

Das Trojanische Pferd der PLC-Lobby: FprEN 50561-1

Das Stromnetz ist für breitbandige Datenübertragung weder vorgesehen noch geeignet. Obwohl PLC (Powerline Communication) Funkdienste stören und eine wertvolle natürliche Ressource unbrauchbar machen kann, versuchen PLC-Lobby und Europäische Kommission diese untaugliche und unnötige Technologie gegen technische Vernunft und durch Umgehung fundierter Normen durchzusetzen ...

CISPR ist das Internationale Sonderkomitee für Funkstörungen der Internationalen Elektrotechnischen Kommission IEC mit Hauptsitz in Genf, es befasst sich mit der Entwicklung von Normen in Bezug auf elektromagnetische Störungen. Störgrenzwerte für "Power Line Telecommunications" (PLT) sind definiert in der Norm CISPR 22 und ihrem europäischen Äquivalent EN 55022 mit dem Titel "*Einrichtungen der Informationstechnik - Funkstöreigenschaften - Grenzwerte und Messverfahren*". Die dritte Ausgabe der Norm CISPR 22 wurde in der Europäischen Union 1998 veröffentlicht als **EN 55022:1998**, sie legt Grenzwerte fest oberhalb 30 MHz für abgestrahlte und zwischen 0.15 und 30 MHz für **Leitungsgeführte Störungen an den Stromnetzanschlüssen** ("*Limits for conducted disturbance at the mains ports*") und **Leitungsgeführte Gleichtaktstörungen an den Telekommunikationsanschlüssen** ("*Limits for conducted common mode disturbance at telecommunication ports*").

Das Stromnetz ist für breitbandige Datenübertragung weder vorgesehen noch geeignet, denn wegen seiner inherenten Unsymmetrien strahlt es wie eine Sendeantenne elektromagnetische Energie ab, wodurch Störungen bei Funkdiensten verur-

sacht werden. 1998 ging man deshalb noch nicht davon aus, dass das Stromnetz in dieser technisch untauglichen Weise genutzt würde. Es gab noch kein PLC, bei dem in einem einzigen Anschluss - im Netzstecker - die Funktionalität eines *Stromnetzanschlusses* sowie eines *Telekommunikationsanschlusses* kombiniert ist. In den Formulierungen dieser Norm war diese Kombination deshalb noch nicht vorgesehen und diese Tatsache wurde und wird noch immer - obwohl zukünftig unzulässig - von der PLC-Industrie durch Interpretationstricks dahingehend ausgenutzt, dass die festgelegten Grenzwerte oft weit überschritten werden.

Für Klasse B Geräte beträgt der Grenzwert für Störungen an den Stromnetzanschlüssen zwischen 5 und 30 MHz **50 dB(μ V) (AV)**, zu messen zwischen Phase und Masse sowie zwischen Neutralleiter und Masse. Bei Einhaltung dieses Grenzwertes ist maximal die doppelte Spannung zwischen Phase und Neutralleiter möglich, also 6 dB mehr, und so begrenzt diese Norm die durch ein PLC-Modem ins Stromnetz eingespeiste Signalspannung auf **56 dB(μ V) (AV)**.

Die Interpretationstricks der PLC-Industrie bestehen nun darin, die Messung der Störungen am Stromnetzanschluss einfach zu ignorieren - mit der Begründung, es handle sich ja "*nicht nur*" um einen Stromnetzanschluss. Oder es wird die eigentlich nur für die Messung der Störungen am Telekommunikationsanschluss von der Norm zugestandene minimale LAN-Auslastung von 10% auch bei der Messung der Störungen am Stromnetzanschluss angewandt - mit der Begründung, es handle sich dabei ja "*auch*" um einen Telekommunikationsanschluss - wodurch sich zwar bei der "Quasi-Peak"-Messung nur geringfügig niedrigere, aber bei der alternativ möglichen "Average"-Messung wesentlich niedrigere Störampplituden ergeben als bei korrekter Ausle-

Karl Fischer, DJ5IL

Friedenstr. 42, 75173 Pforzheim, Deutschland
www.cq-cq.eu - DJ5IL@cq-cq.eu

gung der Messvorschrift. Für diesen Trick existiert sogar eine publizierte Anleitung ¹.

