

Die **physikalische** Erscheinung „Strahlung“ lässt sich u.a. nach ihren Wirkungen und den gesetzlichen Grundlagen in die Bereiche Radioaktivität, elektromagnetische Felder und Licht gliedern.

Bei den Erhebungen zur Radioaktivität arbeitet das Landesumweltamt NRW mit anderen Dienststellen des Landes zusammen. Berichtet wird über Aufgaben, Erhebungssysteme und Ergebnisse bei der Anlagen- und Immissionsüberwachung sowie im Bereich Umwelt-radioaktivität.

Darüber hinaus werden auf Grundlage des Bundesimmissionsschutzgesetzes elektromagnetische Felder und Lichtimmissionen in der Umwelt überwacht, die in jüngerer Zeit zunehmend in das Bewusstsein der Bevölkerung gelangen.

Radio  
Elektromagn

# 8 Radioaktivität, elektromagnetische Felder, Licht

*Nicht nur die Kernenergie ...*

## 8.1 Umweltradioaktivität

*Herkunft, Verteilung und Bewertung von radioaktiven Stoffen in NRW*

8.1.1 Allgemeines zur Radioaktivität

8.1.2 Überwachung der Radioaktivität in NRW

## 8.2 Elektromagnetische Felder, Licht

*Nichtionisierende Strahlung im Umweltschutz*

8.2.1 Elektromagnetische Felder

8.2.2 Licht

Radioaktivität  
elektromagnetische Felder  
Licht

# 8 Radioaktivität, elektromagnetische Felder, Licht

*Nicht nur die Kernenergie ...*

## 8.1

### Umweltradioaktivität

*Herkunft, Verteilung und Bewertung von radioaktiven Stoffen in NRW*

## 8.1.1

### Allgemeines zur Radioaktivität

## 8.1.1.1

### Strahlung und deren Wirkungsbeurteilung

Materie besteht aus Atomen, die sich aus dem Kern und den ihn umhüllenden Elektronen zusammensetzen. Unter bestimmten Bedingungen können Atomkerne instabil sein und unter Aussendung von Strahlung in andere Kerne zerfallen (Radionuklide = Strahlung aussendende Kerne).

Die wichtigsten **Strahlungsarten** (zusammengestellt in Abb. 8.1/1), die von Radionukliden ausgehen können, sind

- **Alphastrahlung:** schwere Teilchenstrahlung aus Heliumkernen (zwei Protonen und zwei Neutronen),
- **Betastrahlung:** leichte Teilchenstrahlung aus Elektronen oder Positronen,
- **Gammastrahlung:** elektromagnetische Strahlung.

Der Gammastrahlung ähnlich ist die Röntgenstrahlung. Da sie jedoch in der Elektronenhülle und nicht im Atomkern entsteht, ist sie weniger

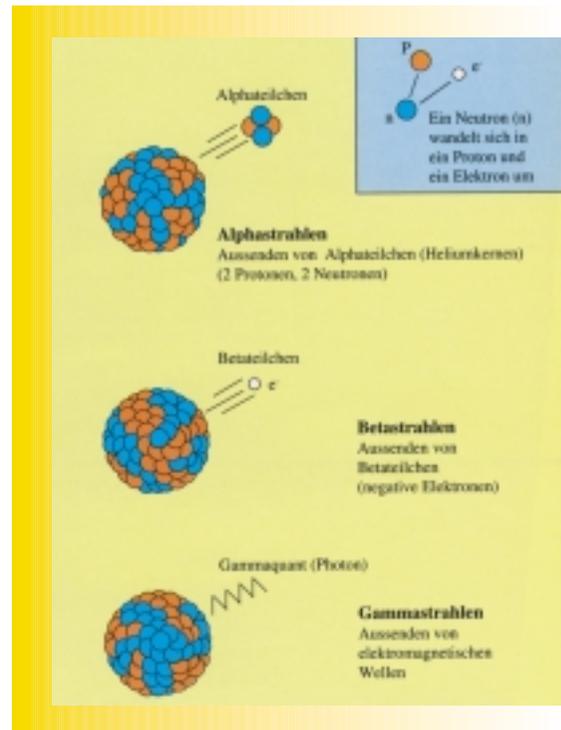


Abbildung 8.1/1: Schematische Darstellung von Alpha-, Beta- und Gammastrahlung (Quelle: MURL)

energiereich. Alle genannten Strahlungsarten übertragen auf bestrahlte Materie Energie und bewirken damit z.B. eine Abspaltung oder Umlagerung von Elektronen. Aufgrund dieser Wirkung spricht man auch von „**ionisierender Strahlung**“.

Die Schwächung dieser Strahlungen beim Durchgang durch Materie ist sehr unterschiedlich, was auch zu ihrer allgemeinen Detektion, Messung und zur Erkennung der Nuklidart herangezogen wird. Alphastrahlung, als schwere Teilchenstrahlung, ionisiert die durchdrungene Materie auf kurzer Wegstrecke sehr dicht, während Betastrahlen und erst recht Gammastrahlen weitaus weniger dicht ionisieren.

Die **Reichweite** der Strahlung hängt von der Strahlenart und von deren Energie ab. Sie liegt für Alphastrahlen bei maximal ca. 12 cm in der Luft bzw. maximal ca. 0,15 mm in Gewebe, für Betastrahlen bei maximal ca. 15 m in der Luft bzw. 2 cm in Gewebe. Für Gamma- und Röntgenstrahlung gibt es keine exakt begrenzten Reichweiten, sondern nur stark energie-, material- sowie schichtdickenabhängige Schwächungsfaktoren: Halbwertsdicken in Luft/Gewebe = 100 m / 15 cm bei 1 MeV (und 35 m / 5 cm bei 0,1 MeV).

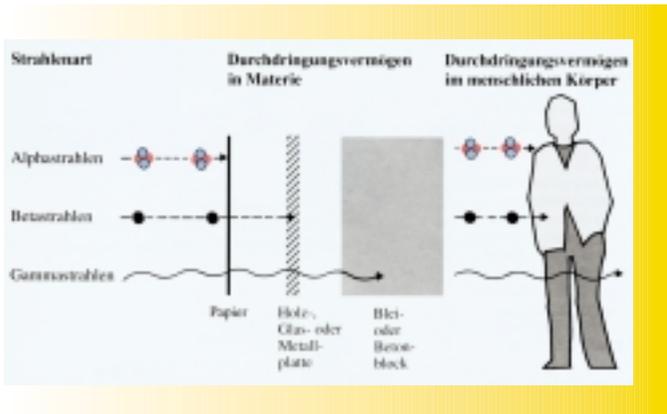


Abbildung 8.1/2: Abschirmung und Durchdringungsvermögen von Alpha-, Beta- und Gammastrahlung (Quelle: MURL)

Entscheidend für den Strahlenschutz ist die **biologische Wirkung**, gemessen als Energiedosis. Jede der drei Strahlungsarten führt zur Aufnahme von Energie im biologischen Gewebe, die zur Schädigung von Zellen oder Erbgut führen kann. Zur Beschreibung dieser aufgenommenen Energie, bezogen auf die Masse des biologischen Gewebes, dient primär die physikalische Größe **Energiedosis** (Energie pro Masse) mit der Einheit Gray (Gy). 1 Gray bedeutet den Energieeintrag von 1 Joule/kg. Die biologische Wirkung einer Strahlenart beruht aber nicht nur auf der absorbierten Energie, sondern vor allem auch auf deren räumlicher Dichte. Je kleiner der Bereich ist, in dem eine bestimmte Menge Energie wirkt, desto größer ist die Schädigung in diesem Bereich und damit die biologische Wirkung. Dies führte zur Einführung der sogenannten **Äquivalentdosis** mit der Einheit Sievert. 1 Sievert (Sv) bedeutet ebenfalls 1 Joule/kg, jedoch mit dem Strahlungs-Wichtungsfaktor versehen (Äquivalentdosis = Energiedosis x Strahlungs-Wichtungsfaktor). Dieser Faktor ist u.a. abhängig von der Strahlenart. Er beträgt – gleichartige Strahlungsverhältnisse vorausgesetzt – für Alphastrahlung 20 und für Beta-, Gamma- und

Röntgenstrahlung jeweils eins. Der für Alphastrahlung 20 mal höhere Wert spiegelt die Besonderheit wider, dass Alphastrahlen ihre Energie in sehr viel kleineren Bereichen des Gewebes abgeben als Beta- oder Gammastrahlen. Alphastrahlende Radionuklide sind daher besonders schädlich für das Gewebe, wenn sie einmal in den Körper gelangt sind und dort verbleiben. Hingegen ist äußere Alphastrahlung aufgrund der geringen Reichweite fast bedeutungslos.

Von den aus der Umwelt auf den Menschen von außen einwirkenden Strahlenarten durchdringt die Gammastrahlung den menschlichen Körper am stärksten (s. Abb. 8.1/2). Die durch äußere Strahlung verursachte Dosis stammt deshalb fast vollständig von dieser Strahlung. Bei der Überwachung der äußeren Strahlung wird daher in der Regel nur die Gammadosis ermittelt. Die dabei gewonnenen Werte beschreiben die von der Gammastrahlung an einem bestimmten Ort verursachte Dosis, die Gamma-Ortsdosis. Die pro Zeiteinheit ermittelte Dosis wird als **Gamma-Ortsdosisleistung** bezeichnet. Diese wird in der Regel in Mikro- oder Nanosievert pro Stunde ( $\mu\text{Sv/h}$  oder  $\text{nSv/h}$ ) angegeben.

Obwohl mit der Äquivalentdosis ein Maß für die Wirkung ionisierender Strahlung gegeben ist, spielt die Zeit eine Rolle, in der eine Dosis verabreicht wird. Aufgrund von Reparaturmechanismen in den Zellen des menschlichen Körpers fällt die Schädigung um so geringer aus, je größer der Zeitraum ist, in dem man eine bestimmte Dosis erhält, je geringer also die Dosisleistung, d.h. die Dosis je Bestrahlungszeit, ist.

## 8.1.1.2 Natürliche und künstliche Radioaktivität

Radionuklide entstehen sowohl bei technischen Anwendungen, wie etwa der Nutzung der Kernenergie, als auch durch natürliche Vorgänge. Einige Radionuklide, z.B. Uran-238, Thorium-232 oder Kalium-40 sind aufgrund ihrer langen



Halbwertszeit seit Entstehung der Erde existent. Unter der **Halbwertszeit** eines Nuklids versteht man die Zeit, nach der die Hälfte der radioaktiven Atome durch Zerfall umgewandelt ist. Die Zeitspanne kann von Bruchteilen einer Sekunde bis zu Milliarden von Jahren reichen. Uran-238 und Thorium-232 sind u.a. Ausgangsnuklide von Zerfallsreihen, die zahlreiche weitere natürliche Radionuklide erzeugen. Von diesen Radionukliden gelangen die Edelgase Radon (Radon-222) bzw. Thoron (Radon-220) und ihre Folgeprodukte zum Teil auch in die Atmosphäre. Die Abbildung 8.1/3 gibt ein Beispiel für eine Zerfallsreihe.

Radionuklide, die aus irdischen Gesteinsschichten stammen, werden aufgrund ihrer Herkunft als geogen bezeichnet. Als Bestandteile der Erdkruste können sie auch in Baumaterialien auftreten. Demgegenüber stehen kosmogene Radionuklide, die durch die energiereiche Weltraumstrahlung in der Atmosphäre gebildet werden. Beispiele hierfür wären Kohlenstoff-14, Beryllium-7 oder Tritium.

Allen bekannt ist das längerlebige Cäsium-137 als heute noch nachweisbare Folge des Reaktorunfalls von Tschernobyl im April 1986, das fast in jedem am Stoffkreislauf beteiligten Umweltmedium in unterschiedlichen Konzentrationen zu finden ist. Daneben sind auch die Auswirkungen der früheren oberirdischen Kernwaffentest-Explosionen aus den 50er und 60er Jahren noch nachweisbar. Hierher stammt ein Teil des heute in der Umwelt vorhandenen Cäsium-137 sowie des vorhandenen Strontium-90.

Auch in Medizin, Technik und Forschung finden Strahlenquellen Anwendung, z.B. bei der medizinischen Diagnose, der Tumorthherapie oder zum Nachweis bestimmter Stoffwechselprodukte in der biochemischen Grundlagenforschung wie auch auf dem Gebiet der Werkstoffprüfung.

