

Forschungsprojekt ProSafe²

Prüfablauf für Gleichstrom-Ladestationen entwickelt

Eine funktionierende und sichere Ladeinfrastruktur ist die Grundvoraussetzung für den Erfolg der Elektromobilität. Im Rahmen des FFG-geförderten Forschungsprojekts ProSafe² wurde ein Prüfablauf zur wiederkehrenden Prüfung von DC-Ladestationen entwickelt, um deren Sicherheit über die gesamte Betriebsdauer zu gewährleisten. Erkenntnisse aus dem Projekt sind u. a. in die neue Ausgabe der OVE-Richtlinie R 30 eingeflossen.

Ladestationen für Elektrofahrzeuge sind sicher und möglichst energieeffizient zu betreiben. Sie dürfen beim Ladevorgang weder Personen noch Sachgüter gefährden und müssen eine sichere Datenverbindung und korrekte Abrechnung gewährleisten. Gleichstrom-Ladestationen (Direct Current Electric Vehicle Charging Stations, DC-EVCS) mit höheren Ladeleistungen (mehrere 100 kW) gewinnen zunehmend an Bedeutung. Für diese gab es bisher weder entsprechende Richtlinien noch ein standardisiertes Prozedere für eine wiederkehrende Prüfung. Im Zuge des Projekts ProSafe² (**Protection, Safety and Efficiency of Electric Vehicle Charging Stations**) wurde daher ein praxistauglicher Ablauf für eine wiederkehrende Prüfung mit dem Ziel entwickelt, die Funktionalität und elektrische Sicherheit von DC-Ladestationen über die gesamte Betriebsdauer zu gewährleisten.

Empfehlungen in aktualisierter OVE-Richtlinie

Erkenntnisse aus dem Projekt ProSafe² sind bereits in die Weiterentwicklung der OVE-Richtlinie R 30 eingeflossen. Diese enthält Mindestanforderungen und Empfehlungen für den sicheren Betrieb und die wiederkehrende Prüfung von ortsfesten, konduktiven Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge. Die aktualisierte Richtlinie wurde im Dezember 2024 zum Entwurf aufgelegt, soll voraussichtlich im ersten Quartal 2025 erscheinen und enthält neben den bisherigen Empfehlungen zur wiederkeh-

renden Prüfung von Wechselstrom-Ladestationen nun auch solche für Gleichstrom-Ladestationen.

Der Weg zum standardisierten Prüfablauf

Am Beginn des Projekts stand eine intensive Normenrecherche inklusive Gap-Analyse. Zudem wurden DC-Ladestationen unterschiedlicher Hersteller hinsichtlich ihrer Angaben in den jeweils bereitgestellten Dokumenten untersucht. Diese umfassen einerseits die Referenz auf normative Dokumente in Bedienungs- oder Installationsanleitungen, andererseits die Verweise auf (inter)nationale Normen und Standards, z. B. in Konformitätserklärungen.

Test Cases für eine wiederkehrende Prüfung

Auf Basis der Expertise des Projektteams sowie mehrerer Betreiber:innen von DC-Ladeinfrastruktur wurden zunächst mögliche Fehlerszenarien bei DC-Ladestationen eruiert und beschrieben. Besonderes Augenmerk galt dabei möglichen Gefahren, die für Nutzer:innen von DC-EVCS auftreten können und hier vor allem jenen Teilen einer Ladestation, mit denen die Nutzer:innen in direkten Kontakt kommen können, also z. B. die Ladeleitung („Ladekabel“) oder der Ladesteckverbinder („Ladestecker“). Basierend auf diesen Fehlerszenarien wurden unter Berücksichtigung von bzw. in Anlehnung an anwendbare nationale bzw. internationale normative Dokumente wie z. B. OVE E 8101+AC1 oder IEC 61851-23 ED2 spezifische Test Cases (TC) für eine wiederkehrende Prüfung von DC-Ladestationen erarbeitet. Diese sind einerseits in der nachfolgenden Tab. 1 prinzipiell beschrieben, andererseits schematisch in Abb. 1 dargestellt.