Kurz bevor die überarbeitete und klagestellte Version **EN 55022:2006** ² im Jahr 2009 in Kraft treten und die Version aus 1998 ablösen sollte, hat die PLC-Lobby erfolgreich versucht, dies über 5 Mitglieder des Europäischen Parlaments zu verhindern. Die hatten im April 2009 eine parlamentarische Anfrage ³ an die Europäische Kommission gerichtet in der sie die Befürchtung äußerten, dass durch ein in diese Ausgabe aufgenommenes Flussdiagramm die PLC-Hersteller einen Test auf Leitungsgeführte Störungen durchführen müssten, welcher in der Version von 1998 noch nicht vorgeschrieben war und deshalb würde *"die Zukunft der Stromleitungs-Kommunikationstechnologie (PLC-Technologie) gefährdet, da künstlich niedrig gehaltene Grenzwerte für elektromagnetische Emissionen festgelegt werden, mit denen ab Oktober 2009 in der EU keine PLC-Geräte mehr auf den Markt gebracht werden können."* Sie hielten es deshalb für angebracht, die bestehende Version vorerst beizubehalten.

Der damalige Vizepräsident der Europäischen Kommission, **Günter Verheugen**, antwortet Caroline Lucas, MEP, in einem Brief vom 21. April 2009 ⁴ dass nur *"relativ wenige Probleme"* durch PLC verursacht worden seien und stellt fest: *"Die PLC-Technologie stört keine militärischen Funkdienste, weil diese typischerweise nicht in Gebieten arbeiten, in denen ein Störungsrisiko existiert. Sicherheitsfunkdienste nutzen fortschrittliche digitale Funktechnologien zur Kommunikation und der Empfang von Kurzwellenrundfunk wurde weitgehend ersetzt durch Internet-Radio"*. Und er antwortet den 5 MEPs am 12. Juni 2009, die Europäische Kommission werde *"im Rahmen einer Sitzung der Arbeitsgruppe zur EMV-Richtlinie am 30. Juni 2009 die Mitgliedstaaten und die Interessenträger bezüglich der Konsequenzen der gegenwärtigen Situation konsultieren. Eine der möglichen Optionen wäre die Beibehaltung der Norm EN 55022:1998 für einen längeren Zeitraum, bis zur endgültigen Verabschiedung der neu gestalteten, mit den PLC-Netzen kompatiblen Netznormen. Eine weitere Option wäre eine Änderung der Norm EN 55022:2006, so dass eine unnötige Beeinträchtigung der PLC-Netze durch die Grenzwerte dieser Norm vermieden wird."*

Das besagte **Flussdiagramm zur Auswahl der Prüfmethode** (*"Flowchart for selecting test method"*) befindet sich in EN 55022:2006 im "Annex C" auf S. 54. Es beschreibt explizit den Stromnetzanschluss (*"Mains"*) als einen Typ von Telekommunikationsanschluss, der bei PLC-Geräten entsprechend der in 9.3 vorgegebenen Prüfmethode auf die Einhaltung der in Tabellen 1 und 2 vorgegebenen Grenzwerte für Stromnetzanschlüsse geprüft werden muss. An diesem Aspekt des Flussdiagramms wurde vom Urheber dieser Norm CISPR/I auch gegen den starken Druck von Seiten der PLC-Industrie festgehalten, um

eben diesen Interpretationstricks einen Riegel vorzuschieben. Dies zeigt, dass CISPR/I die Anwendung der festgeschriebenen Grenzwerte für die Stromnetzanschlüsse für zwingend erforderlich hält unabhängig davon, wie sie ansonsten genutzt werden. Und diese Auffassung hat eine solide technische Grundlage, denn ihre Normen dienen dem Zweck, das Funkspektrum zu schützen. Es ist eine wertvolle und unersetzbare natürliche Ressource, wie Luft und Wasser, aber sein wahrer Wert wird wohl erst dann richtig geschätzt, wenn es nicht mehr verfügbar ist. Diese Normen für Störemissionen mit ihren Testmethoden und Grenzwerten basieren auf einer strengen und gut dokumentierten Vorgehensweise und vielen Jahrzehnten Erfahrung mit der Vermeidung von Funkstörungen in der realen Welt ⁵.

