

## Liebe Leserin, lieber Leser,

die romantische Idee von der Einheit der Naturkräfte konnte vor 200 Jahren einen ersten Etappensieg verbuchen: 1820 bemerkte der dänische Naturforscher Hans Christian Ørstedt (1777–1851) während einer Vorlesung, dass ein elektrischer Stromfluss (getrieben von einer galvanischen Batterie) eine Magnetonadel ablenkt. Elektrische und magnetische Kraft sind zwei Seiten einer Medaille, des Elektromagnetismus! Nun ging es Schlag auf Schlag: Schon 1822 notierte Michael Faraday (1791–1867) in sein Tagebuch die Worte „verwandle Magnetismus in Elektrizität“.

Was elektrisch, was magnetisch, es hängt vom Betrachter ab. Bewegt er sich relativ zu einem Magnetfeld, beispielsweise durch's Erdmagnetfeld, bemerkt er ein elektrisches Feld und umgekehrt. Relativgeschwindigkeitsabhängige Effekte kennt die Newtonsche Mechanik nicht. Erst Einstein gelang es – indem er der Mechanik etwas *Absolutes* aufzwang: die Vakuumlichtgeschwindigkeit –, die unterschiedlichen physikalischen Welten, hier die Mechanik, dort die Elektrodynamik, miteinander zu versöhnen – wobei der Äther auf der Strecke blieb. Das magnetische Feld ist ein *relativistischer* Effekt: Es verdankt sich der Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit!

1864 fügte James Clerk Maxwell (1831–1879) auch mathematisch zusammen, was zusammen gehört. Die Maxwell'schen Gleichungen kennen u. a. Wellenlösungen<sup>1</sup>. Sie beschreiben die Ausbreitung von Licht. Maxwell war als Theoretiker auch Astronom. Ihn interessierte die Stabilität der Saturnringe. Er wurde damit zu einem Vordenker von Dichtewellen- und Akkretionsscheibentheorie.

1886 bewies der geniale Heinrich Hertz (1857–1894) die Wesensgleichheit von Radiowellen mit Lichtwellen. Es handelt sich bei den Hertz'schen Wellen auch um „Licht“, allerdings mit millionenfach größerer Wellenlänge! Nach dem Zweiten Weltkrieg haben diese Wellen viel dazu beigetragen, unsere einseitige, rein „optische“ Sicht auf das Universum zu überwinden.

---

<sup>1</sup>Es sei angemerkt, dass der Elektromagnetismus, wie die Mechanik, keine Zeitrichtung auszeichnet. Die Maxwell'sche Theorie enthält deshalb als Lösung auch elektromagnetische Wellen, die aus der Zukunft kommen.

Radio- und Röntgenastronomen sind dieser Tage in heller Aufregung – wegen der „FRB“! Falls Sie schon immer einmal wissen wollten, was sich dahinter verbirgt, lesen Sie weiter!

Ihr Hans-Erich Fröhlich

## Der Himmel im Juli

Den sonnenfernsten Punkt ihrer Bahn, das Aphel, durchläuft die Erde am 4. Juli, um 13:34 MEZ. Den exakten Zeitpunkt des maximalen Abstands zwischen Sonnen- und Erdmittelpunkt zu ermitteln, ist nicht trivial. Zum einen ist die Erdbahn mit einer Exzentrizität von nur 0,0162 recht kreisförmig, zum anderen vollführt lediglich der Schwerpunkt des Erde-Mond-Systems eine (nahezu exakte) elliptische Bewegung. Die Erde selbst „eiert“ um das sog. Baryzentrum. Das ist  $3/4$  Erdradien vom Erdzentrum entfernt.

Merkur wechselt am 1. Juli, zum Zeitpunkt der unteren Konjunktion, die Sonnenseite und erreicht bereits am 22. seine größte westliche Elongation von  $20^\circ$ . In den Tagen danach ist er in der Frühe etwa  $1\frac{1}{2}$  Stunden vor Sonnenaufgang am NO-Horizont sichtbar.

Venus ist Morgenstern. Am 10. strahlt sie im hellsten Glanze:  $-4,7$  Größenklassen. In der Monatsmitte steht Venus  $2\frac{1}{2}$  Stunden vor der Sonne auf.

Mars ist bereits vor Mitternacht überm Horizont. Seine Helligkeit nimmt schnell zu. Jupiter steht am 14. der Sonne gegenüber. Er ist dann die ganze Nacht über sichtbar, wie auch Saturn, der am 20. in Opposition zur Sonne steht. Leider sind Sommeroppositionen der äußeren Planeten ungünstig, da die Ekliptik um Mitternacht sehr tief liegt. Saturn befindet sich  $0,2^\circ$  südlich der Ekliptik. Da von uns aus gesehen der scheinbare Sonnenradius  $0,26^\circ$  beträgt, könnten Saturnier am 20. die Erde als kleinen schwarzen Punkt vor der Sonnenscheibe beobachten. Der kleine schwarze Fleck lässt die Sonne dann  $0,0001$  Größenklassen schwächer erscheinen als sonst. Auf diese Weise kann man mit viel Geduld und einer präzisen Photometrie recht einfach erdähnliche Planeten bei fremden Sternen nachweisen (vorausgesetzt wir befinden uns zufällig nahe i h r e r ekliptikalen Ebene).

