Der Digitalisierungsdruck und seine Kehrseite

Bildungsforschung, Funkexposition und die fehlende Güterabwägung in der Schule

Digitalisierung kann Unterricht bereichern, Teilhabe erleichtern und Lernmaterialien verfügbar machen. Sie ist aber kein Selbstzweck: Wo digitale Systeme zum dauerhaften Standard werden, müssen ihr pädagogischer Zusatznutzen, ihre sozialen Folgen, Bildschirm- und Aufmerksamkeitsbelastungen sowie vermeidbare Funkexpositionen gemeinsam abgewogen werden.

RAUM 1 — Bürger & Familien

Lernen · Aufmerksamkeit · Funkexposition · Vorsorge

Was verändert sich, wenn digitale Technik zum schulischen Normalzustand wird?

Viele Familien erleben heute eine schrittweise Verschiebung: Das Tablet wird zum Schulheft, WLAN zur selbstverständlichen Infrastruktur, Hausaufgaben werden über Plattformen organisiert, Nachrichten und Termine kommen über Apps. Was praktisch wirken kann, wirft zugleich Fragen auf: Verbessert diese Technik das Lernen tatsächlich? Was geschieht mit Aufmerksamkeit, Schlaf, Bewegung und sozialer Begegnung? Und welche Funkexposition wird dabei zur alltäglichen Normalität?

Diese Fragen sind nicht technikfeindlich. Sie betreffen eine faire Güterabwägung. Wer digitale Technik in Schulen einführt, sollte nicht nur fragen, ob sie verfügbar ist. Entscheidend ist auch:

- Welches konkrete Lernziel wird durch das digitale Werkzeug besser erreicht?
- Gibt es eine gleichwertige analoge oder kabelgebundene Alternative?
- Wie werden Konzentration, Gespräch, Bewegung und störungsfreie Lernzeiten geschützt?
- Welche technische Exposition entsteht zusätzlich – und ist sie vermeidbar?
- Wer trägt die Folgen, wenn Kinder oder Lehrkräfte auf eine dauerhaft vernetzte Umgebung mit Beschwerden reagieren?

Der UNESCO-Weltbildungsbericht zur Technologie in der Bildung beschreibt die Evidenz zum zusätzlichen Nutzen digitaler Technik als begrenzt und fordert eine kritischere, kontextbezogene Prüfung. Technologie kann sinnvoll sein, doch die Verfügbarkeit eines Geräts oder einer Plattform ist noch kein Nachweis pädagogischer Überlegenheit.

Auch die OECD-Daten aus PISA 2022 zeigen ein differenziertes Bild: Moderate Nutzung digitaler Geräte für Lernaktivitäten kann mit besseren Mathematikleistungen verbunden sein. Digitale Ablenkung im Unterricht dagegen ist klar mit schlechteren Leistungen verbunden. Schülerinnen und Schüler, die sich durch die Gerätenutzung anderer zumindest in manchen Mathematikstunden abgelenkt fühlten, erzielten im OECD-Durchschnitt 15 Punkte weniger in Mathematik – auch nach Berücksichtigung des sozioökonomischen Hintergrunds von Schülerinnen, Schülern und Schulen.

Die pädagogische Frage lautet deshalb nicht: „Digital oder analog?“ Sondern: Welche Technik dient dem Lernen – und welche Technik beansprucht Aufmerksamkeit, ohne einen ausreichenden Nutzen zu bringen?

Was ist über Funkexposition im Schulalltag bekannt?

Tablets, Smartphones, WLAN-Zugangspunkte, Bluetooth-Geräte und Mobilfunknetze arbeiten mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern. Die tatsächliche Exposition ist nicht konstant. Sie hängt unter anderem ab von:

- Abstand zum sendenden Gerät;
- Übertragungsmenge und Art der Anwendung;
- Zahl gleichzeitig aktiver Endgeräte;
- Mobilfunkempfang und Sendeleistung;
- Nutzung von WLAN, Mobilfunk oder Bluetooth;
- Dauer und Regelmäßigkeit der Nutzung.

