

GEMEINSAMES ELEKTROTECHNISCHES MESSLABOR VON UNTERNEHMEN UND TECHNISCHEN SCHULEN

Hans-Jürgen Wernegger¹ , Günter Kotschnig² , Walter Auernig³ , Andreas Vidoni⁴ , Harald Huber⁵ , Heinz Untersteiner⁶ , Markus Waldner⁷

¹⁾ KNG-Kärnten Netz GmbH, Abteilung Diagnose und Instandhaltung HS, Kirchengasse 104, A-9020 Klagenfurt am Wörthersee, +43 (0)50525 1245, hans-juergen.wernegger@kaerntennetz.at, <http://www.kaerntennetz.at/>

²⁾ Kelag, Abteilung Konzernlogistik, Kirchengasse 104, A-9020 Klagenfurt am Wörthersee, +43 (0)50525 1697, guenter.kotschnig@kelag.at, www.kelag.at

³⁾ HTL-Mössingerstraße, Abteilung Elektrotechnik, Mössingerstraße 25, A-9020 Klagenfurt am Wörthersee, +43 (0)463-37978-300, walter.auernig@htl-klu.at, www.htl-klu.at

⁴⁾ HTL-Mössingerstraße, Abteilung Elektrotechnik, Mössingerstraße 25, A-9020 Klagenfurt am Wörthersee, +43 (0)463-37978-310, andreas.vidoni@htl-klu.at, www.htl-klu.at

⁵⁾ HTL-Mössingerstraße, Abteilung Elektrotechnik, Mössingerstraße 25, A-9020 Klagenfurt am Wörthersee, +43 (0)463-37978-310, harald.huber@htl-klu.at, www.htl-klu.at

⁶⁾ HTL-Mössingerstraße, Abteilung Elektrotechnik, Mössingerstraße 25, A-9020 Klagenfurt am Wörthersee, +43 (0)463-37978-310, heinz.untersteiner@htl-klu.at, www.htl-klu.at

⁷⁾ HTL-Mössingerstraße, Abteilung Elektrotechnik, Mössingerstraße 25, A-9020 Klagenfurt am Wörthersee, +43 (0)463-37978-310, markus.waldner@htl-klu.at, www.htl-klu.at

Kurzfassung: Die Kelag, die KNG-Kärnten Netz GmbH (kurz KNG) und die HTL-Mössingerstraße haben mit der Konzeption und dem Bau eines gemeinsamen Messlabors im Kompetenzzentrum E-Mobilität der Kelag in der Kirchengasse ein österreichweit einzigartiges Projekt verwirklicht. Bei der Konzeption des Messlabors wurden die Bedürfnisse und Anforderungen von Praxis und Lehre kombiniert. Das Ergebnis sind mehrere High-Tech-Laborarbeitsplätze bestehend aus regelbaren Labornetzgeräten, Funktionsgeneratoren, Oszilloskopen, Leistungsanalytoren, Power-Quality-Analytoren und Störschreibern. KNG und Kelag benötigen das Messlabor für ihre eigenen, täglichen Anforderungen wie zum Beispiel Tests an Batterien, Aggregaten, PV-Anlagen, E-Fahrzeugen und E-Ladestationen, die HTL-Mössingerstraße nutzt das neue Messlabor im Rahmen ihres regulären Laborunterrichts um praxisnahe Messübungen an E-Fahrzeugen durchzuführen und zu analysieren.

Keywords: Messlabor, E-Mobility, Ladeverhalten von E-Autos, Netzverträglichkeit von Netzlasten

1 Einleitung

Für den Verteilernetzbetreiber KNG-Kärnten Netz GmbH ist die Anzahl von komplexen Messaufgaben in den letzten Jahren stetig angestiegen. Bis dato mussten die Messtechniker ihre Messungen, Tests und Prüfungen an netzrückwirkungsrelevanten Betriebsmitteln immer mobil und temporär durchführen – ein fixes Messlabor für solche Messanwendungen gab es bis dahin nicht. Im Sinne einer Effizienzsteigerung sollen zukünftig solche Messungen in einem stationären, was die Messtechnik betrifft „dem Stand der Technik entsprechenden“ Messlabor durchgeführt werden.

