



Die ICNIRP-Standards: Rationale Basis und künftige Entwicklung

Paolo Vecchia

Die International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP (Internationale Kommission für den Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung), wurde im Jahr 1992 als eine unabhängige Expertengruppe zur Beratung von Regierungen und internationalen Organisationen hinsichtlich möglicher Gesundheitswirkungen nicht-ionisierender Strahlung (NIR) – darunter fällt auch elektromagnetische Strahlung – und der Möglichkeiten, sich vor etwaigen biologischen Wirkungen zu schützen, gegründet. Die ICNIRP übernahm die Aufgaben und Verantwortlichkeiten des International Non-Ionizing Radiation Committee, INIRC (Internationales Komitee für nicht-ionisierende Strahlen), das von 1977 bis 1992 innerhalb der International Radiation Protection Association, IRPA (Internationale Strahlenschutzvereinigung), aktiv war.

Im Verlauf von dreißig Jahren entwickelten sich die erst von IRPA/INIRC und später von der ICNIRP bereitgestellten Richtlinien von einfachen Empfehlungen zur Begrenzung von Exposition gegenüber bestimmten Quellen und in eingeschränkten Frequenzbereichen zu einem komplexen und umfassenden Schutzsystem weiter. Der generelle Ansatz zum Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung und die der Entwicklung der ICNIRP-Empfehlungen zugrundeliegenden Kriterien werden ausführlich in einem wissenschaftlichen Ad-hoc-Dokument erläutert [1].

Im Jahre 1998 gab die ICNIRP ein Dokument mit Richtlinien zur beruflichen und allgemeinen Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern im Frequenzbereich von 0 Hz bis 300 GHz [2] heraus. Dieses Dokument ersetzte die vorangegangenen Richtlinien von IRPA/INIRC jeweils für hochfrequente elektromagnetische Felder getrennt (100 kHz – 300 GHz) [3] und elektrische und magnetische Felder der Stromversorgung (50/60 Hz) ab [4]. Obwohl die neuen Standards auf einer viel breiteren wissenschaftlichen Datengrundlage basierten, haben sich die Begründung selbst und die Expositionsbeschränkungen nicht wesentlich verändert; mit ein Hinweis darauf, dass die Forschung

auf diesem Gebiet bereits einen hohen Reifegrad erreicht hatte, sowohl was die Identifizierung biologischer und gesundheitlicher Wirkungen als auch das Verständnis der zugrundeliegenden Interaktionsmechanismen betrifft.

Da aber seit der Veröffentlichung der letzten Richtlinien viel Zeit verstrichen ist und neue Daten vorliegen, ist es erforderlich, die vorliegenden Empfehlungen zu überprüfen und zu aktualisieren. Die ICNIRP hat bereits mit der Überarbeitung begonnen. Angesichts des unterschiedlichen Standes der wissenschaftlichen Forschung und der Risikoabschätzung hat die Kommission beschlossen, die neuen Richtlinien in zwei Dokumente aufzuteilen, das bedeutet, die Felder des Niederfrequenzbereichs (0 Hz – 100 kHz) und des Hochfrequenzbereichs (100 kHz – 300 GHz) werden getrennt behandelt. In beiden Fällen sind die zugrundeliegenden Kriterien und die einzelnen Phasen des Prozesses die Gleichen; sie werden in den folgenden Abschnitten kurz erläutert.

Phasen in der Entwicklung der ICNIRP-Standards

Eine wesentliche Eigenschaft der ICNIRP-Richtlinien und ähnlicher, von einer Reihe internationaler Organisationen und Regierungen entwickelter Standards, ist, dass sie auf etablierten wissenschaftlichen Erkenntnissen basieren und sich den Schutz vor allen schädlichen Gesundheitswirkungen, die von hochqualitativer Forschung indiziert sind, zum Ziel gesetzt haben. Ausgangspunkte der Erstellung von Richtlinien sind daher die gründliche Analyse der vorliegenden Literatur und die wissenschaftliche Abschätzung von Gesundheitsrisiken. Diese Aufgabe erfüllt die ICNIRP in Zusammenarbeit mit anderen internationalen Agenturen, nämlich der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und der International Agency for Research on Cancer, IARC (Internationale Agentur für Krebsforschung).

