



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Energieforschung und Cleantech

Schlussbericht vom 20.12.2019

IEA HEV TCP TASK 26





Datum: 20. Dezember 2019

Ort: Bern

Auftraggeberin:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Mobilität
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch
energieforschung@bfe.admin.ch

Auftragnehmer/in:

NTB Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs
Werdenbergstrasse 4, CH-9471 Buchs SG
www.ntb.ch

Autor/in:

Simon Nigsch, NTB, simon.nigsch@ntb.ch
Kurt Schenk, NTB, kurt.schenk@ntb.ch

BFE-Bereichsleitung:	Martin Pulfer, martin.pulfer@bfe.admin.ch
BFE-Programmleitung:	Martin Pulfer, martin.pulfer@bfe.admin.ch
BFE-Vertragsnummer:	SI/501544-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.



Zusammenfassung

Innerhalb des IEA Technical Collaboration Programs TCP zu Bereich HEV (Hybrid and Electric Vehicles) befasst sich der Task 26 mit Wireless Power Transfer (WPT) für Elektrofahrzeuge. Dieser Task startete im Jahr 2014 und endete im Jahr 2019. Insgesamt wurden zehn Meetings durchgeführt. Drei davon fanden in Nordamerika, eines in Asien und sechs in Europa statt. Das Institut für Energiesysteme (IES), der NTB, vertritt seit 2018 die Schweiz und kann so eigene Erfahrungen aus dem Bereich der innovativen Ladetechnologie und in diesem Fall der induktiven Energieübertragung einbringen. Die Forschungsergebnisse der teilnehmenden Länder sollen ein besseres Verständnis der Technologie und der Interoperabilität zwischen den Systemen zur Folge haben. Diese Aufgabe umfasst eine Untersuchung länderspezifischer Standards, technischer Ansätze, die Beeinflussung des Stromnetzes, Regulierungsrichtlinien und Sicherheitsrichtlinien für das induktive Laden. Über die Teilnahme und das Mitwirken an diesen Workshops findet ein breiter und wertvoller Erfahrungsaustausch statt.

Summary

Within the IEA-HEV (Hybrid and Electric Vehicles) technical collaboration program, Task 26 deals with wireless power transfer (WPT) for electric vehicles. This task started in 2014 and ends in 2019. A total of ten meetings have been held. Three of them took place in North America, one in Asia and six in Europe. The Institute for Energy Systems (IES) at the NTB represents Switzerland and thus, can contribute with its own experience in the field of innovative charging technologies. The research results of the participating countries and institutions provide a better understanding of the technology and interoperability between the systems. This task includes a study of country-specific standards, technical approaches, power grid influences, regulatory and safety guidelines for inductive charging systems. Participation in these workshops enables a broad exchange of experiences.





Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Summary	3
Inhaltsverzeichnis	5
Abstract	6
1 Projektziele	6
2 Zeitplan	7
3 Ergebnisse des Task 26	8
3.1 Erkenntnisse aus den Meetings	8
3.2 Zusammenfassung der Ergebnisse	8
4 Bewertung und Ausblick	9
4.1 Induktive Energieübertragung in der Schweiz	9
4.2 Teilnahme am Task 26	10
5 Referenzen	11



Abstract

Der Task 26 des IEA Hybrid and Electrical Vehicles Technical Collaboration Programs IEA-HEV TCP befasst sich mit dem Thema „Wireless Power Transfer for EVs“. Der Task startete im Herbst 2014, und endete im Sommer 2019. Jährlich wurden zwei Workshops durchgeführt, wobei sich jeder Workshop auf eine bestimmte Thematik des drahtlosen Ladens konzentrierte. Da das Thema der induktiven Ladetechnologie für das Laden der Batterien von Elektrofahrzeugen auf Parkplätzen, Strassen oder Garagen aktuell sehr präsent ist, hat die Schweiz ein Interesse an den Resultaten aus diesem Task.