Typische KNG Anwendungsfälle des neuen Messlabors:

- Messungen an elektrischen Betriebsmitteln hinsichtlich Netzverhalten, Netzverträglichkeit und Betriebstauglichkeit
- Messungen an Speichern und an Erzeugungsanlagen wie z.B. Batterien, Aggregaten und Photovoltaik-Anlagen
- Messungen an E-Fahrzeugen und E-Ladestationen



Abbildung 1) Laden eines E-Auto

Bezüglich Klimaschutz, Nachhaltigkeit, Weitblick und Verantwortungsbewusstsein ist es dem Energiedienstleister Kelag ein großes Anliegen die Verbreitung von Elektro-Mobilität voranzutreiben. Die Kelag sieht ihre Rolle bei diesem Thema in der Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung, in der Entwicklung von Autostromprodukten und im Aufbau einer modernen Ladeinfrastruktur. Das hierfür speziell eingerichtete Kompetenzzentrum E-Mobilität der Kelag in der Kirchengasse versteht sich dabei als „die“ Anlaufstelle für Fragen rund um das Thema E-Mobilität und das Produktportfolio der Kelag.

Die Schwerpunkte des Kompetenzzentrums E-Mobility liegen hierbei in:

- der fundierten und herstellerunabhängigen Information zu E-Autos rund um das Thema Sicherheit
- den Ausbildungsprogrammen und Erwerb von Zertifikaten im Bereich der Hochvolttechnik
- der Information über die Lade-Infrastruktur im öffentlichen und im privaten Bereich
- der Möglichkeit E-Fahrzeuge zu testen (die Größe der E-Flotte im Kelag Konzern beläuft sich mit 1. Jänner 2020 auf 64 Stück 100 % elektrisch betriebener Fahrzeuge unterschiedlichster Hersteller)
- der Unterstützung von Blaulichtorganisationen in deren Umgang mit E-Mobilität
- der Jugendarbeit in Verbindung mit Bildungseinrichtungen

Auch seitens der Kelag gibt es zahlreiche Anwendungsfälle zum neuen Messlabor - das Messlabor könnte in das Gesamtschulungskonzept einfließen, um die theoretisch erlernten Themen, praxisnahe zu vertiefen (siehe Abbildung 2). Nach Projektabschluss soll das Labor auch allen interessierten Schulen und Ausbildungsstätten für Laborübungen betreffend E-

E-Mobilität. Ganzheitlich.

Entdecken Sie E-Mobilität in all ihren Facetten:
spannende Theorie und hautnahe Praxis in vier Modulen.



Abbildung 2) Schulungskonzept Kompetenzzentrum E-Mobility

Mobilität zur Verfügung gestellt werden. Diese reichen von klassischen elektrotechnischen Ausbildungsstätten wie z.B. Kelag Lehrlingsschule, HTL, FH bis hin zu allgemeinbildenden höheren Schulen (Gymnasien etc.) in deren Lehrpläne die Naturwissenschaften (Physik) oft eine wesentliche Rolle spielen.

Auch technische Bildungseinrichtungen beschäftigen sich bereits schon länger und intensiv mit dem Thema E-Mobility. Als Beispiel hierfür behandelt die HTL-Mössingerstraße in Klagenfurt das Thema E-Mobility in folgenden fachtheoretischen Unterrichtsblöcken:

- Antriebstechnik (E-Mobilität, Batteriesysteme, Motortypen, Umformer, Lademöglichkeiten und -varianten, Fahrzeugtypen)
- Energiesysteme (Netzurückwirkungen, Oberwellen, Flicker und Schwingungsanalysen)

Praktische Messungen (Laborübungen) an E-Autos hinsichtlich Ladeverhalten und Netzverträglichkeit wären auch hier eine sinnvolle Ergänzung für eine ganzheitliche Ausbildung der technischen Jugend. Die Übungen in so einem Labor sollten ein fixer Bestandteil im Ausbildungsplan / Lehrplan der Schule werden. Die Messergebnisse könnten innerhalb der Kooperationspartner zur freien Verfügung gestellt werden.

Nach kurzer Vorprüfungsphase wurde im Herbst 2017 das Projekt Messlabor mit den Projektpartnern KNG, Kelag und der HTL-Mössingerstraße gestartet.

Der Beitrag der HTL-Mössingerstraße besteht dabei in der technischen Konzeption und in der elektrischen Ausführung (durch 9 Lehrer und 33 Schüler im Zuge eines Begabtenförderprogrammes) sowie in der regelmäßigen Nutzung des Messlabors (an jeweils zwei Nachmittagen/Woche).



