JEAN-PIERRE PETIT

DIE ABENTEUER DES ANSELM WÜßTEGERN

Wissen ohne Grenzen

Gemeinnützige Vereinigung, die 2005 gegründet wurde und von zwei französischen Wissenschaftlern geleitet wird. Ziel: Verbreitung wissenschaftlicher Erkenntnisse mit Hilfe des Bandes, das durch kostenlos herunterladbare PDFs gezogen wird. Im Jahr 2020: 565 Übersetzungen in 40 Sprachen wurden so erreicht. Mit mehr als 500.000 Downloads.

Jean-Pierre Petit **Gilles d'Agostini**

Die Vereinigung ist vollkommen freiwillig. Das Geld wird vollständig den Übersetzern gespendet.

Um eine Spende zu tätigen, verwenden Sie die PayPal-Schaltfläche auf der Startseite:

http://www.savoir-sans-frontieres.com

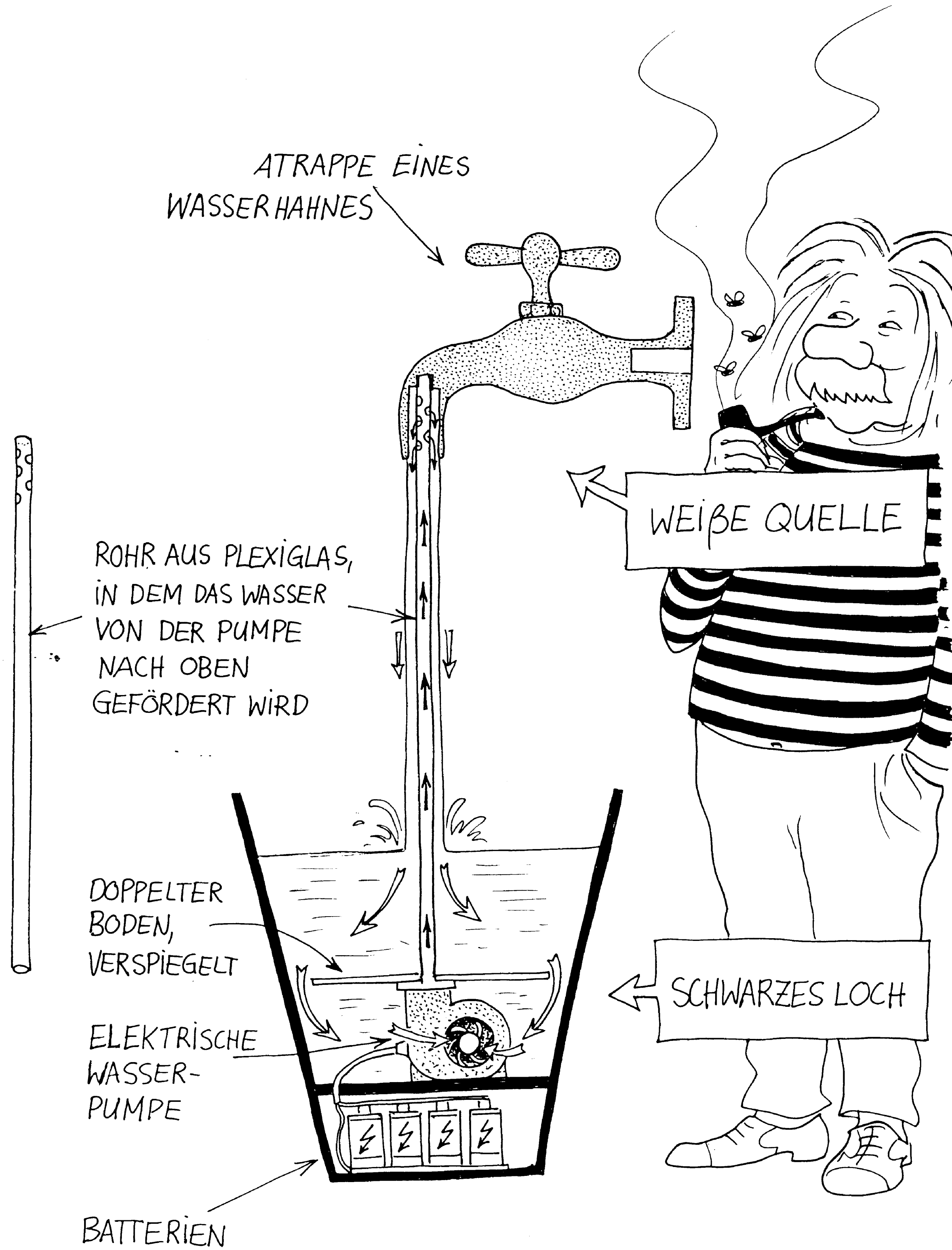
Die Vereinigung « Wissen ohne Grenzen », gegründet und unter dem Vorsitz von Professor Jean-Pierre Petit, Astrophysiker, hat zum Ziel, wissenschaftliches und technisches Wissen in der größtmöglichen Zahl von Ländern und Sprachen zu verbreiten. Zu diesem Zweck hat Professor Jean-Pierre Petit sein gesamtes populärwissentschaftliches Werk aus dreissig Jahren, und im besonderen die illustrierten Alben, frei zugänglich gemacht. Dementsprechend ist ein jeder frei, die vorliegende Datei zu vervielfältigen, entweder in digitaler Form oder in Form gedruckter Kopien und sie in Bibliotheken oder im Rahmen von Schule, Universität oder Vereinen zu verbreiten, deren Ziel die gleichen sind wie von « Wissen ohne Grenzen », unter der Bedingung, daraus keinen Profit zu erzielen und ohne dass ihre Verbreitung eine politische, sektiererische oder religiöse Konnotation beinhaltet. Diese Dateien im Format pdf können auch ins Computernetzwerk von Schul- oder Universitätsbibliotheken gestellt werden.

Jean-Pierre Petit plant zahlreiche weitere Werke, zugänglich für ein noch größeres Publikum. Einige werden selbst von Analphabeten gelesen werden können, dadurch, daß die Textepartien "zu sprechen beginnen" sobald ein Klick auf sie erfolgt. Diese Werke werden also als Stütze zur Alphabetisierung verwendet werden können. Andere Alben werden « zweisprachig » sein, indem man durch einen einfachen Klick von einer Sprache zur anderen wechseln kann, nachdem die Sprachkombination zuvor gewählt wurde. So entsteht eine neue Stütze zum Erlernen von Fremdsprachen.

Jean-Pierre Petit ist 1937 geboren. Er hat seine berufliche Laufbahn in der französischen Wissenschaft gemacht. Er ist Plasmaphysiker gewesen (plasma physicist), hat ein Informatikzentrum geleitet, Programme entwickelt, hunderte von Artikeln der unterschiedlichsten Wissensgebiete in wissentschaftlichen Zeitschriften veröffentlicht, von der Mechanik der Flüssigkeiten bis zur theorhetischen Kosmologie reichend. Er hat ungefähr dreissig Werke veröffentlicht, die in eine Vielzahl von Sprachen übersetzt wurden.

Kontakt zu « Wissen ohne Grenzen » kann über die Website http://www.savoir-sans-frontieres.com aufgenommen werden.


Der Hahn scheint frei im Raum zu schweben. Woher kommt das Wasser, das aus ihm fließt?
Hmm....
Und wohin geht das Wasser, da der Eimer nicht überläuft?
Erstaunlich, wie es fließt!


ATRAPPE EINES WASSERHAHNES
WEIßE QUELLE
ROHR AUS PLEXIGLAS, IN DEM DAS WASSER VON DER PUMPE NACH OBEN GEFÖRDERT WIRD
DOPPELTER BODEN, VERSPIEGELT
SCHWARZES LOCH
ELEKTRISCHE WASSER-PUMPE
BATTERIEN

Was machen Sie da, Herr Albert?
Setz Dich, Anselm!
Was ist das?
Das Cosmol, Anselm, das Cosmol. Es öffnet die Tür.
Die Tür? Welche Tür? Ich verstehe nicht.
Verstehen! Ach ja, ... verstehen...
Die anderen sagen: logischer Gang ... das ist Wahnsinn!
allein... das Cosmol... öffnet die Tür...
...Wahnsinn...
Die Tür, ja die Tür...


… vom großen Universum.
… Universum …
COSM
… Universum …
Herr Albert!
Sophie!
Hm …
Wieder diese Wolken!

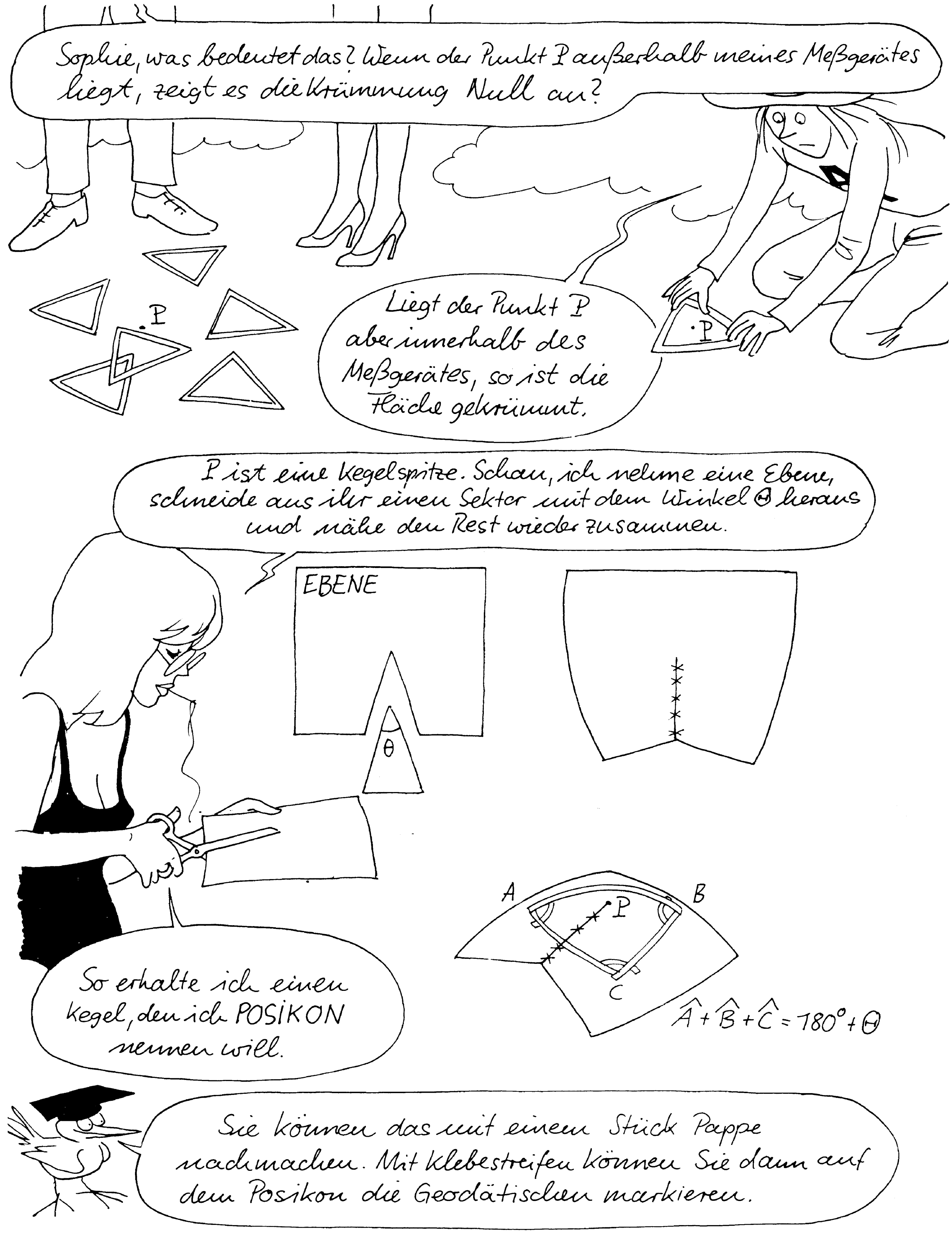
Einmal mehr macht sich Anselm auf den Weg, um im Nebel liegende Welten zu erforschen.

Eine Fläche ist ein zweidimensionaler Raum. Das heißt, man braucht zwei Größen (zwei Koordinaten), um die Lage eines Punktes anzugeben.

(*) Mehr darüber findet man in dem Buch „DAS GEOMETRIKON" vom gleichen Autor im gleichen Verlag.

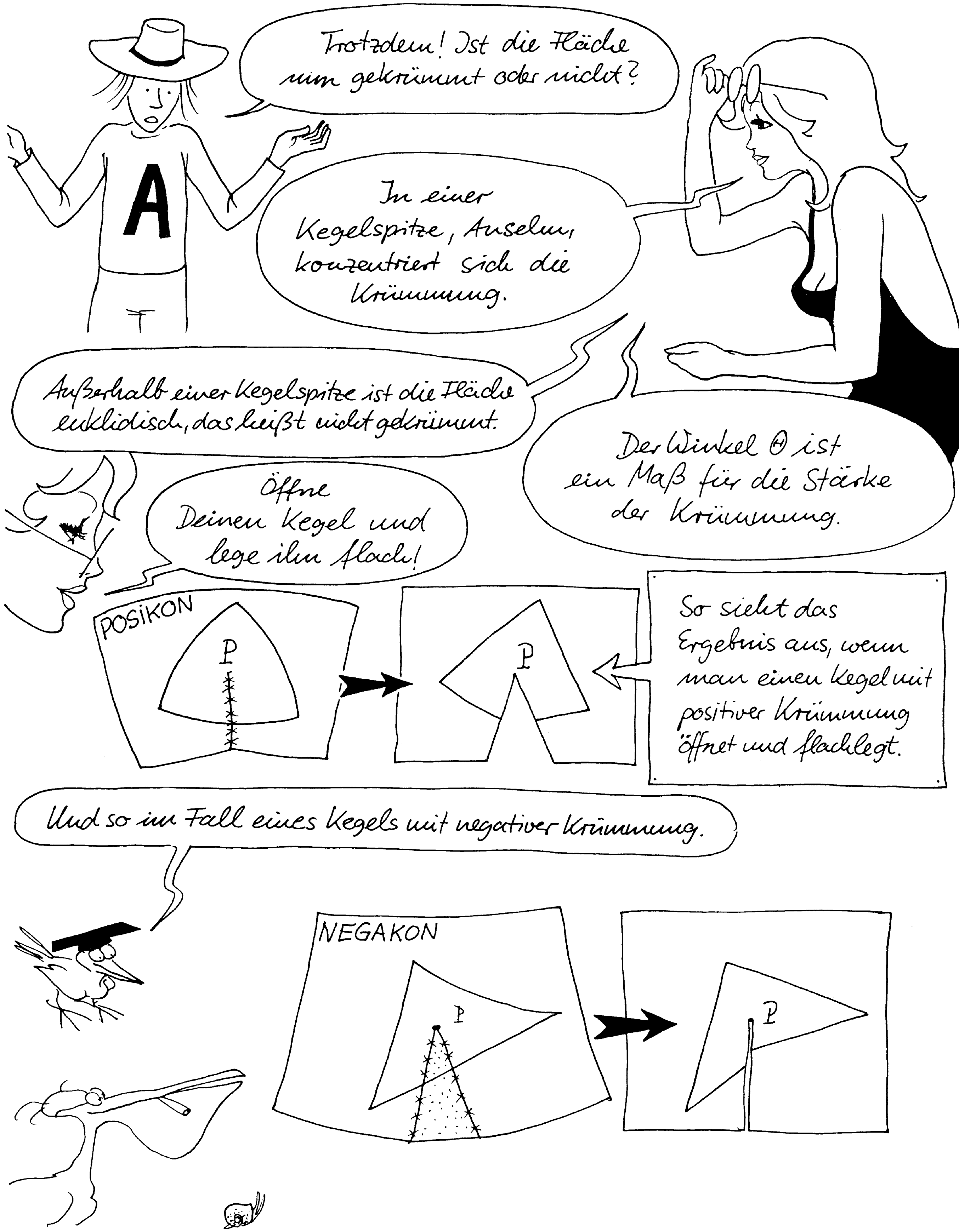
Diese Beule, behutsam in eine Ebene gedrückt, besteht aus einer Zone mit positiver Krümmung und einer Zone mit negativer Krümmung.

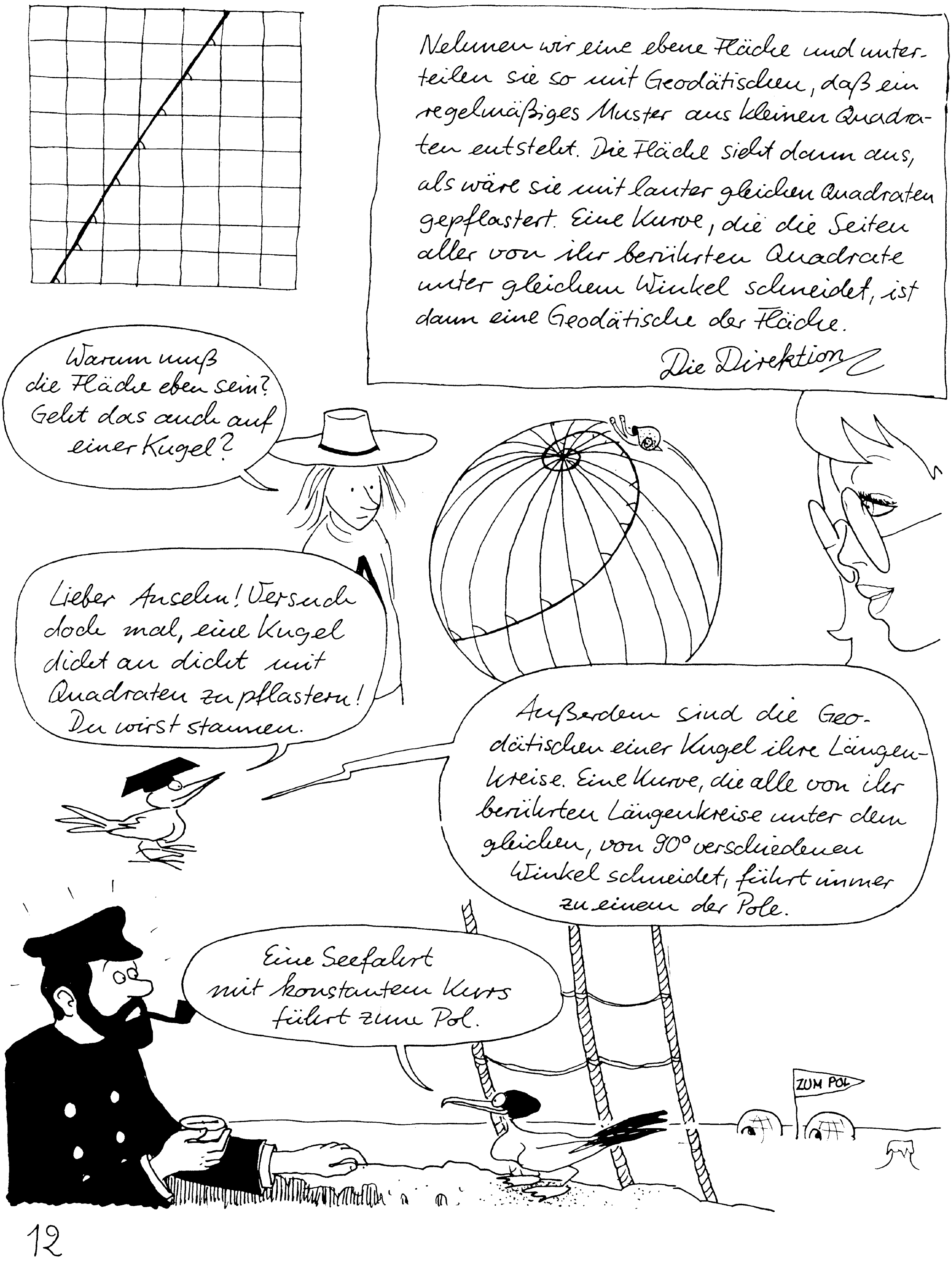
KEGELSPITZEN

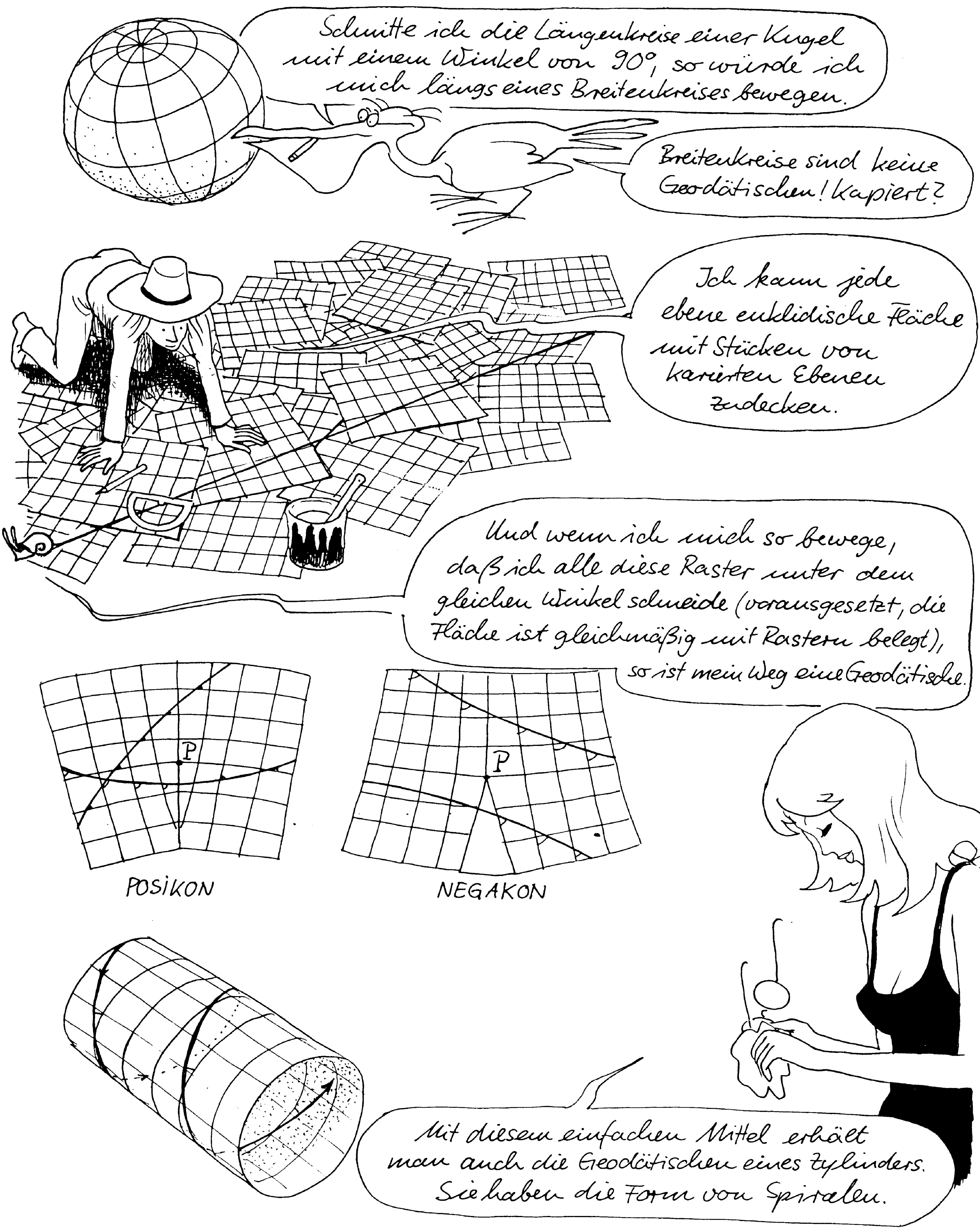


Sophie, was bedeutet das? Wenn der Punkt P außerhalb meines Meßgerätes liegt, zeigt es die Krümmung Null an?
P
Liegt der Punkt P aber innerhalb des Meßgerätes, so ist die Fläche gekrümmt.
P
P ist eine Kegelspitze. Schau, ich nehme eine Ebene, schneide aus ihr einen Sektor mit dem Winkel Θ heraus und nähe den Rest wieder zusammen.
EBENE
θ
So erhalte ich einen Kegel, den ich POSIKON nennen will.
A
B
P
C
$\hat{A}+\hat{B}+\hat{C}=180°+\Theta$
Sie können das mit einem Stück Pappe nachmachen. Mit Klebestreifen können Sie dann auf dem Posikon die Geodätischen markieren.

