Tabelle IV
Relative spasmolytische Wirksamkeit[9] der genuinen Verbindungen aus *Petasites* und ihrer Umlagerungs- und Abbauprodukte

Substanz	Wirksamkeit Papaverin-HCl = 100
Petasin[4]	1400
Petasolester B	480
Petasolester C	640
iso-Petasin	50
iso-Petasolester B	160
iso-Petasol	20

Die 3 genuinen Ester aus *Petasites officinalis* erwiesen sich als spasmolytisch wirksame Verbindungen. Nach der Isomerisierung geht die Wirksamkeit sehr deutlich zurück. In der Tabelle IV sind einige orientierende Werte über die Hemmung der Spontanmotilität am isolierten Kaninchendünndarm im Vergleich zu Papaverin-Hydrochlorid zusammengestellt.

A. STOLL, R. MORF,
A. RHEINER und J. RENZ

Pharmazeutisch-chemisches Laboratorium, Sandoz AG, Basel, den 13. August 1956.

Summary

Three spasmolytically active substances which contain no nitrogen, namely petasin and the petasolesters B and C, were isolated from *Petasites officinalis* Moench. They are all esters of the same C_{15}-alcohol. Petasin is an ester of angelic acid, whereas the petasolesters B and C are derivates of a new acid containing sulphur, the β-methylmercapto-acrylic acid.

[9] Die Messungen wurden von Herrn Dr. BERDE in unserer pharmakologischen Abteilung (Leitung Dr. A. CERLETTI) ausgeführt.

THEORIA

Vierdimensionale Geometrie und ihre praktische Anwendung zur Erklärung kosmologischer Probleme*

Die mehrdimensionale Geometrie ist Allgemeingut aller Mathematiker. Umfangreiche Lehrbücher und sogar Romane sind darüber geschrieben worden. Merkwürdigerweise wird aber der mehrdimensionale Raum von den Physikern als ein rein theoretisches Gebilde angesehen, dem sie keine physische Realität zusprechen. Zwar wird das sogenannte Raum-Zeit-Kontinuum als vierdimensionale Realität angesehen, doch ist dies eben kein *Raum* im geometrischen Sinne, denn die Zeit ist qualitativ von der Länge verschieden. Der Zeit kann keine geometrische Eigenschaft, wie zum Beispiel Geradlinigkeit oder ein Verlauf senkrecht zu anderen Geraden zugeschrieben werden. Astrophysiker erkennen die Existenz eines gekrümmten und sich ausdehnenden Weltalls an und rechnen damit. Sie vermeiden jedoch den natürlichen Schritt, das gekrümmte Universum von endlicher Ausdehnung als eine in einem wirklichen, vierdimensionalen Raum eingebettete Hypersphäre anzusehen.

FORSYTH[1] hat in seinem Lehrbuch der vierdimensionalen Geometrie gesagt: «Wenn man einmal fände, dass der objektive, dreidimensionale Raum tatsächlich die Eigenschaft der Krümmung besässe, ganz gleichgültig, wann und wie diese Eigenschaft durch Messung ermittelt würde, dann zwänge uns der mathematische Begriff der Krümmung notwendigerweise zur Erkenntnis der Existenz eines umfassenderen Raumes, auf den unser gekrümmter Raum bezogen werden könnte. Dieser weitere Raum wäre von grösserer dimensionaler Ausdehnung als das objektive, dreidimensionale Weltall.»

Die Evidenz der positiven Krümmung des Kosmos hat sich in den letzten Jahrzehnten so angehäuft (siehe zum Beispiel HUBBLE[2]), dass daran nur noch wenige zweifeln. Daher muss auch der vierdimensionale Raum als eine physische Realität anerkannt werden, obwohl er unseren beschränkten Sinnen verschlossen ist. An Hand eines Beispiels soll im folgenden dargestellt werden, dass die Annahme des vierdimensionalen Raumes als physisch-geometrischer Realität mit Erfolg zur Klarstellung eines sonst unverständlichen Phänomens verwandt werden kann. Nach der Behandlung jenes speziellen Problems soll angedeutet werden, dass auch andere, bisher widerspruchsvoll erscheinende Ergebnisse der modernen Physik vermutlich verstanden werden können, wenn man den vierdimensionalen Raum als eine unser dreidimensionales Weltall beherbergende Realität anerkennt.

