

uns am nächsten liegenden Nachbargalaxien, die Große und die Kleine Magellansche Wolke, sind beide am Südhimmel zu sehen. Sie bilden als Zwerggalaxien gewissermaßen Anhängsel zu unserer eigenen Galaxis. Im Verhältnis zu unserer Modell-Sterninsel von 100 mm Durchmesser ist die Große Magellansche Wolke mit ca. 23000 Lichtjahren Durchmesser etwa ein 1-DM-Stück von 23 mm Durchmesser in einem Abstand von 160 mm entsprechend 160 000 Lichtjahren.

Die Kleine Magellansche Wolke ist bei einem Abstand von ca. 200 000 Lichtjahren als Modell ca. 200 mm entfernt und bei ca. 10000 Lichtjahren Durchmesser mit 10 mm kleiner als ein 1-Pfennig-Stück. Den Andromedanebel M31, die unserer Milchstraße ebenbürtige nächste Galaxis, lernten wir bereits im vorigen Modell kennen. Auf unser letztes Modell übertragen beträgt der Abstand zu ihm 2,25 m bei einem Modell-Durchmesser von 150 mm.

Auch der Andromedanebel besitzt Anhängsel ähnlich unseren Magellanschen Wolken: Es sind dies u.a. M 32 mit ca. 3500 Lichtjahren Durchmesser (entspr. 3,5 mm) in ca. 37 000 Lichtjahren Abstand (entspr. 37 mm) und NGC 205 mit ca. 7000 Lichtjahren Durchmesser (entspr. 7 mm) im Abstand von etwa 100 000 Lichtjahren (entspr. ca. 100 mm).

Die Größen- und Entfernungsverhältnisse unserer näheren galaktischen Umgebung sind in nebenstehender Abbildung dargestellt.

Mit den größten erdgebundenen astronomischen Instrumenten und dem Hubble-Space-Teleskop in der Erdumlaufbahn loten die Astronomen im Weltall Entfernungen von 10 bis 15 Milliarden Lichtjahren aus und empfangen damit Lichtsignale vom Rande der Welt.

Auf unser Modell übertragen reicht unser Zollstock 10 bis 15 km weit hinaus. Innerhalb der durch diesen Radius aufgespannten Kugel können wir mit etwa 100 Milliarden Sternsystemen ähnlich unserer Galaxis und des Andromedanebels und deren Begleiter rechnen.

Damit haben wir versucht, mit vier maßstäblichen Verkleinerungsschritten uns das Verständnis für die Entfernungen im Weltall mit irdischen Vergleichen zu erschließen.

Zum Schluß noch eine Information:

Entfernungsangaben in Parsec – pc – sind mit dem Faktor 3,26 in Lichtjahre umzurechnen.