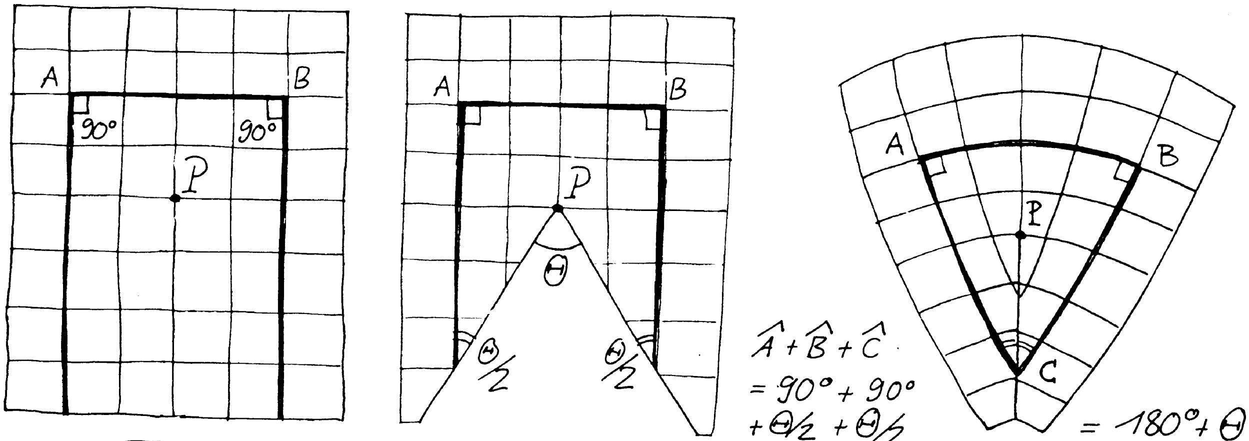

Also, wenn mein Dreieck die Spitze eines Kegels enthält, so ist die Summe seiner Winkel größer als 180°.
P
θ
P
θ
Nicht so schnell! Ich nehme eine neue Ebene, schneide sie ein und nähe den Sektor mit dem Winkel Θ in den Schlitz.
Dann ergibt das ein Negakon?
P
Wenn mein Dreieck jetzt den Punkt P umgibt, beträgt die Winkelsumme 180° − Θ.
P
Sobald aber der Punkt P außerhalb des Dreiecks liegt, beträgt die Winkelsumme wieder 180°.
Dieser Einfluß der Kegelspitze ist unabhängig davon, ob das Dreieck winzig oder riesig ist.


Trotzdem! Ist die Fläche nun gekrümmt oder nicht?
In einer Kegelspitze, Anselm, konzentriert sich die Krümmung.
Außerhalb einer Kegelspitze ist die Fläche euklidisch, das heißt nicht gekrümmt.
Der Winkel Θ ist ein Maß für die Stärke der Krümmung.
Öffne Deinen Kegel und lege ihn flach!
POSIKON
P
P
So sieht das Ergebnis aus, wenn man einen Kegel mit positiver Krümmung öffnet und flachlegt.
Und so im Fall eines Kegels mit negativer Krümmung.
NEGAKON
P
P


Nehmen wir eine ebene Fläche und unterteilen sie so mit Geodätischen, daß ein regelmäßiges Muster aus kleinen Quadraten entsteht. Die Fläche sieht dann aus, als wäre sie mit lauter gleichen Quadraten gepflastert. Eine Kurve, die die Seiten aller von ihr berührten Quadrate unter gleichem Winkel schneidet, ist dann eine Geodätische der Fläche.
Die Direktion
Warum muß die Fläche eben sein? Geht das auch auf einer Kugel?
Lieber Anselm! Versuch doch mal, eine Kugel dicht an dicht mit Quadraten zu pflastern! Du wirst staunen.
Außerdem sind die Geodätischen einer Kugel ihre Längenkreise. Eine Kurve, die alle von ihr berührten Längenkreise unter dem gleichen, von 90° verschiedenen Winkel schneidet, führt immer zu einem der Pole.
Eine Seefahrt mit konstantem Kurs führt zum Pol.
ZUM POL

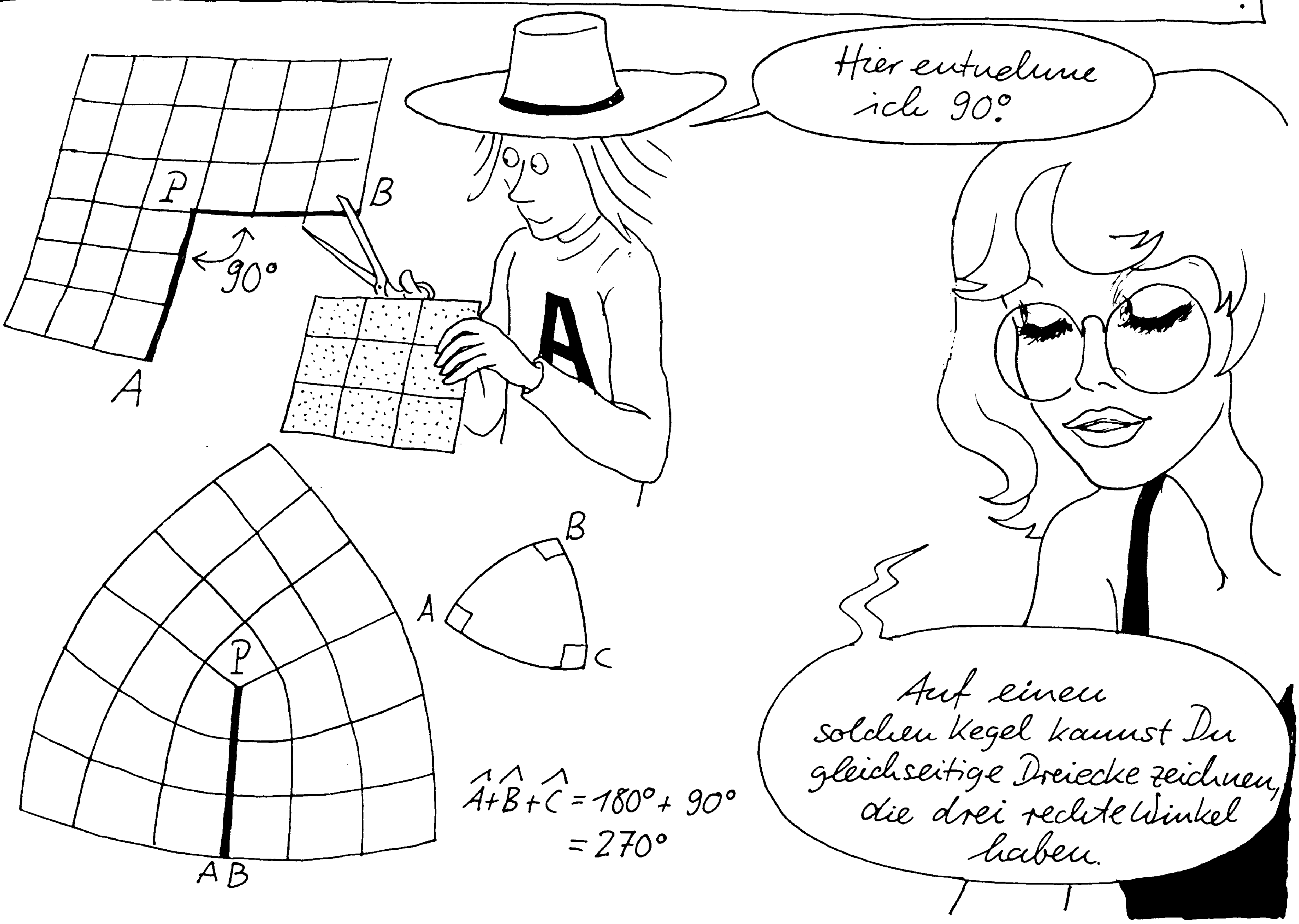

Schnitte ich die Längenkreise einer Kugel mit einem Winkel von 90°, so würde ich mich längs eines Breitenkreises bewegen.
Breitenkreise sind keine Geodätischen! Kapiert?
Ich kann jede ebene euklidische Fläche mit Stücken von karierten Ebenen zudecken.
Und wenn ich mich so bewege, daß ich alle diese Raster unter dem gleichen Winkel schneide (vorausgesetzt, die Fläche ist gleichmäßig mit Rastern belegt), so ist mein Weg eine Geodätische.
P
POSIKON
P
NEGAKON
Mit diesem einfachen Mittel erhält man auch die Geodätischen eines Zylinders. Sie haben die Form von Spiralen.

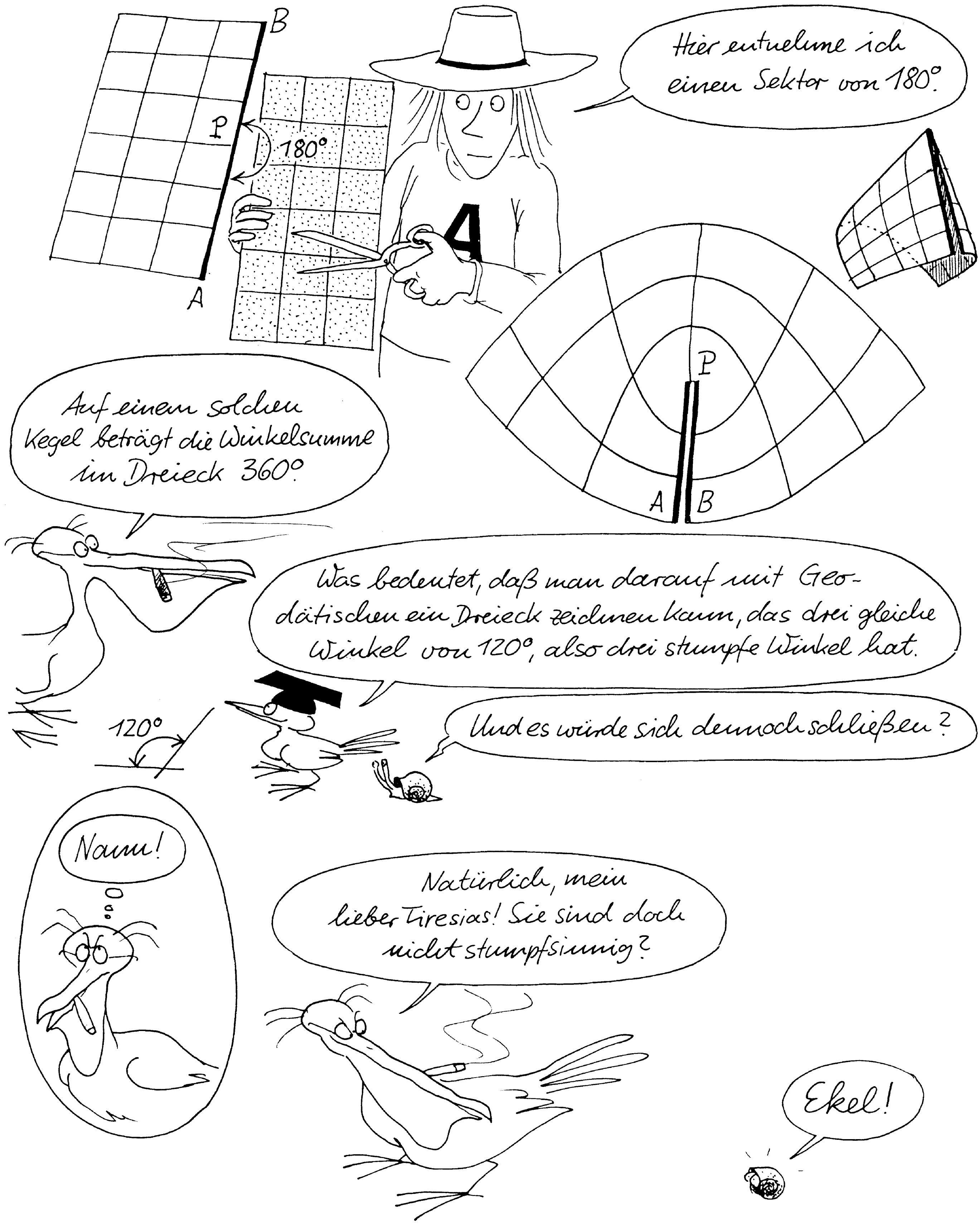
Hier sehen Sie, warum die Winkelsumme eines Dreiecks auf einem Posikon um den Winkel Θ größer ist als 180°.

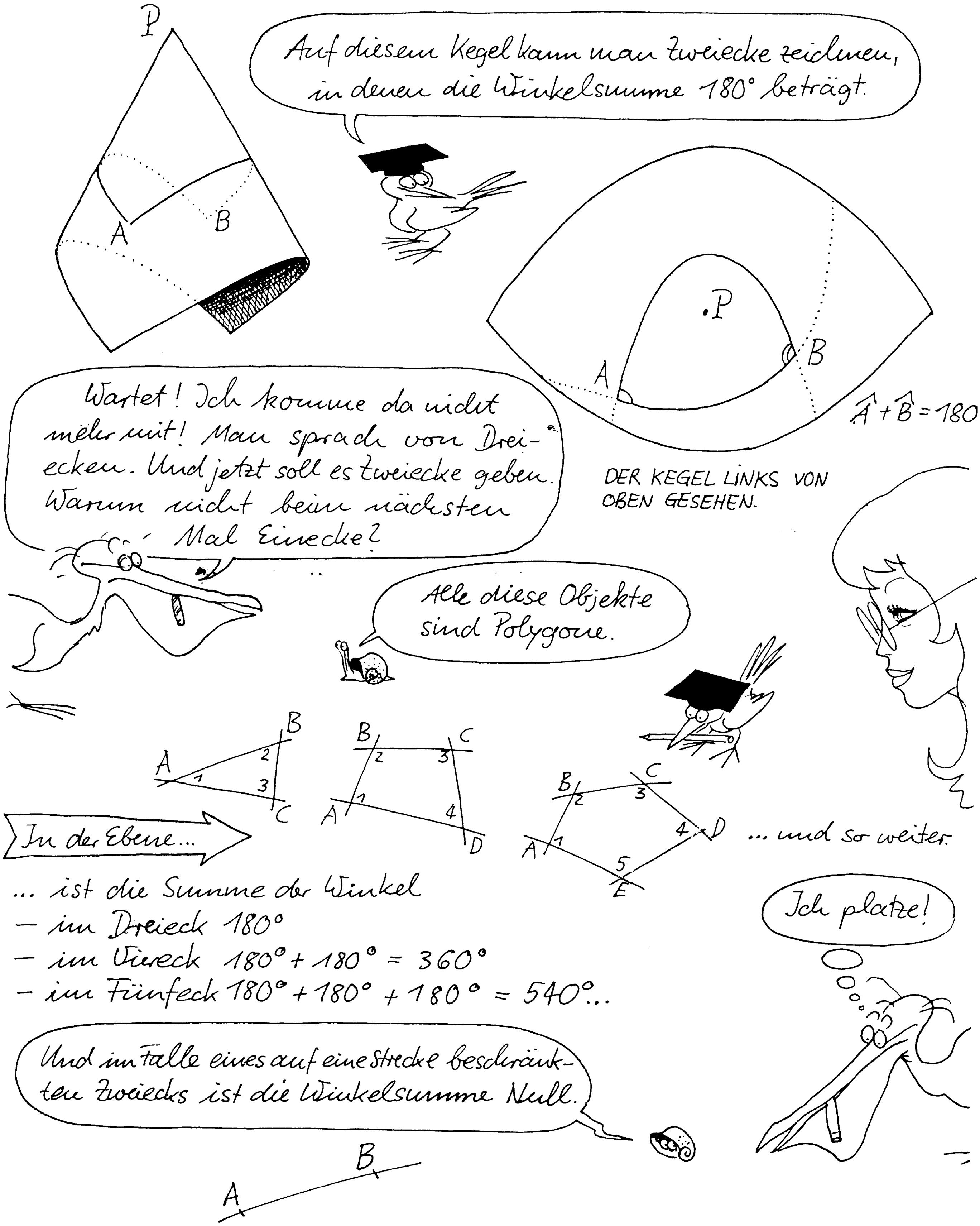


Anselm wird jetzt Kegel bauen, auf denen die Regelmäßigkeit des Rasters erhalten bleibt.

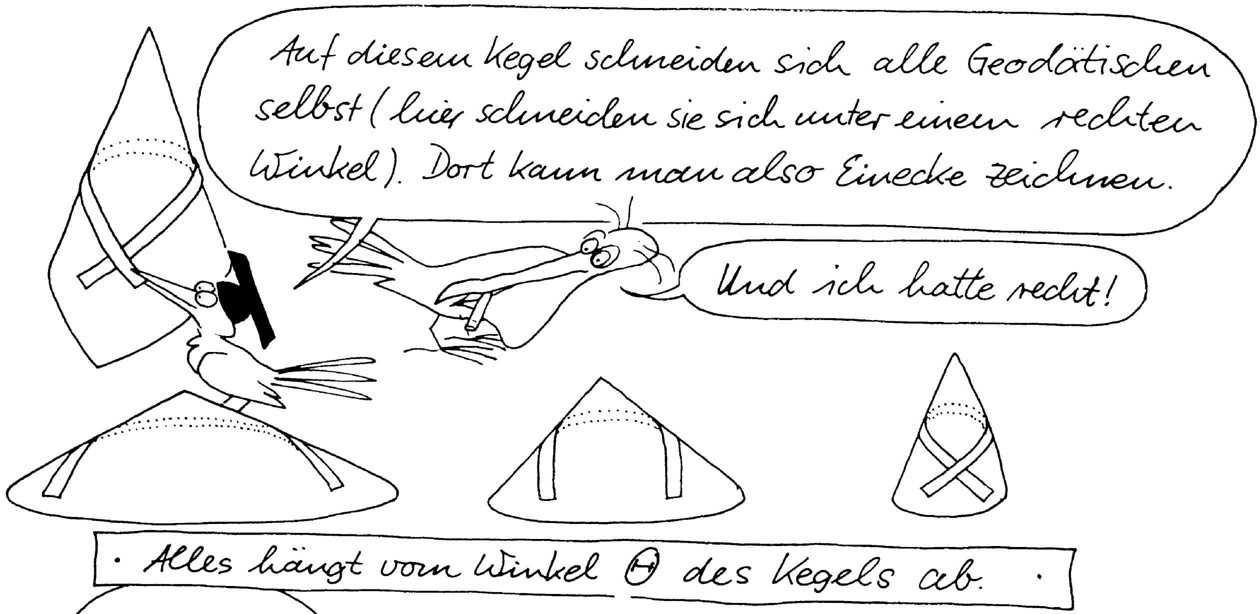
Die Direktion

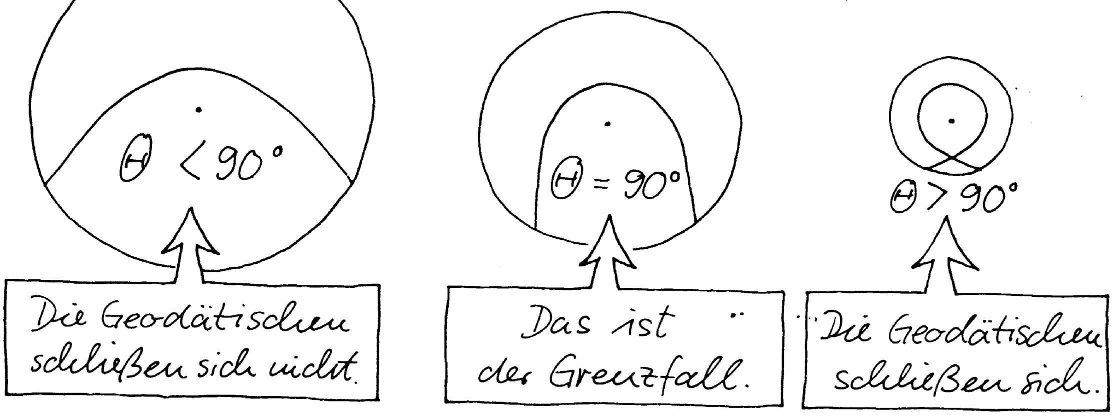



B
P
180°
A
Hier entnehme ich einen Sektor von 180°.
P
A
B
Auf einem solchen Kegel beträgt die Winkelsumme im Dreieck 360°.
Was bedeutet, daß man darauf mit Geodätischen ein Dreieck zeichnen kann, das drei gleiche Winkel von 120°, also drei stumpfe Winkel hat.
120°
Und es würde sich dennoch schließen?
Nann!
Natürlich, mein lieber Tiresias! Sie sind doch nicht stumpfsinnig?
Ekel!

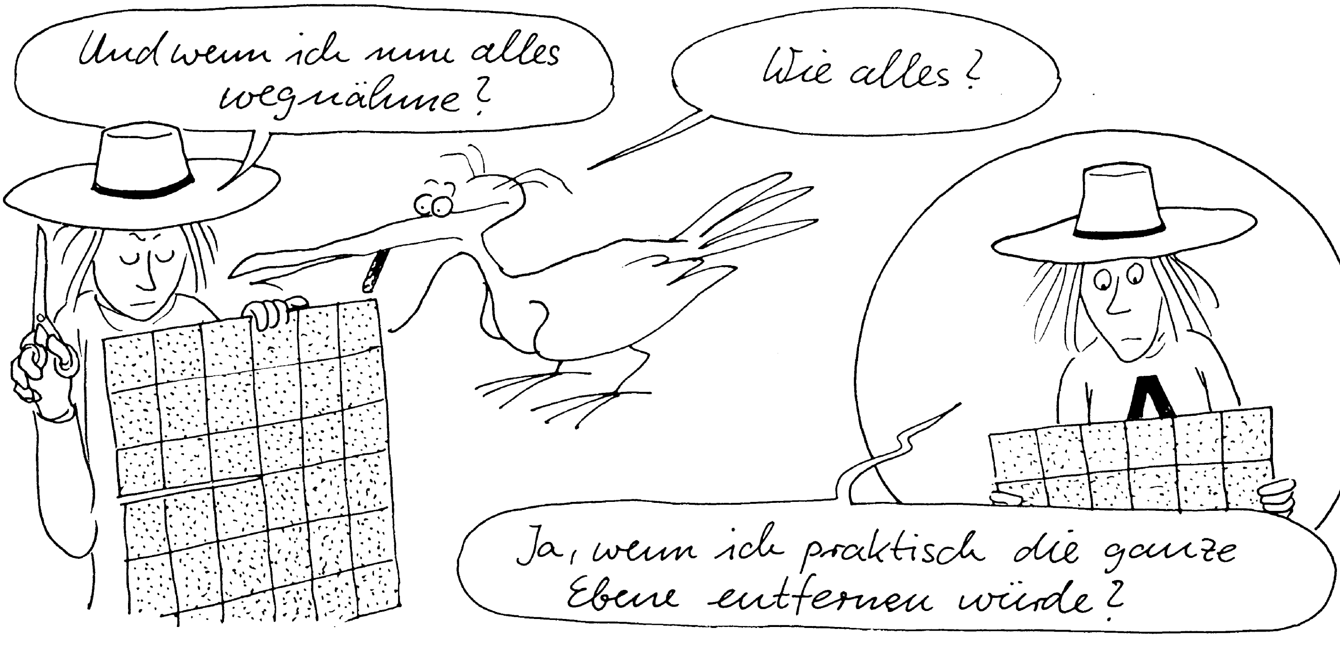

P
A
B
Auf diesem Kegel kann man Zweiecke zeichnen, in denen die Winkelsumme 180° beträgt.
P
A
B
Â + B̂ = 180
DER KEGEL LINKS VON OBEN GESEHEN.
Wartet! Ich komme da nicht mehr mit! Man sprach von Dreiecken. Und jetzt soll es Zweiecke geben. Warum nicht beim nächsten Mal Einecke?
Alle diese Objekte sind Polygone.
In der Ebene...
... und so weiter.
... ist die Summe der Winkel
– im Dreieck 180°
– im Viereck 180° + 180° = 360°
– im Fünfeck 180° + 180° + 180° = 540°...
Ich platze!
Und im Falle eines auf eine Strecke beschränkten Zweiecks ist die Winkelsumme Null.
A
B

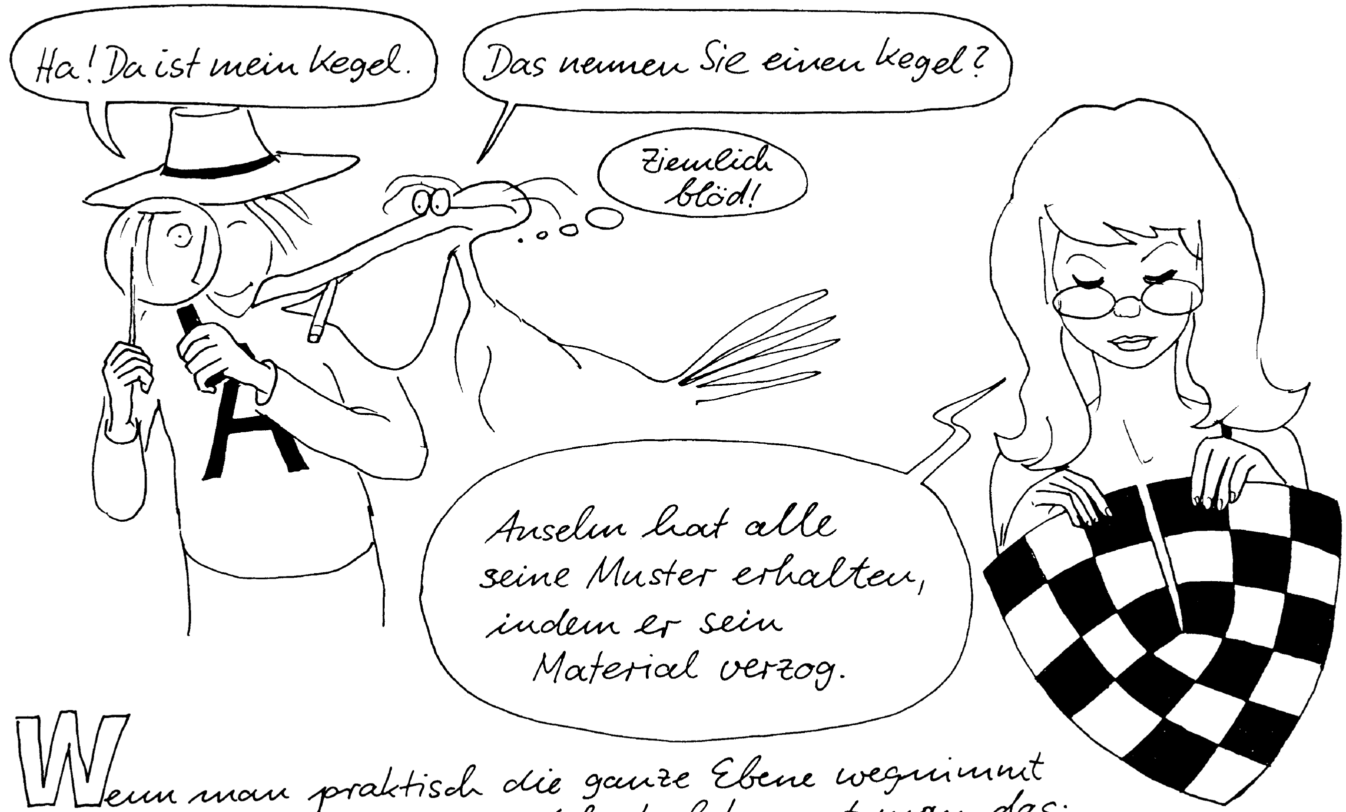

Warum für jede hinzugefügte Ecke 180° mehr?
2
180°
1
4
3
Wuiii
Das hier müßte Sie erleuchten.
So weit, so gut. Fahren wir fort!
Hier nehme ich jetzt drei Viertel der Ebene weg.
P
B A
Sieht aus wie eine Serviette.
Und wenn ich auf die Spitze schaue, ...
B
P
A
... so sieht Anselm das hier.


