

Ratgeber 3

VORSICHT WLAN!

Risiken und Alternativen beim Einsatz
von WLAN in Schulen, am Arbeitsplatz
und Zuhause

Information der Umwelt- und Verbraucherschutzorganisation diagnose:funk



diagnose: **funk**

diagnose:funk

Umwelt- und Verbraucherorganisation zum Schutz vor elektromagnetischer Strahlung

Ratgeber 3

Vorsicht WLAN! – Risiken und Alternativen beim Einsatz von WLAN in Schulen, am Arbeitsplatz und Zuhause

4. überarbeitete und aktualisierte Auflage September 2019 | Bestell-Nr.: 103 von Dr. Klaus Scheler und Dipl. Ing. (FH) Gerrit Krause

Dr. Klaus Scheler studierte an der Universität Bonn Mathematik und Physik und promovierte 1980 in Physik. Danach arbeitete er als wiss. Mitarbeiter am Institut für Didaktik der Naturwissenschaften - Fach Physik an der Universität Köln und von 1988 - 1990 am Institut für Datenverarbeitung/Informatik (IfD/I) an der

Pädagogischen Hochschule Heidelberg. Von 1990 bis März 2015 war er dann für die Fächer Physik und Sachunterricht als akademischer Mitarbeiter tätig.

Dipl. Ing. Gerrit Krause absolvierte eine Lehre im Elektrohandwerk, war Radarmechaniker bei der Bundeswehr und hat einen Studienabschluss in der Fachrichtung elektrische Nachrichtentechnik.

Bei AEG arbeitete er als Entwickler und bei Schloemann/Siemag in der Entwicklung von Prozessrechner- und Fertigungsleitsystemen, sowie in der Konzeption von Informationsnetzwerken. Zuletzt war er als freier, beratender Ingenieur für technische Kommunikationssysteme tätig.



Unterstützen Sie die Arbeit von diagnose:funk

diagnose:funk ist eine gemeinnützig anerkannte Umwelt- und Verbraucherorganisation zum Schutz vor elektromagnetischer Strahlung. Unterstützen Sie uns mit Ihrer Spende, durch Ihre Mitgliedschaft oder als Fördermitglied. Geben Sie bei Überweisungen bitte Ihre Adresse im Betreff an.

Fördermöglichkeiten online:
www.diagnose-funk.org/unterstuetzen

Spendenkonto
Diagnose-Funk e.V.
IBAN: DE39 4306 0967 7027 7638 00
GLS Bank
BIC: GENODEM1GLS

Bestelladresse

diagnose:funk Versand D + Int.
Palleskestraße 30
D-65929 Frankfurt
Fax: 069/36 70 42 06
Email: bestellung@diagnose-funk.de
Web: www.shop.diagnose-funk.org

Impressum

Herausgeber: diagnose:funk
kontakt@diagnose-funk.org
Diagnose-Funk e.V.
Postfach 15 04 48, D-70076 Stuttgart
kontakt@diagnose-funk.de

Diagnose-Funk Schweiz
Heinrichsgasse 20, CH 4055 Basel
kontakt@diagnose-funk.ch

1. Einführung	04
Dauerbestrahlung – unbedenklich?	04
Warum dieser Ratgeber	06
2. Gesundheitsgefährdungen durch Mobilfunkstrahlung	07
2.1 Vielfältige Risiken - ein Überblick	07
Kurzfristige Bestrahlungsrisiken	07
Langfristige Bestrahlungsrisiken	08
Mittelfristige Verhaltensrisiken	10
2.2 Viele Empfehlungen, aber keine Anwendung des Vorsorgeprinzips	12
Empfehlungen von den Behörden und der Mobilfunkindustrie	12
Das Vorsorgeprinzip muss konsequenter angewandt werden	15
2.3 Wie stark werden Kinder und Jugendliche bei der Nutzung von WLAN-Geräten bestrahlt?	18
Spitzen- und Mittelwerte der Strahlung von WLAN-Sendern	20
Der Spitzenwert als biologisch relevanter Parameter von WLAN	21
Strahlungsintensitäten in der Umgebung von WLAN-Sendern	22
Strahlungsintensitäten im Unterricht mit und ohne WLAN	24
Grenzwerte und Vorsorgewerte zur Beurteilung der Strahlenbelastung	28
2.4 Studienüberblick zu Gesundheitsrisiken von Mobilfunkstrahlung	29
Studienüberblick zu Risiken von HF-Feldern (alle)	31
Besondere Risiken bei Unterricht mit WLAN (Überblick)	31
Beweise, konsistente Hinweise und das Vorsorgeprinzip	32
2.5 Studienüberblick zu Gesundheitsrisiken von WLAN-Strahlung	36
Der WLAN-Review von Martin Pall	36
Ein Hauptwirkungsmechanismus: Oxidativer Stress	37
Der WLAN-Review von Isabel Wilke	40
Ausgewählte Ergebnisse des WLAN-Reviews von Isabel Wilke	42
2.6 Die zunehmende Verschlechterung des Gesundheitszustands von Kindern und Jugendlichen durch Mobilfunkstrahlung	45
Zur höheren Empfindlichkeit von Kindern und Jugendlichen	45
Zunehmende Verhaltens- und Entwicklungsstörungen von Kindern	47
Zu erwartende Probleme bei dauerhafter Mobilfunk- bzw. WLAN-Bestrahlung	50
3. Vorsorge- und Schutzmaßnahmen	53
3.1 Empfehlungen für den privaten Bereich	53
3.2 Empfehlungen für Kindergärten und Grundschulen	59
3.3 Empfehlungen für weiterführende Schulen	63
Die Entwicklung von WLAN an Schulen	63
Auswahl geeigneter Kommunikationsnetze	65
Empfehlungen zur Risikominimierung im Einzelnen	68
Empfehlungen zur Zukunftsfähigkeit	71
4. Ausblick auf künftige Alternativen zu heutigen WLANs	73
4.1 Optische Kommunikation: Visible Light Communication (VLC)	73
Hintergrund zur Entwicklung von VLC	76
4.2 Infrastrukturschema eines Kommunikationsnetzes aus Kleinstzellen	77
Steuerung des Netzwerks durch WLAN-Process-Controller (WPC)	79
Automatische Steuerungsfunktionen im WPC	80
5. Folgerungen und Forderungen	82
6. Glossar	85
7. Quellennachweise	91