Abbildung 3) Schülerteam der HTL – Mössingerstraße, Projekt Messlabor Kirchengasse

2 Konzeption und Bau

Bei der Konzeption wurden die Bedürfnisse und Anforderungen von Lehre und Praxis kombiniert. Es sollte möglich sein, mit unterschiedlichen Messgeräten und Messmethoden mehrere, parallel-laufende Messungen an E-Autos am KNG/Kelag-Standort in der Kirchengasse durchführen zu können. Des Weiteren soll das Messlabor auch alle Mess- und Prüfanwendungsfälle der KNG seitens der Abteilungen Instandhaltung und Diagnose HS (Batterien, Regler, Gleich-/Wechselrichter und Aggregate) sowie der Abteilung Netzentwicklung (Netzurückwirkungen von Lasten, E-Autos und Ladestationen, PV-Anlagen, Zusammenspiel von PV, E-Auto und Heimspeicher, etc.) abdecken können. Örtlich soll das neue Messlabor in die bereits bestehende KFZ-Werkstätte am Standort Kirchengasse integriert werden.

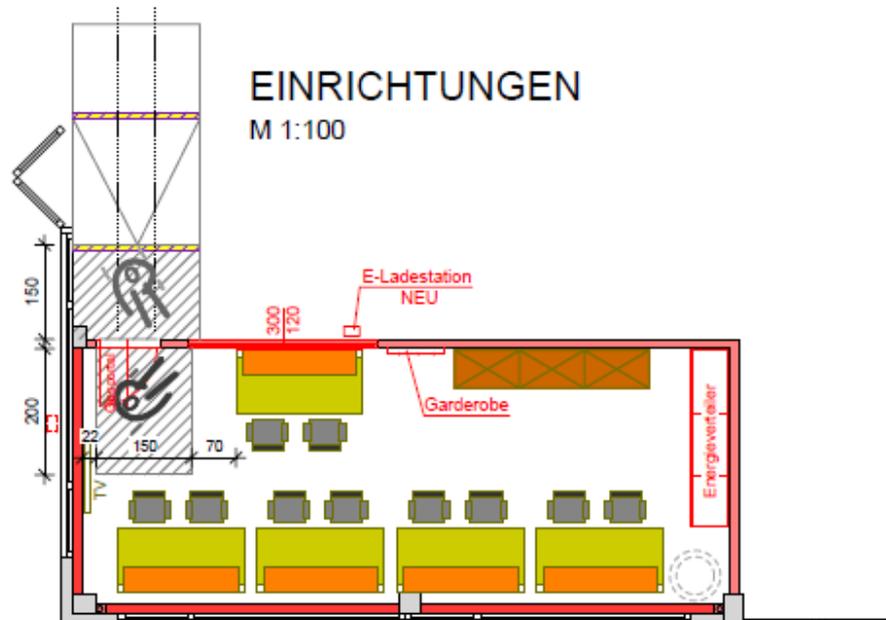
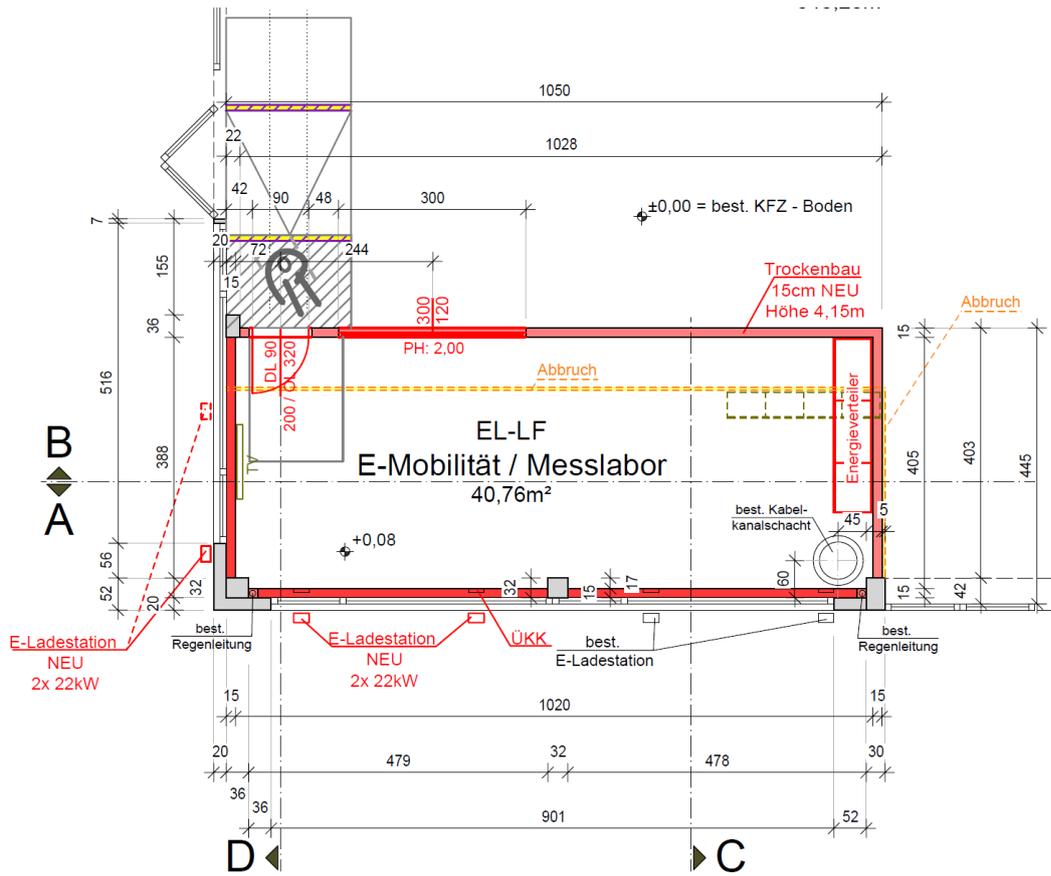