Seit 2018 vertritt das Institut für Energiesysteme (IES) der NTB die Schweiz in diesem Task und kann so eigene Erfahrungen aus dem Bereich der innovativen Ladetechnologie, in diesem Fall der induktiven Energieübertragung, einbringen. Durch die Teilnahme und das Mitwirken an diesen Workshops findet ein breiter Erfahrungsaustausch statt. Die geknüpften Kontakte und der damit verbundene Zugang zu Know-How unterstützen die eigenen Forschungsanstrengungen im Bereich innovativer Ladetechnologien. Weitere Forschungsaktivitäten können auch bei anderen Universitäten verfolgt werden. Da die Themen rund um das induktive Laden noch recht jung sind, halten sich noch viele Automobilhersteller sowie Zulieferer bedeckt über ihre aktuellen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf diesem Gebiet.

In diesem Schlussbericht werden die aktuellen Erkenntnisse aus diesem Task kurz zusammengefasst und weiterführende Information bezugnehmend auf die Schweiz zu diesem Themengebiet dargelegt.

1 Projektziele

Der Task 26 befasste sich ausschliesslich mit der induktiven Ladetechnologie (Wireless Power Transfer WPT) für das Laden der Batterien von Elektrofahrzeugen. Die Forschungsergebnisse der teilnehmenden Länder sollen dabei zu einem besseren Verständnis über Technologie und Interoperabilität zwischen den Systemen beitragen. Diese Aufgabe umfasst die Untersuchung länderspezifischer Standards, technischer Ansätze, der Beeinflussung des Stromnetzes und Regulierungs- und Sicherheitsrichtlinien für das induktive Laden. Im vorliegenden Task wurden folgende Themen im Detail bearbeitet:

- Finden und Bearbeiten der Herausforderungen dieser Ladetechnologie für unterschiedliche Länder und Märkte, sowie finden von Implementierungsansätzen und Anforderungen für die WPT-Technologien.
- Vergleich der aktuellen WPT-Technologieentwicklung und Berücksichtigung von Interoperabilitätsproblemen sowohl für statische als auch für dynamische Systeme.
- Katalogisieren und Vergleichen von länderspezifischen Standards (JARi, SAE, ISO / IEC) in Bereichen wie Energieübertragung, Übertragungsfrequenz, Positionierung des Fahrzeugs, Datensicherheit und Kommunikation sowie Fremd- und Lebkörpererkennung.
- Sicherheitsprobleme und Herausforderungen, welche aufgrund der nicht idealen Ausrichtung des Fahrzeugs zum Ladepad, elektromagnetischer Störfelder oder auch Fremdkörper auftreten können.
- Einfluss auf das Stromverteilungsnetz der unterschiedlichen Ladetechnologien mit höherer Ladeleistung.



2 Zeitplan

Übersicht über die durchgeführten Workshops mit den jeweiligen Themenbereichen.

Meeting #	Datum	Meeting Fokus	Ort
Meeting 1	Herbst 2014	Task Planung	Vancouver, Canada
Meeting 2	Sommer 2015	Anwendungen	Seoul, Korea
Meeting 3	Herbst 2015	Leistungsklassen	Göteborg, Schweden
Meeting 4	Frühjahr 2016	Interoperabilität	Rotterdam, Niederlande
Meeting 5	Herbst 2016	Sicherheit	Knoxville, USA
Meeting 6	Frühjahr 2017	Installationen und Ausrichtung	Versailles, Frankreich
Meeting 7	Winter 2018	Netzbeeinflussung, Bidirektionalität	Newcastle, Grossbritannien
Meeting 8	Sommer 2018	Dynamisches Laden	Turin, Italien
Meeting 9	Herbst 2018	Allgemeines zu WPT	Detroit, USA
Meeting 10	Sommer 2019	Task Report	London, Grossbritannien



3 Ergebnisse des Task 26

3.1 Erkenntnisse aus den Meetings

Die Technologie des induktiven Ladens verbessert die Funktionalität und den Komfort der Elektromobilität. Dieses neuartige Ladekonzept für Elektrofahrzeuge kann die Akzeptanz zum Umstieg von einem Verbrennungsmotor weiter erhöhen. Ausserdem eröffnet dies die Möglichkeit die Reichweite der Autos zu erhöhen, Gewicht und Batteriekosten einzusparen und hat somit auch einen wesentlichen Einfluss in die Fahrzeugarchitektur.