1. Einführung

Funkverbindungen mittels WLAN haben sich in unserem privaten und öffentlichen Umfeld etabliert und werden derzeit als scheinbar risikolose Basistechnologie angesehen und vermarktet: WLAN ermöglicht eine drahtlose Verbindung zum Internet über eine unter Umständen mehrere 100 m weit reichende WLAN-Strahlung.

Auch alle Schulen sollen ab 2019 im Rahmen des Digitalpakts der Bundesregierung nach und nach mit WLAN ausgerüstet werden. Dabei werden überwiegend nur die Vorteile hervorgehoben: Denn WLAN-Netze ermöglichen jederzeit und an jedem Ort einen bequemen Zugang zum Internet/Intranet mit Laptops, Tablets oder Smartphones. Eine Funkverbindung ist jedoch dazu in den allermeisten Fällen nicht erforderlich, eine Kabelverbindung würde ausreichen! Funkverbindungen (WLAN) sind zwar einfacher zu realisieren, praktischer und billiger, aber es kommt in vielen Fällen zu einer Dauerbestrahlung der Schülerinnen und Schüler und der Lehrpersonen!

Dauerbestrahlung – unbedenklich?

Mehr als 20 Jahre weltweite Forschungen über die biologischen Wirkungen der derzeit eingesetzten elektromagnetischen Hochfrequenzwellen im Mobilfunk belegen unterhalb der Grenzwerte zahlreiche Gesundheitsrisiken für Kinder, Jugendliche und Erwachsene, nach neueren Erkenntnissen insbesondere auch für schwangere Frauen (Hensinger, Wilke 2016¹). Eine Zusammenstellung bedeutsamer Studien und ihrer Forschungsergebnisse finden Sie auf den Seiten: www.emfdata.org und www.diagnose-funk.org.

Dazu kommt: Die Risiken für Kinder und Jugendliche sind bei gleicher Strahlenexposition deutlich höher und müssen damit als gefährlicher bewertet werden als die von Erwachsenen (Kapitel 2.6): Wenn Kinder und Jugendliche in Schulen Mobilfunkstrahlung u. a. durch WLAN ausgesetzt werden, wird ihre Gesundheit stärker aufs Spiel gesetzt als die eines Erwachsenen.

„Obwohl dabei Grundrechte tangiert werden (Gesundheit, Elternrecht, Kindeswohl, Datenschutz) findet nirgendwo eine rechtliche Diskussion statt. Offenbar werden die tatsächlichen Probleme für vernachlässigbar gering gehalten, besonders auch Gesundheitsgefahren, obwohl sogar genetische und damit über die gegenwärtige Generation hinausreichende Schäden nicht ausgeschlossen erscheinen (Art. 20a GG). Fragen der Gesundheit wären somit vordringlich zu klären und Gefahren für die (Schul-) Kinder in jedem Falle vorsorglich und als Erstes zu minimieren.“ (Budzinski 2017²)

