

## Zwicky's Raumfahrtprojekt

Der Artikel mit dem Titel „Der Mann mit den zu grossen Ideen“ in der Ausgabe vom 16. Februar 2018 der „Neuen Zürcher Zeitung“ [1] ist eine kurze Biographie des Schweizer Astrophysikers Fritz Zwicky. Darin wird erwähnt, dass Zwicky eine höchst unkonventionelle Idee zur Raumfahrt beschrieben habe.

Der Schriftsteller Friedrich Dürrenmatt muss ziemlich beeindruckt gewesen sein, als er 1959 die Bekanntschaft des Astrophysikers Fritz Zwicky machte. Der legte ihm den Plan dar, die Sonne durch die Zündung von einigen tausend Wasserstoffbomben näher ans Zentrum der Milchstrasse zu verschieben, damit es zukünftige Generationen einfacher hätten, andere Sonnensysteme zu besuchen. Wie Dürrenmatt später gegenüber dem Schweizer Fernsehen einräumte, liess er sich von Zwicky inspirieren, als er die Hauptfigur in seinem 1961 erschienenen Drama «Die Physiker» schuf. Das Stück spielt in einem Irrenhaus. Hierhin hat sich der geniale Physiker Johann Wilhelm Möbius geflüchtet, damit die von ihm entdeckte Weltformel nicht in falsche Hände gerät.

Die bisher grösste Wasserstoffbombe war die AN602, auch bekannt unter dem Namen „Zar“, die von der Sowjetunion am 31. Oktober 1961 gezündet wurde. Diese dreistufig konzipierte Bombe war auf eine Sprengkraft von 100 Mt TNT ausgelegt. Um die radioaktive Verstrahlung zu reduzieren, wurde jedoch jedoch auf den Uranmantel verzichtet. Dadurch wurde nur eine Sprengkraft von 50 bis 60 Mt erreicht.

Im Folgenden wird „einige tausend Wasserstoffbomben“ grosszügig als 10'000 Wasserstoffbomben mit je 100 Mt Sprengkraft interpretiert. Im übrigen wird angenommen, dass die freigesetzte Energie zu 100 Prozent in kinetische Energie der Sonne umgesetzt werde. Die Explosion von 1 kg TNT setzt eine Energie von 4.18 MJ frei.

Aus der Beziehung für die kinetische Energie

$$E = \frac{m v^2}{2} \quad (1)$$

ergibt sich die Geschwindigkeit, die der Sonne durch eine Explosion mit der Energie  $E$  erteilt wird:

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}}. \quad (2)$$

Für die Energie ergibt sich

$$E = 10^4 \cdot 10^2 \cdot 10^6 \cdot 10^3 \cdot 4.18 \cdot 10^6 \text{ J} = 4.18 \cdot 10^{21} \text{ J}. \quad (3)$$

Die Sonne mit der Masse  $m = 1.99 \cdot 10^{30}$  kg erhält damit die Geschwindigkeit

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 4.18 \cdot 10^{21}}{1.98 \cdot 10^{30}}} \text{ m/s} = 6.50 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}. \quad (4)$$

Selbst unter diesen maximal günstigen Voraussetzungen erreicht also die Sonne eine Geschwindigkeit von nicht mehr als 0.065 mm/s.

Zwicky hat es zwar vielleicht ein bisschen anders gemeint. In seinem Buch „Entdecken, Erfinden, Forschen im morphologischen Weltbild“ [2] will Zwicky Teilchen mit 1000 km/s auf die Sonne schießen.