Ein Smartphone, das aktiv über Mobilfunk Daten überträgt, kann insbesondere bei schlechtem Empfang deutlich stärker senden als ein Gerät im Flugmodus oder ein stationär kabelgebunden betriebenes Endgerät. WLAN- und Bluetooth-Expositionen sind in der Regel anders zu bewerten als die körpernahe Exposition eines aktiv genutzten Mobiltelefons. Für Kinder und Jugendliche entsteht im Schulalltag jedoch häufig eine Kombination mehrerer Funkquellen; Langzeitdaten dazu fehlen weitgehend. Die ausführliche Darstellung der Expositionssituation in Schulen steht in Artikel 31.

Ein im Alltag zunehmend übersehener Expositionspfad sind Smartwatches und andere am Körper getragene vernetzte Geräte. Anders als ein Smartphone in der Tasche liegen sie ganztägig direkt auf der Haut auf, oft auch nachts am Handgelenk. Modelle mit eigener Mobilfunkanbindung (LTE) senden dabei unabhängig vom gekoppelten Smartphone und damit potenziell häufiger und körpernäher als ein Telefon, das zwischenzeitlich abgelegt wird.

Vorsorge im Alltag

- Geräte, die keine Funkverbindung benötigen, in den Flugmodus schalten
- 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
- Smartphone, Tablet und Smartwatch nicht dauerhaft direkt am Körper tragen
- Das Smartphone nachts außerhalb des Schlafraums lagern oder vollständig ausschalten
- Geräte nicht unter dem Kopfkissen, im Bett oder unmittelbar am Nachttisch laden
- Benachrichtigungen während Lernzeiten ausschalten und das Smartphone außer Sichtweite legen
- Bei schlechtem Mobilfunkempfang längere Telefonate und Datenübertragungen vermeiden

- Den Einstieg ins eigene Handy so spät wie möglich wählen, jedes Jahr zählt (mehr dazu in Artikel 16)
- Schule und Lehrkräfte sachlich fragen, wo kabelgebundene Lösungen technisch und pädagogisch möglich sind

Welche Beobachtungen können Familien ernst nehmen?

Nicht jede Müdigkeit, jeder Kopfschmerz oder jede Konzentrationsschwäche hat dieselbe Ursache. Kinder und Jugendliche erleben heute oft mehrere Belastungen gleichzeitig: Leistungsdruck, Schlafmangel, soziale Konflikte, lange Bildschirmzeiten, wenig Bewegung, dauernde Erreichbarkeit und eine hohe Reizdichte.

Es wäre daher unangebracht, jedes Symptom vorschnell einer Funkquelle zuzuschreiben. Ebenso wenig ist es angemessen, wiederkehrende Beschwerden pauschal zu bagatellisieren, wenn sie zeitlich, räumlich oder situativ mit technischer Nutzung zusammenfallen.

Eine ruhige Eigenbeobachtung kann hilfreich sein:

- Wann beginnen Kopfschmerzen, innere Unruhe, Erschöpfung oder Konzentrationsprobleme?
- Verändert sich der Schlaf nach abendlicher Smartphone-, Streaming- oder Gaming-Nutzung?
- Wie geht es dem Kind an Wochenenden, im Urlaub oder während einer ruhigeren, bildschirmärmeren Zeit?
- Verändert sich etwas, wenn Geräte nachts ausgeschaltet werden?
- Was geschieht, wenn das Smartphone während Lernphasen außer Reichweite liegt?
- Gibt es Unterschiede zwischen mobiler Datenübertragung, WLAN-Nutzung, Flugmodus und kabelgebundenem Arbeiten?

Eine solche Beobachtung ersetzt keine medizinische Abklärung. Sie kann aber dabei helfen, veränderbare Belastungen zu erkennen – ohne Angst, ohne Schuldzuweisung und ohne vorschnelle Ursachenzuschreibung.