Als erster Schritt führt die ICNIRP eine umfassende Sichtung der wissenschaftlichen Literatur zu Expositionsabschätzung und Dosimetrie, biologischen Wirkungen, Epidemiologie und Interaktionsmechanismen durch. Die IARC wiederum wertet die Studien aus, die besonders auf eine mögliche Rolle von EMF in der Krebsentwicklung eingehen, und klassifiziert, wo sie es für notwendig erachtet, die verschiedenen Typen von EMF nach ihrem krebserregenden Potenzial.

Schließlich greift die WHO auf Stellungnahmen der ICNIRP und der IARC zurück, um eine globale Bewertung aller potenziellen Gesundheitsgefahren von EMF-Exposition vorzunehmen.

Das Ergebnis dieser Risikoabschätzungen schlägt sich in den ICNIRP-Berichten (den sogenannten „blauen Büchern“), den IARC-Monografien und den Kriterien zu Umwelt und Gesundheit (EHC) der WHO nieder. Diese stellen die wissenschaftliche Basis dar, auf deren Grundlage die ICNIRP ihre Richtlinien überarbeitet und aktualisiert.

Der oben beschriebene Prozess ist für niederfrequente Felder bereits abgeschlossen, die entsprechenden Monografien sind erschienen [5,6,7]. Auf der Grundlage dieser Dokumente hat die ICNIRP kürzlich mit der Überarbeitung ihrer Richtlinien für den Frequenzbereich von 0 Hz bis 100 kHz begonnen.

Der entsprechende Prozess für hochfrequente elektromagnetische Felder (HF) wurde aufgrund der gegenwärtigen rasanten Entwicklung der wissenschaftlichen Erkenntnisse absichtlich verzögert. In den letzten Jahren hat es intensive Forschungsanstrengungen besonders zu den vom Mobilfunk erzeugten HF-Feldern gegeben. Im Rahmen des von der Europäischen Union geförderten 5. Rahmenprogramms im Bereich der Forschung wurden mehrere große Projekte unter Beteiligung internationaler Forschungsinstitute gestartet (koordinierte Zusammenarbeit). Während die Experimente überwiegend abgeschlossen sind, wird ein Teil der Daten noch analysiert oder die Veröffentlichung steht noch aus. Von besonderem Interesse in diesem Zusammenhang ist „Interphone“, eine epidemiologische Fallkontrollstudie zu Krebs in Kopf und Nacken in Zusammenhang mit der Nutzung von Mobiltelefonen. Mit Forschern aus 13 Ländern und mehreren Tausend gesammelter Fälle stellt Interphone die bisher größte durchgeführte Studie dieser Art dar.

Die wissenschaftliche Basis für die Richtlinien zu Hochfrequenzfeldern

Wie bereits erwähnt, basieren die Richtlinien der ICNIRP ausschließlich auf *etablierten* wissenschaftlichen Ergebnissen. Eine Wirkung wird dann als etabliert betrachtet, wenn sie durch hochqualitative Forschung nachgewiesen ist, die Befunde in Replikationsstudi-



en unabhängig reproduziert werden und die Nachweise in verschiedenen Forschungsgebieten übereinstimmen (zum Beispiel epidemiologische Befunde zu Menschen sind kohärent mit Laborstudien zu Tieren, Ergebnisse von *in-vivo*-Studien werden von den Ergebnissen von *in-vitro*-Studien gestützt usw.).

Zur Zeit des Erscheinens der ersten Richtlinien von IRPA/INIRC zur Hochfrequenz waren die Absorption elektromagnetischer Energie in Körpergewebe, verbunden mit einer Erhöhung der Körpertemperatur, die einzig etablierten Gesundheitswirkungen von HF-Feldern (akute Wirkungen). Diese „thermischen“ Wirkungen sind eindeutig nachgewiesen, physisch und biologisch nachvollziehbar und hinsichtlich des Zusammenhangs von Exposition und Wirkungen gut charakterisiert. Ja, es gab eindeutige Beweise dafür, dass solche Wirkungen nur oberhalb eines Schwellenwertes auftreten, der von einer Reihe ebenfalls identifizierter Expositionseigenschaften abhängt.