Auf diesem Kegel schneiden sich alle Geodätischen selbst (hier schneiden sie sich unter einem rechten Winkel). Dort kann man also Einecke zeichnen.
Und ich hatte recht!
· Alles hängt vom Winkel Θ des Kegels ab. ·

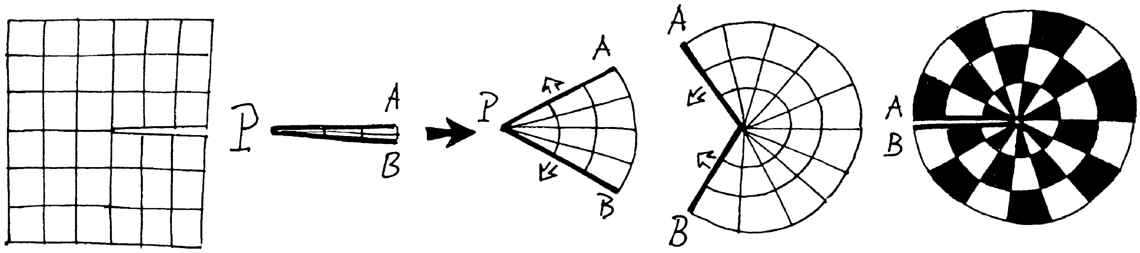

Θ < 90°
Θ = 90°
Θ > 90°
Die Geodätischen schließen sich nicht.
Das ist der Grenzfall.
Die Geodätischen schließen sich.

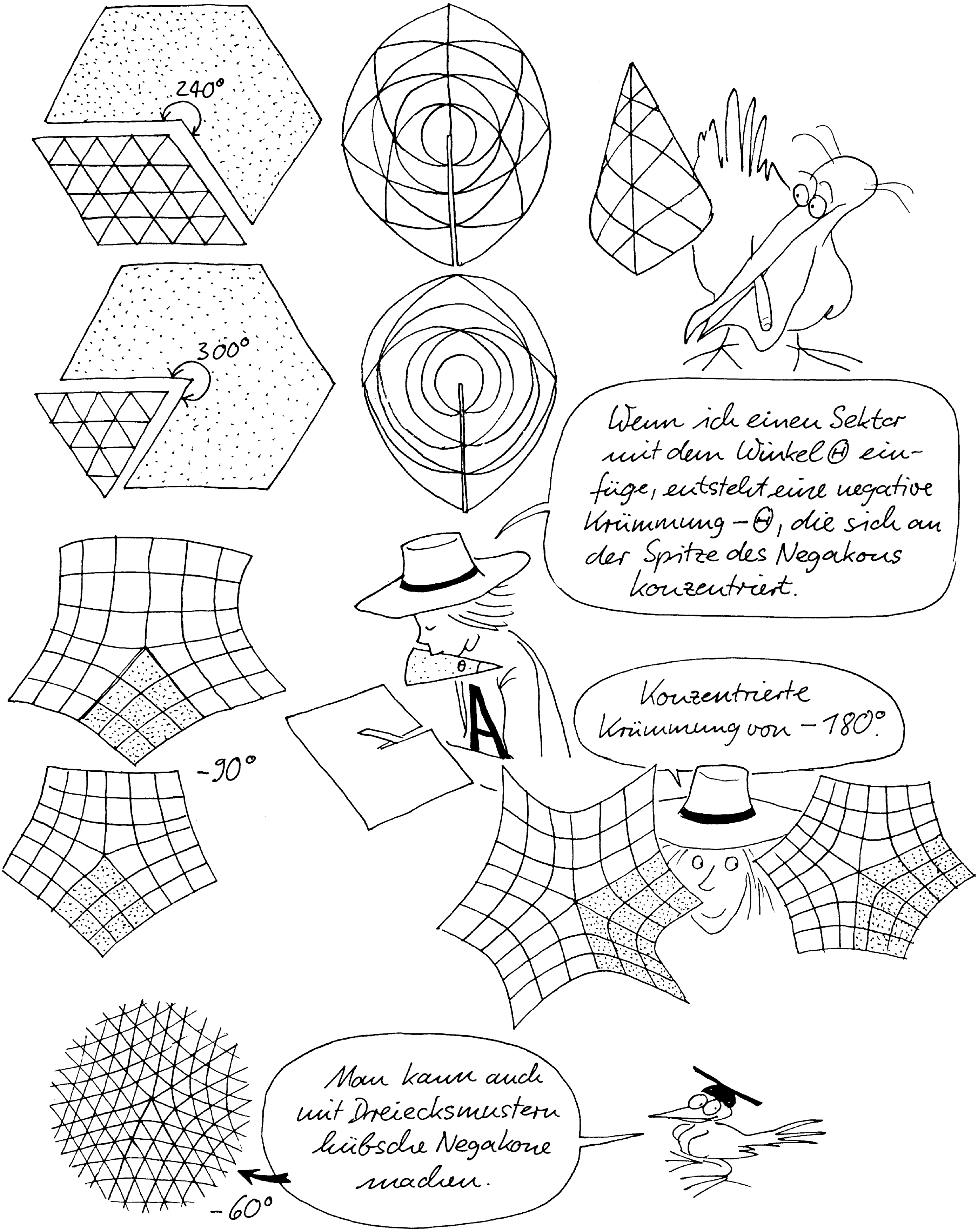
POLE

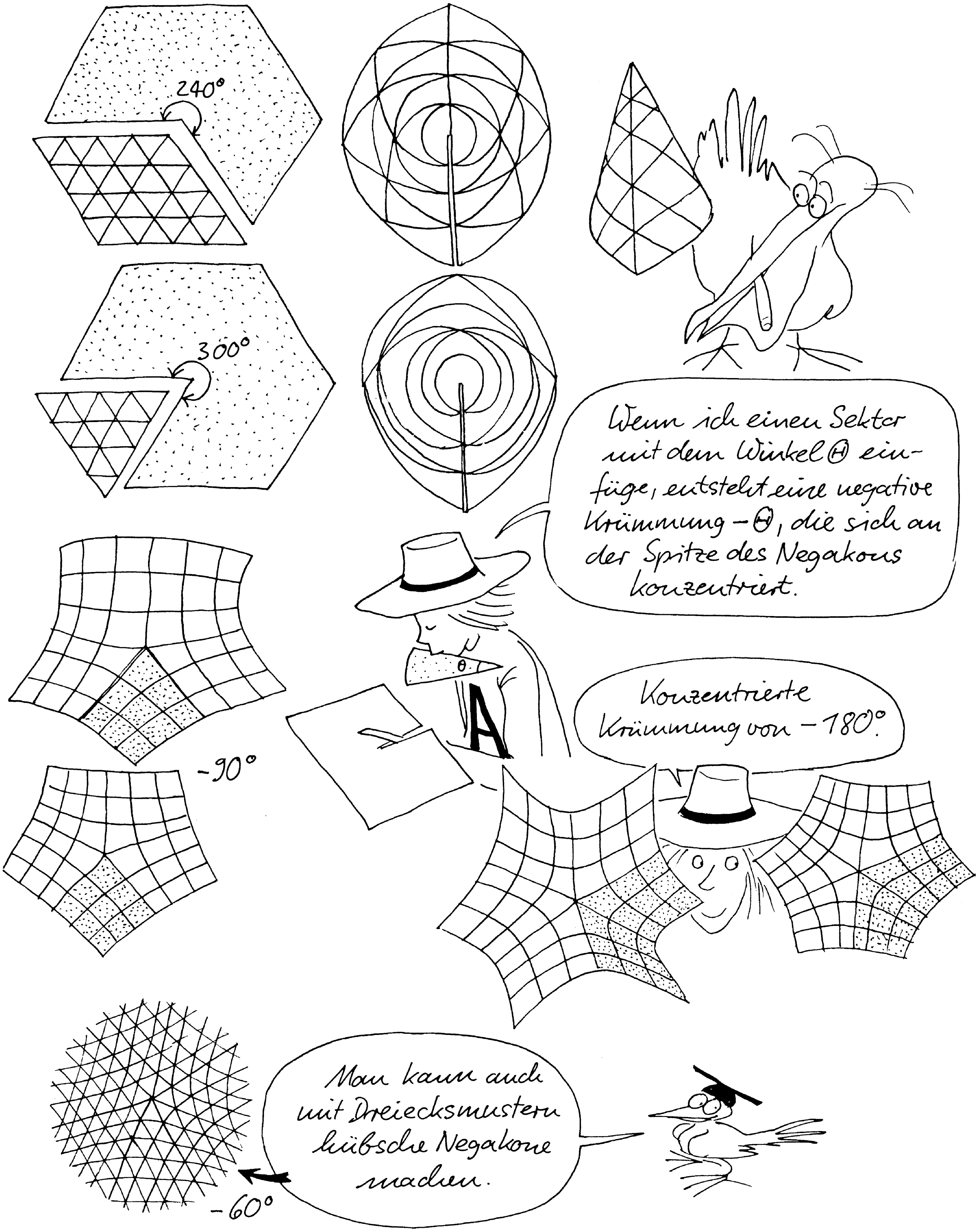

Und wenn ich nun alles wegnähme?
Wie alles?
Ja, wenn ich praktisch die ganze Ebene entfernen würde?



Wenn man praktisch die ganze Ebene wegnimmt und den Rest fächerförmig dehnt, bekommt man das:

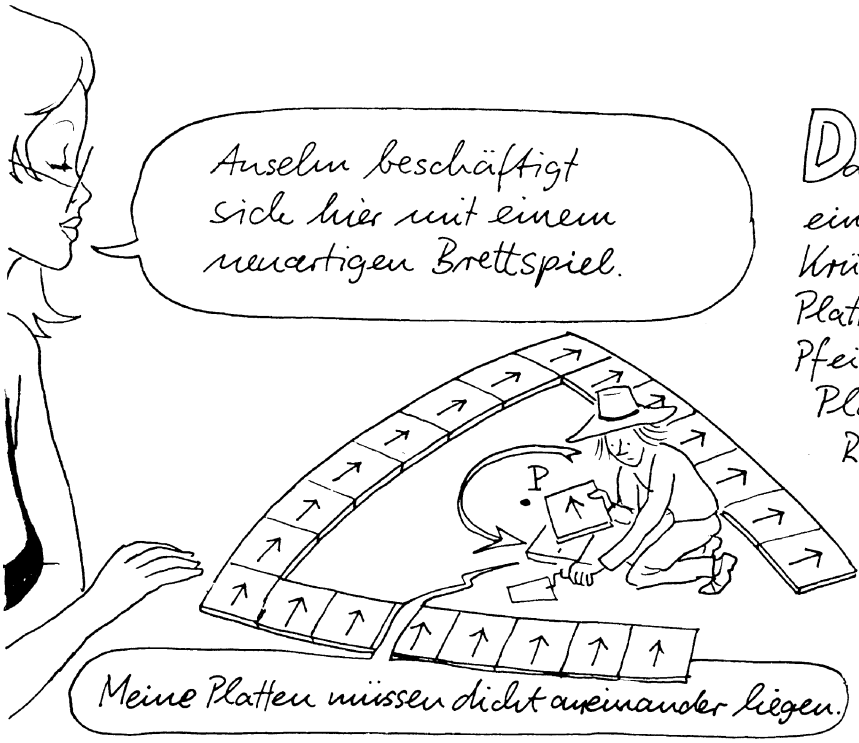



240°
300°
Wenn ich einen Sektor mit dem Winkel Θ ein-füge, entsteht eine negative Krümmung −Θ, die sich an der Spitze des Negakons konzentriert.
θ
A
−90°
Konzentrierte Krümmung von −180°.
Man kann auch mit Dreiecksmustern hübsche Negakone machen.
−60°



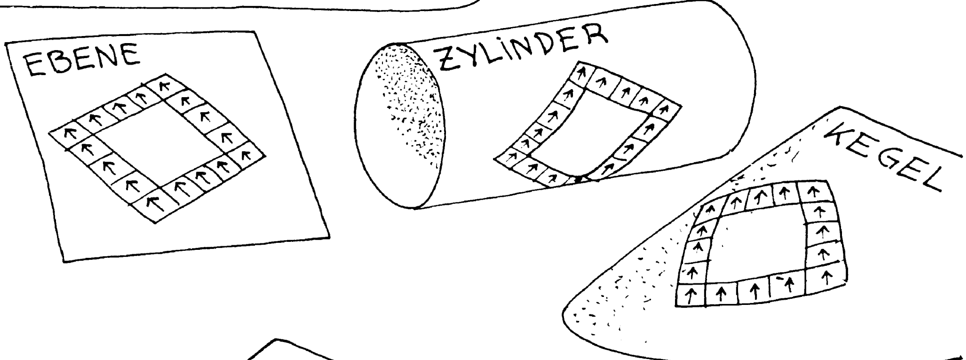
240°
300°
Wenn ich einen Sektor mit dem Winkel Θ einfüge, entsteht eine negative Krümmung −Θ, die sich an der Spitze des Negakons konzentriert.
θ
A
−90°
Konzentrierte Krümmung von −180°.
Man kann auch mit Dreiecksmustern hübsche Negakone machen.
−60°

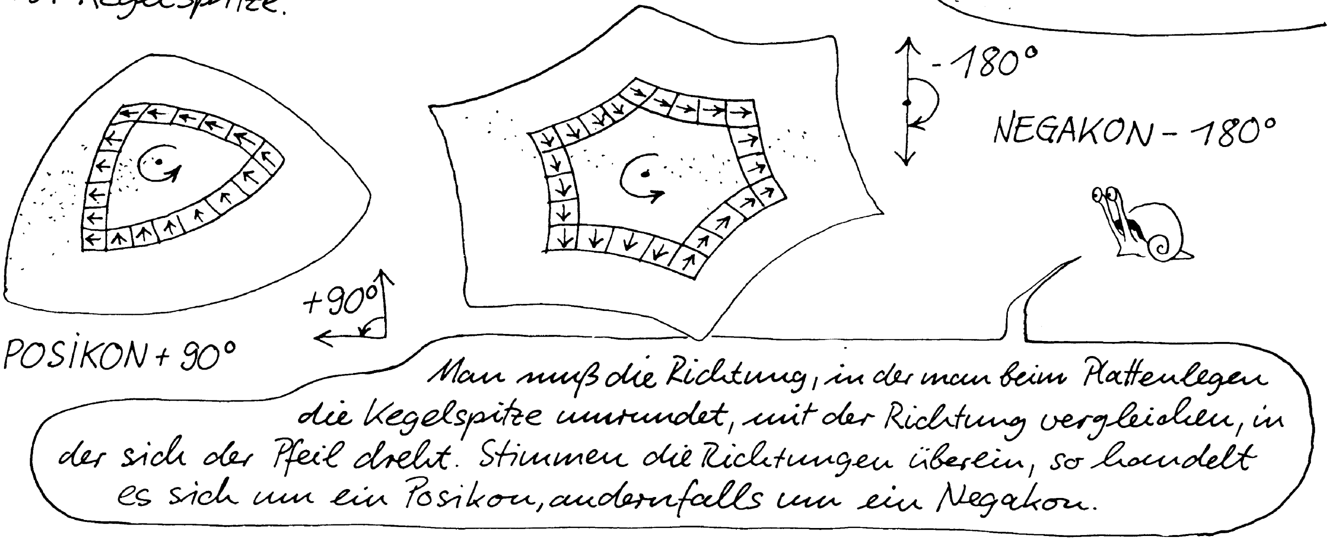
MESSUNG DER KRÜMMUNG



Das Spiel besteht darin, einen Punkt, in dem sich Krümmung konzentriert, so mit Platten zu umgeben, daß die Pfeile auf benachbarten Platten immer in die gleiche Richtung weisen. Wenn man den Punkt umrundet hat, so ist der Winkel, um den sich der Pfeil gedreht hat, ein Maß für die Krümmung Θ.

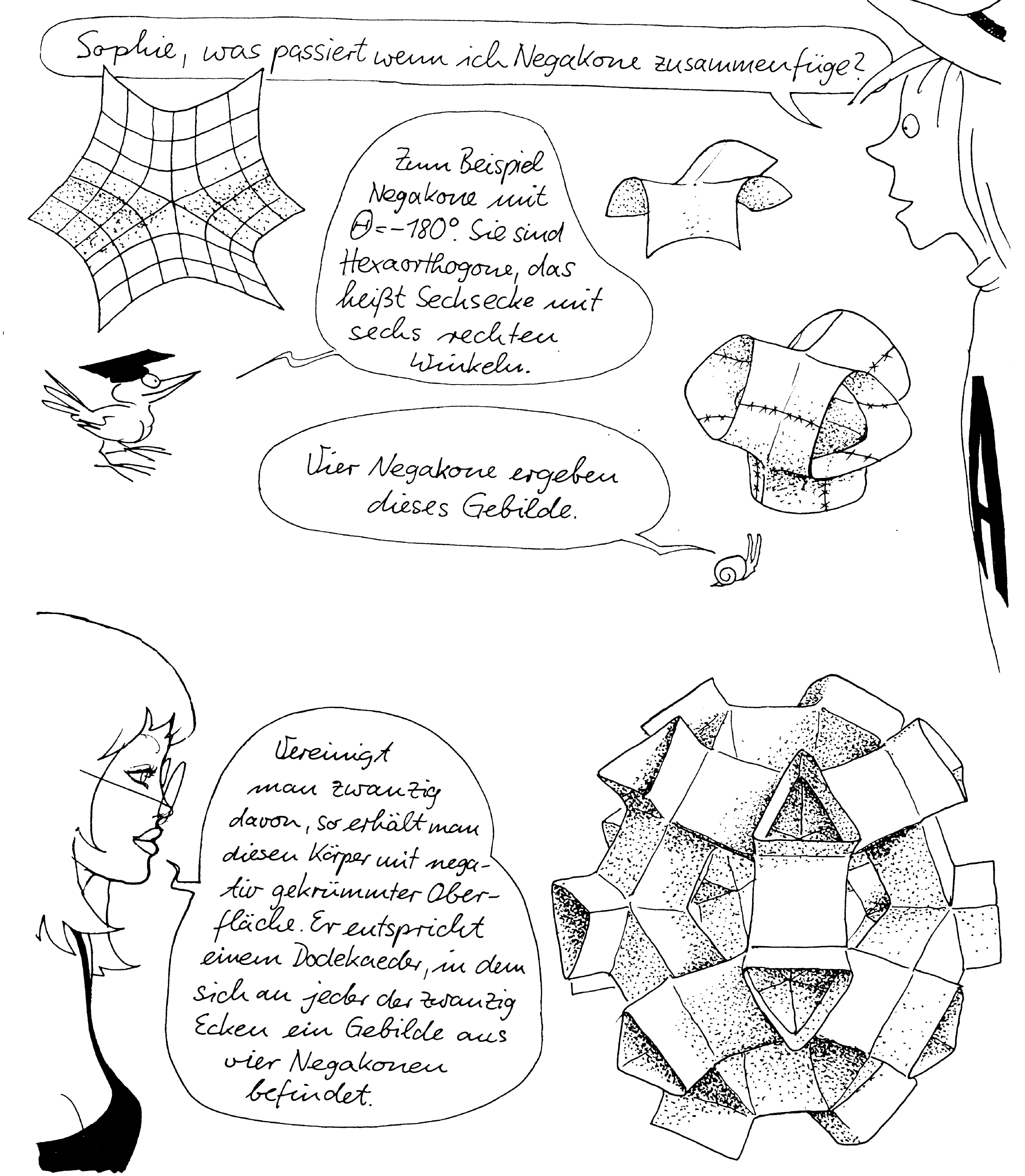
Einige Beispiele für die Krümmung Null: Ebene, Zylinder, Kegel außerhalb der Kegelspitze.



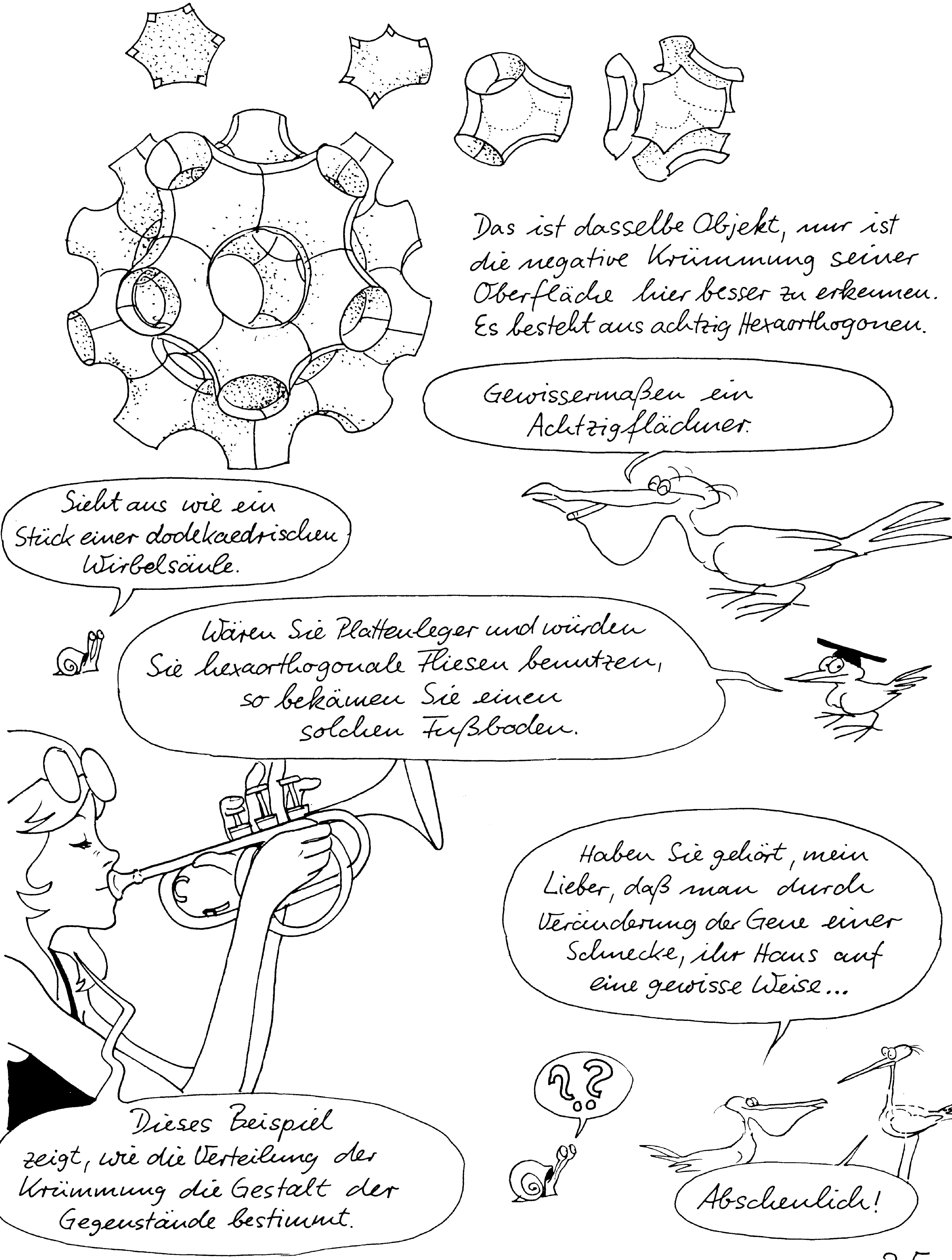



Ich werde Posikone mit sehr kleinen Winkeln Θ herstellen...
Sozusagen Ensembles aus Krümmungsatomen.
C
A
B
... und werde sie zusammenkleben.
LEIM
Ich erhalte dann Flächen, auf denen ich mit Klebeband Dreiecke aus Geodätischen markieren werde.
Die Summe der Winkel in einem solchen Dreieck übersteigt um 180° die Winkelsumme der Elementarkegel, deren Spitzen im Dreieck enthalten sind.
Die Direktion
Das, was wir gewöhnlich eine gekrümmte Fläche nennen, kann man als Verband einer sehr großen Zahl von Mikrokegeln ansehen.
Man kann auch Negakone unter sich oder Posikone und Negakone zusammenfügen. In diesen Fällen beträgt die Winkelsumme im Dreieck 180° vermehrt um die Krümmung, die es enthält.

