

HOHLWELTTHEORIE

## Das Äußerste nach innen gewendet

Kann man abwegige Ideen widerlegen? Oder leben wir wirklich auf der Innenseite einer Hohlkugel?



Von Norbert Treitz

Es gibt eine ganze Reihe von Theorien, deren Erfinder und Anhänger sich als verkannte Wissenschaftler sehen. Diese Leute vergleichen sich gerne mit Kolumbus oder Robert Mayer (1814–1878), der als einer der Ersten den Ersten Hauptsatz der Thermodynamik formulierte, und hoffen, dass sie wie diese zunächst verkannten Helden »dann doch Recht behalten« werden. Man kann darüber streiten, ob Kolumbus oder Mayer nicht eher trotz ihrer Irrtümer und unzulässigen Schlüsse zufällig erfolgreich waren. Dagegen werden überholte Theorien wie die aristotelische Mechanik oder die Phlogiston-Chemie heute oft nur noch als falsch angesehen und die Leistungen ihrer Schöpfer weit unterbewertet.

Anders ist die Lage bei den so genannten Hohlwelttheorien. Diese sind schlicht unsinnig, aber zumindest eine von ihnen lässt sich nicht widerlegen. Damit wird sie als Stoff für erkenntnistheoretische und didaktische Reflexionen lehrreich.

Dieser Artikel ist dem Andenken an Prof. Roman Ulrich Sexl (1939–1986) gewidmet, der nicht nur dieses Thema ebenso lehrreich wie unterhaltsam behandelte.

Wenn man sie nicht als falsch erweisen kann: Mit welchem Recht darf man sie dann in den Papierkorb werfen? Weil sie dem »gesunden Menschenverstand« widerspricht? Das wäre kein gutes Argument, denn die Physik mutet den Menschen mehr unplausible Dinge zu als alle Pseudowissenschaften zusammen.

Kann man andersherum alle Lehrmeinungen, für die es keine klare Widerlegung gibt, einfach gelten lassen? Diese Idee geistert zuweilen durch den wissenschaftlichen Diskurs, garniert mit dem Stichwort »Relativität« oder gar mit der »konstruktivistischen« Idee, jedes Bewusstsein schaffe sich ohnehin seine eigene Wirklichkeit, und alle diese Wirklichkeiten seien im Prinzip gleichberechtigt. Aber dann kann man das Streben nach Wissenschaft gleich ganz bleiben lassen. Es soll jeder auf eigene Kosten schreiben und reden können, was er glaubt, ohne eingesperrt oder gar gefoltert zu werden. Aber Forschungsministerien und öffentliche Schulen müssen sehr wohl zwischen Wissenschaft und Esoterik diskriminieren, und das heißt unterscheiden.

Im Gegensatz zu Kreationismus und »Intelligent Design« ist die Außenseitertheorie, von der hier die Rede ist, völlig harmlos. Vielmehr hat sie den Rang eines interessanten Denkfehlers, über den sich ein guter Lehrer Gedanken macht, statt ihn nur rot anzustreichen.

Die Vertreter der Hohl-Weltbilder nehmen an, dass wir auf der Innenseite einer Hohlkugel von etwa 40 000 Kilometer Umfang herumlaufen und in deren Innerem die ganze Astronomie stattfindet. Der Alchimist Cyrus Reed Teed (1839–1908) formulierte 1870 die Idee als Erster, ein Verfechter in den 1930er Jahren hieß Johannes Lang, und heute findet man im WWW etliche Anhänger.

### Die Galaxis in einer Nusschale

Die Atmosphäre, die Bahnen von Mond und Planeten, die Sterne und Galaxien liegen also sämtlich im Inneren unserer Hohlkugel, und wir sind wie Ameisen, die sich in eine Weihnachtsbaumkugel verirrt haben. Die Schächte der Bergwerke bohren wir radial nach außen. Müsste man dann nicht bei gutem Wetter ganz ohne Spiegel bis Australien sehen oder Radiosendungen von dort direkt empfangen können?