Die Gesundheitsrisiken sind in weiten Teilen der Bevölkerung nicht bekannt, nicht zuletzt deshalb, weil das Thema in den öffentlichen Medien wenig beachtet, von offiziellen Stellen verharmlost und von der Politik ignoriert wird, da ja Grenzwerte eingehalten sind. Da der allgemeine Trend dahin geht, immer mehr Geräte mit Funktechnik zu nutzen, ohne dass nennenswert auf Risiken verwiesen wird oder Warnungen ausgesprochen werden, besteht bei vielen Bürgern ein trügerisches Sicherheitsgefühl. Daher werden Hinweise auf Gesundheitsrisiken nicht ernst genommen oder Gesundheitsbeeinträchtigungen mit der persönlichen Strahlenbelastung oft nicht in Zusammenhang gebracht. Minimierung der persönlichen Strahlenbelastung scheint (noch) überflüssig zu sein, wird aber in Zukunft mit dem Ausbau der neuen Mobilfunkgeneration – Stichwort 5G – immer offensichtlicher und dringlicher werden, da die Strahlenbelastung weiter zunehmen wird!

Warum dieser Ratgeber?

Die Autoren sind nicht generell gegen die Entwicklung digitaler Kommunikation, aber wir wollen WLAN mit seinen Anwendungsmöglichkeiten nicht vertrauensselig und kritiklos propagieren, sondern mit diesem Ratgeber aufzeigen,

- › welche gesundheitlichen Beeinträchtigungen insbesondere bei Kindern und Jugendlichen durch die zunehmende Mobilfunkstrahlung (speziell durch WLAN) nach heutigem Kenntnisstand der Wissenschaft auftreten können (Kapitel 2),
- › durch welche Maßnahmen jeder seine persönliche Strahlenbelastung – insbesondere durch WLAN – minimieren kann (Kapitel 3.1),
- › welche Möglichkeiten insbesondere Schulen haben, ihre Schüler/-innen, ihr Lehrpersonal und andere Mitarbeiter vor WLAN-Strahlung zu schützen (Kapitel 3.2 und 3.3), und
- › dass es eine technisch leistungsfähigere optische Alternative zum heutigen WLAN gibt: Visible Light Communication (VLC), d. h. Datenübertragung mit Licht. Die Technik wurde bereits am Hegel-Gymnasium in Stuttgart (www.t1p.de/opg8) erfolgreich erprobt. Auch in anderen Ländern (z. B. China, Japan) wird sie bereits eingesetzt. VLC ist nach derzeitiger Kenntnis höchstwahrscheinlich deutlich weniger riskant als WLAN, ggf. sogar unbedenklich, und ist bereits auf dem Markt erhältlich (Kapitel 4).



2. Gesundheitsgefährdungen durch Mobilfunkstrahlung

2.1 Vielfältige Risiken – ein Überblick

Kurzfristige Bestrahlungsrisiken

Die kurzfristigen biologischen Wirkungen von Mobilfunkstrahlung zeigen sich für viele Kinder und Jugendliche vor allem in folgenden sog. Befindlichkeitsstörungen, die auch unter dem Begriff Mikrowellensyndrom bekannt sind:

- › zunehmende und anhaltende Kopfschmerzen (inkl. Migräne), schnelle Erschöpfung;
- › (Ein-) Schlafstörungen, zeitlich verkürzte Tiefschlafphasen, Tagesmüdigkeit;
- › Lernstörungen: vor allem (Kurzzeit-) Gedächtnisstörungen, Konzentrationsstörungen;
- › Verhaltensauffälligkeiten: Reizbarkeit, Gereiztheit, innere Unruhe und Nervosität, zunehmendes Auftreten von ADHS, depressive Tendenzen;
- › Herz-Kreislauf-Störungen (Herzrasen) (Havas 2010³); Schwindel und Ohrgeräusche, zum Teil auch Hör- und Sehstörungen.

Die Befindlichkeitsstörungen werden unter dem Einfluss *aller* Mobilfunkquellen beobachtet, u. a. in der Nähe von Basisstationen, bei Schnurlostelefonen (DECT-Standard), insbesondere auch bei aktiven WLAN-Sendern. Sie treten nach Inbetriebnahme eines Senders für manche sofort,

für andere erst nach Tagen, Wochen oder Monaten auf. Viele Betroffene waren vorher beschwerdefrei. Die Erfahrung vieler Eltern und Lehrenden bestätigt die Zunahme dieser Symptome bei immer mehr Kindern in den letzten Jahren.

Wie sehr diese Risiken tatsächlich bereits Realität geworden sind, belegen vor allem auch die Jahresstatistiken der Krankenkassen: Bei Schülerinnen und Schülern zeigen sich diese Wirkungen vor allem in Kopfschmerzen, die in den letzten Jahren dramatisch angestiegen sind (Barmer Arztreport 2017⁴, Fendrich et al 2007⁵, Redmayne et al 2013⁶), sowie in kognitiven Beeinträchtigungen: Insbesondere sind Konzentration und Gedächtnis betroffen.

