

Liebe Leserin, lieber Leser,

die Aufregung war groß vor einem Vierteljahrhundert, als am 23. Februar 1987 unweit des heimatlichen Milchstraßensystems in der Großen Magellanschen Wolke, am Rande eines Sternentstehungsgebietes (Quelle: AAO), eine Supernova aufflammte. Es war die erste mit bloßem Auge sichtbare Sternexplosion seit 1604, seit Keplers „neuem Stern“ am Fuße des Schlangenträgers. Der Lichtausbruch war das Eine. Wie wir noch hören werden, war er bloß Beiwerk. Wesentlicher, weil das Wesen der Angelegenheit betreffend, waren die zwei Dutzend Neutrinos, die Stunden *vor* dem Aufleuchten in drei unterirdischen Neutrinolaboratorien die Detektoren ansprechen ließen. Nach wenigen Sekunden war der Spuk vorbei. Der Neutrinoblitz kündete vom Eigentlichen, dem plötzlichen Zusammenbruch des Kerns von Sanduleak -69 202, so die Katalogbezeichnung des Unglückssterns, zu einem Neutronenstern. Das geschah genaugenommen $167\,500 \pm 4000$ Jahre vor jenem 23. Februar. Selbst Licht und lichtschnelle Neutrinos brauchen eine Weile, den Abgrund zwischen uns und der Großen Magellanschen Wolke zu überwinden.

Vor einem halben Jahrhundert, am 20. Februar 1962, umkreiste John Glenn, der Gagarin des Westens, dreimal die Erde. 36 Jahre später war er wieder im Orbit. Die NASA wollte wissen, wie sich Schwerelosigkeit im Alter auswirkt. Vor 65 Jahren, am 12. Februar 1947, kam es im „Fernen Osten“, zwischen Wladiwostok und Chabarowsk, zu einem Zwischenfall. Ein 100-Tonnen-Eisenmeteorit ging am helllichten Tage unter lautem Getöse über dem Sikhotealin-Gebirge nieder.

Wer am 24. Februar Geburtstag hat, hätte diesen im alten Rom gleich zweimal begehen können. Aller vier Jahre wurde zwischen dem 23. und dem 24. Februar ein weiterer 24. Februar eingeschoben.

Jetzt merkt man es schon: Es bleibt länger hell!

Ihr Hans-Erich Fröhlich

Der Himmel im Februar

Am 3. Februar zieht der Mond vorm Krebsnebel (M1) vorbei. Beginn der Bedeckung: 19 Uhr 15 MEZ. Der Krebsnebel im Sternbild Stier war der erste Nebel, der als Supernovaüberrest identifiziert wurde. Walter Baade, dem 1938 spektroskopisch die ungewöhnliche schnelle Expansion des Nebelchens aufgefallen war, hatte M1 mit der Supernova von 1054 in Verbindung gebracht gehabt.

Am 9. Februar geben sich Venus und Uranus am Abendhimmel ein Stelldichein. Sie kommen sich auf weniger als ein halbes Grad nahe.

Gegen Ende des Monats steht Merkur östlich der Sonne. Wegen der steil aufragenden Ekliptik kommt es zu einer guten Abendsichtbarkeit dieses flinken Wandelsterns.

Venus glänzt als Abendstern, Mars und Saturn verbessern ihre Sichtbarkeit. Mars geht Anfang März in Opposition, Saturn Mitte April. Jupiter verschwindet Ende des Monats bereits vor Mitternacht von der Bildfläche.

Supernova 1987 A

Im Januar-Newsletter war im Zusammenhang mit der „dunklen Energie“ von Ia-Supernovae die Rede. Mit deren Hilfe lotet man den kosmischen Raum aus. Sie sind hell genug, dass man sie in jedem noch so fernen Winkel des Universums entdecken kann, und ihre maximale Leuchtkraft variiert bemerkenswert wenig. Ihre scheinbare Helligkeit ist somit ein Maß für ihre Entfernung, was man von den Sternen so nicht sagen kann. Je schwächer, desto weiter weg. Sie dienen dem Astronomen quasi als „Standardkerzen“ zur genauen photometrischen Entfernungsbestimmung über kosmologische Distanzen hinweg.

Doch Supernova ist nicht gleich Supernova. Die vom Ia-Typ sind thermonuklear explodierende weiße Zwerge, die aus irgendeinem Grund ihre von der Quantenphysik diktierte Maximalmasse überschritten haben. Kann es etwas noch Gewaltigeres geben als die thermonukleare Detonation von 1,4 Sonnenmassen Kohlenstoff und Sauerstoff? Ja! Der Schwerkraftkollaps eines ausgebrannten Sternenkerns aus Eisen zu einem Neutronenstern ist noch effizienter, geht es darum, (Ruhe-)Masse m gemäß Einsteins berühmter Formel $E = m \cdot c^2$ in Energie E zu überführen (c = Lichtgeschwindigkeit). Darauf wiesen 1934 die Astronomen Walter Baade und Fritz Zwicky hin.