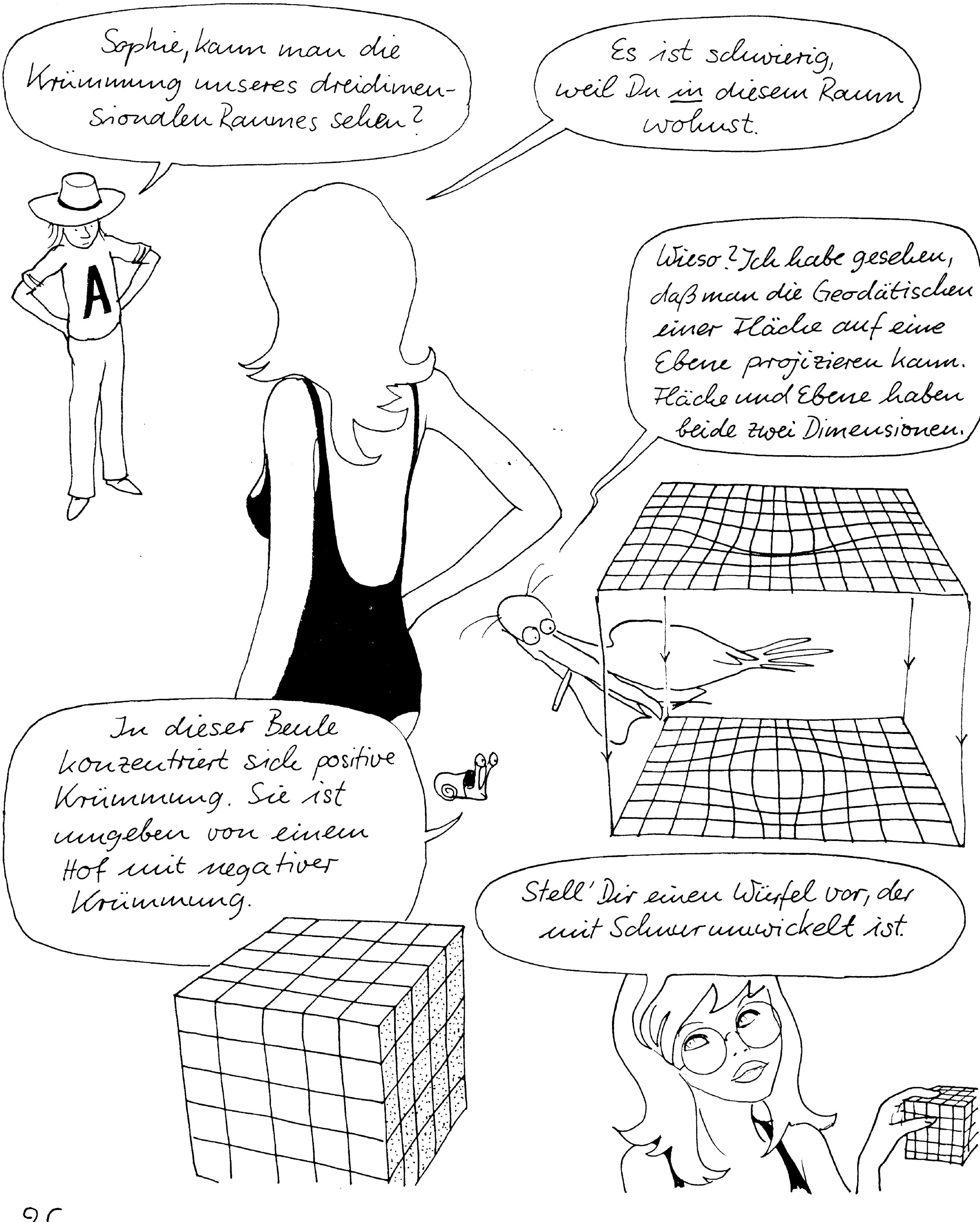
FLICKWERK

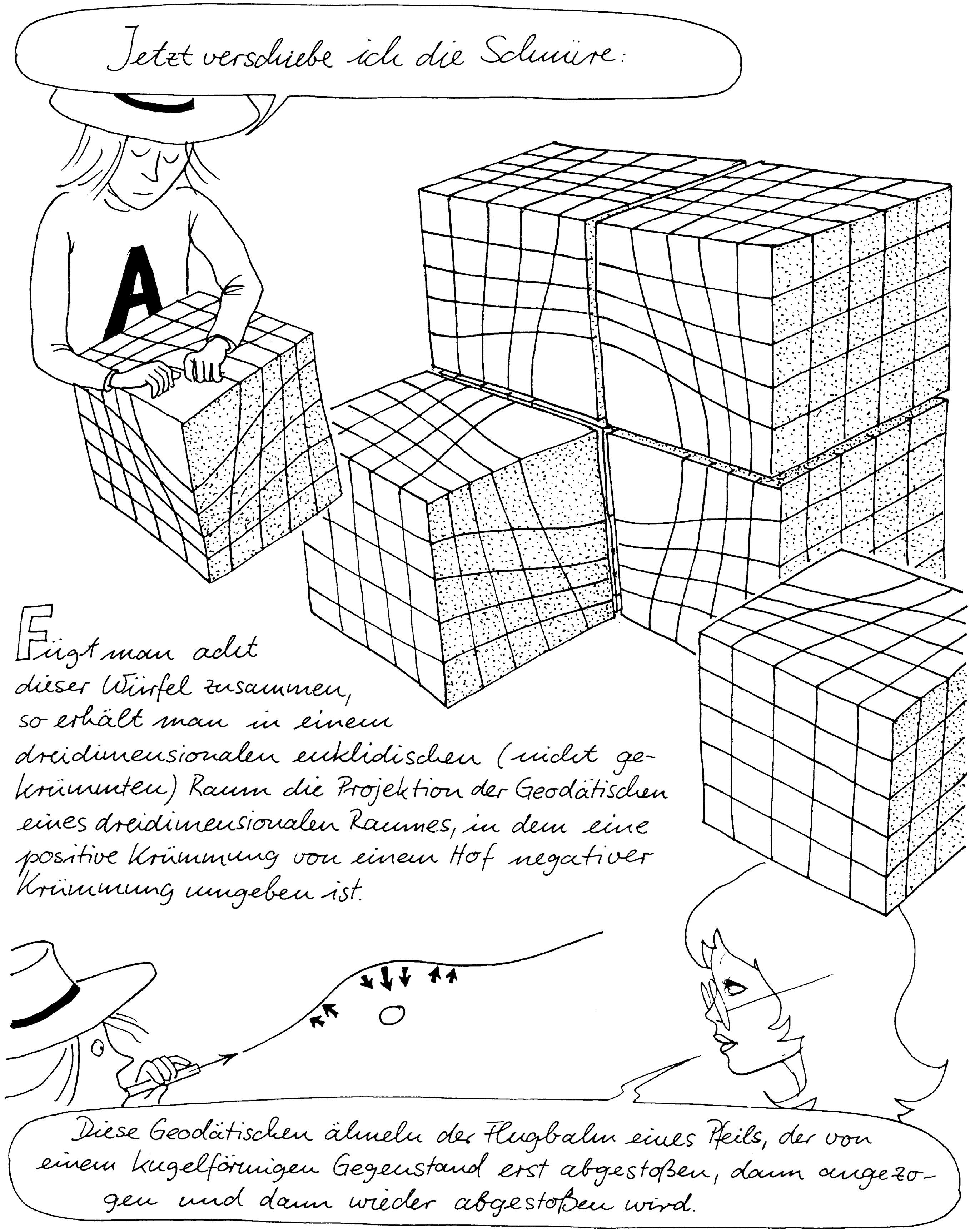


Sophie, was passiert wenn ich Negakone zusammenfüge?
Zum Beispiel Negakone mit Θ=−180°. Sie sind Hexaorthogone, das heißt Sechsecke mit sechs rechten Winkeln.
Vier Negakone ergeben dieses Gebilde.
Vereinigt man zwanzig davon, so erhält man diesen Körper mit negativ gekrümmter Oberfläche. Er entspricht einem Dodekaeder, in dem sich an jeder der zwanzig Ecken ein Gebilde aus vier Negakonen befindet.

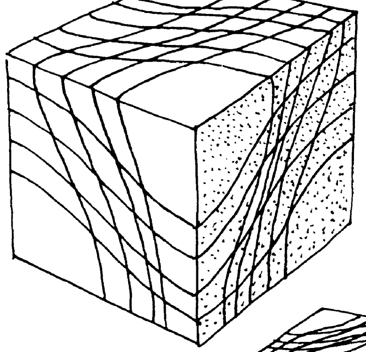

Das ist dasselbe Objekt, nur ist die negative Krümmung seiner Oberfläche hier besser zu erkennen. Es besteht aus achtzig Hexaorthogonen.
Gewissermaßen ein Achtzigflächner.
Sieht aus wie ein Stück einer dodekaedrischen Wirbelsäule.
Wären Sie Plattenleger und würden Sie hexaorthogonale Fliesen benutzen, so bekämen Sie einen solchen Fußboden.
Haben Sie gehört, mein Lieber, daß man durch Veränderung der Gene einer Schnecke, ihr Haus auf eine gewisse Weise...
??
Abscheulich!
Dieses Beispiel zeigt, wie die Verteilung der Krümmung die Gestalt der Gegenstände bestimmt.

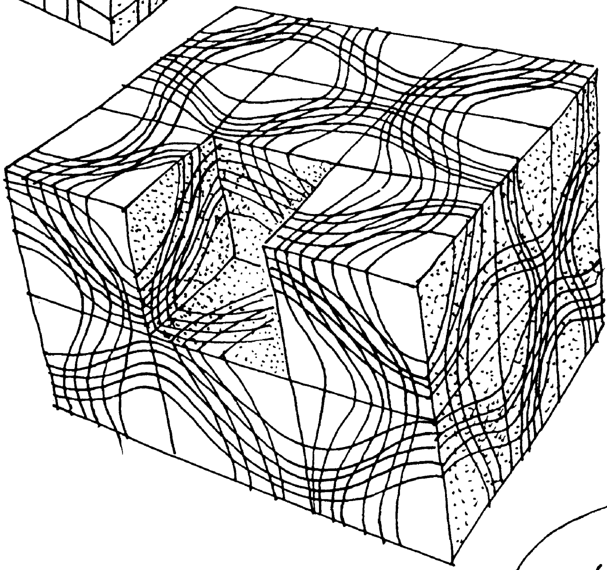
DREI DIMENSIONEN

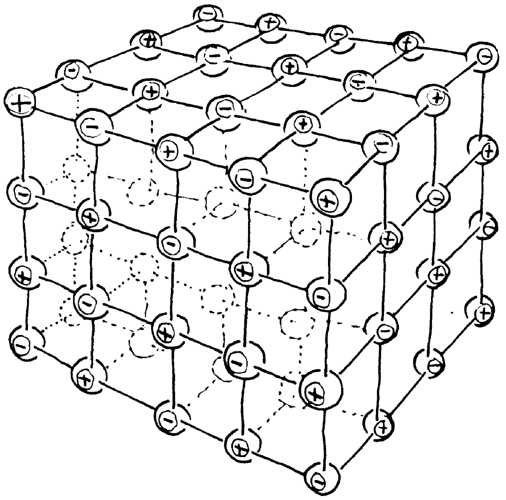



Jetzt verschiebe ich die Schnüre:
Fügt man acht dieser Würfel zusammen, so erhält man in einem dreidimensionalen euklidischen (nicht gekrümmten) Raum die Projektion der Geodätischen eines dreidimensionalen Raumes, in dem eine positive Krümmung von einem Hof negativer Krümmung umgeben ist.
Diese Geodätischen ähneln der Flugbahn eines Pfeils, der von einem kugelförmigen Gegenstand erst abgestoßen, dann angezogen und dann wieder abgestoßen wird.

Verschiebt man die Fäden auf dem Würfel in der links gezeichneten Weise und fügt mehrere Würfel zusammen, wie darunter angedeutet, so erhält man das Bild einer von positiven und negativen Krümmungen bevölkerten Welt:

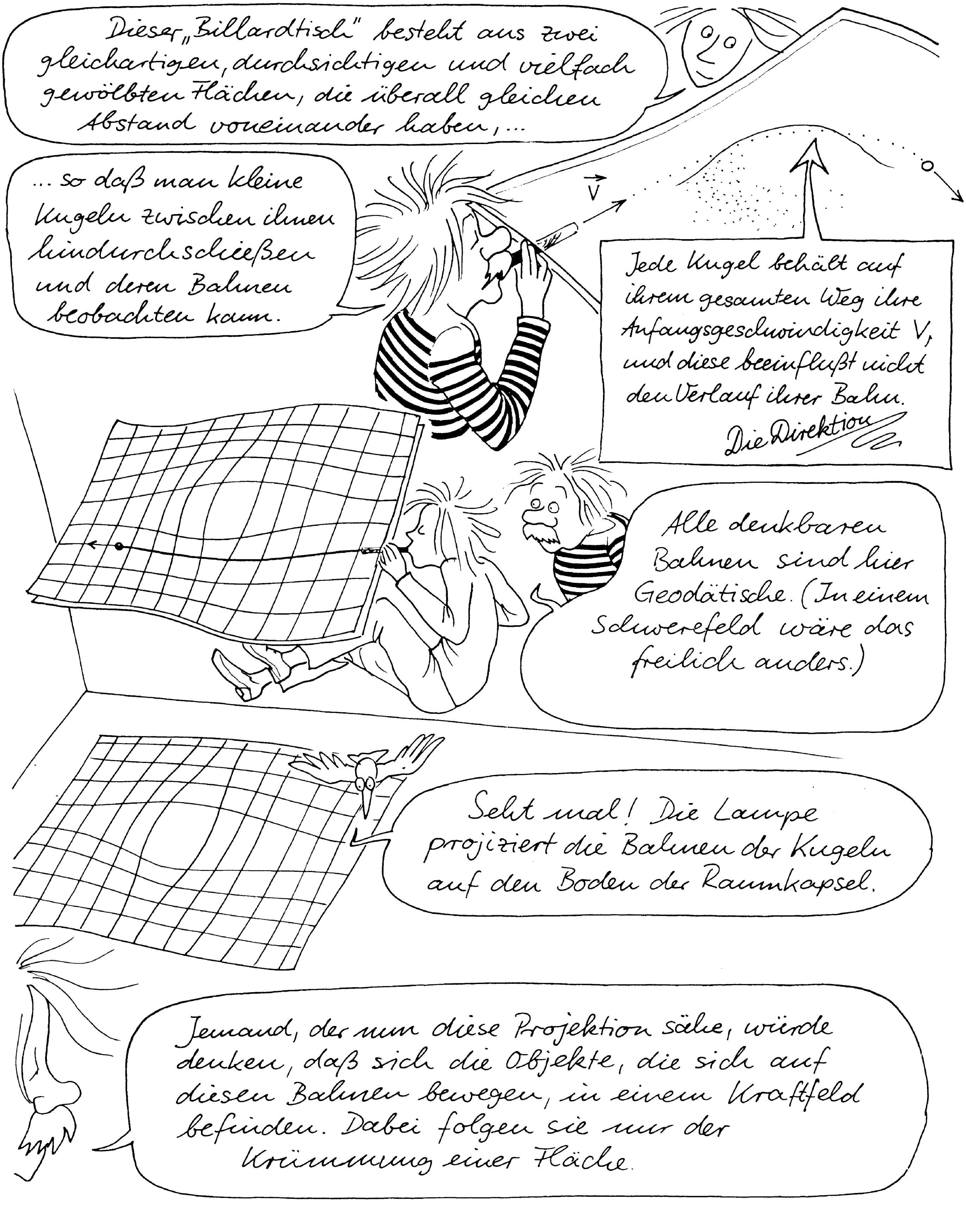






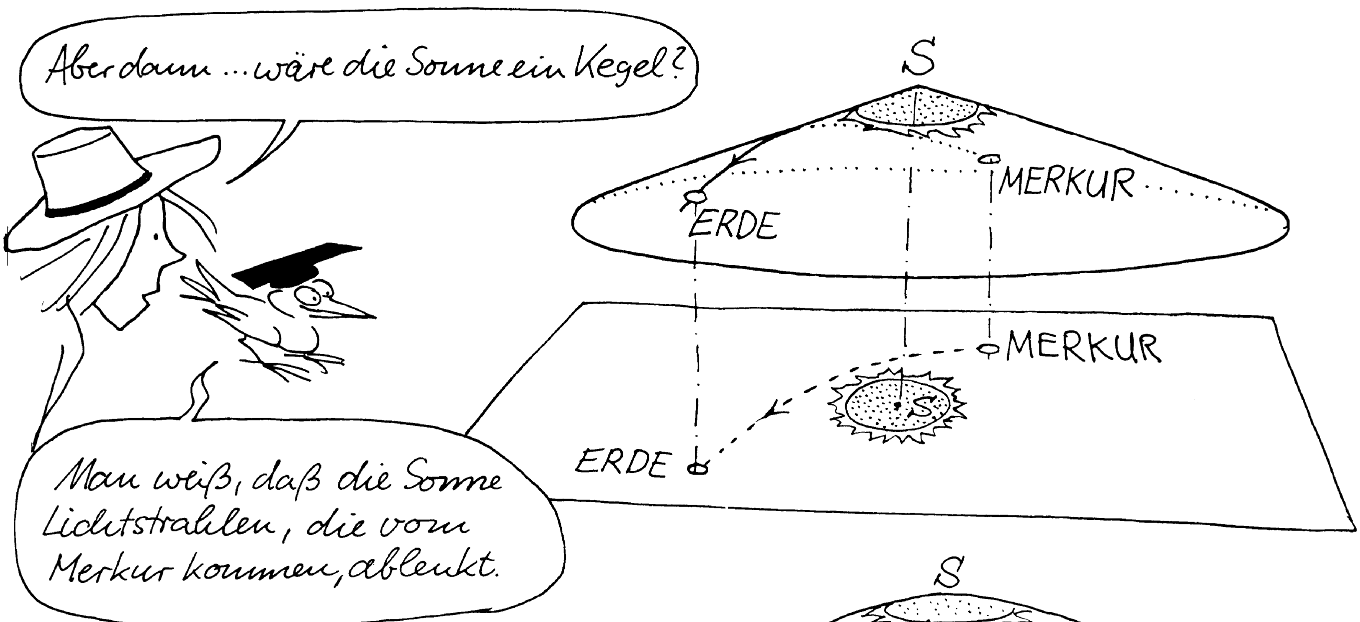
PROJEKTIONEN

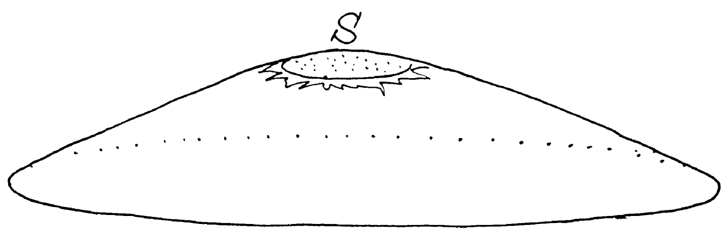

Verstehe ich Sie recht, Herr Albert, daß die durch Kräfte bedingten Krümmungen einer Bahn dadurch entstehen, daß wir eine auf einer anderen Fläche gezogene Bahn, die dort eine Geodätische ist, in unsere wahrnehmbare Welt projizieren?
Schon wieder diese Metaphysik!
Aber nein, das ist Geometrie.
Ich werde Dir ein Beispiel geben. Stell Dir vor, wir befänden uns in einer Raumkapsel auf einer Umlaufbahn um die Erde.
Wir spüren dann so gut wie keine Schwere.
Wie schrecklich!
Hilfe!
Nun wollen wir eine Art Billard spielen.


Dieser „Billardtisch" besteht aus zwei gleichartigen, durchsichtigen und vielfach gewölbten Flächen, die überall gleichen Abstand voneinander haben, ...
... so daß man kleine Kugeln zwischen ihnen hindurchschießen und deren Bahnen beobachten kann.
V
Jede Kugel behält auf ihrem gesamten Weg ihre Anfangsgeschwindigkeit V, und diese beeinflußt nicht den Verlauf ihrer Bahn.
Die Direktion
Alle denkbaren Bahnen sind hier Geodätische. (In einem Schwerefeld wäre das freilich anders.)
Seht mal! Die Lampe projiziert die Bahnen der Kugeln auf den Boden der Raumkapsel.
Jemand, der nur diese Projektion sähe, würde denken, daß sich die Objekte, die sich auf diesen Bahnen bewegen, in einem Kraftfeld befinden. Dabei folgen sie nur der Krümmung einer Fläche.

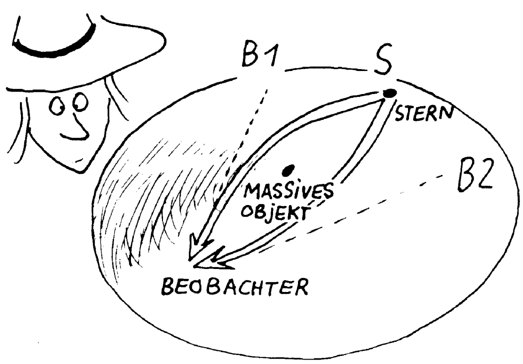

Wenn ich die Bahn eines Kometen um die Sonne beobachte und annehme, daß sich der Komet in einem nicht gekrümmten dreidimensionalen euklidischen Raum bewegt, so kann ich mir auch vorstellen, daß der Komet in einem entsprechend gestalteten Raum einer Geodätischen folgt, das heißt, daß er immer nur geradeaus fliegt.
Man sieht immer nur die Schatten der Dinge.
Das ist sehr platonisch, was Sie da sagen, mein Lieber.
Man kann eben nur geradeaus gehen!
Auch das Licht folgt immer einer Geodätischen.
Ach wie lustig! Diese Geodätischen sehen ganz anders aus, wenn man sie unter einem anderen Winkel projiziert.
Tiresias!

MASSE UND MATERIE



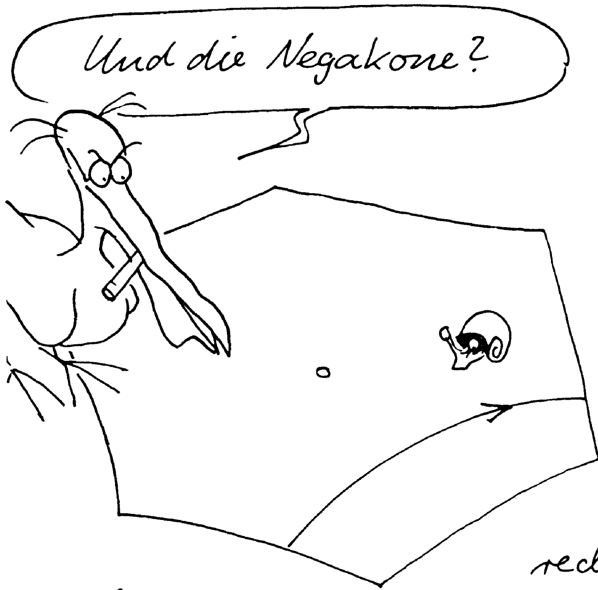


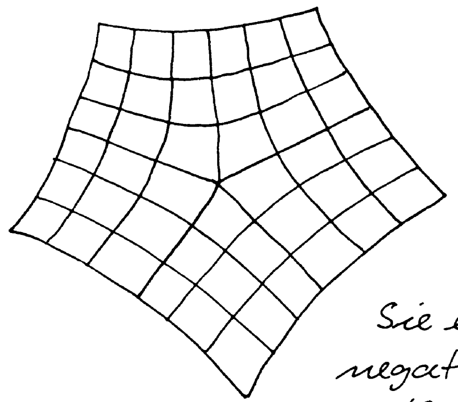
Infolge ihrer beträchtlichen Masse entspricht die Sonne einer beträchtlichen Krümmungsmenge. Da die Sonne andererseits keine punktförmige Masse ist, müssen wir den Raum in ihrer Nachbarschaft als einen stumpfen Kegel darstellen.



Sehr massive Objekte können den Raum derart krümmen, daß ein Beobachter von einem Stern S zwei Bilder, B1 und B2, empfängt. Man bezeichnet das massive Objekt dann als Gravitationslinse.

