

Internet aus der Steckdose

dLAN – direct LAN / indoor PLC – Powerline Communication

Das altbekannte, aber heute kaum noch gebräuchliche Prinzip des Babyphons, nämlich die Stromleitungen der elektrischen Hausinstallation zur Informationsübertragung zu nutzen, erlebt seit einigen Jahren eine Renaissance für die Datenübertragung in Computernetzwerken, die als dLAN (direct LAN) oder indoor PLC (Powerline Communication) bezeichnet werden. In einer orientierenden Pilotstudie haben Mitglieder der Fachgruppe Physik im Berufsverband Deutscher Baubiologen VDB e.V. untersucht, in welcher Höhe unerwünschte Abstrahlungen des hochfrequenten dLAN-Datensignals von den Leitungen der Stromversorgung erfolgen.

Wie funktioniert dLAN?

Früher arbeiteten Babyphone nicht wie heute meist üblich per Funk, sondern sie nutzten die Leitungen der Elektroinstallation, um Sprachsignale von einem Raum (Kinderzimmer) in einen anderen (z.B. Wohnzimmer) zu übertragen. Heutzutage ist dieses Übertragungsprinzip für Babyphone unüblich geworden und es dominieren hier fast durchweg Funklösungen.

Mit dem Aufkommen von Computernetzwerken und Internetanwendungen in kleineren Büros und in Wohnungen war anfänglich, wenn keine Netzkabel verlegt sind, das funkbasierte WLAN (Wireless Local Area Network) nahezu selbstverständlich. Infolgedessen werden bei baubiologischen Haus-/Schlafplatzuntersuchungen fast regelmäßig WLAN-Immissionen aus dem eigenen Gerät des Kunden oder aus Nachbarwohnungen festgestellt – und fast immer im Standby, d.h. das WLAN wird momentan gar nicht zur Datenübertragung genutzt. Ähnlich wie bei „normalen“ DECT-Schnurlostele-

fonen sendet die WLAN-Basis – die hier „Access Point“ heißt – ständig ein Bereitschaftssignal, das mit einer Frequenz von ca. 10 Hertz periodisch gepulst ist.

Aber vor einigen Jahren hat die Industrie das alte „Babyphon-Prinzip“ wiederentdeckt – diesmal nicht für die Übertragung von Sprache bzw. Babygeschrei, sondern für die schnelle Datenübertragung und den Internet-/Emailzugriff per dLAN. Es gibt am deutschen Markt mittlerweile ca. zehn verschiedene Hersteller solcher Systeme.

Abb. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines dLAN. Die dort eingezeichnete 230V-Leitung repräsentiert alle Leitungen der elektrischen Hausinstallation. Das dLAN-Signal kann dementsprechend an jeder beliebigen Steckdose abgegriffen werden. Am dLAN-Modem können als Endgeräte Notebooks und PCs angeschlossen werden, aber auch netzwerkfähige Drucker, Scanner, Server usw. Mittlerweile gibt es Modems mit integriertem Switch, an denen gleich mehrere Endgeräte angeschlossen werden können.

Achtung: Es gibt auch dLAN-Modems, die zusätzlich ein WLAN-Modul enthalten. Dies ist nicht unbedingt direkt erkenntlich, da die Antenne sich häufig innerhalb des Gehäuses befindet. Hier erfolgt die Verbindung vom dLAN-Modem zum Endgerät nicht per Kabel, sondern drahtlos per Funk. Damit ist aus Sicht der Immissionsminimierung gegenüber dem Betrieb eines „normalen“ WLAN nichts gewonnen. Vom Betrieb solcher Modems ist daher abzuraten oder es sollte – was bei modernen Modems meistens, aber nicht immer möglich ist – die WLAN-Funktion durch einen Schalter am Modem oder in der Softwarekonfiguration ausgeschaltet werden. Ein dLAN erreicht heutzutage genau so hohe oder sogar höhere Datenraten wie ein WLAN, bei meist höherer Zuverlässigkeit. Die Drahtverbindung über die Leitungen der elektrischen Energieversorgung erweist sich meist als stabiler und zuverlässiger als die Funkschnittstelle.