„Falls wir zu den nächsten Sternen reisen wollen – Alpha Centauri ist zum Beispiel vier Lichtjahre entfernt –, können wir nicht gut Raketen benutzen. Aber eine ganz andere Möglichkeit bietet sich an: Wir bleiben auf der Erde und treten mit ihr den Marsch ins Weltall an – mit ihr allein oder aber gleich mit dem ganzen Sonnensystem! Und während der langen Fahrt lassen wir uns entweder von der Sonne oder von freigemachter Kernfusionsenergie erwärmen und beleuchten. Falls wir mit einer Geschwindigkeit von 500 km/s durch den Raum reisen, werden wir Alpha Centauri in 2500 Jahren erreichen. Dies ist im Prinzip möglich, wenn wir einmal die Kernfusionszündung meistern. In vielen Ländern der Welt wird heute versucht, durch Benutzung [von] äusserst komplizierten und energiereichen Ionenplasmas Kernfusionsreaktionen ohne Benutzung der Fissionsenergie (Kernspaltung) des Uran, wie es etwa in der H-Bombe geschieht, zu zünden. Auch falls das gelingt, ist das immer noch keine gute Methode, die Sonne oder die Erde auf die nötige Geschwindigkeit von 500 Kilometern pro Sekunde zu beschleunigen. Ich habe mich deshalb auf einen andern Weg begeben, durch den Versuch, zuerst kleine kolloide und später grössere feste Teilchen auf eine Geschwindigkeit von 1000 km/s zu bringen. Es ist hier nicht der Platz zu beschreiben, wie das geschehen soll. Ich betone nur, dass dem Unternehmen keine fundamentalen Schwierigkeiten entgegenstehen. Beim Aufschlag von Teilchen mit 1000 km/s Geschwindigkeit auf dichte Materie werden Temperaturen von hunderten von Millionen Grad erzeugt, was genügt, um eine Kernfusion zu zünden.“

Durch den Aufschlag solcher schneller Teilchen könnten lokale Gebiete auf der Sonne zur Kernfusion gebracht werden. Dies hätte zur Folge, dass Materie mit Geschwindigkeiten in der Grössenordnung von 50'000 km/s von der Sonne abgeworfen wird und diese einen derartigen Rückstoss erleidet, dass sie nach Aufopferung einiger Prozente ihrer Masse auf die gewünschte Geschwindigkeit gebracht werden kann. Infolge der Gebundenheit der Planeten im Schwerefeld der Sonne würden die Planeten – und mit ihnen auch unsere Erde – auf der Fahrt mitgeschleppt.“

Nach der Raketengrundgleichung

$$v = u \ln \frac{m_0}{m} \quad (5)$$

wird die Geschwindigkeit  $v$  erreicht, wenn das Triebwerk die Strahlgeschwindigkeit  $u$  liefert und die Rakete die Startmasse  $m_0$  hat und bis zur Restmasse  $m$  abgebrannt wird.  $\Delta m = m_0 - m$  ist dann die ausgestossene Treibstoffmasse.

Wird 1 % der Sonnenmasse weggeschleudert, ist  $\Delta m = 0.01 m$  und  $m = 0.99 m_0$  und damit  $\ln(m_0/m) = 1.005 \cdot 10^{-2}$ .

Somit könnte mit einer Strahlgeschwindigkeit von 50'000 km/s tatsächlich eine Geschwindigkeit von 500 km/s erreicht werden, wenn 1 % der Sonnenmasse weggeschleudert würden.

Nur – wie lange würde das dauern?

Die kinetische Energie eines Massenelements  $dm$  der Geschwindigkeit  $v$  ist

$$dE = \frac{dm v^2}{2}. \quad (6)$$

Wenn das Triebwerk pro Zeiteinheit den Massenstrom  $dm/dt$  auswirft, ist dazu die Leistung

$$P = \frac{dE}{dt} = \frac{dm v^2}{dt} \quad (7)$$

erforderlich. Mit der Leistung  $P$  kann somit der Massenstrom

$$\frac{dm}{dt} = \frac{2P}{v^2} \quad (8)$$

ausgeworfen werden.

Wenn 10 % der gesamten von der Sonne abgestrahlten Leistung für den Betrieb des „Raketentriebwerks“ eingesetzt würden, wäre  $P = 3.85 \cdot 10^{25}$  W. Damit ergäbe sich ein Massenstrom von

$$\frac{dm}{dt} = \frac{2 \cdot 3.85 \cdot 10^{25}}{(5 \cdot 10^7)^2} \text{ kg/s} = 3.08 \cdot 10^{10} \text{ kg/s}. \quad (9)$$