Obwohl statische WPT-Ladesysteme (für geparkte Fahrzeuge) mittlerweile in begrenzter Anzahl im Handel erhältlich sind, wurden auch bereits dynamische Ladesysteme (Laden der Batterie während der Fahrt) demonstriert. Weitere aktuelle Forschungsaktivitäten finden vorwiegend bei induktiven Schnellladesystemen im Bereich bis 250 kW statt. Dies wird vor allem für das «Fast Charging» und das Geschäftsmodell für Nutzfahrzeuge Einfluss nehmen. Angesichts dieser hohen Leistungen und natürlich den stetigen Anstieg an kommerziellen WPT-Anwendungen wurde auch die Auswirkung auf das Stromnetz sowie die Verwendung des Elektroautos als Batteriespeicher untersucht. In diesem Bereich wird in Zukunft noch viel Forschungsarbeit notwendig sein.

Das Fehlen von Normen schränkt die Kommerzialisierung der induktiven Ladeinfrastruktur ein. Viele Hersteller zögern noch mit der Entwicklung ihrer Produkte bis Richtlinien definiert werden, welches die Interoperabilität zwischen den einzelnen Systemen bzw. auch Autos sicherstellt. Nichtsdestotrotz nehmen Forschung und Entwicklung in den Gebieten «Fast Charging», V2G und dynamische WPT zu, da diese Systeme zusätzliche Einsatzmöglichkeiten im Bereich der kommerziellen Elektro- und autonomen Fahrzeugen bieten. Die zahlreichen Sicherheits- und Interoperabilitätsanforderungen erschweren die Arbeit für Technologieentwickler, da die Betriebsfrequenzen, Spezifikationen und Leistungsstufen je nach Fahrzeugkategorie variieren können. Induktive Ladesysteme erfordern von Natur aus eine drahtlose Kommunikation, um die Energieübertragung zu gewährleisten. Aus diesem Grund werden Protokolle und Normen für Cybersicherheit und Kommunikation benötigt, welche bis anhin noch nicht definiert sind.

Aus den Meetings und Gesprächen mit unterschiedlichen Organisationen sowie OEMs lässt sich schliessen, dass die Technologie weitestgehend verstanden wurde und diese auch bereits global verbreitet ist. Viele Pilotprojekte zeigen die Funktion und den potentiellen Vorteil dieser Ladetechnologie. Trotzdem müssen noch viele kleinere und auch grössere Hürden überwunden werden, bis sich diese Anwendung flächendeckend verbreitet und verfügbar wird.

3.2 Zusammenfassung der Ergebnisse

Aus dem Task 26 Final Report kann entnommen werden, dass die induktive Ladetechnologie ein komplexes Konstrukt zwischen Anforderungen, Sicherheit, Normen und Benutzerfreundlichkeit ist [9]. Trotzdem zeigen viele Demonstrationsprojekte wie vielversprechend diese Technologie für die Zukunft ist. Aus den einzelnen Forschungsprojekten, der letzten Jahre, können zusammenfassend folgende Kenntnisse gezogen werden:

- Dynamisches Laden während der Fahrt ist mit einer genügenden Leistung und hohem Wirkungsgrad möglich. Viele Eckparameter und die Umsetzung mit Strassenbetreibern sind noch nicht geklärt. Es kann auch gezeigt werden, dass die Batteriespeicherkapazität so verkleinert werden kann, was zu Kosten- und Gewichtseinsparungen führt.