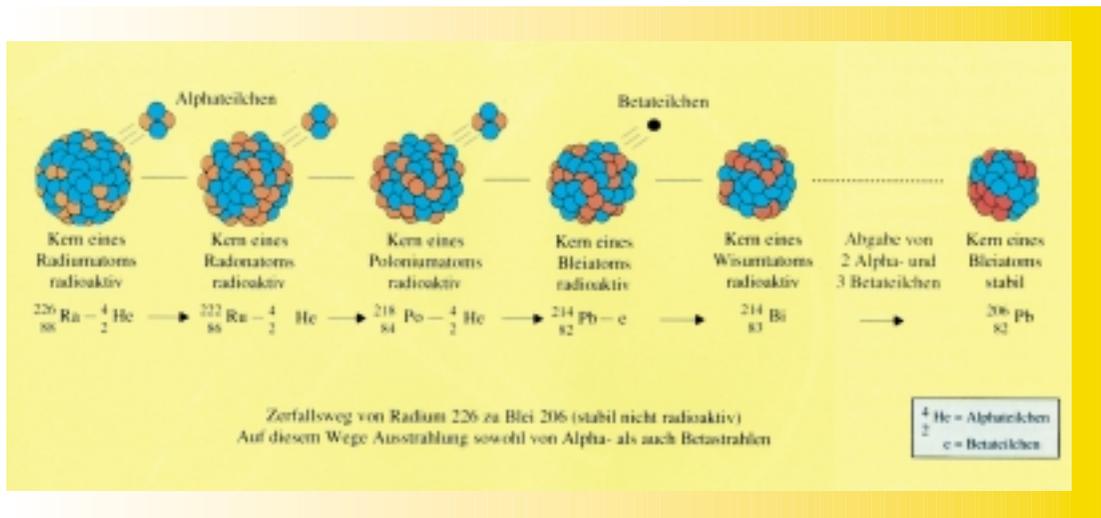


Abbildung 8.1/3: Natürliche radioaktive Zerfallsreihe am Beispiel eines Radiumatoms (Quelle: MURL)

**Künstliche Radionuklide** entstehen durch Aktivitäten des Menschen, unterliegen aber samt ihren Strahlungen denselben Gesetzmäßigkeiten wie die natürlich vorkommenden Radionuklide. Praktische Bedeutung für die Belastung von Mensch und Umwelt haben jedoch nur wenige Nuklide, die entweder große Halbwertszeiten besitzen oder wegen ihres physiologischen Verhaltens eine hohe effektive Äquivalentdosis erzeugen.

Die Unterscheidung zwischen „natürlichen“ und „künstlichen“ Radionukliden bezieht sich auf die Herkunft, nicht aber auf die Wirkung.

## 8.1.1.3

## Die Strahlenexposition der Menschen

In der Wissenschaft herrscht heute Übereinstimmung, dass die Erkenntnisse zur **Strahlenwirkung** auf Menschen, definiert als effektive Äquivalentdosis (abgekürzt auch effektive Dosis genannt) und angegeben in Millisievert pro Jahr (mSv/a) für künstliche und für natürliche Strahler gleichermaßen gültig sind.

Bedingt durch die kosmische Strahlung sowie durch die überall vorhandenen natürlichen Radionuklide ergibt sich für die Bevölkerung in Deutschland eine mittlere effektive Dosis durch natürliche Strahlenexposition von ca. 2,4 mSv im Jahr.

Neben der von außen wirkenden Gammastrahlung (kosmische Strahlung, terrestrische Strahlung) tragen besonders die mit der Atemluft und der Nahrung in den Körper gelangenden Radionuklide zur Strahlenexposition des Menschen bei. Über die Hälfte des natürlichen Beitrags zur menschlichen Strahlenbelastung ist dabei auf das radioaktive Edelgas Radon zurückzuführen (s. Tabelle 8.1/1).

**Tabelle 8.1/1:** Quellen der natürlichen Strahlenexposition (mittlere effektive Jahresdosis) der Bevölkerung in Deutschland

Natürliche Strahlenexposition	mittlere effektive Dosis [mSv/a]
durch kosmische Strahlung	ca. 0,3
durch terrestrische Strahlung	ca. 0,4
durch Inhalation von Radonfolgeprodukten	ca. 1,4
durch Ingestion	ca. 0,3
<b>Summe:</b>	<b>ca. 2,4</b>

Bei den zivilisationsbedingten Anwendungen der Radioaktivität muss der Einsatz von Röntgenstrahlen beachtet werden, wenn Aussagen über die zivilisatorische Belastung durch ionisierende Strahlung gemacht werden sollen. Insgesamt trägt das Mittel dieser zivilisatorischen Strahlenexpositionen etwa 1,6 mSv im Jahr. Nahezu 100 % kommen dabei aus dem medizinischen Bereich (s. Tabelle 8.2/2). Die medizinisch bedingte Strahlenexposition verteilt sich allerdings sehr ungleichmäßig über die Bevölkerung.

Die mittlere Strahlenexposition durch den Reaktorunfall in Tschernobyl ist heute mit weniger als 0,02 mSv/a im Vergleich mit der natürlichen und der medizinischen Belastung nur sehr gering. Sie ist von 0,11 mSv/a im Unfalljahr innerhalb von 10 Jahren auf unter 0,02 zurückgegangen.

**Tabelle 8.1/2:** Quellen der zivilisatorischen Strahlenexposition (mittlere effektive Jahresdosis) der Bevölkerung in Deutschland

Zivilisatorische Strahlenexposition	mittlere effektive Dosis [mSv/a]
durch kerntechnische Anlagen	<0,01
durch Anwendung in der Medizin	ca. 1,5
durch Anwendung in Forschung, Technik, Haushalt	< 0,01
durch berufliche Strahlenexposition	< 0,01
durch Fallout von Kernwaffenversuchen	< 0,01
durch Reaktorunfall Tschernobyl	< 0,015
<b>Summe:</b>	<b>ca. 1,6</b>

## 8.1.2

## Überwachung der Radioaktivität in NRW

Laut Aufgabenerlass des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft ist das LUA eine der fünf amtlichen Messstellen NRW des Integrierten Mess- und Informationssystems (IMIS) zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG), hier ist auch die Landesdatenzentrale für ganz NRW angesiedelt. Weitere Aufgaben sind die zentrale Mitwirkung bei den Genehmigungen radioaktiver Einleitungen in die Gewässer NRW, gutachtliche Stellungnahmen und bezüglich des Wasserpfades die Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen.

Darüber hinaus betreibt das LUA im Auftrag der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde NRW das automatische Fernüberwachungssystem für kerntechnische Anlagen in NRW.



## 8.1.2.1 Integriertes Mess- und Informationssystem (IMIS)

Aufgrund des Euratomvertrags vom März 1957 wurde bereits sehr frühzeitig europaweit ein Überwachungssystem für Radioaktivität aufgebaut, um die radioaktiven, großräumigen Auswirkungen von Kernwaffentests feststellen zu können.

Dieses Messsystem erwies sich infolge des Reaktorunfalls von Tschernobyl mit seinen kleinräumig unterschiedlichen Auswirkungen als nicht ausreichend. Deshalb wurde vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit auf der Basis des 1986 erlassenen Strahlenschutzvorsorgegesetzes (StrVG) in Zusammenarbeit mit den Ländern das sogenannte Integrierte Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS) geschaffen.

Auf der Grundlage dieser Aufgabenzuweisung wurde für Nordrhein-Westfalen ein umfangreiches Messprogramm aufgestellt. Das Landesumweltamt ist die amtliche Messstelle für den Regierungsbezirk Köln zur flächendeckenden Messung der

Radioaktivität in der Umwelt, und außerdem Landesdatenzentrale der fünf amtlichen Messstellen NRW (s. Abb. 8.1/4).

Zur Gewinnung zuverlässiger Referenzwerte aller Bereiche werden u.a. Lebensmittel, Trink-, Grund-, Roh- und Oberflächenwasser, Sediment, Futtermittel, Klärschlamm, Abwasser, Boden und Bewuchs gemessen. Die Karte 8.1/1 zeigt die Lage der Probenahmeorte des IMIS-Überwachungsprogramms für 1999 in NRW.

Im Falle von Ereignissen mit möglichen, nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen kann mit Hilfe der Messergebnisse der unterschiedlichen Medien eine Früherkennung und damit eine Schadensminimierung erfolgen, indem durch angemessene Maßnahmen die Strahlenexposition der Menschen so gering wie möglich gehalten wird.

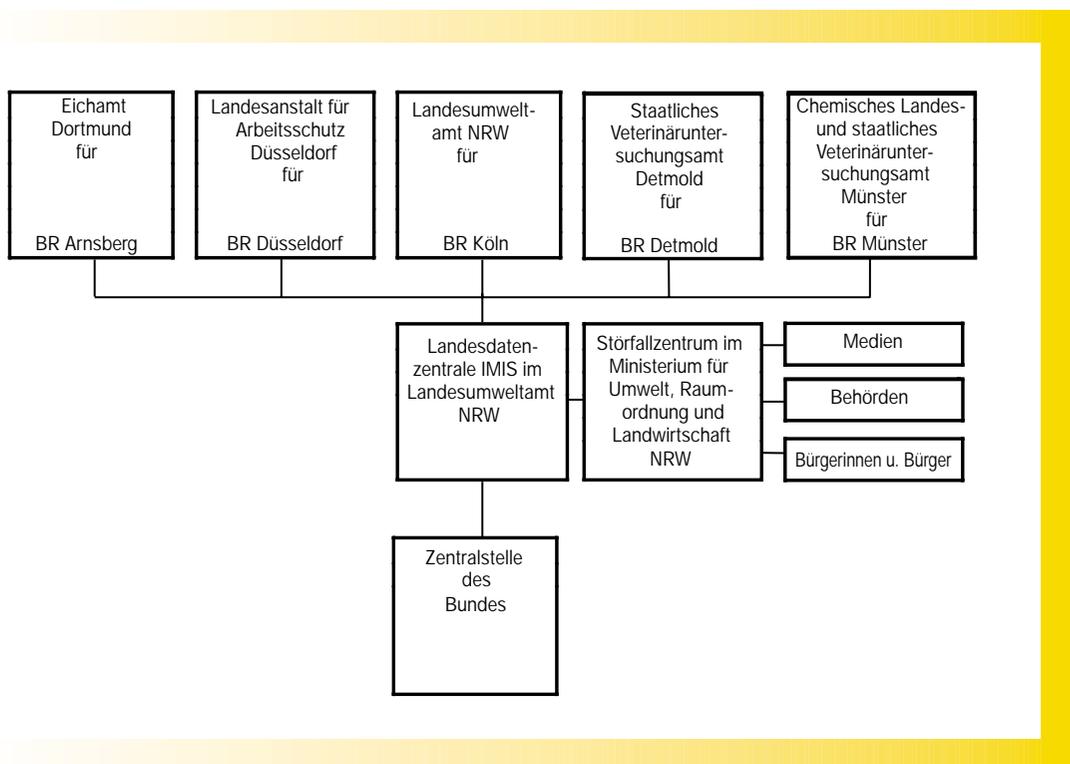
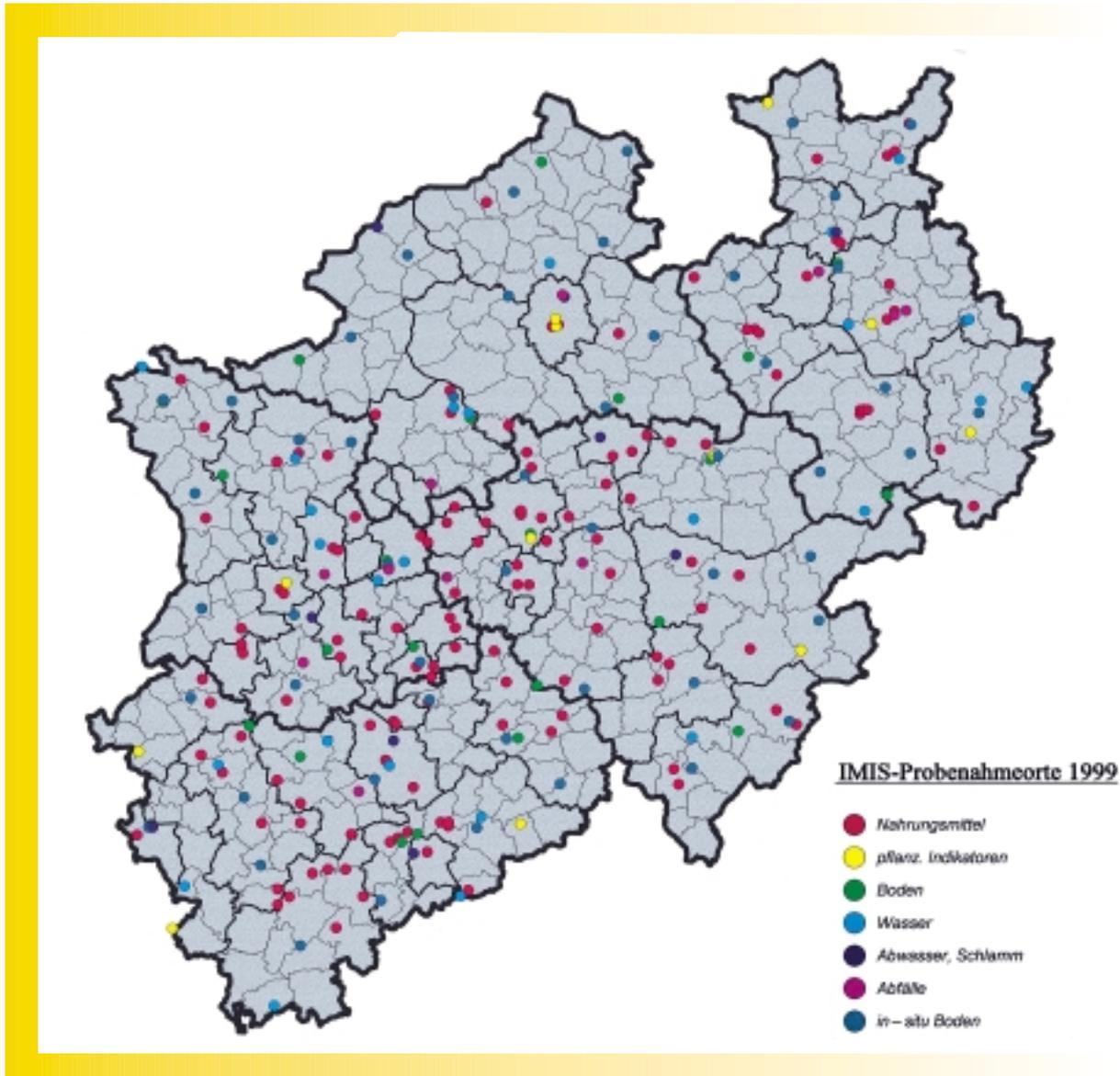