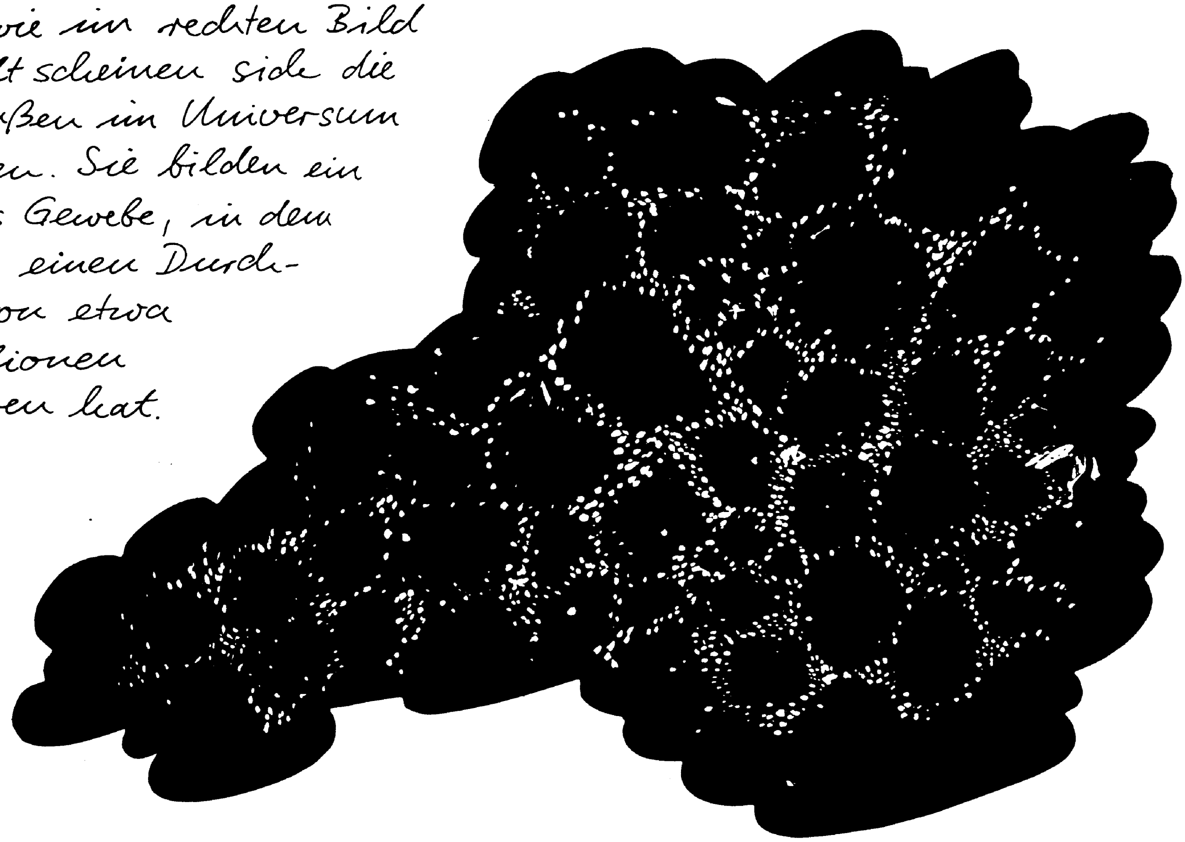

Die Massen der Atome begründen die allgemeine Krümmung des Universums, das heißt…
… man gibt der Masse eine geometrische Bedeutung.
Aber zwischen den Atomen ist der Raum doch wohl leer?
Oder ich verstehe überhaupt nichts mehr.
Aber nein, lieber Freund, der alte Gegensatz zwischen Materie und leerem Raum ist völlig überholt. Es gibt nur noch die Geometrie.
Nur noch die Geometrie?



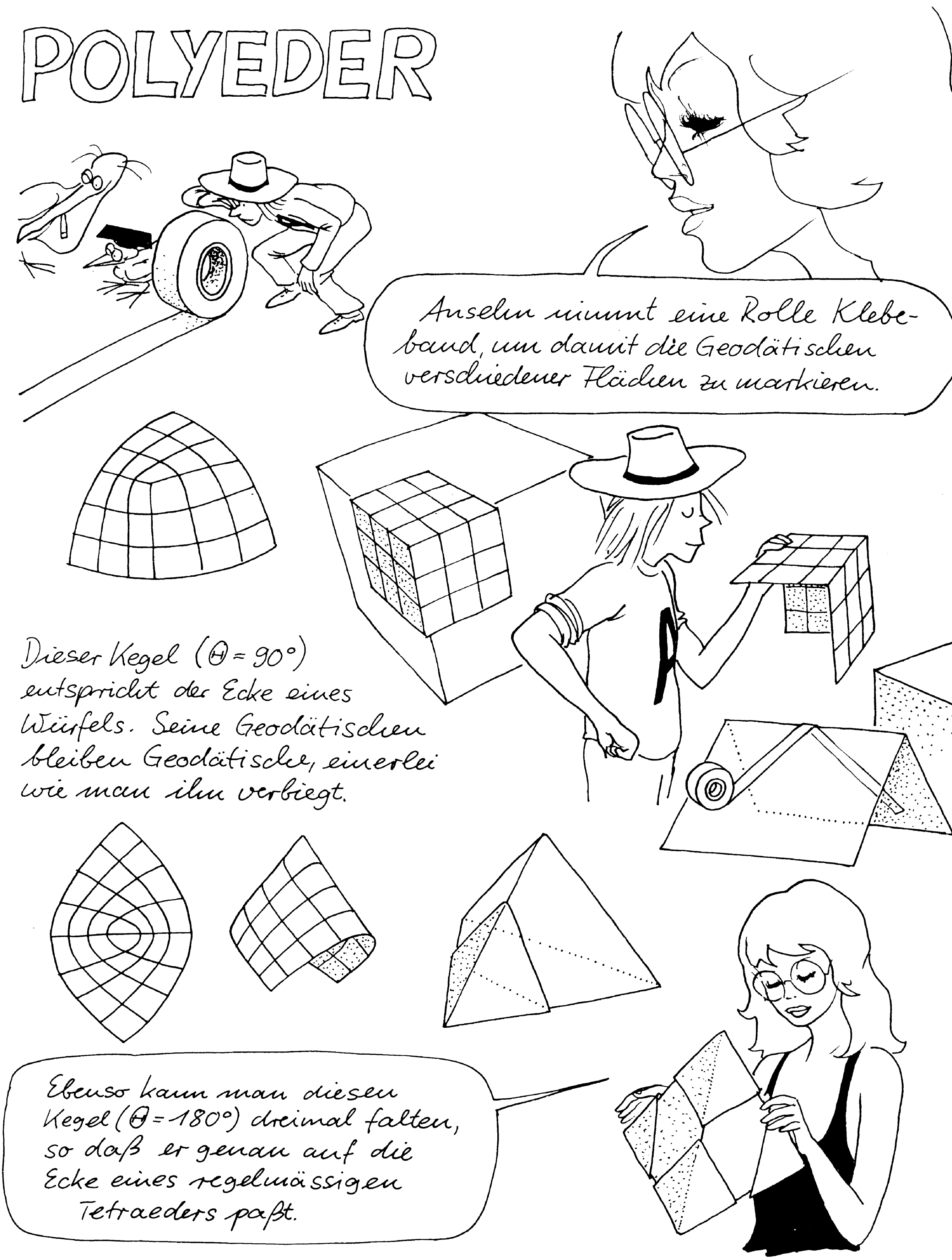


Sie entsprechen negativen Massen, die Abstoßungskräfte erzeugen. Ein mit negativen Massen gefülltes Universum wäre recht seltsam. Anstatt Sterne und Milchstraßen hervorzubringen, enthielte es große leere Blasen.

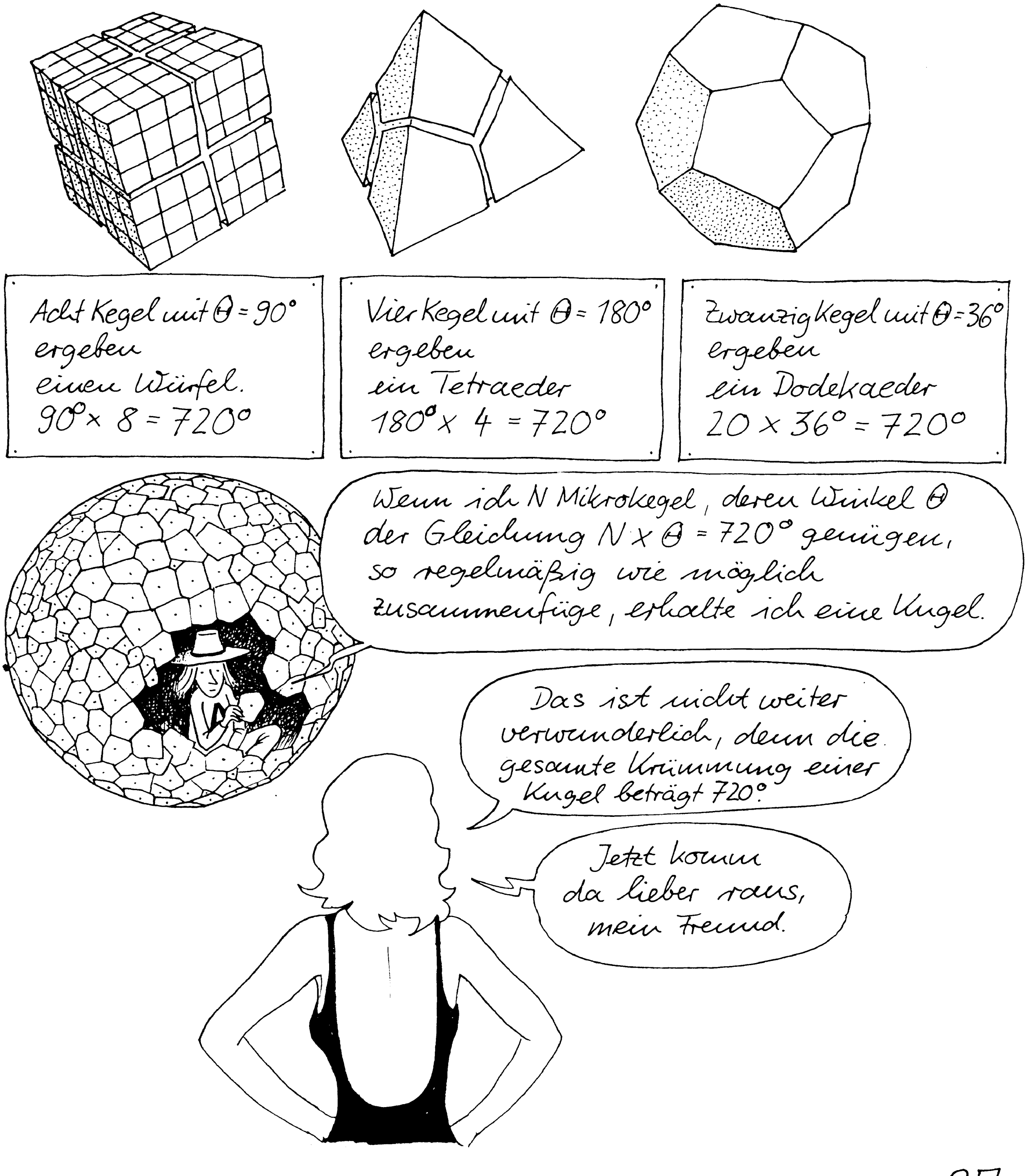
So wie im rechten Bild dargestellt scheinen sich die Milchstraßen im Universum zu verteilen. Sie bilden ein seltsames Gewebe, in dem jede Zelle einen Durchmesser von etwa 200 Millionen Lichtjahren hat.

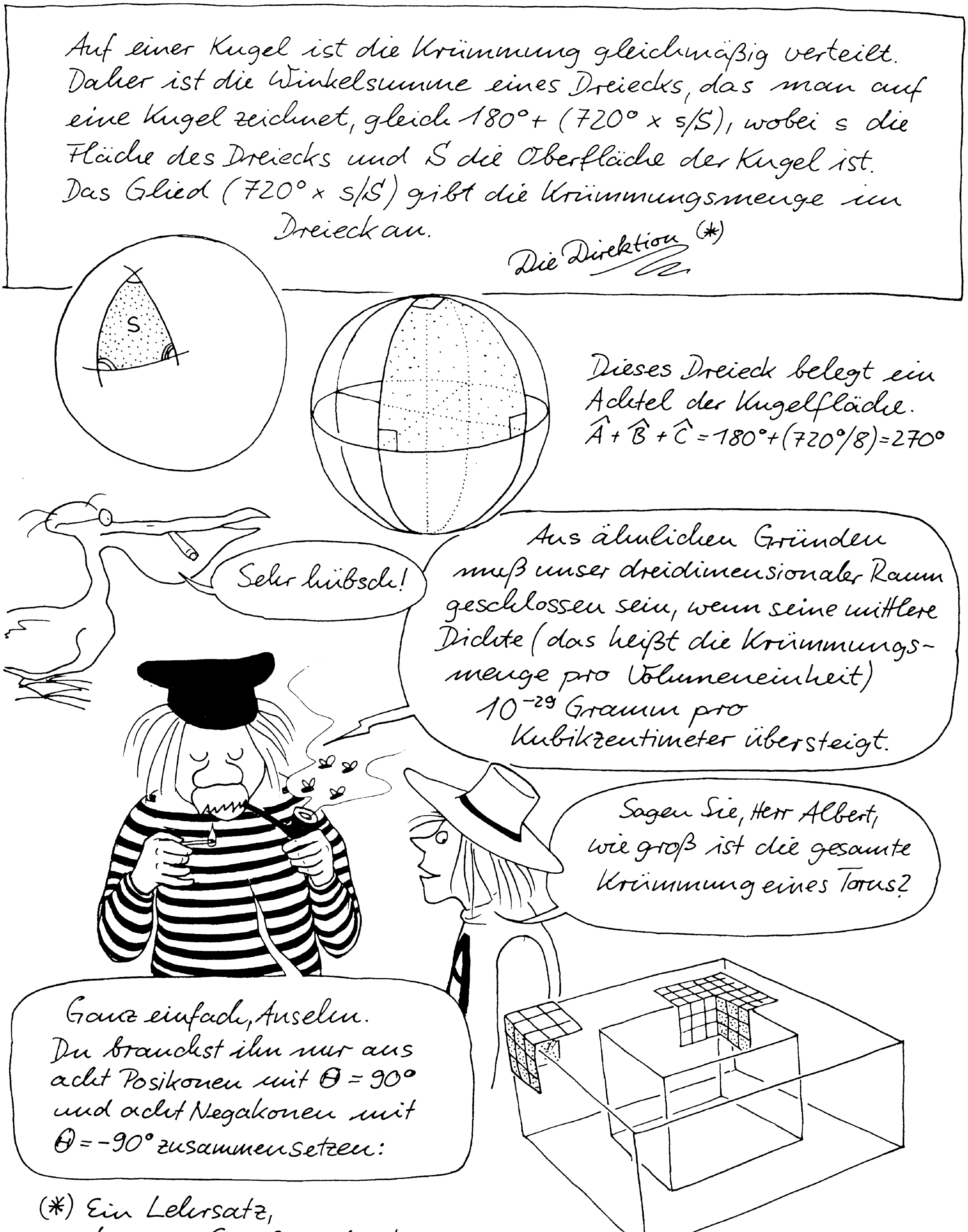


Auf sehr große Entfernungen könnten sich die Schwerkräfte in diesem Gewebe als abstoßend erweisen.

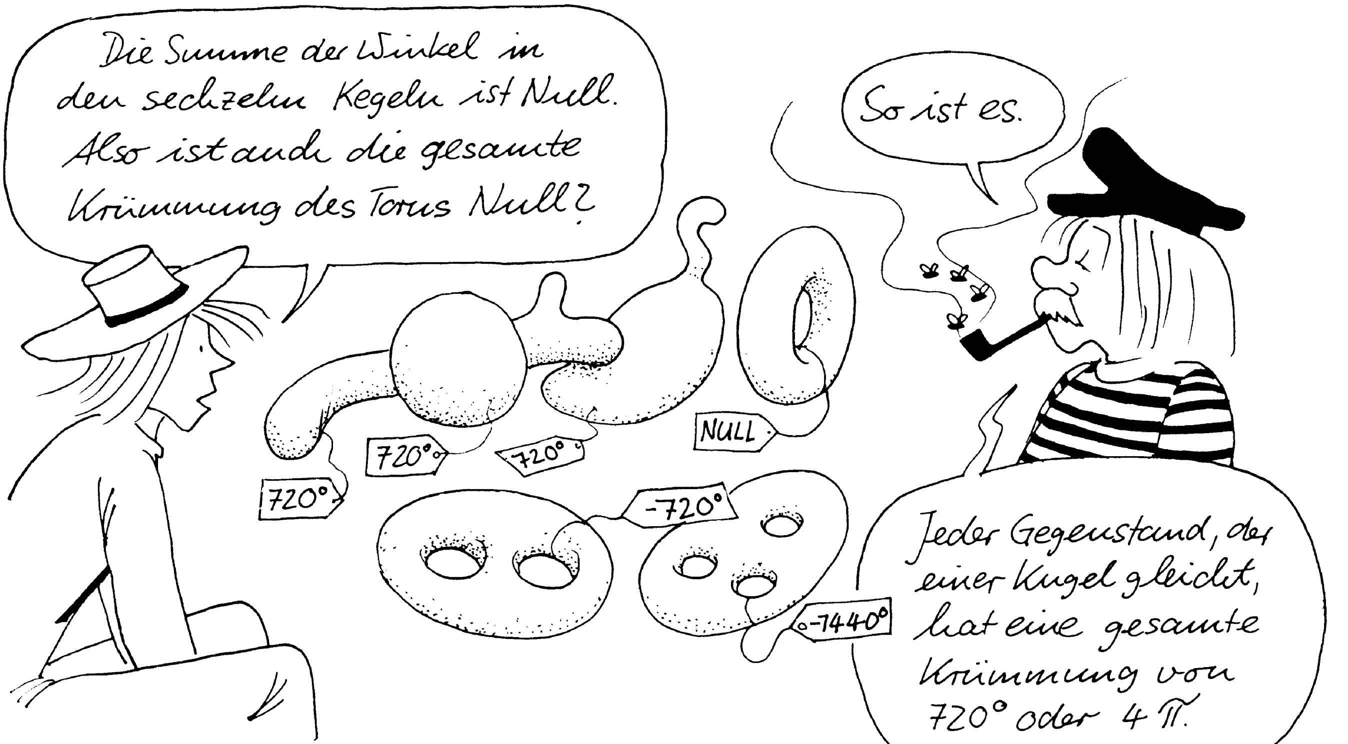

POLYEDER
Anselm nimmt eine Rolle Klebeband, um damit die Geodätischen verschiedener Flächen zu markieren.
Dieser Kegel ($\Theta = 90°$) entspricht der Ecke eines Würfels. Seine Geodätischen bleiben Geodätische, einerlei wie man ihn verbiegt.
Ebenso kann man diesen Kegel ($\Theta = 180°$) dreimal falten, so daß er genau auf die Ecke eines regelmässigen Tetraeders paßt.

EIN RAUM MUẞ OFFEN ODER GESCHLOSSEN SEIN

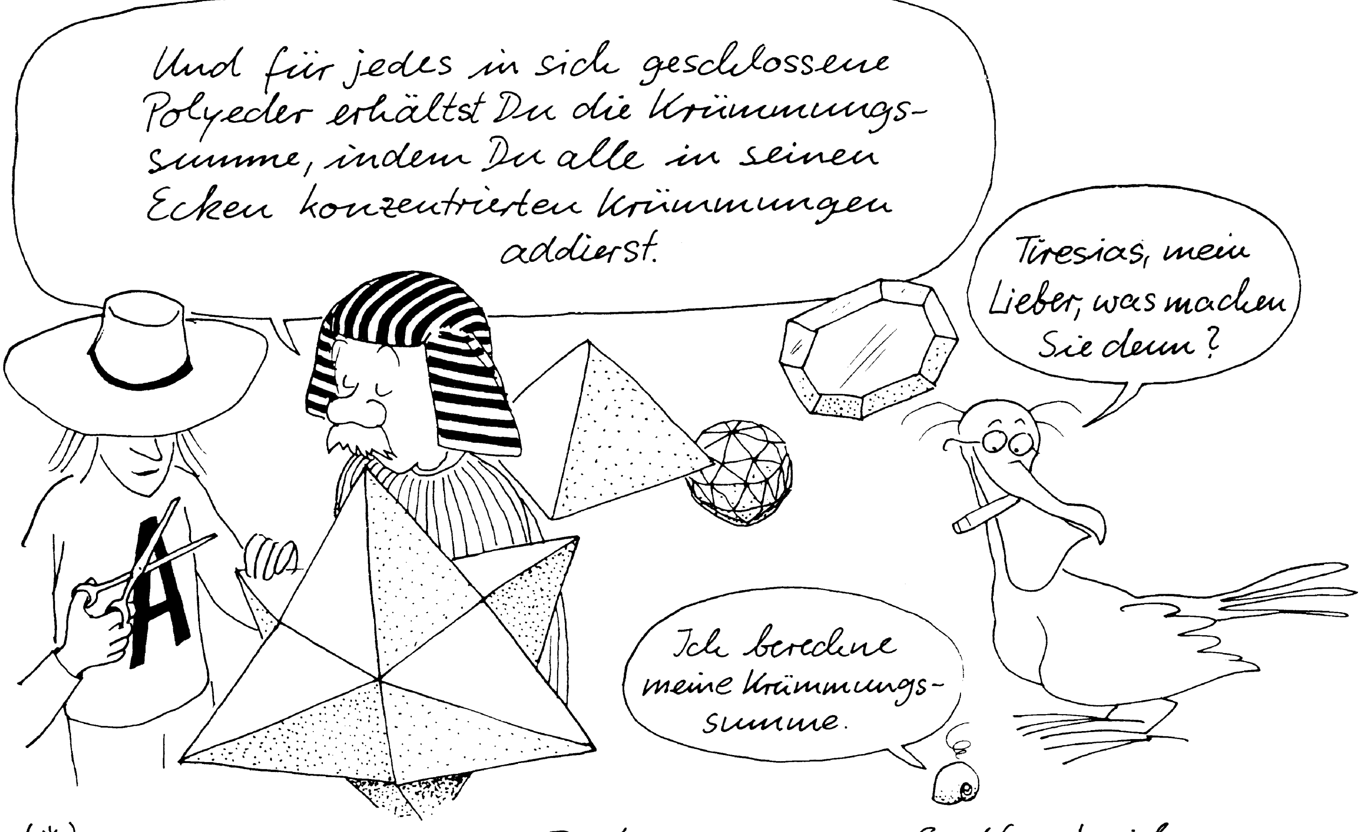




(*) Ein Lehrsatz, den wir Gauß verdanken.

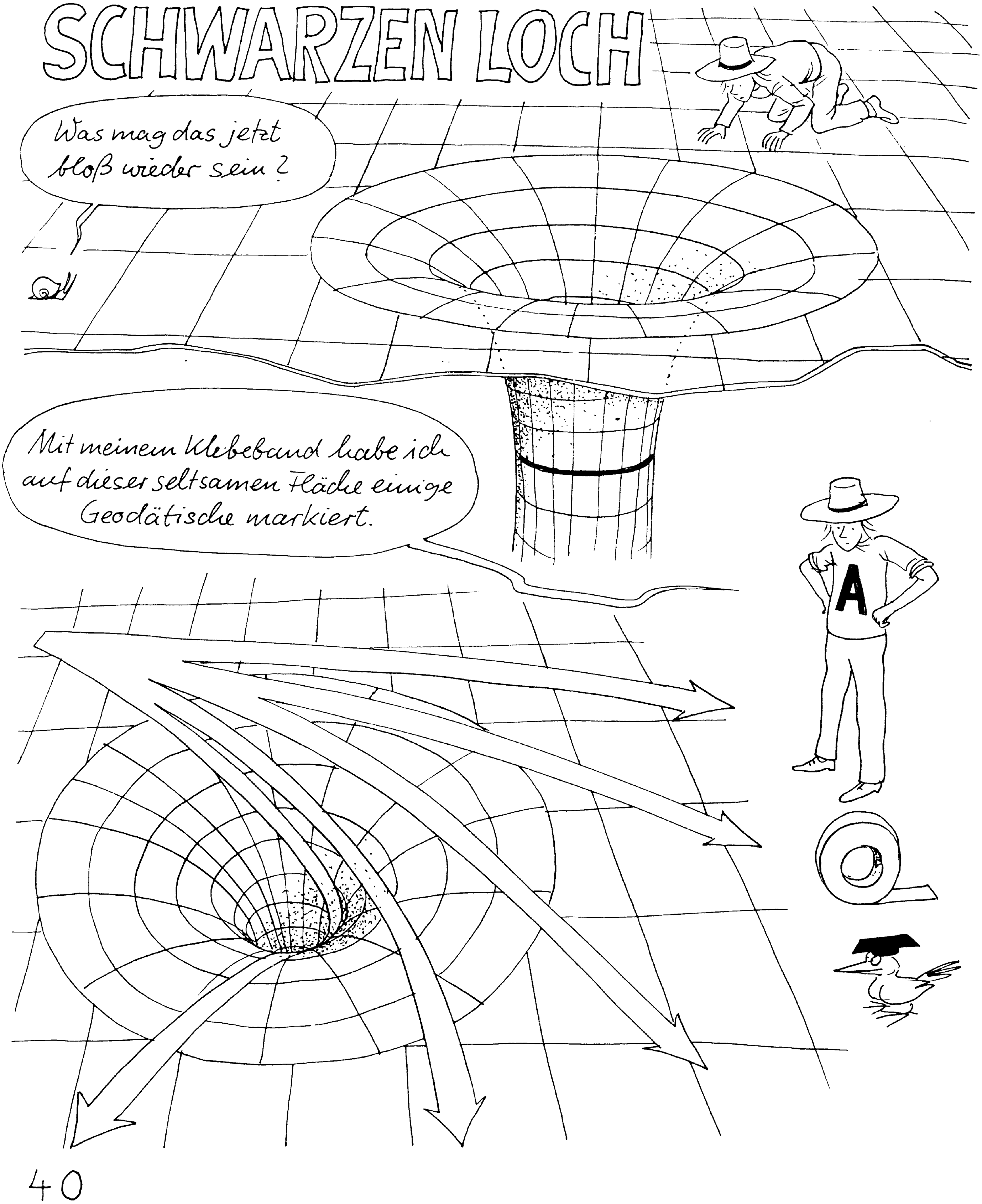


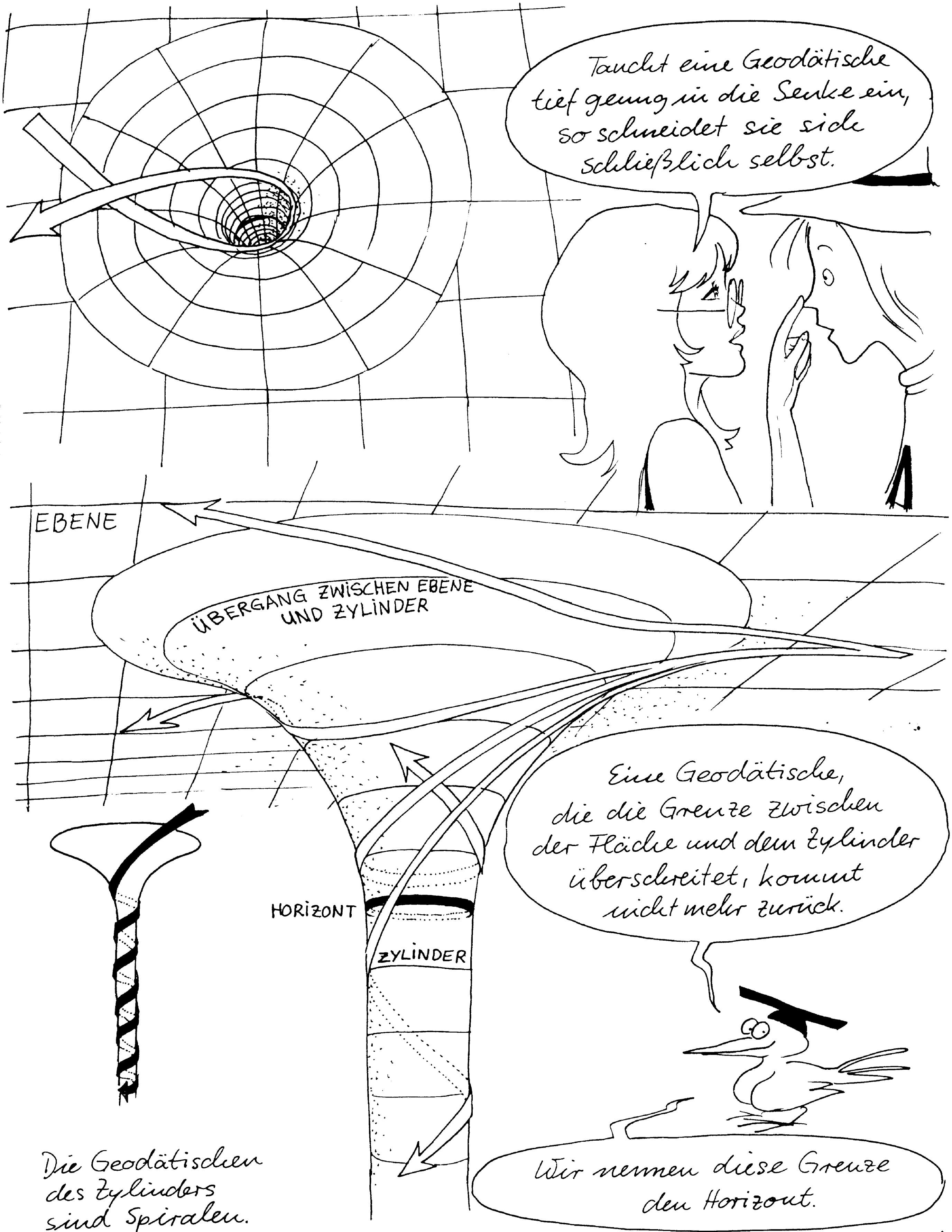
Die Krümmungssumme eines Torus mit N Löchern [einer FOUGASSE(*)] beträgt $-4\pi(N-1)$, das heißt, man zieht von 4π für jedes Loch 4π ab.

