

# Vorstoß in die TERAHERTZLÜCKE

Lange Zeit waren Wissenschaftler nahezu blind für Terahertzstrahlen, und es fehlten auch geeignete Sender. Doch nun wird diese Terra incognita systematisch erforscht.

Von Gerhard Samulat

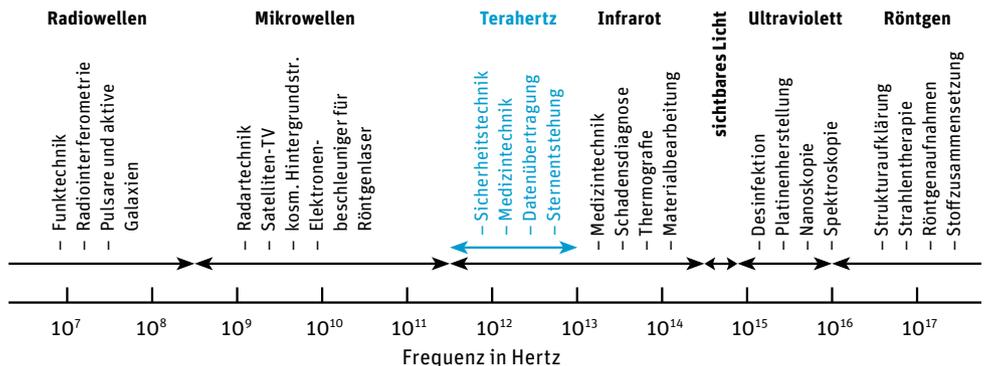
**L**ange Zeit klaffte eine »Lücke« im elektromagnetischen Spektrum. Keine wirklich physikalische Kluft, vielmehr fehlten schlicht die technischen Möglichkeiten, den Frequenzbereich zwischen 0,3 und etwa 10 Terahertz (Millionen Schwingungen pro Sekunde) genauer zu erkunden. Denn bis vor Kurzem existierten für diesen Spektralbereich weder brauchbare Quellen für definierte Wellenlängen noch geeignete Empfänger. Die Fachwelt sprach daher von einer Terahertzlücke.

Zwar strahlt jedes heiße Objekt, ob es nun die Sonne ist oder eine glühende Herdplatte, gemäß der Planck'schen Strahlungsformel

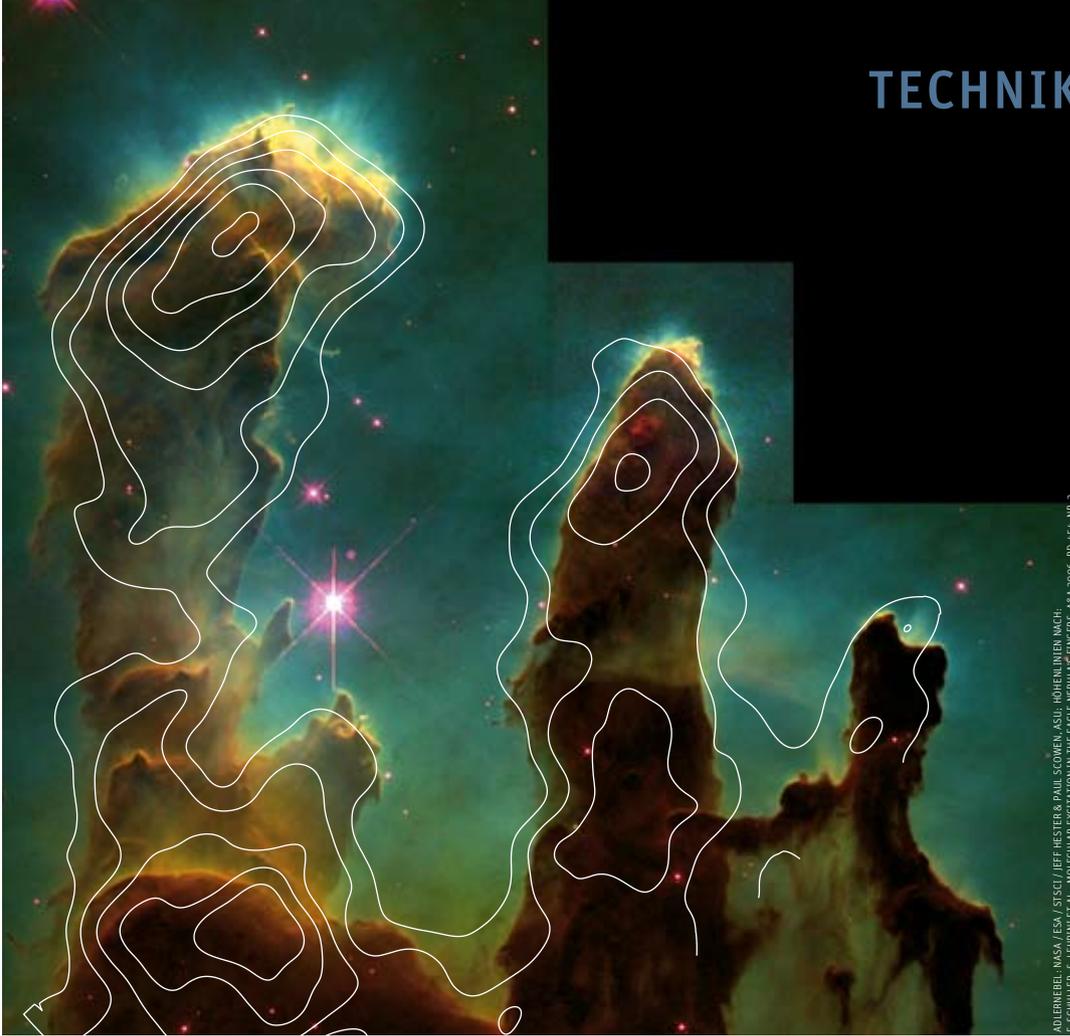
auch in diesen Wellenlängen Energie ab. Doch die Leistungsdichte ist meist zu klein, um Laborversuche anstellen zu können. Unser Zentralgestirn beispielsweise verfügt im Terahertzbereich nur über ein Zwanzigtausendstel der Leistungsdichte, die es im Sichtbaren ausstrahlt. Zudem ist die natürliche Wärmestrahlung nicht kohärent: »Berge« und »Täler« der emittierten Wellen – Wissenschaftler sprechen von Phasen – sind also zeitlich und räumlich nicht aufeinander abgestimmt, was die Interpretation von Experimenten mit natürlicher Terahertzstrahlung außerordentlich schwierig macht.