→ Ärztinnen und Ärzte finden im nächsten Abschnitt die Belastungsebenen, die Patientengruppen und einen Ablaufplan für eine Entlastungsphase.

RAUM 2 — Ärzte & Therapeuten

Anamnese · Konzentration · Schlaf · Expositionsreduktion

Warum der Digitalisierungsdruck heute medizinisch nicht mehr ignoriert werden kann

Schule ist für Kinder und Jugendliche ein zentraler Lebensraum. Wenn Unterricht, Hausaufgaben, Kommunikation, Freizeit und soziale Zugehörigkeit über vernetzte Endgeräte organisiert werden, kumulieren Belastungen: Bildschirmzeit, Naharbeit, Bewegungsmangel, Unterbrechungen, Leistungsdruck, Schlafverschiebung, soziale Vergleichsdynamiken und hochfrequente elektromagnetische Felder.

Die OECD-PISA-Daten zeigen einen Zusammenhang zwischen digitaler Ablenkung im Unterricht und niedrigeren Mathematikleistungen: Schülerinnen und Schüler, die sich durch die Gerätenutzung anderer ablenken lassen, erzielten im OECD-Durchschnitt 15 Punkte weniger, was etwa drei Vierteln eines Schuljahres entspricht [1]. Eine englische Studie mit einer anderen Methode fand nach der Einführung von Mobiltelefonverboten einen Anstieg der Prüfungsergebnisse, der sich vor allem bei leistungsschwächeren Schülerinnen und Schülern zeigte [2]. Die Daten sind beobachtend und begründen keine monokausale Zuschreibung, machen digitale Ablenkung als relevanten Bildungs- und Gesundheitsfaktor jedoch klar sichtbar.

Für die ärztliche Praxis folgt daraus keine vorschnelle Festlegung auf eine einzelne Ursache. Sie folgt aber auch nicht der Annahme, eine technische Exposition sei klinisch irrelevant, solange kein umfassender Langzeit-Sicherheitsnachweis vorliegt. Bei zeitlich oder situativ auffälligen Beschwerden gehört eine offene Expositionsanamnese deshalb zur sorgfältigen differenzialdiagnostischen Einordnung.

Welche Belastungsebenen wirken im digitalen Lernalltag zusammen?

Mechanismen-Übersicht: Welche Faktoren gehören in die Anamnese?

- **Neurovegetative Belastung:** Dauernde Erreichbarkeit, soziale Erwartung, Unterbrechung und Leistungsdruck können Anspannung, Erschöpfung und fehlende Erholungsphasen fördern.
- **Schlaf-Wach-Regulation:** Abendliche Mediennutzung kann Schlafzeit verdrängen, den Zeitpunkt des Einschlafens nach hinten verschieben und die psychophysiologische Aktivierung erhöhen. Art und Inhalt der Nutzung – etwa Messenger, Kurzvideos, Spiele, Konflikte oder Lernstress – sind dabei klinisch ebenso relevant wie die Bildschirmdauer.
- **Kognitive Belastung:** Benachrichtigungen, parallele Aufgaben und die sichtbare Verfügbarkeit eines Smartphones konkurrieren mit Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis und Lernvertiefung.
- **Körperliche Belastung:** Langes Sitzen, Naharbeit und Bewegungsmangel können Kopfschmerzen, Nackenbeschwerden, visuelle Ermüdung und Tagesmüdigkeit verstärken.
- **Expositionsebene:** WLAN, Mobilfunk und Bluetooth erzeugen zeitlich variable Hochfrequenz-expositionen. Ihre Stärke hängt von Netzqualität, Abstand, Datenverkehr, Endgerät und Nutzungsdauer ab.
- **Soziale Belastung:** Digitale Kommunikation kann Teilhabe erleichtern, aber zugleich Vergleichsdruck, Konflikte, Cybermobbing und den Verlust klarer Erholungszeiten verstärken.