Wir beginnen mit der starren Rotation der Spiralnebel. BABCOCK[3], MAYALL und ALLER[4] und MAYALL[5] zeigten, dass mit Ausnahme des innersten, nicht aufgelösten Gebietes jede Emissionskondensation der Hauptscheibe eines Spiralnebels etwa die gleiche Winkelgeschwindigkeit aufweist, ganz unabhängig von ihrer Entfernung vom Mittelpunkt. Nur in den alleräussersten Gebieten herrscht Keplersche Bewegung. Andererseits haben MCVITTIE und PAYNE-GAPOSCHKIN[6] gezeigt, dass ein idealer, rotierender Barrennebel, wenn er auch nur für einen Augenblick existierte, sich spiralig aufwinden müsste, wenn er den Gesetzen der Mechanik gehorchte. Dieser Aufwindungsprozess sollte im Zentrum beginnen und sich allmählich nach aussen erstrecken, während die äusseren Teile der Arme Asymptoten zur ursprünglichen Längsachse des Barrens bleiben müssten. Dieses theoretisch postulierte Verhalten ist aber das genaue Gegenteil der beobachteten Struktur der Barrennebel, die häufig periphere Spiralstruktur und zentrale Starrheit aufweisen.

Lässt sich womöglich eine Erklärung der starren Rotation finden, wenn man einen Spiralnebel als dreidimensionalen Schnitt eines vierdimensionalen Gebildes auffasst? Es erhebt sich also die spezielle Frage: *Sind vierdimensionale geometrische Gebilde denkbar, die so geformt sind, dass ihre sukzessiven Schnitte mit dem sich ausdehnenden, dreidimensionalen Weltall eine Reihenfolge von Körpern liefern, welche mit aufeinanderfolgenden*

* Vorgetragen auf der Tagung der Sektion D (Astronomie) der American Association for the Advancement of Science, Atlanta, Georgia.

[1] A. R. FORSYTH, *Geometry of Four Dimensions*, Vol. I (Cambridge 1930).
[2] J. HUBBLE, Astrophys. J. *84*, 517 (1936).
[3] H. W. BABCOCK, Lick Observ. Bull. *19*, 41 (1939).
[4] N. U. MAYALL und L. H. ALLER, Astrophys. J. *95*, 5, (1942); Lick Observ. Contr. [2] *1* (1942).
[5] N. U. MAYALL, Publ. Obs. Univ. Michigan *10*, 19 (1950).
[6] G. C. MCVITTIE und CECILIA PAYNE-GAPOSCHKIN, Mon. Not. R. astr. Soc. *3*, 506 (1951).

Rotationsphasen existierender Nebel identifiziert werden können?

Im folgenden soll dieser Versuch gemacht werden.

Wenn man von seinen verschwommenen Umrissen absieht, so kann ein Spiralnebel als stereometrischer Körper (das heisst ein von Flächen begrenzter Teil des dreidimensionalen Raumes) aufgefasst werden. Als solcher kann er erzeugt werden durch einen Schnitt des dreidimensionalen Raumes S_3[7] durch einen vierdimensionalen Hyperkörper, das heisst durch eine Portion des vierdimensionalen Raumes S_4 begrenzt von dreidimensionalen Räumen.

Ein gewisser Hyperkörper, der um einen doppelten[8] helicoidalen Hyperzylinder als Grundfigur aufgebaut ist, ergibt die gewünschten Schnitte. Die Grundfigur (1) ist

$$\begin{aligned} w &= f(d) + k\alpha \\ x &= \pm\, d \cos\alpha \\ y &= \pm\, d \sin\alpha \\ z &= z \end{aligned} \tag{1}$$

der geometrische Ort aller Geraden parallel zur Rotationsachse eines Nebels, die durch alle Punkte einer doppelten Schraubenfläche (Helicoid) gehen.