Erfahrungsgemäß verschwinden die Symptome nach einer Erholungsphase (von mindestens 2 Stunden) in einer weitgehend strahlungsfreien Umgebung, oft aber erst dann, wenn die Strahlenbelastung dauerhaft aufhört oder zumindest stark reduziert wird – eine wichtige Präventionsmaßnahme! In den ersten Jahren nach Auftreten der Beschwerden helfen symptomatische Therapien (Tabletten) nur mangelhaft. Wer dauerhaft bestrahlt wird, sodass der Körper keine Erholungsphasen bekommt, lebt mit einem hohen Risiko, im Laufe der Jahre schwerwiegende Erkrankungen zu entwickeln.

Langfristige Bestrahlungsrisiken



Die langfristigen biologischen Wirkungen bei Kindern bestehen u. a. in Entwicklungsstörungen, neurologischen Störungen, z. B. Kopfschmerzen und Migräne, ggf. in Elektrohypersensibilität oder in Überempfindlichkeiten gegen Stoffe aus der Umwelt, in negativen Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit, sowie in einer erhöhten Krebsgefahr:

Wir wissen heute, dass für Kinder und Jugendliche, die vor dem 20. Lebensjahr beginnen, ein Mobiltelefon zu benutzen, ein deutlich erhöhtes Risiko für die Entwicklung eines bösartigen Hirntumors in ihrem späteren Leben besteht. Je jünger ein Kind ist und je länger es ein Handy benutzt, umso stärker steigt das Risiko für einen Tumor – bis zum 4,4-fachen – an (Hardell 2008⁷, Hardell 2013⁸).

Seit Einführung der mobilen Kommunikation 1993 steigt in Deutschland die Zahl der jährlich an Krebs erkrankten Kinder (bis 15 Jahre) kontinuierlich an (um ca. 25% zwischen 1993 – Jahr der Einführung von DECT-Schnurlostelefonen – und 2012, Robert Koch Institut 2013⁹), in anderen Ländern zeigen sich noch dramatischere Entwicklungen: Eine Auswertung der US-Krebsstatistik von Gittleman et al 2015¹⁰ zeigte bei Kindern und Jugendlichen signifikante Anstiege der Erkrankungen an bestimmten Krebsarten:

„Die Fälle von gutartigen Tumoren des zentralen Nervensystems haben jedoch deutlich zugenommen. Zum Vergleich kam es bei Jugendlichen zu einer Zunahme von bösartigen und gutartigen Tumoren des Zentralnervensystems. Bei Kindern kam es zu einer Zunahme von akuter myeloischer Leukämie, Non-Hodgkin-Lymphomen, sowie bösartigen Tumoren des Zentralnervensystems.“ (Gittleman et al 2015¹⁰, S. 111)

Auch wenn diese Fakten nicht beweisen, dass Mobilfunkstrahlung die alleinige Ursache dieser Entwicklung ist, so wird immer deutlicher, dass ihr Anteil daran nicht zu unterschätzen ist:

Bereits im Mai 2011 hatte die International Agency for Research on Cancer (IARC), eine Teilorganisation der WHO, Mobilfunk in die Kategorie 2B „potenziell krebserregend“ („possible carcinogens“) eingestuft¹¹. Dazu gehören alle Arten hochfrequenter Strahlung, eingeschlossen Emissionen von Basisstationen, Radio/TV-Sendeanlagen, Radar, WLAN, Smart Meter usw. Die Forschungsergebnisse von Hardell, sowie die neueren Erkenntnisse u. a. der NTP-Studie¹⁸, die Mobilfunkstrahlung als eindeutig krebserregend für Ratten nachgewiesen hat, haben bereits erneute Überlegungen darüber ausgelöst, ob Mobilfunkstrahlung nicht in die höhere Stufe 2A „wahrscheinlich krebserregend“ einzuordnen ist.

Krebserkrankungen bei Kindern und Jugendlichen unter 20 Jahren haben viel kürzere Latenzzeiten (ca. 15–20 Jahre) als bei Erwachsenen, die bis zu 40 Jahre betragen können. Das durch Mobilfunkstrahlung erhöhte Risiko für Krebs bei Kindern und Jugendlichen kann demnach fatale Auswirkungen für ihre mittlere Lebensphase haben (vgl. Kapitel 2.6).

