

Wireless Power Transfer (WPT) für Elektrofahrzeuge

Don Beattie, G3BJ

Autorisierte Übersetzung eines Artikels in RadCom, Dezember 2020, und Anmerkungen: Wolfgang Mahr, OE1MHZ

Der hier abgedruckte Artikel von Don Beattie, G3BJ, im Moment dieser Publikation Präsident der RSGB (Radio Society of Great Britain) und der IARI Region 1, beschreibt die Aspekte der aufkommenden Technologie zur drahtlosen Ladung von Elektrofahrzeugen. Dies erfolgt vor dem Hintergrund der Besorgnis von uns Funkamateuren betreffend der potentiellen Verschmutzung des Radiospektrums. In diesem Artikel werden die Gründe für die Befürchtungen und die Diskussionen in Standardisierungsgremien beleuchtet.

Worum handelt es sich bei WPT-EV?

Wir haben es mit einer neuen Technologie zu tun, die zukünftig Teil der Lade-Infrastruktur für Elektrofahrzeuge sein wird. Es handelt sich dabei um elektromagnetisch übertragene Energie (Prinzip Transformator mit Luftspalt) von bis zu typischerweise 22kW Leistung, die von der primären Ladespule unter dem Fahrzeug zu einer sekundären Aufnahme Spule an der Unterseite des Fahrzeugs übertragen wird. Die über den Luftspalt übertragene Energie dient dabei der Ladung der im Fahrzeug installierten Batterie. Die Betriebsfrequenz liegt im Bereich von 79 bis 90 kHz für Personenfahrzeuge. Für diese Heimwendungen wird erwartet, dass der maximal übertragene Leistung zwischen 7 und 11 kW liegen wird.

Im Moment wird mit Hochdruck an technischen und betrieblichen Normen für diese neue Tech-

nologie gearbeitet. Frühere Studien in Europa wurden in der CEPT Publikation¹ ECC Report 289 "Wireless Power Transmission (WPT) systems for electrical vehicles (EV) operating within 79-90 kHz band" zusammengefasst. Die IARU sowie weitere Nutzer des HF- Frequenzbereichs haben bedeutende Beiträge geleistet. Der Inhalt der Stoßrichtung ist: Funkdienste, nicht nur der Amateurfunk, sehen in der WPT-EV Technologie eine bedeutende Bedrohung des weiteren Betriebs. Dies hauptsächlich wegen der Intensität der störenden Aussendungen beim Betrieb von WPT-EV. Dies sind keine erfreulichen Aussichten.

Warum könnte WPT-EV ein Problem für Funkdienste darstellen?

Die Betriebsfrequenz an sich von WPT-EV stellt nicht unmittelbar einen Grund zur Beunruhigung dar, weder für die IARU, noch für andere Funkdienste. Die abgestrahlte Leistung ist jedoch reichlich mit Oberwellen versehen (vielleicht sogar auch noch mit anderen störenden, dem Rauschen verwandten Signalkomponenten), die sehr wohl eine potentielle Gefahr für eine Reihe von Funkdiensten auf anderen Frequenzen darstellt, falls es nicht gelingt die störenden Einflüsse genügend stark zu dämpfen. Die Entwickler von WPT-EV Systemen haben sich nur einigermaßen halbherzig in Diskussionen mit der CEPT eingelassen, und es vorgezo-

¹ <https://www.ecodocdb.dk/download/2fed7e3c-7543/ECC%20Report%20289.pdf>

gen ihre Anliegen bei CISPR² vorzubringen. Die dabei vorgelegten Daten (Spezifikationen) sind beunruhigend. Es muss angemerkt werden dass es Diskussionen darüber gibt, welches Normierungsgremium überhaupt federführend die bestimmende Rolle für Grenzwerte dieser Abstrahlungen übernehmen sollte. Dies hängt von der Klassifizierung ab, ob WPT-EV als Funkdienst betrachtet wird, oder unter die EMC³- Direktive der EU fällt. Für Europa hat die CEPT entschieden, dass WPT-EV als „Short Range Device“⁴ zu betrachten ist und daher einen Funkdienst darstellt.

