Schule, Tablet und WLAN: Exposition im Bildungssystem

Digitale Bildung ja – unnötige drahtlose Dauerbelastung nein: Was Schulen und Familien tun können

RAUM 1 — Bürger & Familien

Endgeräte · Gerätenähe · Messwerte · Vorsorge

Was verändert sich, wenn Kinder täglich mit Tablet und WLAN lernen?

In vielen Schulen gehören Tablets, Laptops und WLAN inzwischen zum Alltag. Kinderärztinnen, Hausärzte und Eltern beobachten zugleich immer mehr Kinder, die schlecht schlafen, sich schwer konzentrieren, über Kopfschmerzen klagen oder erschöpft sind – und denen es besser geht, wenn Geräte nicht mehr am Körper liegen und nachts aus dem Kinderzimmer verschwinden. Die Studien bestätigen das erst nachträglich und nur ausschnitthaft. Mobilfunkstrahlung ist prinzipiell nicht gesundheitsförderlich, sondern biologisch belastend – und Kinder sind besonders schutzbedürftig.

Welcher Punkt wird oft übersehen?

Bei einer drahtlosen Verbindung sendet nicht nur der Access Point an der Decke. Auch das Tablet, der Laptop oder das Smartphone des Kindes sendet aktiv – und zwar direkt vor dem Körper, oft über viele Stunden täglich. Mehr Abstand zum Access Point bedeutet deshalb noch keine geringe persönliche Belastung. Entscheidend ist die Nähe des eigenen Geräts. Auch ein Smartphone sendet, wenn niemand telefoniert: Eingeschaltete Geräte halten ständig Kontakt zu Mobilfunk-, WLAN- und Bluetooth-Netzen.

Digitale Bildung und Vorsorge sind kein Gegensatz. Die Frage ist nicht, ob Kinder digitale Technik nutzen, sondern warum dauerhafte Funkverbindung zur Standardlösung werden soll, wenn Lerninhalte offline bereitstehen und feste Arbeitsplätze per Kabel angebunden werden können.

Sind Kinder besonders empfindlich?

Kinder sind keine kleinen Erwachsenen. Ihr Schädelknochen ist dünner, ihr Kopf kleiner, ihr Gewebe wasserreicher. Mehrere unabhängige Modellrechnungen zeigen, dass Funkfelder bei Kindern tiefer eindringen und in einzelnen Hirnbereichen mehr Energie aufnehmen als bei Erwachsenen. Dazu kommt die viel längere Lebenszeit, die sie noch vor sich haben. Der Europarat empfahl deshalb schon 2011, in Schulen kabelgebundenem Internet den Vorzug zu geben.

Vorsorge im Alltag

- ✓ Tablets und Laptops auf dem Tisch nutzen, nicht auf Schoß, Bauch oder Brust.

- ✓ Am festen Arbeitsplatz zu Hause ein Netzwerkkabel einrichten – einmal Aufwand, danach dauerhaft entlastet.
- ✓ Beim Telefonieren Abstand schaffen: Lautsprecher (kostenlos) oder Luftschlauch-Headset (ab etwa 10 Euro, Stand Oktober 2026) nutzen, kein Kupferkabel am Ohr, und das Handy weit vom Körper entfernt halten.
- ✓ Dauernutzung von Funk konsequent vermeiden: Geräte nach Möglichkeit per Kabel betreiben (LAN statt WLAN), Funk nur bei Bedarf einschalten und sonst ausschalten. Lerninhalte, Videos und Updates vorab herunterladen.
- ✓ Smartphones nicht am Körper tragen, nachts nicht am Bett laden und grundsätzlich außerhalb des Kinderzimmers aufbewahren.
- ✓ Kinder und Jugendliche schützen: den Einstieg ins eigene Handy so spät wie möglich wählen, jedes Jahr zählt (mehr dazu in Artikel 16).
- ✓ Bei Beschwerden Schlaf, Bildschirmzeit, Stress, Licht, Lärm und Funkquellen gemeinsam betrachten.

