# Das elektromagnetische Spektrum: von Radiowellen bis Gammastrahlung

LICHT UND HIMMEL

Das Radio im Auto, die Mikrowelle in der Küche, die Fernbedienung, das Licht dieser Zeilen, der Sonnenbrand im Sommer und das Röntgenbild beim Zahnarzt haben etwas gemeinsam: Sie alle beruhen auf derselben Sache, auf elektromagnetischer Strahlung [1]. Der Unterschied liegt allein in der Wellenlänge. Ordnet man alle Wellenlängen nebeneinander an, erhält man das elektromagnetische Spektrum. Unser Auge sieht davon nur ein winziges Stück.

## Was eine elektromagnetische Welle ist

Ein elektrisches Feld, das sich ändert, erzeugt ein Magnetfeld, und ein Magnetfeld, das sich ändert, erzeugt wieder ein elektrisches Feld. So schaukeln sich die beiden gegenseitig voran und laufen als Welle durch den Raum. Anders als Schall braucht diese Welle kein Medium, sie kommt auch durch das Vakuum des Weltalls. James Clerk Maxwell fasste das in den 1860er- und 1870er-Jahren in seine berühmten Gleichungen, Heinrich Hertz wies Ende der 1880er-Jahre die ersten Radiowellen nach und zeigte, dass sie so schnell sind wie Licht [2],[3]. Wie schnell das genau ist, steht im Artikel über die Lichtgeschwindigkeit.

Jede dieser Wellen lässt sich auf drei Arten beschreiben: durch die Frequenz, die Wellenlänge oder die Energie. Kennt man eine Größe, kann man die beiden anderen ausrechnen [2]. Wellenlänge λ und Frequenz *f* hängen über die Lichtgeschwindigkeit *c* zusammen:

$$c = \lambda \cdot f \tag{1}$$

Licht besteht außerdem aus einzelnen Energiepaketen, den Photonen [2]. Die Energie eines Photons wächst mit der Frequenz, der Faktor dazwischen ist die Plancksche Konstante *h* [4]:

$$E = h \cdot f = \frac{hc}{\lambda} \tag{2}$$

Je kürzer die Welle, desto energiereicher sind ihre Photonen. Das ist der Schlüssel zum ganzen Spektrum. Mehr über diese Doppelnatur steht in den Artikeln über das Photon und den Welle-

Teilchen-Dualismus.

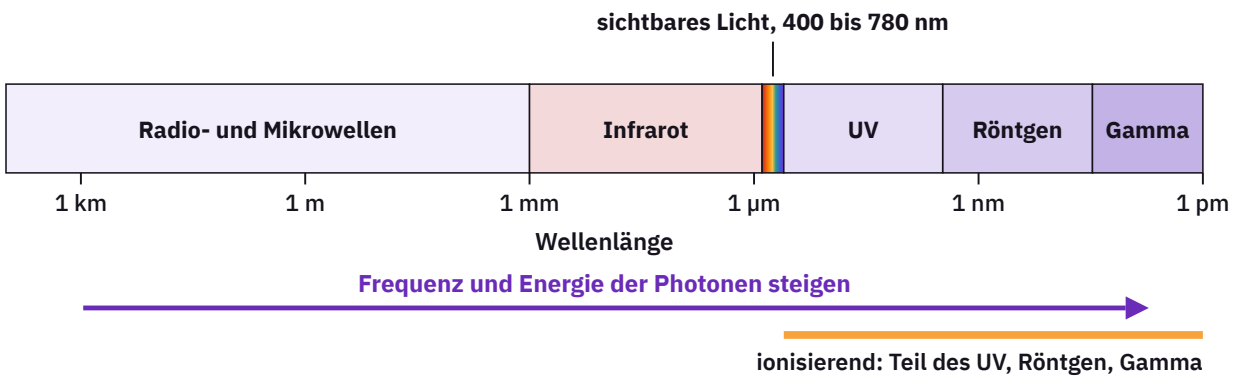



**Abb. 1:** Das elektromagnetische Spektrum auf einer logarithmischen Skala, jeder Teilstrich ist ein Faktor tausend. Die Grenzen zwischen den Bereichen sind fließend und hier gerundet. Eigene Darstellung nach [5],[6],[1].