Die klinische Leitfrage lautet deshalb nicht: „Ist WLAN die Ursache?“ Sie lautet: Welche Belastungen wirken bei diesem Kind oder Jugendlichen zusammen, welche sind beeinflussbar, und wie verändert sich das Befinden unter einer gezielten Entlastung?

Für Wirkmodelle jenseits thermischer Effekte, einschließlich spannungsgesteuerter Calciumkanäle und des Ion-Forced-Oscillation-Modells, siehe Artikel 10. Zur grundsätzlichen Methodik und zu Gründen variierender Studienresultate siehe Artikel 7.

Welche Patientengruppen verdienen besondere Aufmerksamkeit?

Besondere Aufmerksamkeit bedeutet nicht, eine Ursache vorwegzunehmen. Sie bedeutet, bei erhöhtem Leidensdruck, erhöhter Vulnerabilität oder klaren zeitlichen Mustern genauer hinzusehen.

- Kinder im Vorschul- und Grundschulalter, weil sie ihren digitalen Alltag und ihre technische Umgebung nur eingeschränkt selbst steuern können. Für sie gilt: den Einstieg ins eigene Handy so spät wie möglich wählen, jedes Jahr zählt. Die biologischen Gründe kindlicher Vulnerabilität stehen in Artikel 16.
- Jugendliche mit Ein- und Durchschlafstörungen, morgendlicher Erschöpfung oder verzögerter Schlafphase.
- Kinder und Jugendliche mit wiederkehrenden Kopfschmerzen, Konzentrationsproblemen, innerer Unruhe, Tagesmüdigkeit oder vegetativen Beschwerden.
- Patientinnen und Patienten mit ADHS, Angststörungen, depressiver Symptomatik, Autismus-Spektrum-Störung oder erhöhter sensorischer Empfindlichkeit, wenn hohe digitale Reizdichte die Symptomlast verstärkt.
- Familien mit hoher kumulativer Medienlast: schulisches Tablet, eigenes Smartphone, Messenger, Gaming, Streaming, Smartwatch, Bluetooth-Kopfhörer und WLAN im Schlafbereich.
- Personen mit Beschwerden, die wiederholt in bestimmten technischen Situationen auftreten oder sich unter Expositionsreduktion nachvollziehbar verändern.

Ein systematischer Review zu physiologischen und gesundheitsbezogenen Effekten von RF-EMF-Exposition durch drahtlose Kommunikationsgeräte bei Kindern und Jugendlichen bewertete die Evidenz für die meisten untersuchten Endpunkte als methodisch limitiert und uneinheitlich [3]. Der Review liefert keinen Nachweis dafür, dass schulisches WLAN gesundheitliche Beschwerden verursacht. Er erlaubt aber auch keinen umfassenden Langzeit-Sicherheitsnachweis für die Vielzahl realer Expositionssituationen, die Kinder und Jugendliche heute erleben.

Wie lässt sich das im Patientengespräch ansprechen?

Formulierungsvorschläge für die Praxis

Eltern schildern, dass ihr Kind seit Wochen abends schlecht einschläft und morgens Kopfschmerzen hat.

> *„Dass die Beschwerden in diesem Umfeld auftreten, nehme ich ernst.“*
>
> *„Ihr Körper zeigt uns damit etwas.“*
>
> *„Was lässt sich bei Ihnen am leichtesten verändern: nachts ohne Handy, abends offline oder Lernzeiten ohne Benachrichtigungen?“*

Wie kann Expositionsreduktion diagnostisch und therapeutisch genutzt werden?

Eine zeitlich begrenzte Expositionsreduktion ist keine Beweisdiagnostik für einen einzelnen Mechanismus. Sie ist ein risikoarmes klinisches Instrument, wenn Beschwerden zeitlich auffällig auftreten und zugleich mehrere alltagsrelevante Belastungsfaktoren vorliegen.