Die Norm EN 55022:1998 wurde entworfen bevor die Frage aufkam, ob ein PLC-Stromnetzstecker als Telekommunikationsport zu betrachten sei. Sie hat kein Flussdiagramm und stellt auch nicht explizit fest, dass ein Telekommunikationsanschluss vom Typ Stromnetz sein könnte. Aber sie schreibt ohne Einschränkung Grenzwerte für den Stromnetzanschluss vor - und dies sind exakt dieselben Grenzwerte, die in einem Dokument der Kommission als *"zu niedrig um von den heutigen PLC-Technologien eingehalten werden zu können"* bezeichnet werden. Es gibt keinen Unterschied zwischen EN 55022:1998 und EN 55022:2006 was die Stromnetzanschlüsse betrifft. Jeder Hersteller, dessen Geräte die Grenzwerte für die Störspannung an den Stromnetzanschlüssen in Tabellen 1 und 2 von EN 55022:1998 verletzen und der trotzdem Übereinstimmung mit dieser Norm erklärt hat, tat dies unter Missachtung der Norm.

Und obwohl die EMV-Arbeitsgruppe klar gemacht hat, dass es in Wirklichkeit keinen Unterschied zwischen EN 55022:1998 und EN 55022:2006 gibt, hat die Europäische Kommission ihre Position beibehalten und im August 2009 - um die PLC-Industrie zu protegieren und gegen den Rat ihrer eigenen EMV-Arbeitsgruppe - das Datum für das Ende der Gültigkeit von EN 55022:1998 auf den 1. Oktober 2011 verschoben.

Übrigens gründete Günter Verheugen 2010 gemeinsam mit seiner ehemaligen Kabinettschefin Petra Erler sein eigenes Lobby-Unternehmen, die *European Experience Company*. Sie versteht sich als Beratungsunternehmen, das insbesondere Unternehmen auf EU-Ebene berät und Strategien für den Umgang mit europäischen Institutionen liefert. Zwar bestreitet die *European Experience Company* jegliche Lobbyarbeit, aber ihr selbstdefinierter Angebotsbereich und die ausgezeichneten Verbindungen des Ex-Kommissars Günter Verheugen in die EU und deren Politik lassen anderes vermuten. Der ehemalige deutsche Top-Mann darf heute keinen Kontakt mehr zu Brüsseler Behörden haben - als Politikberater ist Verheugen unter Beobachtung der EU.

Im Jahr 2005 begann ein weiterer Versuch der PLC-Lobby, die Störgrenzwerte aufzuweichen. Es wurde ein Projekt-Team gebildet unter dem Vorwand, eine Änderung von CISPR 22 erarbeiten zu wollen, welche spezielle Anforderungen für PLC-Betriebsmittel abdeckt. Der erste Komiteeentwurf erschien im Februar 2008 als **CISPR/1/257/CD**. Die Kommentare der Nationalen Komitees (NCs) von 23 IEC Mitgliedern und der Europäischen Rundfunkunion zeigten jedoch zu geringe Unterstützung für den gewählten Lösungsvorschlag, da lediglich 6 NCs den Entwurf befürworteten: Belgien, Frankreich, Israel, Italien, Spanien und die Schweiz. Interessanterweise waren die meisten Anbieter, Entwickler und Hersteller von PLC-Technologie für den europäischen Markt in 5 dieser 6 Länder ansässig. 8 NCs lehnten den Entwurf nachdrücklich ab - Australien, Österreich, Zypern, Dänemark, Finnland, Südafrika, Schweden und die Vereinigten Staaten von Amerika - und einige wohl begründete Kommentare enthüllten seinen wahren Zweck: Eine geplante Lockerung der bisherigen PLT Störgrenzwerte um **18 dB** durch die Einführung eines revidierten Messverfahrens mit einem veranschlagten "*Longitudinal Conversion Loss*" (LCL) von unrealistisch hohen 24 dB gegenüber 6 dB in der alten Norm zu tarnen⁶. Meine Recherchen haben aufgedeckt, dass dieses Projekt-Team von der PLC-Lobby dominiert wurde⁷. Weil aber kein Konsens unter den NCs erzielt wurde, hat der Vorsitzende das Projekt am 26. Februar 2010 gestoppt.

EN 55022:2006 ist die aktuell gültige Norm, sie hat am 1. Oktober 2011 die alte Norm EN 55022:1998 abgelöst. Diese Norm lässt keine Spielräume mehr für Interpretationstricks durch die PLC-Industrie und die EU hat ausdrücklich bestätigt, dass sich auch PLC-Geräte daran zu halten haben. Geräte die vorgeben, die alte Norm einzuhalten - viele PLC-Modems tun das in Wirklichkeit nicht - dürfen ab dem 1. Oktober 2011 noch maximal 3 Jahre auf dem Markt bleiben. Produkte die neu auf den Markt kommen müssen dagegen schon jetzt EN 55022:2006 einhalten.