Mittelfristige Verhaltensrisiken



Mit der Verbreitung der Smartphones seit 2007 ist übermäßige Internetnutzung bis hin zu suchtvähnlichem Verhalten ein hohes Risiko für immer mehr Kinder und Jugendliche geworden. Soziale Netze und Messenger-Dienste, sowie interaktive Online-Spiele, absorbieren zunehmend die Aufmerksamkeit und damit die Zeit der Kinder und Jugendlichen. Viele von ihnen erleben bereits Kommunikationsstress. Eine ständige Beachtung des Smartphone führt schnell zu Multitasking und dadurch zu einer abnehmenden Konzentrationsfähigkeit. Nicht selten kommt es zu einer Vernachlässigung der täglichen Aufgaben, Lernprozesse und wichtige Erfahrungen außerhalb der digitalen Welt werden so erschwert. Auch Befindlichkeitsstörungen wie Unruhe, Nervosität, Kopfschmerzen und Schlafstörungen treten immer häufiger auf, nicht zuletzt durch die andauernde Strahlenbelastung der digitalen Endgeräte. Als Folge kann es immer schwieriger werden, befriedigende und stabile Sozialkontakte in der analogen Welt aufzubauen und zu pflegen.

Mittlerweile beobachten Forscher in Europa und Amerika eine starke Zunahme von Kurzsichtigkeit¹² bei Kindern. In Asien benötigen bereits fast alle Schulabsolventen eine Brille. Der Grund für die Sehprobleme: Kinder, die zu häufig und zu lange vor digitalen Geräten sitzen, haben ein doppelt so hohes Risiko, kurzsichtig zu werden, wie Kinder, die sich viel im Freien aufhalten.

Weitere Risiken der Bewegungsarmut zeigen sich in erhöhter Bereitschaft zu Übergewicht und Fettleibigkeit, sowie in Haltungsschäden: Bereits der ständige Blick der „Head-down Generation“ auf das Smartphone kann zu Nackenverspannungen und zu einer Verkrümmung der Wirbelsäule führen.

Strahlenbelastung durch WLAN

Quelle	Entfernung	Leistungsflussdichte in $\mu\text{W}/\text{m}^2$ bei maximaler Auslastung
Access-Point (AP)	0,2 m	$\approx 150.000^{**}$
	0,5 m	$\geq 30.000^{**}$
	1,0 m	12.800 ^{**}
	1,5 m	$\approx 1.000^*$
	3,5 m	$\approx 600^*$
Laptop / Notebook	0,2 m	$\approx 120.000^*$
	0,5 m	$\approx 27.200^*$
	1,0 m	$\approx 4.600^*$
	2,0 m	$\approx 1.300^*$
Tablet / Smartphone	0,2 m	34.000 ^{***}

Tabelle 1: *IMST-Studie²⁸ (S. 16ff und 26ff)

**ECOLOG-Studie (Peak-Werte)³⁴

***Diagnose-Funk

Bei einem WLAN-aktiven Laptop, Tablet oder Smartphone gilt: Wenn man eine Entfernung des Nutzers vom Gerät von 0,3 m = 30 cm als repräsentativ ansieht, schwankt die damit verbundene mittlere Leistungsflussdichte zwischen $6.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$ (schwache Auslastung, Abb. 2) und ca. $90.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$ (maximale Auslastung, Tabelle 1). Mittlere Werte liegen bei $20.000 - 30.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$.

Die Strahlenbelastung von Kindern und Jugendlichen steigt damit beim Streaming von Filmen oder beim Anschauen von Youtube-Videos z. B. im WLAN-Unterricht auf höchste Werte an, wenn sich die Endgeräte in Körfernähe befinden. Aber auch ein Access-Point kann bei Volllast noch einen erheblichen Beitrag leisten, je nachdem, wie weit der Schüler von ihm entfernt ist.

Empfehlungen zur Risikominimierung im Einzelnen

Der WLAN-Standard 802.11 wird ständig weiterentwickelt. Neuere WLAN-Standards haben derzeit noch 2 Buchstaben hinter der Norm 802.11, allerdings wird diese nichtssagende Bezeichnung immer mehr durch die Bezeichnung WiFi 1, WiFi 2 usw. abgelöst: Z. B. verspricht der WLAN-Standard 802.11ac (WiFi 5) eine Übertragungsrates von 1.300 MBit/s, in der Realität werden auch hier die Durchschnittswerte nur zwischen 350 und 440 MBit/s liegen!