Die in Tab. 1 zusammengefassten Test Cases beinhalten jene, die als Teil einer wiederkehrenden Prüfung („WP“) von DC-Ladestationen empfohlen werden sowie ergänzende TCs („add“), durch die im Kontext des gegenständlichen Forschungsprojekts zusätzliche Erkenntnisse gewonnen werden

Autor:innen

Daniel Herbst
(TU Graz)
Cornelia Schaupp
(OVE)
Peter Reichel (OVE)
Martin Fürnschuß
(TU Graz)
Alexander Hinteregger (AIT)
Thomas Stainer
(KS Engineers)
E-Mail:
daniel.herbst@
tugraz.at

Tabelle 1. Übersicht der 16 entwickelten Test Cases für eine wiederkehrende Prüfung von DC-Ladestationen

TC	Bezeichnung	wP/ add	Beschreibung	Prüf-/ Messgerät(e)
1	Sichtkontrollen	wP	Umfangreiche Besichtigung der zu überprüfenden Ladestation auf augenscheinliche Mängel gemäß Checkliste	k. A.
2	Durchgängigkeit PE	wP	Niederohmmessung zwischen unterschiedlichen PE-Kontakten (z. B. PE-Anschlussklemme, CCS-Stecker-PE-Kontakt, Metallgehäuse)	Installationstester
3	Isolationsprüfung Ladeleitung	wP	Isolationsprüfung der Leiter DC+/DC-, DC+/PE und DC-/PE	Installationstester
4	Schleifenimpedanz AC	wP	Messung der Fehlerschleifenimpedanz auf der AC-Seite der DC-Ladestation (L1/2/3-PE)	Installationstester
5	Testladevorgang	wP	Durchführung eines fehlerfreien Testladevorgangs	Prüfgerätedemonstrator
6	Prüfung Isolationsüberwachungsgerät (IMD) (6a-6f)	wP	Simulation von symmetrischen und unsymmetrischen, widerstandsbehafteten Isolationsfehlern vor und während eines Ladevorgangs	Prüfgerätedemonstrator
7	Unterbrechung PE „virtuell“	wP	Unterbrechung des PE-Leiters (zum Ladecontroller) während eines Ladevorgangs	Prüfgerätedemonstrator
8	Widerstand PP	wP	Auslesen des Widerstandswerts aus dem Ladecontroller oder Messung mit Multimeter	Prüfgerätedemonstrator
9	Unterbrechung CP	wP	Unterbrechung des CP-Leiters während eines Ladevorgangs	Prüfgerätedemonstrator
10	Kurzschluss CP/PE	wP	Kurzschluss des CP- und des PE-Leiters während eines Ladevorgangs	Prüfgerätedemonstrator
11	Kurzschluss DC+/DC- vor dem Laden	add	Kurzschluss zwischen DC+ und DC- vor einem Ladevorgang	Prüfgerätedemonstrator
12	Spannungseinbruch DC+/DC- während des Ladens	add	Simulation eines Kurzschlusses zwischen DC+ und DC- während eines Ladevorgangs	Prüfgerätedemonstrator
13	Ladeabbruch durch Kommunikation	wP	Abbruch eines Ladevorgangs mittels der Ladekommunikation	Prüfgerätedemonstrator
14	Überprüfung Not-Aus	wP	Betätigung des Not-Aus-Tasters (wenn vorhanden) während eines Ladevorgangs	Prüfgerätedemonstrator
15	Ladeenergie DC	add	Messung der DC-Ladeenergie während eines Ladevorgangs über eine bestimmte Ladedauer	Prüfgerätedemonstrator und Mehrkanal-Messsystem
16	Ladeenergie AC und PQ	add	Messung der eingangsseitigen AC-Energie während eines Ladevorgangs über eine bestimmte Ladedauer samt Analyse von Netzurückwirkungen (z. B. THD _U); Analyse der Energieeffizienz in Verbindung mit TC 15 („Ladeenergie DC“)	Prüfgerätedemonstrator und Mehrkanal-Messsystem

sollen. Die Test Cases sind mehrheitlich so konzipiert, dass diese ausschließlich mit dem im Zuge von ProSafe² entwickelten Prüfgerätedemonstrator durchführbar sind. Für einige wird zusätzlich ein entsprechendes Mehrkanal-Messsystem zur Messung von weiteren Strömen und Spannungen oder ein Installationstester (Schutzmaßnahmen-Prüfgerät gemäß der OVE EN IEC 61557 Reihe) benötigt.

Labor- und Feldtests mit dem Prüfgerätedemonstrator

Der im Zuge des Projekts entwickelte Prüfgerätedemonstrator wurde entsprechend der erarbeiteten möglichen Fehler-

szenarien sowie der darauf aufbauenden Test Cases und daraus gewonnener Erkenntnisse laufend adaptiert und erweitert, etwa durch die Integration geeigneter Mess- und Kommunikationstechnik sowie zusätzliches Equipment für die Umsetzung der spezifizierten Fehlerfälle.