Diese Frage setzt voraus, dass Licht und Radiowellen sich geradlinig ausbreiten. Das stimmt wegen der Brechung bereits in der Atmosphäre nicht genau; beim Weg durch eine Brille ist die Abweichung schon deutlich größer, und in der Nähe von Neutronensternen oder gar Schwarzen Löchern kann von Geradlinigkeit keine Rede mehr sein. Vernünftige Hohlweltanhänger würden uns dazu mitteilen, dass das Licht im Vakuum



Der Blick von außen auf dieses Modell (links) enthüllt nicht, dass es sich um eine Hohlkugel handelt. Das Pappmaché-Modell einer hohlen Erde hat Martin Straube im Rahmen einer Physik-Facharbeit am Gymnasium Wittenberg angefertigt.

FOTOS: LINKS: MARTIN STRAUBE; ALLE GRAFIKEN DES ARTIKELS: SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT, ILMCH; NOBERT TREITZ

stimmt durch die Tangentialebene an die Kugel durch seinen Standort. Das ist offensichtlich wegen der geradlinigen Ausbreitung des Lichts so. (Auf der Erde senkt die atmosphärische Brechung den realen Sichthorizont gegen den geometrischen ab, und zwar ungefähr um den Durchmesser der auf- oder untergehenden Sonne.)

In der Hohlwelt mit ihrer kreisförmigen Lichtausbreitung ist der Horizont nun eine exzentrische Kugel, die durch den Mittelpunkt der Hohlwelt geht und ihre Oberfläche am Ort des Betrachters von innen berührt. Das Äußere dieser kleineren Kugel ist für den Betrachter unsichtbar, nämlich durch den Erdboden verdeckt. Die Sterne, Planeten und Erdsatelliten laufen – grob gesagt – auf ziemlich kleinen Bahnen einmal am Tag um das Zentrum der Hohlwelt herum. Dabei tauchen sie einmal in den sichtbaren Bereich ein und wieder aus ihm heraus. Die Schattenspiele, die wir Finsternisse, Mond- und Venusphasen und so weiter nennen, sind zwar verwickelt, aber im Prinzip problemlos zu erklären.

Wenn sich nur ein Schiff nähert, schaut zuerst nur seine Mastspitze aus dem Wasser heraus, und wir sagen mit Recht, dass sich das übrige Schiff auf der konvexen Erdkugel noch unter unserer tangentialen Horizontebene befindet. Die Hohlweltdeutung ist aber ebenso widerspruchsfrei: Das Schiff fährt auf der Innenseite der Erdoberfläche, seine Mastspitze zeigt nach innen und ragt als Erstes in unsere Sichtbarkeitskugel hinein, die nur ein Achtel des Erdvolumens hat (Bild unten).

Nun machen wir ein Gedankenexperiment: Wir schicken von der Erdoberfläche aus ein Raumschiff mit einem Ro-

boter und einem hinreichend langen Maßband zum Jupiter und bitten ihn, dessen Umfang zu messen. Er findet einen Umfang, der rund zehnmal so groß ist wie der Äquator der Hohlwelt.

Wenn wir das für unmöglich halten, dann vor allem, weil wir an die Längenkonzanz von – zum Beispiel – Maßbändern glauben. Dabei lernen wir schon in der Schule, dass die Länge eines Maßstabs (und anderer Gegenstände) von der Temperatur abhängt, wenn auch nur geringfügig. Und die relativistische Längenkontraktion bei Geschwindigkeiten in der Nähe der Lichtgeschwindigkeit ist keineswegs immer so winzig.