Anfang 2019 kam der derzeit neueste WLAN-Standard IEEE 802.11ax (WiFi 6) auf den Markt⁸⁶, der abwärtskompatibel mit den älteren Standards ist. Er nutzt sowohl das 2,4- als auch das 5-GHz-Band und ermöglicht einen ca. 3-fach höheren Datentransfer als der bisher neueste Standard WLAN 802.11ac (WiFi 5) (Tabelle 5). Für den Standard IEEE 802.11ax (WiFi 6) sind erste zugehörige Endgeräte – u. a. das Samsung Galaxy S10 – und Access Points (z. B. von Cisco) auf dem Markt verfügbar. Eine Übersicht über die technischen Daten verschiedener gebräuchlicher WLAN-Standards nach IEEE 802.11 zeigt die Tabelle 5:

WLAN-Standard	IEEE 802.11b WiFi 1	IEEE 802.11g WiFi 3	IEEE 802.11h WiFi 2	IEEE 802.11n WiFi 4	IEEE 802.11ac WiFi 5	IEEE 802.11ax WiFi 6	IEEE 802.11ad
Frequenz	2,4 GHz	2,4 GHz	5 GHz	2,4 oder 5 GHz	5 GHz	2,4 oder 5 GHz	60 GHz
Übertragungsrates (Brutto)	11 MBit/s	54 MBit/s	54 MBit/s	je Antenne 150 MBit/s	bis 3,5 GBit/s	bis 9,6 GBit/s	≥ 14 GBit/s
Übertragungsrates (Netto)	5 MBit/s	2 – 16 MBit/s	bis 32 MBit/s	je Antenne ≤ 70 MBit/s	bis 440 MBit/s	bis 1.200 MBit/s	ab 4.600 MBit/s
Reichweite innen	≈ 38 m		≈ 35 m	≈ 70 m	≈ 70 m	≈ 70 m	bis 10 m
Reichweite außen	bis 100 m		≈ 120 m – 2 km	≈ 250 m	≈ 250 m	≈ 250 m	
Sendeleistung, maximal	bis 100 mW		max. 1 W TPC-Regelung	max. 100 mW, bei 5 GHz TPC-Regelung	max. 200 mW TPC-Regelung	bei 5 GHz TPC-Regelung	TPC-Regelung

Tabelle 5: Die aktuellen WLAN-Standards

4. Ausblick auf künftige Alternativen zu heutigen WLANs

4.1 Optische Kommunikation: Visible Light Communication (VLC)

Visible Light Communications (VLC) ist eine Datenübertragungstechnik, bei der das Licht die Rolle des Übertragungsmediums für alle Arten von Informationen und Diensten spielt. Die Frequenz des zur Übertragung genutzten Lichtes befindet sich dabei im sichtbaren Bereich zwischen 400 THz und 800 THz (1 THz = 1000 GHz). Visual Light Communication wird derzeit weltweit intensiv entwickelt. Die Firma Signify - früher Philips-Lighting - bietet bereits High-Speed-Internetzugänge über modulierte Licht (Trulifi) an (www.signify.com/global/innovation/trulifi). Die VLC-Technik dürfte in der nächsten Zeit in vielen Bereichen genauso leistungsfähig sein wie der kommende Mobilfunkstandard 5G bei hohen Frequenzen.

VLC überträgt Daten durch Licht. Ganz ohne Mobilfunk-Strahlung



In Deutschland hat das Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut⁸⁸ in Berlin (HHI) eine VLC-Technik entwickelt, bei der das **Licht handelsüblicher LED-Lampen, die für die Raumbeleuchtung Verwendung finden, als Datenträger genutzt wird.** Die Daten werden durch hochfrequente Modulation des Lichtstroms übertragen, was für das Auge nicht wahrnehmbar ist. Optische Sensoren (Photodioden) an den Endgeräten lesen die Daten aus dem Lichtstrom wieder aus. Umgekehrt werden die Datenströme vom mobilen Endgerät über einen Infrarotsender an die LED-Lampe zurückgesendet.

Die drahtlose optische Datenkommunikation ist eine eindrucksvolle Alternative zur bestehenden Datenübertragung mit WLAN und Bluetooth. Sie stellt eine attraktive Lösung gerade auch für Schulen dar, da hier besondere Anforderungen an den Schutz der Kinder und Jugendlichen vor den Risiken der Mobilfunkstrahlung vorliegen und zu berücksichtigen sind. Mittlerweile ist VLC als Alternative zu WLAN erfolgreich im Hegel-Gymnasium in Stuttgart zusammen mit dem Fraunhofer HHI installiert worden (www.t1p.de/opg8).

Die VLC-Technik ist als Alternative zur bestehenden Funktechnik für den Hochleistungsinternetzugang konzipiert. Die technischen Möglichkeiten reichen von Punkt-zu-Punkt-Verbindungen bis zu optischen WLAN-Verbindungen (engl.: LiFi = Light-Fidelity), bei denen eine Lichtquelle mehrere Geräte versorgt. Vor allem bieten Bereiche mit ständiger Beleuchtung, wie Großraumbüros, Produktionshallen, medizinische Bereiche, Flugzeugkabinen oder der öffentliche Fern- und Nahverkehr ein großes Anwendungsfeld für diese Technologie. Ihre prinzipielle Funktionsweise zeigen die Grafiken vom Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut (www.t1p.de/vkse) und von der Firma Signify (www.t1p.de/wow3).