Abbildung 4) Planungskonzept Messlabor Kirchengasse

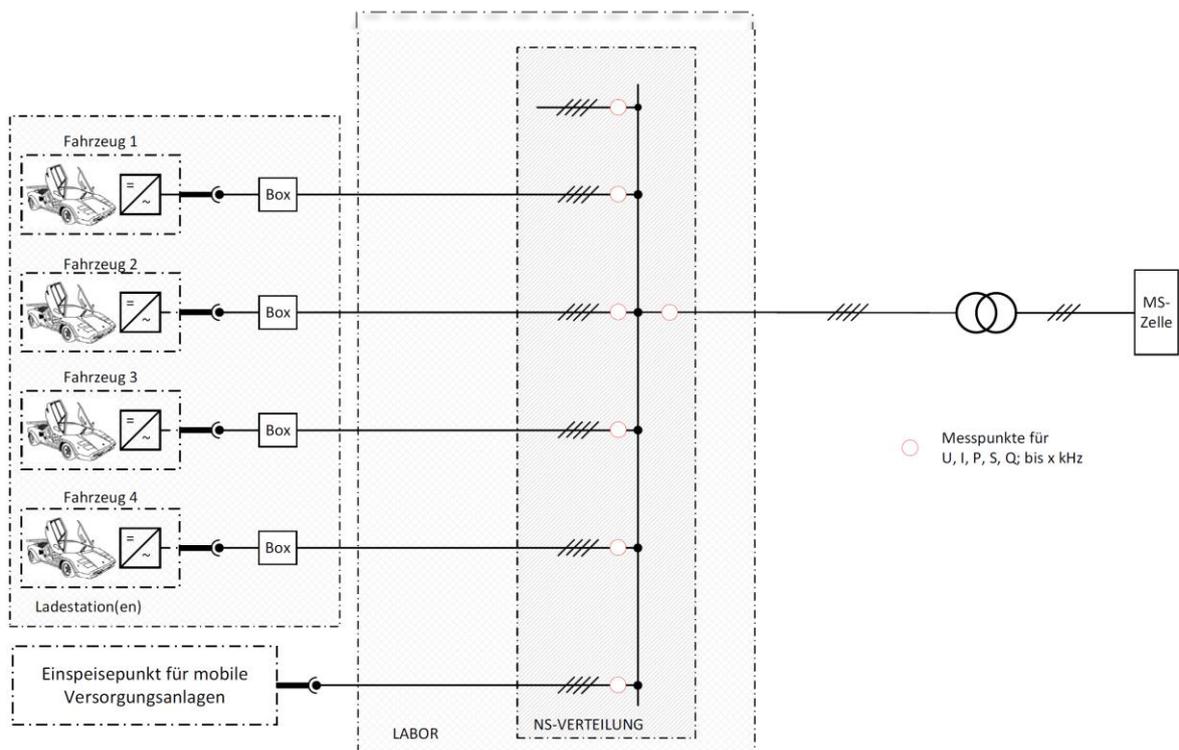


Abbildung 5) E-Technik Gesamtschema Messlabor Kirchengasse

Zum Messen und Aufzeichnen des Ladevorganges von E-Autos sind von der HTL eigene Zwischenklemmkästen samt Messmodulen geplant, gefertigt und in jeden der 4 separaten Ladestränge eingebaut worden. An der Außenseite des Messlabors stehen 4 Ladestationen zu je 11 kW Ladeleistung zur Verfügung.