Einen (synodischen) Mondumlauf nach der letzten Halbschattenfinsternis ereignet sich am 5. Juli eine weitere. Diesmal ist der Norden des Vollmondes betroffen. Auch diese Finsternis ist unspektakulär, zumal der Mond kurz nach dem Beginn bereits untergeht.

## FRB

2007, beim Stöbern im Datenarchiv<sup>2</sup> einer australischen Radio-Sternwarte, stieß man wenige Grad südlich der Kleinen Magellanschen Wolke auf einen hellen „Radioblitz“. FRB 010724, so die Bezeichnung des Ereignisses vom 24. Juli 2001, 20:50 MEZ, war auf allen 96 Frequenzkanälen, von 1,2 bis 1,4 GHz, präsent. Inzwischen kennt man Dutzende derartiger Radioausbrüche von Millisekunden Dauer, zumeist einmalige Erscheinungen. Entdeckt werden diese FRB, das Kürzel steht für *fast radio bursts*, normalerweise von Radioteleskopen mit weitem Blickfeld, da man ja nicht wissen kann, wo am Radiohimmel es demnächst blitzen wird. Leider haben diese Weit-Winkel-Teleskope eine schlechte Winkelauflösung, d. h., sie können in der Kürze der Zeit die Quellen nicht genau genug lokalisieren. Den entscheidenden Hinweis, wonach sich die mysteriösen Absender dieser Radioausbrüche in phantastischen<sup>3</sup> Entfernungen befinden müssen, weit jenseits unserer Galaxis, lieferte folgende Beobachtung: Je niedriger die Beobachtungsfrequenz, desto später kommt das Radiosignal hier an. (Im obigen Falle machte die Zeitverzögerung über den beobachteten Frequenzbereich 1/3 Sekunde aus.) Dieses Verhalten kennt man von galaktischen Radiopulsaren. Es liegt nicht am Sender. Schuld ist der kosmische Raum, der ja nicht wirklich leer ist. Er ist angefüllt von einem hochverdünnten Plasma, einem Medium mit einem von Eins verschiedenen Brechungsindex  $n$ . Die Lichtgeschwindigkeit und damit die Laufzeit von Radiowellen ist – anders als im perfekten Vakuum ( $n = 1$ ) – von der Frequenz abhängig. Aus der Stärke dieses Dispersionseffekts kann man, bei bekannter Elektronendichte längs des Sehstrahls, auf die Entfernung schließen. Die 18 bekannten Pulsare aus der Kleinen Magellanschen Wolke zeigen allesamt ein kleineres Dispersionsmaß. Der FRB musste demnach weit hinter der Magellanschen Wolke seinen Ausgangspunkt gehabt haben, was wiederum bedeutet, dass in jedem Millisekunden-Ausbruch soviel an Energie steckt, wie unsere Sonne im Verlauf von Tagen oder gar Monaten an Sonnenstrahlung abgibt!

2012 nahm die FRB-Story eine glückliche Wendung: FRB 121102 erwies sich als „Wiederholer“! FRB künden also nicht notwendigerweise von katastrophalen Einmalereignissen, wie z. B. Supernovae. Vor ein paar Jahren gelang es,

---

<sup>2</sup>angelegt zum Zwecke der Pulsarsuche und deshalb zeitlich hochaufgelöst

<sup>3</sup>Anfänglich hatte man Verdacht, die FRB seien instrumentell bedingt oder gingen gar von einer geöffneten Mikrowelle in einer Astronomenunterkunft aus.

den Ort dieses *repeaters* am Himmel auszumachen: eine Zwerggalaxie in drei Milliarden Lichtjahren Entfernung mit hoher Sternentstehungsrate. Und man fand noch mehr heraus: Die Polarisationsrichtung der Radiostrahlung erwies sich als frequenzabhängig. Auch diesen Effekt, genannt Faraday-Rotation, kennt man von örtlichen Radiopulsaren. Er kündigt vom Vorhandensein eines Magnetfelds. Zur Drehung der Polarisationsrichtung kommt's, passiert die Radiowelle ein *magnetisiertes* Plasma! Die Vermutung, „hyper-magnetische“ Neutronensterne, sog. Magnetare, seien die Quelle der FRB, macht seitdem die Runde.