Der Wermutstropfen: Unerwünschte Abstrahlungen

Im Gegensatz zum funkbasierten WLAN erfolgt beim dLAN die Übertragung leitungsgebunden. Aus Immissionsgesichtspunkten elektromagnetischer Felder ist dies zunächst einmal positiv. Die Leitungen der elektrischen Hausinstallation wirken aber wie Antennen und strahlen – als unerwünschte Nebenwirkung – einen Teil der Signalleistung in den

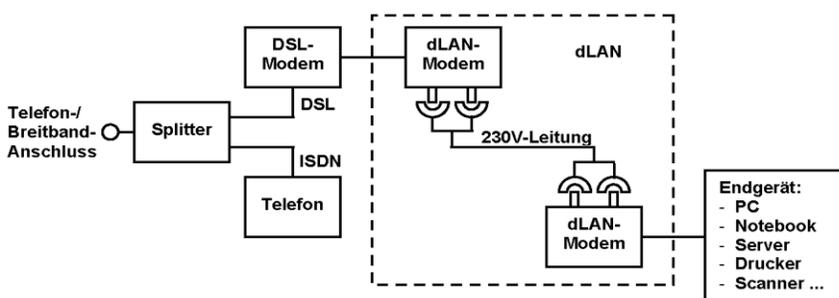


Abb. 1: Prinzipielle Konfiguration eines dLAN

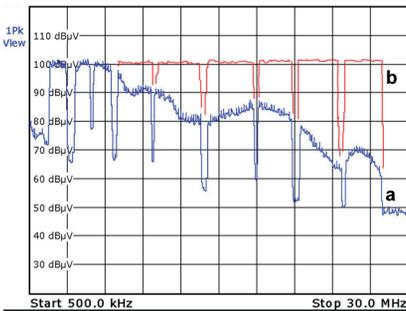


Abb. 2: a) Exemplarisches dLAN-Signal in der Spektrumsdarstellung
b) Theoretischer Idealverlauf (Frequenzbereich 500 kHz - 30 MHz)

Raum ab. Wie stark diese Abstrahlungen sind, wurde von den Autoren in einer orientierenden Pilotstudie untersucht. Diese erhebt nicht den Anspruch einer repräsentativen Darstellung, sondern soll ersten Aufschluss über die Signalcharakteristik (gepulst/ungepulst) und die Größenordnung der Immissionen geben. Umfangreichere Untersuchungen unter verschiedenen wohnungstypischen Randbedingungen und mit unterschiedlichen dLAN-Typen sind geplant.

Signalcharakteristik

dLAN arbeiten mit einem breitbandigen Übertragungsverfahren (OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing) im Bereich von ca. 1 MHz bis 30 MHz. Die von ihnen abgestrahlten Hochfrequenz-Emissionen liegen damit in diesem Frequenzbereich. Abb. 2 zeigt in der Spektrumsdarstellung das Signal des bei den Untersuchungen verwendeten dLAN-Modems (devolo dLAN 200 AVEasy), das den Frequenzbereich von ca. 1,5 MHz bis 28 MHz belegt (Kurve a). Die Messung in Abb. 2 erfolgte mittels Spektrumanalysator direkt an der 230V-Steckdose über einen speziellen Auskopeladapter, der die Netzfrequenz von 50 Hz unterdrückt und nur das hochfrequente dLAN-Signal passieren lässt. Die vom Modem auf die Netzleitung aufgeprägte Signalspan-

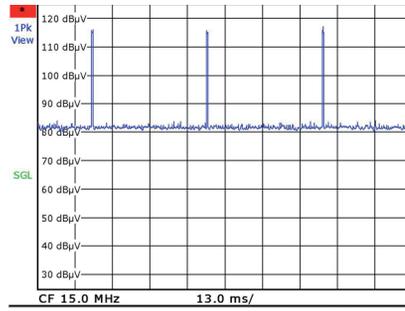


Abb. 3: dLAN-Signal im Standby, Pulsfrequenz 25 Hz (Zeitskala 130 ms)

nung wurde zu ca. 3,5 V mit dem Peak-Detector (Spitzenwert) gemessen. Der mit dem RMS-Detector gemessene Effektivwert betrug ca. 1 V. Das Verhältnis von Peak- zu RMS-Wert entspricht 11 Dezibel und stellt einen für das verwendete OFDM-Übertragungsverfahren typischen Wert dar.