Kein Wunder also, dass die Europäische Kommission zur Zeit wieder einmal versucht, die Grenzwerte für Störemissionen durch PLC-Modems im Interesse der PLC-Lobby aufzuweichen und die bei Beachtung strenge EN 55022:2006 loszuwerden. Deshalb hat sie 2010 das **Europäischen Komitee für elektrotechnische Normung CENELEC** an das früher erteilte Mandat M313⁸ für den Entwurf einer neuen Norm erinnert. Die infolge dieses Mandats gebildete gemeinsame Arbeitsgruppe von ETSI und CENELEC war aber wegen der Interessenkonflikte zwischen PLC-Lobby und Funkdiensten mit dem Versuch gescheitert, eine entsprechende Norm zu entwerfen. In diesem Schreiben⁹ wird CENELEC von der Europäischen Kommission aufgefordert, eine modifizierte und nur für PLC-Geräte geltende Version

der EN 55022:2006 zu erarbeiten und es wird klar gemacht, dass "*die Kommission für ein schnelles Ergebnis des Standardisierungsprozesses sehr dankbar wäre*". Der Unterzeichner des Schreibens, **Pedro Ortún Silván**, war damals Direktor des Bereichs "*Industrien des Neuen Konzepts*" in der "*Generaldirektion Unternehmen und Industrie*" der Europäischen Kommission. Sein Chef war bis November 2009 der Kommissar Günter Verheugen ...

Der erste Entwurf prEN 50561 dieser Norm stammt von einer Arbeitsgruppe, die wieder von der PLC-Lobby dominiert wird. Nur 10 der 31 NCs haben ihm zugestimmt - die übrigen stimmten dagegen oder enthielten sich. CENELEC unternahm daraufhin nach Aufforderung durch die Europäische Kommission eine Revision und so entstand der wenig geänderte zweite Entwurf **FprEN 50561-1**¹⁰, der bis 2. November 2012 zur endgültigen Abstimmung durch die NCs steht - obwohl der von der Europäischen Kommission und von CENELEC beauftragte EMV-Gutachter vorgetragen hat, dass dieser Entwurf nicht die grundlegenden Anforderungen der EMV-Direktive erfüllt. CENELEC hat dieses Expertenurteil ignoriert ...

FprEN 50561-1 würde gegenüber **EN 55022:2006** in keinem einzigen Punkt den Schutz der Funkdienste vor schädlichen Störungen verbessern, in vielen Punkten sogar gravierend verschlechtern - aus dieser Norm würde ausschließlich PLC Nutzen ziehen. Hier sind die wichtigsten Kritikpunkte:

Punkt 1:

Die aktuelle Norm EN 55022:2006 begrenzt überall zwischen 5 und 30 MHz die von einem PLC-Modem ins Stromnetz eingespeiste Spannung auf 56 dB(µV). Viele PLC-Modems auf dem Markt halten sich nicht an diesen Grenzwert, aber sie müssen es spätestens ab 1. Oktober 2014 und bei neuen Geräten sind die beschriebenen Interpretationstricks nicht mehr möglich. Jeder der diesen Entwurf unterstützt hilft damit der PLC-Lobby und der EU-Kommission, diese Grenzwertüberschreitungen zukünftig zu legalisieren, denn FprEN 50561-1 sieht einen Grenzwert von 95 dB(µV) und damit eine Erhöhung um fast 40 dB entsprechend einem Leistungsfaktor von 10000 vor. Diese gigantische Leistungserhöhung ist auch schon deshalb gefährlich, weil dadurch die Gefahr potenziert wird, dass an nichtlinearen Bauelementen Oberwellen und deren Mischprodukte erzeugt werden welche in die "*excluded frequency ranges*" fallen.