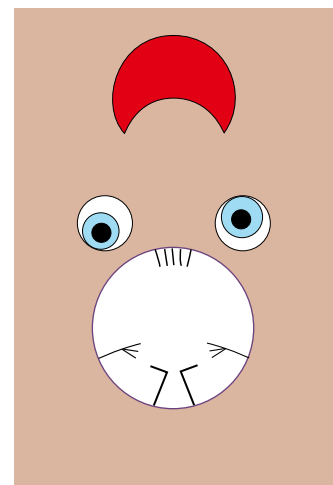
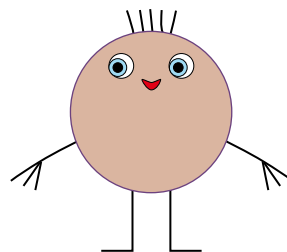
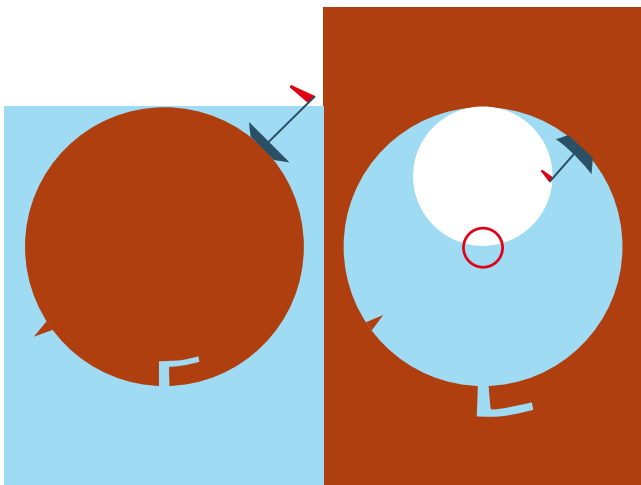
In der nicht widerlegbaren Variante der Hohlwelttheorie müssen wir also annehmen, dass reale Objekte ihre Länge ändern, wenn sie ins Innere der Hohlkugel reisen: Nahe bei deren Mittelpunkt werden sie sehr klein, und auf der Rückreise wachsen sie wieder zum alten Format. Ob diese Längenänderung »echt« oder »scheinbar« ist und was unter diesen Begriffen zu verstehen ist, sei dahingestellt. Immerhin beobachtet der mitreisende Roboter, dass keine Längenänderung stattfindet, da er mitschrumpft

nicht einer geraden Linie, sondern einem Kreis folgt, der durch den Mittelpunkt der Hohlwelt geht. In der Nähe dieses Punktes nehmen alle Geschwindigkeiten so drastisch ab, dass weder Licht noch Materie ihn in endlicher Zeit durchqueren können.

Solche Annahmen fallen keineswegs aus dem Rahmen der (modernen) Physik; nur die sehr spezielle Rolle des Hohlweltmittelpunktes ist etwas merkwürdig. Wir kommen darauf zurück.

Für einen gewöhnlichen Physiker mit vernachlässigbarer Körpergröße, der auf der Oberfläche eines kugelrunden Planeten sitzt, ist die Grenze dessen, was er sehen kann (sein »Horizont«), be-

Links unten: Auf der Erde (mit steilem Berg, Bergwerk und Schiff) sieht ein auf dem oberen Scheitelpunkt sitzender Beobachter vom Schiff nur den roten Wimpel; der Rest liegt für ihn unter dem Horizont (blau), einerlei ob man es euklidisch (linkes Teilbild) oder invertiert (rechtes Teilbild) sieht. Der rote Kreis ist der Weg eines astronomischen Objekts, das zweimal pro Tag den Horizont kreuzt. Rechts: Herr X vor und nach dem Wenden. Nicht schöner, aber viel größer ist er geworden!



und auf dem Rückweg wieder zur alten Größe aufläuft. Jupiter passt also mühelos in die Hohlkugel, hat aber den zehnfachen Umfang derselben. Das ist vielleicht gewöhnungsbedürftig, aber weniger aufregend und einfacher als manche Konsequenzen der Relativitätstheorie.

Nun wird es aber Zeit für den entscheidenden mathematischen Trick, dem die »bessere« Variante der Hohlwelttheorie den Namen Inversionsweltbild verdankt.

### Die Inversion an der Kugel

Es gibt eine relativ einfache Koordinatentransformation mit verblüffenden Konsequenzen. Sie trägt den treffenden Namen Inversion (wörtlich »Einwärts-Wendung«), denn sie kehrt das Innerste der Kugel zuäußerst und umgekehrt. Ein Mensch (oder sonstiger Gegenstand), der den Mittelpunkt der Kugel im Bauch hat, wird durch die Inversion sehr drastisch verändert (Bild S. 47 unten, rechts). Das gilt insbesondere für die Erde, wenn sie an ihrer eigenen Oberfläche invertiert wird. Genau das ist die Transformation, welche die herkömmliche Welt in eine Hohlwelt verwandelt und umkehrt.

Formal ist die Inversion wie folgt definiert. Die Bezugskugel, an der invertiert wird, habe den Radius  $R_0$ . Um den Bildpunkt  $x'$  eines Punkts  $x$  zu ermitteln, ziehe man den Strahl vom Kugelmittelpunkt  $M$  aus durch  $x$ . Der Bildpunkt  $x'$  liegt dann auf demselben Strahl, und für die Abstände  $r$  und  $r'$  der Punkte  $x$  beziehungsweise  $x'$  von  $M$  gilt  $rr' = R_0^2$ . Diese Abbildung ist eindeutig umkehrbar, wenn  $r$  und  $r'$  positiv sind, also überall bis auf den Mittelpunkt  $M$  selbst, der »ins Unendliche« abgebildet wird. Es wird genau der Innenraum der Bezugskugel auf ihren Außenraum abgebildet und umgekehrt, jeder Punkt der Kugeloberfläche auf sich selbst.