Die EUROPAEM-EMF-Leitlinie empfiehlt eine umfassende Anamnese mit räumlichem und zeitlichem Bezug zu EMF-Quellen sowie die Berücksichtigung individueller Empfindlichkeit. Als vorrangigen therapeutischen Ansatz beschreibt sie die Prävention oder Reduktion hoher Expositionen im Wohn-, Arbeits- und öffentlichen Umfeld [4].

Ablaufplan: Eine zwei- bis vierwöchige Entlastungsphase

- Smartphone nachts außerhalb des Schlafraums lagern; Flugmodus oder vollständiges Ausschalten vereinbaren
- WLAN im Schlafbereich und während klarer Offline-Zeiten deaktivieren, sofern praktisch möglich
- Dauernutzung von Funk konsequent vermeiden: Geräte nach Möglichkeit per Kabel betreiben (LAN statt WLAN), Funk nur bei Bedarf einschalten und sonst ausschalten
- Smartphone während Unterricht, Hausaufgaben und Mahlzeiten außer Sicht- und Griffweite lagern
- Push-Nachrichten, soziale Medien und Messenger in konzentrierten Lernfenstern abschalten
- Für Kinder: den Einstieg ins eigene Handy so spät wie möglich wählen, jedes Jahr zählt (Artikel 16); bei Jugendlichen mit Handy bleibt es nachts außerhalb des Schlafraums
- Schlafbeginn, nächtliches Erwachen, morgendliche Erholung, Kopfschmerzen, Konzentration, Gereiztheit und Herzklopfen vor und während der Entlastungsphase dokumentieren

Die Intervention verringert zugleich digitale Unterbrechungen, Abendaktivierung und vermeidbare Funkexposition. Damit kann sie sinnvoll sein, selbst wenn der individuelle Anteil einzelner Faktoren nicht bekannt ist.

Ärztliches Fazit

Digitalisierung im Bildungsbereich verlangt eine medizinisch angemessene Güterabwägung. Der Nutzen einzelner Anwendungen darf nicht dazu führen, dass Schlaf, Konzentration, Bewegung, soziale Entwicklung, psychische Belastung und langfristige technische Exposition aus dem Blick geraten.

Vorsorglich sinnvoll sind kabelgebundene Lösungen für stationäre Anwendungen, deaktivierbare WLAN-Strukturen, smartphonefreie Lern- und Erholungsphasen, eine klare Begrenzung abendlicher Mediennutzung sowie eine offene Expositionsanamnese bei Beschwerden. Diese Maßnahmen sind niedrigschwellig, reversibel und auch unabhängig von einer endgültigen Ursachenzuschreibung gesundheitsförderlich.

→ Bildungsforschung, Messdaten und methodische Grenzen folgen im nächsten Abschnitt.

Dieser Artikel stützt sich auf Bildungsforschung, Messdaten und Übersichtsarbeiten mit begrenzter Evidenz. Die Wissensstandsmarker dieser Plattform beziehen sich ausschließlich auf biologische und epidemiologische Befunde zu EMF-Wirkungen und werden hier folgerichtig nicht verwendet.

Was zeigt die Bildungsforschung über digitalen Zusatznutzen?

UNESCO Global Education Monitoring Report 2023: Der Bericht bewertet die Evidenz für den zusätzlichen pädagogischen Nutzen digitaler Technologie als begrenzt. Technologie kann Lernprozesse unterstützen, insbesondere wenn sie gezielt eingesetzt, pädagogisch begleitet und an konkrete Aufgaben gebunden wird. Robuste und unabhängige Nachweise eines allgemeinen Mehrwerts fehlten jedoch vielfach, und Technologie könne auch Ablenkung, Ungleichheit und Abhängigkeiten verstärken [5].

Die sachliche Konsequenz ist keine generelle Ablehnung digitaler Medien. Sie ist eine Indikationslogik: Eine Schule sollte vor der Einführung fragen, welches konkrete Bildungsziel besser erreicht wird, wie Erfolg überprüft wird und welche Nebenfolgen begrenzt werden müssen.