Im Forschungsjahr zwei wurden im Zuge von Labor- und Feldtests fünf unterschiedliche Fabrikate von DC-Ladestationen mithilfe des Prüfgerätedemonstrators untersucht; die entsprechenden Ergebnisse sind in Tab. 2 zusammengestellt. Zunächst kann festgestellt werden, dass keine der untersuchten DC-Ladestationen wesentliche Mängel aufwies. Die

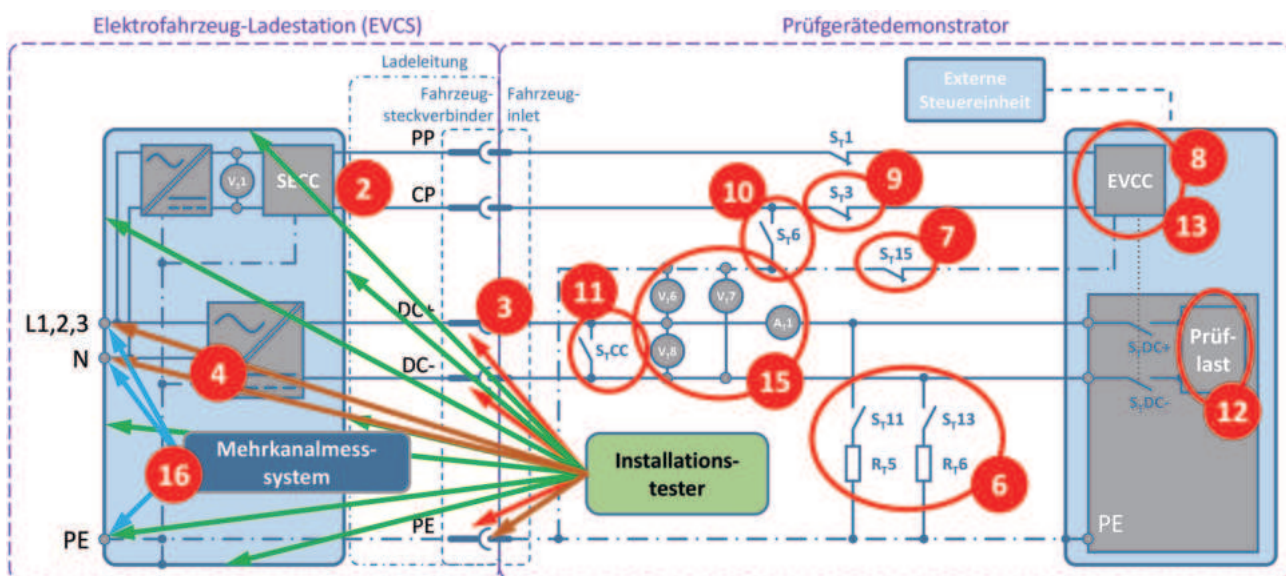


Abb. 1. Schematische Darstellung einer DC-Elektrofahrzeug-Ladestation (l) sowie des ProSafE²-Prüfgerätedemonstrators (r.) mit den Nummern der Test Cases (in den roten Kreisen)

getesteten DC-Ladestationen erfüllten grundsätzlich die gemäß Herstellerangaben für die zum Zeitpunkt der Inverkehrbringung gültige ÖVE/ÖNORM EN 61851-23 ED1. Im Sinne des Forschungscharakters des Projekts wurden die Ladestationen ebenso gemäß der seit 13.12.2023 geltenden Norm IEC 61851-23 ED2 getestet. Die entsprechenden Ergebnisse dazu sind in der nachstehenden Tab. 2 durch graue Einträge gekennzeichnet.

Weiters konnten im Zuge der durchgeführten Labor- und Feldtests folgende Aspekte festgestellt bzw. Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Je nach Test Case ist bei manchen Ladestationen ein Zugang zur bzw. in die DC-Ladestation erforderlich, um einen Hard-Reset resp. Reboot durchführen zu können;

- Interoperabilität: punktuell auftretende unterschiedliche Herausforderungen bzw. Probleme bei der Kommunikation zwischen Prüfgerätedemonstrator und jeweiliger Ladestation (Ladekommunikation);
- Ein Labor- bzw. Feldtest hat inkl. Anfahrt, Auf- und Abbau sowie Abarbeiten der Test Cases (exkl. nachträglicher Auswertung der Prüf- bzw. Messergebnisse) jeweils rd. einen Tag in Anspruch genommen. Der Aufwand für eine tatsächliche wiederkehrende Prüfung einer DC-Ladestation (exkl. Aufbereitung des Prüfberichts sowie An- und Rückreise) wird aus heutiger Sicht mit rd. 1,5 – 2,0 Stunden geschätzt.¹
- Die DC-Ladestationen reagieren teilweise unterschiedlich bei einzelnen Test Cases/Fehlerfällen. Beispielsweise zeigten die untersuchten Ladestationen bei der Prüfung