# Die Bereiche im Überblick

## Radiowellen und Mikrowellen

Radiowellen haben die längsten Wellenlängen, von einigen Zehntelmetern bis zu mehr als dem Durchmesser der Erde[3]. Das Bundesamt für Strahlenschutz rechnet den Bereich von 100 Kilohertz bis 300 Gigahertz zu den hochfrequenten Feldern, mit Wellenlängen von 3 Kilometern bis 1 Millimeter. Darin liegen Mobilfunk, WLAN und schnurlose Telefone[7]. Am kurzwelligen Ende sitzen die Mikrowellen. Ein Mikrowellenherd arbeitet mit Wellen von etwa 12 Zentimetern, die Wasser- und Fettmoleküle im Essen in Drehung versetzen und es so erwärmen. Auch das GPS im Auto nutzt Mikrowellen[8].

## Infrarot

Infrarotstrahlung schließt sich mit Wellenlängen von 780 Nanometern bis 1 Millimeter an das sichtbare Licht an und wird auch Wärmestrahlung genannt[5]. Sehen können wir sie nicht, spüren aber als Wärme. Eine Fernbedienung funkt meist bei etwa 940 Nanometern. Entdeckt hat das Infrarot im Jahr 1800 Wilhelm Herschel: Er hielt Thermometer in die Farben eines Sonnenspektrums und fand die höchste Temperatur knapp jenseits des roten Endes, wo gar kein Licht mehr zu sehen war[9]. Die Erde strahlt ihre Wärme vor allem als Infrarot ab. Was Treibhausgase damit machen, erklärt der Artikel über den Treibhauseffekt.

## Sichtbares Licht

Das sichtbare Licht reicht nach der Festlegung des BfS von 400 bis 780 Nanometern [5], die NASA gibt für das menschliche Auge typischerweise 380 bis 700 Nanometer an [10]. Violett ist die kürzeste Welle, Rot die längste. Ein Prisma fächert weißes Licht in diese Farben auf, wie Isaac Newton 1665 zeigte [10]. Mehr über ihn steht im Porträt von Isaac Newton, und warum der Himmel ausgerechnet blau ist, erklärt der Artikel Warum ist der Himmel blau?

## Ultraviolett

Ultraviolette Strahlung umfasst die Wellenlängen von 100 bis 400 Nanometern und ist der energiereichste Teil der optischen Strahlung [5]. Hummeln und manche Vögel können ultraviolettes Licht sehen. Das UV der Sonne teilt man in UV-A, UV-B und UV-C ein. UV-C wird von der Atmosphäre fast vollständig verschluckt, UV-B verursacht den Sonnenbrand, und etwa 95 Prozent davon hält das Ozon in der Atmosphäre zurück [11].

## Röntgenstrahlung

Röntgenstrahlen haben Wellenlängen zwischen etwa 0,03 und 3 Nanometern, manche sind kleiner als ein einzelnes Atom. Deshalb gibt man sie meist als Energie an statt als Wellenlänge. Entdeckt hat sie 1895 Wilhelm Conrad Röntgen [6]. Wie eine Röntgenröhre funktioniert, erklärt der Artikel über die Röntgenstrahlung.

## Gammastrahlung

Am kurzwelligen Ende steht die Gammastrahlung mit den kleinsten Wellenlängen und der größten Energie. Im All entsteht sie bei Supernovae, in der Umgebung Schwarzer Löcher und bei Neutronensternen, auf der Erde bei Kernexplosionen, in Gewittern und beim radioaktiven Zerfall [12]. Mehr dazu im Artikel über Alpha-, Beta- und Gammastrahlung.

Die Tabelle zeigt einige Beispiele quer durch das Spektrum. Wellenlängen und Frequenzen sind über Gleichung 1 verknüpft, die Energie pro Photon folgt aus Gleichung 2.

| Beispiel | Wellenlänge | Frequenz | Energie pro Photon |
|---|---|---|---|
| UKW-Radio | 3 m | 100 MHz | $4{,}1 \cdot 10^{-7}$ eV |
| Mikrowellenherd | 0,12 m | 2,5 GHz | $1{,}0 \cdot 10^{-5}$ eV |
| Fernbedienung (Infrarot) | 940 nm | 319 THz | 1,32 eV |
| grünes Licht | 550 nm | 545 THz | 2,25 eV |
| violettes Licht | 380 nm | 789 THz | 3,26 eV |
| weiche Röntgenstrahlung | 3 nm | $1{,}0 \cdot 10^{17}$ Hz | 413 eV |
| harte Röntgenstrahlung | 0,03 nm | $1{,}0 \cdot 10^{19}$ Hz | 41 keV |

Eigene Berechnung mit den exakten Werten von *h* und *c* [4]. Wellenlängen nach [8],[9],[10],[6], die UKW-Frequenz ist ein typischer Wert.

