

Liebe Leserin, lieber Leser,

vor 200 Jahren, am 18. März 1822, erblickte eine Gleichung das Licht der Welt. Es ist jene Differentialgleichung der Physik, dank derer die stoffliche Welt so aufregend launenhaft ist. Die *N a v i e r - S t o k e s - G l e i c h u n g* beschreibt das Strömen von Gasen und Flüssigkeiten unter der Wirkung von Kräften, Reibung eingeschlossen, was wichtig ist, weil diese den Charakter der Gleichung bestimmt. Sie ersetzt in der Hydrodynamik Newtons zweites Gesetz – Kraft = Masse \times Beschleunigung – und beherrscht u. a. Wetter- und Klimageschehen. (Leider verhindert ihre Störrischkeit eine langfristige Wettervorhersage!)

Hätte der „Alte Fritz“ (1712–1786) bzw. sein oberster Akademiker, der Mathematiker Leonhard Euler (1707–1783), sie gekannt (und lösen können), wäre der Preußenherrscher wohl weniger knausrig¹ gewesen, und seine Fontänen von Sanssouci hätten das königliche Herz länger als wenige Minuten nur erfreut.

Dass Schulphysik als trocken empfunden wird, hat u. a. damit zu tun, dass die Navier-Stokes-Gleichung (zu Recht) kein Schulstoff ist. Die Eulerschen Gleichungen (1757) für ideale Flüssigkeiten, sie sind ein Produkt der Berliner Jahre des genialen Schweizers, beschreiben „nur“ das Strömen „trockenen“ Wassers, wie der ungarische Mathematiker John von Neumann (1903–1957) einst süffisant bemerkte. Richtiges Wasser verhält sich, strömt es hinreichend schnell, ganz anders. Was „hinreichend“ genau bedeutet, legt eine Kennzahl fest, die dimensionslose Reynolds'sche Zahl, deren kritische Werte man im Strömungslabor zwar messen kann, die aber mittels der Navier-Stokes-Gleichung auszurechnen bisher niemand in der Lage war. Und die Million-Dollar-Frage, ob die Navier-Stokes-Gleichung in jedem Falle im Dreidimensionalen eine stetige Lösung habe, sie harrt immer noch einer Antwort.

Bevor sich der französische Bauingenieur und Hängebrückenkonstrukteur Claude Louis Marie Henri Navier (1785–1836) und der irische Mathematiker und Physiker George Gabriel Stokes (1819–1903) des Strömungsproblems zäher Gase und Flüssigkeiten annahmen, hatte lange zuvor schon Leonardo da Vinci (1452–1519) die Turbulenz von Sturzbächen in seinen „Sintflut-Blättern“ (um 1512) künstlerisch vollendet bewältigt gehabt.

¹Die billigen hölzernen Rohrleitungen an Potsdams Ruinenberg hatten den Druckschwankungen durch die Pumpenstöße nicht standgehalten.

Man beklagt, eine Verständigung zwischen den Menschen scheitere, ungeachtet der Vielzahl elektronischer Kommunikationsmöglichkeiten, zu oft an sog. „Echokammern“, Meinungsblasen², aus denen ein Entrinnen schier unmöglich sei. Auch der astronomische Blick aufs Universum ist Ansichtssache. Wir können uns unsere Heimat im All nicht aussuchen! Zwar haben wir den Geozentrismus überwunden und uns darin ergeben, dass die Sonne und die ihren, die Planeten, ein Provinzlerdasein in der Galaxis führen, nahezu 27 000 Lj vom Zentrum entfernt, doch ist dieser unser Aufenthaltsort in der Galaxis eigentlich typisch? Zweifel sind angebracht, sind wir doch in einer „Lokalen Blase“ beträchtlichen Ausmaßes gefangen. Dem sollten man einmal nachgehen, meint

Hans-Erich Fröhlich

Der Himmel im März

Venus ist Morgenstern. Just zum Frühlingsanfang geht sie auf maximale Distanz zur Sonne. Sie steht dann für einen Moment $46\frac{1}{2}$ Grad westlich von ihr. Tags drauf ist Halbvenus. Da sie sich von uns entfernt, wird sie zwar immer kleiner, aber dafür voller. Um die Monatsmitte begegnen Venus und Mars einander. Sie kommen einander auf vier Grad nahe.