Die Befürchtungen über WPT-EV wurden früh durch Aussagen von deren Entwicklern geschürt, dass diese Geräte ihre Betriebsfrequenzen leicht verschieben würden, um eine optimale Kopplung zwischen den Ladestationen und verschiedenen Fahrzeugtypen zu gewährleisten. Die Aussagen gingen da hin, dass die Betriebsfrequenzen irgendwo im Bereich von 79 bis 90 kHz variiert würden. Dabei wurde sofort klar, dass die Oberwellen aus diesem Frequenzbereich das ganze HF-Funkspektrum überstreichen würden. Falls nun mehrere dieser Systeme in der unmittelbaren Umgebung betrieben würden, wäre das Spektrum durch Oberwellen von mehreren Systemen überdeckt.

Es kann festgehalten werden, dass WPT Systeme niedrigerer Leistung und in großer Anzahl auftreten werden, um Kleingeräte wie Mobiltelefone oder akkubetriebene Werkzeuge draht-

los zu laden. Die Technologie dürfte auch für Haushaltsgeräte wie Wasserkocher, Küchenmixer etc. zum direkten Betrieb oder für Ladevorgänge weite Verbreitung finden. Erste Tests mit WPT Systemen kleiner Leistung (drahtlose Ladestationen für Mobiltelefone) zeigen nur relativ kleine Störsignale und dürften keine Probleme darstellen. Für größere Haushaltsgeräte wie Wasserkocher mit einer Leistung von rund 2.2 kW kann noch keine Vorhersage getroffen werden.

Für den europäischen Raum argumentieren die Produktentwickler, dass die entsprechenden Grenzwerte der CEPT, festgehalten in deren Empfehlung ERC Rec 74-01 (Tabelle 2.1.3)⁵ anwendbar seien. Der Wortlaut dieser Empfehlung (Recommendation) macht jedoch klar, dass diese nicht automatisch für neue, zukünftige Geräteklassen anwendbar ist. Die IARU hat argumentiert, dass diese Empfehlung ungeeignet für die Limitierung von Störstrahlungen sei. Die unten stehende Abbildung 1 zeigt warum und vergleicht Grenzwerte, wie sie durch die CEPT und ITU verschiedentlich definiert wurden (für einen Abstand von 10 m) und vergleicht diese mit typischen, durch den Menschen erzeugte Rauschpegel gemäß ITU Report P. 372-14⁶. Dabei wird offensichtlich, dass die CEPT Level um 30-45 dB höher als die „normalen“ Rauschpegel liegen. (Anmerkung des Übersetzers: die CEPT Level in einer Distanz von 10 m scheinen demnach völlig ungeeignet zu sein.)

² Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques (CISPR; English: International Special Committee on Radio Interference), Unterorganisation von IEC (International Electrotechnical Commission)

³ EMC bedeutet Electromagnetic Compatibility (deutsch: elektromagnetische Verträglichkeit oder die EMV)

⁴ <https://www.etsi.org/technologies/short-range-devices>

⁵ <https://www.ecodocdb.dk/download/3af8bcdd-43ae/ERCREC7401.pdf>

⁶ https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.372-14-201908-I!!PDF-E.pdf