Die Zeit, bis 1 % der Sonnenmasse weggeschleudert ist, ergibt sich zu

$$t = \frac{0.01 m_0}{dm/dt} = \frac{0.01 \cdot 1.99 \cdot 10^{30}}{3.08 \cdot 10^{10}} \text{ s} = 6.46 \cdot 10^{17} \text{ s} = 2.05 \cdot 10^{10} \text{ y}. \quad (10)$$

Die Zeit, die erforderlich ist, um die Sonne auf eine Geschwindigkeit von 500 km/s zu bringen, kann auch folgendermassen berechnet werden. Für den Schub eines Raketentriebwerks gilt die Beziehung

$$F = \mu u. \quad (11)$$

Dabei ist

$$\mu = \frac{dm}{dt} \quad (12)$$

der Treibstoffverbrauch pro Zeiteinheit oder mit anderen Worten die pro Zeiteinheit weggeschleuderte Masse. Mit  $\mu = 3.08 \cdot 10^{10}$  kg/s und  $u = 5 \cdot 10^4$  km/s =  $5 \cdot 10^7$  m/s ergibt sich

$$F = 1.54 \cdot 10^{18} \text{ N}. \quad (13)$$

Diese Schubkraft erteilt der Sonne die Beschleunigung

$$a = \frac{F}{m}. \quad (14)$$

Da angenommen wurde, dass die Masse der Sonne nur um 1 % abnimmt, kann sie näherungsweise als konstant betrachtet werden. Damit wird die Beschleunigung

$$a = \frac{1.54 \cdot 10^{18}}{1.99 \cdot 10^{30}} \text{ m/s}^2 = 7.74 \cdot 10^{-13} \text{ m/s}^2. \quad (15)$$

Die Zeit, die benötigt wird, bis die Geschwindigkeit  $v = 500$  km/s erreicht wird, ist

$$t = \frac{v}{a} = \frac{5 \cdot 10^5}{7.74 \cdot 10^{-13}} \text{ s} = 6.46 \cdot 10^{17} \text{ s} = 2.05 \cdot 10^{10} \text{ y}, \quad (16)$$

was mit dem Resultat von Gleichung (10) übereinstimmt.

Selbst wenn also 10 Prozent der Leistung der Sonne diesem „Raketentriebwerk“ zugeführt würde, dauerte es 20 Milliarden Jahre, bis 1 % der Sonnenmasse mit 50'000 km/s ausgestossen wären und die Geschwindigkeit von 500 km/s erreicht wäre.

Zwicky hatte wieder einmal mehr eine zu grosse Idee und es versäumt, auch ein bisschen nachzurechnen.



Eigentlich wäre das Rechnen nicht einmal notwendig. Schon ein minimales physikalisches Gefühl für Grössenordnungen führt spontan zum Verdacht, dass es mit den derzeitig zur Verfügung stehenden technischen Mitteln völlig unmöglich ist, der Sonne eine nennenswerte Beschleunigung zu erteilen. Es ist seltsam, dass jemand, der nicht davor zurückschreckte, bei jeder Gelegenheit seine Überlegenheit zu betonen, so etwas Einfaches nicht gesehen hatte.

Was wäre, wenn die Sonne ihre ganze Leistung nur in einer Richtung abstrahlen würde?

Der Impuls  $p$  einer elektromagnetischen Welle der Energie  $E$  ist gegeben durch

$$p = \frac{E}{c}. \quad (17)$$

Der pro Zeiteinheit abgestrahlte Impuls  $dp/dt$  gibt die Kraft

$$F = \frac{dp}{dt} = \frac{1}{c} \frac{dE}{dt} = \frac{1}{c} P. \quad (18)$$

Dabei ist  $P = 3.85 \cdot 10^{26}$  W die von der Sonne abgestrahlte Leistung. Es ergibt sich

$$F = \frac{1}{3.0 \cdot 10^8} \cdot 3.85 \cdot 10^{26} \text{ N} = 1.28 \cdot 10^{18} \text{ N}, \quad (19)$$

also eine Kraft, die nahezu gleich der in Gleichung (13) berechneten Kraft ist. Die dadurch bewirkte Beschleunigung ist

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1.28 \cdot 10^{18}}{1.99 \cdot 10^{30}} \text{ m/s}^2 = 6.45 \cdot 10^{-13} \text{ m/s}^2. \quad (20)$$

Bis die Sonne eine Geschwindigkeit von 500 km/s erreicht hätte, würde es 24.6 Milliarden Jahre dauern.