Wenn $f(d) = 0$, ergibt sich das Verhalten eines Barrennebels. Die Beschreibung dieses Falles wird der Kürze halber ausgelassen.

Die Grundfigur (1) kann zum Beispiel wie folgt gestaltet sein:

$$\begin{aligned} w &= md^2 + n\alpha \\ x &= \pm\, d \cos\alpha \\ y &= \pm\, d \sin\alpha \\ z &= z. \end{aligned} \tag{2}$$

Der um diesen Grundraum aufgebaute Hyperkörper hat die Dicke der «Arme» eines Spiralnebels.

Querschnitte durch derartige oder ähnliche helicoidale Hyperzylinder sind die Grundfiguren von Spiralnebeln. Der Einfachheit halber werden $m = 1$ und $n = 1$ gesetzt. Daher wird, wie weiter unten ersichtlich, die Längeneinheit gleich dem Betrag der Verlängerung des Radius R des Weltalls S_3 während der Zeit, in der die Rotation des Nebels einen Winkelgrad beträgt.

Für unsere Betrachtung kann die Krümmung des Raumes in der Nachbarschaft eines helicozylindrischen Hyperkörpers vernachlässigt werden. Der Ursprung unseres Koordinatensystems ist der Schnittpunkt der Achse der helicoidalen Direktrix eines speziellen Hyperzylinders mit dem Weltall, in diesem Augenblick t_0.

Das Koordinatensystem besitzt vier aufeinander senkrecht stehende Achsen. Die w-Achse ist die Achse der helicoidalen Direktrix des Hyperzylinders. Sie ist eine Normale zum Weltall S_3. Sie verbindet den Mittelpunkt der Hypersphäre S_3 (im vierdimensionalen Raum) mit dem Mittelpunkt des Nebels. Es ergibt sich daher eine formale Analogie zum Weylschen Modell[9]. Die z-Achse ist die Polarachse des Nebels; und x- und y-Achsen liegen in der Äquatorialebene des Nebels.

Der Schnitt des Grundraumes (2) mit dem Weltall S_3 zur Zeit t_0 kann gefunden werden, indem man $w = 0$ setzt. Das heisst, $0 = d^2 + \alpha$ oder $\alpha = -d^2$. Daher werden

$$\begin{aligned} x_0 &= \pm\, d \cos(-d^2) \\ y_0 &= \pm\, d \sin(-d^2) \\ z_0 &= z. \end{aligned} \tag{3}$$

Dies ist ein spiraliger Zylinder mit geraden Generatoren, die der z-Achse parallel verlaufen. Seine Direktrix kann graphisch gefunden werden, indem man die Werte für x und y in (3) bestimmt. Diese Werte sind in Abbildung 1 durch runde Punkte dargestellt. Diese Kurve sieht in ihrer Gestalt den Armen eines Spiralnebels sehr

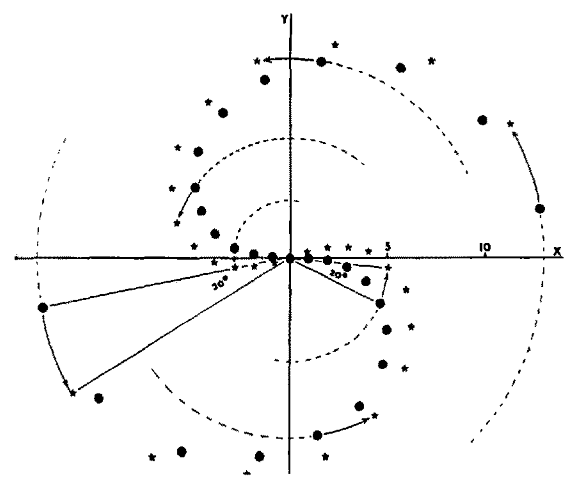

Abb. 1. Querschnitte durch die Direktrix des Grundraumes einer Hyperspirale (2) zur Zeit t_0 und zur Zeit t_{20}.