Jupiter zieht am 5. März südlich an der Sonne vorbei. Saturn hat seine Konjunktion bereits hinter sich und taucht am Monatsende am Morgenhimmel im SO auf. Am 29. März kommt es zu einem Stelldichein mit der Venus. Diese wandert in zwei Grad Abstand nördlich an jenem vorbei.

Der Frühlingsanfang fällt auf den 20. März. Gegen 16 Uhr 33 MEZ betritt die Sonne das Tierkreiszeichen des Widlers. Das ganze findet, präzessionsbedingt, im Sternbild der Fische statt. Am darauffolgenden Sonntag wird wieder auf die MESZ umgestellt.

Mit Aschermittwoch (2. März) beginnt für Christen die sog. Quadragesimalzeit, das 40-tägige Fasten. Tatsächlich sind es bis zur heiligen Osternacht 40 Tage – sofern man die Sonntage nicht mitzählt. Dass gerade die „40“ eine Rolle spielt, verwundert nicht. Sie begegnet einem schon im Alten Testament auf Schritt und Tritt. Vielleicht hatte ja jener Kulturkreis damit lediglich „eine große Zahl“ gemeint gehabt, vergleichbar unserem „zig“.

²Die Wissenschaft ist nicht frei davon. Grenzgänger zwischen den akademischen „Zirkeln“ sind selten. Früher sprach man vornehm von unterschiedlichen „Schulen“.

Die Lokale Blase

Auffälligstes Merkmal der großräumigen Sternverteilung ist das den Himmel umspannende Band der Milchstraße. Wir befinden uns offenbar nahe der Mittelebene unseres Spiralnebels. Schaut man nur auf die scheinbar hellsten Sterne frühen Spektraltyps, die O- und B-Sterne, so bilden auch diese einen den Nachthimmel umspannenden Gürtel, wobei dessen Großkreis maximaler Konzentration etwa 16 Grad gegen die Milchstraßenebene geneigt ist. Ähnlich „schräg“ angeordnet sind auch andere, weniger auffällige junge Objekte, wie T-Tauri-Sterne, offene Sternhaufen sowie die interstellare Materie. Nach dem US-Amerikaner Benjamin Apthorp Gould (1824–1896), der diesem Phänomen als Direktor der Sternwarte in Córdoba³ (Argentinien) nachging und darüber 1874 publizierte, wird diese lokale „Extra-Milchstraße“ auch als Gould’scher Gürtel bezeichnet. Es handelt sich offenbar um eine Irregularität der galaktischen Scheibe und ist eine Spezialität unserer galaktischen Nachbarschaft. Sie verschwindet, geht man zu schwachen und mithin weit entfernten O- und B-Sterne über. Schaut man auf die Bewegungen der Objekte des Gould’schen Gürtels, fällt auf, dass dieser als Ganzes expandiert. Die „Gürtel“-Sterne und die interstellare Materie bewegen sich in der Mehrzahl von uns mit etwa 7 km/s hinweg.

Für den optischen Astronomen unsichtbar sind die sog. Molekülwolken. Es handelt sich dabei um vergleichsweise dichte und staubreiche Ansammlungen molekularen Wasserstoffs (H_2), die im Radiowellenbereich⁴ sichtbar sind. Alle Molekülwolken, die näher als 600 Lj von uns entfernt sind, bilden die Berandung einer gigantischen Blase, angefüllt mit heißem Gas. Die Gasdichte ist nur ein Zehntel des anderswo Üblichen. Da Molekülwolken Orte der Sternentstehung sind, muss nicht wundern, dass sich auch prominente Sternentstehungsgebiete mit ihren leuchtstarken O- und B-Sternen auf der Oberfläche dieser **lokalen Gasblase** (Animation: C. Zucker et al., Nature, 2022) tummeln. Um eine Höhle dieses Ausmaßes, immerhin über 1000 Lichtjahre im Durchmesser, in die interstellare Gas-Staub-Schicht in der galaktischen Ebene zu hauen und die schätzungsweise 1 1/2 Millionen Sonnenmassen schwere Berandung wegzuschieben bedarf es Dutzender Supernova-Explosionen.

