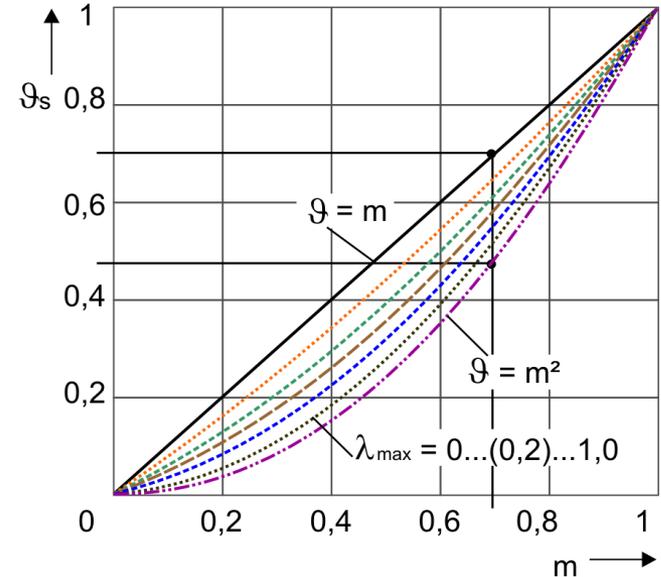
Scheinverlustrfaktor (Definition):

$$\vartheta_s = \frac{1}{T} \cdot \int_0^{T_n} \left[\frac{P \, t \cdot \cos \varphi_{\text{max}}}{P_{\text{max}} \cdot \cos \varphi \, t} \right]^2 dt = \vartheta_s \, m$$

Annäherung über Wirkverlustrfaktor:

Näherung für Dauerlinie (Holmgreen-Rung)

$$\vartheta_w = \frac{2m \cdot m - m_0 + m_0^2}{1 + m - 2m_0} \quad \frac{Q^2 \, t}{Q_{\text{tran max}}^2} = \frac{P \, t}{P_{\text{tran max}}}$$



Arbeitsverlustrfaktor ϑ_s nach Holmgreen-Rung; Parameter m, I_{max}