Eine wesentlich grössere Beschleunigung könnte nur erreicht werden, wenn die gesamte von der Sonne abgestrahlte Leistung  $P$  direkt mit 100 % Wirkungsgrad in kinetische Energie der Sonne umgesetzt werden könnte. Einer Geschwindigkeit von 500 km/s entspricht eine kinetische Energie von

$$E = \frac{m v^2}{2} = \frac{1.99 \cdot 10^{30} \cdot (5 \cdot 10^5)^2}{2} \text{ J} = 2.49 \cdot 10^{41} \text{ J}. \quad (21)$$

Bis die Sonne diese kinetische Energie und damit die Geschwindigkeit 500 km/s erreicht hätte, würde es

$$t = \frac{E}{P} = \frac{2.49 \cdot 10^{41}}{3.85 \cdot 10^{26}} \text{ s} = 6.46 \cdot 10^{14} \text{ s} \quad (22)$$

dauern, also immer noch 20.5 Millionen Jahre.

Die Sonne ist offensichtlich als Raumschiff nicht sehr geeignet.

### Literaturverzeichnis

- [1] „Neue Zürcher Zeitung“, 16. Februar 2018, Seite 57.
- [2] Fritz Zwicky: „Entdecken, Erfinden, Forschen im morphologischen Weltbild“  
Droemer Knauer, München/Zürich 1966.

25. Februar 2018

A. Ruh



HAUPTSACHE, GESUND

## Absurde neue Welt

Von Nicola von Lutterotti

Der Datenhunger der grossen IT-Unternehmen kennt keine Grenzen. Haben sich Amazon, Google und Co. anfangs vornehmlich unsere persönlichen Vorlieben einverleibt, machen sie sich längst auch über unsere elektronischen Gesundheitsdaten her. Erst kürzlich hat ein Team von Google in Kooperation mit Wissenschaftlern namhafter amerikanischer Universitäten ein Machine-Learning-Tool vorgestellt, das angeblich vorhersagen kann, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Patient das Spital lebend verlässt.

Glaut man den Ausführungen der Autoren, besitzt der von ihnen entwickelte Algorithmus eine höhere Aussagekraft als die herkömmlichen Berechnungsmodelle. Genährt wird ihr Enthusiasmus unter anderem von der Fülle an Informationen, die sie ihren Computern füttern konnten: knapp 47 Milliarden Daten von mehr als 216 000 Patienten. Wenn also Frau Müller oder Herr Meier in Zukunft die Notaufnahme eines Spitals aufsuchen, weiss der Arzt – so es ihn noch in Fleisch und Blut gibt – nach einem kurzen Faktencheck, ob sich eine Behandlung überhaupt noch lohnt. Erhält er vom Computer ein «Daumen runter», weiss er, dass er Frau Meier getrost ihrem Schicksal überlassen und sich anderen, weniger hoffnungslosen Fällen widmen kann. Absurde neue Welt?

Was für viele noch wie Science-Fiction klingt, könnte irgendwann Realität werden. Bis dahin ist es allerdings noch ein weiter Weg. Denn die Rechenkünste der intelligenten Maschinen sind nur so gut wie die Daten, mit denen man sie speist. Die elektronischen Gesundheitsdaten weisen aber erhebliche Qualitätsmängel auf. Denn sie sind uneinheitlich, oft unpräzise und mitunter sogar falsch. Hier die Spreu vom Weizen zu trennen, treibt selbst den intelligentesten Superhirnen den elektronischen Schweiß auf die Metallstirn.