OECD/PISA 2022: Digitale Ablenkung und Lernleistung. Die OECD berichtet, dass rund ein Drittel der Schülerinnen und Schüler im OECD-Durchschnitt angab, sich in den meisten oder allen Mathematikstunden durch die Nutzung digitaler Geräte ablenken zu lassen. Schülerinnen und Schüler, die durch Geräte anderer zumindest in manchen Mathematikstunden abgelenkt wurden, erzielten im Durchschnitt 15 Punkte weniger in Mathematik; der Zusammenhang blieb nach Berücksichtigung des sozioökonomischen Profils von Schülern und Schulen bestehen [1].

Dieser Befund ist beobachtend. Er beweist nicht, dass jedes digitale Gerät oder jede Unterrichtsanwendung die Leistung senkt. Er belegt jedoch, dass digitale Ablenkung im schulischen Alltag ein quantitativ relevantes Problem darstellt und nicht als bloße Geschmacksfrage behandelt werden sollte.

Smartphone-Verbote: Was lässt sich daraus ableiten? Die Forschung zu Smartphone-Verboten in Schulen ist nicht einheitlich. Eine große Differenz-von-Differenzen-Studie aus England untersuchte 91 weiterführende Schulen, die ihre Smartphone-Nutzung während des gesamten Schultags unterschiedlich streng regelten – nicht speziell während der Prüfung selbst, sondern im Unterricht generell. Nach Einführung eines ganztägigen Verbots stiegen die Ergebnisse der Abschlussprüfungen 16-Jähriger um rund 0,06 Standardabweichungen; der Effekt konzentrierte sich vor allem auf leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler [2].

Ein Scoping Review fand dagegen insgesamt nur wenige quantitative Studien, keine randomisierten kontrollierten Untersuchungen und heterogene Regelungsformen. Vier Studien berichteten bessere Bildungsresultate nach Einschränkungen, drei Studien fanden keine Unterschiede bei der Leistung. Die Evidenz wurde deshalb als begrenzt und schwer zusammenführbar bewertet [6].

Die korrekte Schlussfolgerung lautet nicht, dass pauschale Verbote zwingend die beste Lösung seien. Ein Nullbefund kann positive Befunde auch nicht ohne Weiteres entkräften. Entscheidend ist, ob beide Untersuchungen unter vergleichbaren pädagogischen und methodischen Bedingungen erfolgten und ob die jeweilige Studie

geeignet war, den relevanten Effekt zu erfassen. Unterschiede in Durchsetzung, Schulklima, Unterrichtsqualität, Altersgruppe, sozialer Zusammensetzung und Regelungsform können zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Was zeigen Messungen und Reviews zur Funkexposition von Kindern?

Eine Messstudie untersuchte RF-EMF-Expositionen durch WLAN in australischen Schulen. Die gemessenen typischen und maximalen Werte lagen im Verhältnis zu den herangezogenen Referenzwerten sehr niedrig [7]. Der Befund beschreibt die Messlage in den untersuchten Schulen. Er beantwortet nicht, ob eine langfristige, kombinierte und altersabhängige Exposition durch WLAN, Smartphones, Mobilfunk, Bluetooth und weitere drahtlose Geräte gesundheitlich folgenlos bleibt.

Die Einhaltung eines Grenzwerts bedeutet, dass die Exposition nach den Annahmen und Schutzkonzepten des jeweiligen regulatorischen Modells als zulässig bewertet wird. Sie ist jedoch nicht automatisch ein direkter empirischer Nachweis dafür, dass eine lebenslange, komplexe oder bei vulnerablen Personen besonders relevante Exposition keinerlei gesundheitliche Wirkungen haben kann. Zur institutionellen Debatte, zu Interessenkonflikten und zum Vergleich von Grenzwertkonzepten siehe Artikel 26.