An einem anderen, älteren Modemtyp des gleichen Herstellers wurden mit ca. 1 V Peak und 0,3 V RMS niedrigere Spannungen gemessen (MicroLink dLAN Highspeed 85). Dies macht deutlich, dass man nicht alle Typen über einen Kamm scheren kann, sondern dass unterschiedliche Modemtypen zu unterschiedlich hohen Immissionen führen können.

Die „Buckel“ in Abb. 2, Kurve a, und der Abfall des Signals zu höheren Frequenzen hin zeigen deutlich den Einfluss der Netzimpedanz. Bei ideal konstanter Netzimpedanz über den gesamten Frequenzbereich ergäbe sich theoretisch ein Verlauf gemäß Abb. 2, Kurve b.

Im Standby-Zustand (also wenn keine Daten übertragen werden) senden die Modems permanent ein „Baken-signal“ aus. Die Höhe der Spannung im Standby und während der Datenübertragung unterscheidet sich nur unwesentlich. Das Standby-Signal ist periodisch gepulst. Die Pulsfrequenz beträgt beim hier verwendeten Typ devolo dLAN 200 AVEasy 25 Hz (Abb. 3), beim MicroLink dLAN Highspeed 85 nur 0,66 Hz. Während des Datentransfers werden die Informationen in „Datenpake-

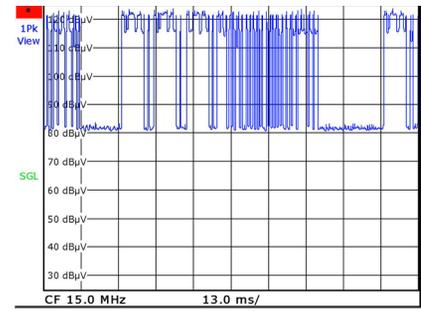


Abb. 4: dLAN-Signal mit Datenübertragung (Zeitskala 130 ms)

ten“ übertragen (Abb. 4). Hier war keine dominante feste Pulsfrequenz festzustellen.

Immissionen

Im Frequenzbereich von 1 MHz bis 30 MHz liegen die Wellenlängen bei 300 m bis 10 m. Innerhalb von üblichen Wohnräumen befindet man sich daher immer im so genannten Nahfeld, in dem die elektrische und die magnetische Feldkomponente jeweils für sich gemessen werden muss. Dementsprechend kamen zur Messung der HF-Immissionen eine elektrische und eine magnetische Antenne zum Einsatz.

Die Messungen wurden mit den gleichen dLAN-Modems (devolo dLAN 200 AVEasy) in drei verschiedenen Häusern durchgeführt. Die Häuser liegen an der gleichen Straße unmittelbar nebeneinander. Haus Nr. 1 ist in Massivbauweise ausgeführt und verfügt über eine Elektroinstallation mit geschirmten Leitungen. Die beiden übrigen Häuser sind mit konventionellen, nicht geschirmten Elektroinstallationen ausgestattet. Haus Nr. 2 ist ein Massivbau und Haus Nr. 3 ein Holzrahmenbau mit Dielenböden und Holzbalkendecken.