Aufgrund der Komplexität der Daten sind die Aussagen der smarten Maschinen zudem ähnlich sibyllisch wie jene der Meteorologen. Entsprechend der Wetter-App klingt das dann etwa so: Frau Meier wird mit einer Wahrscheinlichkeit von 87,6 Prozent den Folgen ihrer Infektion erliegen. Aufgabe des Arztes ist es dann, aus den Zahlen und Kommatellen die richtigen Schlüsse zu ziehen. Sicherlich, da Ärzte die Überlebenseinsichten ihrer Patienten oft hoffnungslos überschätzen – in manchen Studien lagen sie um das Fünffache darüber –, könnte ein maschinelles Korrektiv in der Klinik für etwas mehr Realität sorgen. Nicht ausschliessen lässt sich andererseits, dass die Patienten ohne die positive Einstellung ihrer Ärzte noch früher versterben würden.

Angesichts der Begeisterung für die neuen Technologien gerät ausserdem leicht in Vergessenheit, dass die digitale Medizin auch Risiken birgt. Die Patientenversorgung besteht schliesslich nicht nur aus nüchternen Kalkulationen, sondern auch aus Empathie, Motivation und Fürsorge. Bevor die intelligenten Maschinen daher Einzug in die Krankenzimmer halten, muss erst sichergestellt sein, dass sie die Medizin tatsächlich voranbringen. Bis jetzt ist dies alles andere als klar. Zwar werden die Computer zunehmend leistungsfähiger und können selbst gigantische Datenmengen verarbeiten. Big Data und künstliche Intelligenz allein sind aber noch keine Erfolgsgarantie. Ihr Nutzen muss vielmehr erst eingehend überprüft werden – so wie dies auch bei anderen Innovationen gefordert wird.

# Der Mann mit den zu grossen Ideen

Der Schweizer Fritz Zwicky hat in der Astrophysik Bahnbrechendes geleistet. Manche seiner Ideen beginnt man erst heute richtig zu schätzen. VON CHRISTIAN SPEICHER

Der Schriftsteller Friedrich Dürrenmatt muss ziemlich beeindruckt gewesen sein, als er 1959 die Bekanntschaft des Astrophysikers Fritz Zwicky machte. Der legte ihm den Plan dar, die Sonne durch die Zündung von einigen tausend Wasserstoffbomben näher ans Zentrum der Milchstrasse zu verschieben, damit es zukünftige Generationen einfacher hätten, andere Sonnensysteme zu besuchen. Wie Dürrenmatt später gegenüber dem Schweizer Fernsehen einräumte, liess er sich von Zwicky inspirieren, als er die Hauptfigur in seinem 1961 erschienenen Drama «Die Physiker» schuf. Das Stück spielt in einem Irrenhaus. Hierhin hat sich der geniale Physiker Johann Wilhelm Möbius geflüchtet, damit die von ihm entdeckte Weltformel nicht in falsche Hände gerät.

Zwar hat Zwicky in seiner langen Forscherkarriere keine Entdeckungen gemacht, mit denen sich die Welt aus den Angeln heben liesse. Und auch die Bemerkung mit den Wasserstoffbomben dürfte eher dem Zweck gedient haben, den Schriftsteller ein wenig zu provozieren. In Fachkreisen ist aber schon lange unbestritten, dass Zwicky zu den originellsten und vielseitigsten Astrophysikern des 20. Jahrhunderts gehört. Dass inzwischen auch eine breitere Öffentlichkeit Notiz von ihm nimmt, ist nicht zuletzt der 1972 gegründeten Zwicky-Stiftung zu verdanken. Sie hat es sich zur Aufgabe gemacht, das Andenken an das «Glärner Universalgenie» wachzuhalten. Aus Anlass seines 120. Geburtstags ist diese Woche im Ortsmuseum Mollis eine kleine, aber sehenswerte Ausstellung eröffnet worden, die die wichtigsten Stationen in Zwickys Leben Revue passieren lässt und seine bahnbrechenden wissenschaftlichen Beiträge würdigt.

### Ein Musterschüler

Zwicky wurde am 14. Februar 1898 in Varna in Bulgarien geboren, wo sein Vater als Kaufmann tätig war. Doch der Sohn wohnte nicht lange bei seinen Eltern. Im Alter von sechs Jahren wurde Zwicky zu seinen Grosseltern nach Glarus geschickt, weil man sich in der Schweiz eine bessere Schulbildung versprach. Mit der Schule tat sich Zwicky leicht. Er habe immer die besten Noten gehabt, ohne sich im Geringsten anstrengen zu müssen, schreibt er später in seinen Erinnerungen.