Abbildung 8.1/4: Aufbau des IMIS



Karte 8.1/1: Probenahmeorte in NRW zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt (1999)

Vom LUA wurden im Rahmen des Routinemessprogramms des IMIS im Jahre 1999 411 Proben auf Radioaktivität untersucht, und zwar:

Proben pflanzlicher Herkunft (Gemüse, Getreide, Obst, Kartoffel)	106 Proben
Proben tierischer Herkunft (Rind, Schwein, Kalb, Geflügel, Wild)	72 Proben
Gesamt-, Säuglings-, Kleinkindnahrung	32 Proben
Milch und Milchprodukte	40 Proben
Pflanzen als Indikatoren (Gras, Nadeln, Blätter)	5 Proben
Futtermittel	19 Proben
Boden	35 Proben
Oberflächenwasser, Schwebstoffe, Sedimente	49 Proben
Trink-, Grundwasser	17 Proben
Fische	10 Proben
Abwasser, Klärschlamm, Hausmülldeponie	26 Proben

(s. auch Abb. 8.1/5)

*Der Unfall von Tschernobyl führte auch in NRW zu einer messbaren Zunahme der Umweltradioaktivität. Mittlerweile liegen bei den hiesigen Nahrungsmitteln die Konzentrationen wieder im Bereich der messtechnischen Nachweisgrenzen, Ausnahmen: Wildpilze und Wildfleisch.*

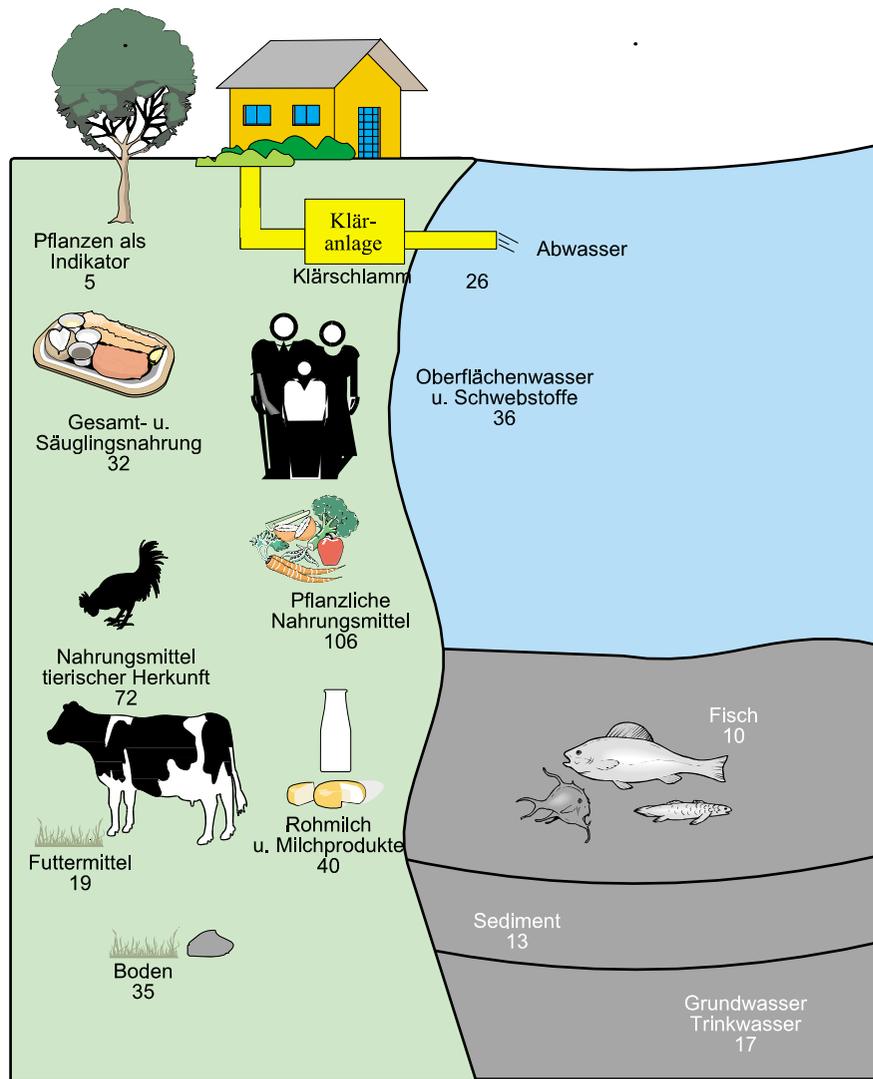


Abbildung 8.1/5 : Übersicht über die Probenahme in NRW zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt (1999)

Die Cäsium-137-Messergebnisse der Nahrungsmittelproben liegen zurzeit im Bereich der messtechnischen Nachweisgrenze von 0,1 Bq/L in flüssigen bzw. 0,4 Bq/kg in festen Medien. Lediglich bei Rind-/Kalbfleisch wurden im Jahre 1999 Cäsium-137-Konzentrationen bis 1,1 Bq/kg gemessen (Bq = Becquerel, 1 Bq = 1 Zerfall pro Sekunde).

Ausnahmen sind Wildpilze und Haarwild, bei diesen Proben lagen die gemessenen Cäsium-137-

Konzentrationen im Bereich von 1–170 Bq/kg für Wildfleisch und 0,5–240 Bq/kg für Wildpilze, was wegen der besonderen Ökotoptverhältnisse zu erwarten war. In Wäldern sind die Stoffkreisläufe relativ ungestört, der Boden wird weder gepflügt noch seine Produkte abgeerntet. Vor allem in der Humusaufgabe, jener Bodenschicht, die für die Waldernährung eine bedeutende Rolle spielt und in der die abgestoßenen Blätter und Nadeln wieder zersetzt werden, ist die Kontamination noch deutlich zu messen.

Die Abbildungen 8.1/6 bis 8.1/8 zeigen den zeitlichen Verlauf der Cäsium-137-Aktivität (Cs-137) in Milch, Blattgemüse und Rindfleisch, seit der Kontamination durch Tschernobyl.

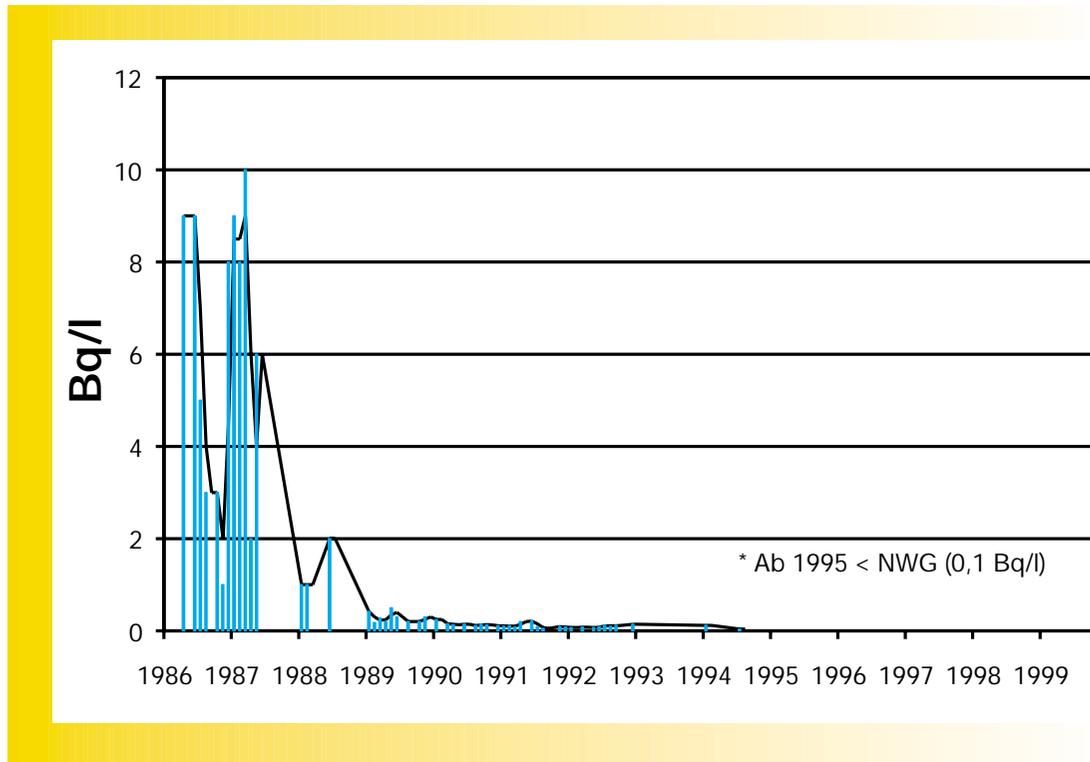


Abbildung 8.1/6: Monatliche Mittelwerte der Cs-137-Konzentration in Milch seit Mai 1986

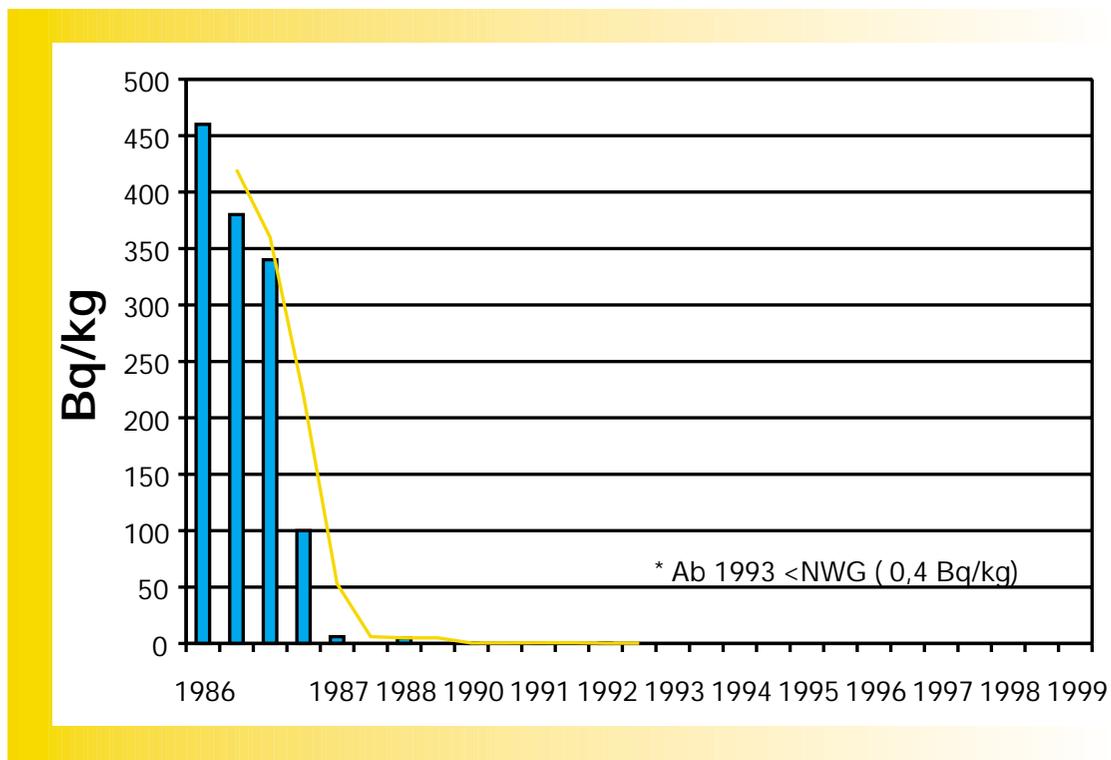


Abbildung 8.1/7: Monatliche Höchstwerte der Cs-137-Konzentration in Blattgemüse seit Mai 1986