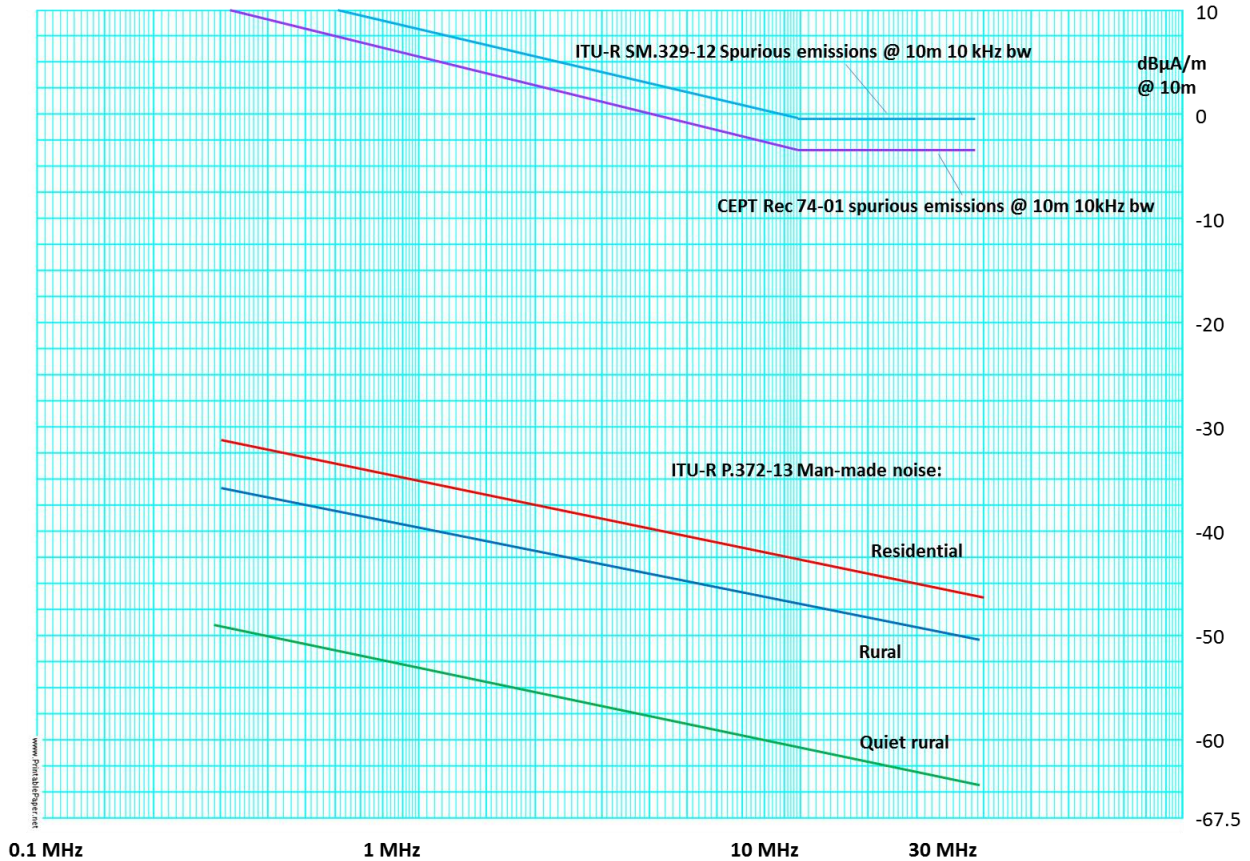


Abbildung 1 Vergleich CEPT/ITU-R Störstrahlungslevel mit ITU-R Hintergrundrauschen gemäß P.372-14

Die nächste Abbildung 2 zeigt die Situation in größerer Entfernung von der Störquelle. Im sogenannten Fernfeld (Distanz $> \lambda/2\pi$) nehmen die Störungen mit 20dB pro Verzehnfachung der Distanz ab, siehe die dicke blaue Linie gemäß EN 300330). Es ist zu beachten, dass die Emissionen selbst bei einer Distanz von 1 km über dem Hintergrundrauschen liegen. (Anmerkung des Übersetzers: alle Funkamateure in diesem Umkreis einer derartigen Ladestation dürften dabei betroffen sein.) Es soll in diesem Zusammenhang erwähnt werden, in welcher Umgebung der Amateurfunk betrieben wird: ein Funkdienst mit kleinen Signalen. Dies kann durch eine Analyse der Datenbank des Reverse Beacon Network⁷ (RBN) untermauert werden. Im

⁷ <http://www.reversebeacon.net/main.php>

Rahmen des CEPT Report 289 hat die IARU die Bereiche von Störabständen (Signal to Noise Ratios, SNR) von A1A⁸-Signalen innerhalb einer Bandbreite von 500 Hz analysiert. Dabei wurden während zwei Tagen über 500.000 Messwerte erfasst, und die Ergebnisse in einem Histogramm, welches die Profile von Signalen von Funkamateuren ausgewertet, festgehalten, siehe Abbildung 3.

Die Messungen wurden in allen Bändern durchgeführt wobei die Änderung des Medianwerts zwischen den verschiedenen Bändern wenig mehr als 6dB beträgt. Unter Einbezug der Werte aus Abbildung 1 und Abbildung 2 reduziert sich der Medianwert auf rund 10 dB.