Abb. 2. Prüfumgebung eines ProSafE²-Feldtests, Juli 2024

¹ Schätzung auf Basis der Erfahrungen des Projektteams mit bereits erhaltenen, einfachen und mobilen Testgeräten für DC-Ladestationen

Tabelle 2. Zusammenfassung der Ergebnisse der Labor- und Feldtests

TC	Bezeichnung	wP/ add	Getestete Ladestationen					(normativer) Verweis	
			20 %	40 %	60 %	80 %	100 %		
1	Sichtkontrollen	wP	OK					OVE-Richtlinie R 30 ED2	
2	Durchgängigkeit PE	wP	OK					ÖVE/ÖNORM EN 61851-23 ED1	
3	Isolationsprüfung Ladeleitung	wP	OK		k. A.			OVE E 8101:2019+AC:2020	
4	Schleifenimpedanz AC	wP	OK					OVE E 8101:2019+AC:2020	
5	Testladevorgang	wP	OK					OVE EN IEC 61851-1	
6a	Prüfung IMD DC+/PE/DC- (symm.) vor dem Laden	wP	OK			NOK		IEC 61851-23 ED2	
			OK			k. A.		ÖVE/ÖNORM EN 61851-23 ED1	
6b	Prüfung IMD DC+/PE vor dem Laden	wP	OK	NOK*	NOK			IEC 61851-23 ED2	
			OK			NOK		ÖVE/ÖNORM EN 61851-23 ED1	
6c	Prüfung IMD DC-/PE vor dem Laden	wP	OK	NOK*	NOK			IEC 61851-23 ED2	
			OK			NOK		ÖVE/ÖNORM EN 61851-23 ED1	
6d	Prüfung IMD DC+/PE/DC- (symm.) während des Ladens	wP	OK			NOK		IEC 61851-23 ED2	
			OK			k. A.		ÖVE/ÖNORM EN 61851-23 ED1	
6e	Prüfung IMD DC+/PE während des Ladens	wP	OK		NOK*	NOK		IEC 61851-23 ED2	
			OK			NOK		ÖVE/ÖNORM EN 61851-23 ED1	
6f	Prüfung IMD DC-/PE während des Ladens	wP	OK		NOK*	NOK		IEC 61851-23 ED2	
			OK			NOK		ÖVE/ÖNORM EN 61851-23 ED1	
7	Unterbrechung PE „virtuell“	wP	OK	NOK*			NOK		IEC 61851-23 ED2
			OK			k. A.		ÖVE/ÖNORM EN 61851-23 ED1	
8	Widerstand PP	wP	OK					IEC 61851-23 ED2	
9	Unterbrechung CP	wP	OK	NOK*			IEC 61851-23 ED2		
			OK	NOK*			ÖVE/ÖNORM EN 61851-23 ED1		
10	Kurzschluss CP/PE	wP	OK	NOK*			IEC 61851-23 ED2		
			OK	NOK*			Vergl. ÖVE/ÖNORM EN 61851-23 ED1		
11	Kurzschluss DC+/DC- vor dem Laden	add	OK			k. A.		IEC 61851-23 ED2	
			k. A.					ÖVE/ÖNORM EN 61851-23 ED1	
12	Spannungseinbruch DC+/DC- während des Ladens	add	nicht anwendbar			k. A.		ProSafe ² -Definition (nicht normativ)	
13	Ladeabbruch durch Kommunikation	wP	OK	NOK*			k. A.		IEC 61851-23 ED2
			OK			k. A.		ÖVE/ÖNORM EN 61851-23 ED1	
14	Überprüfung Not-Aus	wP	OK		k. A.			IEC 61851-23 ED2	
			OK		k. A.			ÖVE/ÖNORM EN 61851-23 ED1	
15	Ladeenergie DC	add	OK			k. A.		ProSafe ² -Definition	
16	Ladeenergie AC und PQ	add	OK			k. A.		Messung Ladeenergie AC (im Zuge von TC 15)	
			OK			k. A.		ÖVE/ÖNORM EN 61000-3-12:2012, IEC 61000-2-4:2024 und OVE EN 50160:2020; sinngemäß: TOR D1 V2.0 u. TOR D2 V2.4	

wP ... vorgeschlagener Test Case für eine wiederkehrende Prüfung

add ... ergänzender Test Case im Kontext des Forschungsprojekts ProSafe²

k. A. ... Der Test Case konnte aus unterschiedlichen Gründen nicht durchgeführt oder nicht bewertet werden.