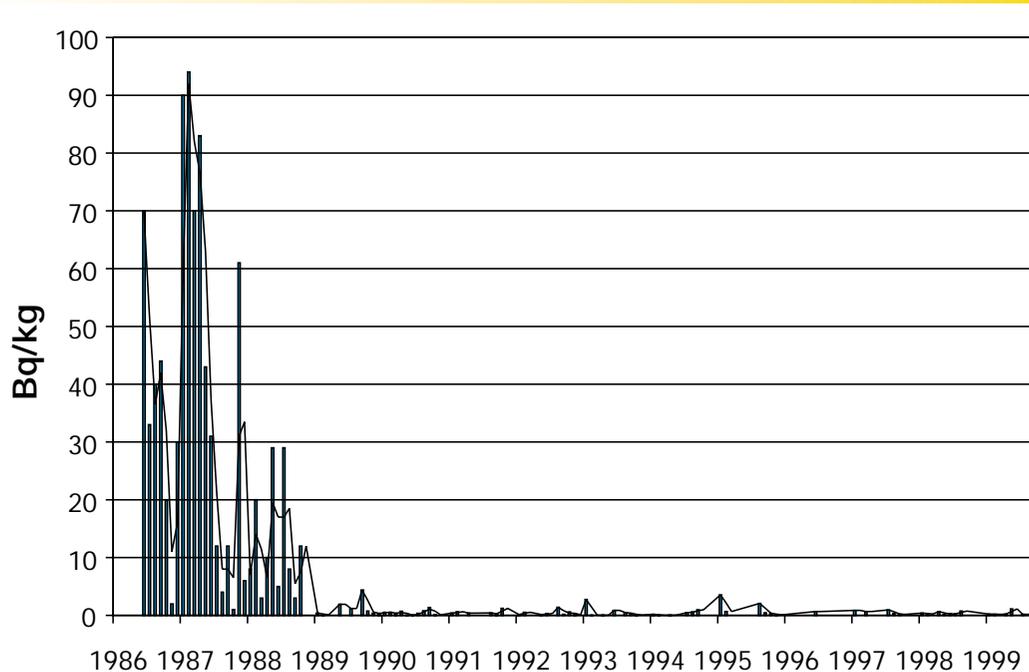


Abbildung 8.1/8: Monatliche Höchstwerte der Cs-137-Konzentration in Rind-/Kalbfleisch seit Mai 1986

## 8.1.2.2 Anlagenbezogene Gewässerüberwachung

Laut Aufgabenerlass des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft überwacht das Landesumweltamt die radioaktiven Belastungen des Wasserpfades, die durch kerntechnische Anlagen verursacht werden. Da das Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr in seiner Zuständigkeit als atomrechtliche Aufsichtsbehörde NRW für die Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen aufgrund der gleichnamigen Richtlinie (REI 1993) ein umfangreiches Radioaktivitätsmessprogramm durchführen lässt, ist u.a. das LUA beauftragt, als unabhängige Messstelle den Umweltbereich Wasser zu übernehmen, im Einzelnen sind dies:

- Emissions-Kontrollmessungen an Abwasserproben,
- Immissionsmessungen von Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser, Sedimenten, Fischen und Wasserpflanzen (s. Tab.8.1/4).

Die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft und dem Abwasser wird bei kerntechnischen Anlagen fortlaufend kontrolliert und bilanziert. Dabei wird nach Ableitungen von alpha- bzw. beta-/gammastrahlenden Radionukliden und Tritium unterschieden. Der Strahlenexpositionsbeitrag durch den Betrieb der jeweiligen kerntechnischen Anlage wird auf der Basis dieser Emissionsbilanzen jährlich berechnet (Worst-case-Abschätzung, also unter Annahme ungünstigster Umstände). Die Ergebnisse dieser Berechnungen werden vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit in Jahresberichten veröffentlicht.

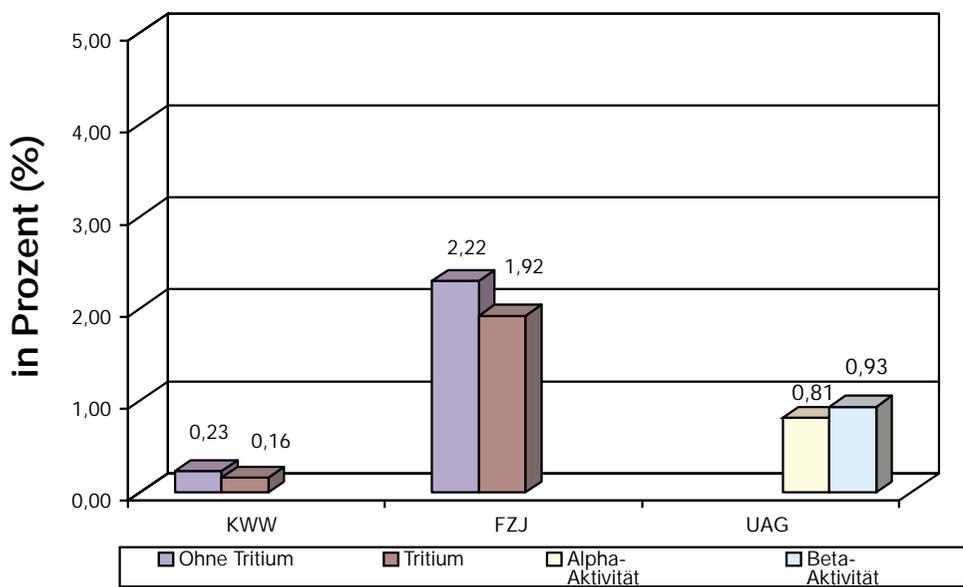
Die beta- bzw. gammastrahlenden Radionuklide im Abwasser resultieren aus zwei Quellen. Sie entstehen einerseits bei den Spaltvorgängen im Kernbrennstoff und andererseits durch Neutronenaufnahme (Aktivierung von vorher nicht aktiven Substanzen innerhalb der Strukturmaterialien) und gelangen in Spuren mit dem Abwasser nach außen.

**Tabelle 8.1/3:** Jahresgenehmigungswerte zur Abgabe mit dem Abwasser in Becquerel [Bq] (Quelle: MWMTV NRW Strahlenschutzbericht des Monats Dezember 1999, siehe Kasten auf Seite 337)

	Kernkraftwerk Würgassen (KWW)	Forschungs- zentrum Jülich (FZJ)	Urananreicherungs- anlage Gronau (UAG)
ohne Tritium	$6 \times 10^{10}$	$7,6 \times 10^9$	-
Tritium	$1 \times 10^{13}$	$1,11 \times 10^{13}$	-
Alpha-Aktivität	-	-	$7,4 \times 10^5$
Beta-Aktivität	-	-	$2,8 \times 10^6$

Im Jahre 1999 lagen die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser bei den untersuchten Anlagen zwischen 0,2 und 2,3 % der genehmigten Werte (s. Tabelle 8.1/3, Abb. 8.1/9).

der Jahresmessungen der Emissionen umfasst. Aus der näheren Umgebung einer kerntechnischen Anlage werden Luftproben auf Aerosole hin untersucht, Nahrungsmittel, Milch und Niederschlag



**Abbildung 8.1/9:** Aktivitätsabgabe mit dem Wasser im Jahre 1999 (Angabe in % des jeweiligen Jahresgenehmigungswertes, KWW: Kernkraftwerk Würgassen, FZJ: Forschungszentrum Jülich, UAG: Urananreicherungsanlage Gronau, Quelle: MWMTV NRW Strahlenschutzbericht des Monats Dezember 1999, siehe Kasten auf Seite 337)

Da jede Abgabe (Emission) radioaktiver Stoffe zwangsläufig mit einem Eintrag (Immission) in die Umwelt verbunden ist, sind folgende Vorgänge von Bedeutung:

- Art, Menge und Zeitpunkt der Ableitung,
- Verteilung und Verfrachtung mit der Luft,
- Transport und Verteilung mit dem Wasser,
- Verhalten und Verbleiben von Radionukliden in der Umwelt,
- Anreicherung in der Nahrungskette.

Dazu findet eine umfangreiche Immissionsüberwachung statt, die u.a. die Plausibilitätsprüfung

sowie die vom LUA in Tabelle 8.1/4 aufgeführten weiteren Medien auf ihren Radioaktivitätsgehalt überwacht. Außerdem werden Böden, Bewuchs und Sedimente überprüft. Die hierbei gewonnenen Messwerte müssen zu den entsprechenden Messwerten der allgemeinen Überwachung der Umweltradioaktivität in Beziehung gesetzt werden, um Immissionen einer kerntechnischen Anlage feststellen zu können.

Tabelle 8.1/4 zeigt eine Auflistung der vom LUA untersuchten Medien der entsprechenden Kontroll- und Immissionsmessprogramme.

Tabelle 8.1/4: Vom LUA untersuchte Medien der Kontroll- und Immissionsmessprogramme

Kerntech-nische Anlage	Abwasser	Oberflächen-wasser	Grund-wasser	Trink-wasser	Sediment	Fisch	Wasser-pflanzen
Kernkraftwerk Würgassen (KWW)	X	X (Weser)			X		
Forschungs-zentrum Jülich (FZJ)	X	X (Rur)	X	X	X	X	
Urananrei-cherungs-anlage Gronau (UAG)		X (Goorbach, Dinkel)			X		
Brennelement-Zwischenlager Ahaus (BZA) <sup>1)</sup>	X	X (Ahauser Aa)	X		X		X

<sup>1)</sup> heutige Bezeichnung des BZA: Transportbehälterlager Ahaus (TBL-A)

Die Immissionsmesswerte in der Umgebung der untersuchten Anlagen unterscheiden sich in NRW nicht signifikant von den Werten aus der Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS).

- Überwachung der mit dem Betrieb kerntechnischer Anlagen verbundenen Direktstrahlung und der Emission radioaktiver Stoffe,
- Vergleich mit den genehmigten Grenzwerten,
- Schnelle und betreiberunabhängige Informationen über den Anlagenzustand im Hinblick auf radiologische Auswirkungen auf die Umgebung,
- Erzeugung automatischer Meldungen bei anlagenspezifischen Zuständen, die im Hinblick auf den Strahlenschutz der Bevölkerung zu beachten sind.

## 8.1.2.3 Automatisches Fernüberwachungssystem für kerntechnische Anlagen in NRW (FÜ)

Nach dem „Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren“ (Atomgesetz) ist es Aufgabe der Länder, den Betrieb von kerntechnischen Anlagen im Interesse der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes (Strahlenschutz) ihrer Bürger und Bürgerinnen zu überwachen. In Umsetzung dieses Auftrages ist auf Beschluss der Landesregierung aus dem Jahre 1979 in Nordrhein-Westfalen in den Jahren 1980-1984 ein automatisches Fernüberwachungssystem für kerntechnische Anlagen von der Landesanstalt für Immissionsschutz (heute: Landesumweltamt (LUA)) errichtet worden. Diese damals neuartige Aufsichtsmaßnahme der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde (heute: Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr (MWMTV)) ist an folgender Zielsetzung orientiert:

Im Einzelnen ist der Fernüberwachungsumfang (Messparameterliste) anlagenspezifisch festgelegt (vgl. Tab. 8.1/5). Dieser Umfang hat und wird sich auch zukünftig entsprechend der Genehmigungssituation der kerntechnischen Anlagen (Betrieb, Stilllegung, Rückbau) verändern.

Das verteilte FÜ-Rechnersystem und die Datenübertragungswege sind in Abbildung 8.1/10 dargestellt.