Bei diesen Typ-II-Supernovae handelt es sich um massereiche Sterne, deren

³Die Sternwarte in Córdoba dehnte die sog. „Bonner Durchmusterung“ des Sternenhimmels auf den Südhimmel aus.

⁴Statt H_2 wird meistens das Spurengas Kohlenmonoxid (CO) bei 2,6 mm Wellenlänge beobachtet. Das symmetrisch aufgebaute H_2 sendet nicht im Radiofrequenzbereich.

Kerngebiet wegen Energiemangel bereits nach wenigen Millionen Jahren zu einem Neutronenstern oder schwarzem Loch kollabiert. Die Außenpartien eines solchen Unglückssterns werden dabei abgesprengt. Die kinetische Energie der Supernovahülle, die mit Tausenden Kilometern pro Sekunde durch den Raum rast, wird auf das interstellare Gas übertragen. Daher die hohe Temperatur des Gases in der Blase und deren Expansion. Mit uns hat das nichts zu tun. Unser altes Sonnensystem ist rein zufällig vor etwa fünf Millionen Jahren in diese Superblase – das Ergebnis einer „konzertierten Aktion“ – **hineinmarschiert** (Quelle: C. Zucker et al., Nature, 2022).

Eine „archäologische“ Rekonstruktion der Ereignisse der vergangenen 16 Millionen Jahre durch eine Forschergruppe, unter Berücksichtigung der Lebensalter von zwei Dutzend Sternentstehungsgebieten und deren drei-dimensionalen Bewegungen im Raum (abzüglich der Eigenbewegung der Sonne), stützt das Szenario einer durch Supernovae getriebenen Welle von Sternentstehungsvorgängen. (Eine einzige Molekülwolke, sie befindet sich im Perseus, tanzt aus der Reihe, vermutlich weil eine benachbarte kleinere Blase dort mit der Lokalen Super-Blase kollidiert.) Danach sind die ersten Typ-II-Supernovae vor etwa 14 Millionen Jahren explodiert, zwei Millionen Jahre, nachdem deren massereichen Vorgängersterne geboren waren. Seidem breitet sich Sternentstehung wie eine „ansteckende Krankheit“ aus. Man muss sich das wie folgt vorstellen: durch intensive Sternwinde und -explosionen wird benachbartes molekulares Gas, Restgas, welches bei Bildung der Supernova und der vielen masseärmeren Sterne übriggeblieben war, hinweg- und zusammengefedt. Die stoßartige Verdichtung des Baumaterials „triggert“ weitere Sterngeburten, ggf. gefolgt von Supernova-Explosionen. Wir haben das Glück, uns zufällig inmitten dieses sich ausbreitenden Aufruhrs aufzuhalten.

Die Lokale Blase hat klein und kugelförmig angefangen. Da die Schicht aus interstellarem Gas und Staub in der Mittelebene der Galaxis nur wenige 100 Lj stark ist, wird sie eventuell gänzlich durchbrochen. Das heiße Gas kann dann wie in einem Schornstein nach „oben“ bzw. nach „unten“ in den galaktischen Halo entweichen. Ob sich die Lokale Blase bereits im Geysir-Zustand befindet, ist unklar.

Eine nahe Supernova bleibt nicht ohne Einfluss das irdische Leben. Sie vermag beispielsweise die schützende Ozon-Schicht zu demolieren. Allein in den vergangenen 50 000 Jahren sollen vier Supernovae im Umkreis von 1000 Lj nachweisbar radioaktive Spuren hienieden hinterlassen haben. Doch das ist Stoff für eine Extraausgabe des Kosmos-Boten.