ähnlich. Zunächst ist der ganze spiralige Zylinder unendlich hoch in der z-Richtung. Jedoch sind die Nebel flache Linsen (ORT[10]). Daher wird als Grenzraum der ellipsoidale Hyperzylinder

$$\begin{aligned} z &= \sqrt{b^2 - b^2/r^2\,(x^2 + y^2)} \\ w &= w \end{aligned} \tag{4}$$

eingeführt. Er ist der geometrische Ort aller der w-Achse parallelen Geraden, die durch die Punkte der Oberfläche eines Ellipsoids gehen.

Der helicohyperzylindrische Raum bestimmt die Form der Arme des Nebels, während der ellipsoidale Hyperzylinder die Linsenform der Galaxie bestimmt. b ist die grösste Dicke (Länge der Polarachse) des Nebels, während r gleich dem Radius des starren Teils der Scheibe ist. Ein dreidimensionaler Schnitt des beschriebenen Hyperkörpers mit dem xyz-Raum ist schematisch in Abbildung 2 dargestellt.

Wenn sich das Weltall ausdehnt, dehnt sich auch sein Radius aus. Zur Zeit t_{20} zum Beispiel ist dieser Radius $R_{20} = R_0 + 20$ lang geworden und $w = 20$. Daher ist

$$\begin{aligned} x_{20} &= \pm\, d \cos(20 - d^2) \\ y_{20} &= \pm\, d \sin(20 - d^2) \\ z_{20} &= z. \end{aligned} \tag{5}$$

Tragen wir Werte für x_{20} und y_{20} in Abbildung 1 als kleine Sternchen ein, so sehen wir die Stellung der Arme des Nebels 20 Zeiteinheiten später. Die Pfeile in

---

[7] S – von dem lateinischen «spatium»

[8] Ein Querschnitt durch einen einfachen helicoidalen Hyperzylinder würde die Grundfigur eines einarmigen Nebels darstellen. Die doppelte Qualität jener Mannigfaltigkeit ist durch $\pm$-Zeichen ausgedrückt.

[9] H. WEYL, Physikal. Z. *24*, 230 (1923).

[10] J. H. OORT, Astrophys. J. *116*, 233 (1952).

der Abbildung 1 ergeben die scheinbare Bewegungsrichtung an. Wenn irgendeiner dieser Punkte ein Stern ist, der d-Längeneinheiten vom Mittelpunkt des Nebels entfernt ist, so hat dieser Stern einen Kreisbogen beschrieben. Die scheinbare Winkelgeschwindigkeit aller dieser Sterne, ganz abgesehen von ihrer Entfernung vom Zentrum, ist die gleiche. Es scheint sich nämlich jeder Stern in 20 Zeiteinheiten um 20° gedreht zu haben. Man sieht ferner, dass die Arme nachgezogen werden.

Abbildung 3 veranschaulicht, wie die scheinbare Rotation und Entwicklungsgeschichte eines Nebels zustande kommt. Veränderlichkeit des Koeffizienten m in (2) von grossen zu kleinen Werten und der Achsen b und r des Ellipsoids in (4), das heisst allmähliche Verkleinerung von b und Vergrösserung von r von einem Urzustand, wo $b = r$ war, ergeben einen allmählichen Übergang von einer dichten, fast homogenen Kugel zu einer offenen, flachen Spirale während des Gleitens des Weltalls über aufeinanderfolgende Niveaux der Hyperspirale.

Demnach ist ein Spiralnebel eine Raumportion, die aus dem Weltall ausgeschnitten ist, durch Sektion mit einem speziellen, vierdimensionalen Gebilde. Innerhalb dieser Raumportion herrscht die Newtonsche Mechanik. Aber die gesamte Portion scheint gegen das Weltall unabhängig von ihm zu rotieren. Die Keplerschen Bewegungen in den peripheren Teilen der Nebel können verstanden werden, indem man annimmt, dass der ellipsoidale Hyperzylinder (4) nahe der Peripherie unscharf begrenzt ist oder auch dass die peripheren Sterne und Nebelmassen nicht zu dem Spiralnebel selbst gehören, sondern seine Satelliten sind.