Punkt 2:

Weder EN 55022:2006 noch FprEN 50561-1 enthalten Grenzwerte für abgestrahlte Störungen unter 30 MHz und die Grenzwerte beider Normen für Leitungsführte Störungen an den Stromnetzanschlüssen sind zwischen 0,15 und 30 MHz identisch. Aber im Gegensatz zur aktuellen Norm EN 55022:2006 ohne

vorgeschriebene Frequenzlücken (Notches) würde FprEN 502561 diese Grenzwerte zwischen 1,6065 und 30 MHz sogar innerhalb der "excluded frequency ranges" und noch höhere Pegel weit über diesen Grenzwerten ausserhalb zulassen. Zeilen 204-207 des Entwurfs besagen, dass wenn Benutzerdaten über den PLC-Port gesendet werden die vom PLC-Port ausgehenden unsymmetrischen Störemissionen zwischen 1,6065 und 30 MHz die Grenzwerte von Tabelle 1 - und das sind genau die Grenzwerte nach EN 55022:2006 - sehr wohl überschreiten dürfen, sofern dabei nur in den "ausgeschlossenen Frequenzbereichen" nach Tabelle A.1 - und dazu gehören die Amateurfunk- und Flugfunkbänder - die Grenzwerte eingehalten werden. Der Begriff "excluded frequency ranges" (ausgeschlossene Frequenzbereiche) ist also eine bewusste Täuschung, denn er bedeutet lediglich, dass diese Frequenzbereiche von der sonst zugestandenen Überschreitung der Grenzwerte ausgeschlossen werden, nicht jedoch von Störemissionen generell - Es gibt also keine wirklich ausgeschlossenen Frequenzbereiche ! Über den gesamten Kurzwellenbereich würden die zulässigen Störemissionen mindestens genau so hoch sein wie nach der aktuellen EN 55022:2006, in vielen Frequenzbereichen aber noch weit darüber liegen. Da jedoch - obwohl von der aktuellen EN 55022:2006 nicht vorgeschrieben - das Notchen der Amateurfunkbänder inzwischen ein de-facto-Standard bei den allermeisten Herstellern von Chip-Sets für PLC-Modems geworden ist mit Notchtiefen von typisch ca. -35 dB, würden nach diesem Entwurf innerhalb der Amateurfunkbänder ca. 35 dB oder 6 S-Stufen höhere Störpegel gestattet. Mit anderen Worten: Sowohl die Amateurfunkbänder als auch die Rundfunkbänder würden durch diese neue Norm noch nicht einmal dann profitieren, wenn es den momentanen de-facto-Standard des Notching der Amateurfunkbänder nicht gäbe, denn die aktuell gültige EN 55022:2006 beschränkt die Störungen über die gesamte Kurzwelle auf einen Wert, der nach dem Entwurf nur innerhalb der Notches gilt. Dieser Entwurf lässt über die gesamte Kurzwelle ca. 35 bis 45 dB höhere Störpegel zu als unter EN 55022:2006 mit dem zusätzlichen de-facto-Standard des Notching der Amateurfunkbänder. Innerhalb der Amateurfunkbänder bedeutet das 35 dB oder 6 S-Stufen höhere Störpegel, wobei kumulative Effekte durch mehrere PLC-Installationen noch nicht einmal berücksichtigt sind. Ich kann aufgrund zahlreicher eigener praktischer Erfahrungen mit PLC-Installationen im Umkreis meiner Amateurfunkstelle sagen, dass solche Störpegel Amateurfunk definitiv unmöglich machen !

Punkt 3:

Es gibt nach diesem Entwurf kein vorgeschriebenes Aussetzen der Störemissionen wenn keine Daten übertragen werden, denn es heißt in Zeilen 211-213: "Without user data transmission, the unsymmetrical

disturbances from the PLC port shall comply with the disturbance limits given in Table 1 between 150 kHz and 30 MHz ..."

Punkt 4:

Für die vorgesehene Leistungsregelung ("Dynamic Power Control") werden indirekt die Verluste ("symmetrical mode insertion loss") im Stromnetz gemessen und je verlustbehafteter das Stromnetz ist, umso mehr wird die eingespeiste Leistung erhöht. Da aber diese Verluste zum großen Teil aus elektromagnetischen Strahlungsverlusten bestehen, ist die eingespeiste Leistung umso höher je mehr vom Stromnetz abgestrahlt und dadurch potentiell gestört wird. Diese Methode der Leistungsregelung nützt einzig und allein PLC, aber aus Sicht der Funkdienste potenziert sie die Störungen sogar noch und ist damit kontraproduktiv !