Obgleich Laborstudien auf eine Reihe biologischer Reaktionen auf niederenergetische Befeldung hinwiesen, wurde keine für die Gesundheit des Menschen potenziell relevante biologische Wirkung unterhalb der thermischen Schwellen identifiziert. Auf der Grundlage des allgemeinen Ansatzes von IRPA/INIRC basiert die wissenschaftliche Begründung der Richtlinien daher ausschließlich auf „thermischen Wirkungen“.

Die 1988 empfohlenen Grenz- und Referenzwerte wurden 1998 im Wesentlichen bestätigt. Die vielen in der Zeit zwischen dem Erscheinen der beiden Standards durchgeführten Studien hatten die ursprünglichen Schlussfolgerungen untermauert, und die wis-

senschaftliche Einschätzung blieb unverändert, wenn auch auf der Grundlage eines größeren Datenbestandes und verfeinerter Analyse.

Während bestätigt wurde, dass nur akute Wirkungen wissenschaftlich etabliert waren, war ein Teil der Begründung der überarbeiteten Richtlinien dem Thema möglicher Langzeitriskien von Exposition gewidmet, das in den vergangenen Jahren für Kontroversen und öffentliche Debatten gesorgt hat.

Die Berücksichtigung von Langzeitwirkungen

Verschiedene biologische wie auch epidemiologische Studien wurden in den vergangenen Jahren durchgeführt, um die Hypothese von Langzeitwirkungen – darunter Krebs – von chronischer Exposition gegenüber Feldstärken unterhalb der ICNIRP-Grenzwerte zu prüfen.

Dieses Thema wurde bereits – mit einer Erwähnung im letzten Abschnitt der Begründung für die Expositionsgrenzen – in den Richtlinien von IRPA/INIRC im Jahr 1988 berücksichtigt: *„Das Komitee hat die neuen Daten berücksichtigt, die einen Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber elektrischen und magnetischen Feldern und einem erhöhten Krebsrisiko oder einem Risiko angeborener Anomalien herstellen [...] Die vorliegenden Daten sind nicht schlüssig und können für die Festlegung von Expositionsgrenzwerten nicht verwendet werden“*.

In den vergangenen zwei Jahrzehnten ist allerdings die Möglichkeit von Langzeitwirkungen zu einem zentralen Thema sowohl bei der wissenschaftlichen Be-

trachtung als auch in der Gesundheitspolitik geworden. Die ICNIRP hat sich in ihren Standing Committees zur Epidemiologie (SC I) und zur Biologie (SC II) kontinuierlich mit den diesbezüglichen Fortschritten in der Forschung auseinandergesetzt. In den Richtlinien von 1998 ist ein ganzer Abschnitt des Kapitels zur biologischen Basis der Begrenzung von HF-Exposition der kritischen Sichtung von (epidemiologischen) Krebsstudien gewidmet, und ein wichtiger Teil der Diskussion der Zellkultur- und Tierstudien beschäftigt sich mit den biologischen Endpunkten, die eine wichtige Rolle bei der Krebsförderung oder hinsichtlich anderer degenerativer Krankheiten spielen können. Die Schlussfolgerung bestätigt im Wesentlichen die Position von IRPA/INIRC, jedoch auf der Basis einer viel konsistenteren Literatur: *„Obgleich es in den epidemiologischen Studien Mängel gibt, zum Beispiel in der Expositionsabschätzung, enthalten sie keine überzeugenden Anhaltspunkte dafür, dass die typischen Expositionspegel zu schädlichen Auswirkungen auf die Fortpflanzung oder zu einem erhöhten Krebsrisiko exponierter Personen führen. Dies stimmt mit den Resultaten von Laborstudien mit Zellen und Tiermodellen überein, die weder teratogene noch karzinogene Wirkungen hochfrequenter EMF gezeigt haben.“* Die ICNIRP verfolgt kontinuierlich die Fortschritte, die in der Forschung gemacht werden, und überprüft die Angemessenheit ihrer Empfehlungen anhand neuester Erkenntnisse. 2004 wurde ein Übersichtspapier des Standing Committee zur Epidemiologie der ICNIRP veröffentlicht [8]. Die Hauptschlussfolgerung lautete: *„Bisher liefern die Ergebnisse epidemiologischer Studien keine konsistenten oder überzeugenden Anhaltspunkte für einen Kausalzusammenhang von HF-Exposition und gesundheitsschädlichen Wirkungen. Andererseits haben solche Studien zu viele Defizite, um einen Zusammenhang völlig auszuschließen.“* Gleichzeitig stützen auch biologische Studien mit Tier- und Zellmodellen nicht die Hypothese einer Rolle von elektromagnetischen HF-Feldern in der Entwicklung von Krebs und anderen Langzeiterkrankungen. Die neuesten epidemiologischen und biologischen Studien haben an den oben zitierten Einschätzungen nichts verändert. Daher sieht die ICNIRP keinen Grund, ihr Urteil zu ändern, dass es unmöglich ist, fundierte Expositionsgrenzwerte festzulegen, um Langzeitwirkungen zu verhindern.