Was verändert sich bei Ihrem Kind?

Beobachten Sie ein paar Wochen: Wie schläft Ihr Kind, wenn das Tablet nicht mehr am Körper liegt, die Onlinezeit am Abend kürzer ist und das Kinderzimmer funkfrei bleibt? Wie steht es um Kopfschmerzen, Konzentration und Laune? Ein kurzes Symptomtagebuch macht Veränderungen sichtbar – und ist eine gute Grundlage für das Gespräch mit der Kinderärztin oder dem Kinderarzt.

→ Ärztinnen und Ärzte finden im nächsten Abschnitt die Expositionswege im Schulalltag, die erweiterte Anamnese und Formulierungen für das Gespräch mit Eltern.

RAUM 2 — Ärzte & Therapeuten

Expositionswege · Anamnese · Schlaf · Prävention

Warum Schule, Tablet und WLAN heute medizinisch nicht mehr ignoriert werden können

Kinder- und Hausarztpraxen sehen zunehmend Kinder mit Schlafstörungen, Kopfschmerzen, Konzentrationsproblemen und Erschöpfung. Digitale Unterrichtsumgebungen prägen ihre Expositionsbiografie: körpernah genutzte Tablets und Laptops, WLAN, Mobilfunk, Bluetooth, verlängerte Bildschirmzeit und verkürzte Erholungsphasen. Kinder nehmen Funkenergie im Kopf stärker auf als Erwachsene [1, 2], und Tierstudien zeigen Wirkungen auf den Hippocampus, die zentrale Gedächtnisstruktur [3, 4]. Die Studien bestätigen damit nachträglich und ausschnitthaft, was die Praxis sieht. Die klinische Frage lautet: Welche vermeidbaren Belastungen bestehen bei diesem Kind, und was lässt sich einfach ändern?

Chronologie

2008	Wiart et al.: höhere lokale Energieaufnahme in Kinderköpfen [1]
2011	Resolution 1815 des Europarats: in Schulen Kabelverbindungen bevorzugen [5]; britische Schulmessungen zu Access Points und Laptops [6]
2015	Shahin et al.: 2,45 GHz, oxidativ vermittelte Apoptose im Hippocampus von Mäusen [4]
2018	Karimi et al.: beeinträchtigte synaptische Plastizität bei Ratten [3]; HERMES-Kohorte: ungünstigere Gedächtnisentwicklung bei Jugendlichen mit höherer Hirndosis [7]
2022	Kinderspezifische Übersichtsarbeit: keine belastbare Entwarnung für chronische Exposition [8]

Welche Expositionswege bestehen im Schulalltag?

Mechanismen-Übersicht

Access Point und Endgerät sind zwei Quellen derselben Verbindung. Der Access Point hängt meist in mehreren Metern Entfernung; Tablet oder Laptop senden dagegen in geringem Abstand zum Körper zurück, abhängig vom Datenverkehr. Wegen der steilen Feldabnahme im Nahfeld zählt dort jeder Zentimeter (Artikel 32). Die biologischen Wirkwege – Calciumkanäle und oxidativer Stress – sind in Artikel 10 und Artikel 2 dargestellt, der Zusammenhang mit Schlaf und Melatonin in Artikel 13 und 14.