Dabei bieten die auch Submillimeterstrahlung genannten Terahertzwellen faszinierende An- und Ausblicke. Plastik und Kunststoffe

Mit Macht nimmt Terahertzstrahlung ihren Platz in der ehemaligen technischen »Lücke« ein. In der Abbildung sind Stichworte zu einigen Anwendungen verschiedener Frequenzbereiche genannt. (Für die Abgrenzung der Frequenzbereiche existieren unterschiedliche Konventionen.)



SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT



ADLERNEBEL: WASH/ESA/STSC/JEFF HESTER & PAUL SCOWEN/ASU; HÖHENLINIEN NACH P. SCHULLER & LEWINN ET AL., MOLECULAR EXCITATION IN THE EAGLE NEBULA'S FILAMENTS, 2006, BD. 464, NR. 2

Schon jetzt findet Terahertzstrahlung viele Anwendungen. Mit Submillimeter-Spektroskopie rückten Astronomen des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie dem Adlernebel auf den Leib, einem berühmten Sternentstehungsgebiet (nebenstehendes Bild). Die Isolinien (nachgezeichnet auf Basis der Originalpublikation von Frédéric Schuller et al.) basieren auf Messungen eines Rotationsübergangs von Kohlenmonoxid. Das Bild auf der linken Seite zeigt die Terahertzaufnahme eines bekleideten Mannes, der eine Waffe unter dem Gürtel trägt.

sind transparent für dieses »Licht«, das im Spektrum zwischen fernem Infrarot und Mikrowellen liegt. Auch Textilien, Papier, Keramiken oder Mauerwerk werden im Terahertzlicht durchsichtig. Mit Terahertzwellen lassen sich chemische Verbindungen analysieren und Biomoleküle zu charakteristischen Schwingungen anregen. Ebenfalls machbar scheint die Übertragung von Daten mit deutlich höherer Informationsdichte als beim heute gängigen Wireless Local Area Network (WLAN) oder bei Bluetooth-Verbindungen. Nicht zuletzt erlauben Terahertzwellen einen Einblick in die Vorgänge, die bei der Entstehung von Sternen im Universum ablaufen.

Derzeit existieren mindestens zwei viel versprechende Ansätze, um die Terahertzlücke allmählich zu schließen und die gewünschte Strahlung in ausreichender Stärke und Güte zu erzeugen. Zum einen spezialisieren sich Elektronenbeschleuniger wie das Berliner Synchrotron Bessy oder der Karlsruher Beschleuniger Anka zunehmend darauf, kohärente Terahertzstrahlung zu erzeugen. »Am Anfang bekamen wir für die Nutzung von Bessy zwar Messzeiten zugewiesen, die typischerweise zwischen dem 30. April und dem 1. Mai lagen«, erinnert sich Heinz-Wilhelm Hübers an die Anfänge. »Doch mittlerweile«, so der Leiter der Terahertz- und Infrarotsensorik beim Deutschen Zentrum für

Luft- und Raumfahrt (DLR) in Berlin-Adlershof, »bietet Bessy ein- bis zweimal im Jahr einen Low- $\alpha$ -Modus an.« In diesem Betriebszustand sind die Elektronenpakete im Beschleuniger räumlich stark konzentriert, was unter anderem zu hoher Abstrahlungsintensität im Terahertzbereich führt.