Besonders die Fächer Mathematik und Physik hatten es Zwicky angetan. Nach dem Abschluss der Schule schrieb er sich zum Studium an der ETH Zürich ein, wo er vier Jahre später das Diplom als Fachlehrer in mathematisch-physikalischer Richtung erhielt. Danach nahm Zwicky eine Stelle als Assistent am Physikalischen Institut der ETH Zürich an. Es folgten Jahre, die ihn wissenschaftlich prägen.

Vermutlich hätte Zwicky früher oder später eine feste Anstellung an einer Schweizer Hochschule gefunden. Und vermutlich hätte er auch hier Karriere

**Friedrich Dürrenmatt liess sich von Fritz Zwicky inspirieren, als er die Hauptfigur in seinem Drama «Die Physiker» schuf.**



Der Astrophysiker Fritz Zwicky am 24-Zoll-Teleskop auf dem Mount Palomar.

FRITZ-ZWICKY-STIFTUNG

gemacht. Doch das Schicksal hatte anderes mit ihm vor. Im Jahr 1925 erhielt er ein Angebot der Rockefeller Foundation für ein Stipendium in den USA. Als man ihn fragte, ob er irgendwelche Präferenzen habe, antwortete der passionierte Bergsteiger: «Wo es Berge gibt.» Und so fiel die Wahl auf das California Institute of Technology (Caltech), in dessen Nähe sich der Mount Wilson befand – ein Berg, den Zwicky abschätzig als Vorgebirge titulierte, als er ihn zum ersten Mal zu Gesicht bekam.

Die Berge in der Nähe des Caltech konnten zwar nicht mit den geliebten Glarner Alpen mithalten. Dafür war Zwicky aber in einem Mekka der Astronomie gelandet. Am Observatorium auf dem Mount Wilson legte der Astronom Edwin Hubble gerade den Grundstein zu einem neuen Weltbild. Durch Messungen der sogenannten Rotverschiebung konnte er zeigen, dass sich Galaxien umso schneller voneinander entfernen, je grösser der Abstand zwischen ihnen ist. Der belgische Priester Georges Lemaître zog daraus als Erster den Schluss, dass unser Universum nicht statisch sein kann, sondern sich ausdehnen muss.

Zwicky führte am Caltech zunächst seine theoretischen Studien über Festkörper fort und erntete dafür viel Lob. Doch die grossen Umwälzungen, die sich in der Astrophysik abspielten, interessierten ihn zunehmend. Im Jahr 1929 veröffentlichte er eine Arbeit, in der er nach alternativen Erklärungen für die von Hubble beobachtete Rotverschiebung der Galaxien suchte. Unter anderem brachte er die Möglichkeit ins Spiel, dass das Galaxienlicht auf seinem langen Weg zur Erde «ermüdet» und deshalb zu roten Wellenlängen hin verschoben ist. In einer Zeit, in der sich das Modell des expandierenden Universums langsam durchzusetzen begann, ergriff Zwicky damit Partei für das statische Weltmodell.

### Vater der dunklen Materie

Auch mit seiner zweiten astronomischen Arbeit, die 1933 in den «Helvetica Physica Acta» erschien, eckte Zwicky an – diesmal allerdings, weil er seiner Zeit um Jahrzehnte voraus war. Zwicky wies darauf hin, dass der sogenannte Komagalaxienhaufen längst nicht genug leuchtende Materie besitzt, um den Haufen zusammenzuhalten. Daraus schloss er, «dass dunkle Materie in sehr viel grösserer Dichte vorhanden ist als die

**Nicht wenige seiner Zeitgenossen hat er vor den Kopf gestossen – mit Vorliebe solche mit grossem Namen.**

leuchtende Materie». Für diese weitsichtige Erkenntnis wird Zwicky heute verehrt. Damals jedoch wurde sie weitgehend ignoriert. Erst in den 1980er Jahren, also Jahre nach Zwickys Tod, häuften sich die Hinweise, dass es nicht nur in den Galaxienhaufen, sondern auch in den Galaxien selbst ein Defizit an leuchtender Materie gibt. Woraus die dunkle Materie allerdings besteht, ist bis heute eines der grössten Rätsel der Astrophysik.