Kinderköpfe nehmen mehr Energie auf. Dosimetrische Modellrechnungen zweier unabhängiger Arbeitsgruppen zeigen, dass Funkfelder bei Kindern wegen dünnerer Schädelknochen und anderer Gewebeeigenschaften tiefer eindringen und in einzelnen Hirnregionen lokal höhere Energiemengen absorbieren als bei Erwachsenen [1, 2]. ⊙

Gedächtnis. Bei Ratten verschlechterten sich unter 2,45 GHz Lern- und Gedächtnisleistung und die synaptische Plastizität im Hippocampus [3]; bei Mäusen fand eine unabhängige Gruppe eine oxidativ und nitrosativ vermittelte Apoptose im Hippocampus, die mit der Expositionsdauer zunahm [4]. ⊙ Die Tiere wurden mit mehreren W/kg exponiert; die Studien zeigen den Wirkweg. In der HERMES-Kohorte war bei Jugendlichen eine höhere geschätzte Hirndosis aus drahtloser Kommunikation mit einer ungünstigeren Entwicklung des figuralen Gedächtnisses über ein Jahr verbunden [7]. ○

Bei welchen Kindern gehört die Expositionsanamnese dazu?

Bei Kindern und Jugendlichen mit Kopfschmerzen, Ein- oder Durchschlafstörungen, nicht erholsamem Schlaf, Tagesmüdigkeit, Konzentrationsproblemen, Schwindel, vegetativer Unruhe oder Reizbarkeit; bei hoher täglicher Smartphone-, Gaming- oder Streaming-Nutzung; bei erhöhter sensorischer Empfindlichkeit; und immer dann, wenn Kind oder Eltern einen wiederkehrenden zeitlichen Zusammenhang mit bestimmten Situationen schildern. Je nach Land schreiben 1,5 bis 13 % der Menschen ihre Beschwerden elektromagnetischen Feldern zu (Artikel 12 und 22).

Konsequente Reduktion im Alltag

1. Tablets und Laptops ausschließlich auf dem Tisch nutzen, nicht auf dem Körper.

2. Dauernutzung von Funk konsequent vermeiden: Geräte nach Möglichkeit per Kabel betreiben (LAN statt WLAN), Funk nur bei Bedarf einschalten und sonst ausschalten; Lernmaterial vorab herunterladen.
3. Für Kinder: den Einstieg ins eigene Handy so spät wie möglich wählen, jedes Jahr zählt (mehr dazu in Artikel 16).
4. Smartphone und Tablet grundsätzlich aus dem Schlafzimmer entfernen – sicherer als jede Geräteeinstellung.
5. Schlaf, Kopfschmerzen, Erschöpfung, Konzentration, Infekte, Belastungen und digitale Nutzungsdauer über zwei bis vier Wochen protokollieren. Eine Besserung ist ein klinisch bedeutsamer Befund.

Formulierungsvorschläge für die Praxis

Eine Mutter sagt, das WLAN in der Schule sei doch weit weg an der Decke.

„WLAN ist nicht nur der Kasten an der Decke. Auch das Tablet Ihres Kindes sendet – ganz nah am Körper."

Ein Vater fragt, ob die Kopfschmerzen seines Sohnes vom Tablet kommen können.

„Das kann eine Rolle spielen. Was davon lässt sich bei Ihnen zu Hause am leichtesten umsetzen: Tablet auf den Tisch, abends offline, nachts kein Gerät im Zimmer?“

Ärztliches Fazit

Kinder nehmen Funkenergie im Kopf stärker auf, Tierstudien zeigen Wirkungen auf das Gedächtniszentrum, und die Praxis sieht zunehmend erschöpfte, schlecht schlafende Kinder. Mobilfunkstrahlung ist nicht gesundheitsförderlich, sondern eine biologische Belastung. Ein Schulkonzept, das dauerhaftes WLAN und körpernahe Funkgeräte ohne kabelgebundene oder offlinefähige Alternative voraussetzt, verlagert die Beweislast auf das Kind: Erst wenn ein Schaden bewiesen ist, soll reduziert werden. Vorsorgeorientiert heißt stattdessen: unnötige Funkübertragung vermeiden, Abstand zum Endgerät, Kabel wo möglich, funkfreie Schlafumgebung – wie es auch die EUROPAEM-Leitlinie bei EMF-assoziierten Beschwerden empfiehlt [9].