### Handlich oder riesenhaft?

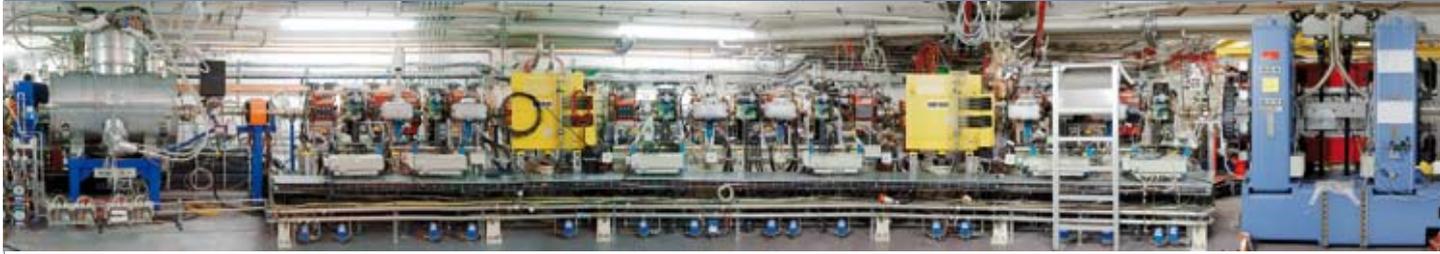
Darüber hinaus stehen in Labors auf der ganzen Welt mittlerweile zum Teil recht handliche Anlagen, aus denen Wissenschaftler kurze Terahertzpulse aufblitzen lassen. Die technische Grundlage solcher Apparaturen sind meist starke Dioden-, Femtosekunden-, Freielektronen- oder sogar Quanten-Kaskaden-Laser. Während Kreisbeschleuniger mit Umfängen von bis zu mehreren hundert Metern sich vor allem für die Grundlagenforschung anbieten, denken die Entwickler von Tischgeräten deutlich stärker an technische Anwendungen. Dazu gehören medizinische Geräte zur Krebsvorsorge ebenso wie die Sicherheitsüberwachung von Flugpassagieren, aber auch die ultraschnelle, kabellose Datenübertragung oder die Qualitätskontrolle in der Produktion von Massengütern.

»Wir arbeiten beispielsweise mit dem Süddeutschen Kunststoffzentrum SKZ zusammen«, berichtet Martin Koch, Leiter der Ar-

## In Kürze

- ▶ Bislang gab es **kaum brauchbare Sender oder Empfänger für Terahertzwellen**. Deswegen wird dieser Teil des elektromagnetischen Spektrums erst in den letzten Jahren wissenschaftlich und technisch genutzt.
- ▶ Zunehmend aber erkunden Forscher und Ingenieure diese **Terra incognita**. Sowohl mit Teilchenbeschleunigern als auch mit Hochleistungslasern lassen sich Terahertzstrahlen nun auf effektive Weise erzeugen.
- ▶ Sie eignen sich für so **unterschiedliche Aufgaben wie die Personenkontrolle** an Flughäfen, die Qualitätskontrolle in der Industrieproduktion oder die Beantwortung der Frage, wie Sterne entstehen.