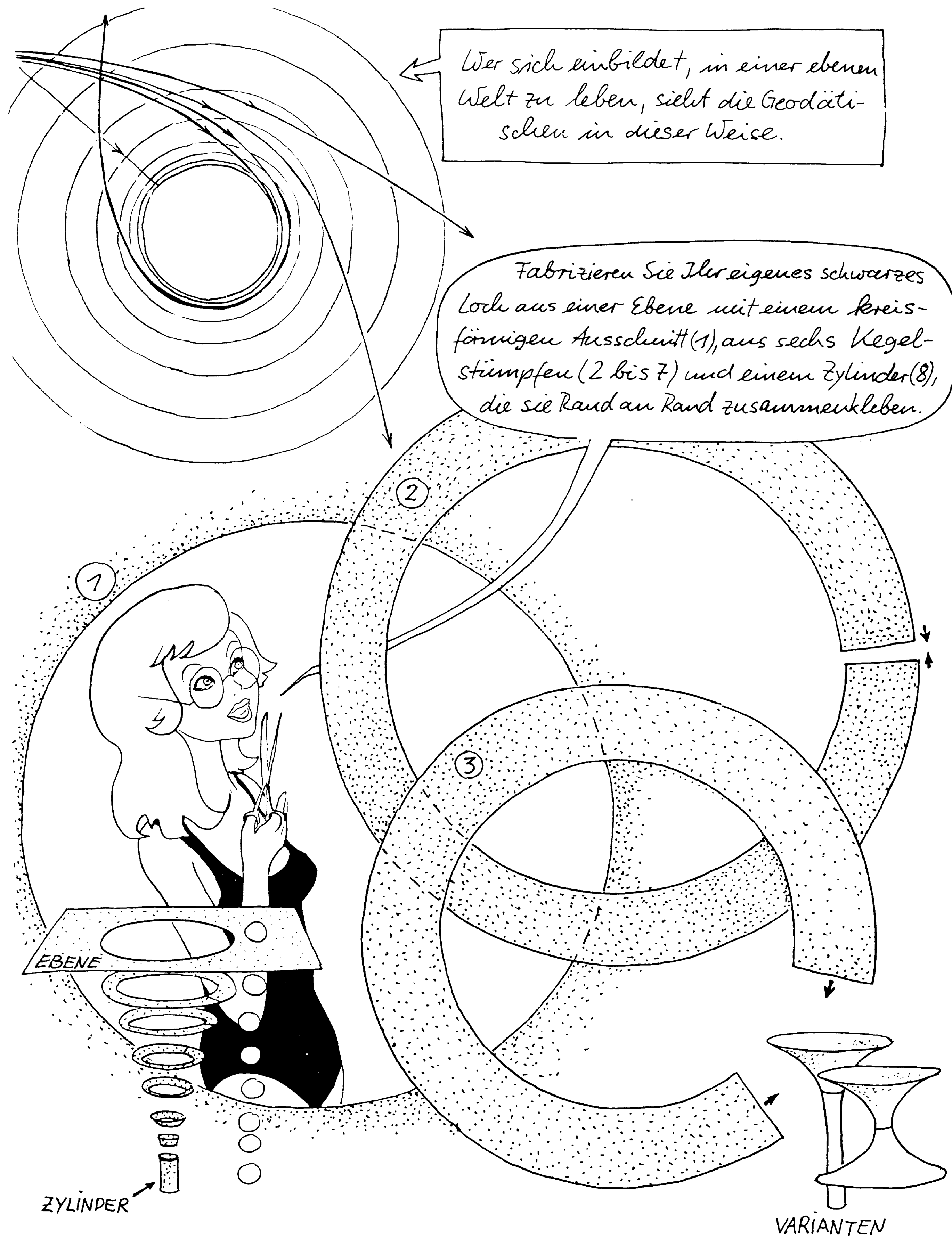


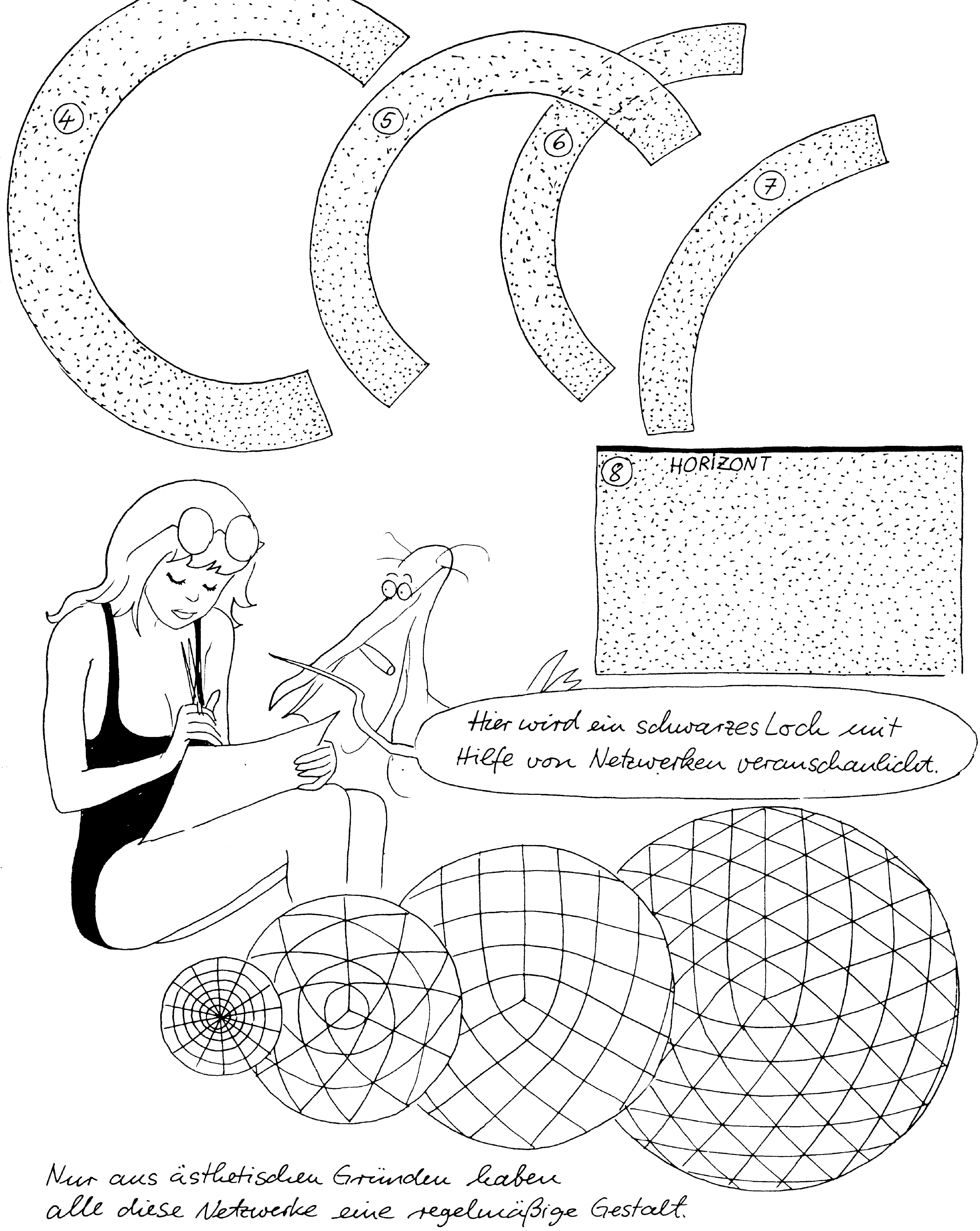
(*) Eine FOUGASSE ist ein Brot, das man in Südfrankreich (dort, wo der Autor wohnt) bäckt.

ERSTER AUSFLUG ZUM SCHWARZEN LOCH

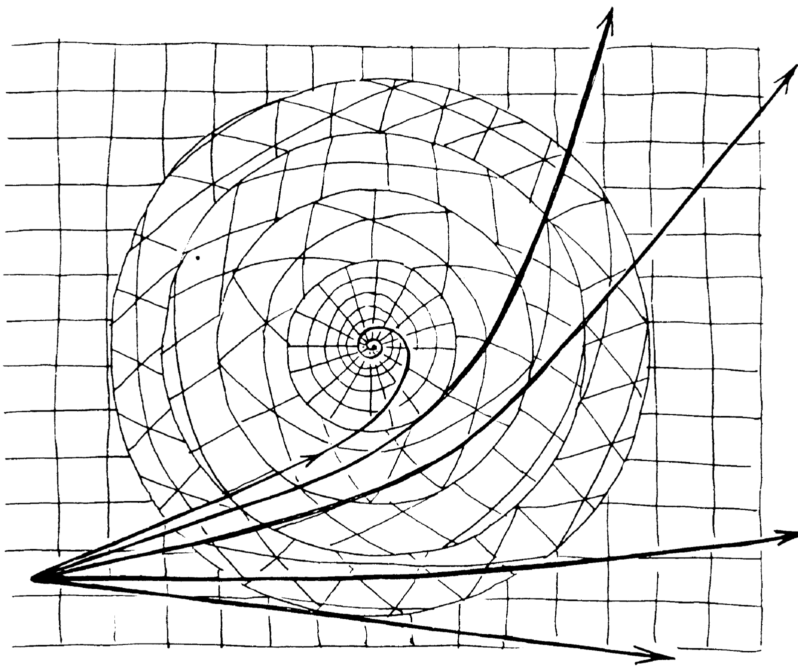



Taucht eine Geodätische tief genug in die Senke ein, so schneidet sie sich schließlich selbst.
EBENE
ÜBERGANG ZWISCHEN EBENE UND ZYLINDER
HORIZONT
ZYLINDER
Eine Geodätische, die die Grenze zwischen der Fläche und dem Zylinder überschreitet, kommt nicht mehr zurück.
Die Geodätischen des Zylinders sind Spiralen.
Wir nennen diese Grenze den Horizont.

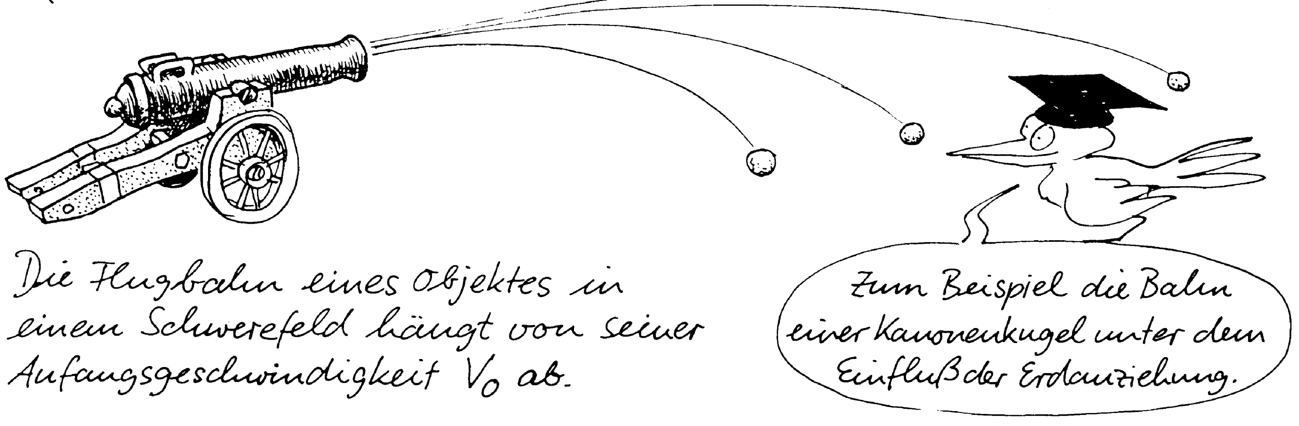

Wer sich einbildet, in einer ebenen Welt zu leben, sieht die Geodätischen in dieser Weise.
Fabrizieren Sie Ihr eigenes schwarzes Loch aus einer Ebene mit einem kreisförmigen Ausschnitt (1), aus sechs Kegelstümpfen (2 bis 7) und einem Zylinder (8), die sie Rand an Rand zusammenkleben.
1
2
3
EBENE
ZYLINDER
VARIANTEN



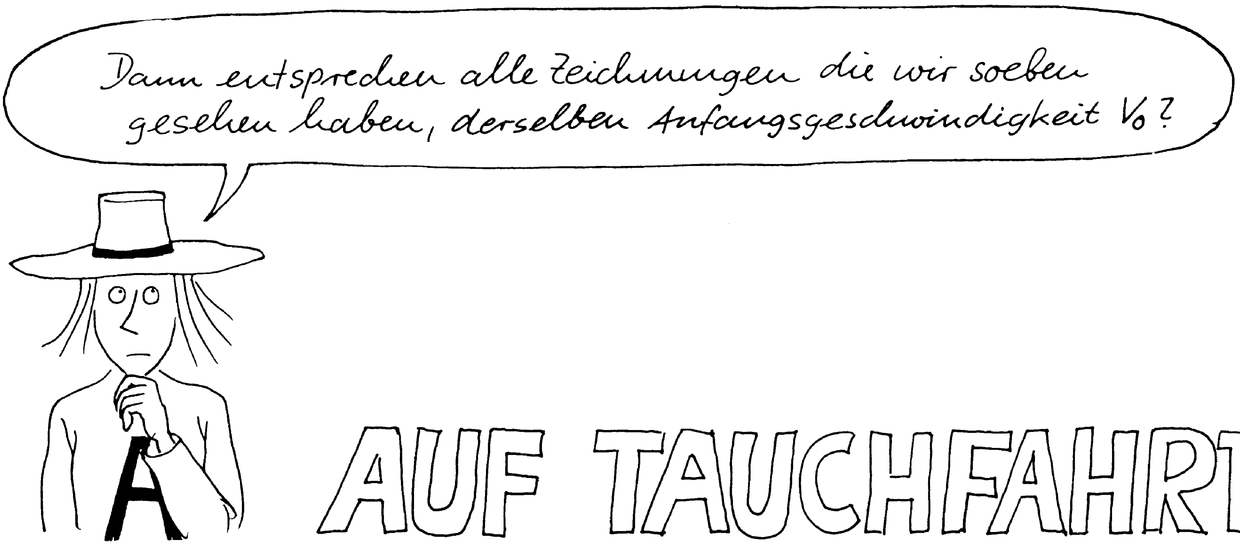
Nur aus ästhetischen Gründen haben alle diese Netzwerke eine regelmäßige Gestalt.



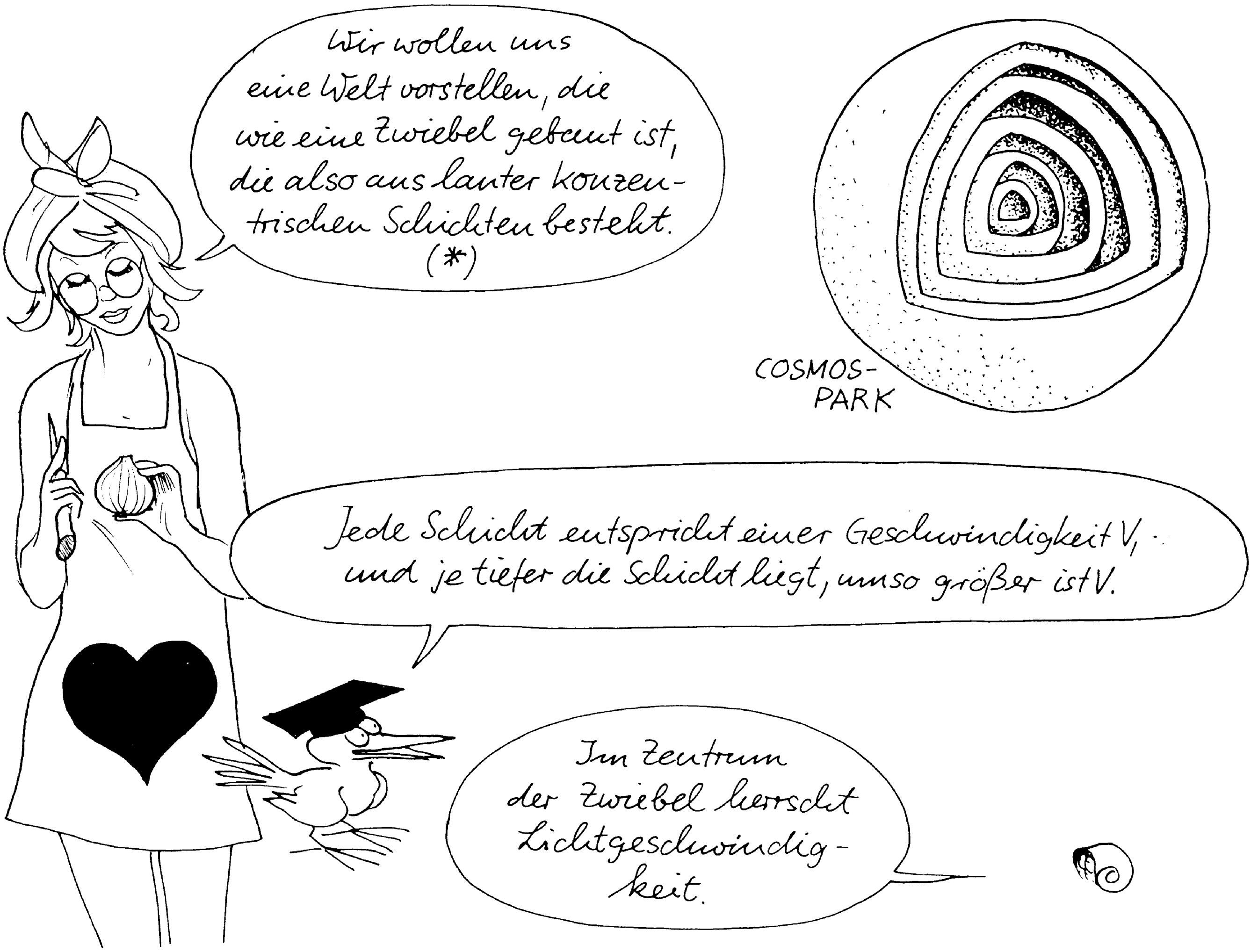
Die Spielregel besteht darin, aufeinanderfolgende Netze jeweils unter demselben Winkel zu schneiden und beim Übergang von einem Netz zum anderen die Richtung des Pfeils entsprechend zu ändern. Je mehr man sich dem schwarzen Loch nähert, desto mehr macht sich seine Anziehung bemerkbar. Jenseits des Horizontes dreht sich die Bahn spiralförmig nach unten. Man beachte, daß das zentrale Netzwerk aus Geodätischen des Zylinders besteht.



Die Flugbahn eines Objektes in einem Schwerefeld hängt von seiner Anfangsgeschwindigkeit V_0 ab.

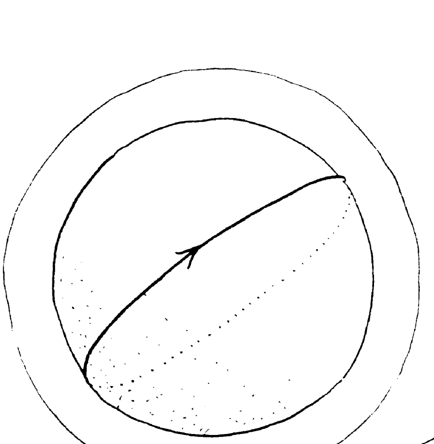


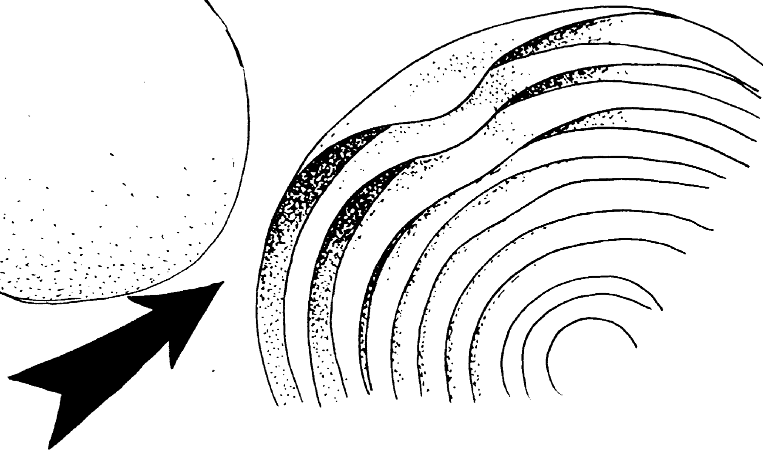
AUF TAUCHFAHRT



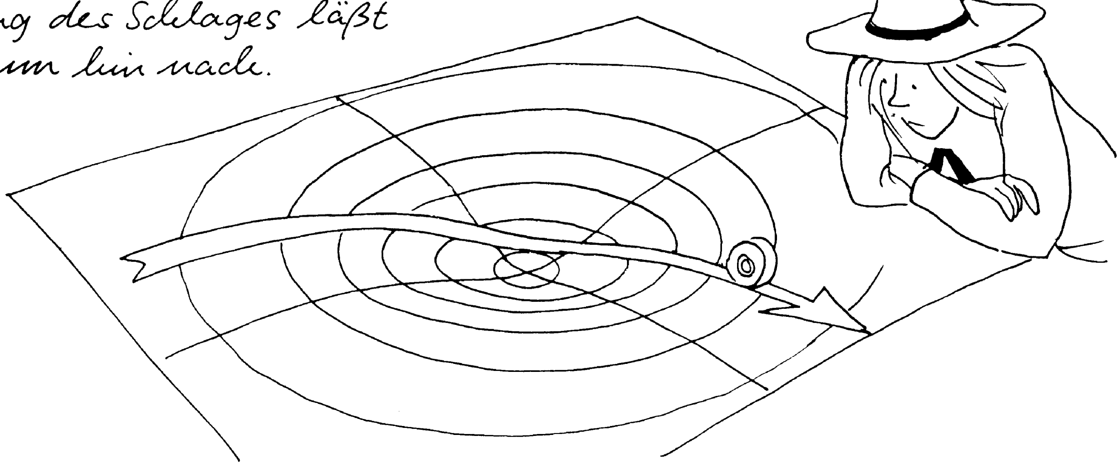
(*) Man findet dieses Modell unter dem Namen Cosmos-Park in dem Buch „ALLES IST RELATIV" vom gleichen Autor im gleichen Verlag.