OK ... Die DC-EVCS hat den Test Case entsprechend den (normativen) Kriterien/Limits/Grenzwerten bestanden.

NOK ... Die DC-EVCS hat den Test Case entsprechend den (normativen) Kriterien/Limits/Grenzwerten nicht bestanden.

NOK* ... Die DC-EVCS hat den Test Case entsprechend den (normativen) Kriterien/Limits/Grenzwerten nicht bestanden, jedoch wurde zumindest abgeschaltet.

Anmerkung: Graue Einträge weisen auf eine Bewertung gemäß IEC 61851-23 ED2 und haben für eine Bewertung nach ÖVE/ÖNORM EN 61851-23 ED1 keine Gültigkeit.

der Isolationsüberwachungseinrichtung (IMD, TC 6) mit den entsprechenden sechs Subvarianten (DC+/DC-/PE symmetrisch/unsymmetrisch vor bzw. während des Ladevorgangs) teils erheblich unterschiedliches Verhalten. Eine der getesteten DC-Ladestationen wies dabei Defizite in Hinblick auf die Erkennung von sämtlichen unsymmetrischen Fehlerfällen (DC+/PE sowie DC-PE jeweils vor und während eines Ladevorgangs) auf.

- Je nach Aufbau einer Ladestation befindet sich ein ggfs. vorhandenes IMD (bzw. eine anderweitige Isolationsüberwachungseinrichtung) an unterschiedlichen Positionen, wodurch zwei Aspekte zu beachten sind:
 - o Wenn sich das IMD ladestationsseitig vor dem DC-Ausgangsschutz der DC-Ladestation befindet, ist dieses nicht in der Lage, einen Isolationsfehler der Ladeleitung vor dem Zuschalten des ausgangsseitigen Schützes zu detektieren. (Test Cases 6a, 6b und 6c)
 - o Ist das IMD jedoch ladestationsseitig nach dem Schütz positioniert, ist keine unbeeinflusste Isolationsprüfung der Ladeleitung möglich. (Test Case 3)
- Im Zuge der Auswertung der Labor- bzw. Feldtests wurde festgestellt, dass einige Ladestationen hinsichtlich verschiedener Test Cases bereits die neue Produktnorm für DC-Ladestationen (IEC 61851-23 ED2) erfüllen, obwohl zum Zeitpunkt der Inverkehrbringung ausschließlich ÖVE/ÖNORM EN 61851-23 ED1 galt.
- Auffällig war, dass die Mehrheit der Ladestationen die Test Cases 9 (Unterbrechung CP) und 10 (Kurzschluss CP/PE) im Hinblick auf die spezifizierten Abschaltzeiten nicht vollständig bestanden haben. Dies bedeutet, dass der jeweilige Ladevorgang zwar nach dem Auftreten des Fehlers abgebrochen wird, aber nicht in der normativ vorgegebenen Zeit.
- Auf den im Forschungskontext des Projekts zusätzlich entwickelten Test Case TC 12 (emulierter Kurzschluss durch Spannungseinsenkung während eines Ladevorgangs, Projektdefinition, nicht normativ) hat keine der getesteten DC-Ladestationen reagiert, wonach in Folge der jeweiligen Ladevorgang nicht abgebrochen wurde.
- Jene Test Cases, die einen aktiven Ladevorgang voraussetzen und/oder einen Abbruch des Ladevorgangs initiieren sollen (TCs 5, 6d-f, 7, 9, 10, 12, 13, 14), wurden bei unterschiedlichen Arbeitspunkten (bzw. Ladeleistungen) mit minimalem und maximalem DC-Ladestrom durchgeführt. Dabei zeigte sich kein unterschiedliches Verhalten der einzelnen DC-Ladestationen.