Der Anlass, auf die FRB zu sprechen zu kommen, ist eine Entdeckung, die kürzlich einem Beobacherteam an einem kanadischen Radioteleskop gelang, das auf die FRB-Jagd spezialisiert ist. Man kennt inzwischen weitere „Wiederholer“. Einer davon, FRB 180916, offenbart ein periodisches Verhalten, alle  $16,35 \pm 0,15$  Tage häufen sich die Radioblitze. Das wiederum deutet auf einen Doppelstern hin. So könnte es sich bei den  $16\frac{1}{3}$  Tagen um die Umlaufzeit handeln oder aber um die Präzessionsperiode eines kreiselnden Neutronensterns. Auch ist es inzwischen gelungen, mit verbesserter Suchtechnik, zwei weitere Heimatgalaxien für „einmalige“ FRB dingfest zu machen. In beiden Fällen handelt es sich um normale Galaxien, solche ohne erhöhte Sternentstehungsrate.

Auch ohne Kenntnis des Wirkmechanismus werden sich eines Tages die FRB als ein Geschenk des Himmels erweisen: Wir könnten, wenn wir wissen, wie weit sie von uns entfernt sind, dank des Dispersionseffekts die großräumige Anordnung des intergalaktischen Plasmas studieren! Diesen Stoff, der einen Großteil aller Baryonen (Protonen und Neutronen) enthält, kennt man bisher kaum. Die dazugehörigen freien Elektronen<sup>4</sup> aber können sich nicht verstecken! Sie bewirken die Laufzeitverzögerung. Wir erinnern uns: Je niedriger die Beobachtungsfrequenz, desto langsamer die elektromagnetischen Wellen, desto später ihr Eintreffen. Das Dispersionsmaß hängt allein von der Säulendichte<sup>5</sup> der Elektronen zwischen Sender und Empfänger ab.

Wen erstaunte es nicht, dass das Universum nur zu fünf Prozent aus „normaler“ (baryonischer) Materie besteht! (Den Rest teilen sich Dunkle Materie, 27%, und Dunkle Energie, 68%.) Weniger bekannt dürfte sein, dass wir selbst von den 5% nur etwa die Hälfte mitbekommen, und zwar in Gestalt

---

<sup>4</sup>Der Beitrag der ebenfalls elektrisch geladenen Protonen zur Brechkraft des interstellaren/intergalaktischen Mediums ist vernachlässigbar.

<sup>5</sup>mittlere Dichte  $\times$  Entfernung

von Sternen, Gas und Staub in den Galaxien sowie als heißes (intracluster) Gas zwischen den Galaxien eines Haufens. Der Rest verbirgt sich in einem intergalaktischen Netzwerk aus lauwarmen Gas, das wir nur aus Computersimulationen zur großräumigen Strukturbildung kennen. Wir sehen bisher sozusagen nur die „Knoten“ dieses Netzwerkes, nicht die „Fäden“. Diese unauffällige baryonische Materie großräumig zu kartieren helfen die FRB<sup>6</sup>, und dies sogar, wenn sie uns selbst mysteriös bleiben sollten.

## Zu guter Letzt: ein galaktischer FRB

Bisher kamen alle FRB aus den Tiefen des extragalaktischen Raums. Am 28. April dieses Jahres aber wurde das bereits erwähnte kanadische Radioteleskop eines besonders hellen Ereignisses<sup>7</sup> ansichtig – leider nur am Rande seines Gesichtsfeldes. Es handelt sich höchstwahrscheinlich um den ersten *galaktischen* FRB! Als Quelle wurde SGR 1935+2154 identifiziert, ein hypermagnetischer Neutronenstern („Magnetar“). Das Überbleibsel einer weit entfernten Supernovaexplosion im Sternbild Vulpecula (Füchsen), befand sich zum Zeitpunkt des FRB 200428 in einer Aktivitätsphase. Einer seiner Röntgenausbrüche ereignete sich just 8,5 Sekunden *vor* dem FRB-200428-Ereignis. Obwohl noch nie zuvor ein elektromagnetischer Impuls dieser Stärke aus der Galaxis gemessen wurde, kann sich FRB 200428 immer noch nicht mit extragalaktischen FRB messen. Aber was besagt das schon? Aus der Ferne gewahrt man von einer Population immer nur deren auffälligste Vertreter. Erst in der Nähe hat auch Mittelmäßiges eine gute Chance, beachtet zu werden.

Charakteristisch für SRG sind sporadische Ausbrüche im weichen  $\gamma$ - bzw. harten Röntgen-Bereich. Das Kürzel „SGR“ steht für *soft gamma repeater*. Dass die extragalaktischen FRB bisher nicht von hochenergetischen Ausbrüchen flankiert wurden, dürfte an der, verglichen mit Radioteleskopen, geringeren Empfindlichkeit der Teleskope der Hochenergie-Astrophysik liegen. Gut möglich, dass ein FRB lediglich eine Begleiterscheinung ist, „gepowert“ von einem  $\gamma$ -Ausbruch.

---

<sup>6</sup>Man rechnet mit tausenden FRB pro Tag und über den Himmel verteilt. Sie bleiben meistens, wegen des begrenzten Gesichtsfeldes von Radioteleskopen, unbemerkt.

<sup>7</sup>Es wurden zwei Radioausbrüche im Abstand von 0,03 Sekunden registriert.