- Für Ladeleistungen bis ca. 50 kW ist eine Betriebsfrequenz im Bereich von 85 kHz gut möglich. Dies entspricht dem heute üblichen Standard. Bei Erhöhung der Leistung ist eine Absenkung der Frequenz mit derzeitig verfügbaren Komponenten sinnvoll.
- Ladeleistungen bis zu mehreren hundert Kilowatt wurden demonstriert. Aus der Sicht des Wirkungsgrads und der Ladezeit ist eine kabelgebundene Lösung vergleichbar mit der induktiven Ladetechnologie. Für eine flächendeckende Verbreitung von Schnellladesystemen müssen Einflüsse auf das Netz noch genauer betrachtet werden. Eine bidirektionale Lademöglichkeit könnte dabei helfen das Netz zu stabilisieren und eröffnet gleichzeitig die Möglichkeit der dezentralen Energiespeicherung.
- Aktuell gibt es keine oder nur sehr wenige Normen und Standards, welche die Integration der induktiven Ladetechnologie regeln. Auch die vielen Sicherheitsaspekte, welche berücksichtigt werden müssen, sind nicht zu unterschätzen, welches die Integration in ein serienreifes Auto hemmt. Aktuell gibt es nur einen Hersteller (BMW), welcher ein WPT-System in einem Auto verbaut [8]. Gleichzeitig gibt es auch nur ein System für Personenfahrzeuge auf dem Markt, welches alle Anforderungen und Zertifizierungen erfüllt [3]. (Brusa)
- Die Sicherheitsaspekte sind etwas komplexer verglichen mit kabelgebundenen Lademöglichkeiten. Mehrere Projekte zeigen jedoch bereits Funktionalitäten um Fremd- und Lebewesen erfolgreich zu detektieren. Zusätzlich sind auch Aspekte der Cyber-Sicherheit sehr wichtig, welche durch die Vernetzung zukünftig immer höherer Wichtigkeit zugeschrieben werden muss.

4 Bewertung und Ausblick

Der Task 26 endete mit dem Abschlussmeeting in London. Insgesamt wurden seit Herbst 2014 zehn Meetings in den USA, Korea und Europa abgehalten. Während des Verlaufes des Tasks konnte der Fortschritt der Forschungsaktivitäten gut erkannt werden. So steigerte sich die übertragbare Leistung von wenigen Kilowatt innerhalb von vier Jahren auf weit über 100 kW. Durch den internationalen Daten- und Know-How-Austausch konnten einige Forschungsschwerpunkte gesetzt werden, welche bei darauffolgenden Meetings präsentiert wurden. Alle wichtigen Erkenntnisse aus den Meetings wurden in einem Abschlussbericht zusammengefasst und veröffentlicht [9].

4.1 Induktive Energieübertragung in der Schweiz

Die Schweiz hat schon früh eine sehr aktive Rolle auf dem Gebiet induktiver Energieübertragung gespielt. Auch heute ist die Positionierung im internationalen Vergleich durchaus prominent. Einerseits ist hier die Forschung im Hochschulbereich zu erwähnen. Aktiv in diesem Gebiet sind unter anderen die ETH, HES-SO und NTB.

Auf Seite der Industrie bestehen diverse grössere Forschungs- und Entwicklungszentren. Schon vor ca. 25 Jahren starteten Projekte rund um das kabellose Laden. Namhafte Firmen wie WiTricity, Conductix-Wampfler oder Brusa entwickeln und forschen in der Schweiz rund um dieses Thema [1,2,6,7]. Auch Start-ups wie sciyyent beschäftigen sich auf diesem Feld. Im Weiteren kann Thyssenkrupp Presta erwähnt werden, welche erst kürzlich ein Kompetenzzentrum E-Mobility in Lichtenstein eröffnet hat. Derzeit liegt der Fokus auf Elektroantrieben, in Zukunft soll dieser Bereich jedoch weiter ausgebaut werden [4,5]. Es bestehen noch weitere Firmen, welche sich in den nächsten Jahren auf diesem Gebiet ansiedeln werden. Das zeigt, dass die Schweiz international an der Forschungsfront beteiligt ist, wenn es um das Thema induktive Energieübertragung für die E-Mobility geht. Die Schweiz nimmt generell eine starke Position als Zulieferer der Autoindustrie ein. Daher bietet



sich das Engagement im Bereich induktives Laden durchaus an und ist letztlich eine logische Konsequenz der bestehenden Beziehung zu den OEMs.

Derzeit ist die Anzahl der WPT-Produkte auf dem Markt noch sehr beschränkt. Da die Technologie noch jung ist, halten sich noch viele Firmen bedeckt über ihre Absichten. Einzig die Firma Brusa hat gemeinsam mit BMW ein 3.7 kW System entwickelt, welches bereits eingesetzt werden kann [8]. Dieses System ist zugleich auch das erste und einzige Produkt für Personenfahrzeuge weltweit, welches alle erforderlichen Zulassungen und Normen erfüllt. Derzeit wird an der zweiten Generation mit einer Ladeleistung von 11 kW gearbeitet, welche die Ladezeit auf einen Drittel reduzieren wird [3].