## ERZEUGUNG VON TERAHERTZSTRAHLUNG

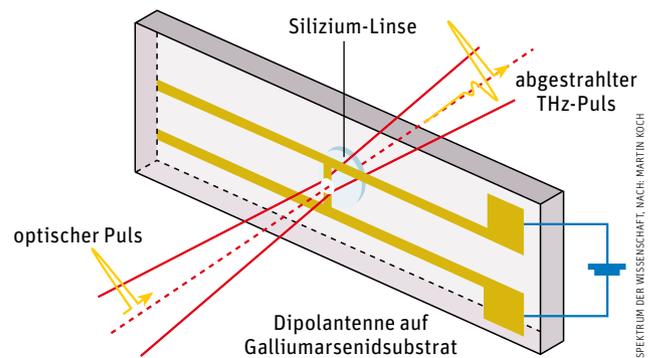


**Beschleuniger:** Es gibt mittlerweile mehrere effektive Verfahren, um hochwertige Terahertzstrahlung für Experimente zu erzeugen. Experten am Elektronenbeschleuniger Bessy in Berlin-Adlershof gelang es vor einiger Zeit, die mit nahezu Lichtgeschwindigkeit umlaufenden Teilchenpakete – im Fachjargon »Bunches« – auf engstem Raum zusammenzuquetschen. Nun enthält das Synchrotronlicht, das die geladenen Partikel bei jedem Umlauf abstrahlen, einen reproduzierbar starken Terahertzanteil. Dafür erhielten die Bessy-Forscher und das ebenfalls beteiligte DLR im Jahr 2003 den Innovationspreis Synchrotronstrahlung, über dessen Vergabe namhafte Wissenschaftler des »Vereins der Freunde und Förderer von Bessy« entscheiden. Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt übernimmt dieses Verfahren nun, um an der im Bau befindlichen Metrology Light Source – ebenfalls in Berlin-Adlershof – die Eigenschaften der Terahertzstrahlung genau zu charakterisieren und Standards für Industrie und Forschung zu entwickeln.

Freie-Elektronen-Laser sind Linearbeschleuniger. Folglich gibt jedes beschleunigte Elektronenpaket nur einen einzigen Terahertzpuls ab. Dies schließt metrologische Experimente aus, weil jeder Bunch nur ein einziges Mal an den Messeinrichtungen vorbeifliegt, sich also bei jedem Versuch die exakten Bedingungen verändern. Da die emittierte Strahlung aber Aussagen über die Verteilung der Elektronen im jeweiligen Bunch zulässt, entwickeln Physiker Spezialgeräte für den Freie-Elektronen-Laser Flash

am Hamburger Desy, mit denen sich Länge und Struktur der Elektronenpakete analysieren lassen. Ziel ist eine verbesserte Güte der Synchrotronstrahlung, was wiederum genaueren Experimenten dient.

**Laborgeräte:** Für Laborversuche eignen sich Femtosekunden-, Dioden- oder Quantenkaskadenlaser. Um einen Terahertzpuls zu erzeugen, schießen Experimentatoren beispielsweise mit Femtosekundenlasern auf fotoleitende Dipolantennen, an denen



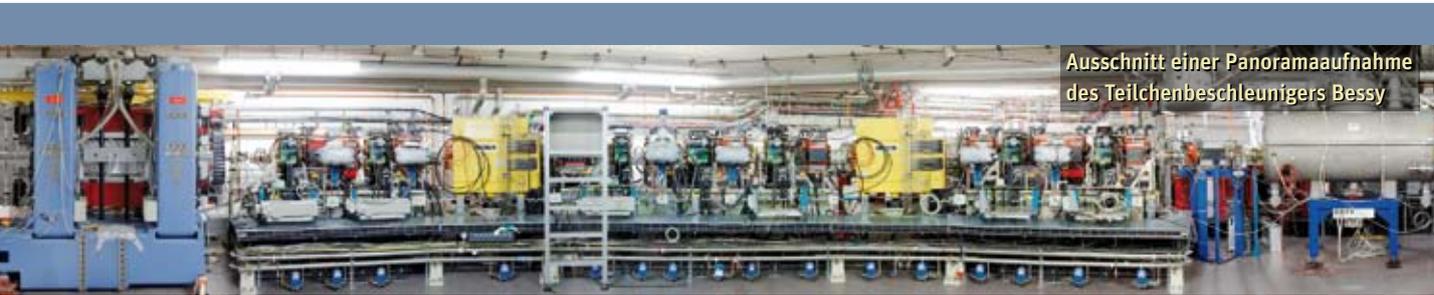
Mit fotoleitenden Dipolantennen werden Terahertzpulse erzeugt.

beitsgruppe Terahertz-Systemtechnik des Instituts für Hochfrequenztechnik an der TU Braunschweig (Foto rechts unten). Für das SKZ, ein Forschungszentrum der Kunststoffindustrie, erprobt der Physikprofessor neue Messverfahren. Dabei verraten charakteristische Reflexions- oder Absorptionsmuster, ob Additive, die zur Veredelung von Kunststoffen eingesetzt werden, homogen in der Rohmasse verteilt sind oder ob darin störende Luftblasen, Einschlüsse oder auch Fremdmaterialien vorhanden sind. »Hier besitzt Terahertzstrahlung ein Alleinstellungsmerkmal«, meint der Braunschweiger Wissenschaftler. »Weder mit Infrarot noch mit sichtbarem Licht komme ich durch die Schmelze hindurch, und Mikrowellen haben nicht die notwendige Ortsauflösung.« Plastik ist für Submillimeterwellen jedoch meist transparent, während Metalle oder Wasser die Strahlung absorbieren und daher im Terahertzbereich undurchsichtig bleiben.