In zwei Dimensionen haben wir die Inversion am Kreis mit dem Antiparallogramm und mit dem Inversor von Peaucellier betrachtet (Spektrum der Wissenschaft 4/2006, S. 114, und 5/2006, S. 105). Der dänische Mathematiker Jørgen Mohr (1640–1697) nutzte sie, um bei den klassischen geometrischen Konstruktionen mit Zirkel und Lineal das Letztere entbehrlich zu machen. Ein Jahrhundert später kam Lorenzo Mascheroni (1750–1800) auf dieselbe Idee.

Häufig wird die Inversion irreführend auch als Spiegelung am Kreis bezie-

hungsweise an der Kugel bezeichnet. Aber eine Weihnachtskugel zeigt uns nicht ein Inversionsbild ihrer Umgebung! Eine gute Näherung an die Inversion am Kreis wird durch eine reflektierende Thermoskanne realisiert, deren Querschnitt der Unterseite eines Bügel-eisens ähnlich ist; das hat mein Vetter Klaus Treitz entdeckt und publiziert.

Zurück zur Inversion an der Kugel! Jede Ebene wird auf eine Kugel abgebildet, die durch  $M$  geht. Aus einer Tangentialebene an die Bezugskugel wird eine Kugel, die nicht nur durch  $M$ , sondern auch durch den Berührungspunkt der Tangentialebene geht. Dann muss sie den halben Radius der Bezugskugel haben. Da erkennen wir die beiden oben genannten Horizontflächen wieder, die euklidische Ebene und den Kugelhorizont der Hohlwelt.

Allgemein können wir allen Punkten bezüglich der (zur Kugel idealisierten) Erdoberfläche einen Bildpunkt zuordnen und damit zwischen unserer euklidischen und der Hohlweltbeschreibung wechseln. Solange wir den singulären Erdmittelpunkt und sein unendlich fernes Bild meiden, gibt es keine Probleme. Nur werden vergleichsweise einfache Naturgesetze ziemlich kompliziert, von den komplizierteren gar nicht erst zu reden.

Diese Komplikation bewältigt ein Verfechter des Inversionsweltbildes mühelos: Er transformiert einfach das Problem mit einer Inversion in die ebene Beschreibung, löst es da genauso, wie wir es tun würden, und transformiert zurück. Die Hin- und die Rück-Transformation sind punktweise wirklich einfach, in Formeln eingesetzt muss das aber nicht so bleiben – gelinde gesagt.

Das ist vergleichbar der Benutzung von Logarithmen, die vor der Ära des Taschenrechners das Multiplizieren erleichterten: Jemand möchte das Produkt aus 100 Metern und 1000 Metern oder aus 467 243 Metern und 878 975 456 Metern ausrechnen, findet das aber zu mühsam, was wir zumindest im zweiten Beispiel gut verstehen. Er schaut nun in einer Logarithmentafel zu jeder Zahl eine »Bildzahl« nach, die auf den Namen Logarithmus (»Rechenzahl«) hört. Im ersten Beispiel sind das einfach die Zahlen 2 und 3, im zweiten auch irgend etwas Bestimmtes. Dann addiert er die beiden Logarithmen ( $2+3=5$  im ersten Beispiel), sucht dazu die Originalzahl (»Antilogarithmus« oder noch unklarer

**Wenn man eine Tangentialebene an die transparent gedachte Erdkugel legt und diese mit einer punktförmigen Lichtquelle beleuchtet, erhält man eine flache Erdkarte, auf der alle Großkreise (kürzesten Flugrouten) durch den Berührungspunkt als Geraden erscheinen. Links die stereografische Projektion mit Frankfurt als Berührungspunkt und Lichtquelle im antipodischen Punkt. In der gnomonischen Projektion (rechts) mit Lichtquelle im Erdmittelpunkt und Berührungspunkt am Nordpol werden sämtliche Großkreise auf Geraden abgebildet.**

»Numerus«) in der Tabelle und findet im ersten Beispiel 100 000. Die schwere Aufgabe wird also zwischen einer Transformation und einer Rücktransformation in einer wesentlich leichteren Weise ausgeführt, in diesem Fall als Addition. Dabei sind wir durchaus der Meinung, dass wir es »eigentlich« mit einer Multiplikation zu tun haben, und betrachten die Transformationen (in diesem Fall durch Nachsehen in der Tabelle) nur als rechentechnischen Trick.

