



Bauanleitung

1. Teile nach dem Muster der fetten Linien ausschneiden, auch zwischen den gepunkteten Falzen:
Es ergeben sich vier in den Flächen deckungsgleiche Trichter A, B, C, D
und vier deckungsgleiche Parallelogramme F, G, H, I.
2. Versuche die Parallelogramme F bis I passend zusammenzulegen:
Geht es auch wenn ausschließlich vier stumpfe Winkel aufeinandertreffen?
Klebe drei Teile zusammen, bei denen die Kreisbögen zusammenliegen (ein Spalt bleibt frei)!
Zeichne mit dem Lineal eine Linie über diese drei Teile ein!
Wenn du nun das vierte Parallelogramm einbaust, geht das in der Ebene nicht:
Die Fläche wölbt sich zu einem Sattel auf, deine „lokal gerade“ Linie krümmt sich.
3. Versuche die vier Flächen beim braunen Kreis passend zusammenzulegen!

Lokal sind die roten bzw. blauen Linien gerade.
Global lässt sich die Fläche in der Ebene nicht lückenlos zusammensetzen.

Linien, die so gerade laufen, wie das auf einer unebenen Fläche nur möglich ist, heißen Geodäten.

4. Knicke die jeweils drei gepunkteten Falze nach vorne, die drei Flächen nach hinten; dazu evtl. vorher die Kanten fest mit einem Kuli nachfahren (siehe Bilder auf www.physik.de.rs/schule/rel/)!
5. Streiche die Falze A1, A2, A3 mit Kleber ein und leime sie unter die Flächen von Trichter B usw.

Die Innenwinkelsumme des Dreiecks auf der Sattelfläche ist kleiner als 180° .
Körper, die auf den Geodäten ① und ② gradeaus fliegen, laufen auseinander.

Interpretation: Das Licht wird vom Gravitationsfeld abgelenkt.
Oder: Der Raum wird gekrümmt, das Licht läuft gradeaus.

6. Klebe evtl. die Euklidische Ebene zum Aufklappen über die Trichteröffnung,
leime dazu die Rückseite der Lasche Q1 ein und passe die beiden + aufeinander.
Ein Vergleich der beiden lila schraffierten Gebiete zeigt:

Das Volumen eines Schwarzen Lochs ist größer
als eine Kugel mit gleicher Oberfläche.

7. Für einen Neutronenstern knickst du die Pyramide V3 entlang der gestrichpunkteten Linien
und setzt sie statt des Schwarzen Lochs als Spitze in den Schacht ein.

Grenzen des Modells

- Im Modell liegen nur acht Sattelpunkte zwischen ebenen Flächenstücken;
in Wirklichkeit ist der Raum natürlich kontinuierlich gekrümmt –
in einer ganz kleinen Umgebung jedes Punktes erscheint er flach.
- Das Modell zeigt nur eine zweidimensionale Fläche, aber unser Raum ist dreidimensional.
- Die nächsthöhere Dimension „in der“ der gekrümmte Raum liegt (z.B. die Papierflächen
des Trichters im Dreidimensionalen), hat in Wirklichkeit aber keine Bedeutung:
Es gibt keine vierte Dimension, in der man zum Beispiel einen Abkürzer nehmen könnte.