Für Koch sind Aufgaben aus der industriellen Qualitätskontrolle daher die naheliegends-

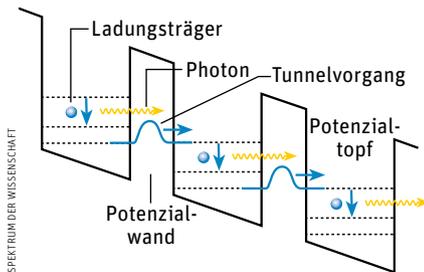
te Anwendung. Sind Stoffzusammensetzungen stets identisch? Sieht jedes Bauteil aus der Massenerstellung genauso aus wie jedes andere? Mit Skepsis betrachtet er hingegen medizinische Terahertzanwendungen, auf die sich in den letzten Jahren viele Hoffnungen richteten. »Was könnte ich damit denn beobachten, was ich nicht auch auf andere Weise sehe?«, fragt er, wenn er hört, was findige Firmen alles anbieten. Diagnosegeräte für Hautkrebs zum Beispiel: »Die Hautveränderungen kann jeder Arzt meist auch so erkennen«, glaubt Koch, »dafür braucht er in der Regel keine teuren Anlagen.«

Ähnlich kritisch sieht er es, wenn – wie vor einiger Zeit – eine Meldung durch die Gazetten geistert, die die Vorzüge von zahnmedizinischen Terahertzgeräten beim Aufspüren verdeckter Karies preist. Ein kranker Zahn im Gebiss eines Patienten lässt sich damit nämlich noch lange nicht ausfindig machen. »Das Bild zeigte einen entwässerten Dünnschnitt durch einen bereits entnommenen Zahn«,



Ausschnitt einer Panoramaaufnahme des Teilchenbeschleunigers Bessy

BESSY / BILDWERK / BESS / JANKOWIK



**Quantenkaskade: Ladungsträger tunneln von Potentialtopf zu Potentialtopf**

Kunden andauernden Blitze treffen auf eine Lücke zwischen zwei mikroskopisch kleinen Goldstreifen, die auf einem Gallium-Arsenid-basierten Trägermaterial aufliegen. In diesem Halbleitermaterial erzeugen sie Elektron-Loch-Paare, die von der an den Goldstreifen angelegten Spannung auseinandergerissen werden. Nach den Gesetzen der Elektrodynamik löst deren beschleunigte Bewegung einen Terahertzpuls aus. Ähnlich funktioniert der Empfänger.

Kostengünstiger ist die Erzeugung von Terahertzwellen durch das Überlagern von Licht zweier leistungsstarker Diodenlaser leicht unterschiedlicher Frequenz. Dazu eignen sich beispielsweise

eine Spannung anliegt. Eine Femtosekunde ist der milliardste Teil einer Sekunde – in dieser Zeit kommt ein Lichtstrahl gerade einmal 0,3 millionstel Meter weit, das ist weniger als die Dicke eines Haares. Die kürzer als 100 Femtose-

se Distributed-Feedback-Laser (DFB), deren aktives Material zur Erhöhung der Strahlleistung und zur Wellenlängenselektion gitterartig strukturiert ist. Das resultierende Laserlicht ist eine sinusförmige Schwebung. Mit Hilfe fotoleitender Dipolantennen lassen sich diese in kontinuierliche Terahertzwellen umwandeln.

Eine weitere Option sind Quantenkaskadenlaser. Sie bestehen abwechselnd aus vielen hauchdünnen Lagen aus Halbleitermaterialien und Barrierschichten. Nach den Gesetzen der Quantenmechanik bilden sich in den Halbleiterschichten bei geeigneter Wahl der Schichtdicken so genannte Potentialtöpfe aus, in denen Ladungsträger ausschließlich diskrete Energien einnehmen können – ähnlich wie in einem Atom. Durch Anlegen einer Spannung wird dann erreicht, dass sich die energetischen Lagen der Potentialtöpfe zueinander verschieben. Liegt ein Potentialtopf energetisch höher als ein benachbarter, kann ein Ladungsträger von einem niedrigen Energieniveau des ersten Topfs in ein hohes Niveau des zweiten tunneln. Von diesem Niveau fällt er dann wieder auf ein niedriges und sendet dabei ein Photon aus.

Folgen viele solcher Übergänge aufeinander, entstehen die Ladungsträgerkaskaden, die dem Laser seinen Namen gaben. Durch geeignete Wahl der Schichtdicken, der Materialien und der Spannungen lässt sich Terahertzstrahlung mit diesem Verfahren sehr effektiv erzeugen. Häufig müssen die Geräte aber stark gekühlt werden.

verrät Koch, »ein solches Gerät wird man nie in einer Zahnarztpraxis stehen sehen.« Das Problem: Terahertzstrahlung dringt teilweise nur wenige zehntel Millimeter tief in Haut oder Knochen ein. Da hilft es auch nichts, dass Terahertzwellen im Gegensatz zu Röntgenstrahlen als unschädlich für Organismen gelten. Ihre vergleichsweise energiearmen Photonen können nämlich keine Elektronen aus Atomen oder Molekülen heraus schlagen, sie also nicht ionisieren.