⁸ <https://de.wikipedia.org/wiki/Modulationsart>

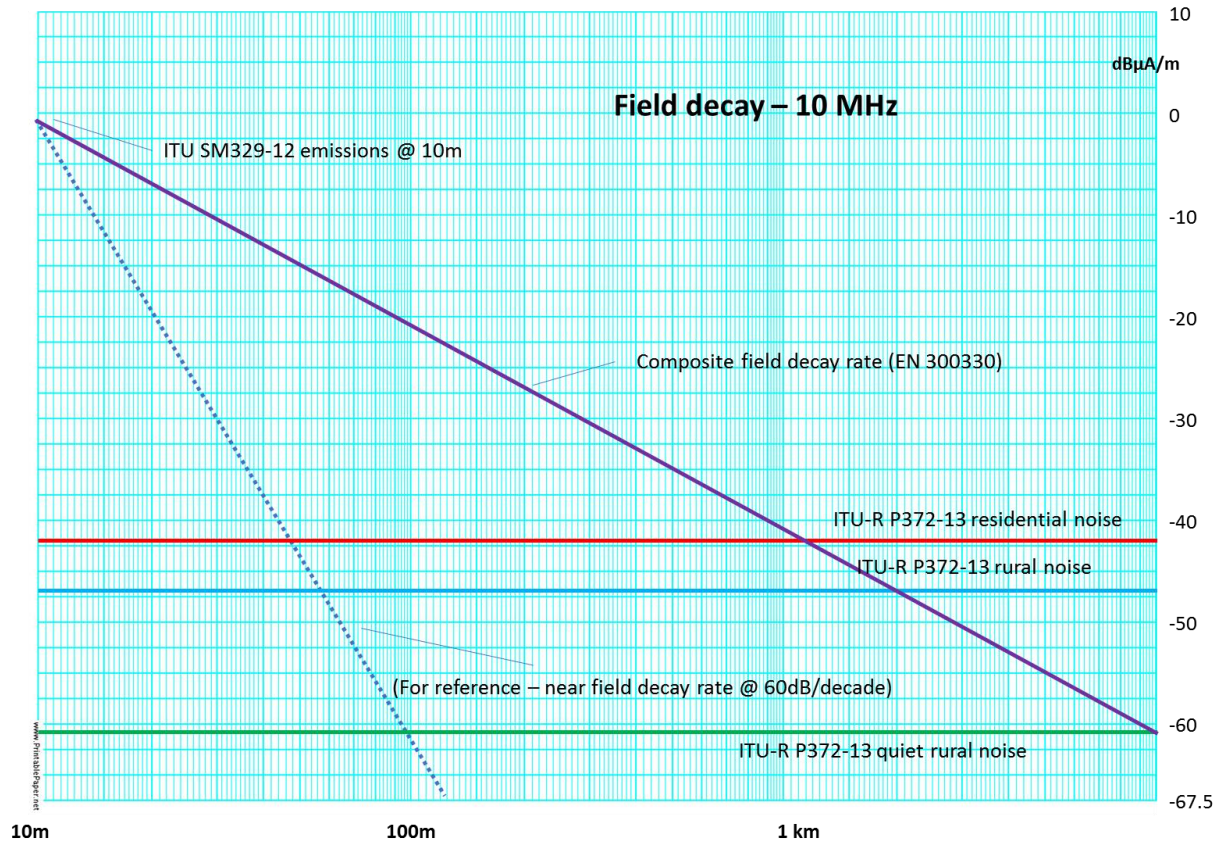


Abbildung 2 Extrapolation einer Oberwellenabstrahlung von 10 MHz, für eine Quelle gemäß CEPT/ITU-R

Dies zeigt deutlich, wie empfindlich der Betrieb auf den Bändern des Amateurfunks auf eine flächendeckende Erhöhung des Störpegels durch Oberwellen reagieren würde.

Die obenstehenden Ausführungen beziehen sich auf die CEPT Empfehlung ERC Rec 74-01. Darüber hinaus haben die Entwickler von WPT Systemen bei CISPR ihre Vorschläge für Abstrahlungsgrenzen eingebracht, die ebenfalls zu einer beträchtlichen Beeinträchtigung der Amateurfunkbänder führen könnte.

Was hat die IARU bisher getan?

Schon von Anfang an war IARU in Gesprächen mit CEPT, CISPR und ITU und hatte Studien präsentiert, die eindrücklich die Bedrohung für verschiedene Funkdienste aufzeigten. Die IARU war

dabei die einzige Stimme, die die Funkamateure repräsentierte. Rundfunkdienste und landgestützte feste und mobile Funkdienste teilten unsere Befürchtungen und präsentierten entsprechende Eingaben. Einige fortschrittliche Telekommunikationsbehörden in Europa taten das gleiche. Bedauerlicherweise war das Engagement der WPT-EV Entwickler bei der Erstellung des CEPT Reports 289, siehe Abbildung 1 bzw. Abbildung 2, zur Verhinderung von flächendeckenden Störungen von Funkdiensten in Wohngebieten sehr bescheiden.