Als automatisches Mess- und Datenverarbeitungssystem umfasst die Überwachung, soweit für die jeweilige kerntechnische Anlage zutreffend, vier Schwerpunkte:

- Überwachung der Ableitung und Freisetzung radioaktiver Stoffe (**Emissionsüberwachung**),
- Überwachung der Aktivitätskonzentration und Ortsdosisleistung in der Umgebung (**Immissionsüberwachung**),
- Erfassung der für die Ausbreitung und Ablagerung radioaktiver Stoffe bedeutsamen meteorologischen Einflussgrößen wie Windrichtung/-geschwindigkeit (**Meteorologie**),
- Überwachung besonders ausgewählter Betriebs-



parameter zur Beobachtung des Anlagenzustandes (**Betriebszustand**).

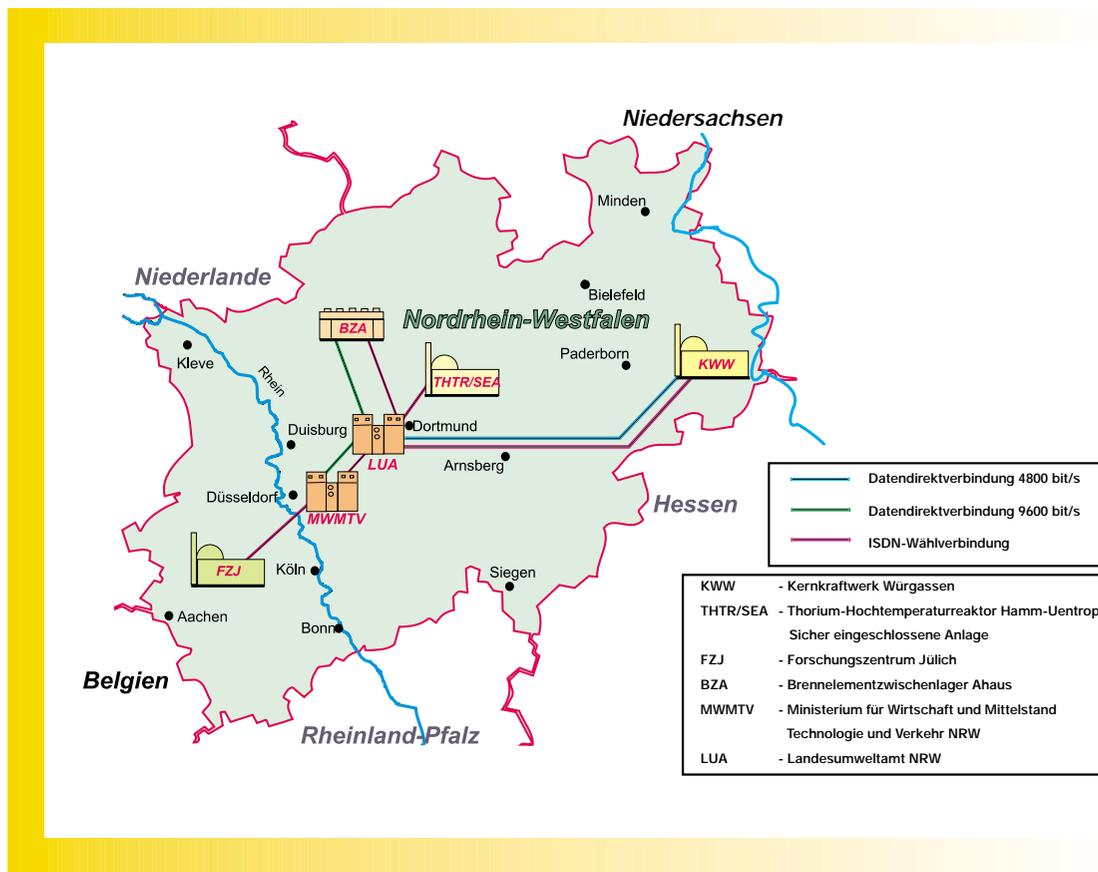
Wegen der besonderen Bedeutung der Kaminfortluft- und der Ortsdosisleistungsüberwachung für die radiologische Lagebeurteilung sind (unabhän-

gig von der gesetzlich geregelten Eigenüberwachung durch den Anlagenbetreiber) landeseigene Messeinrichtungen Bestandteil der FÜ. Die Tabelle 8.1/5 gibt einen Überblick über den Überwachungsumfang bei den fernüberwachten kerntechnischen Anlagen in NRW.

Tabelle 8.1/5: Überblick über den Überwachungsumfang bei den fernüberwachten kerntechnischen Anlagen in NRW (SEA = Sicher Eingeschlossene Anlage)

	Kernkraftwerk Würgassen	Thorium-Hochtemperatur-Reaktor Hamm-Uentrop /SEA	Brenn-Element-Zwischenlager Ahaus (TBL-A)	Forschungszentrum Jülich
Radioaktive Gase, Aerosolaktivität	X	-	-	X
Abwasseraktivität	X	-	-	-
Ortsdosisleistung in der Umgebung:				
Gammastrahlung	-	-	X	X
Neutronenstrahlung	-	-	X	X
Meteorologie:				
Windrichtung	X	-	X	X
Windgeschwindigkeit	X	-	X	X
Niederschlag	X	-	X	X
Betriebszustand	X	X	-	-

Die Karte 8.1/2 gibt einen Überblick über das verteilte Rechnersystem in den fernüberwachten Anlagen in NRW und über die Datenübertragungswege.



Karte 8.1/2: Das verteilte FÜ-Rechnersystem und die Datenübertragungswege

Das Fernüberwachungssystem läuft zur Gewährleistung einer zeitlich lückenlosen Anlagenüberwachung „rund um die Uhr“, wobei durch mehrfache und unterschiedliche Meldewege sichergestellt ist, dass jederzeit eine unverzügliche Information der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde über sicherheitstechnische bedeutsame Ereignisse erfolgt – auch außerhalb der üblichen Dienstzeiten (siehe Abb. 8.1/10)

Wird aufgrund einer aktuellen automatischen Datenauswertung im FÜ-Grundzyklus von 10 Minuten eine Überschreitung von Vorwarnschwellen festgestellt, so erfolgt automatisch eine akustische Meldung (ISDN-Telefonleitung, Cityruf) sowohl an die Aufsichtsbehörde als auch an die LUA-Messnetzzentrale (Nachrichtenbereitschaftszentrale). Diese FÜ-Alarmmeldung ist eine Vorsorgemaßnahme, durch die Aufsichtsbehörde und LUA unabhängig vom Anlagebetreiber unverzüglich auf Betriebszustände aufmerksam gemacht werden, die im Hinblick auf den Strahlenschutz der Bevölkerung zu beachten sind. Der FÜ-Alarmmeldungsdruck (Alarmmeldeprotokoll) beinhaltet vor allem die für die radiologische Bewertung maßgeblichen Daten.

Im Berichtsjahr 1999 sind 10 Alarmmeldungen automatisch ausgelöst worden (ohne Berücksichtigung von teilweise aufeinanderfolgenden Mehrfachauslösungen, wenn das auslösende Einzelereignis über mehrere 10-Minuten-Grundzyklen anstand).

Nicht einer dieser Ereignisfälle war verursacht durch unzulässige Anlagen- bzw. Betriebszustände oder durch Ableitungen radioaktiver Stoffe über die Abluft oder das Abwasser, die in strahlenschutzmäßiger Hinsicht bedeutsam gewesen wären. Ursachen für die Meldungen waren:

- Wiederkehrende Prüfung der Alarmierungswege,
- Durchführungsfehler bei Wartung und Reparatur an Mess- und Dateneinrichtungen,
- kurzzeitige Fehlfunktionen oder Störungen an Messstellen oder bei der Datenaquisition.

Unabhängig vom FÜ werden Ergebnisse der Bilanzierung der Ableitung radioaktiver Stoffe von den Anlagenbetreibern monatlich der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde mitgeteilt. Diese werden von der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde überprüft und in monatlichen Strahlenschutz-

*Das LUA betreibt die Fernüberwachung kerntechnischer Anlagen unter der Fachaufsicht des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr NRW.*

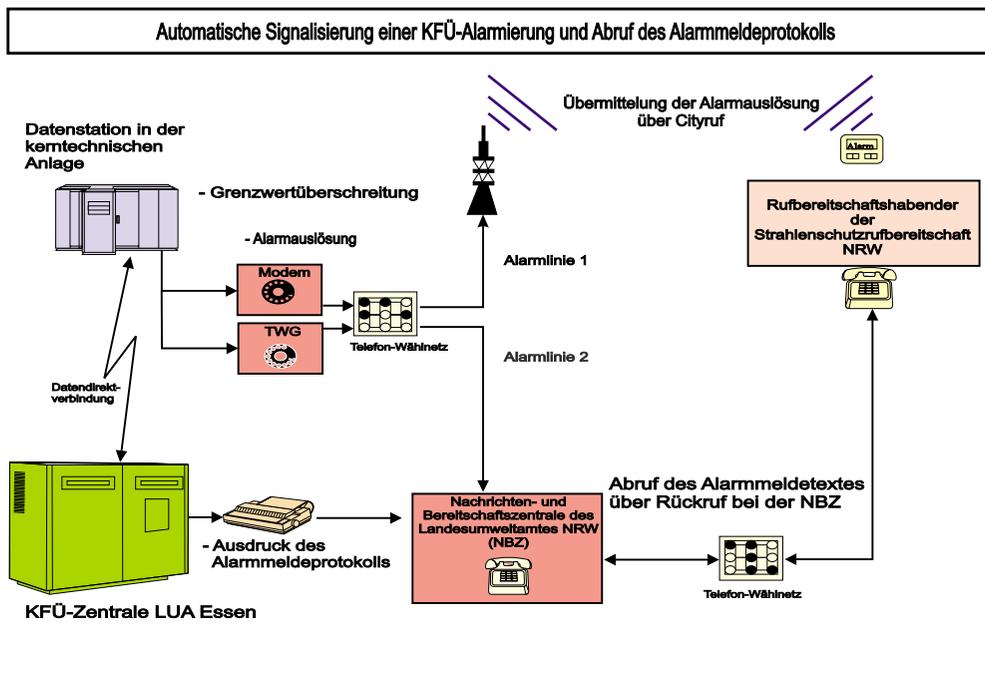


Abbildung 8.1/10: Automatische Signalisierung von FÜ-Alarmmeldungen



Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr  
des Landes Nordrhein-Westfalen

---

Düsseldorf, 26. Januar 2000

(in der redaktionellen Fassung 01/2000)

**Strahlenschutzbericht für den Monat Dezember 1999**

---

Das Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr teilt mit:

- Das Transportbehälterlager **Ahaus** (TBL-A) und die Urananreicherungsanlage **Gronau** (UAG) wurden entsprechend den erteilten Genehmigungen betrieben.
- Das Kernkraftwerk **Hamm-Uentrop** (THTR) hat im Monat Dezember 1999 auf der Grundlage der am 21. Mai 1997 erteilten atomrechtlichen Genehmigung den Betrieb der "Sicher eingeschlossenen Anlage (SEA)" fortgesetzt.
- Auf der Grundlage der erteilten atomrechtlichen Genehmigungen zur Stilllegung und zum Abbau von Anlagenteilen des Kernkraftwerks **Würgassen** (KWW) sind die Stilllegungs- und Demontagearbeiten im Berichtszeitraum fortgeführt worden.

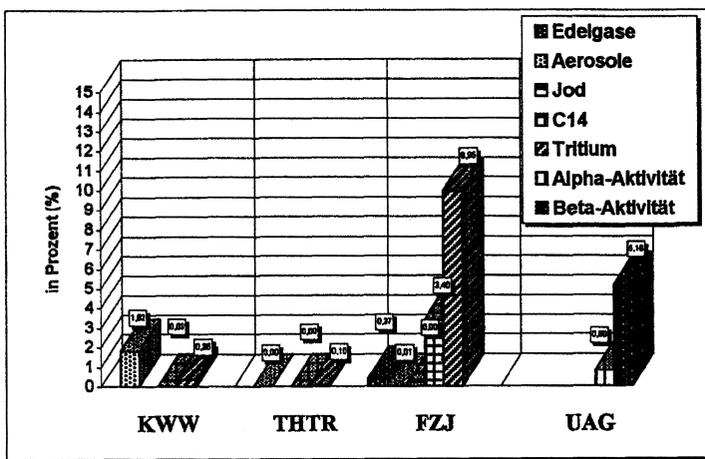
Die Ableitungen radioaktiver Stoffe aus dem Kernkraftwerk Hamm-Uentrop (THTR), dem Kernkraftwerk Würgassen (KWW), der Urananreicherungsanlage Gronau (UAG,) sowie den Reaktoranlagen (Forschungsreaktor DIDO, AVR-Versuchskraftwerk) auf dem Gelände des Forschungszentrums **Jülich** (FZJ) lagen im Berichtszeitraum unter den genehmigten Radioaktivitätsmengen.

