

Lösungen.04

4.5. Problems

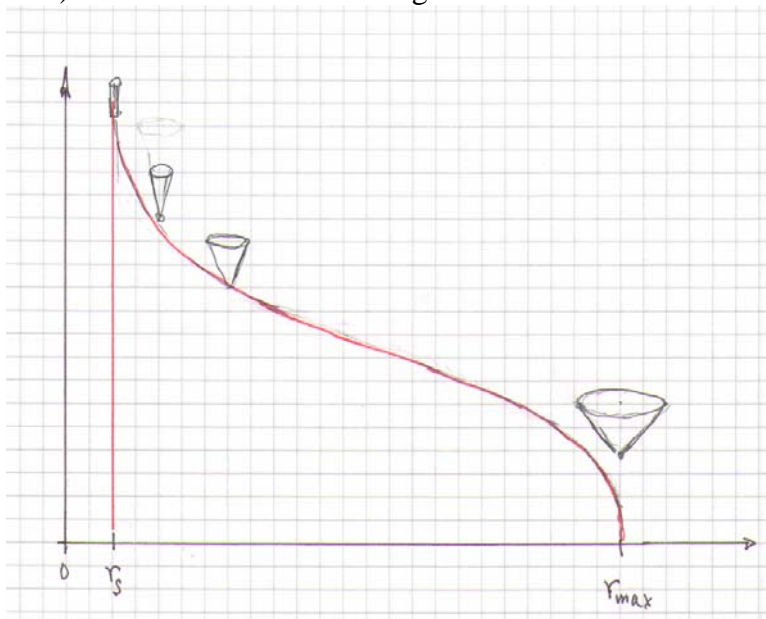
$$1.) \quad ds^2 = \frac{1}{t^4} dt^2 - dr^2$$

$-\infty < r < +\infty$ und $0 < t < +\infty$ mit Singularität bei $r=0$. Transformation $\frac{1}{t^4} = t'^4$

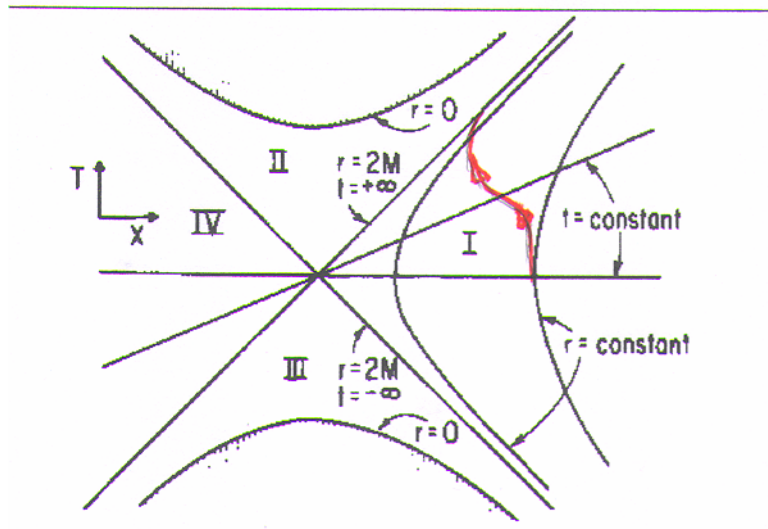
ergibt $dt = d\left[\frac{1}{t'}\right] = \frac{dt'}{t'^2}$ und $\frac{1}{t^4} dt^2 = t'^4 \frac{dt'^2}{t'^4} = dt'^2$. Diese Raumzeit $ds^2 = dt'^2 - dr^2$