In der Zwischenzeit haben Normierungsorganisationen wie CISPR und ETSI bestehende Limiten für Störstrahlung zugunsten von WPT-EV Befürwortern erhöht. Die bestehenden Grenzwerte gemäß CISPR beinhalten „Aufweichungen“, basierend auf statistischen Elementen, die

aber nur zum kleinen Teil oder gar nicht für WPT-EV anwendbar sind. Gemäß diesem Umstand müssten die Grenzwerte nach unten korrigiert werden, doch die Industrie sträubt sich dagegen. Erste Vorschläge von CISPR, die

Grenzwerte für WPT-EV zu revidieren, wurden von einer Reihe von nationalen Normengremien zurückgewiesen, da diese der Meinung waren, dass dadurch Funkdienste nicht adäquat geschützt würden.

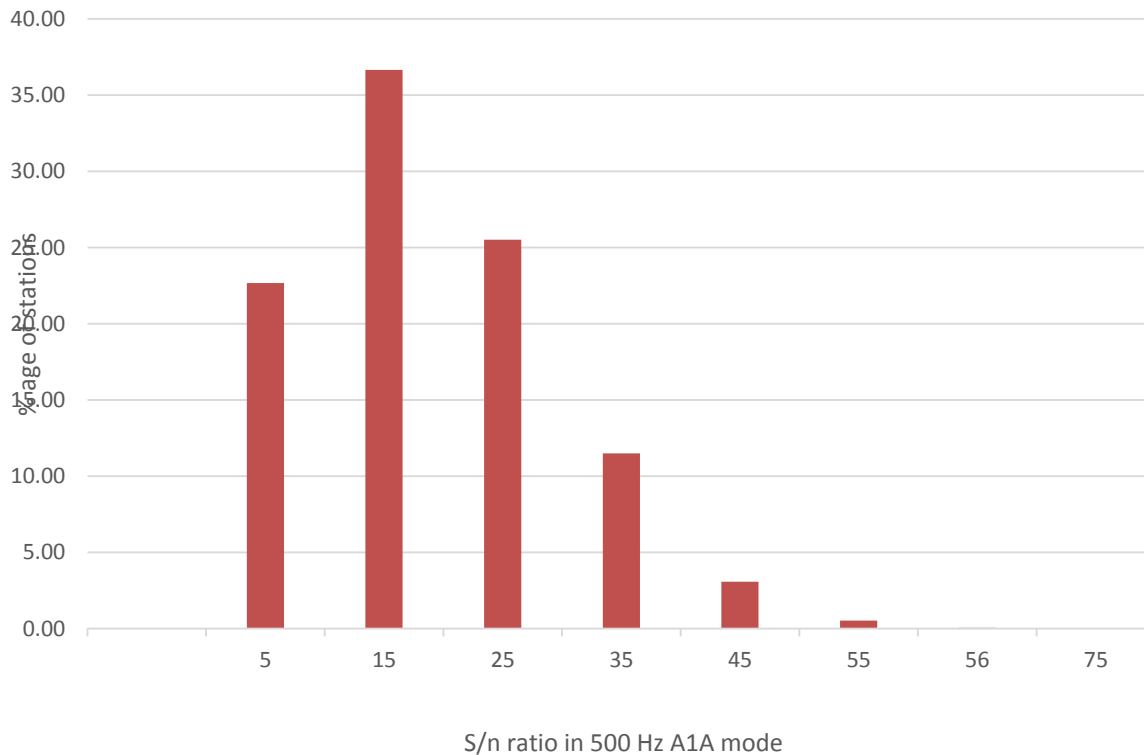


Abbildung 3 Verteilung des Störabstandes (S/N Ratio), gemäß RBN

Stellungnahmen der WPT-Industrie gehen in die Richtung, dass diese Technologie keine Probleme verursachen würde, da die Störpegel bereits weit über dem Level von ITU-R P.732 angelangt wären. Ausführliche Messungen in Deutschland (ENAMS⁹) beweisen allerdings das Gegenteil: zum größten Teil sind diese Pegel in vielen Gebieten immer noch relevant, wenn auch Störungen durch einzelne Träger zugenommen haben. Weiters ist die Argumentation zurückzuweisen, dass vorhandene Gebiete mit hohem Störpegel (der selbst durch übermäßig abstrahlende Gerä-

te hervorgerufen wurde) es rechtfertigen würde, das betroffene Radiospektrum komplett aufzugeben.