Wissenschaftsbasierte Standards und das Vorsorgeprinzip

Obgleich nur akute Wirkungen wissenschaftlich etabliert sind, kann die Möglichkeit schädlicher Langzeitwirkungen chronischer Exposition unterhalb der Schwellenwerte für akute Wirkungen prinzipiell nicht verneint werden, da die Wissenschaft das Gegenteil nicht beweisen kann.

Um solche, obgleich hypothetischen, Risiken zu vermeiden oder zu verringern, haben einige Regierungen oder lokale Behörden Maßnahmen beschlossen, die wissenschaftsbasierte Expositionsgrenzwerte ersetzen oder ergänzen sollen. Im Allgemeinen beruft man sich zu diesem Zweck auf das *Vorsorgeprinzip*.

Trotz seiner Beliebtheit ist das Prinzip nicht präzise definiert und wird unterschiedlich ausgelegt. Außerdem wurde ein möglicher Konflikt zwischen diesem Prinzip und der Wissenschaft konstatiert [9]. Eine wichtige Klarstellung wurde von der Europäischen Kommission vorgelegt [10]; darin wird betont, eine Grundbedingung für die Anwendung des Prinzips sei, dass eine potenziell sehr ernste Gesundheitsgefahr festgestellt und wissenschaftlich überprüft worden sei. Daher sollte die Wissenschaft die grundlegende Basis – wenn auch nicht die einzige – für die Verabschiedung von Vorsorgemaßnahmen sein.

Andere Kriterien für die korrekte Anwendung des Prinzips werden von der Europäischen Kommission aufgezeigt. Die ausgewählten Maßnahmen sollten unter anderem auf den Grad des Schutzes zugeschnitten, nicht diskriminierend, vergleichbar mit in ähnlichen Bereichen ergriffenen Maßnahmen sein, auf einer Kosten-/Nutzenanalyse basieren und vorläufig sein. In ihrer Untersuchung zu EMF unter diesem Aspekt stellt die WHO fest: *„[...] Vorsorgemaßnahmen hinsichtlich EMF sollten nur nach reiflicher Überlegung beschlossen werden. Die von der Europäischen Kommission formulierten Anforderungen an solch eine Politik scheinen im Falle der EMF der Stromversorgung oder Hochfrequenz nicht erfüllt zu sein“* [11].

Die Nicht-Anwendbarkeit des Vorsorgeprinzips bedeutet nicht zwangsläufig, jede Vorsicht außer Acht zu lassen. Im Gegenteil empfiehlt die WHO, dass, wenn die wissenschaftliche Forschung von Unsicherheit gekennzeichnet ist (was prinzipiell unvermeidbar ist), jeder politische Beschluss im Kontext eines *vorsorgenden Rahmens* getroffen werden sollte, in dem ne-

ben wissenschaftlichen Anhaltspunkten für eine Gefährdung auch soziale und ökonomische Faktoren, einschließlich öffentlicher Empfindlichkeiten, berücksichtigt werden.

Wie bereits erwähnt, liegt es nicht im Aufgabenbereich der ICNIRP, sozioökonomische Faktoren zu berücksichtigen; ihre Rolle in der Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen beschränkt sich auf die wissenschaftliche Abschätzung der Plausibilität einer Gesundheitswirkung und, wo möglich, auf ein Abschätzen der potenziellen Gesundheitsfolgen.

Jedoch betonen sowohl die WHO als auch die ICNIRP, wie wichtig es sei, dass Vorsorgemaßnahmen und ihre Umsetzung nicht zur Unterminierung wissenschaftsbasierter Expositionsgrenzen führen sollten.