**Shampoo, Limonade oder Sprengstoff?**

Stattdessen bietet sich die Strahlung für Kontrollen an Flughäfen oder in anderen sicherheitsrelevanten Zonen an. Wachpersonal könnte künftig aus der Ferne sehen, ob Verdächtige gefährliche Gegenstände wie Messer oder Revolver unter der Kleidung verbergen, selbst wenn die Waffen nicht aus Metall sind. Im Labor von DLR-Mann Hübers steht ein solches Gerät, für das er im Jahr 2007 auch

den Sonderpreis »Airport of the Future« der Lilienthal-Preis-Stiftung und der Berliner Flughäfen erhielt. Selbst Sprengstoffe oder Drogen ließen sich mit derartigen Geräten nachweisen, berichtet er. Plastikflaschen beispielsweise »sähe« man an, ob sie Shampoo, Limonade oder flüssigen Sprengstoff enthalten. »Wir können in wenigen Sekunden auf eine Entfernung von knapp 20 Metern erkennen, ob jemand irgendetwas Merkwürdiges mit sich herumträgt«, erklärt er. Ähnliche Detektoren werden bereits an einigen Flughäfen weltweit als Portalscanner getestet, weiß Hübers: »Diese Geräte arbeiten allerdings nur mit 60 oder 90 Gigahertz.« Die Reichweite solcher Zentimeterwellen ist aber viel geringer, zudem erlauben sie nur eine schlechte Auflösung. Erst ab 300 Gigahertz ließen sich, so Hübers, »einigermaßen handliche Optiken bauen«, die auch aus der Ferne zum Einsatz kommen können.

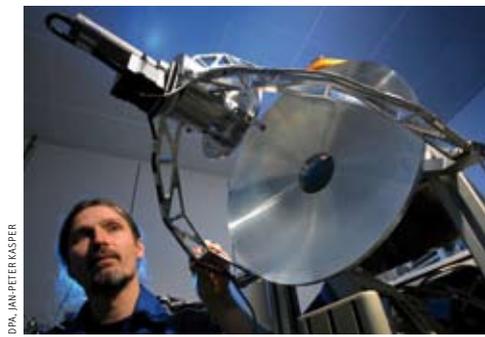
Allerdings bringen Kritiker ethische Bedenken gegen diese Art der Durchleuchtung



MIT FRDL. GEN. VON MARTIN KOCH, TU BRAUNSCHWEIG

Martin Koch an einem Laser-Versuchsaufbau. Gemeinsam mit Thomas Kleine-Ostmann war ihm im Jahr 2004 eine weltweite Premiere gelungen, nämlich die erste Informationsübertragung mit Terahertzstrahlen.

Auch andernorts wird der Terahertzspektralbereich intensiv erforscht. Diese Terahertzkamera am Jenaer Institut für Photonische Technologien (IPHT) ist für Filmaufnahmen auf die Distanz von fünf Metern ausgelegt und soll für Sicherheitsanwendungen zum Einsatz kommen. »Sie ist ähnlich wie ein kleines Radioteleskop aufgebaut«, so IPHT-Forscher Torsten May (Bild). »Der große Hauptspiegel wird durch einen kleinen Sekundärspiegel ergänzt, der als Scanner benutzt wird.« Der goldene Zylinder (oberer Bildteil, größtenteils verdeckt) ist der eigentliche Detektor: ein supraleitender Strahlungssensor.



DPA, JAN-PETER KASPER

vor, bei der Menschen auf den Bildschirmen gleichsam nackt dastehen. Darum habe die Auftraggeberin des Projekts, eine Kommission der Europäischen Union, auch die Mitwirkung eines entsprechenden Beraters gefordert. Martin Koch von der TU Braunschweig geht deswegen davon aus, dass die Sicherheitsbehörden den Überwachungsvorgang automatisieren werden: »Da wird kein Operateur mehr sitzen, der Ihnen unter die Wäsche schaut.« Schlägt der Scanner an, wird die betreffende Person aber vom Wachpersonal zur Seite gebeten. Dann wird sie noch genauer inspiziert, als wenn nur der Metalldetektor reagiert hat, den jeder Fluggast ohnehin passieren muss.

Beide Wissenschaftler sehen in Terahertzscannern daher lediglich ein zusätzliches Hilfsmittel für die Personenkontrolle. Darauf verzichten werden die Flughafenbetreiber aber wohl kaum. »Es gibt jedenfalls einen signifikanten Markt für Terahertzsysteme, um zusätzliche Informationen über Gepäckstücke und Personen zu gewinnen«, resümiert Koch.