Fazit:

EN 55022 wurde noch von Fachleuten geschrieben, um das Funkspektrum zu schützen - FprEN 50561-1 wurde dagegen von der Industrie geschrieben, um PLC-Geräte verkaufen zu können. Tatsächlich besteht keinerlei Notwendigkeit für eine neue Norm - der wirkliche Zweck dieses Norm-Entwurfs ist es, die bestehenden und wohlbedachten Grenzwerte für Störleistungspegel im Interesse der PLC-Lobby auf das bis zu 10000-fache zu erhöhen und den Europäischen Markt mit PLC-Geräten zu fluten. Stimmt man ihm zu, wird die wertvolle natürliche Ressource Kurzwelle mit Sicherheit für den Amateurfunkdienst völlig und für den Rundfunkdienst fast unbrauchbar.

FprEN 50561-1 unterminiert die Verpflichtung zum Schutz der Funkdienste vor schädlichen Störungen, welche alle Mitglieder der Internationalen Fernmeldeunion durch die Bindung an die "Radio Regulations" der ITU eingegangen sind, denn diese schreiben vor:

"S15.12 § 8 Administrations shall take all practicable and necessary steps to ensure that the operation of electrical apparatus or installations of any kind, including power and telecommunication distribution networks, but excluding equipment used for industrial, scientific and medical applications, does not cause harmful interference to a radiocommunication service and, in particular, to a radionavigation or any other safety service operating in accordance with the provisions of these Regulations."

Der Rundfunkdienst auf der besonders wertvollen Kurzwelle bietet mit sehr einfachen Mitteln Zugang zu aktuellsten Informationen aus aller Welt, die über andere Medien oft gar nicht, verzögert, zensiert oder nur mit höherem Aufwand erhältlich sind. PLC stört aber insbesondere diesen Kurzwellenbereich,

und so verletzt jede Verwaltung die PLC fördert die *Europäische Menschenrechtskonvention*, deren Artikel 10 lautet:

"Jede Person hat das Recht auf freie Meinungsäußerung. Dieses Recht schließt die Meinungsfreiheit und die Freiheit ein, Informationen und Ideen ohne behördliche Eingriffe und ohne Rücksicht auf Staatsgrenzen zu empfangen und weiterzugeben."

PLC ist keine Funkanwendung und unter der EMV-Direktive hinsichtlich Störemissionen gleichgestellt mit anderen elektronischen Geräten, und trotzdem wird diese Technologie wie ich aufgezeigt habe von der Europäischen Kommission gegen jede technische Vernunft protegirt. Würde diese Norm angenommen, könnten sich die Hersteller anderer elektronischer Geräte darauf berufen und dieselben überhöhten Grenzwerte fordern. FprEN 50561-1 und die EMV-Direktive wirken zusammen so, als würde man den freien Handel mit harten Drogen erlauben aber gleichzeitig ihren Konsum verbieten - diese absurde Kombination ist exemplarisch für die neoliberale Lobby-Politik der Europäischen Kommission. Der zweite Teil dieses Artikels mit dem Titel *"Zum Scheitern verurteilt: FprEN 50561-1"*¹¹ wird beweisen, dass dieser Norm-Entwurf unnötig und unzulässig ist ...

Referenzen

1. Hensen, C. : "CISPR 22 Compliance Test of Power-Line Transmission Systems", Proceedings of the 6th International Symposium on Power-Line Communications and its Applications (ISPLC), Athens, Greece, March 27-29, 2002.
2. <http://cq-cq.eu/EN55022-2006.pdf>
3. Schriftliche Anfrage von Alejo Vidal-Quadras, Fiona Hall, Satu Hassi, Pilar del Castillo Vera und Erika Mann and die Europäische Kommission, 2. April 2009.
4. http://cq-cq.eu/Verheugen_Lucas.pdf
5. CISPR 16-4-4 "Statistics of complaints and a model for the calculation of limits for the protection of radio services" enthält im Annex A Werte für Stromnetz-Entkopplungsfaktoren welche durch umfangreiche Messungen in realen Niederspannungs-Stromnetzen in den 1960er Jahren ermittelt wurden. Diese Werte gelten auch heute noch als begründet und repräsentativ.
6. <http://cq-cq.eu/cispr22.htm>
7. <http://cq-cq.eu/cispr22part2.htm>
8. <http://cq-cq.eu/M313.pdf>
9. http://cq-cq.eu/Ortun_Silvan.pdf
10. http://cq-cq.eu/EN50561_Draft.pdf
11. http://cq-cq.eu/DJ5IL_rt005d.pdf

DJ5IL_rt004d.pdf
Originalversion: 5.10.2012
Revisionen: 16.10.2012, 28.11.2012