# Warum manche Strahlung gefährlich ist und andere nicht

Entscheidend ist die Energie eines einzelnen Photons. Gammastrahlung, Röntgenstrahlung und ein Teil des Ultravioletts sind so energiereich, dass sie Elektronen aus Atomen herausschlagen können. Man nennt sie deshalb ionisierend. Sie können Moleküle verändern und Zellen schädigen [1]. Radiowellen und Mikrowellen dagegen gehören zur nichtionisierenden Strahlung. Hochfrequente Felder können Gewebe erwärmen, und der Strahlenschutz achtet darauf, dass die Felder schwach genug bleiben, um keine Schäden anzurichten [7].

Ein Blick in die Tabelle zeigt den Unterschied: Ein Photon einer UKW-Welle trägt weniger als ein Millionstel Elektronenvolt, ein Röntgenphoton Zehntausende. Dass auch sehr helles sichtbares Licht schaden kann, zeigt der Blick in die Sonne. Er schädigt die Augen vor allem durch die hohe Intensität von Licht und Infrarot [5].

Unsere Atmosphäre schützt uns vor dem gefährlichsten Teil des Spektrums. Sichtbares Licht kommt weitgehend durch, manche Mikrowellen sogar durch Wolken, Gamma- und Röntgenstrahlung aus dem All dagegen nicht. Deshalb müssen Teleskope für diese Strahlung ins Weltall [1].

# Fragen zum elektromagnetischen Spektrum

## Was ist das elektromagnetische Spektrum?

Die Gesamtheit aller elektromagnetischen Wellen, geordnet nach ihrer Wellenlänge. Es reicht von Radiowellen, die länger als der Erddurchmesser sein können, über Mikrowellen, Infrarot, sichtbares Licht und Ultraviolett bis zu Röntgen- und Gammastrahlung.

## Welche Wellenlänge hat sichtbares Licht?

Nach der Festlegung des Bundesamts für Strahlenschutz 400 bis 780 Nanometer. Violett hat die kürzeste, Rot die längste Wellenlänge.

## Welche Strahlung ist ionisierend?

Gammastrahlung, Röntgenstrahlung und ein Teil der Ultraviolettstrahlung. Ihre Photonen haben genug Energie, um Elektronen aus Atomen zu lösen.

## Ist Handystrahlung ionisierend?

Nein. Mobilfunk nutzt hochfrequente elektromagnetische Felder, die zur nichtionisierenden Strahlung gehören. Sie können Gewebe erwärmen, deshalb gibt es Grenzwerte.

## Wie hängen Wellenlänge und Energie zusammen?

Je kürzer die Wellenlänge, desto höher die Energie eines Photons. Es gilt $E = h \cdot c / \lambda$, mit der Planckschen Konstante h und der Lichtgeschwindigkeit c.

# Quellen


1. NASA Science: *Introduction to the Electromagnetic Spectrum.* science.nasa.gov.
2. NASA Science: *Anatomy of an Electromagnetic Wave.* science.nasa.gov.
3. NASA Science: *Radio Waves.* science.nasa.gov.
4. NIST: *CODATA Values of the Fundamental Physical Constants.* physics.nist.gov.
5. Bundesamt für Strahlenschutz: *Was ist optische Strahlung?* bfs.de.
6. NASA Science: *X-Rays.* science.nasa.gov.
7. Bundesamt für Strahlenschutz: *Was sind elektromagnetische Felder?* bfs.de.
8. NASA Science: *Microwaves.* science.nasa.gov.
9. NASA Science: *Infrared Waves.* science.nasa.gov.
10. NASA Science: *Visible Light.* science.nasa.gov.
11. NASA Science: *Ultraviolet Waves.* science.nasa.gov.
12. NASA Science: *Gamma Rays.* science.nasa.gov.

## Zitiervorschlag

quanten.de: *Das elektromagnetische Spektrum: von Radiowellen bis Gammastrahlung.* Stand: November 2026. URL: https://quanten.de/elektromagnetisches_spektrum.html

Texte und Abbildungen © 2026 quanten.de. Nutzung mit Quellenangabe und Link gern, kommerzielle Nutzung nach Absprache: info@quanten.de

**Weiterlesen:** Photon · Lichtgeschwindigkeit · Röntgenstrahlung · Warum ist der Himmel blau?