Aus den Test Cases und den Erfahrungen bzw. Erkenntnissen der Labor- und Feldtests konnte schließlich ein Prüfablauf für die wiederkehrende Prüfung abgeleitet werden, welcher in die Entwicklung der neuen Ausgabe der OVE-Richtlinie R 30 eingeflossen ist. Ein besonderes Augenmerk galt dabei auch der Energieeffizienz sowie den Netzrückwirkungen von DC-Ladestationen. Entsprechende Messungen wurden dafür im Zuge der Test Cases 15 und 16 durchgeführt. Die nachfolgende Abb. 3 zeigt die gemessenen Wirkungsgrade bei Teilleistungen der Ladestationen. Es ist erwähnenswert, dass DC-Ladestation 1 bei einem Test mehr Leistung als die angegebene Nennleistung liefern konnte, weshalb eine Messung bei mehr als 100 % der jeweiligen Nennleistung stattgefunden hat. Generell stiegen die Wirkungsgrade erwartungsgemäß mit zunehmender Leistung an.

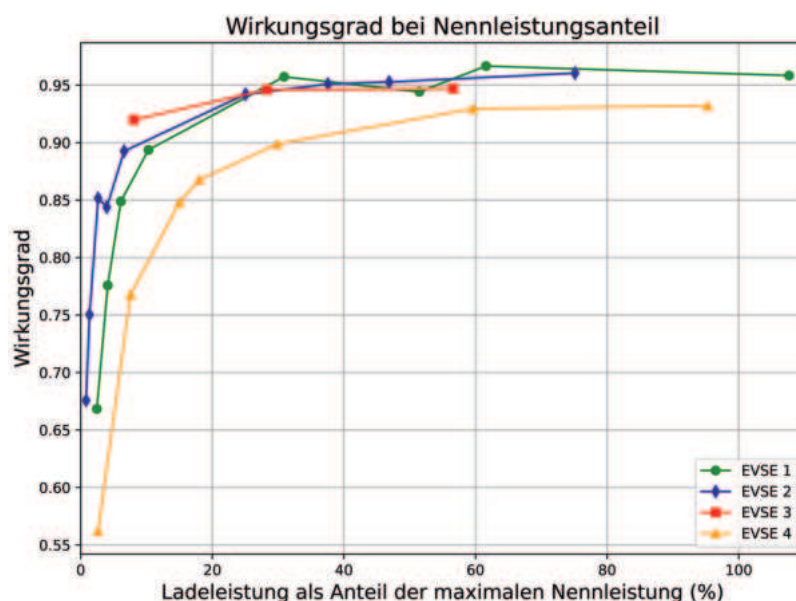


Abb. 3. Wirkungsgrad bei Anteil der maximalen Nennleistung

Stakeholder-Workshops mit reger Beteiligung

Während der gesamten Projektlaufzeit wurde die Branche regelmäßig aktiv in das Forschungsprojekt eingebunden. Dies geschah anhand von insgesamt vier Stakeholder-Workshops, an denen Vertreter:innen von Herstellern und Betreibern von DC-Ladestationen, der Messtechnikbranche und Behörden teilnahmen. Dabei diskutierte das Projektteam Fragen zu Anforderungen der unterschiedlichen Stakeholder an DC-Ladestationen, bereits gewonnene Erfahrungen aus der Praxis und welche Prüfintervalle als sinnvoll erachtet werden.

Bereits der erste Stakeholder-Workshop im Oktober 2022 in Graz stieß mit rd. 50 Teilnehmenden auf reges Interesse. Das Forschungsteam präsentierte die wesentlichen Projektinhalte und diskutierte mit den Branchenvertreter:innen offene Fragen, etwa zu Praxiserfahrungen bei der Prüfung von DC-Ladestationen und zur notwendigen Periodizität von wiederkehrenden Prüfungen.



Abb. 4. Gut besuchte Stakeholder-Workshops brachten intensiven Austausch mit der Branche (l.: Wien, 22.03.2023; r.: Graz, 14.03.2024).

Bei einem zweiten Stakeholder-Workshop im März 2023 in Wien wurde über den aktuellen Zwischenstand des Projekts und die bisherigen Erkenntnisse informiert. Zudem wurde der Workshop genutzt, um die Teilnehmer:innen über ihre Meinung zu spezifischen Themen betreffend Ausgestaltung der Ladeinfrastruktur und zu einzelnen Zielen des Projekts ProSafe² zu befragen.

Ein Überblick über das zurückliegende Forschungsjahr 1 und ein Ausblick auf das Forschungsjahr 2 standen beim dritten Stakeholder-Workshop im Oktober 2023 in Klagenfurt im Fokus. Das Projektteam stellte die Test Cases für die wiederkehrende Prüfung von DC-Ladestationen vor und holte die Meinung der Teilnehmer:innen dazu ein. Zudem konnte der Prüfgerätedemonstrator besichtigt werden.