Elektrisches und magnetisches Feld des dLAN wurden in verschiedenen Abständen von der Zimmerwand gemessen. Die Messpunkte wurden so ausgewählt, dass sich die Antennen in Höhe einer in der Wand verlaufenden 230V-Leitung befanden, an der die dLAN-Modems angeschlos-

sen waren. Die dLAN-Modems wurden somit im gleichen Zimmer betrieben, in dem auch gemessen wurde. Die Messungen erfolgten mit laufendem Datentransfer. Somit wurde der worst case mit den jeweils höchstmöglichen Immissionen abgebildet. Orientierende Tests zeigten, dass sich durch Einschalten oder den zusätzlichen Anschluss von elektrischen Geräten die Magnetfeld-Immissionen verändern können; sie können sowohl höher als auch niedriger werden. Dies lässt sich durch Veränderungen der Netzimpedanz erklären.

Die Messergebnisse sind graphisch in Abb. 5 und Abb. 6 zusammengefasst.

Sowohl beim elektrischen als auch beim magnetischen Feld zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Häusern. In Haus Nr. 1, dem Massivbau mit geschirmter Elektroinstallation, sind beide Feldarten am niedrigsten.

Beim elektrischen Feld unterscheiden sich die Kurven in allen drei Häusern bei allen Abständen von der Wand. In Haus 1 und Haus 2 (Massivbauten) nimmt das elektrische Feld mit zunehmendem Wandabstand sehr schnell ab, während es in Haus 3 (Holzrahmenbau) nahezu unabhängig von der Entfernung fast gleich groß ist. Ab ca. 20 bis 30 cm Abstand nimmt das E-Feld in allen drei Fällen nicht weiter signifikant ab, sondern ist nahezu konstant. Der teilweise Anstieg in 150 cm Abstand ist darauf zurückzuführen, dass die Messantenne hier schon in den Einwirkungsbereich anderer Leitungen gerät.

Beim Magnetfeld ist dagegen in allen drei Fällen die typische Abnahme mit zunehmendem Abstand zu verzeichnen. Ab ca. 30 cm Wandabstand unterscheiden sich die Immissionen in den beiden Häusern mit konventioneller Elektroinstallation nicht mehr. Dagegen liegen die Immissionen in dem Haus mit geschirmter Elektro-