Nicht nur für den Indoor-Bereich ist die VLC-Technik bereits bis zur Serienreife entwickelt: Es können derzeit Datenraten von minimal 100 MBit/s bis derzeit maximal 3 GBit/s übertragen werden. Diese Datenübertragungsraten stehen denen der meisten WLAN-Standards in nichts nach.

Weitere Vorteile der VLC-Technik sind:

- > Einfache optische Sender und Empfänger, handelsübliche Komponenten und Standard-Schnittstellen
- > Robuste Datenübertragung ohne Sender- und Empfängerausrichtung
- > **Hohe Datenübertragungsraten**
- > Unterstützung von Mehrbenutzer-Kommunikation
- > **Keine Interferenzen mit Funksystemen, kein Elektromog**
- > Geringeres Störpotenzial
- > Weltweit unregulierte, frei verfügbare Übertragungsfrequenzen
- > **Einfache Abschirmung durch lichtundurchlässige Oberflächen, daher höhere Abhörsicherheit**
- > Die Technik ist sogar unter Wasser einsetzbar und hat dort eine erheblich größere Reichweite als Funkwellen, die schnell absorbiert werden.

VLC ist als Alternative zu WLAN bereits verfügbar und an einer Schule in Stuttgart installiert.



Hintergrund zur Entwicklung von VLC

Die Idee, von der Mikrowellenstrahlung auf sichtbares Licht überzuwechseln, stammt ursprünglich von der Keio-Universität in Japan; inzwischen hat sie sich weltweit verbreitet. Im Ursprungsland Japan arbeiten Firmen wie NEC, Matsushita, Shimizu und weitere intensiv an der Entwicklung von praxistauglichen Systemen, in Korea beschäftigt sich das Unternehmen Samsung damit⁸⁹. In Deutschland sind Forscher am Fraunhofer HHI in Berlin (www.hhi.fraunhofer.de) damit befasst, im übrigen europäischen Raum mehrere Universitäten, vor allem in Edinburgh (Prof. Harald Haas) und Oxford (Prof. Dominic O'Brien). Einen umfassenden Überblick über die Technik und ihre Anwendungsmöglichkeiten bietet folgendes Dokument auf der Webseite von ieee802.org: www.t1p.de/as0e.

Aber auch bei dieser Technik muss erst die Frage nach den Gesundheitsrisiken geklärt werden, d. h.: „Die VLC-Technik muss vor ihrem Einsatz schnellstmöglich auf ihre Gesundheitsverträglichkeit und mögliche negative Effekte auf Tieren und Pflanzen untersucht werden, bevor diese auf den Markt kommen darf“^{90,91}. Allerdings gibt es Hinweise dafür, dass bei der VLC-Technik nicht mit den hohen Gesundheitsrisiken der mikrowellenbasierten Technik zu rechnen ist. Dafür sprechen folgende Unterschiede zu den Mikrowellen (cm-Wellen):

- > der Mensch ist durch Schutzmechanismen evolutionär an die Frequenzen des sichtbaren Lichts angepasst;
- > die Daten-Modulationen sollen nach Aussage der Entwickler im MHz-Bereich liegen und damit außerhalb der mit dem Auge wahrnehmbaren Frequenzen (kein Flimmern);
- > die Strahlung dringt nur Bruchteile von Millimetern in den Körper ein (gegenüber 5 - 10 cm bei Mikrowellen), tiefere Bereiche - wie das Gehirn - werden daher nicht bestrahlt;
- > der bei LED-Licht schädliche, oft hohe Blaulichtanteil kann durch neuartige Beschichtungen weitgehend reduziert werden.

Trotzdem gilt auch hier die Anwendung des ALARA-Prinzips (As Low As Reasonable Achievable).