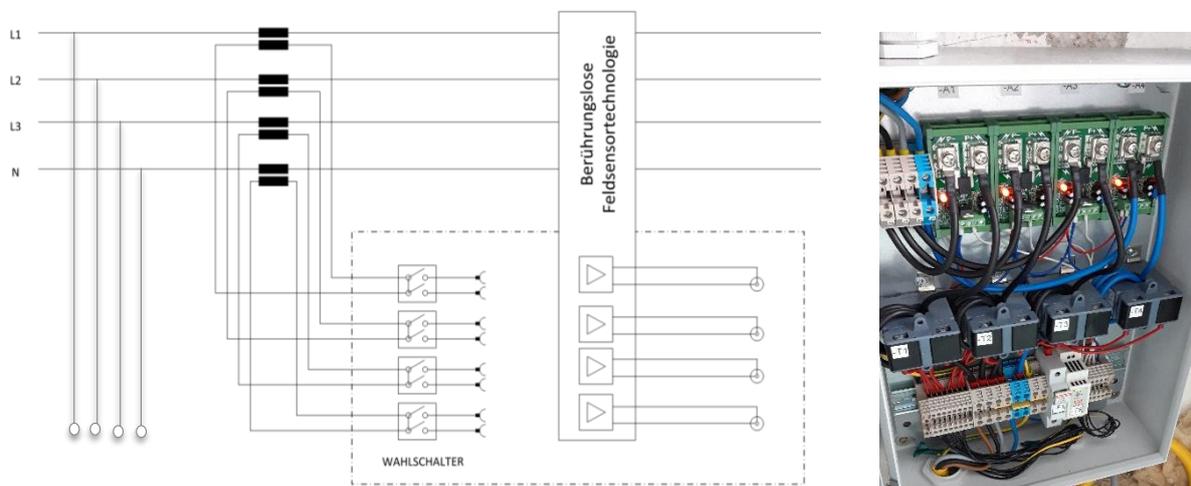


Abbildung 6) Übersichtschaltbild (links) und fertiger Zwischenklemmkasten eines Arbeitsplatzes (rechts)

Auch das Testen und Prüfen von mobilen Erzeugungsanlagen ist durch einen separaten Einspeisepunkt samt Einführung ins Labor (Rittal Schrank mit diversen Schuko, CEE und Klemmleisten) möglich.

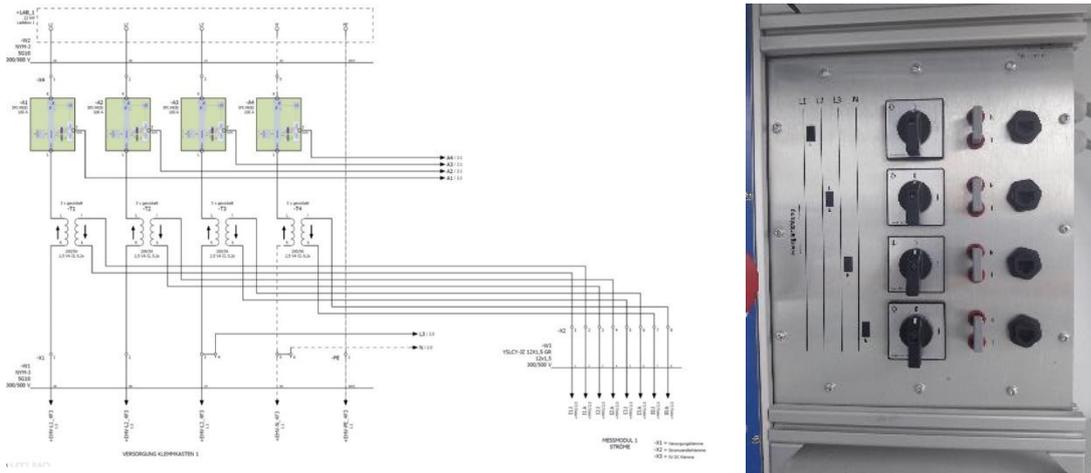


Abbildung 7) Stromlaufplan Zwischenklemmkasten (links) und fertiges Messmodul eines Arbeitsplatzes (rechts)

Messgeräteausstattung des Labors:

- Regelbare Labornetzgeräte
- Digital-Multimeter
- Speicheroszilloskope
- Funktionsgeneratoren
- Leistungsanalytoren
- Power Quality - Analytoren mit Störschreibern
- PC's und Drucker
- Netzwerk und Auswertesoftware



Abbildung 8) Fertiges Messlabor am Tag der Eröffnung am 21.11.2019 (zu sehen 4 Laborarbeitsplätze an der Innen- und 4 E-Ladestationen samt E-Autos an der Außenseite des Labors)

3 Durchgeführte Messungen im Messlabor

Die HTL-Mössingerstraße hat im Zuge des Projekts auch mehrere Musterlaborübungen konzipiert, welche seit der Eröffnung am 21.11.2019 an zwei Nachmittagen pro Woche im Messlabor abgehalten werden. Neben Grundlagen der Messtechnik und der Verwendung des speziellen Messequipments (Oszilloskop, Leistungs- und PQ-Analysatoren) steht hier natürlich das Ladeverhalten und die Netzverträglichkeit von E-Autos im Vordergrund.