Wenn es um weitere Anwendungen geht, sprudeln die Ideen aus dem Braunschweiger Physiker nur so heraus. Konkret vor Augen hat Koch beispielsweise die drahtlose Datenübertragung über ein ultraschnelles WLAN. Ein entsprechendes Projekt von Koch und seinem ehemaligen Mitarbeiter Thomas Kleino-Ostmann von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt stellte der Münchner Physik-Nobelpreisträger Theodor Hänsch sogar in einem Buch vor: als eines von »100 Produkten der Zukunft«. Trägerfrequenzen ab 300 Gigahertz könnten binnen weniger Sekunden den Inhalt einer DVD durch die Luft übermitteln. Bei diesen Wellenlängen fänden sich auch freie Stellen im ansonsten dicht besetzten Frequenzdschungel.

## Start ins Zeitalter der TV-Terawelle

»Derzeit belächelt Sie die Hälfte der Zuhörer zwar noch, wenn Sie auf Workshops und Seminaren ein Terahertzkommunikationssystem vorschlagen«, so der Physiker. »Aber in 10 bis 15 Jahren werden wir diese Technik haben, da wette ich drauf!« Er glaubt fest an den weiterhin exponentiellen Anstieg der Leistungsdichte bei drahtloser Datenübertragung. Analog zum Moore'schen Gesetz, das die rasante Zunahme der Dichte von integrierten Schaltkreisen auf einem Computerchip beschreibt, hat sich auch die Datenrate in der Funktechnik bisher nahezu alle zwei Jahre verdoppelt. »Im Jahr 1972 kam der erste Texas-Instruments-Rechner auf den Markt und 2007 das iPhone von Apple!«, unterstreicht Koch seine These.

Das Ende 2005 eingeweihte Atacama Pathfinder Experiment (Apex) in Chile untersucht den Himmel im Bereich von 0,2 bis 1,4 Terahertz. Apex soll interessante Strahlungsquellen aufspüren, die sein Nachfolger Alma, das Atacama Large Millimeter Array, ab 2010 mit größerer Auflösung untersuchen wird. Schon jetzt hilft Apex, Fragen etwa zur Entstehung junger Sterne aufzuklären. Denn infrarote Strahlung, die durch den Staub rund um Sternentstehungsregionen entkommt, wird durch die Rotverschiebung über lange Distanzen hinweg zu Submillimeterstrahlung, die von Apex detektiert werden kann.



ANDREAS LINDGREN, ESO

»Der Sprung, von dem ich rede, ist deutlich kleiner.«

Erste Erfolge können die Braunschweiger jetzt vorweisen. Kleine-Ostmann habe ihm kürzlich genüsslich berichtet, dass er vor wenigen Tagen das Zeitalter der »TV-Terawelle« eingeläutet habe. Mit Terahertztechnik übertrug er ein VHS-Videosignal gut einen halben Meter weit. Auch längere Strecken seien kein Problem, erklärt Koch, weil das System ähnlich wie Richtfunk funktioniere. Mit diesem teile es sich allerdings auch einen Nachteil: Zwischen Sender und Empfänger muss freie Sicht bestehen.

Schon ein Mensch oder ein Objekt, das Terahertzwellen absorbiert, unterbricht die Verbindung. Koch denkt daher über reflektierende Tapeten für Arbeitsräume nach, um das Signal »über Bande zu spielen«. »An diesen Sachen arbeiten wir gerade«, verrät er, ebenso wie an der Reduktion der Kosten: In einigen Jahren soll die Technologie genauso preiswert sein wie Bluetooth oder WLAN.

Es gibt aber auch Anwendungsbereiche, wo die Kosten eine eher untergeordnete Rolle spielen. In der Astronomie etwa ist vor allem Zuverlässigkeit gefragt, insbesondere bei Satelliten, die, einmal ins All geschossen, sich praktisch nicht mehr warten lassen. Unter anderem, weil die irdische Lufthülle die meisten Terahertzstrahlen schluckt, ist es erst seit wenigen Jahren möglich, das Universum auch in diesem Bereich genauer unter die Lupe zu nehmen. Die dort eingesetzten empfindlichen Geräte müssen aber meist aufwändig mit Helium gekühlt werden.

Und was versprechen sich Wissenschaftler vom Blick in den Terahertzhimmel? »Wenn Sie in den klaren Nachthimmel schauen, sehen Sie das Band der Milchstraße«, erklärt DLR-Forscher Hübers. »Darin entdecken Sie ringsum dunkle Flecken. Das sind riesige Wolken oder Verklumpungen aus Staub und Molekülen.« Astronomen wollen wissen, ob sich diese weiter verdichten und daraus einmal Sterne entstehen.