Ein Thema, das Zwicky bis an sein Lebensende fesseln sollte, waren die seltenen Helligkeitsausbrüche (Novae) in fernen Galaxien. Zwicky und der deutsche Astronom Walter Baade erkannten, dass diese sehr viel heller leuchten müssen als die gewöhnlichen Novae in der Milchstrasse, und nannten sie deshalb Supernovae. Im Jahr 1933 postulierten die beiden, dass die Helligkeit freigesetzt wird, wenn das Innere eines gewöhnlichen Sterns zu einem sogenannten Neutronenstern kollabiert. Das klang zum damaligen Zeitpunkt reichlich spekulativ. Aber die historische Entwicklung sollte den beiden recht geben: 1967 entdeckte die Astronomin Jocelyn Bell den ersten Neutronenstern.

Zwicky war überzeugt, dass die Supernovae die Quelle der kosmischen Teilchenstrahlen sind, die unablässig die Erde bombardieren. Dafür fehlten ihm jedoch handfeste Beweise. Da sich Zwicky ungern auf die Resultate anderer verliess, beschloss er, die Sache selbst in die Hand zu nehmen. Mit dem neuen 18-Zoll-Teleskop auf dem Mount Palo-

mar machte er sich ab 1936 auf die Suche nach extragalaktischen Supernovae. Dabei bewies er eine unglaubliche Hartnäckigkeit. Bis an sein Lebensende entdeckte er 129 dieser Objekte.

Das waren bahnbrechende Leistungen. Und dennoch blieb Zwicky zu Lebzeiten die ganz grosse Anerkennung ver sagt. Die Gründe dafür sind (auch) persönlicher Natur. In einer lesenswerten Biografie von Alfred Stöckli und Roland Müller wird Zwicky als Genie mit Ecken und Kanten beschrieben. Das ist eine höfliche Umschreibung dafür, dass Zwicky mitunter schwierig im Umgang war. Nicht wenige seiner Zeitgenossen hat er vor den Kopf gestossen – mit Vorliebe solche mit grossem Namen. So sind seine Einwände gegen das Modell des expandierenden Universums teilweise darauf zurückzuführen, dass er Hubble diese Entdeckung missgönnte. Missgunst war auch im Spiel, als er seinem Förderer am Caltech, dem Nobelpreisträger Robert Millikan, an den Kopf warf, dieser habe in seinem Leben noch keine einzige originelle Idee gehabt. Er, Zwicky, habe hingegen alle zwei Jahre eine.

### Eine andere Art zu denken

Tatsächlich bildete sich Zwicky sehr viel auf seine Originalität ein. Mit den Jahren hatte er eine besondere Methode entwickelt, komplexe Probleme in Angriff zu nehmen. Zwicky prägte dafür den Begriff morphologisches Denken. Dieses verfolgt das Ziel, ein Problem möglichst ganzheitlich und vorurteilsfrei zu betrachten und dann systematisch alle möglichen Lösungen in einem mehrdimensionalen Raster (dem sogenannten morphologischen Kasten) zu erfassen. Zwicky behauptete später, dieser Methode verdanke er viele seiner Entdeckungen. Doch die meisten seiner Kollegen nahmen ihm das nicht ab.

Nach dem Zweiten Weltkrieg warb Zwicky unermüdlich für die morphologische Methode – auch in der Schweiz. Es ist zu vermuten, dass er auch Dürrenmatt damit in den Ohren gelegen hat. Der Physiker Möbius hat jedenfalls neben der Weltformel auch «das System aller möglichen Erfindungen» entdeckt. Das klingt sehr nach Zwicky und seinem morphologischen Baukasten.

Die Sonderausstellung «Fritz Zwicky – Das Glärner Universalgenie» ist bis zum 16. Februar 2019 im Ortsmuseum Mollis zu sehen. Nähere Informationen findet man hier: <http://www.fritz-zwicky.ch/>