Ein Objekt, auf das keine Kräfte wirken, behält seine Geschwindigkeit V, das heißt, es bleibt ständig in gleicher Entfernung vom Zentrum der Zwiebel und bewegt sich auf einer Geodätischen (einem Großkreis) der Kugel, die seiner Tiefe entspricht.

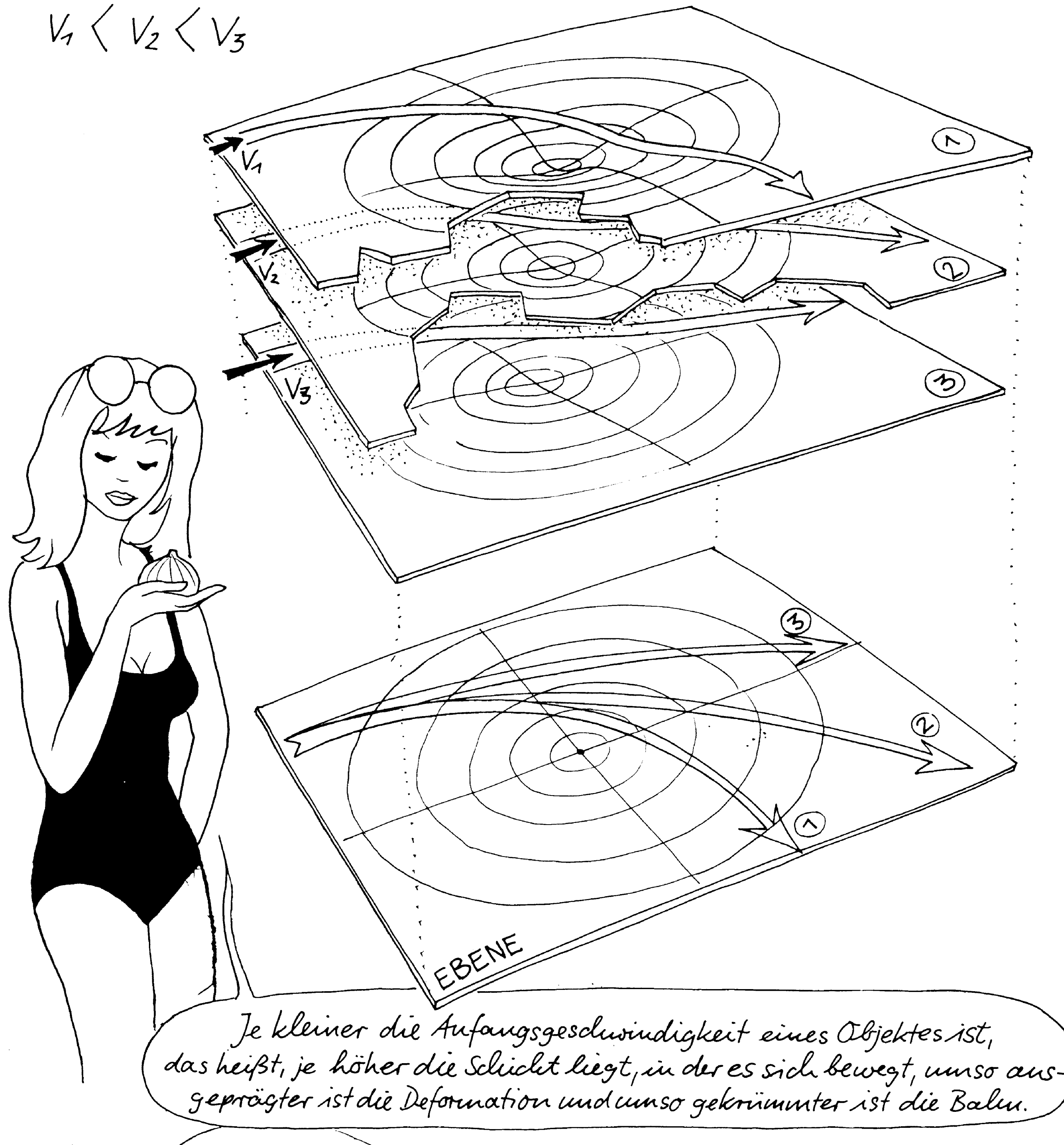


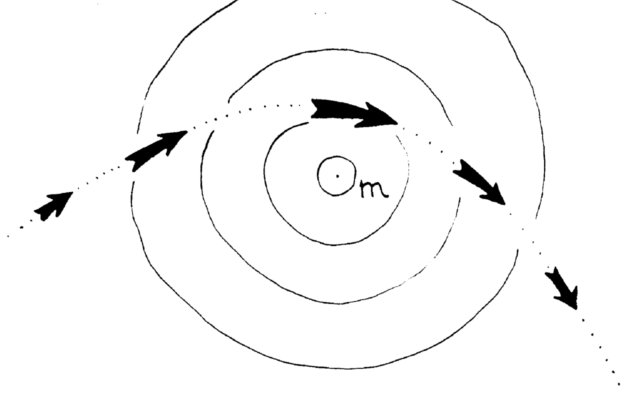


So sieht das Ergebnis des Hammerschlages von Herrn Albert aus. Die Wirkung des Schlages läßt zum Zentrum hin nach.



In der Fläche befindet sich eine Vertiefung. Die konzentrischen Kreise sind die Höhenlinien, und der Pfeil entspricht einer Geodätischen.





Unter dem Einfluß der Gravitationskraft nimmt die Geschwindigkeit eines Objektes erst zu, und dann wieder ab. Die Geschwindigkeit ist maximal, wenn der Abstand zwischen Objekt und anziehender Masse minimal ist.


Was ist das für ein merkwürdiges Gefährt?
Es ist ein CHRONOSKAPH.
Mit ihm können wir im Cosmos-Park den Geodätischen folgen.
Aber warum sollen wir uns im Chronoskaph einsperren?
Der gesamte Cosmos-Park schwimmt in einem Fluid, dem Chronol.
Da werde ich niemals einsteigen!
Die Bahn des Chronoskaph heißt Schicksal.

(*) Amtliche Mitteilung:

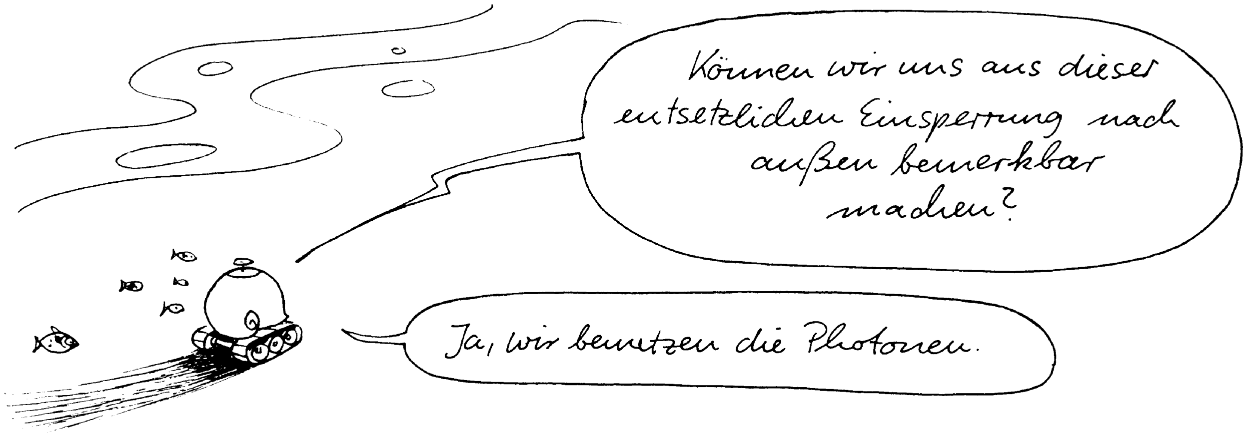
Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik besagt, daß es unmöglich ist, auf den Geodätischen eines Zeit-Raums (des Cosmos-Parks) rückwärts zu fahren.

Die Direktion

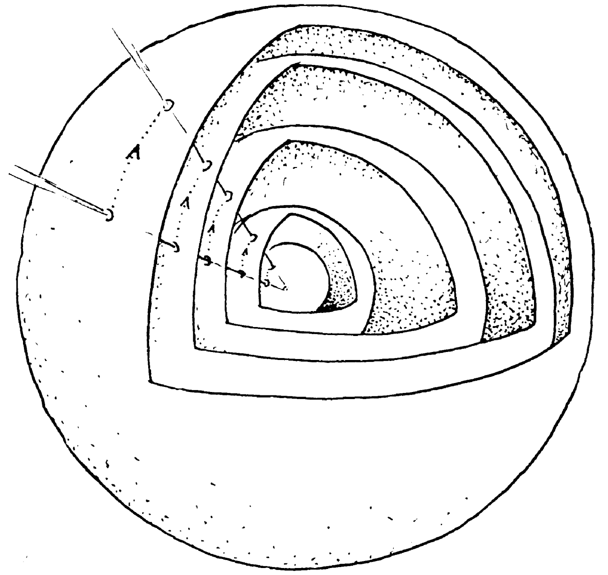

Da der Druck P_R größer ist als der Druck P_E, läuft das Chronol aus, und so kann man am Durchflußmesser ablesen, wie die Zeit vergeht.
Je tiefer man in das Chronol eintaucht, umso größer wird der Druck P_E. Da die Menge des ausfließenden Chronols proportional zur Differenz $(P_R - P_E)$ ist, vergeht die Zeit umso langsamer, je tiefer man taucht.
Mit der Tiefe wächst aber auch die Geschwindigkeit, das heißt, je schneller man fährt, umso langsamer vergeht die Zeit.
Und wenn man die Lichtgeschwindigkeit erreicht, ist P_E gleich P_R, und die Zeit erstarrt.
Tiefer als bis zum Zentrum des Cosmos-Parks kann man nicht tauchen, und schneller als mit Lichtgeschwindigkeit kann sich nichts bewegen.

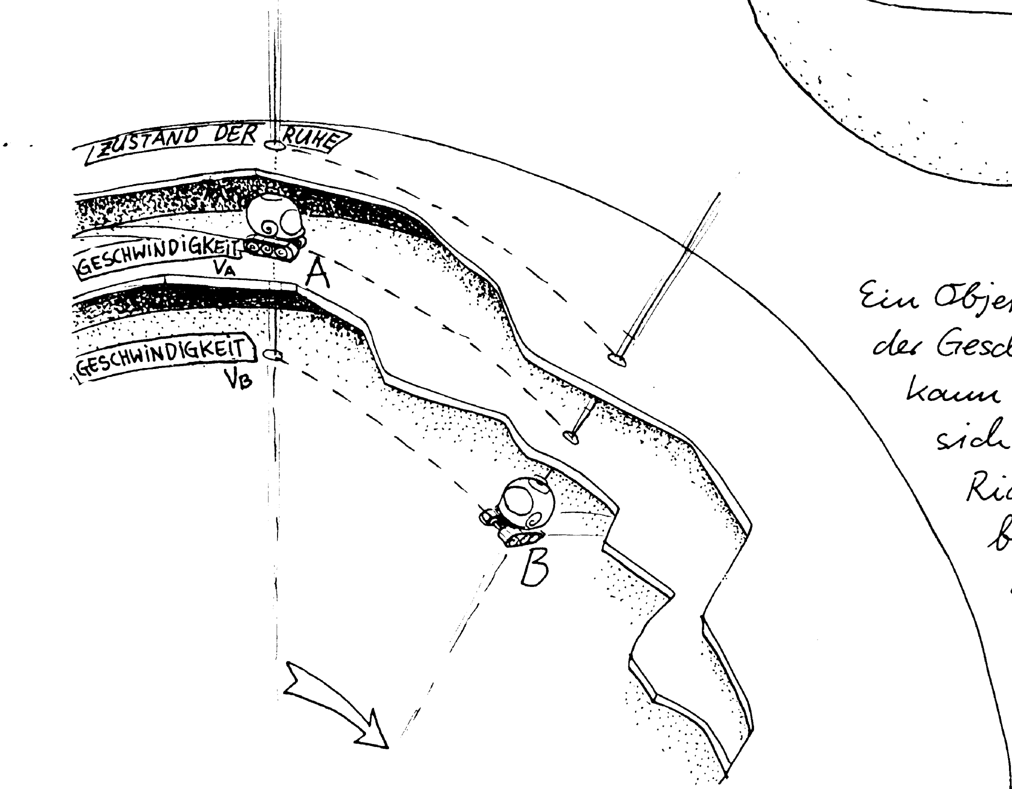
Je massereicher ein Objekt ist, umso stärker krümmt es den Zeit-Raum. Ein Gegenstand in der Nähe des Objekts befindet sich im Chronol bei höherem Druck, auch wenn er sich nicht bewegt. Für ihn vergeht die Zeit langsamer als für einen ebenfalls ruhenden Gegenstand, der weit von einer anziehenden Masse entfernt ist. Ein massereiches Objekt könnte beispielsweise ein Neutronenstern sein.

IN VERBINDUNG STEHEN

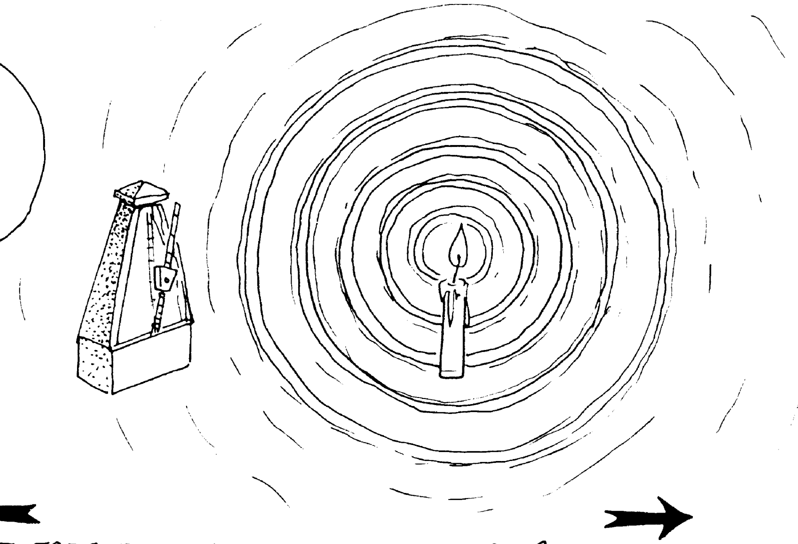


Die Photonen sind wie die Strahlen eines Leuchtturms, die mit konstanter Winkelgeschwindigkeit über alle Schichten des Cosmos-Parks streifen.





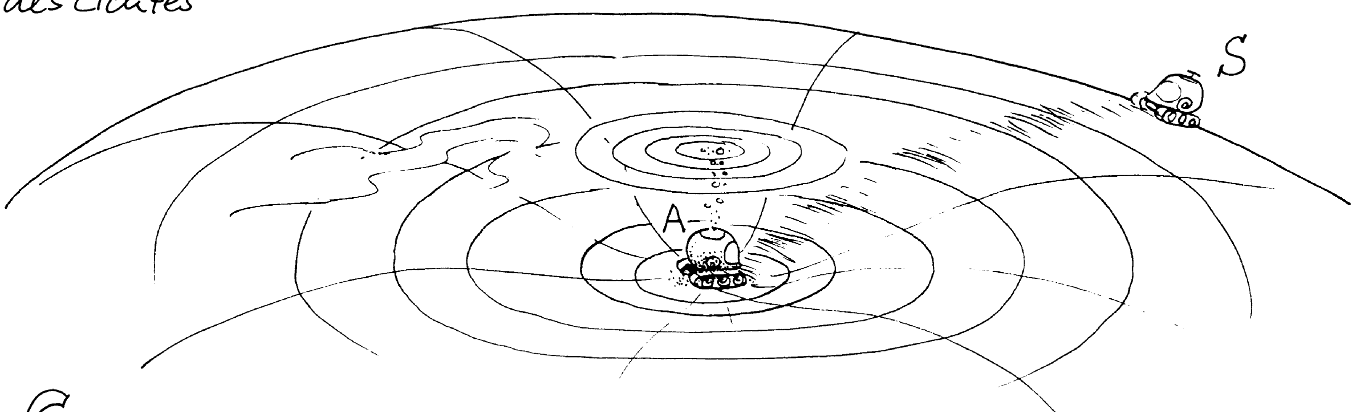
Ein Objekt A, das sich mit der Geschwindigkeit V_A bewegt, kann dafür sorgen, daß sich ein Lichtstrahl in Richtung eines Objektes B bewegt, das seinerseits die Geschwindigkeit V_B hat.



KLEINE FREQUENZEN ← → GROẞE FREQUENZEN

Die Frequenz bestimmt die Farbe des Lichtes

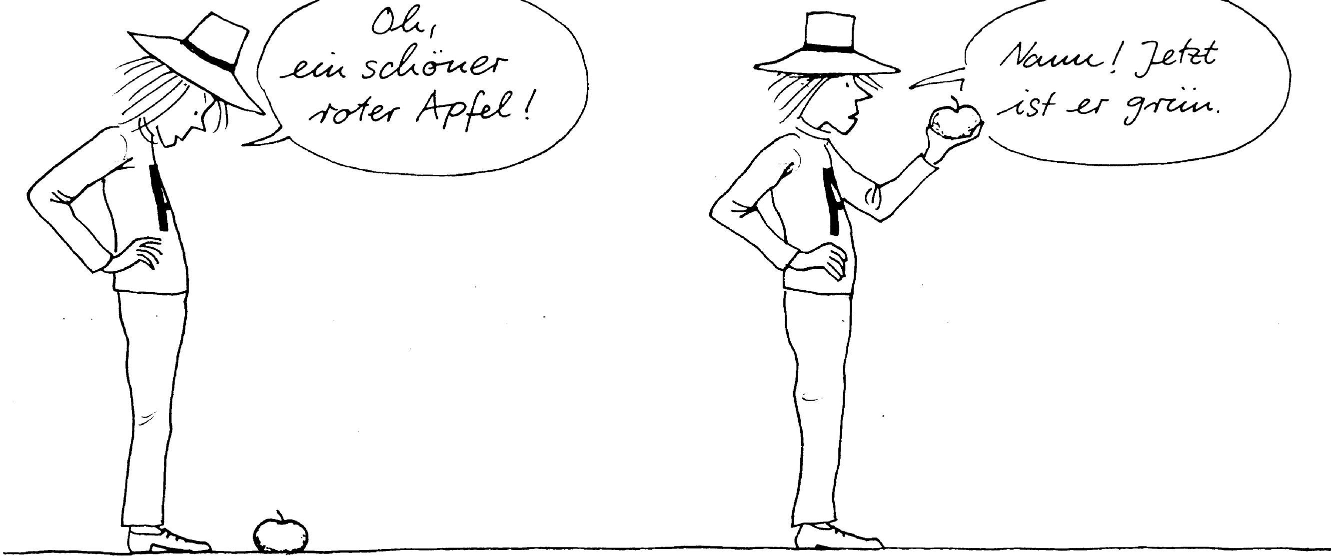
INFRAROT, ROT, ORANGE, GELB, GRÜN, BLAU, VIOLETT, ULTRAVIOLETT

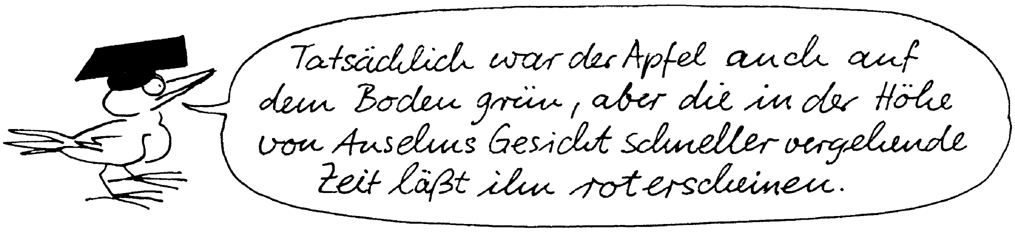


Sender und Empfänger messen die Frequenzen, die sie ausstrahlen oder empfangen in Bezug auf die Zeit, die in ihren Chronoskaphen vergeht. Im Chronoskaph A sendet Anselm blaues Licht aus. Er befindet sich in einer Gegend des Raumes, in der eine starke Krümmung herrscht, beispielsweise in der Nähe eines Neutronensterns.

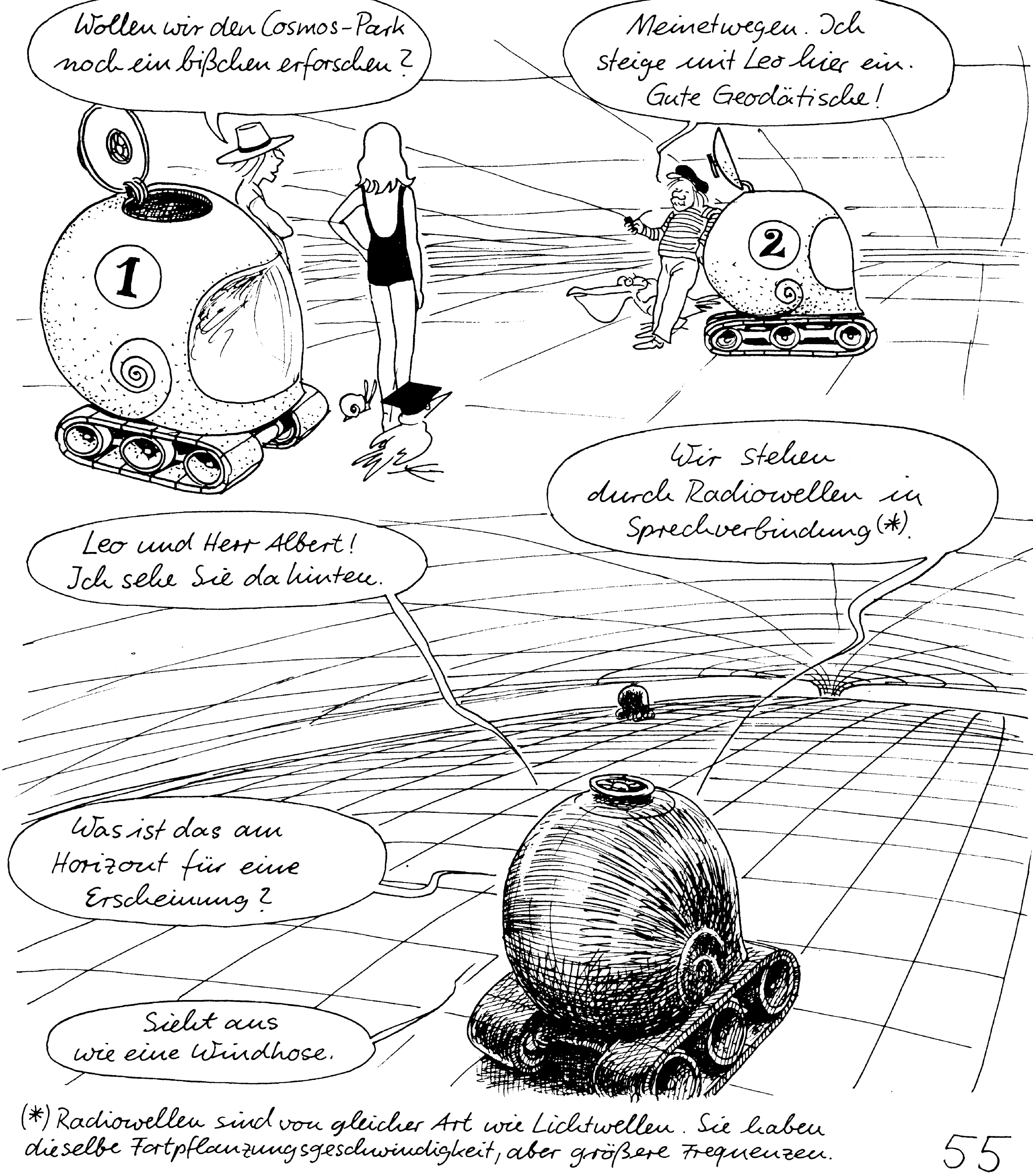
Sophie empfängt dieses Licht in Chronoskaph S. Sie ist weit vom Neutronenstern entfernt, das heißt, ihre Zeit vergeht schneller. Daher ist die Frequenz des von Anselm ausgesandten Lichtes für sie kleiner, und die Farbe des Lichtes ist nach rot verschoben. Die Ursache dieser Rotverschiebung ist die Gravitation.

Anselm befindet sich hier auf einem Neutronenstern. Wir haben ihn von den Zwängen der Schwerkraft befreit, weil er sonst augenblicklich durch sein eigenes Gewicht erdrückt würde.