Exemplarisch hierfür sind anbei die Aufgabenstellung der Laborübung „Leistungs-/Energiesmessung 1phasig im Vergleich mit der Energieanzeige am Fahrzeugdisplay“ sowie erste Messergebnisse betreffend Ladeverhalten und Netzverträglichkeit von verschiedenen E-Autos aus der Fahrzeugflotte der Kelag angeführt.



Laborübungen
Kelag / HTL-Mössingerstraße
Elektrotechnik

3.3.1 Leistungs-/Energiesmessung 1-phasig im Vergleich mit der Energieanzeige im Fahrzeugdisplay

Name: _____ Datum: 15. Nov. 2019
Laborbetreuer: Untersteiner



Inhaltsverzeichnis

1. Grundlegende Bedienung der Laboreinrichtung	3
2. Einführung/Grundlagen	6
3. Aufgabenstellung	7
4. Messschaltung/Übungsaufbau	8
5. Auswertung	10
Abbildungsverzeichnis	11
Revision Historie	12

Anschlüsse zur Strom-/Spannungsmessung:

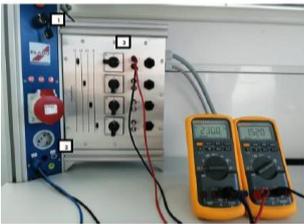


Abbildung 1: Strom-/Spannungsmessung

Die Spannungsvorgang des jeweiligen Messplatzes ist mittels Drehschalter 1 zu aktivieren. Die Spannungen können an den jeweiligen Spannungsbuchsen 2 mittels Messkabel/Messleitungen (U1, U2, U3, Un) gemessen werden. Ströme können mittels Stromwandler mit einem Teilungsverhältnis von 10 nach Wegnahme der Bürde und der Durchschaltung mittels Schalter 3 auf die Stellung 1 gemessen werden. **Achtung!** Wenn kein Strom gemessen wird den Schalter auf Stellung 0 und die Buchsen k und l entsprechend kurtzuschließen. Siehe Abbildung 1: Strom-/Spannungsmessung



Seite 2 von 12 | 123456789101112 | Datum:

Aufgabenstellungsblock „Grundlagen“

- Erklären Sie die Aufgabe und Funktionsweise eines Stromwandler
- Studieren Sie das Datenblatt des Siemens: 4NC5122-2FC21 Stromwandlers
- Berechnen Sie das Übersetzungsverhältnis, wenn Sekundärseite mit 4 Windungen ausgeführt ist
- Erklären Sie die (besondere) Betriebsweise eines Stromwandlers
- Erklären Sie den Unterschied zwischen elektrischer Leistung und Energie
- Was ist der Unterschied zwischen dem Spitzen- und Effektivwert bei einer sinusförmigen Spannung?
- Welchen Spannungs- bzw. Stromwert zeigt das Multimeter der Firma Fluke 87V an?
- Erklären Sie den Unterschied zwischen Schein-, Wirk- und Blindleistung
- Welche Rolle spielt in diesem Zusammenhang der $\cos(\varphi)$?

Aufgabenstellungsblock „Leistungs- und Energiemessung“

- Führen Sie eine Leistungs- und Energiemessung an dem an Ihrer Ladestation angeschlossenen Elektrofahrzeug durch.
- Verwenden Sie dafür 2 Multimeter (Fluke 87V) für die Strom- (I1 und In) und jeweils 1 Multimeter (Fluke 87V) für die Spannungsmessung (U1)
- Führen Sie die Energiemessung in einem Zeitraum von 20min (mittels

Stoppuhr/Handytimer) durch und nehmen Sie bevor Sie die Messung starten den km-Stand im Fahrzeug auf.

- Berechnen und vergleichen Sie in weiterer Folge anhand des Fahrzeugdatenblattes bzw. Herstellerspezifikation die geladene Energiemenge in km und kWh.
- Dokumentieren Sie das Ergebnis inklusive Berechnungen.