Empfehlungen für Schulen

- Kabelgebundene Netzwerkanschlüsse an festen Arbeitsplätzen, in Fachräumen und an Präsentationsorten vorhalten.
- Offlinefähige Lernmaterialien und lokale Speicherlösungen vorsehen.
- WLAN meiden, wo Kabel möglich ist; wo es bleibt, außerhalb der Nutzungszeiten abschalten.
- Smartphones während der Unterrichtszeit konsequent ausgeschaltet lassen – für Konzentration, Schlaf, soziales Miteinander und weniger Funkbelastung.
- Funkreduzierte Bereiche für Kinder, Lehrkräfte und Beschäftigte mit Beschwerden unter Funkbelastung schaffen.

→ Die Messstudien, die Tier- und Kohortenbefunde und die Einordnung der WHO-Reviews finden Sie im folgenden Abschnitt.

RAUM 3 — Wissenschaft & Fachkreise

Messstudien · Kinderdosimetrie · Gedächtnis · Institutionelle Einordnung

Die Studien sind nicht der Maßstab dafür, ob Kinder im digitalen Schulalltag geschützt werden müssen – das zeigen die Praxis und die Physik des kindlichen Kopfes. Sie bilden die Wirklichkeit nur ausschnitthaft ab und hinken ihr hinterher; ausschließlich industriefinanzierte Studien berichten zudem deutlich seltener signifikante Effekte (Artikel 28). Kein Schadensnachweis ist kein Sicherheitsnachweis.

Was zeigen die Messstudien?

Karipidis et al. maßen in 23 australischen Schulen typische WLAN-Werte im Bereich von 10^{-4} %, Spitzenwerte von 10^{-2} % der Referenzwerte [10]. Khalid et al. fanden für einen Laptop in 0,5 m Abstand eine maximale zeitgemittelte Leistungsdichte von 220 µW/m², entsprechend einer lokalen Rumpf-SAR von 80 µW/kg bei einem zehnjährigen Kind in 34 cm Abstand [6]. Körpergetragene Messungen bei 18 schwedischen Lehrkräften zeigten eine Mehrquellenexposition, bei der Mobilfunk-Uplink und Basisstationen oft mehr beitrugen als WLAN [11]. Bei 529 europäischen Kindern machte WLAN rund 2 % der persönlichen Gesamtexposition aus [12]. Diese Werte beschreiben Umgebungs- oder Personendosimetrie in Relation zu thermisch begründeten Referenzwerten – nicht die lokale Exposition durch das eigene Endgerät unmittelbar am Körper und nicht die biologische Wirkung unterhalb dieser Werte.

Was zeigt die Kinderdosimetrie?

Wiart et al. und Christ et al. zeigten in anatomischen Modellrechnungen, dass Kinder in bestimmten Hirnregionen und im Schädelknochenmark lokal höhere Energiemengen absorbieren als Erwachsene [1, 2]. ⊙

Was zeigen die Studien zu Gedächtnis und Hippocampus?

Karimi et al. fanden bei Ratten unter 2,45 GHz verminderte Lern- und Gedächtnisleistung und beeinträchtigte synaptische Plastizität [3]; Shahin et al. zeigten bei Mäusen unter 2,45 GHz eine oxidativ und nitrosativ vermittelte, p53-abhängige und -unabhängige Apoptose im Hippocampus, korreliert mit der Expositionsdauer [4]. ⊙ In der Schweizer HERMES-Kohorte war eine höhere geschätzte kumulative Hirndosis aus drahtloser Kommunikation – vor allem durch Telefonieren am Kopf – mit einer ungünstigeren Entwicklung des figuralen Gedächtnisses über ein Jahr verbunden [7]. ◯

Der WHO-beauftragte Review zu kognitiver Leistung fand in Humanexperimenten mit kurzzeitiger Exposition keinen signifikanten Effekt [13]. Dieser Nullbefund gilt für akute Exposition gesunder, überwiegend erwachsener Probanden. Er sagt nichts über die chronische Exposition sich entwickelnder Gehirne, wie sie Tierstudien und die HERMES-Kohorte untersuchen. Die kinderspezifische Übersichtsarbeit von Bodewein et al. kommt zu dem Schluss, dass die Evidenz eine Entwarnung für chronische Exposition in den Lebensräumen von Kindern nicht trägt [8].