Auch beim vierten und letzten Stakeholder-Workshop im März 2024 in Graz hielt das große Interesse der Branche an: Rd. 60 Interessierte informierten sich über den aktuellen Projektstatus. Die Teilnehmer:innen erhielten Einblicke in die bereits stattgefundenen Feldtests und deren Ergebnisse sowie einen Ausblick auf die Überarbeitung der OVE-Richtlinie R 30.

Als Nachfolgeveranstaltung aus den vier sehr erfolgreichen ProSafe²-Stakeholder-Workshops hat sich mittlerweile die Veranstaltungsreihe der OVE-Mobility-Workshops etabliert, welche aktuelle Fragestellungen der Branche zu sämtlichen Themenfeldern der Elektromobilität bzw. der dafür erforderlichen Ladeinfrastruktur in einem halbtägigen, halbjährlich stattfindenden interaktiven Format bedient.

Information auf zahlreichen Kanälen

Nicht nur im Rahmen von Workshops wurde die Branche aktiv in das Projekt ProSafe² mit einbezogen, auch auf regelmäßige Information wurde viel Wert gelegt. Über die gesamte Projektlaufzeit wurden die Erkenntnisse aus dem Projekt in Vorträgen, Präsentationen, Poster-Sessions und Papers bei nationalen sowie internationalen Fachtagungen bzw. Kongressen präsentiert. Zusätzlich gab es zahlreiche Berichte

zum Projektverlauf in diversen Fachmedien sowie online auf der Website des OVE und in den Sozialen Medien.

Das gesamte Projektteam bedankt sich bei der FFG für die gewährte Förderung und den Branchenpartnern für die breite Unterstützung sowie die gute Zusammenarbeit!

Sie haben noch Fragen zu ProSafe²? Wenden Sie sich gerne an uns:

Projektleiter:

Peter Reichel, p.reichel@ove.at

Technischer Projektkoordinator:

Daniel Herbst, daniel.herbst@tugraz.at

Referenzen

- OVE EN IEC 61557 Reihe, Elektrische Sicherheit in Niederspannungsnetzen bis AC 1 000 V und DC 1 500 V – Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutzmaßnahmen, OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik bzw. IEC International Electrotechnical Commission, Wien bzw. Genf/CH.
- TOR Teil D: Besondere technische Regeln – Hauptabschnitt D1: Netzzurückwirkungsrelevante elektrische Betriebsmittel (Version 2.0), Wien: E-Control, 2004-07-01.
- ÖVE/ÖNORM EN 61000-3-12:2012-07-01, Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 3-12: Grenzwerte – Grenzwerte für Oberschwingungsströme, verursacht von Geräten und Einrichtungen mit einem Eingangsstrom > 16 A und ≤ 75 A je Leiter, die zum Anschluss an öffentliche Niederspannungsnetze vorgesehen sind (IEC 61000-3-12:2011), OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik, Wien, 2012.
- ÖVE/ÖNORM EN 61851-23:2014 + OVE EN 61851 23/AC:2016 (ED1): Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge – Teil 23: Gleichstromladestationen für Elektrofahrzeuge, OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik, Wien, 2014/2016.
- TOR Teil D: Besondere technische Regeln – Hauptabschnitt D2: Richtlinie zur Beurteilung von Netzzurückwirkungen (Version 2.4), Wien: E-Control, 2017-11-01.
- OVE EN IEC 61851-1:2020-01-01, Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge – Teil 1: Allgemeine Anforderungen, OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik, Wien, 2020.
- OVE E 8101:2019 + AC1:2020 – Elektrische Niederspannungsanlagen (konsolidierte Version), OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik, Wien, 01.05.2020.