Die Ergebnisse aus der Radioaktivitätsüberwachung sind in der dem Strahlenschutzbericht beigefügten Graphik dargestellt. Die Graphik informiert über die seit Jahresanfang (fortlaufende Bilanzierung) aus den genannten kerntechnischen Anlagen abgeleiteten radioaktiven Stoffe im Vergleich zu den jeweiligen Jahresgenehmigungswerten (Prozentangaben) bzw. über die Umgebungsstrahlung am Standort TBL-A. Die in verschiedene Gruppen radioaktiver Stoffe unterteilten Aktivitätsabgaben liegen - bei anlagenspezifisch unterschiedlichen Genehmigungswerten - unter den jeweiligen Jahresgenehmigungswerten. Die Umgebungsstrahlung (mittlere Gammadosisleistung) am Betriebsgeländezaun des TBL-A lag innerhalb des längerfristig beobachteten natürlichen Schwankungsbereiches der Gammadosisleistung.

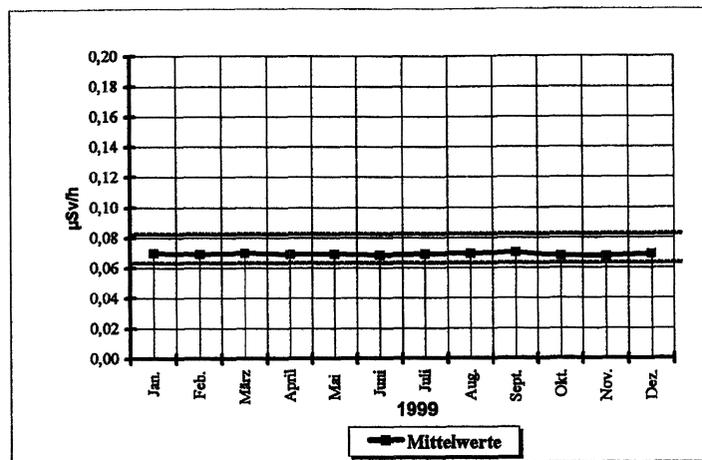


**Bilanzierung der Ableitung radioaktiver Stoffe seit Jahresanfang 1999 und Angabe der Gammadosisleistung**

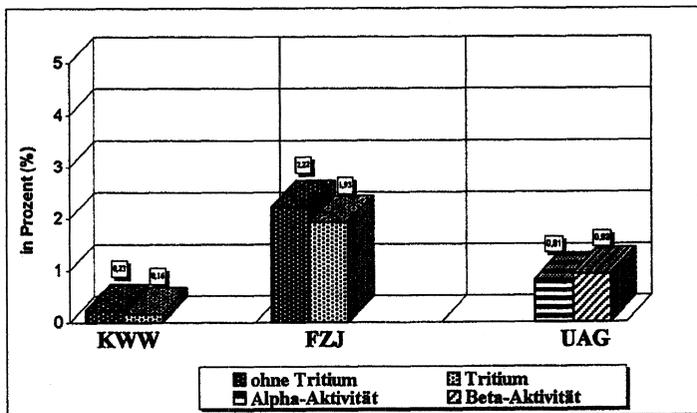
**Aktivitätsabgaben mit der Luft**  
(Angaben in % des jeweiligen Jahresgenehmigungswertes)



**Mittlere Gammadosisleistung am Betriebsgeländezaun des Transportbehälterlagers Ahaus**  
(Angaben in Mikro-Sievert pro Stunde)



**Aktivitätsabgaben mit dem Wasser**  
(Angaben in % des jeweiligen Jahresgenehmigungswertes)



**Jahresgenehmigungswerte (= 100 %) in Gigabecquerel**

	Luft			
	KWW	THTR	FZJ	UAG
Edelgase	-	-	3,90E+04	-
Aerosole	1,00E+00	3,70E-02	4,07E-01	-
Jod-131	-	-	6,70E-01	-
C14	1,00E+03	3,70E+01	2,85E+02	-
Tritium	1,00E+03	8,10E+02	1,67E+04	-
Alpha-Aktivität	-	-	-	5,20E-03
Beta-Aktivität	-	-	-	5,20E-03

	Wasser			
	KWW	THTR	FZJ	UAG
ohne H-3	6,00E+01	-	7,60E+00	-
H-3	1,00E+04	-	1,11E+04	-
Alpha-Aktivität	-	-	-	7,40E-04
Beta-Aktivität	-	-	-	2,80E-03



berichten veröffentlicht. Der Strahlenschutzbericht des Monats informiert über die seit Jahresanfang (fortlaufende Bilanzierung) aus den kerntechnischen Anlagen in NRW abgeleiteten radioaktiven Stoffe in Relation zu den jeweiligen Jahresgenehmigungswerten, bzw. über die Umgebungsstrahlung am Standort des Transportbehälterlagers Ahaus (TBL-A).

Die Messdaten der Umgebungsstrahlung am Standort des TBL-A entstammen der FÜ-NRW und werden vom LUA für den Strahlenschutzbericht des Monats (mittlere Gamma-Ortsdosisleistung am Betriebsgeländezaun) zusammengestellt.

Im Folgenden ist der Strahlenschutzbericht für den Monat Dezember 1999 (s. Kasten auf Seite 337) wiedergegeben.

Die Abbildung 8.1/11 stellt die mittlere Gamma-Ortsdosisleistung für den Referenzstandort in der Gemeinde Ahaus und die mittlere Gamma-Ortsdosisleistung am Betriebsgeländezaun des Transportbehälterlagers Ahaus gegenüber. Ein Vergleich beider Messreihen zeigt, dass beide Messreihen innerhalb der längerfristig beobachteten natürlichen Schwankung der Gamma-Ortsdosisleistung liegen.

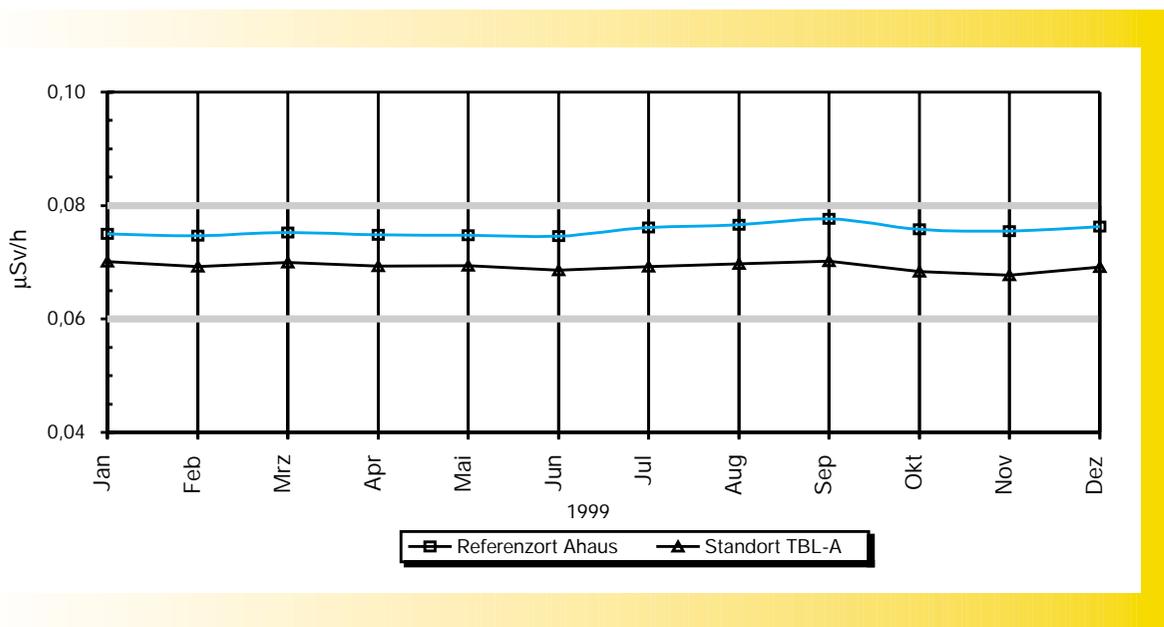
## 8.2 Elektromagnetische Felder, Licht

### Nicht ionisierende Strahlung im Umweltschutz

## 8.2.1 Elektromagnetische Felder

Elektromagnetische Felder (EMF) stellen einen Teilbereich nicht ionisierender Strahlung im Frequenzbereich zwischen 0 Hz und 300 GHz dar. Derartige Felder lassen sich überblicksmäßig in einem elektromagnetischen Spektrum (vgl. Abb. 8.2/1) veranschaulichen. Hierbei sind die Felder nach zunehmender Frequenz (= abnehmender Wellenlänge), entsprechend zunehmender Energien, geordnet. In Abhängigkeit von der Frequenz können die Felder auf Lebewesen und Materie insbesondere Kraftwirkungen, Reizwirkungen (Erzeugung von Körperströmen) oder thermische Wirkungen (Erwärmung) ausüben. Darüber hinaus sind weitere biologische Wirkungen schwacher Felder wie z.B. die Beeinflussung der Melatoninsynthese oder die Veränderung des Calcium-Ein- und Ausstroms bei

*Die Einwirkung von niederfrequenten und hochfrequenten elektromagnetischen Feldern auf die Umwelt wird häufig als „Elektrosmog“ bezeichnet.*



**Abbildung 8.1/11:** Vergleich der mittleren Gammadosisleistung am Referenzort in der Gemeinde Ahaus (ca. 3 km WSW vom Standort des TBL-A entfernt) mit der mittleren Gammadosisleistung am Standort des TBL-A, grau: längerfristige natürliche Schwankung der Gamma-Ortsdosisleistung

Zellen (athermische Wirkungen) Gegenstand der wissenschaftlichen Forschung, insbesondere auch im Hinblick auf die nicht auszuschließende Gesundheitsrelevanz beim Menschen. Die gesamt-haftige Einwirkung der vielfältigen niederfrequenten und hochfrequenten EMF in der Umwelt des Menschen wird oftmals durch den Begriff „Elektrosmog“ charakterisiert.

Elektromagnetische Felder werden im Umweltschutz erst in der jüngeren Zeit in verstärktem Umfang berücksichtigt. Systematische Daten zum Zustand der Umwelt liegen von daher bislang erst begrenzt vor. Der Schwerpunkt des Interesses liegt auf den Frequenzen, die derzeit eine besonders intensive technische Anwendung erfahren.

Anforderungen zur Datenerhebung ergeben sich durch die 26. BImSchV, die zum 1. Januar 1997 in Kraft getreten ist. Mit dieser Verordnung wurden durch den Gesetzgeber rechtsverbindliche Grenzwerte zum Schutz der Bevölkerung vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch EMF festgelegt (vgl. Tab. 8.2/1). Im Rahmen des eingeführten Anzeigeverfahrens für (Neu-)Anlagen durch deren Betreiber liegen seit Inkrafttreten der Verordnung Umweltdaten bei den jeweiligen Staatlichen Umweltämtern (StUÄ) vor, die für die Entgegennahme und Prüfung der Anzeigen zuständig sind. Darüber hinaus erfolgen Erhebungen des LUA, auch im Rahmen der Bearbeitung von Nachbarbeschwerden, und externe Untersuchungen im Hinblick auf eine systematische Erfassung der

Frequenz	Wellenlänge	Wellenart				
30 Hz	10 <sup>7</sup> m	Niederfrequenz	Wechselstrom	Immissionschutz	Elektrische Installation 	
300 Hz	10 <sup>6</sup> m					
3 kHz	10 <sup>5</sup> m					
30 kHz	10 <sup>4</sup> m					
300 kHz	10 <sup>3</sup> m	Hochfrequenz	Rundfunkwellen		lang	
3 MHz	10 <sup>2</sup> m				mittel	
30 MHz	10 m				kurz	
300 MHz	1 m		Mikrowellen		ultrakurz	
3GHz	10 <sup>-1</sup> m				Fernsehen	
30 GHz	10 <sup>-2</sup> m				Mobiltelefon	
300 GHz	10 <sup>-3</sup> m		Mikrowellenherd			
3 THz	10 <sup>-4</sup> m		Radar			
30 THz	10 <sup>-5</sup> m	Infrarot-Strahlung		Strahlenschutz	Wärmequellen 	
300 THz	10 <sup>-6</sup> m	sichtbares Licht			770nm rot 	
3·10 <sup>15</sup> Hz	10 <sup>-7</sup> m	UV-Strahlung			390nm violett 	
30·10 <sup>15</sup> Hz	10 <sup>-8</sup> m				Solarium	
300·10 <sup>15</sup> Hz	10 <sup>-9</sup> m	Röntgen-Strahlung				
3·10 <sup>18</sup> Hz	10 <sup>-10</sup> m					
30·10 <sup>18</sup> Hz	10 <sup>-11</sup> m					
300·10 <sup>18</sup> Hz	10 <sup>-12</sup> m	Gamma-Strahlung			Radioaktivität 	
3·10 <sup>21</sup> Hz	10 <sup>-13</sup> m					

Abb. 8.2/1: Elektromagnetisches Spektrum



Feldsituation in der Umwelt in NRW. Als Voraussetzung erfolgte ein Aufbau messtechnischer und rechentechnischer Kompetenz im LUA. Es wurden charakterisierende Erhebungen zur Erfassung des Umweltzustandes in NRW durchgeführt, deren Ergebnisse systematisch übertragen und ausgeweitet werden sollen. Der Schwerpunkt lag hierbei bislang aus Gründen verfügbarer Messtechnik und der Zuständigkeitsberührung mit der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP) im Bereich von Niederfrequenzmessungen. Im Hochfrequenzbereich erfolgten messtechnische Einzelerhebungen an bestimmten Anlagenarten durch das LUA.