Wie unabhängig ist die Entwarnung?

WHO-beauftragte Reviews. Eine unabhängige Analyse der zwölf WHO-beauftragten Reviews fand, dass neun der zwölf Arbeitsgruppen aktuelle oder frühere ICNIRP-Mitglieder umfassten, und attestierte zahlreiche methodische Schwächen [14]. Vier der neun Autoren des Kognitions-Reviews gehören dem Bundesamt für Strahlenschutz an, unter dessen Anschrift die ICNIRP als Verein geführt wird [13] (Artikel 25 und 26). Dieselbe Review-Reihe fand zugleich für Krebs bei Versuchstieren Effekte mit hoher Evidenzsicherheit [14] – passend zu den Tierstudien in Artikel 18.

Das WHO-EMF-Projekt. Nach Angaben seines Gründungsleiters Michael Repacholi stammte zeitweise bis zur Hälfte der Projektfinanzierung aus der Elektro- und Telekommunikationsindustrie [15]. Die WHO gibt an, das Projekt werde inzwischen ausschließlich von Mitgliedstaaten finanziert; die Grundannahmen der Entwarnung entstanden jedoch in der Gründungsphase, die nach Repacholi zeitweise zur Hälfte aus der Industrie finanziert wurde.

Der Staat als Nutznießer. Staatlich finanziert heißt nicht interessenfrei: Die 5G-Frequenzauktion 2019 erbrachte dem Bund 6,55 Milliarden Euro, die unter anderem in die Digitalisierung der Schulen flossen [16].

Europarat. Die Parlamentarische Versammlung des Europarats empfahl 2011, die Exposition zu senken und in Schulen und Klassenräumen kabelgebundenem Internet den Vorzug zu geben [5]. Die IARC stuft hochfrequente Felder seit 2011 als „möglicherweise krebserregend" ein [17].

Was folgt daraus?

Entscheidend ist nicht, ob ein WLAN-Messwert im Klassenraum unter dem Grenzwert liegt, sondern wie sich die tatsächliche Exposition eines Kindes über den Schultag zusammensetzt. Ein Kind kann in einem Raum mit niedriger Umgebungsfeldstärke sitzen und zugleich über Stunden ein sendendes Tablet unmittelbar vor dem Körper nutzen. Die ICNIRP-basierten Referenzwerte schützen vor Erwärmung [18]; die Vorsorgefrage nach jahrelanger, körpernaher Gesamtexposition bei Kindern beantworten sie nicht. Kabel sollte deshalb der Standard sein, WLAN die begründete Ausnahme dort, wo Mobilität unverzichtbar ist.

Wissensstandsmarker

- ○ **Hinweise vorhanden** — Erste Beobachtungen liegen vor. Noch keine unabhängige Bestätigung.
- ◉ **Unabhängig bestätigt** — Mehrere Forschungsgruppen kommen zu vergleichbaren Ergebnissen.
- ● **Biophysikalisch belegt** — Wirkmechanismus reproduzierbar nachgewiesen und beschrieben.