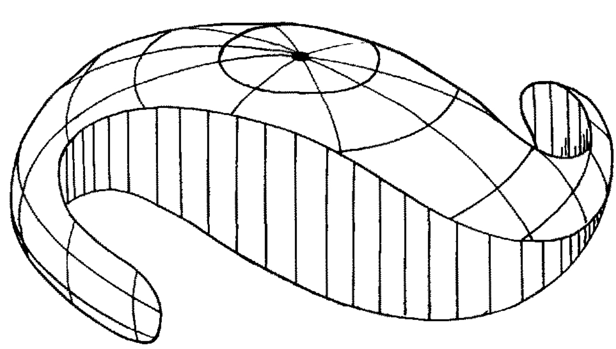

Abb. 2. Schematische Darstellung eines Querschnittes eines dreidimensionalen Raumes durch einen Hyperkörper, der um (2) aufgebaut und von (4) begrenzt ist.

Die Anerkennung des vierdimensionalen Raumes als einer geometrisch-physikalischen Realität und die hier vorgeschlagene Methode der Extrapolation verspricht weitere Anwendungen in der Kosmologie und der Physik. Nur *eine* derartige, mögliche Anwendung sei hier angeführt: Nimmt man nämlich an, dass im vierdimensionalen Raum Stoff gleichmässig verteilt ist, so ist es fast selbstverständlich, dass während der Ausdehnung der Hypersphäre «Weltall» Teile des ursprünglich «aussen» gelegenen Stoffes in das Weltall aufgenommen werden.

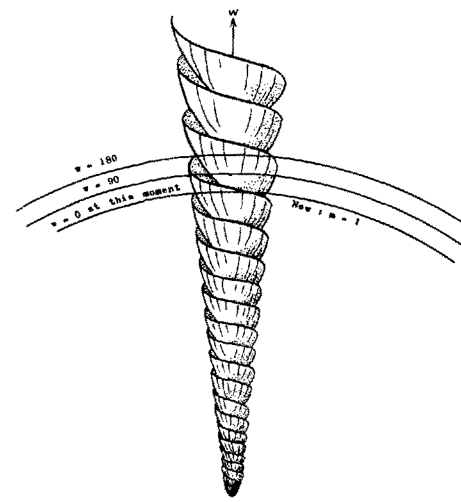

Abb. 3. Stereogramm der Direktrix des Grundraumes (2) mit veränderlichem m. m ist anfänglich (unten) gross und wird immer kleiner, so dass sich die helicoidale Direktrix für steigende Werte von w ausbreitet. Diese Figur veranschaulicht die Evolution und scheinbare Rotation der Spiralnebel. Die drei Kreisbogen stellen drei verschiedene Stellungen des sich ausdehnenden Weltalls dar.

Es wird daher die unangenehm mysteriöse «continuous creation» von HOYLE, BONDI und GOLD zu einem Wachstum des Weltalls durch Intussuszeption vorher vorhandenen Stoffes. Das «Verschwinden» von Stoff während einer atomischen Explosion wird zu einem Transport desselben auf die konkave Seite des Weltalls. Die dabei erzeugte Energie wird ein Beitrag zur Expansionsarbeit des Weltalls. Wir können daher wieder zu dem alten «ex nihilo nihil» zurückkehren.

H. ELIAS

The Chicago Medical School, Department of Anatomy, Chicago, den 29. Dezember 1955.

Summary

The expanding universe is considered to be a hypersphere immersed in a four dimensional space. An attempt is made to explain the rigid rotation of spiral and barred nebulae, not well understood on the basis of classical physics, by assuming that the geometrical solid "nebula" is a section of the universe through a four dimensional hypersolid of helicoidal curvature. Further applications of the extrapolation method to cosmology are suggested.