Erste Messung an einem BMW i3:

Hersteller/Typ	BMW i3
Baujahr:	2017
Motorart:	Synchronmotor
max. Leistung (Elektromotor):	125 kW (170 PS)
max. Drehmoment:	250 Nm
Getriebeart, serienmäßig:	1-Gang (Automatik)
Beschleunigung, 0–100 km/h:	7,3 sec.
Höchstgeschwindigkeit:	150 km/h
Leergewicht:	1.320 kg
Stromverbrauch auf 100 km, kombiniert:	12,6 kWh (lt. Hersteller)
Stromverbrauch auf 100 km gemessen von der Kelag	26,1 kWh (-3°C)
Reichweite:	300 km (lt. Hersteller)
Akkukapazität:	27,2 kWh
Rekuperationsgewinn auf 100 km	13 km (flach)
Ladedauer AC 11 kW 0%-80% Lt. Hersteller (Typ 2)	2,5 h
Ladedauer AC 11 kW 0%-80% gemessen von der Kelag (Typ 2)	2,5 h
Ladedauer AC 11 kW 80 %-100% gemessen von der Kelag (Typ 2)	1,25 h



derzeit 10 Fahrzeuge im Kelag-Fuhrpark

Ladevarianten



Schuko -> Typ 2

Typ 2

CCS

Abbildung 9) Fahrzeugdaten BMW i3

Messbedingungen und Ergebnisse:

- Ladesäulenleistung: 11kW
- Außentemperatur: -5°C
- Akkuladestand vor Messung: 0%
- Ladung dreiphasig
- Ladedauer von 0% auf 100%: 3,75 Stunden
- Ladedauer von 0% auf 80%: 2,5 Stunden

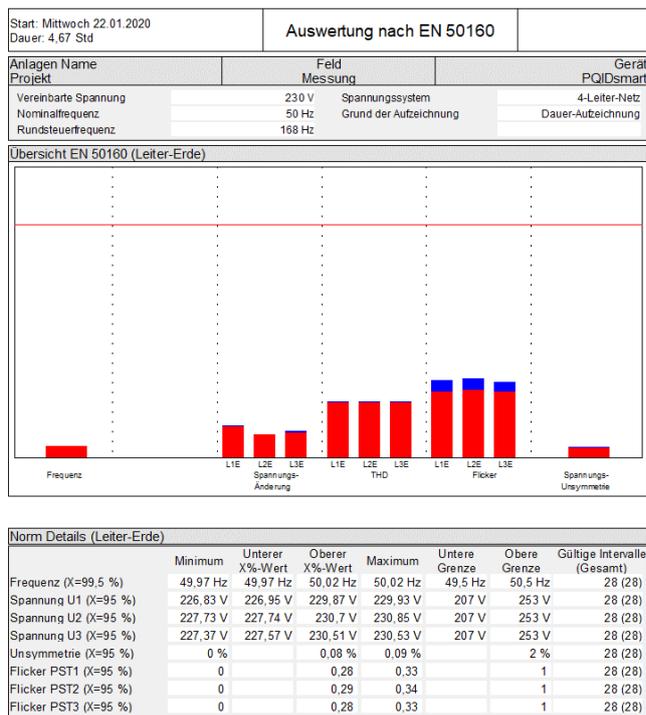


Abbildung 10) EN 50116 Messreport (links) und Ladekurven am Start (rechtes oberes Diagramm) und am Ende (rechtes unteres Diagramm) des Ladevorganges

Erste Messung an einem Renault ZOE:

Hersteller/Typ	Renault / Z.O.E
Baujahr:	2018
Motorart:	Fremd. Drehstrom-Synchron-Elektromotor
max. Leistung (Elektromotor):	65 kW (88 PS)
max. Drehmoment:	220 Nm
Getriebeart, serienmäßig:	1-Gang (Automatik)
Beschleunigung, 0–100 km/h:	13,5 sec.
Höchstgeschwindigkeit:	135 km/h
Leergewicht:	1.555 kg
Stromverbrauch auf 100 km, kombiniert:	13,3 kWh (lt. Hersteller)
Reichweite:	367 km (lt. Hersteller)
Akkukapazität:	41,0 kWh
Ladedauer AC 11 kW 0%-80% Lt. Hersteller (Typ 2)	4,5 h
Ladedauer AC 11 kW 0%-80% gemessen von der Kelag (Typ 2)	3,5 h
Ladedauer AC 11 kW bis 80%-100% gemessen von der Kelag (Typ 2)	2,5 h



derzeit 11 Fahrzeuge im Kelag-Fuhrpark

Ladevarianten



Schuko -> Typ 2



Typ 2

Abbildung 11) Fahrzeugdaten Renault ZOE

Messbedingungen und Ergebnisse:

- Ladesäulenleistung: 11kW
- Außentemperatur: -5°C
- Akkuladestand vor Messung: 0%
- Ladung dreiphasig
- Ladedauer von 0% auf 100%: 6 Stunden
- Ladedauer von 0% auf 80%: 3,5 Stunden