Gerade in den USA und Asien werden derzeit grosse Anstrengungen unternommen, um diese Technologie zur Marktreife zu führen. Für die nächsten fünf bis zehn Jahre ist mit einer grossen Dynamik in dieser Branche zu rechnen. Um den Anschluss nicht zu verlieren, ist es wichtig und im Interesse der Schweiz die Entwicklung im E-Mobility Sektor weiter auszubauen.

4.2 Teilnahme am Task 26

Aus der Teilnahme im Task 26 konnten einige Kontakte mit Vertretern der unterschiedlichen Forschungsinstitute geknüpft werden. Anhand der Vorträge und Diskussionen konnten Trends in dieser Branche erkannt und die Forschung darauf ausgerichtet werden. Durch die Teilnahme von Vertretern aus der Industrie werden auftretende Probleme und Herausforderungen direkt an die Forschungspartner rückgespeist. So wird derzeit die Forschungsaktivität der NTB auf bidirektionales induktives Laden von Elektrofahrzeugen ausgerichtet. Im Zuge eines SCCER-Projektes forscht die NTB auf dem Gebiet innovativer Ladetechnologien, bei welcher die induktive Energieübertragung eine zentrale Rolle spielt. Bei der jährlichen Konferenz in Zürich präsentiert das Institut für Energiesysteme der NTB die aktuell generierten Ergebnisse aus diesem vier Jahre dauernden Projekt. An weiteren Projekten wird derzeit gemeinsam mit Industriepartnern gearbeitet, welche thematisch diesem Gebiet zugeordnet werden können.

Da die Laufzeit des IEA Task 26 im Jahr 2019 endete, wurde gemeinsam mit allen teilnehmenden Ländern ein Abschlussbericht verfasst [9]. Der veröffentlichte Bericht zeigt klar die Fortschritte der induktiven Energieübertragung der letzten Jahre auf. Dabei gelang es, klare Empfehlungen zu formulieren, sowie auch verschiedene Forschungsansätze anzuregen. Zusätzlich gibt der Report einen Überblick aus den gesammelten Erfahrungen aller Forschungsarbeiten der letzten Jahre. Dies kann für viele Forschungsinstitute sowie Industriebetriebe zukünftig sehr hilfreich sein. Auch die NTB konnte dabei aus den eigenen Projekten sowie auch aus der gewonnenen Erfahrung an dem Bericht einiges beitragen.

Der Nutzen für die Schweiz durch die Teilnahme bei diesem Task kann mit folgenden Punkten zusammengefasst werden:

- Internationaler Datenaustausch
- Internationale Präsentation / Sichtbarkeit / Anerkennung
- Zugang zu den Forschungsstätten bzw. Industriefirmen
- Know-How Transfer mit anderen Staaten
- Zugang zu Forschungsergebnissen



5 Referenzen

- [1] Online: <https://witricity.com/witricity-establishes-development-team-switzerland-extends-relationship-university-auckland/>, aufgerufen am 19.12.2019
- [2] Online: <https://www.elektroauto-news.net/2019/witricity-globale-praesenz-entwicklungszentrum-schweiz/>, aufgerufen am 19.12.2019
- [3] Online: <https://www.next-mobility.news/das-kabellose-laden-von-elektrofahrzeugen-geht-nun-in-serie-a-793354/>, aufgerufen am 19.12.2019
- [4] Online: <https://www.thyssenkrupp-steel.com/de/innovationen/entwicklungen/e-mobility-center-drives/e-mobility-center-drives.html>, aufgerufen am 19.12.2019
- [5] Online: <https://www.luzernerzeitung.ch/wirtschaft/industrie-neue-impulse-in-der-autoindustrie-durch-e-mobilitaet-ld.1018769>, aufgerufen am 19.12.2019
- [6] Online: <https://www.conductix.ch/de/produkte/inductive-power-transfer-iptr>, aufgerufen am 19.12.2019
- [7] Online: <https://www.brusa.biz/>, aufgerufen am 19.12.2019
- [8] Online: <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0281369DE/laden-noch-einfacher-als-tanken?language=de>, aufgerufen am 19.12.2019
- [9] Wireless Power Transfer for Electric Vehicles Task 26 Final Report, IEA-HEV Task 26 Wireless Power Transfer for EVs, December 2019.