Tabelle 8.2/1: Grenzwerte der 26. BImSchV (Anhang 1 und 2) für Hoch- und Niederfrequenzanlagen

Hochfrequenzanlagen		
Effektivwert der Feldstärke, quadratisch gemittelt über 6-Minuten-Intervalle		
Frequenz (f) in Megahertz(MHz)	elektrische Feldstärke in Volt pro Meter (V/m)	magnetische Feldstärke in Ampere pro Meter (A/m)
10 – 400	27,5	0,073
400 – 2.000	$1,375 \sqrt{f}$	$0,0037 \sqrt{f}$
2.000 – 300.000	61	0,16
Niederfrequenzanlagen		
Effektivwert der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte		
Frequenz in Hertz (Hz)	elektrische Feldstärke in Kilovolt pro Meter (kV/m)	magnetische Feldstärke in Mikrotesla ( $\mu$ T)
50-Hz-Felder	5	100
16 2/3-Hz-Felder	10	300

Feldemittierende Anlagen sind weit verbreitet. Hierzu zählen als Niederfrequenz(NF)-Anlagen Hoch- und Höchstspannungsfreileitungen der Energieversorgung, Bahnstromober- und -fernleitungen und Transformatorstationen. Im Hochfrequenz(HF)-Bereich sind z.B. Mobilfunksendeanlagen anzahlmäßig besonders weit verbreitet. Darüber hinaus bestehen Anlagen, die Felder der Frequenz 0 Hz (Gleichfelder) emittieren, z.B. gleichstrombetriebene Straßenbahnen. Allein in einer Großstadt wie Essen bestehen u.a. mehrere 100 Leitungskilometer im Hoch- und Höchstspannungsnetz, mehr als 3000 Netzstationen der Energieversorgung und mehr als 140 ortsfeste Sendefunkanlagen.

Alle Felder treten anlagenbezogen auf und verringern sich in ihrer Intensität mit dem Abstand zu den verursachenden Anlagen typischerweise schnell. Eine Erfassung des Umweltzustands setzt von daher im Bereich derartiger Anlagen an.

Im NF-Bereich werden elektrische und magnetische Felder getrennt betrachtet. Hier sind hauptsächlich Felder der Frequenzen 50 Hz (öffentliches Stromnetz) und 16 2/3 Hz (Bahnstromnetz) von Bedeutung. Aussagen bzgl. des elektrischen Feldes beziehen sich auf die jeweils ungestörte Feldstärke, die eine Feldbeeinflussung durch leitfähige Objekte unberücksichtigt lässt. Im HF-Bereich (30 kHz bis 300 GHz) treten elektrische und magnetische Felder (auch) in gekoppelter Form als elektromagnetische Wellen auf.

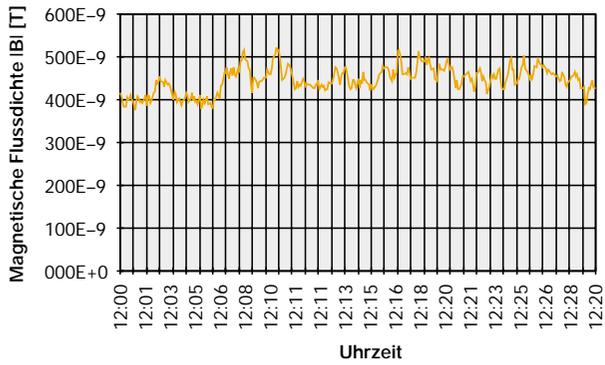
Alle Felder werden zum einen durch ihrem zeitliches und zum anderen durch ihr räumliches Verhalten charakterisiert. Real auftretend in der Umwelt stellen sie mehr oder weniger komplexe Überlagerungen der von feldemittierenden Anlagen erzeugten Felder dar.

Licht kann von seiner Natur her ebenfalls als elektromagnetisches Phänomen angesehen werden. Aufgrund der wesentlich anderen Einwirkungs-, Wirkungs- und Beurteilungsbezüge erfährt Licht, wie üblicherweise im Rahmen des Umweltschutzes, eine gesonderte Betrachtung.

## 8.2.1.1 Niederfrequente elektrische und magnetische Felder

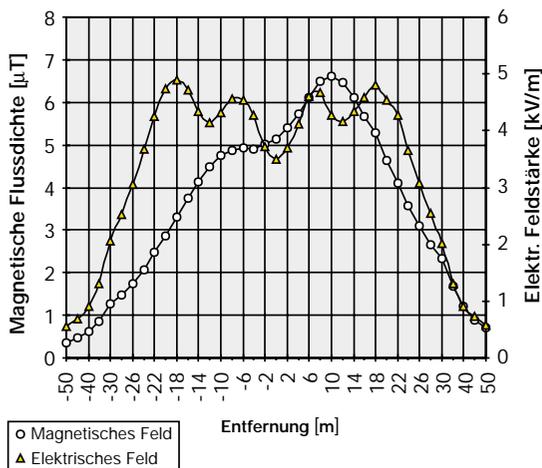
Im Folgenden werden einige entsprechend dem heutigen Kenntnisstand durch feldbestimmende Anlagen in der Umwelt verursachte charakteristische Feldverhältnisse dargestellt. Magnetfelder im Bereich von Hochspannungsfreileitungen ändern sich aufgrund der schwankenden Betriebsströme beständig, aber in einem beschränkten Ausmaß (Abb. 8.2/2). Demgegenüber sind die elektrischen Felder typischerweise zeitlich sehr konstant, da sie direkt mit der betreibenseitig nahezu konstant gehaltenen Spannung auf den Leitungssystemen verknüpft sind. Exemplarische Messungen des LUA ergaben eine zeitliche Konstanz der elektrischen Feldstärke bis auf < 1%.





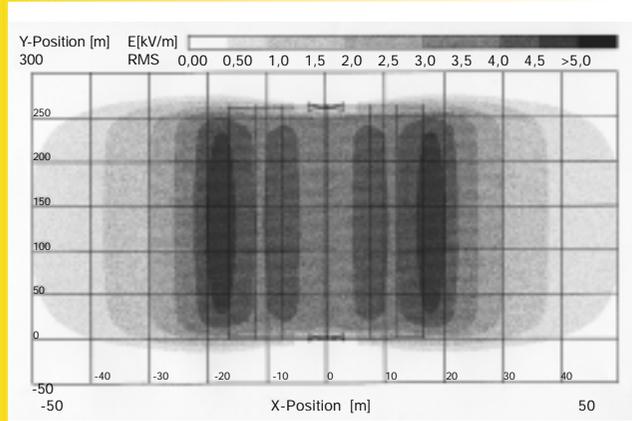
**Abbildung 8.2/2:** Zeitliche Schwankung des Magnetfeldes an einem festen Standort im Bereich einer Hochspannungsfreileitung (vgl. auch Bahnüberleitung Abb. 8.2/5)

Unabhängig von den zeitlichen Feldveränderungen fallen die elektrischen und magnetischen Felder bei Hochspannungsfreileitungen räumlich schnell ab. Die Feldverteilungen werden als Querprofil (s. Abb. 8.2/3: Verlauf quer zum Leitungsfeld) oder in der Aufsicht (s. Abb. 8.2/4: Verteilung im gesamten Spannfeld) jeweils in 1 m über dem Erdboden beschrieben. Die höchsten Felder treten in der Spannfeldmitte zwischen zwei Masten auf, da hier aufgrund des Leiterseildurchhangs der geringste Bodenabstand besteht. Die genaue Form des Feldverlaufs hängt von der jeweiligen Anlagen-geometrie und den konkreten Betriebsdaten ab.



**Abbildung 8.2/3:** Querprofile des magnetischen und des elektrischen Feldes unter einer 380-kV-Hochspannungsfreileitung (Messung in 1 m Höhe, die Leiterseile verlaufen bei dieser Darstellung senkrecht zur Diagrammebene)

Bei den Angaben der magnetischen Flussdichten ist zu berücksichtigen, dass die absoluten Messwerte in Abhängigkeit von der betrieblichen Systemauslastung (z.B. 20 %) bei Maximallast um den entsprechenden Faktor höher liegen können. Die elektrische Feldstärke bleibt von der Auslastung nahezu unberührt.



**Abbildung 8.2/4:** Berechnete Verteilung der elektrischen Feldstärke unter einer 380-kV-Freileitung der Energieversorgung (Leiterseile verlaufen bei dieser Darstellung in der Mitte von unten nach oben, Bezugshöhe 1 m über dem Erdboden)

Die von Bahnstromanlagen (insbesondere Bahnstromüberleitungen) erzeugten magnetischen Felder sind in hohem Maße zeitlich schwankend (Abb. 8.2/5). Betriebstechnisch bedingt, z.B. durch das Anfahren von Zügen im Bereich der betreffenden Stromkreise, treten im Bereich solcher Anlagen vielfältige Feldspitzen der magnetischen Flussdichte (Maß für das Magnetfeld) auf.



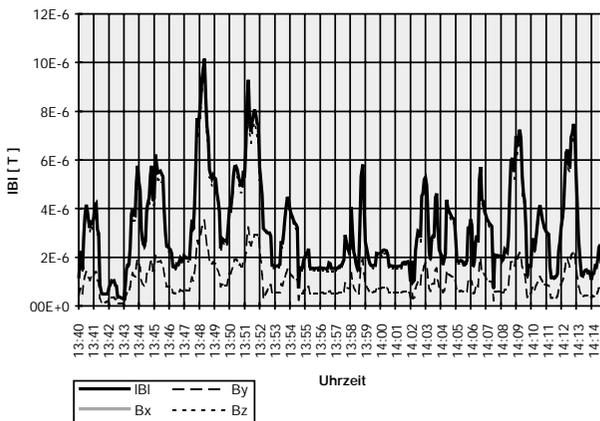


Abbildung 8.2/5: Zeitliche Schwankung des Magnetfeldes neben einer elektrifizierten Bahntrasse

Die elektrischen Felder (beschrieben durch die elektrische Feldstärke) im Bereich von Bahntrassen (Bahnstromoberleitungen) sind zeitlich in wesentlich höherem Maße konstant (Abb.8.2/6). Markante Feldsprünge können durch Änderungen in der unmittelbaren Umgebung (z.B. vorbeifahrender Zug) verursacht werden.

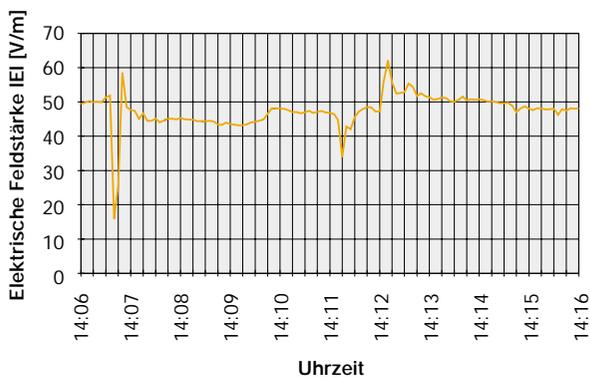


Abbildung 8.2/6: Zeitliche Schwankungen des elektrischen Feldes neben einer elektrifizierten Bahntrasse mit Personenzug-Verkehr, Messung werktags, Schienenhöhe

Für bestimmte Anlagenarten, speziell Transformatoren, wie sie z.B. als Netzstationen weit verbreitet sind, ist das Auftreten vieler höherfrequenter Feldanteile zusätzlich zum „Grundfeld“ charakteristisch (Abb. 8.2/7). Die Intensität der Oberwellen nimmt jedoch typischerweise mit steigender Frequenz schnell ab.