- OVE-Richtlinie R 30:2020-08-01 (ED1) – Sicherer Betrieb von elektrischen, leitfähigen Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge mit einer Nennspannung bis AC 1 000 V und DC 1 500 V, OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik, Wien, 2020.
- OVE EN 50160:2020-12-01, Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen, OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik, Wien, 2020.
- IEC 61851-23:2023-12-13 (ED2): Electric vehicle conductive charging system – Part 23: DC electric vehicle supply equipment, IEC International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland, 2023.
- IEC 61000-2-4:2024-07-25 Ed. 3.0 – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-4: Environment – Compatibility levels in power distribution systems in industrial locations for low-frequency conducted disturbances, Geneva, Switzerland: IEC International Electrotechnical Commission, 2024.
- ENTWURF OVE-Richtlinie R 30:2024-12-15 (ED2) – Sicherer Betrieb und wiederkehrende Prüfung von elektrischen, leitfähigen Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge mit einer Nennspannung bis AC 1 000 V und DC 1 500 V, OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik, Wien, 2024.
- Herbst, D., Fürnschuß, M., Reichel, P., Lehfuß, F., Stainer, T. & Schmautzer, E., Challenges and related Solutions for Periodic Verification of DC Electric Vehicle Charging Stations, 25.03.2022, Paper und Poster, CIREC Porto Workshop 2022. The Institution of Engineering and Technology – IET Conference Proceedings, S. 113-117, 2022.
- Braunstein, R., Vopava-Wrienz, J., Netztechnische Aspekte der E-Mobilität aus Forschung und Praxis, Präsentation, OVE-Energietechnik-Tagung 2022, Graz, 19.-20.10. 2022.
- Herbst, D., Schaupp, C., Fürnschuß, M., Reichel, P., Lehfuß, F. & Stainer, T., Projekt ProSafe² & Erstes Forschungsjahr erfolgreich abgeschlossen, Veröffentlichungsschrift FJ 1, e+i elektrotechnik und informationstechnik, Heft 3-4/23, Springer-Verlag, OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik, Wien, 2023.
- Herbst, D., Fürnschuß, M., Schürhuber, R., Reichel, P., Lehfuß, F., Auer, C. & Schmautzer, E., DC Electric Vehicle Charging Infrastructure – Methods for periodic verification, Paper und Poster, CIREC 2023: 27th International Conference & Exhibition on Electricity Distribution & Rome, Italy, The Institution of Engineering and Technology – IET Conference Proceedings, 599-603, 2023.
- Fürnschuß, M., Herbst, D., Reichel, P., Stahleder, D., Auer, C., Schmautzer, E. & Schürhuber, R., Electromagnetic interference and the effect of low voltage protective measures at electric vehicle charging stations, Paper, e+i elektrotechnik und informationstechnik, Heft 7-8/23, Springer-Verlag, OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik, Wien, 2023.
- Stahleder, D., Herbst, D., Fürnschuß, M., Schürhuber, R., Reichel, P., Stainer, T., Auer, C. & Schmautzer, E., Wiederkehrende Kontrolle und Überprüfung von DC-Ladestationen für Elektrofahrzeuge, Poster bei Messestand, Österreichs Energie E-Mobilitätstage 2023, Wien, 04.-05.10.2023.
- Herbst, D., Fürnschuß, M., Schürhuber, R., Reichel, P., Stahleder, D., Auer, C. & Schmautzer, E., DC Electric Vehicle Charging Stations – A Periodic Verification Approach, Paper und Vortrag, EVS37 2024: 37th Electric Vehicle Symposium – Seoul, Südkorea, 2024.
- Herbst, D., Fürnschuß, M., Schürhuber, R., Reichel, P., Stahleder, D., Auer, C. & Schmautzer, E., DC-Elektrofahrzeug-Ladestationen – Sicherer Betrieb und wiederkehrende Überprüfung, Vortrag, 16. Wissenschaftsforum Mobilität – New Players in Mobility, Duisburg, Deutschland, 2024.
- Herbst, D., Fürnschuß, M., Schürhuber, R., Reichel, P., Stahleder, D., Auer, C. & Schmautzer, E., ProSafe² – Ergebnisse der In-Feld-Prüfungen für den elektrotechnisch sicheren Betrieb von DC-Ladestationen, Poster, OVE-Energietechnik-Tagung 2024, Salzburg, 2024.
- Geplant, Abstract angenommen, Paper eingereicht: Hinteregger, A., Stahleder, D., Ledinger, S., Herbst, D., Fürnschuß, M., Stainer, T. & Reichel, P., Periodic Verification of DC EVCS: Results of the ProSafe² (Protection, Safety and Efficiency of Electric Vehicle Charging Stations) Research Project, CIREC 2025, Genf, Schweiz, 16.-19.06.2025.

Auf einen Blick: Projektpartner + Fördergeber

Das Projekt ProSafe² wurde vom OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik gemeinsam mit dem AIT Austrian Institute of Technology, dem Institut für Elektrische Anlagen und Netze der TU Graz sowie KS Engineers initiiert und aus Mitteln der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft mbh (FFG) über Collective Research gefördert.

Unterstützt wurde es von den Branchenpartnern Energienetze Steiermark GmbH, KELAG – Kärntner Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, TÜV Austria Services GmbH und Wien Energie GmbH.