bildet eine Teilmenge der Minkowski-Raumzeit für $t' > 0$

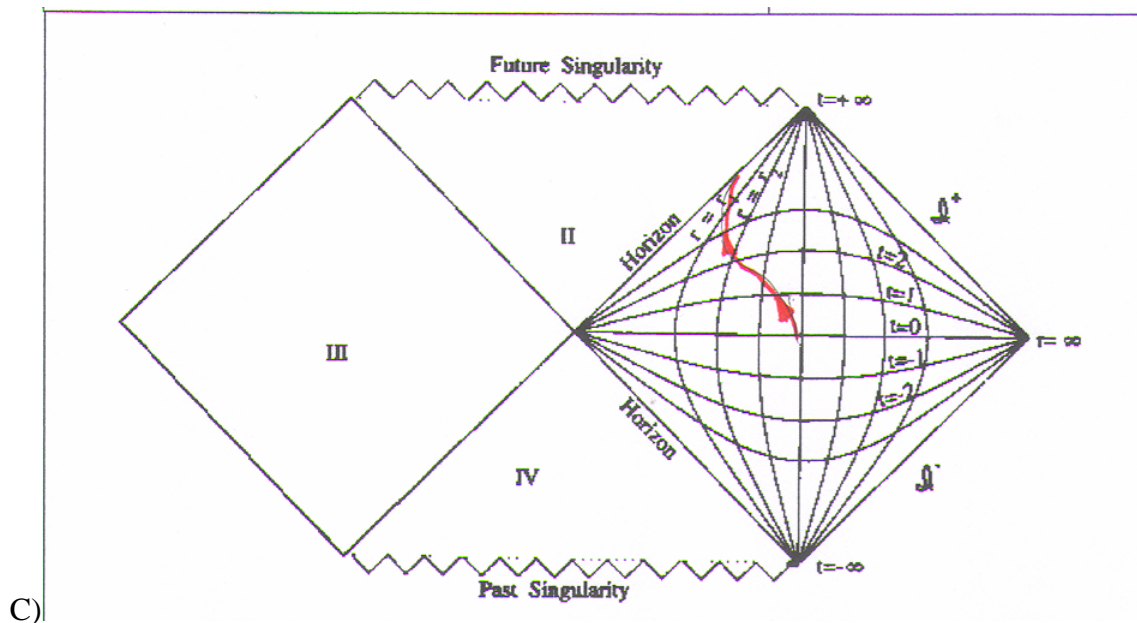
2) Kruskal- und Penrose-Diagramme



A)



B)



Skizze A) beschreibt den Weg einer radial einfallenden Masse beobachtet entsprechend der Fig. 3.4. von $r \rightarrow \infty$ Es beginnt mit verschwindender Geschwindigkeit und endet ebenso. Dazwischen ist die Geschwindigkeit maximal. In B) und C) sind die Wege entsprechend verzerrt.

3.) Weiße Löcher.

Weiße Löcher ergeben sich als Zeitumkehr-Gebilde bei der maximalen analytischen Fortsetzung der Schwarzschild-Metrik nach Kruskal; denn die Einstein-Gl. sind symmetrisch in der Zeit (zeitumkehr-invariant). Weiße Löcher besitzen eine endliche Masse und einen Antihorizont, der wie eine nur von innen nach außen durchlässige Membran wirkt. In dieser Form ist das „white hole“ ein mathematisches Konstrukt (s. Fig. C : „past singularity“)

Etwas anders sieht es aus, wenn man realistische „black holes“ betrachtet. Sie sind in einem Kollaps entstanden, haben also eine Geschichte, d.h. sie unterliegen dem „Zeitpfeil“ und sind nicht mehr zeitumkehr-invariant. Aus großer Entfernung betrachtet setzt sich der Kollaps unter Rotverschiebung und Zeitdehnung unabsehbar bis in eine ferne Zukunft fort. Das weiße Loch würde entsprechend seit $-\infty \rightarrow t$, also seit dem Urknall bestehen. Seit dieser Zeit würde es Materie/Energie emittieren und würde dabei immer kleiner bis es (nach Hawking) plötzlich strahlend (wahrscheinlich in einer Explosion) vergeht. Das passiert alles in der Vergangenheit. Durch diese Betrachtung ließen sich die Probleme der Energieerhaltung umgehen, beziehungsweise in den Urknall verlegen. Das „white hole“ müsste dann im Urknall entstanden sein, ohne dass man allerdings ein plausibles Modell dafür angeben könnte.

Der zweite Hauptsatz verbietet die Zeitumkehr makroskopischer Prozesse. Aber ist ein schw. Loch ein makroskopisches Objekt? Oder verhält es sich eher wie ein Elementarteilchen? Dann wäre Zeitumkehr erlaubt (CPT-Theorem).

Das schwerwiegendste Argument gegen die Existenz von weißen Löchern stammt aus der Beobachtung. Es gibt keine empirischen Hinweise auf Raumgebiete aus welchen (stark blauverschoben) ständig Materie/Energie fließt.