

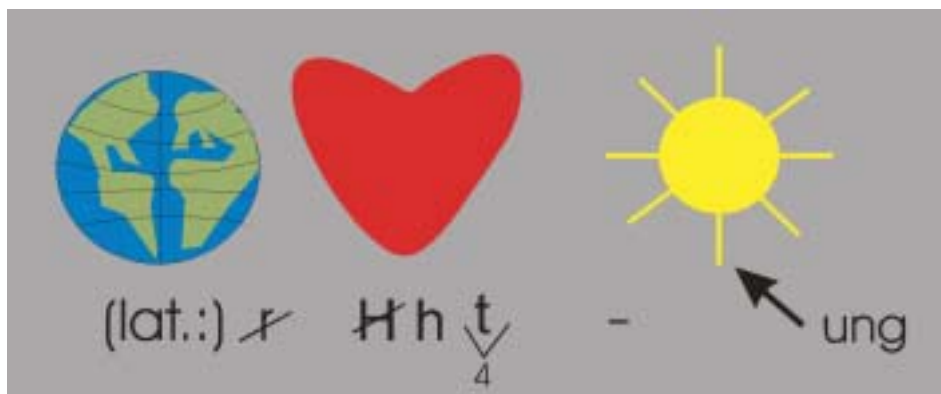
Terahertz-Strahlung

Durch dick und dünn – bei anderem Lichte besehen



Der elektromagnetische Spektralbereich zwischen 300 Gigahertz und 30 Terahertz war noch bis vor einigen Jahren experimentell und erst recht anwendungstechnisch unbekanntes Land – terra incognita, denn die experimentelle Grundlagenforschung scheiterte bis dahin an den mangelnden Möglichkeiten, Strahlung in diesem Bereich künstlich zu erzeugen oder zu detektieren. Mittlerweile haben die Grundlagenforscher jedoch einige Pfade in diesem Gebiet angelegt und der Tross der anwendungsorientierten Wissenschaftler asphaltiert dahinter schon die ersten Wege zu neuen Anwendungsbereichen.

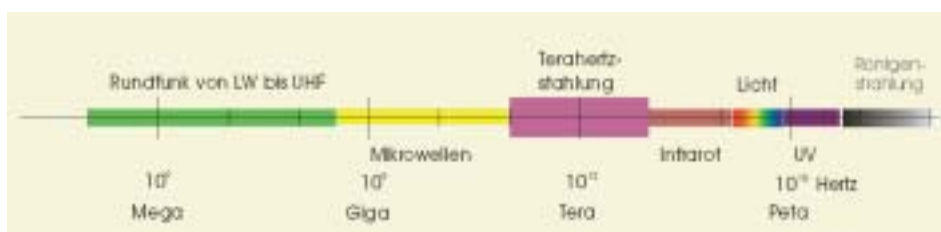
Dipl.-Ing. Klaus Bäumer,
Wirtschaftsmediator



Im englischen Sprachbereich werden oft die Begriffe **T-Gap** (für die Wissens- und Nutzungslücken) und **T-Rays** benutzt. Dies sind keine Produktnamen eines Telekommunikationskonzerns, sondern Bezeichnungen für den Terahertzbereich, der frequenzmäßig oberhalb der Mikrowellen und unterhalb des Infrarotbereichs, also bei Wellenlängen von einigen Millimetern bis runter zu einigen Mikrometern, liegt.

Die Terahertz (THz) -Strahlung ist im Gegensatz zur Röntgenstrahlung **nicht ionisierend**. Genau wie Mikrowellen oder Licht kann sie als elektromagnetische Strahlung gebündelt, reflektiert und absorbiert werden. In Wasser und in wasserhaltiges Material dringt die Strahlung nur einige Millimeter bis Zentimeter ein. Stoffe, Kunststoffe, Papier, Holz, Keramik und verwandte Verbundstoffe können die T-Strahlen jedoch fast ungehindert durchdringen.

Die Periode, also die Dauer einer Schwingung, liegt für die THz-Strahlung im Piko- und Femtosekundenbereich. Und das ist interessanterweise genau der Zeitbereich, in dem



Eigenschaften

sich dynamische Vorgänge von großen (Bio-)Molekülen, z.B. Resonanzen, Ein- und Ausschwingzeiten, Rotationsübergänge oder auch Schwingungsmoden in Halbleiterkristallen abspielen.