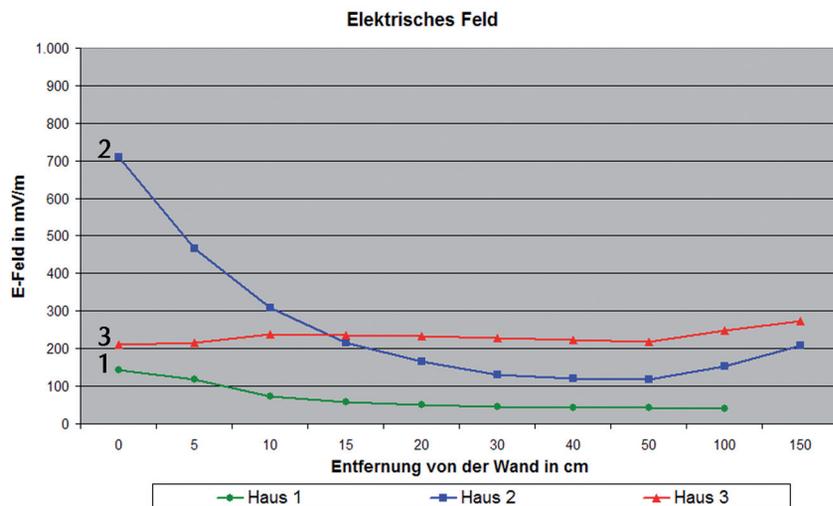


Abb. 5: Immissionen des elektrischen dLAN-Feldes in den drei Häusern

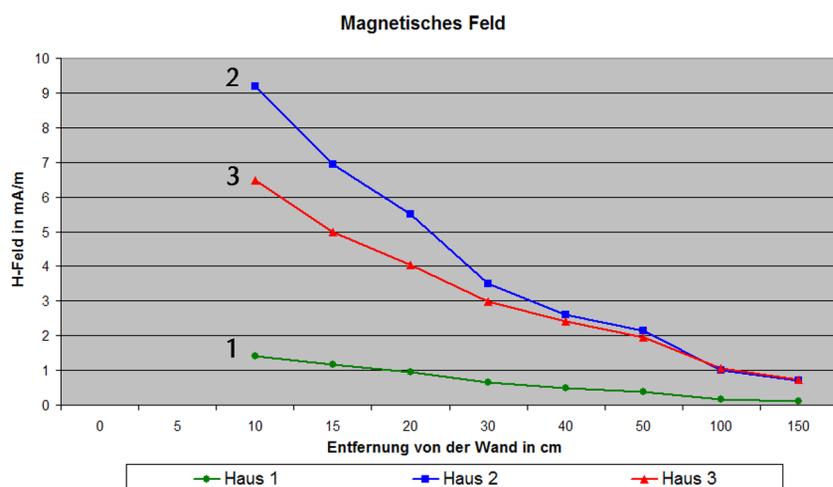


Abb. 6: Magnetfeld-Immissionen des dLAN in den drei Häusern

installation bei jedem Abstand deutlich unter denen in den Häusern mit konventioneller Installation.

Vergleich von dLAN- und WLAN-Immissionen

In der folgenden Tab. 1 werden die Immissionen des hier verwendeten dLAN den Immissionen eines typischen WLAN Access Point (D-Link DIR-825) in verschiedenen Abständen gegenübergestellt. Beim dLAN ist für jeden Abstand der niedrigste und der höchste gemessene Wert angegeben.

Beim WLAN liegen alle Immissionen, sowohl beim elektrischen als auch beim magnetischen Feld,

deutlich über denen des dLAN. Von daher ist das dLAN dem WLAN vorzuziehen. Allerdings ist das Ausbreitungsverhalten der dLAN- und WLAN-Emissionen unterschiedlich. Während beim WLAN die Feldstärke mit zunehmendem Abstand vom Access Point immer kleiner und durch Wände oder Decken zusätzlich gedämpft wird, fungieren beim dLAN alle Leitungen der elektrischen Hausinstallation als Antennen. Aufgrund von Leitungsverlusten der „grobe“, für die Energieübertragung ausgelegt und nicht für eine schnelle Datenübertragung konzipierten Stromleitungen ist auch hier eine Abnahme der Feldstärke mit zunehmendem Abstand vom dLAN-

Modem zu erwarten. Wie stark diese Abnahme ist und ob nicht doch bei größeren Entfernungen die dLAN-Immissionen die des WLAN übersteigen können, bedarf der weiteren messtechnischen Abklärung. Hierbei ist wiederum zu beachten, dass nicht nur in der Nähe des WLAN Access Point, sondern auch an den WLAN-Endgeräten hohe Feldstärken auftreten.

Fazit und erste Schlussfolgerungen

Die folgenden Schlüsse basieren auf den hier vorgestellten orientierenden Messergebnissen. Sie sind noch nicht durch umfangreichere Untersuchungen erhärtet und abgesichert, haben daher größtenteils eher hypothetischen Charakter und dienen als Arbeitsgrundlage für weitere Untersuchungen.

Gebäudespezifische Einflüsse sind offensichtlich gravierend für die Höhe der dLAN-Immissionen. Die selben dLAN-Komponenten führen beim Betrieb in verschiedenen Gebäuden zu deutlich unterschiedlichen elektrischen und magnetischen Feldstärken.

Durch die Messungen wird bestätigt, dass Nahfeldbedingungen herrschen. Elektrisches und magnetisches Feld verhalten sich prinzipiell wie im Niederfrequenzbereich und zeigen ein unterschiedliches Ausbreitungsverhalten. Offensichtlich koppelt das elektrische Feld stark an Holzwerkstoffe an und wird so in Gebäuden

mit Holzbauweise stark verbreitet. Das Magnetfeld erscheint dagegen unabhängig von den verwendeten Baustoffen.

Typisch für das elektrische Feld scheint zu sein, dass es ab einem Abstand von ca. 20 bis 30 cm von den Wänden nicht mehr signifikant abnimmt, sondern einen eher diffusen Charakter aufweist und den ganzen Raum „nahezu gleichmäßig auszufüllen“ scheint. Beim Magnetfeld ist dies nicht der Fall.