Die IARU ist in der Lage detailliertes Beweismaterial für ihre Befürchtungen zu liefern und dieses wurde bereits im CEPT Report 289 veröffentlicht, und es wird in einem neuen Bericht (geplant für 2021) ebenfalls aufscheinen. Die IARU hat ebenfalls eigene Tests mit Geräten kleiner Leistung durchgeführt, mit einigermaßen befriedigenden Resultaten: diese Geräte sind relativ gutartig. Aber es ist ein großer Unterschied, ob mit 5 W oder mit 11kW geladen wird.

⁹

<https://oe6.oevsv.at/adl607/oevsv/aktuelles/ENAMS-automatisches-Empfangssystem-zur-Erfassung-des-Stoerpegels>

Im Moment klafft eine große Lücke zwischen dem, was die IARU und andere Funkdienste als Grenzwerte für Stör-Emissionen bevorzugen, und dem was die Hersteller als möglich erachten. Die geforderten Grenzwerte gemäß IARU basiert auf frühen Aussagen der WPT-EV-Entwickler, dass ihre Systeme zwischen 79 und 90 kHz wobbeln würden, und dadurch Oberwellen durch das gesamte Radiospektrum „versprühen“ würden. Kürzlich kamen einige Anzeichen ans Tageslicht, dass die WPT-EV-Entwickler vielleicht die Bedenken der IARU gehört hätten und einen Betrieb auf einer einzigen, allen Geräten gemeinsamen Betriebsfrequenz in Betracht ziehen würden. Dies eröffnet Perspektiven für neue Diskussionen: sollte eine breitbandige Abstrahlung der Geräte gering ausfallen, könnten die EMV-Anforderungen zugunsten einer einzigen festen Frequenz für den Betrieb von WPT-EV Geräten ein wenig gelockert werden.

In CISPR, dem globalen Forum für EMV, kämpft die IARU heftig für eine Änderung in der Normenentwicklung im Lichte einer neuen flächendeckenden Verbreitung von digitalen Geräten in Haushalten. Die heutige Normenentwicklung in CISPR vernachlässigt den kumulativen Effekt der vielen und verschiedenartigen Gerätearten und die Meinungsbildung bewegt sich in die Richtung, dies zu berücksichtigen, bevor es zu spät ist.

Die IARU wird auch in Zukunft die Interessen des Amateurfunks in all diesen Foren vertreten, da wir glauben dass dessen Zukunft auf dem Spiel steht. Unsere Stimme wird gehört. Wir haben auch Zuspruch von anderen Funkdiensten, die unsere Bedenken teilen.

Schließlich ist das Radiospektrum eine begrenzte natürliche Ressource. Eine unkontrollierte

Verschmutzung dieser Ressource hat keine Vorteile ist nahezu unumkehrbar.

Was kann jeder Funkamateur beitragen?

Interessanterweise, vor dem Ausbruch der COVID-Pandemie war die Vertretung des Amateurfunks in behördlichen und Standardisierungsgremien ein sehr teurer Prozess. Meetings gingen über mehrere Tage, über ganz Europa oder weltweit verstreut. Die physische Präsenz war notwendig um unsere Sache zu vertreten, und die finanziellen Aufwendungen waren sehr hoch. Hier hat uns die Pandemie geholfen, als alle Meetings virtuell stattfinden, aber dieser Effekt dürfte vorübergehend sein.

Die IARU wird durch Mitgliedsbeiträge aller ihrer 167 nationalen Mitgliedsorganisationen finanziert. (Anm.: in Österreich ÖVSV). In (unserer) Region 1 der IARU geht rund 1€ pro Funkamateur über die nationale Mitgliedsorganisation an die IARU. Falls Sie daher die Arbeit der IARU unterstützen wollen, treten sie ihrer nationalen Mitgliedsorganisation bei.