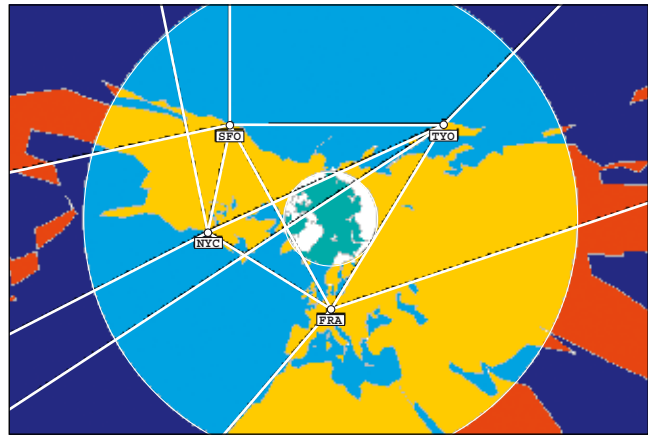
Der Hohlweltfreund kann nun an seine Sicht der Dinge glauben und die Umrechnung in unsere Koordinaten auch nur als wirkungsvollen Rechen-trick ansehen. Solange er einen hinreichend großen Bogen um den Erdmittelpunkt macht, können wir ihm keinerlei Fehler ankreiden. Wir werfen ihm etwas ganz anderes vor: Er spricht umständlicher, als er rechnet. Wenn er schon euklidisch rechnet, kann er auch gleich so euklidisch von der Welt mit ebenem Horizont reden wie wir.

### Ockhams Rasiermesser

Was wir tun, wenn wir so reden, wie wir sinnvollerweise am bequemsten rechnen, kann man als »hypothetischen Realismus« beschreiben: Wir sind nicht sicher, wie die Welt »an sich« ist, aber wir reden so, als würden wir unsere »rechentechnischen« Vokabeln ernst nehmen.

Der Hohlwelttheoretiker bekommt bestenfalls die gleichen Ergebnisse wie wir, redet aber viel komplizierter. Da greifen wir zu Wilhelm von Ockhams (1285–1349) Rasiermesser zum Abschneiden überflüssiger Bärte: Was man in einer Theorie weglassen kann, ohne dass nachher etwas bei den Ergebnissen fehlt, lassen wir weg.

Auch das zweite Prinzip, gegen das die Hohlweltleute im Gegensatz zu uns ver-



stoßen, hat nichts mit richtig und falsch zu tun: Es ist nach Kopernikus benannt, der bekanntlich das Weltbild von Aristarchos, nach welchem die Sonne im Mittelpunkt der Welt liegt und ruht, zu neuem Leben erweckte, während dasjenige, das Ptolemaios in seinem *Almagest* zusammengefasst hatte, der Erde diese beiden »zentralen« Eigenschaften zuschrieb.

Beide Weltbilder sind eigentlich nur Koordinatensysteme, die gleichermaßen richtig, aber unterschiedlich bequem sind. Dabei ist das kopernikanische System sogar nur dann überlegen, wenn man Massen und Gravitation in die Debatte wirft, was erst Newton getan hat. Ohne diese, also rein kinematisch gesehen, sind die Kompromisse des Philosophen Herakleides Pontikos (um 390–322 v. Chr.) und des Astronomen Tycho Brahe (1546–1601) von bestechender Eleganz. Beide verlegten zwar die Erde in den Mittelpunkt der Welt und bestanden darauf, dass die Sonne die Erde umkreise. Die Planeten allerdings durften die Sonne statt der Erde zum Mittelpunkt ihrer Kreisbahnen haben. Damit erklärten Herakleides und Brahe alles Sichtbare, ohne uns die Ansicht zuzumuten, dass wir auf einer rotierenden und herumsausenden Kugel sitzen.