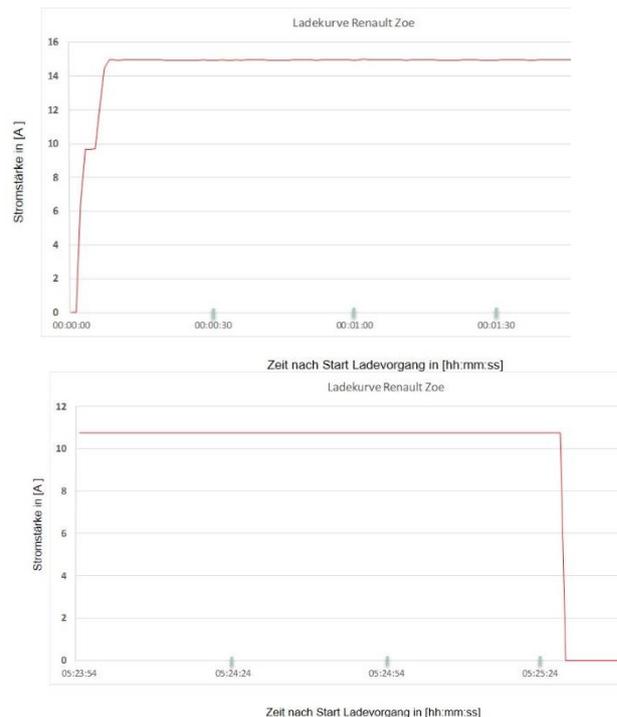
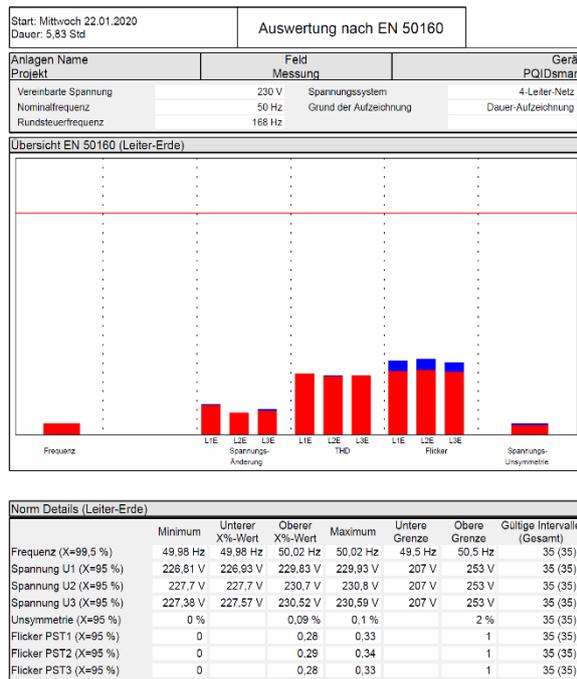


Abbildung 12) EN 50116 Messreport (links) und Ladekurve am Anfang (rechtes oberes Diagramm) und am Ende (rechtes unteres Diagramm) des Ladevorganges

4 Ausblick/nächste Schritte

- Forcierung der Messungen an weiteren E-Autos der Kelag-Flotte und Analyse der Messergebnisse
- Start der Nutzung des Messlabors für elektrische Aggregatsüberprüfungen
- Erweiterung des Labors um einen fünften Messarbeitsplatz (messtechnische Einbindung der E-Ladestation im Innenbereich der KFZ-Werkstätte)
- Konzeption von weiteren Übungen betreffend E-Mobility, E-Messtechnik, PV und Schutztechnik
- Steigerung der Laborausnutzung durch andere Bildungseinrichtungen wie z.B. FH-Kärnten, AHS und Kelag-Lehrlingsschule

5 Zusammenfassung

Mit diesem Kooperationsprojekt von KNG, Kelag und der HTL-Mössingerstraße wird neben einer Effizienzsteigerung bei Durchführung von komplexen, elektrotechnischen Messungen, einer besseren Ausnutzung bestehender Infrastruktur auch ein wesentlicher Beitrag zur technischen Qualifikation der Jugend durch regelmäßige Abhaltung von externen Laborübungen geleistet. Die gewonnenen Messergebnisse stehen dabei allen Projektpartnern zur weiteren Verwendung zur Verfügung. Dieses Projekt ist ein gelungenes Musterbeispiel einer Kooperation von Schule und Wirtschaft, der Vorzeigecharakter und Vorbildwirkung für ganz Österreich haben soll. Gerade mit dem Thema Elektromobilität soll dieses Messlabor im Kelag-Kompetenzzentrum bei der Jugend das Interesse für einen zukunftssträchtigen Industriezweig in Verbindung mit dem Klimaschutzgedanken und der Energiewende geweckt werden.