Technisch wird die THz-Strahlung mittlerweile nach verschiedenen Grundprinzipien durch **Laser** erzeugt. Eine mögliche Variante ist das Schwebungsprinzip. Zwei gegeneinander frequenzverstimmte Laser erzeugen als Differenzfrequenz Strahlungsanteile im T-Bereich, ähnlich wie zwei gegeneinander verstimmte Gitarrenseiten einen tieferen Schwebungston entstehen lassen. Mittlerweile kann man gepulste aber auch kontinuierliche Strahlung erzeugen, die abgestrahlte Leistung liegt im Milliwattbereich. Als Empfangselemente kommen Bolometer (Messung der Wärmewirkung auf elektrische Leiter) oder **elektrooptische Halbleiterbauelemente** zum Einsatz, wobei mit letzteren auch schon Kamerasysteme realisiert werden.

Jeder wärmeabstrahlende Gegenstand sendet auch Strahlung im Terahertzbereich aus. Dieser Anteil ist allerdings sehr gering und reicht nur einige Meter weit. Der menschliche Körper strahlt – wenn auch nur sehr schwach – daher ebenfalls im THz-Bereich. Sinnesorgane für diesen Strahlungsbereich besitzt er nach heutigem Kenntnisstand allerdings nicht. Es ist auch nicht zu erwarten, dass durch die Erforschung dieses Frequenzbereichs Begriffe wie die „menschliche Aura“ eine naturwissenschaftliche Erklärung finden.

Grundsätzlich kann man die Nutzungsprinzipien, die man aus den anderen Bereichen des elektromagnetischen Spektrums schon kennt, auch auf den Terahertzbereich übertragen. Die **Astronomie** muss sich dabei noch etwas gedulden. Ein Großteil der Weltraumstrahlung liegt im THz-Bereich, aber genau der wird durch die irdische Atmosphäre absorbiert. Sie erwartet deshalb einen Erkenntnisprung, wenn es gelingt, THz-Empfangsanlagen im Weltraum zu positionieren. Auch die **Erd- bzw. Umweltüberwachung** aus Flugzeugen wird noch ihre Zeit brauchen, sie befindet sich aber schon in der Konzeptphase.

In der **Biologie, Medizin und Pharmazie** zieht man demgegenüber schon den ersten Anwendungsnutzen. Zum einen gewinnt man neue Erkenntnisse bei der Erforschung von Molekülaufbauten und DNA-Analytik. Anwendungen wie die **Time-Domain-Spektroskopie (TDS)** helfen beispielsweise bei der Untersuchung von polymorphen Strukturen (gleiche chemische Summenformel aber unterschiedlicher Aufbau) und deren Einfluss auf die medizinisch-biologische Wirkung der Stoffe. Bei der TDS werden dazu die Stoffe mit Impulsen im Terahertzbereich bestrahlt und die reflektierten oder durchgelassenen Strahlungsanteile in ihrem zeitlichen Verlauf gemessen. Durch eine anschließende Weiterverarbeitung der Messwerte (Fourier-Transformation) lässt sich daraus die Spektralverteilung errechnen, die wiederum charakteristische Aussagen über den Aufbau und weitere Eigenschaften der untersuchten Probe liefert. Zum anderen liefern die aus dem Licht- oder Röntgenbereich bekannten bildgebenden und bildverarbeitenden Verfahren im T-Bereich neue Informationen. Beispielsweise erlauben Scanneraufnahmen – **2D imaging** – von Hautkrebszellen bereits eine eindeutige diagnostische Identifikation ohne Biopsie. Und endoskopische Untersuchungen werden bereits angedacht, um Gewebeveränderungen auf Organoberflächen genauer als bisher untersuchen zu können. Auch der kariöse Schadensumfang auf und in Zähnen ist schon sehr genau darstellbar. Das ist zur Zeit allerdings noch nicht zahnarztpraxis-tauglich – zur Diagnose müsste der Zahn vorher dem Kiefer entnommen werden. Die in einigen Publikationen zu lesende Aussage, dass THz-Untersuchungssysteme sich generell zu einer belastungsarmen Alternative zur Röntgendiagnostik entwickeln werden, ist

Sender und Empfänger

Anwendungen

zumindest für den medizinischen Bereich nicht zutreffend, da das Körpergewebe aufgrund seines hohen Wasseranteils stark absorbierend wirkt. THz-Systeme werden vielmehr eine wichtige zusätzliche, ergänzende Rolle in der medizinischen Diagnostik spielen.