#	Quelle
1	Wiart J, Hadjem A, Wong MF, Bloch I: Analysis of RF exposure in the head tissues of children and adults. Phys Med Biol. 2008;53(13):3681–3695. https://doi.org/10.1088/0031-9155/53/13/019
2	Christ A, Gosselin MC, Christopoulou M, Kühn S, Kuster N: Age-dependent tissue-specific exposure of cell phone users. Phys Med Biol. 2010;55(7):1767–1783. https://doi.org/10.1088/0031-9155/55/7/001
3	Karimi N, Bayat M, Haghani M, Fahandezh Saadi H, Ghazipour GR: 2.45 GHz microwave radiation impairs learning, memory, and hippocampal synaptic plasticity in the rat. Toxicol Ind Health. 2018;34(12):873–883. https://doi.org/10.1177/0748233718798976
4	Shahin S, Banerjee S, Singh SP, Chaturvedi CM: 2.45 GHz microwave radiation impairs learning and spatial memory via oxidative/nitrosative stress induced p53-dependent/independent hippocampal apoptosis: molecular basis and underlying mechanism. Toxicol Sci. 2015;148(2):380–399. https://doi.org/10.1093/toxsci/kfv205

#	Quelle
5	Parlamentarische Versammlung des Europarats: Resolution 1815: The potential dangers of electromagnetic fields and their effect on the environment. Straßburg, 27. Mai 2011.
6	Khalid M, Mee T, Peyman A, Addison D, Calderon C, Maslanyj M, Mann S: Exposure to radio frequency electromagnetic fields from wireless computer networks: duty factors of Wi-Fi devices operating in schools. Prog Biophys Mol Biol. 2011;107(3):412–420. https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2011.08.004
7	Foerster M, Thielens A, Joseph W, Eeftens M, Röösli M: A prospective cohort study of adolescents' memory performance and individual brain dose of microwave radiation from wireless communication. Environ Health Perspect. 2018;126(7):077007. https://doi.org/10.1289/EHP2427
8	Bodewein L, Dechent D, Graefrath D, Kraus T, Krause T, Driessen S: Systematic review of the physiological and health-related effects of radiofrequency electromagnetic field exposure from wireless communication devices on children and adolescents in experimental and epidemiological human studies. PLoS One. 2022;17(6):e0268641. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268641
9	Belyaev I, Dean A, Eger H, et al.: EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses. Rev Environ Health. 2016;31(3):363–397. https://doi.org/10.1515/reveh-2016-0011
10	Karipidis K, Henderson S, Wijayasinghe D, Tjong L, Tinker R: Exposure to radiofrequency electromagnetic fields from Wi-Fi in Australian schools. Radiat Prot Dosimetry. 2017;175(4):432–439. https://doi.org/10.1093/rpd/ncw370
11	Hedendahl LK, Carlberg M, Koppel T, Hardell L: Measurements of radiofrequency radiation with a body-borne exposimeter in Swedish schools with Wi-Fi. Front Public Health. 2017;5:279. https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00279
12	Birks LE, Struchen B, Eeftens M, et al.: Spatial and temporal variability of personal environmental exposure to radio frequency electromagnetic fields in children in Europe. Environ Int. 2018;117:204–214. https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.04.026
13	Pophof B, Kuhne J, Schmid G, Weiser E, Dorn H, Henschenmacher B, et al.: The effect of exposure to radiofrequency electromagnetic fields on cognitive performance in human experimental studies: systematic review and meta-analyses. Environ Int. 2024;191:108899. https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108899
14	Melnick RL, Moskowitz JM, Héroux P, Mallery-Blythe E, McCredden JE, Herbert M, et al.: The WHO-commissioned systematic reviews on health effects of radiofrequency radiation provide no assurance of safety. Environ Health. 2025;24:70. https://doi.org/10.1186/s12940-025-01220-4
15	Mercer D: The WHO EMF Project: legitimating the imaginary of global harmonization of EMF safety standards. Engag Sci Technol Soc. 2016;2:207–226.
16	Bundesnetzagentur: Abschlussmeldung zur Frequenzauktion 2019 (Erlös 6,55 Mrd. Euro), Juni 2019; Bundesregierung: Sondervermögen Digitale Infrastruktur / DigitalPakt Schule.
17	IARC Working Group: Non-Ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields. IARC Monographs Vol. 102. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2013.
18	ICNIRP: Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). Health Phys. 2020;118(5):483–524. https://doi.org/10.1097/HP.0000000000001210