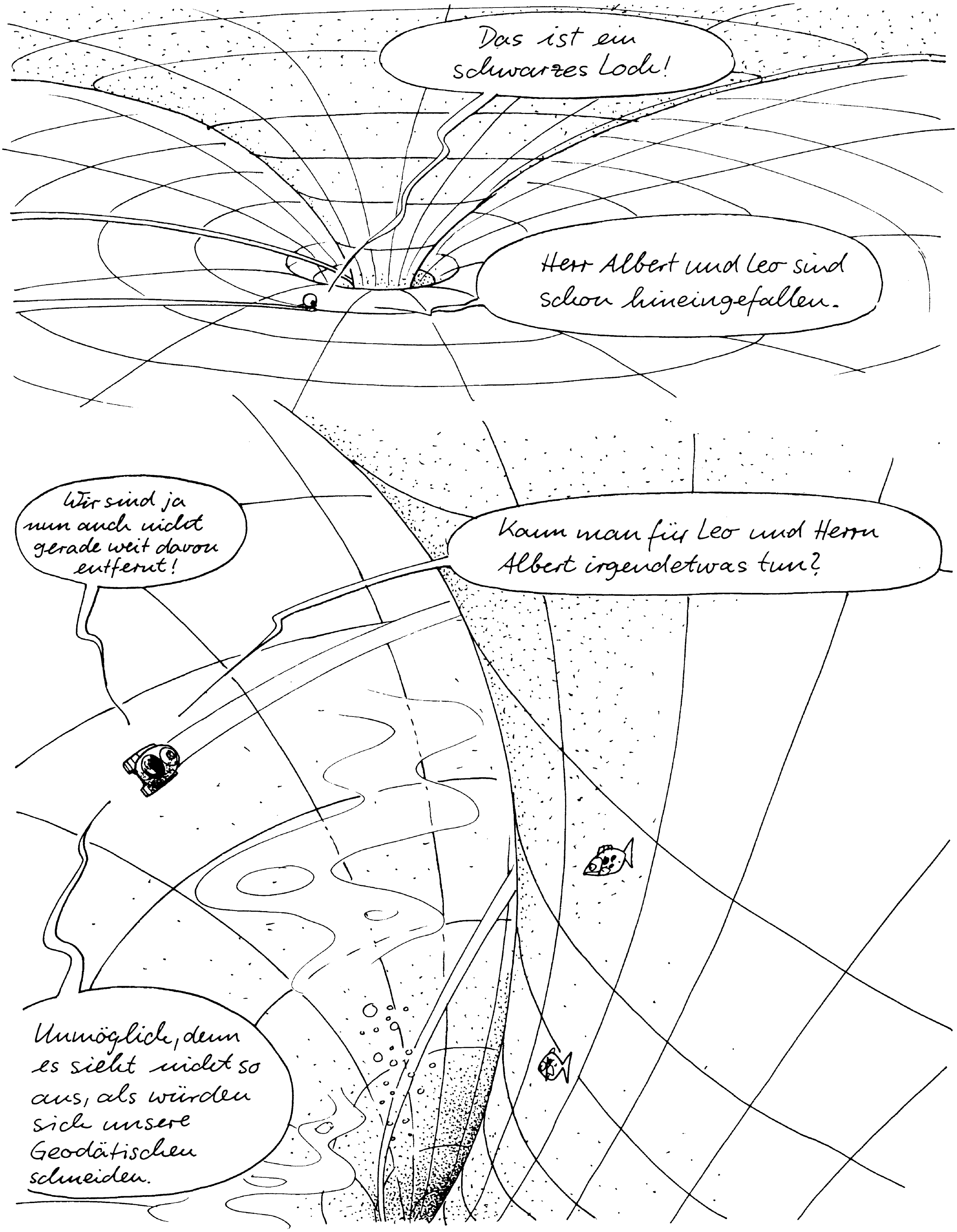




ZWEITER AUSFLUG ZUM SCHWARZEN LOCH



(*) Radiowellen sind von gleicher Art wie Lichtwellen. Sie haben dieselbe Fortpflanzungsgeschwindigkeit, aber größere Frequenzen.

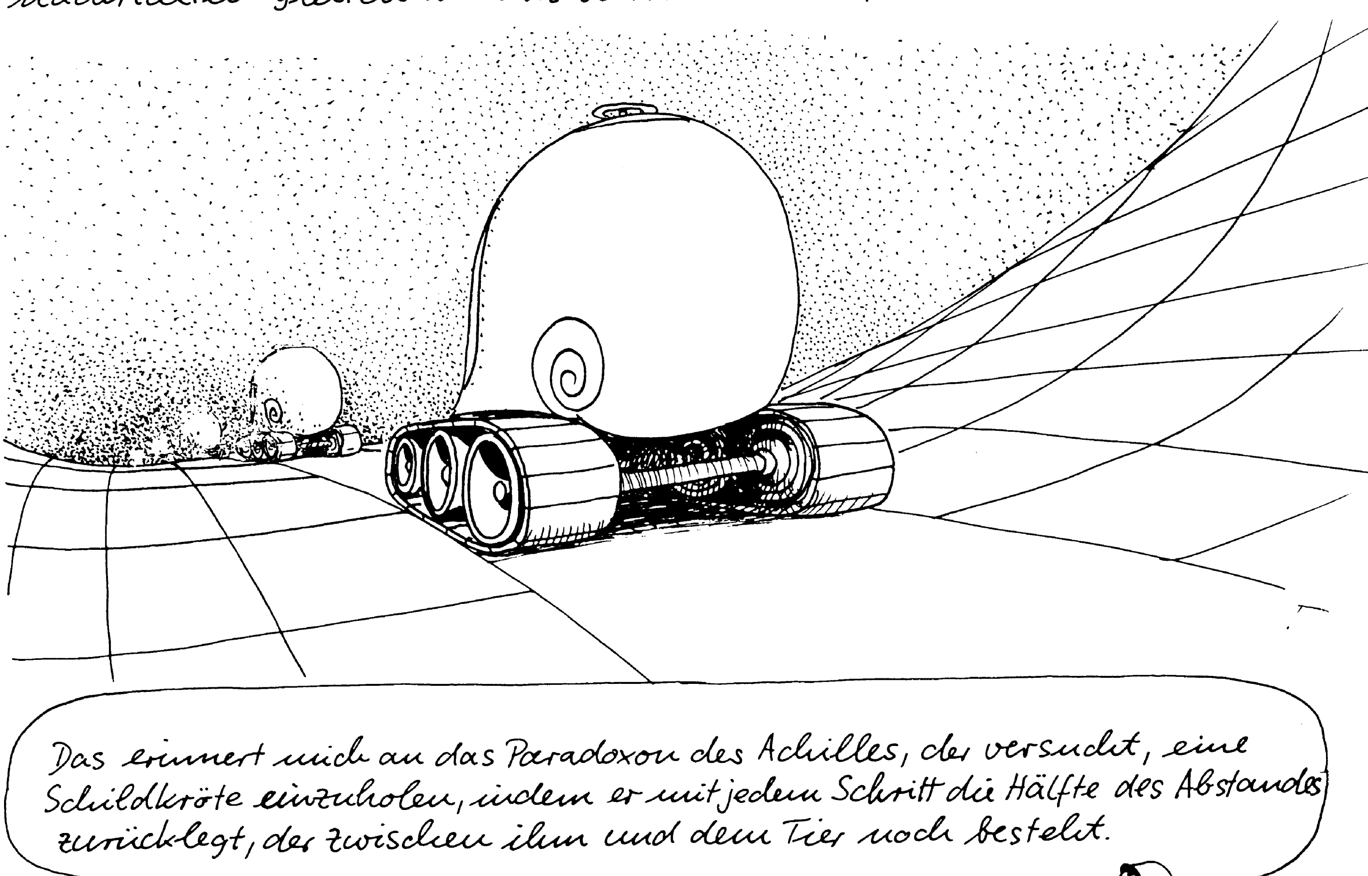

Das ist ein schwarzes Loch!
Herr Albert und Leo sind schon hineingefallen.
Wir sind ja nun auch nicht gerade weit davon entfernt!
Kann man für Leo und Herrn Albert irgendetwas tun?
Unmöglich, denn es sieht nicht so aus, als würden sich unsere Geodätischen schneiden.


Kannst Du sie sehen?
Der Boden des schwarzen Lochs ist nicht zu erkennen.
Ich sehe sie noch, aber ihr Chronoskaph ist dunkelrot geworden.
Hallo! Herr Albert, Leo, können Sie mich hören?
Ich verstehe ihn nicht mehr. Seine Stimme ist entsetzlich hoch und er redet viel zu schnell.
Seine Stimme wird immer tiefer. Er hört sich an wie eine Schallplatte, die stehenbleibt.
IIICCHHHHHooo
Verständigungsprobleme, die sich ergeben, wenn man in verschiedenen Zeitblasen lebt.

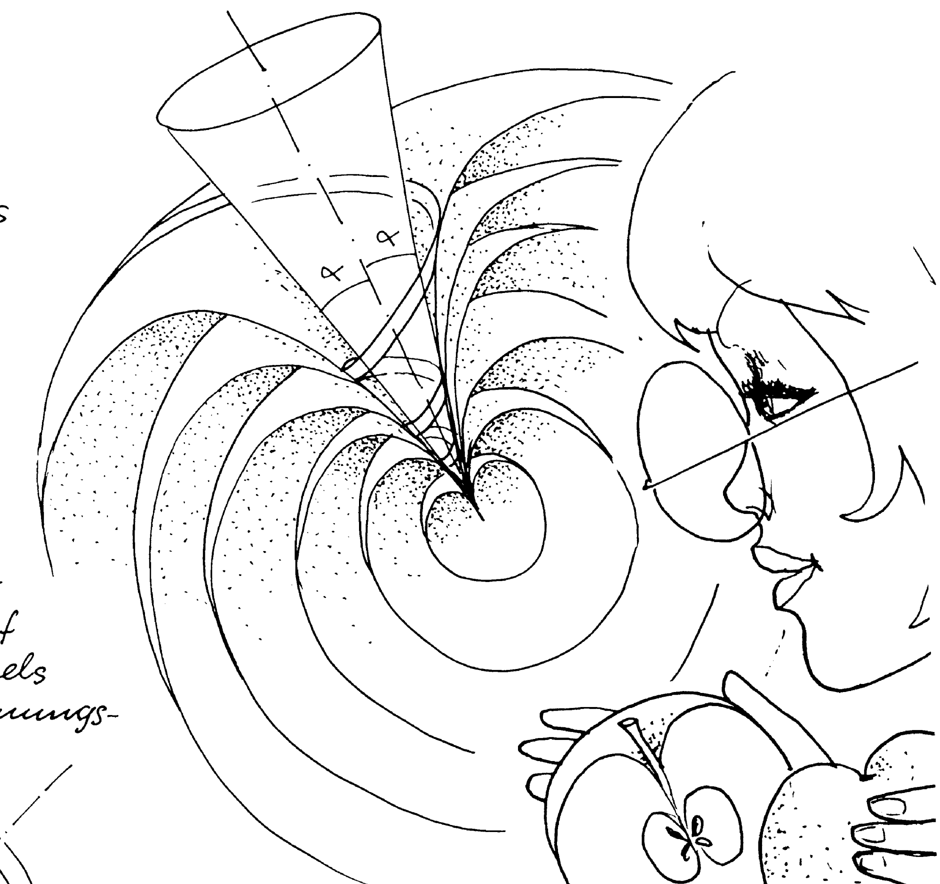
DAS PROBLEM DER ZEIT

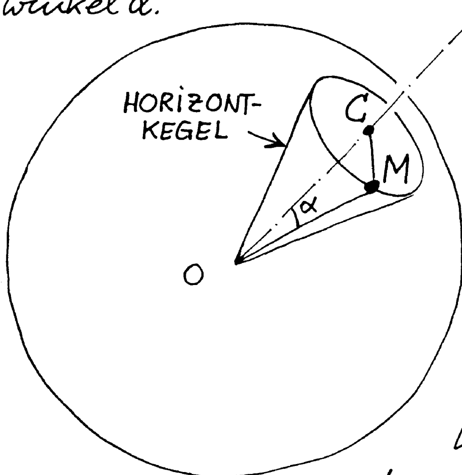
Je tiefer Albert und Leo in das Chronol eintauchen, umso größer wird der äußere Druck P_E, umso weniger Chronol läuft aus ihrer hydraulischen Uhr und umso langsamer vergeht in ihrem Chronoskaph die Zeit. Wenn sie den Grund aller Dinge und Lichtgeschwindigkeit erreicht haben, wird aus ihrer Borduhr eine begrenzte Menge Chronol geflossen sein, was bedeutet, daß sie die Strecke in einer endlichen Zeit bewältigt haben.

Aber wenn Sophie, Anselm, Max und Tiresias den Fall von Leo und Herrn Albert weiter verfolgen könnten, so würde er ihnen endlos erscheinen. Das vom fallenden Chronoskaph ausgesandte Licht verschwindet im Infrarot-Gebiet außerhalb des sichtbaren Spektrums, und die Radionachrichten gleiten in das Ultraschall-Gebiet.

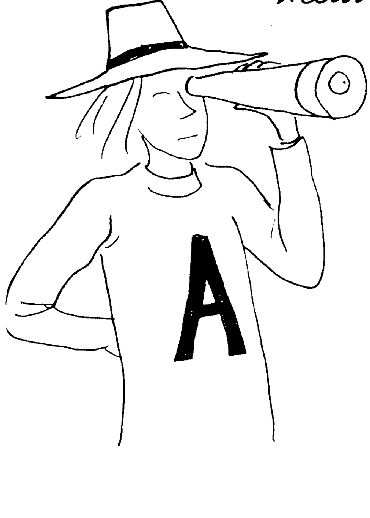


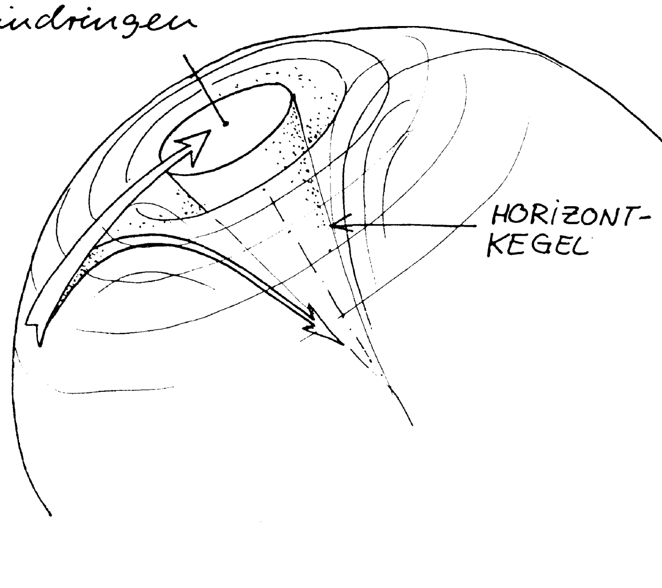
Das ist ein Bild eines schwarzen Lochs im Cosmos-Park. Der Kegel hat den Zeit-Raum bis zum Mittelpunkt durchstoßen. Dort herrscht Lichtgeschwindigkeit, und alle Schichten haben dort denselben Verlauf wie der Mantel des Kegels mit dem halben Öffnungswinkel α.





In diesem Modell entspricht der Abstand zwischen zwei Punkten, beispielsweise C und M, dem Winkel α zwischen zwei Radien, OM und OC. Betrachtet man die Zeichnung oben rechts, so erkennt man, daß es unmöglich ist, in den Kegel hineinzugelangen. Für einen Beobachter, der auf der obersten Schicht des Chronols ruht und die Krümmung dieses Zeit-Raums nicht erkennt, ist die als Horizont bezeichnete Grenze des schwarzen Lochs ein Kreis, in den man nur mit Lichtgeschwindigkeit eindringen kann.



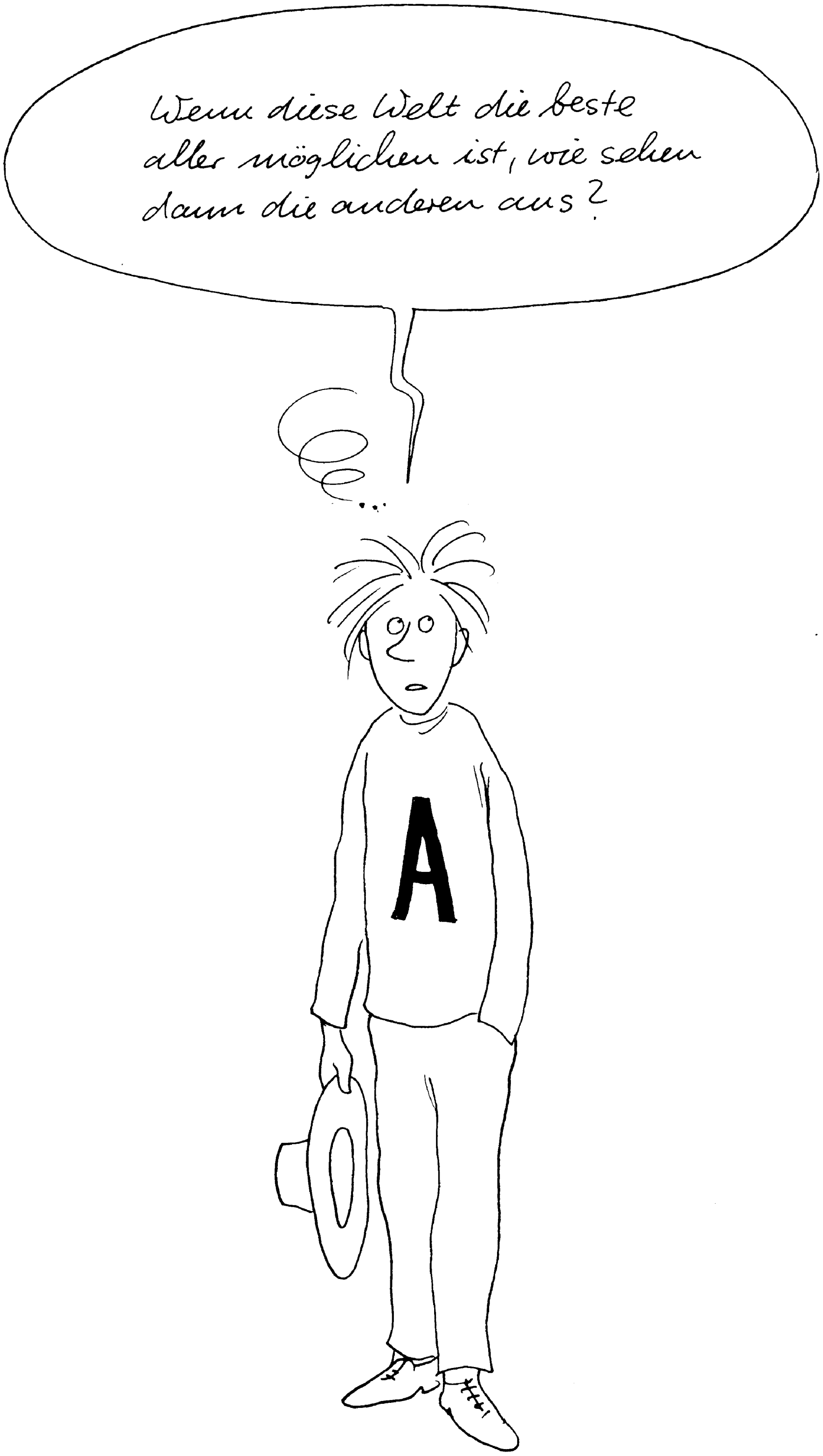



ZUSTAND DER RUHE
Oh, schau! Wir sind wieder am Ausgangspunkt unserer Fahrt, neben dem Chronoskaph Nr. 3, der sich nicht bewegt hat.
Durch unseren Ausflug zum schwarzen Loch sind wir weniger gealtert. Wäre einer von uns im Chronoskaph Nr. 3 geblieben, so hätte er Hunderte oder sogar Tausende von Jahren auf unsere Wiederkehr gewartet.
Wohin führen die schwarzen Löcher?
Niemand weiß das. Theoretisch könnte ein anti-schwarzes Loch existieren, ...
... das heißt ein Objekt, in das man nie hineingelangen und aus dem man nur heraussteigen könnte?
Ja, sozusagen eine weiße Quelle.

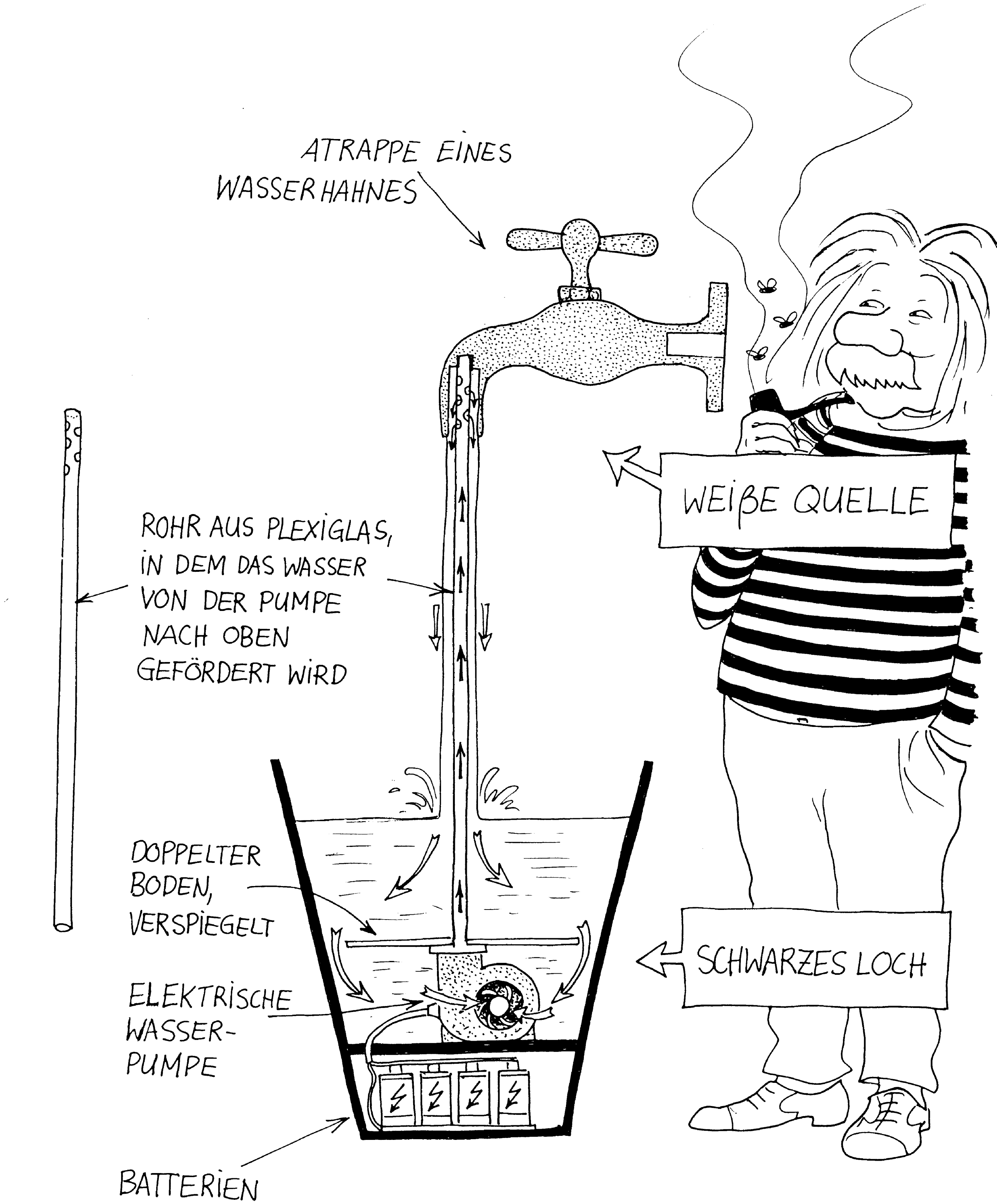

So könnte im Modell des Cosmos-Parks eine Kombination aus schwarzem Loch und weißer Quelle aussehen.
Beide Objekte sind gleich, aber ihre Geodätischen sind entgegengesetzt orientiert.
Und was findet man im schwarzen Loch jenseits des Horizontes? Ist dort das Nichts?
Vielleicht das Nichts in seiner reinsten Form?
Aber nein! Das Innere des schwarzen Loches wäre einfach das Äußere der mit ihm verbundenen weißen Quelle.
Man sieht hier, daß die Kombination aus schwarzem Loch und weißer Quelle jeder Schicht des Cosmos-Parks den Charakter einer nicht orientierbaren einseitigen Fläche gibt, und daß jeder Durchgang durch die Kombination ein Objekt in sein Spiegelbild verkehrt. Ein R käme als Я wieder heraus.
R
Я

EINE UNDURCHSCHAUBARE GESCHICHTE


Leo, laß Tiresias in Ruhe!
Hab keine Angst, Tiresias! Wichtig ist nur, daß Du Dich in Deinem Haus wohlfühlst.
Hilfe!
EPILOG
Oh weh, das Cosmol! Ich habe Kopfschmerzen.
Mal sehen: Die Leere und die Materie sind einander ähnlich, ein Raum kann in sich geschlossen sein, und man kann nur geradeaus gehen.


Wenn diese Welt die beste aller möglichen ist, wie sehen dann die anderen aus?

ENDE


ATRAPPE EINES
WASSERHAHNES
WEIßE QUELLE
ROHR AUS PLEXIGLAS,
IN DEM DAS WASSER
VON DER PUMPE
NACH OBEN
GEFÖRDERT WIRD
DOPPELTER
BODEN,
VERSPIEGELT
SCHWARZES LOCH
ELEKTRISCHE
WASSER-
PUMPE
BATTERIEN