Kinder und Jugendliche: Begrenzte Langzeitdaten. Ein systematischer Review wertete Studien zu RF-EMF-Expositionen durch drahtlose Kommunikationstechnologien bei Kindern und Jugendlichen aus. Die Evidenz für mehrere physiologische und gesundheitliche Endpunkte wurde als methodisch limitiert eingeschätzt [3]. Dieser Befund ist keine Aussage, dass drahtlose Technologien im Schulalltag nachweislich Gesundheitsschäden verursachen. Er zeigt aber eine zentrale wissenschaftliche Begrenzung: Die vorhandene Evidenz reicht nicht aus, um einen umfassenden, direkt empirisch belegten Langzeit-Sicherheitsnachweis für alle relevanten Endpunkte und realen Expositionssituationen bei Kindern abzuleiten.

Wie sind Frequenzbereiche korrekt zu unterscheiden?

Frühere Mobilfunkforschung bezieht sich überwiegend auf Frequenzen unterhalb von 6 GHz. Diese Forschung ist für die allgemeine Bewertung hochfrequenter elektromagnetischer Felder relevant, kann jedoch spezifische Expositionssituationen neuerer 5G-Anwendungen nur begrenzt abbilden. Die vollständige Einordnung der Frequenzbereiche, der fehlenden 5G-Langzeitdaten und der laufenden Forschungsprogramme behandelt Artikel 36.

Die IARC-Monographie zu hochfrequenten elektromagnetischen Feldern umfasst den gesamten Bereich von 30 kHz bis 300 GHz. Die IARC stufte RF-EMF 2011 als „möglicherweise krebserregend für Menschen“ in Gruppe 2B ein, auf Grundlage begrenzter Evidenz beim Menschen für ein erhöhtes Gliomrisiko bei starken Nutzern von Mobiltelefonen. Die Klassifikation bezieht sich auf karzinogene Gefahren und ist keine quantitative Risikobewertung für schulisches WLAN oder einzelne 5G-Anwendungen. Die ausführliche Darstellung steht in Artikel 5 [8].

Welche methodischen Grenzen müssen offen benannt werden?

„Digitalisierung“ beschreibt kein einzelnes gesundheitliches oder pädagogisches Expositionsmuster. Sie verbindet mindestens sechs verschiedene Ebenen: technische Infrastruktur und Funkquellen, Art und Dauer der Bildschirmnutzung, Unterrichtsdesign und pädagogische Begleitung, Benachrichtigungen und digitale Unterbrechungen, soziale Kommunikation und Konfliktdynamik sowie Bewegungs-, Schlaf- und

Erholungsverhalten. Eine Studie zur Bildschirmzeit beantwortet keine Frage zur RF-EMF-Exposition. Eine WLAN-Messung beantwortet keine Frage zur Schlafqualität. Ein Kurzzeitexperiment zu kognitiven Tests beantwortet keine Frage zur langfristigen Entwicklung.

Die allgemeinen methodischen Schwächen der RF-EMF-Forschung – Selbstauskunft statt Messung, dynamische reale Expositionen, unzureichend getrennte Altersgruppen, Kurzzeitstudien für Langzeitfragen – behandelt Artikel 7 ausführlich. Finanzierungsquellen und institutionelle Bindungen sind auch hier ein methodischer Faktor, kein Beweis für Manipulation; die vertiefte Analyse steht in Artikel 28.

Wie sind individuelle Beschwerden einzuordnen?

Beschwerden gehen der Funk-Hypothese in der Regel voraus: Betroffene suchen zunächst wegen unspezifischer Beschwerden ärztliche Hilfe, und die Frage nach Funk entsteht oft erst nach dem Ausschluss anderer Ursachen. Im digitalen Alltag bestehen zudem mehrere reale Belastungsfaktoren – Schlafverkürzung, Unterbrechungen, Reizüberflutung, soziale Konflikte, Bewegungsmangel und Leistungsdruck –, die unabhängig von der RF-EMF-Frage berücksichtigt werden müssen. Sie ersetzen keine sorgfältige Anamnese und erklären nicht automatisch jede zeitliche oder räumliche Auffälligkeit. Die Methodik von EHS-Provokationsstudien, einschließlich Replikationsfragen und der Bedeutung einer ausreichenden Stabilisierungsphase, wird in Artikel 29 vertieft behandelt.