Künftige Entwicklung der ICNIRP-Richtlinien

Die Entwicklung von Richtlinien zum Schutz der Bevölkerung ist ein dynamischer Prozess, der sich mit dem Fortschreiten des Wissens entwickelt. Die ICNIRP überprüft fortlaufend die Gültigkeit ihrer Empfehlungen, indem sie sowohl die neue Forschung zu biologischen und gesundheitlichen Wirkungen elektromagnetischer Felder verfolgt, als auch durch die Entwicklung neuer Technologien, die eventuell mit der Einführung neuer Strahlungsquellen und neuer Modalitäten der Exposition einhergehen. Während kein dringender Bedarf zu bestehen scheint, die grundlegenden Grenz- und Referenzwerte zu ändern, könnte eine Aktualisierung der wissenschaftlichen Begründung, die jüngste Befunde aus der Forschung berücksichtigt, angebracht sein.

Eine umfassende Überarbeitung der HF-Richtlinien wäre gegenwärtig unlogisch und unklug. Was Gesundheitsbehörden und die Öffentlichkeit erwarten, ist nicht die Bestätigung von Restriktionen, die auf akuten Wirkungen basieren (diese scheinen konsolidiert zu sein), sondern eine Stellungnahme der ICNIRP zu Langzeitriskien. Solch eine Stellungnahme wäre jedoch verfrüht, solange die Publikation der Endresultate der Interphone-Studie und anderer wichtiger biologischer Forschungsprojekte, die im Moment abgeschlossen werden, noch aussteht. Erst nach Beendigung dieser Studien wird die IARC eine Expertengruppe zur Klassifikation von HF-Feldern hinsichtlich ihrer Kanzerogenität in Menschen einberufen. Weitere Schritte der

WHO in der Risikoabschätzung sowie die Überarbeitung der Richtlinien durch die ICNIRP werden folgen. Der gesamte Prozess wird jedoch zwangsläufig noch mehrere Jahre dauern.

Literatur

- 1. ICNIRP (2003). *Approach to Protection Against Non-Ionizing Radiation*. Health Phys 82:540-548. Abrufbar auf der Seite: <http://www.icnirp.org/documents/philosophy.pdf>
- 2. ICNIRP (1998). *Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)*. Health Phys 74:494-522, 1998. Das Dokument kann abgerufen werden unter: http://www.icnirp.org/documents/emf_gdl.pdf
- 3. IRPA/INIRC (1990). *Interim guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields*. Health Phys 58:113-122.
- 4. IRPA/INIRC (1988). *Guidelines on limits of exposure to radio-frequency electromagnetic fields in the frequency range from 100 MHz to 300 GHz*. Health Phys 54:115-123.
- 5. IARC (2002). *Non-Ionising Radiation Part 1: Static and Extremely Low Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans, Vol. 80*. Lyon: International Agency for Research on Cancer.
- 6. ICNIRP (2003). *Exposure to Static and Low frequency Electromagnetic Fields, Biological Effects and Health Consequences (0-100 kHz)*. (R. Matthes, A.F. McKinlay, J.H. Bernhardt, P. Vecchia, B. Veyret, Eds.). Munich: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection.
- 7. WHO (2007). *Extremely Low Frequency Fields (Environmental Health Criteria 238)*. Geneva: World Health Organization. Download unter: http://www.who.int/peh-emf/publications/elf_ehc/en/index.html.
- 8. ICNIRP Standing Committee on Epidemiology: Ahlbom A, Green A, Kheifets L, Savitz D, Swerdlow A. (2004). *Epidemiology of Health Effects of Radiofrequency Exposure*. Env Health Perspect 112:1741-1754.
- 9. Foster KR, Vecchia P, Repacholi MH. *Science and the precautionary principle*. Science 288:979-981, 2000.
- 10. European Commission. *Communication on the Precautionary Principle*, 2000. http://europa.eu.int/comm/off/com/health_consumer/precaution.htm
- 11. WHO (2000). *Electromagnetic fields and health: Cautionary policies*. Geneva: World Health Organization. Das Dokument kann abgerufen werden unter: www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts_press/EMF-Precaution.htm



Dr. Paolo Vecchia ist der Vorsitzende der Internationalen Kommission für den Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung (ICNIRP) und Leiter der Abteilung Technologie und Gesundheit am Nationalen Institut für Gesundheit, Rom, Italien