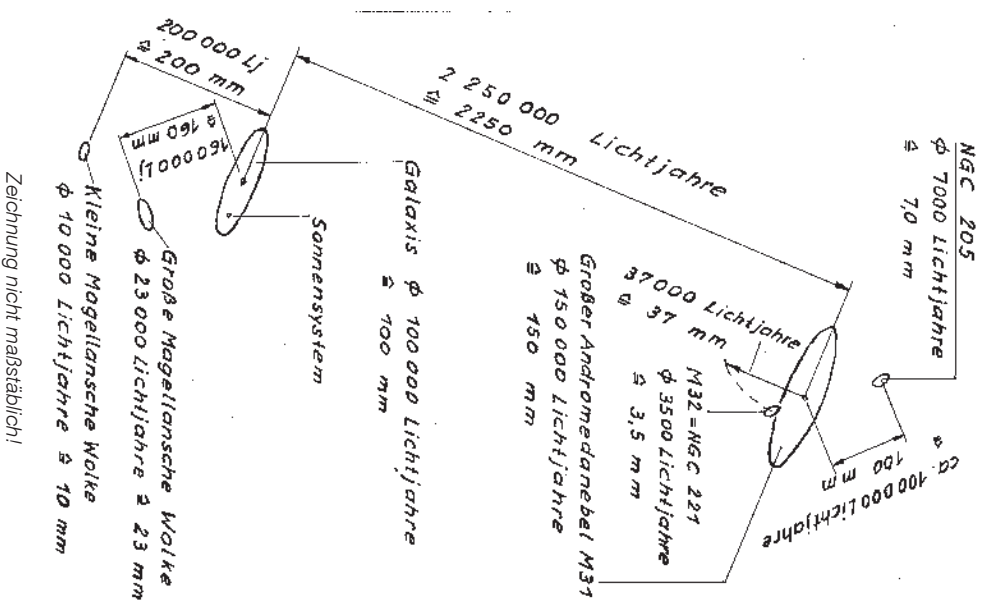
1 pc = 3,26 Lichtjahre

1 Mpc = 3,26 Millionen Lichtjahre

1 Parsec = 1 Parallaxensekunde ist die Entfernung, aus der der Abstand Sonne-Erde unter einem Winkel von einer Bogensekunde erscheint. Das sind $3,086 \cdot 10^{13}$ km.

Unsere galaktische Umgebung

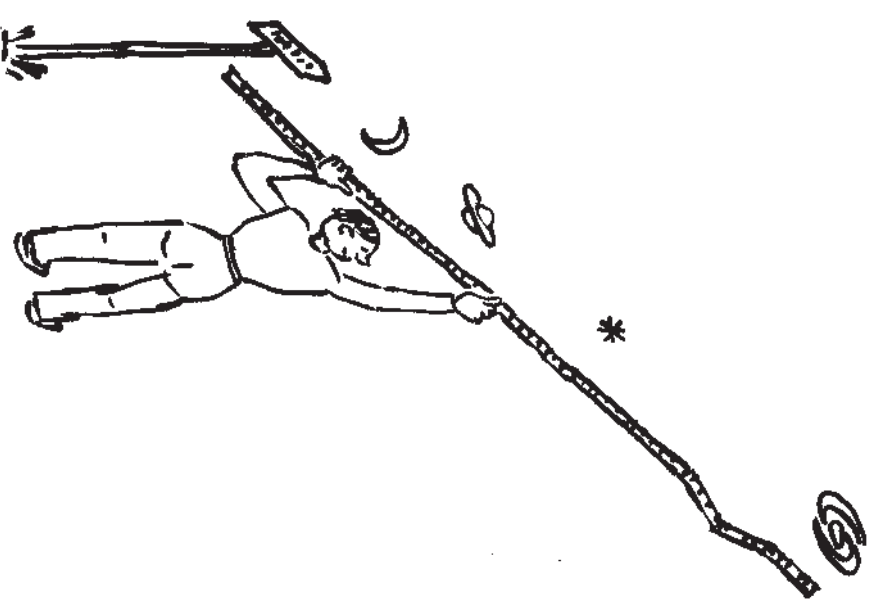
1 m entspricht 1 Million Lichtjahren



Zeichnung nicht maßstäblich!



Himmelskundliche Faltpfätter
Universum



Wie weit ist es zu den Sternen?

Wie weit ist es zu den Sternen?

Entfernungen im Weltall mit irdischen Maßstäben

Wenn wir den Sternenhimmel beobachten und hierzu nähere Informationen erfahren, so kommen sehr bald Angaben zu Entfernungen, die sich zwischen einigen hunderttausend Kilometern und Milliarden Lichtjahren bewegen. Diese Angaben sind so unvorstellbar, daß sie nur durch schrittweise maßstäbliche Verkleinerungen verständlich gemacht werden können.

Betrachten wir zunächst das System Erde-Mond im Maßstab 1:1100 000 000. Dann hat unser Erdmodell einen Durchmesser von 12,7 cm und entspricht etwa dem kleinsten käuflichen Röhren-Erdglobus mit 12 cm Durchmesser. Allerding müßte dieser Globus eine Masse von 6 kg haben, um ein getreues Modell unserer Erde zu sein. Er wäre dann fast so schwer wie die Eisenkugel beim Kugelstoßen. Wir können es also den Geophysikern schon glauben, wenn sie uns sagen, daß unsere Erde einen Nickel-Eisen-Kern besitzt.