Die IARU ist eine Freiwilligenorganisation - es gibt keine bezahlten Mitarbeiter*innen. In unserer Region 1 beispielsweise wird das gesamte Arbeitspaket für WRC-23¹⁰ und WPT von weniger als einem Dutzend Freiwilliger gestemmt. Wir brauchen neue begeisterte und motivierte Mitstreiter. Falls Sie motiviert sind und etwas für die Zukunft des Amateurfunks unternehmen wollen, lassen Sie es mich wissen. Anforderungen: Bereitschaft zu lernen, die Fähigkeit, professionell für eine Sache zu kämpfen und ein

¹⁰ [World Radio Conference 2023:
https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rcpm/Pages/wrc-23-studies.aspx](https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rcpm/Pages/wrc-23-studies.aspx)

Grundverständnis für die Basis-Technologie. Der Rest ist schnell erlernt.

Der nationalen Mitgliedsorganisationen wurden aufgefordert, ihre betreffenden Behörden auf die real existierende Gefahr durch WPT-EV hinzuweisen. Der Amateurfunk hat ein berechtigtes Interesse an „seinen“ Frequenzbändern, aber ohne Verständnis und Unterstützung der nationalen Behörden ist dessen Stimme nicht laut genug. Die IARU ersucht alle Mitgliedsorganisationen, bei ihren nationalen Behörden vorstellig zu werden, die Bedürfnisse des Funkdienst Amateurfunk zu berücksichtigen, wenn über zulässige Störpegel von WPT Systemen entschieden wird.

Die Installation einer Vielzahl von WPT-EV Systemen in Wohngebieten erhöht dramatisch die Wahrscheinlichkeit von ernsthaften Beeinträchtigungen von Funkdiensten. Die Kombination von abgestrahlter Leistung, langen Betriebszeiten, hoher Dichte an installierten Systemen und einer reichen Vielfalt von Oberwellen könnte zu bisher unbekannt hohen Störungseinflüssen, die in Wohngebieten bisher noch nicht auftraten, führen.

Funkdiensten steht ein weitreichender Schutz ihrer sensiblen Anlagen gemäß den ITU Radio Regulations¹¹ zu. Diese Beeinträchtigungen sind als *Harmful Interference* ebenfalls in den ITU Radio Regulations¹² definiert.

Schlussbetrachtungen

Behörden und Regierungen sollten auch eine Kosten/Nutzen-Rechnung eines extensiven Einsatzes von WPT-EV in Betracht ziehen. Unbeschadet der Annehmlichkeiten von drahtlosen Ladestationen, ist die Technologie keineswegs

notwendig für den weiteren Einsatz von Elektrofahrzeugen. Die Technologie weist zwei Nachteile für die Umwelt auf:

- 1) Die Verschmutzung bzw. Unbrauchbarkeit des Radiospektrums, wie oben beschrieben.
- 2) Die noch nicht beantwortete Frage des niedrigen Wirkungsgrads. Diese liegt gemäß heutigem Wissensstand im Bereich von 85-90 %. Dies bedeutet Verluste von über 10 % der eingesetzten Energie. Würden alle Privat- und Geschäftsfahrzeuge in Großbritannien heute auf Elektrobetrieb umgestellt, würde sich der Stromverbrauch der Haushalte verdoppeln. Addieren wir dazu die 10 % der Verluste (würden all diese Fahrzeuge drahtlos geladen) würde dies den Bedarf mehrerer großer Kraftwerke entsprechen. (Anm.: es darf die Frage nach der Akzeptanz gestellt werden, ob man für die Ladung seines Elektrofahrzeugs eine höhere Stromrechnung in Kauf nehmen möchte. Es kann allerdings damit gerechnet werden, dass die Hersteller, die Effizienz¹³ weiter erhöhen - soweit dies theoretisch und technisch möglich ist).

WPT-EV bis jetzt noch nicht gezeigt, eine gutartige Technologie gegenüber Funkdiensten und der Umwelt zu sein. Wir als Vertreter des Amateurfunks argumentieren für eine ausgewogene Abwägung und Minimierung der mit dieser Technologie verbundenen Risiken, bevor diese zu einer breiten Anwendung kommt.

¹¹ ITU Radio Regulations 15.12 and 15.13

¹² ITU Radio Regulations 1.169

¹³ wir sind allerdings zum Verbrennungsmotor eine Effizienz von maximal 20 % (also 80 % Verluste durch Abwärme) „gewohnt“...