Eine Kern-Kollaps-Supernova setzt den Schlusspunkt im Leben eines masse-reichen Sterns, nachdem alle Möglichkeiten, irgendwie an Kernenergie heranzukommen, ausgeschöpft sind. In seinem Innern hat sich durch diverse Kernfusionsreaktionen bereits ein Kern aus Eisen gebildet. Eisen aber hat unter allen Elementen den kompakteste Atomkern im Periodensystem. Weder durch Fusion noch durch Fission (Kernspaltung) kann ihm auch nur ein Quentchen an Energie entlockt werden. Der Riesenstern steht damit vor dem energetischen Aus: Er strahlt heller als 100 000 Sonnen, kann aber den Verlust durch Abstrahlung nicht durch Anzapfen einer neuen Energiequelle decken. Das Ende ist absehbar. Das Eisen zerfällt (durch Photodissoziation), wozu Energie vonnöten ist. Die Folge: Der Kern aus Eisen kühlt aus und vermag sein Gewicht nicht mehr zu tragen. Schließlich stürzt er im Bruchteil einer Sekunde im freien Fall in sich zusammen, wobei die Elektronen (deren Entartungsdruck¹ bislang den Kollaps verhindert hat) in die Protonen gequetscht werden. Dabei entstehen Neutronen.

Erst bei Dichten, wie sie für einen Atomkern typisch sind – Milliarden Tonnen pro Kubikzentimeter –, kommt's zu einem plötzlichen Halt. Der quantenmechanische Entartungsdruck der Nukleonen kann das Schlimmste – den freien Fall zu einem schwarzen Loch – gerade noch verhindern, und es entsteht ein Neutronenstern. Die Bewegungsenergie des einstürzenden Kerns verwandelt sich schlagartig in Wärme, die allerdings in Gestalt von Neutrinos fluchtartig den Schauplatz des Geschehens verlässt. Die Neutrinos sind ein Beiprodukt des Verschmelzens der Elektronen und Protonen zu Neutronen.

Eigentlich war's das auch schon. Bei genauerer Betrachtung stellt sich heraus, dass etwa 1% der freigesetzten Neutrinos in der Hülle des Sternriesen, die vom Zusammenbrechen des Kerns bislang noch nichts mitbekommen hat, stecken bleiben und dort ihren Impuls und ihre Energie abladen. Dieses eine Prozent an eingespeister Energie reicht allerdings aus, die gesamte Hülle abzusprengen. Das ist es, was der Außenstehende zu Gesicht bekommt – das Abwerfen der Hülle. Die Geschwindigkeit, mit der dies geschieht ist beachtlich: immerhin einige Prozent der Lichtgeschwindigkeit.

Klingt irgendwie widersinnig: Implosion des Kerns macht Hülle explodieren!

¹Der Entartungsdruck ist ein quantenmechanischer Effekt, eine Folge der Heisenbergschen Unschärferelation: Je enger der Spielraum eines Elektrons oder Nukleons, desto entschiedener das Anrennen gegen die Käfigwände. Das erzeugt einen Druck selbst am absoluten Nullpunkt der Temperatur.

Die Supernova 1987 A war die erste und bislang einzige Kern-Kollaps-Supernova, wo man *beides* gesehen hat: erst die Kühlneutrinos, und, Stunden später, das gewaltige Aufblähen der Hülle, weil sich der Neutrinoblitz ein wenig in dieser Hülle verfangen hat.

SN 1987 A hat die Vorstellungen der Physiker vom Kern-Kollaps-Supernovamechanismus glänzend bestätigt – aber auch für Überraschungen gesorgt.

Bei dem Vorgängerstern handelte es sich um einen blauen Überriesen. Die letzten Beobachtungen zeigten den Stern wenige Stunden vor seinem Ende. So ein blauer Überriese ist kleiner als ein Roter Riese, was erklärt, warum diese Supernova untypisch in ihrem Verlauf war. Der Helligkeitsanstieg war rasant, fiel aber insgesamt recht moderat aus, dafür flogen die Überreste des Sterns schneller auseinander als bei einem explodierenden Roten Riesen. Das spricht für eine höhere Energieeffizienz.

Rätselhaft auch die Abweichung von der Kugelsymmetrie. Aufnahmen mit dem Hubble-Raumteleskop, welche die Ausweitung des Supernovaüberrestes als auch der 10-fach schnelleren Lichtkugel (vom UV-Lichtblitz) im interstellaren Raum dokumentieren, lassen eine stundenglasförmige Struktur erkennen, die von einem alten bipolaren Sternenwind herrühren mag. Das deutet auf eine ausgezeichnete Richtung hin, auf Rotation. Möglich, dass der Vorgängerstern schnell rotierte oder einen Begleiter hatte, mit dem er eventuell sogar vor nicht allzu langer Zeit, von einigen Jahrtausenden ist die Rede, verschmolzen ist.

Das größte Rätsel: Bisher wurde kein Hinweis auf einen Neutronenstern, auf einen Pulsar, gefunden, noch nicht einmal indirekt. (Indirekt hieße, dass ein Pulsar, wie im Falle des Krebsnebels M 1 den Supernovaüberrest lange über die natürliche Abklingzeit² hinaus mit Energie versorgt und so am Leuchten und Expandieren erhält.) Ein Neutronenstern aber muss sein, sonst hätte es den Neutrinoblitz nicht gegeben. Dass bisher kein kompakter Überrest gesehen wurde, muss nichts besagen. Vielleicht ist ein schnell rotierender Pulsar ja vorhanden, sein Strahl weist bloß nie in unsere Richtung. Es kann aber auch heißen, dass der Neutronenstern, nachdem er sich binnen Minuten hinreichend stark abgekühlt hatte, weiter in sich zusammengesackt ist und im Bodenlosen auf Nimmerwiedersehen verschwunden ist – in einem schwarzen Loch.

²Das Leuchten kündigt vom radioaktiven Zerfall von 25000 Erdmassen an radioaktiven Kobalt.