Um nun die mittlere Entfernung Erde-Mond von 384 400 km zu begreifen, befestigen wir an unserem Globus einen Faden von 3,84 m Länge, an dessen anderem Ende sich ein Tischtennisball mit 3,5 cm Durchmesser befindet. Wir haben so ein maßstäbliches Modell des Erde-Mond-Systems. Übrigens müßte unser Tischtennisball 73 g auf die Waage bringen, um auch bezüglich der Masse maßstabsgetreu zu sein.

Wenn wir zu unserem Erde-Mond-Modell auch noch die Modellsonne suchen wollen, so müssen wir in beliebiger Richtung einen Spaziergang von 1,5 km Luftlinie unternehmen und uns dort eine Kugel mit 14 m Durchmesser vorstellen, z.B. einen sogenannten Hydroglobus. Der Durchmesser unserer Kugel von 14 m entspricht dem wahren Durchmesser unserer Sonne von rund 1,4 Millionen km und der Abstand von 1,5 km der mittleren Entfernung Sonne-Erde von rund 150 Millionen km. Diese Entfernung wird auch die Astronomische Einheit genannt, weil sie als Basis für alle weiteren Entfernungsangaben im Weltall dient. Damit haben wir den ersten Schritt unserer maßstäblichen Verkleinerungen vollzogen.

Um die Größenverhältnisse innerhalb unseres Planetensystems zu

verdeutlichen, wollen wir das eben besprochene Modell 1:110 verkleinern und erhalten einen Gesamtmaßstab von 1:1 Milliarde bzw. $1:10^9$. Dies entspricht einigen Planetenwandwegen z.B. in Postock-Warnemünde, in Radeberg und in der Schweiz. Die Größenverhältnisse von Natur und Modell sollen in Form einer Tabelle (unten) gegenübergestellt werden.

Mit diesem Modell haben wir uns die Dimensionen unseres Sonnensystems verdeutlicht und können es mit Stadtplan und Wanderkarte auf eine uns vertraute Umgebung übertragen.

Ein Lichtstrahl ist von der Sonne bis zum Pluto ca. 5,5 Stunden unterwegs. Wenn wir einen Raumflugkörper zum Pluto bringen und wollen von der Erde aus dort eine Fernsehkamera einschalten, so benötigt der Funkbefehl 5,5 h bis hin und das erste Bild ebenfalls die gleiche Zeit zurück, so daß nach 11 Stunden das erste Bild eintrifft.

Damit beziehen wir die Lichtlaufzeit in unsere Betrachtungen ein und kommen zum Begriff des Lichtjahres. Es ist ja kein Zeitmaß und auch nicht die Stromrechnung für ein Jahr, wie es einmal ein Späßvogel formulierte. Vielmehr stellt es den Versuch dar, die unvorstellbaren Entfernungen mit Hilfe der Lichtlaufzeit anschaulicher zu machen.

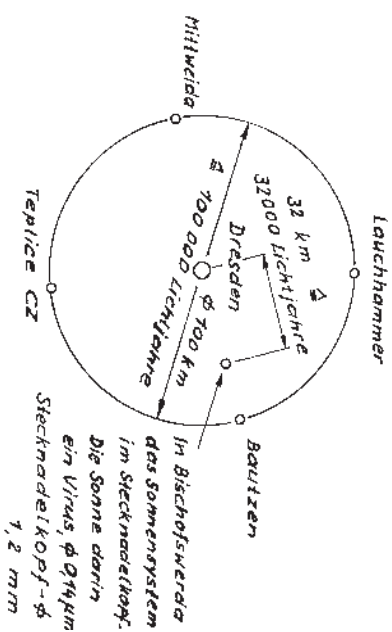
In einem Jahr legt ein Lichtstrahl eine Strecke von 300 000 km/s \cdot 3600 s/h \cdot 24 h/d \cdot 365 d/a = $9,46 \cdot 10^{12}$ km zurück. Auf unser Planetenmodell übertragen umfaßt ein Modell-Lichtjahr eine Strecke von rund 10 000 km. Die unserer Sonne am nächsten gelegenen Sterne α und Proxima Centauri sind 4,3 Lichtjahre von uns entfernt. Wenn wir sie als Modelle in die richtige Entfernung zu unserer Modellsonne bringen wollen, so müssen wir sie 43 000 km entfernt befestigen, das heißt etwas weiter als die Fernsatteliten. Damit sind wir mit unserem Modell bereits wieder im Weltall!