Es geht bei dem heute kopernikanisch genannten Prinzip nicht darum, ob die Sonne im Mittelpunkt der Welt ruht; das tut sie ohnehin nicht. Wichtig ist vielmehr ein Grundsatz, den wir uns in den letzten Jahrhunderten im Gefolge des zaghaften Domherrn aus Frauenburg und seines sich lebensgefährlich weit aus dem Fenster lehrenden Anhängers Galilei zugelegt haben: Man soll den eigenen Bauchnabel oder die Mitte seines Heimatplaneten nicht für den Mittelpunkt des Universums halten, auch wenn es naiverweise so aussieht und im Sinne

eines Laborsystems sogar eine nützliche Beschreibung liefert. Selbst Astronomen reden vom Sonnenauf- und -untergang statt vom Kippen des Horizonts durch die Erdbahnebene.

Das kopernikanische Prinzip der modernen Kosmologie lautet: Unsere Naturgesetze sollen überall in gleicher Form gelten und nicht einmal unsere Galaxis formal auszeichnen, geschweige denn diesen wunderbaren blauen Planeten, auf dem so staunenswerte Dinge wie menschliche Gehirne entstanden sind.

### Landkarten oder die Erde als Scheibe

Wer sich geschickt anstellt, darf die Erdoberfläche sogar für eine Ebene halten und ist damit genauso unwiderlegbar wie unsere Hohlweltfreunde – und zwar aus demselben Grund. Zu allem Überfluss verwenden auch Leute, welche die Kugelgestalt der Erde nicht bezweifeln, dieselbe Transformation zur Herstellung von ebenen Karten derselben.

Man nehme als Inversionskugel nicht die Erdoberfläche selbst, sondern eine Kugel mit doppeltem Radius, die unsere Erde dort berührt, wo wir gerne den Nabel der Welt sehen; sagen wir am Frankfurter Flughafen. Die Erdoberfläche geht also durch den Mittelpunkt der Inversionskugel – der liegt irgendwo in den Gewässern vor Neuseeland, für die wir uns jetzt besser nicht so sehr interessieren –; also ist ihr Bild eine Ebene. Die Abbildung ist bis auf den Größenfaktor 2 genau die Umkehrung derjenigen, die den euklidischen Horizont in die Horizontkugel der Hohlweltler abbildet.

Auf einer derart konstruierten Erdkarte erscheinen die von Frankfurt ausgehenden kürzesten Wege (sprich Großkreise auf der Erdoberfläche) als gerade Linien (Bild oben). In der Mathematik

leistet die entsprechende Abbildung von der (komplexen) Ebene auf die (Riemannsche Zahlen-)Kugel unter dem Namen »stereografische Projektion« wertvolle Dienste (Spektrum der Wissenschaft 1/2008, S. 72).

Wir haben anhand der unwiderlegbaren (Variante der) Hohlwelttheorie gesehen, dass die Frage nach der Richtigkeit gar nicht das einzige Kriterium für den Nutzen einer Theorie ist. Andere Beispiele: » $\pi$  ist ungleich 4« ist richtig, aber nicht so nützlich wie die falsche Aussage » $\pi = 3,15$ «. Dass das elektrische Feld in einem Plattenkondensator homogen sei, ist eine nützliche Aussage, aber schon am Rand um den Faktor 2 falsch, wogegen das Gravitations- und das Magnetfeld der Erde im Großen deutlich inhomogen sind, aber im Labormaßstab sehr genau homogen.

Roman U. Sexl pflegte seine Vorträge über die Hohlwelt mit einer Pointe zu beenden, wenn sie ihm nicht gerade ein ebenso begeisterter wie zerstreuter Gastgeber schon bei der Anmoderation klaut: »Und nun wird Herr Sexl Ihnen erklären, wie man an der Krümmung der Schuhsohlen sehen kann, dass die Hohlwelttheorie doch Recht hat.« ◁



**Norbert Treitz** ist apl. Professor für Didaktik der Physik an der Universität Duisburg-Essen.

Inversion mit der Thermoskanne. Von Klaus Treitz in: *Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht*, Bd. 52, Nr. 5, S. 270, 1999

Die Hohlwelttheorie. Von Roman U. Sexl in: *Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht*, Bd. 36, Nr. 8, S. 453, 1983

Weblinks zu diesem Thema finden Sie bei [www.spektrum.de/artikel/936506](http://www.spektrum.de/artikel/936506).