Die oben skizzierten Verfahren finden auch in der **Werkstoffprüftechnik** neue Anwendungsbereiche. Oberflächenanalysen, Klebstoffwirkung und Feuchteverteilung seien hier nur beispielhaft erwähnt. Führt man Sender und Empfänger nach dem Tomographieprinzip spiralförmig um den Untersuchungsgegenstand, dann lassen sich durch computergestützte Nachverarbeitung der durchgelassenen Strahlungsmesswerte auch dreidimensionale Darstellungen – **3D imaging** – erzeugen.

Im Rahmen der **Lebensmittel- und Medikamentenüberwachung** werden Verpackungen und Inhaltsstoffe auf Fälschungen, Verfall oder Verunreinigung mit THz-Systemen leichter und genauer zu untersuchen sein.

Schon bekannter sind die geplanten Anwendungen im **Sicherheitsbereich**. Weniger die Sprengstoffdetektion und das Aufspüren von Landminen, als vielmehr die Sicherheitsscanner, die beispielsweise in Flughäfen das Aufspüren von am Körper getragenen Waffen erleichtern sollen. Sie gerieten in die öffentliche Diskussion, weil sich einige Passagiere in ihrer Intimsphäre verletzt fühlen könnten, da diese Systeme ein relativ konturreiches Bild ihres Körpers liefern werden. Glücklicherweise gibt es ja nach wie vor die Alternative, sich durch Sicherheitspersonal abtasten zu lassen.

Auch die **Telekommunikation** bzw. die Telekommunikationsbranche ist bereits freudig erregt. Erste Versuche zur Datenübertragung im Terahertzbereich waren schon erfolgreich. Es locken Übertragungsraten für den Nahbereich, die einige tausendmal größer sind als jene von Bluetooth oder WLAN. Fragt sich nur, wo die Inhalte herkommen, hin sollen und wer das braucht. Aber diese Fragen gab es schon einmal, bei der Einführung des Telefons, des Privatfernsehens und gegenwärtig auch bei UMTS.

Nach heutigem Wissen gelten die bisherigen Anwendungen von Terahertzstrahlung als unbedenklich. Erste internationale Forschungsprojekte scheinen das zu bestätigen, jedenfalls für Leistungsbereiche, in denen die meisten der oben erwähnten Anwendungen liegen. Der Kenntnisstand zur Wirkung von Terahertzstrahlung auf biologische Systeme ist jedoch nicht vollständig. Schädigungsmechanismen, Schädigungsschwellen und Sicherheitsgrenzwerte sind aufgrund der Vielzahl an Einflussparametern (Strahlungsleistung, Leistungsdichte, Einwirkungsdauer, Pulsung, spektrale Verteilung) noch nicht systematisch erfasst und festgelegt.

Um es mit Paracelsius zu halten: *„Alle Ding’ sind Gift und nichts ohn’ Gift; allein die Dosis macht, das ein Ding kein Gift ist.“*

Auch hier gilt: Die Dosis ist entscheidend und damit der verantwortungsvolle Umgang mit Technik.

<http://www.elektrosmoginfo.de>

<http://www.frascati.enea.it/THz-BRIDGE>

<http://www.frhewwww.physik.uni-freiburg.de/terahertz/>

<http://www.iht.rwth-aachen.de/Forschung/opto.php>

<http://www.phy.cam.ac.uk/research/thz/>

http://www.physik.uni-kl.de/w_wallen/Arbeitsgebiete/Ultrakurzpulslaser/fs-THz

<http://www.ruhr-uni-bochum.de/pc2/thz>

<http://www.thznetwork.org/>

<http://www.tu-braunschweig.de/ihf/ag/terahertz>

<http://www.eng.wikipedia.org>

Wirkung auf
Mensch und Umwelt

Weitere Informationen/
Quellen