Wir wollen deshalb unser Modell im Maßstab 1:10⁷ verkleinern und kommen damit auf einen Gesamtverkleinerungsmaßstab von 1:10¹⁶. Das ist zwar auch wieder unvorstellbar, aber wenn wir erfahren, daß im neuen Modell ein Meter einer Entfernung von einem Lichtjahr entspricht, so wird es doch wieder verständlich.

	Durchmesser Natur km	mitl. Abstand Natur 10 ⁶ km	Umlaufzeit Natur	Durchmesser Modell mm	Größen- Beispiel	Abstand Modell ca. m
☉ Sonne	$1,4 \cdot 10^6$	–	–	1400	Seezeichenball	–
☿ Merkur	4840	58	88 d	5	Wacholderbeere	58
♀ Venus	12112	108	225 d	12	Kirsche	108
♁ Erde	12756	150	1 a	13	Kirsche	150
♂ Mars	6800	228	1,88 a	7	Erbse	228
♃ Jupiter	143650	778	11,86 a	144	Kokosnuß	780
♄ Saturn	120670	1427	29,46 a	121	Kokosnuß	1400
♅ Saturn-Ringsystem	278000	Dicke 3 km		278	Dicke 0,003 mm	
♁ Uranus	47100	2870	84 a	47	Apfel	2900
♁ Neptun	44600	4496	164,8 a	45	Apfel	4500
♁ Pluto	2200	5947	247,7 a	2,2	Senfkorn	6000

Unsere Milchstraße

1 m entspricht 1 Lichtjahr



Unser Sonnensystem findet im Kopf einer gewöhnlichen Stecknadel Platz und unsere Sonne ist darin etwa ein Virus mit einem Durchmesser von 0,14 Tausendstel mm.

Unser Milchstraßensystem mit einem Durchmesser von 100 000 Lichtjahren wird durch einen Kreis von 100 km Durchmesser symbolisiert. Wenn wir uns das Zentrum in Dresden vorstellen, so berührt dieser Kreis die Orte Bautzen, Lauchhammer, Mittweida und Teplice in der Tschechischen Republik.

Von Dresden in Richtung Bautzen liegt in Bischofswerda auf dem Marktplatz meine Stecknadel mit dem Sonnensystem im Kopf! Alle Entfernungsangaben in Lichtjahren, die wir erfahren, können wir uns nun in Metern vorstellen. So sind z. B. die Viren α und Proxima Centauri ca. 4 m von unserem Sonnen-Virus entfernt. Der hellste Fixstern am Himmel, der Stern Sirius mit 9 Lichtjahren Entfernung, hat in unserem Modell als Virus einen Abstand von 9 m. Der schöne offene Sternhaufen der Plejaden stellt sich als ein Haufen Viren in ca. 400 m Entfernung dar.

Das nächste große Milchstraßensystem in unserer Nachbarschaft, der große Andromedanebel (M 31), ist bei einer Entfernung von 2,25 Millionen Lichtjahren in unserem Modell in 2250 km Entfernung z.B. in Murramansk oder in Gibraltar zu finden und hätte dort einen Durchmesser von ca. 150 km, entsprechend einem Durchmesser von 150 000 Lichtjahren.

Mit einem letzten Verkleinerungsschritt von 1:10⁶ erreichen wir einen Gesamt-Verkleinerungsmaßstab von 1:10²². Wir wollen damit versuchen, die Grenzen unseres beobachtbaren Weltalls in den Griff zu bekommen.

In unserem Modell entspricht 1 Meter einer Entfernung von 1 Million Lichtjahren bzw. 1 mm entspricht 1 000 Lichtjahren. Unser Milchstraßensystem hat somit einen Modell-Durchmesser von 100 mm. Die