»Durch Messung der emittierten Terahertzstrahlung können wir nachweisen, welche Moleküle oder Atome dort vorhanden sind«, sagt Hübers. Alle einfach gebauten chemischen Verbindungen wie etwa Kohlenmonoxid, Wasser, OH (Hydroxidion), HCN (Cyanwasserstoff oder Blausäure) oder H<sub>2</sub>S (Schwefelwasserstoff) besitzen Rotationsübergänge, deren Energie im Terahertzbereich liegt. Wissenschaftler sind mittlerweile in der Lage, anhand entsprechender Analysen über 100 verschiedene Stoffe zu unterscheiden. »Zudem kann man die Dichte der Staubwolken vermessen und mit Hilfe des Dopplereff-

**Der Start des europäischen Weltraumobservatoriums Herschel ist für Oktober geplant. Sein 3,5-Meter-Teleskop wird das größte sein, das je in den Weltraum abhob. Es soll kalte oder durch Staubwolken verdeckte kosmische Regionen untersuchen, die in vielen Spektralbereichen »unsichtbar« sind. Im fernen Infrarot und im Submillimeterbereich wird Herschel unter anderem tief in Sternentstehungsregionen blicken.**

fekts deren Dynamik untersuchen«, erläutert Hübers.

Derzeit bauen Hübers und sein Team Terahertzgeräte für das Stratospheric Observatory For Infrared Astronomy (Sofia). Das in einen Jumbo-Jet eingebaute Observatorium wird gemeinsam vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt und der US-Weltraumbehörde Nasa betrieben. Ihren Jungfernflug hatte Sofia im April 2007, nach und nach wird es nun mit Komponenten bestückt. Unter anderem mit dem Terahertzempfänger Great, dem German Receiver for Astronomy at Terahertz-Frequencies: »Wir sind bei Great für den Bereich von drei bis fünf Terahertz verantwortlich«, sagt Hübers.

### Spannung vor dem Start: Herschel hebt im Sommer ab

Als Detektoren werden dort spiralförmige Antennen aus Silizium eingesetzt. »Sie sind ein Spin-off unserer Forschung an Bessy, wo dieselben Instrumente im Einsatz sind«, sagt der Terahertzspezialist. Die Antennen sind durch eine mikroskopisch kleine Brücke aus supraleitendem Niob-Nitrid miteinander verbunden. Diese wird auf eine Temperatur gekühlt, bei der das normale Leitverhalten zur Supraleitung übergeht. Im Fall des Niob-Nitrids liegt diese bei etwa acht Kelvin. Trifft ein Terahertzphoton auf den so gekühlten Detektor, wird dieser zwar nur um Bruchteile eines Kelvins erwärmt. Dadurch aber ändert sich die Leitfähigkeit der Antennen abrupt und so stark, dass ein messbares Signal erzeugt wird.

Zum Kalibrieren entwickelten die DLR-Forscher einen optisch gepumpten Gaslaser. Das bringt die Terahertzstrahlung nun auch andersorts voran: »So ein System haben wir nach Schweden verkauft«, sagt Hübers, »wo die Kollegen jetzt Detektoren für das Weltraumteleskop Herschel der Esa kalibrieren.« Im Sommer dieses Jahres will die europäische Weltraumagentur den Satelliten ins All schießen, um den Frequenzbereich zwischen 0,4 und 5 Terahertz zu untersuchen. Bald schon wird die Terahertzstrahlung helfen, weitere Lücken in der Erkenntnis der Weltzusammenhänge zu schließen. ◀



ILLUSTRATION ESA



**Gerhard Samulat** ist Diplomphysiker und lebt als freier Wissenschaftsjournalist in Wiesbaden.

Der Terahertz-Blick. Von S. Wietzke, F. Rutz, M. Koch in: Kunststoffe, 5/2007, S. 52  
Online: [www.kunststoffe.de/directlink.asp?KU103872](http://www.kunststoffe.de/directlink.asp?KU103872)

Terahertz technology: a land to be discovered. Von Martin Koch in: Optics and Photonics News, März 2007, S. 21

Heterodyne receiver at 2.5 THz with quantum cascade laser and hot electron bolometric mixer. Von Heinz-Wilhelm Hübers et al. in: Proceedings of SPIE, Bd. 6275, 2006, S. 62750H

Deutsches Terahertz-Zentrum e. V.: [www.terahertzcenter.de](http://www.terahertzcenter.de)

Weitere Weblinks zu diesem Thema finden Sie unter [www.spektrum.de/artikel/943426](http://www.spektrum.de/artikel/943426).