7. Quellennachweise

Bildquellennachweise

- Abb. 1: WLAN-Pulsung im Standby-Modus. Selbst erstellte Grafik
- Abb. 2: FSM-Forschungsstiftung, Strom und Mobilkommunikation. Informationsblatt: WLAN (2015). ETH Zürich, IFH ETZ K86, Gloriastrasse 35, CH - 8092 Zürich, www.emf.ethz.ch
- Abb. 3: Wissenschaftliche Evidenzen für gesundheitliche Auswirkungen und biologische Effekte durch hf-em Felder in verschiedenen Bereichen der Leistungsflussdichte. Bildquelle: Neitzke et al (2006): EMF-Handbuch, Kapitel 2-12. Genehmigung der Bearbeitung durch Dr. H.-Peter Neitzke; ECOLOG-Institut gGmbH, Hannover
Ebenso in: Fachtagung der E+S Rück: Emerging Risks – Schadenpotenziale der Zukunft.⁴⁶
- Abb. 4: Oxidativer Stress und seine Wirkungen. Selbst erstellte Grafik
- Abb. 5: Biologische Wirkungen durch WLAN nach SAR-Wert. Selbst erstellte Grafik
- Abb. 6: Strahlenaufnahme im Kopfbereich nach Lebensalter. Quelle und Genehmigung: Kinderbüro Steiermark, www.kinderbuero.at
- Abb. 7: ADHS-Zuwachs in Deutschland zwischen 2006 und 2011. Aus: Barmer GEK Arztreport 2013, www.barmer.de/presse/infothek/studien-und-reports/arztreporte
- Abb. 8: Anstieg der ADHS-Diagnosen bei Kindern und Jugendlichen zwischen 4 und 17 Jahren in den USA: Center for Disease Control and Prevention (2012): www.cdc.gov/ncbddd/adhd/data.html
- Abb. 9: Risikoerhöhung für Verhaltensauffälligkeiten von Kindern nach Divan et al (2012). Selbst erstellte Grafik
- Abb. 10: Ein Breitbandkabel-Zugangsnetz. Selbst erstellte Grafik
- Fotos: S. 1: Cora Müller - [stock.adobe.com](https://www.stock.adobe.com), S. 6: Rawpixel Ltd. - [stock.adobe.com](https://www.stock.adobe.com), S. 14:GCapture - [stock.adobe.com](https://www.stock.adobe.com), S. 19: gpointstudio - [stock.adobe.com](https://www.stock.adobe.com), S. 26: Dmitri Maruta - [stock.adobe.com](https://www.stock.adobe.com), S. 29: Kalim - [stock.adobe.com](https://www.stock.adobe.com), S. 35: svetlichniy_igor - [stock.adobe.com](https://www.stock.adobe.com), S. 39: ondrooo - [stock.adobe.com](https://www.stock.adobe.com), S. 46: Yakobchuk Olena - [stock.adobe.com](https://www.stock.adobe.com), S. 52: by-studio - [stock.adobe.com](https://www.stock.adobe.com), S. 56: UnitedPhotoStudio - [stock.adobe.com](https://www.stock.adobe.com), S. 59: Monkey Business - [stock.adobe.com](https://www.stock.adobe.com), S. 66: mavoimages - [stock.adobe.com](https://www.stock.adobe.com), S. 70: pressmaster - [stock.adobe.com](https://www.stock.adobe.com), S. 73: Syda Productions - [stock.adobe.com](https://www.stock.adobe.com), S. 75: David Fuentes Prieto - [stock.adobe.com](https://www.stock.adobe.com), S. 81: Syda Productions - [stock.adobe.com](https://www.stock.adobe.com), S. 84: Syda Productions - [stock.adobe.com](https://www.stock.adobe.com)

Zum Inhalt des Ratgebers

WLAN-aktive Geräte empfangen und senden gepulste Mikrowellenstrahlung mit der Trägerfrequenz 2.450 MHz bzw. 5 GHz. Smartphones, Tablets, Spielekonsolen und PCs nutzen in der Regel WLAN statt Kabelverbindungen mit dem Router. Als scheinbar risikolose Basistechnologie wird WLAN derzeit vermarktet: Hotels, Bibliotheken, Gaststätten, Erholungsparks, Busse und Bahnen, sogar Städte und Gemeinden werben mit ihren kostenlosen WLAN-Hot-Spots. Auch in immer mehr Schulen wird WLAN eingesetzt. WLAN durchdringt immer stärker unser privates und öffentliches Umfeld und verändert so dauerhaft unsere unsichtbare Umwelt.

Heute wissen wir: WLAN ist eine Risikotechnologie, viele Einzelstudien weisen bei ständig wiederkehrender Bestrahlung mit WLAN Gesundheitsgefahren nach, die WHO hat sie sogar als möglicherweise krebserregend eingestuft.

Dieser Ratgeber zeigt auf,

- > dass durch die zunehmende Funkstrahlung die **gesundheitlichen Gefahren** insbesondere für Kinder und Jugendliche im Hinblick auf ihre Entwicklung und ihre kognitiven Funktionen erheblich sind,
- > mit welchen Maßnahmen jeder seine **persönliche Strahlenbelastung**, insbesondere in WLAN-Umgebungen, minimieren kann,
- > **welche Möglichkeiten Schulen haben**, ihre Schüler, ihre Lehrer und andere Mitarbeiter vor WLAN-Strahlung und ihren Risiken weitestgehend zu schützen, und
- > dass es eine technisch viel **leistungsfähigere Alternative** zum heutigen WLAN gibt.

Die Autoren Klaus Scheler und Gerrit Krause befassen sich seit Jahren mit der Problematik von Strahlung und Gesundheit, Gerrit Krause verfügt über langjährige berufliche Erfahrung im Aufbau von Kommunikationsnetzen.