Veränderungen der Netzimpedanz durch Ein- oder Ausschalten von elektrischen Verbrauchern führen zu veränderten Magnetfeldern.

Es scheint, als ob eine geschirmte Elektroinstallation einen feldreduzierenden Effekt haben könnte, wenn auch der Schirmfaktor für das elektrische Feld bei weitem nicht so hoch ist wie bei 50 Hz. Dafür scheint aber auch das Magnetfeld reduziert zu werden, was bei 50 Hz nicht der Fall ist. Möglicherweise ist dieser Effekt auf Wirbelströme in der Aluminium-Schirmfolie und die damit verbundene Gegeninduktion zurückzuführen, deren Wirkung mit steigender Frequenz zunimmt. Ob die hier gemessenen niedrigeren Felder tatsächlich auf der Abschirmung beruhen oder andere Ursachen haben, bedarf der weiteren Untersuchung mit höheren Fallzahlen.

Im Nahbereich um das dLAN-Modem bzw. einen WLAN Access Point oder ein WLAN Endgerät sind die WLAN-Immissionen deutlich höher als die des dLAN. Hier ist un-

ter Immissionsgesichtspunkten dem dLAN der Vorzug zu geben. Ob dies auch in größeren Entfernungen und in anderen Räumen zutrifft, bedarf noch der messtechnischen Untersuchung.

Auf jeden Fall sollten unter dem Gesichtspunkt der Expositionsminimierung wo immer möglich kabelgebundene LAN-Netzwerke bevorzugt werden. Erscheint der Einsatz eines dLAN oder WLAN unverzichtbar, so sollten die Geräte nur eingeschaltet werden, wenn die Datenübertragung auch tatsächlich benötigt wird. Bei festen Nutzerzeiten kann dies z.B. auch über eine Zeitschaltuhr geschehen. Unnützer Standby-Betrieb sollte vermieden werden.

Hinweis zur Datensicherheit

Entgegen der oft zu hörenden Behauptung, das dLAN-Signal könne den Stromzähler nicht passieren und daher nicht in andere Wohnungen gelangen, zeigen Praxiserfahrungen, dass dem nicht unbedingt so ist. Die Hersteller von dLAN-Komponenten versehen üblicherweise alle ihre Geräte bei der Auslieferung mit dem gleichen Passwort. Nach der Installation eines solchen Systems sollte man aus Gründen der Datensicherheit und des Schutzes vor Fremdzugriff daher zu allererst das Passwort ändern.

Verwendete Messgeräte:

HF-Spektrumanalysator Rohde & Schwarz FSL 6 (9 kHz - 6 GHz), Magnetantenne Schwarzbeck FMZB 1537 (9 kHz - 30 MHz), E-Feld-Sonde Schwarzbeck EFS 9218 (9 kHz - 300 MHz), Breitband-Bikonus-Messantenne Schwarzbeck SBA 9113 B (80 MHz - 3 GHz), Auskoppeladapter Bajog ASK-06 (9 kHz - 30 MHz)

*Dr.-Ing. Martin H. Virnich,
Mönchengladbach;
Dr.-Ing. Dietrich Moldan, Iphofen;
Baubiologen IBN, Berufsverband
Deutscher Baubiologen VDB e.V.*

Abstand ¹⁾	E-Feld in mV/m		H-Feld in mA/m	
	dLAN	WLAN ²⁾	dLAN	WLAN ³⁾
0,5 m	40 - 220	2.000	0,4 - 2,0	5,0
1,0 m	40 - 220	1.150	0,2 - 1,0	3,0
1,5 m	40 - 220	900	0,1 - 0,7	2,3

¹⁾ bei dLAN Abstand von der Wand, bei WLAN Abstand vom Access Point

²⁾ E-Feld gemessen

³⁾ H-Feld unter Fernfeldbedingungen aus dem gemessenen E-Feld berechnet

Tab. 1: Vergleich von dLAN- und WLAN-Immissionen