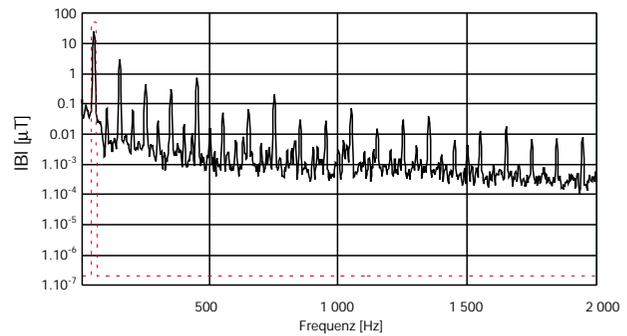


Abbildung 8.2/7: Frequenzspektrum des von einer Transformatorenanlage verursachten Magnetfeldes

Eine Beurteilung der Umweltsituation kann auf der Basis der Anforderungen der 26. BImSchV erfolgen. Hierbei ist festzustellen, dass die Grenzwerte der Verordnung (z.B. 100  $\mu\text{T}$  für die magnetische Flussdichte bei 50 Hz, 5 kV/m für die elektrische Feldstärke) nach derzeitigem Kenntnisstand von den verursachenden Anlagen i.d.R. eingehalten werden. Überschreitungen können bzgl. der elektrischen Feldstärke unter Hochspannungsfreileitungen (vgl. Abb. 8.2/3) und unmittelbar an Netzstationen bzgl. der magnetischen Flussdichte auftreten. Bei Neuplanungen werden weitergehende Anforderungen zur Vorsorge berücksichtigt, die eine weitere Verringerung des einwirkenden Feldniveaus zum Ziel haben.

Zum Vergleich sind in der Tabelle 8.2/2 charakteristische Anhaltswerte für weitverbreitete Haushaltsgeräte und -installationen angegeben. Während in unmittelbarer Nähe der Geräte wesentlich höhere Werte auftreten können (in 3 cm Abstand wurden für Dosenöffner, Haarfön oder Trockenrasierer bis zu 2000  $\mu\text{T}$  gemessen), nehmen die Werte mit dem Abstand i.a. schnell ab. Insgesamt besteht eine erhebliche Streubreite der Typen je nach gerätespezifischer Bauweise oder Anschlussleistung.

**Tabelle 8.2/2:** Elektrische und magnetische Felder von Haushaltsgeräten (max. Messwerte im Abstand von 30 cm, 50 Hz, nach: BfS, LUA u.a.)

Gerät	Magnetische Flussdichte [ $\mu\text{T}$ ]	Elektrische Feldstärke [ $\text{V/m}$ ]
Babyphone	0,2	95
Boiler	260	
Bügeleisen	0,4	120
Elektr. Fußbodenheizung		12
Elektroherd	2	4
Haarfön	80	
Handmixer	10	100
Kaffeemaschine	<1	60
Kühlschrank	0,3	120
Radiowecker	<1	
Staubsauger	20	9

## 8.2.1.2 Hochfrequente elektromagnetische Felder

Sendefunkanlagen können EMF in Form elektromagnetischer Wellen innerhalb eines weiten Frequenzbereiches abstrahlen. Derartige Neuanlagen werden bzgl. ihres Aufstellortes und der Feldemissionen/-immissionen im Rahmen des Anzeigeverfahrens der 26. BImSchV i.V. mit dem telekommunikationsrechtlichen Standortgenehmigungsverfahren der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (Reg TP) von den jeweils zuständigen Staatlichen Umweltämtern erfasst, soweit die Anlagen ortsfest sind und die abgestrahlte Leistung mehr als 10 W (EIRP, äquivalente isotrope Strahlungsleistung) beträgt. Die Gewährleistung des Personenschutzes wird hierbei durch Ausweisung des jeweiligen anlagebezogenen Schutzabstandes dokumentiert, innerhalb dessen die Grenzwerte der 26. BImSchV für HF-Anlagen eingehalten werden.

Die Zahl ortsfester Sendefunkanlagen hat sich während der vergangenen Jahre aufgrund der zunehmenden Nutzbarmachung höherer Frequenzen und der technologischen Entwicklung im Bereich der Telekommunikationsdienste in großem Umfang erweitert. Anders als die schon seit Jahrzehnten bestehende flächendeckende Abdeckung

der Rundfunkversorgung durch relativ wenige, aber leistungsstarke Sendestationen erfolgt die Versorgung im Mobilfunkbereich durch vergleichsweise leistungsschwache Basisstationen mit großer Verbreitung.

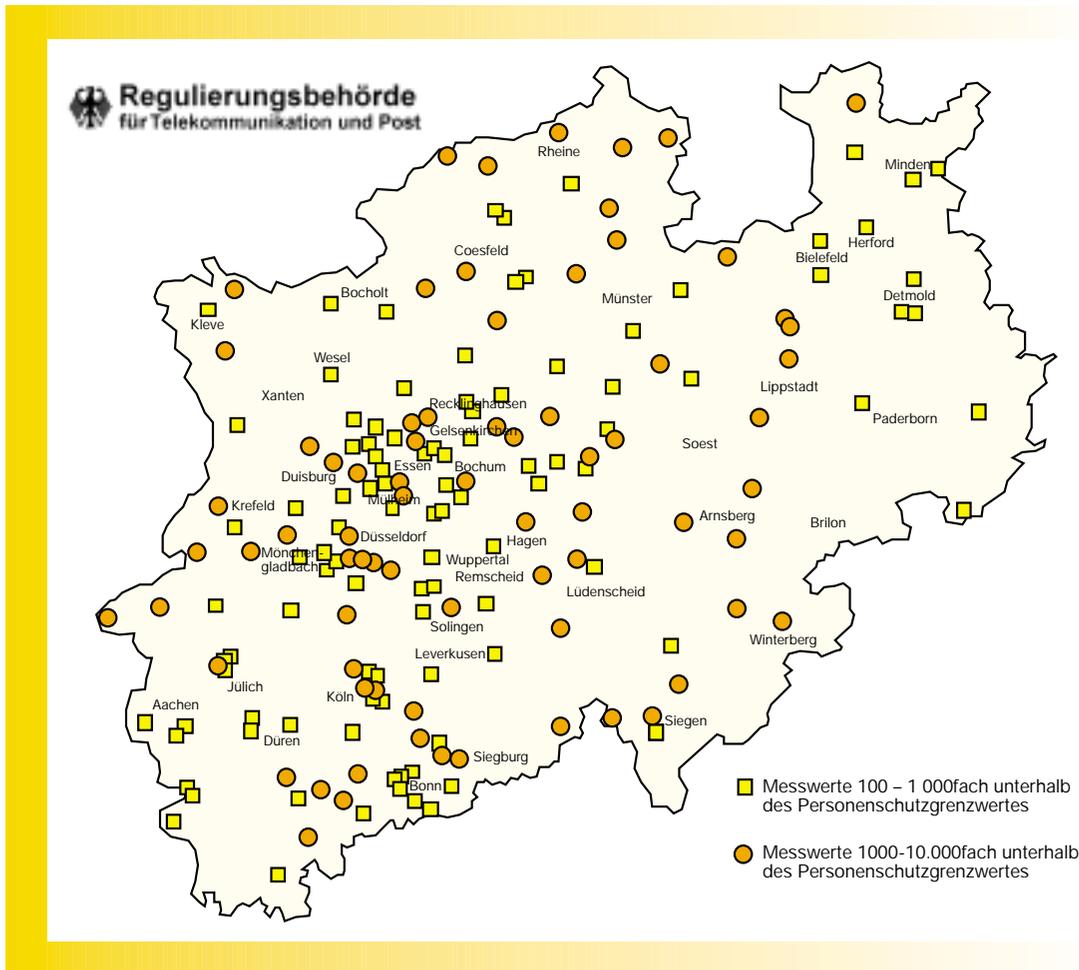
Zur Beschreibung der Immissionsituation im HF-Bereich in NRW liegen Messdaten aus einer bundesweit angelegten Messaktion von 1996 vor, die vom damaligen Bundesamt für Post und Telekommunikation (BAPT), Mainz, durchgeführt wurde (EMVU- Bundesweite Messaktion 1996, BAPT, Karte 8.2/1, Aktualisierung in 2000 zu erwarten). Die Messungen an insgesamt 175 in Zusammenarbeit mit dem LUA ausgewählten Messorten in NRW ergaben Unterschreitungen der zulässigen Immissionskriterien um mindestens zwei Größenordnungen (Faktor 100). Im Vergleich hierzu können z.B. Immissionen durch Mobiltelefone im Kopfbereich eines Telefonierenden oder auch die Leckstrahlung in der Nähe von Mikrowellenkochgeräten nahe den zulässigen Strahlungsgrenzwerten liegen (SAR-Wert von 2 W/kg bzw. Leistungsflussdichte von 5 mW/cm<sup>2</sup>).

## 8.2.2 Licht

Lichteinwirkungen bzw. -immissionen werden im Umweltschutz bislang nicht übergreifend erfasst. Datenerhebungen erfolgen bislang i.a. einzelfallbezogen unter Durchführung von Messungen und Begutachtungen. Sie werden zumeist durch Beschwerdesituationen gegen konkrete gewerbliche Beleuchtungsanlagen (z.B. einzelne ortsfeste Leuchten oder „Himmelsstrahler“ (Skybeamer) die zu Werbezwecken Einsatz finden, aber auch Gesamtbeleuchtungen etwa von Tankstellen) oder im Rahmen von Planungssituationen ausgelöst. Untersuchungsgegenstand sind zumeist erhebliche Belästigungswirkungen des Lichts. Die Erhebungen beziehen sich auf Lichtimmissionen durch künstliche Beleuchtungsanlagen während der natürlichen Dunkelstunden oder in jüngerer Zeit in verstärktem Maße auch auf Einwirkungen bei Tage, verursacht durch Licht-/Schatteneffekte bei Windkraftanlagen (Schattenschlag, Diskoeffekt) oder durch Sonnenlichtreflexionen an baulichen Anlagen. Die Beurteilung der Licht-/Schat-

*Die bundesweite Messaktion im Hochfrequenzbereich ergab in NRW Unterschreitungen der zulässigen Immissionen um mindestens zwei Größenordnungen. Der gesamte Bericht, der auch die Messungen an den in Zusammenarbeit mit dem LUA ausgewählten Standorten enthält, kann bei der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post, Postfach 8001, 53105 Bonn, für 10,- DM bezogen werden.*





Karte 8.2/1: BAPT-Messergebnisse der bundesweiten Hochfrequenzmessaktion für NRW (EMVU-Messaktion) 1996/1997 (Quelle: Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post, ehem. Bundesamt für Post und Telekommunikation, BAPT)

teneffekte bei Windkraftanlagen erfolgt anhand der jahres- und tagesbezogenen Beschattungsdauern an möglichen Einwirkungsorten.

Die Beurteilung von Lichtimmissionen erfolgt i.d.R. durch Anwendung der Lichtrichtlinie des LAI in der aktuellen Fassung. Für die Erhebungen werden die Kriterien Raumaufhellung und Blendung zugrundegelegt. Die diesbezüglichen grundlegenden Beurteilungsgrößen sind die Beleuchtungsstärke am Immissionsort und die Leuchtdichte von Lichtquellen in Verbindung mit deren Raumwinkel und deren Umgebungsleuchtdichte. Zu berücksichtigen sind die farblichen Eigenschaften (besondere Auffälligkeit) und ggf. zeitliche Änderungen (Modulationen) der Lichtabstrahlung. Die zulässigen Immissionen sind abhängig von der Gebietsnutzung und der Tageszeit. So ist z.B. entsprechend den Anforderungen der Lichtrichtlinie an einem Immissionsort in einem allge-

meinen Wohngebiet in der Zeit zwischen 22 Uhr und 6 Uhr eine anlagenverursachte Raumaufhellung von 1 Lux erlaubt. Die zulässigen Immissionen werden oftmals überschritten (vgl. Tab. 8.2/3), sodass Minderungsmaßnahmen an den verursachenden Lichtquellen durchgeführt werden müssen.

Tabelle 8.2/3: Typische Beleuchtungsstärkewerte in Bezug zu den zulässigen Immissionswerten (bezogen auf Raumaufhellung, abhängig von Gebietsnutzung und Tageszeit)

Situation	Beleuchtungsstärke
Sonniger Sommertag	60.000 ... 100.000 lx
Trüber Sommertag	20.000 lx
Trüber Wintertag	3.000 lx
Vollmondnacht	0,25 lx
Neumondnacht	0,01 lx
Büroarbeitsplatz	300 ... 500 lx
Sportplatzbeleuchtung (Spielfeld)	ca. 100 lx
Lesen gerade noch möglich	ca. 0,5 ... 1 lx
Zulässige Immissionswerte	1 ... 15 lx
Beschwerdefälle	ca. 0,2 ... 20 lx

Die Beurteilung der Belästigung durch Licht in Beschwerdefällen erfolgt u. a. durch die Lichtrichtlinie des LAI.