Welche Schlussfolgerung folgt für Schulen, Familien und Behörden?

Die zentrale Frage lautet nicht, ob Schule „digital“ oder „analog“ sein soll. Sie lautet, ob jede eingesetzte Technik einen nachvollziehbaren, überprüfbaren und im Verhältnis zu ihren Nebenfolgen angemessenen Nutzen hat.

Eine vorsorgeorientierte Schule sollte daher vor und während der Einführung digitaler Systeme folgende Fragen beantworten:

- Welches konkrete Lernziel wird durch diese Anwendung besser erreicht als durch eine analoge oder kabelgebundene Alternative?
- Wie werden digitale Ablenkung, private Smartphone-Nutzung und Push-Nachrichten während des Unterrichts begrenzt?
- Wie werden Konzentrationszeiten, Bewegung, Schlafschutz und soziale Begegnung im Schulalltag geschützt?
- Wo können stationäre Arbeitsplätze kabelgebunden angebunden werden?
- Wo kann WLAN zeitlich begrenzt, abschaltbar oder bedarfsorientiert eingesetzt werden?
- Wie werden Schülerinnen, Schüler, Eltern und Lehrkräfte in die Auswahl technischer Lösungen einbezogen?
- Welche Rückzugs-, Lern- und Aufenthaltsräume bleiben möglichst störungs- und funkarm?
- Wie wird auf Kinder und Lehrkräfte reagiert, die unter bestimmten technischen oder digitalen Bedingungen Beschwerden erleben?

Es ist wissenschaftlich nicht gerechtfertigt, aus begrenzten oder fehlenden Langzeitdaten bereits einen Gesundheitsschaden abzuleiten. Ebenso wenig ist es gerechtfertigt, aus dem Fehlen eines bislang nachgewiesenen Schadens einen direkt empirisch belegten Nachweis langfristiger Sicherheit für sämtliche realen Expositionssituationen abzuleiten.

Zwischen diesen beiden unzulässigen Verkürzungen liegt die Aufgabe einer vorsorgeorientierten, transparenten und patientenzentrierten Bewertung: digitale Technik gezielt einsetzen, ihren Nutzen überprüfen, vermeidbare Belastungen reduzieren und individuelle Beschwerden ernst nehmen.

#	Quelle
1	OECD: PISA 2022 Results (Volume V): Learning Strategies and Attitudes for Life. Paris: OECD Publishing; 2024. DOI: 10.1787/c2e44201-en. Online: doi.org/10.1787/c2e44201-en
2	Beland LP, Murphy R: Ill communication: technology, distraction and student performance. Labour Econ. 2016;41:61–76. DOI: 10.1016/j.labeco.2016.04.004. Online: doi.org/10.1016/j.labeco.2016.04.004
3	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. DOI: 10.1371/journal.pone.0268641. Online: doi.org/10.1371/journal.pone.0268641 · PubMed Central
4	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. DOI: 10.1515/reveh-2016-0011. Online: doi.org/10.1515/reveh-2016-0011 · PubMed
5	UNESCO: Global Education Monitoring Report 2023: Technology in education – a tool on whose terms? Paris: UNESCO; 2023. unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385723. Online: unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385723
6	Campbell M, Edwards EJ, Pennell D, Poed S, Lister V, Gillett-Swan J, et al.: Evidence for and against banning mobile phones in schools: a scoping review. J Psychol Couns Sch. 2024;34(3). DOI: 10.1177/20556365241270394. Online: doi.org/10.1177/20556365241270394 · Volltext-Archiv QUT
7	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. DOI: 10.1093/rpd/ncw370. Online: doi.org/10.1093/rpd/ncw370
8	IARC Working Group: Non-Ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields. IARC Monographs Vol. 102. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2013. Online: publications.iarc.who.int/126