

33. Übersicht über die konservativen Entwicklungen

(→ R.F. Webbink : 1979 , IAU Coll. No. 53, 426 ; R.F. Webbink : 1985, in: Interacting Binary Stars, J.E. Pringle and R.A. Wade (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, p. 39)

33.1. Grundlagen

► **konservative Entwicklung** : Anfangssystem und Verlauf der Entwicklung durch 3 Parameter festgelegt, z.B.

$$\begin{pmatrix} M_1 \\ M_2 \\ A \end{pmatrix} \text{ oder } \begin{pmatrix} \delta C \\ \varphi \\ J \end{pmatrix} \text{ oder } \begin{pmatrix} P \\ A \\ J \end{pmatrix} \text{ oder } \begin{pmatrix} M_1 \\ R_{1,R} \\ \varphi \end{pmatrix} \text{ oder } \dots \begin{pmatrix} p_1(M_1, M_2, A) \\ p_2(M_1, M_2, A) \\ p_3(M_1, M_2, A) \end{pmatrix}$$

jede Kombination von 3 lin. unabhängigen Funktionen von $M_1, M_2,$ und A

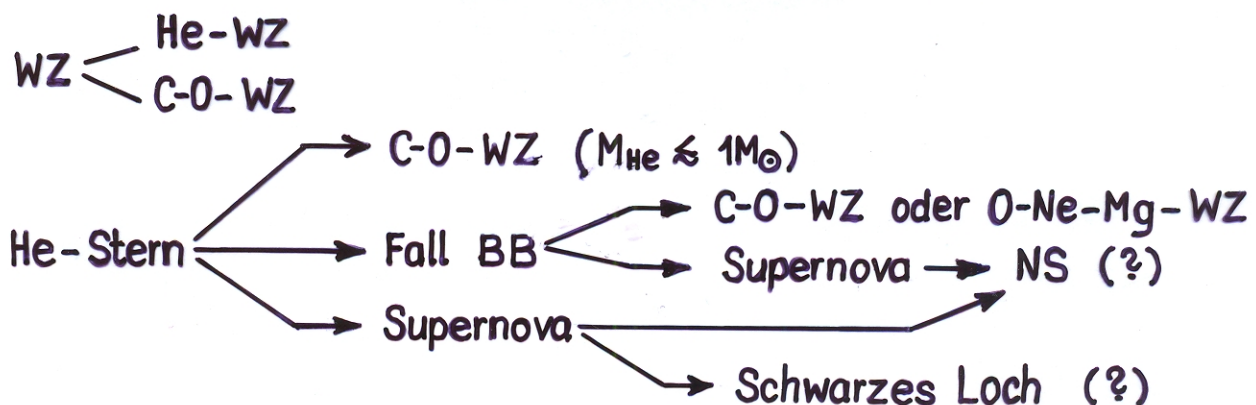
► **Ziel** : Wollen uns Überblick verschaffen, wie die Fälle A, B, C, BB, ... im Parameterraum (M_1, M_2, A) oder (M_1, M_2, P) oder ... verteilt sind, und welche Endprodukte wie häufig aus welchen Unterräumen entstehen.

Sei (p_1, p_2, p_3) gegeben. Was entscheidet über den Verlauf der Entwicklung und die entstehenden Endprodukte?

a) relative Maxima von $R_1(t)$ → Fälle A, B, C, BB, ...
 ↔ Entwicklungsstand des Zentrums zu Beginn des Massentransfers

b) Struktur der Hülle, wenn erstmals $R_1 = R_{1,R}$: konvektiv, radiativ ?

c) Masse und Entwicklungsstand des Reststerns: z.B.:

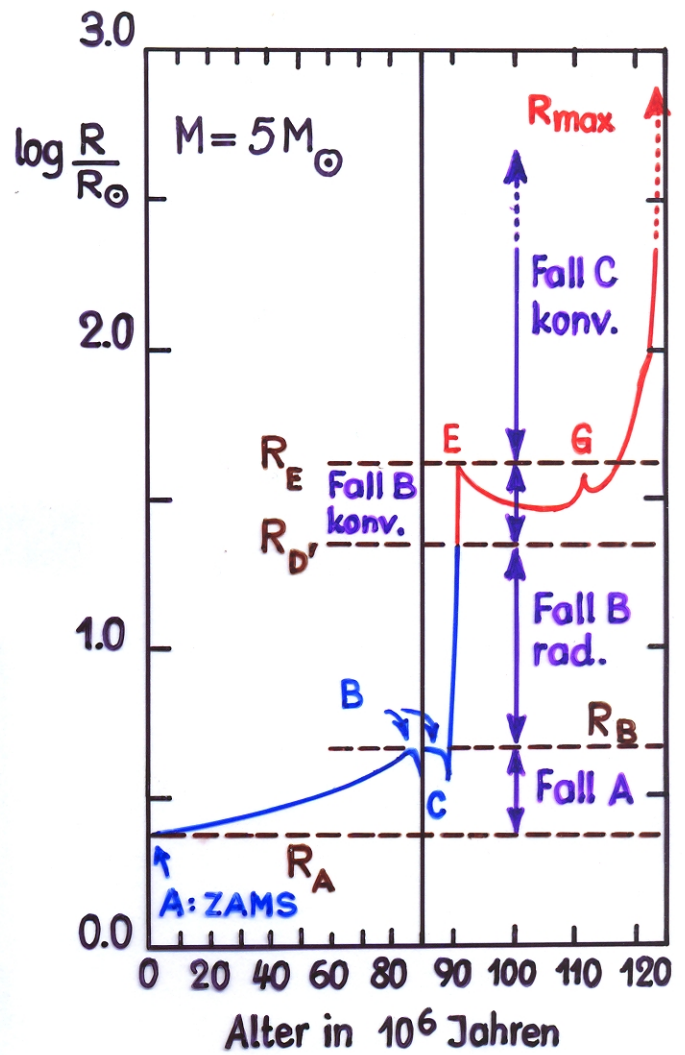


d) Maximaler Radius des Primärsterns:

► Für jedes $M_1 \exists$ Radien

$$R_A, R_B, R_C, R_{D'}, R_E, R_{\max}$$

→ können diese Radien in ein Masse-Radius-Diagramm eintragen



33.2. Das M_1 - R_1 - und das M_1 - P -Diagramm

Sei M_1 und $R_{1,R}$, d.h. ein Punkt im M - R -Diagramm gegeben:

→ Struktur der Hülle (radiativ / konvektiv) und Entwicklungsstand des Zentralgebiets zu Beginn des Massentransfers ($R_1 = R_{1,R}$) liegen bereits fest (Annahme: $M_1 = \text{const.}$ solange $R_1 < R_{1,R}$).

! Mit M_1 und $R_{1,R}$ ist ein System noch nicht eindeutig festgelegt.!

Benötigen einen 3. Parameter, z.B. $q = M_1/M_2$:

→ Bahndrehimpuls : $J(M_1, R_{1,R}, q) = G M_1^{3/2} R_{1,R}^{1/2} [f_1(q) q (1+q)]^{-1/2}$

Anfangsabstand : $A_0(M_1, R_{1,R}, q) = R_{1,R} f_1^{-1}(q)$

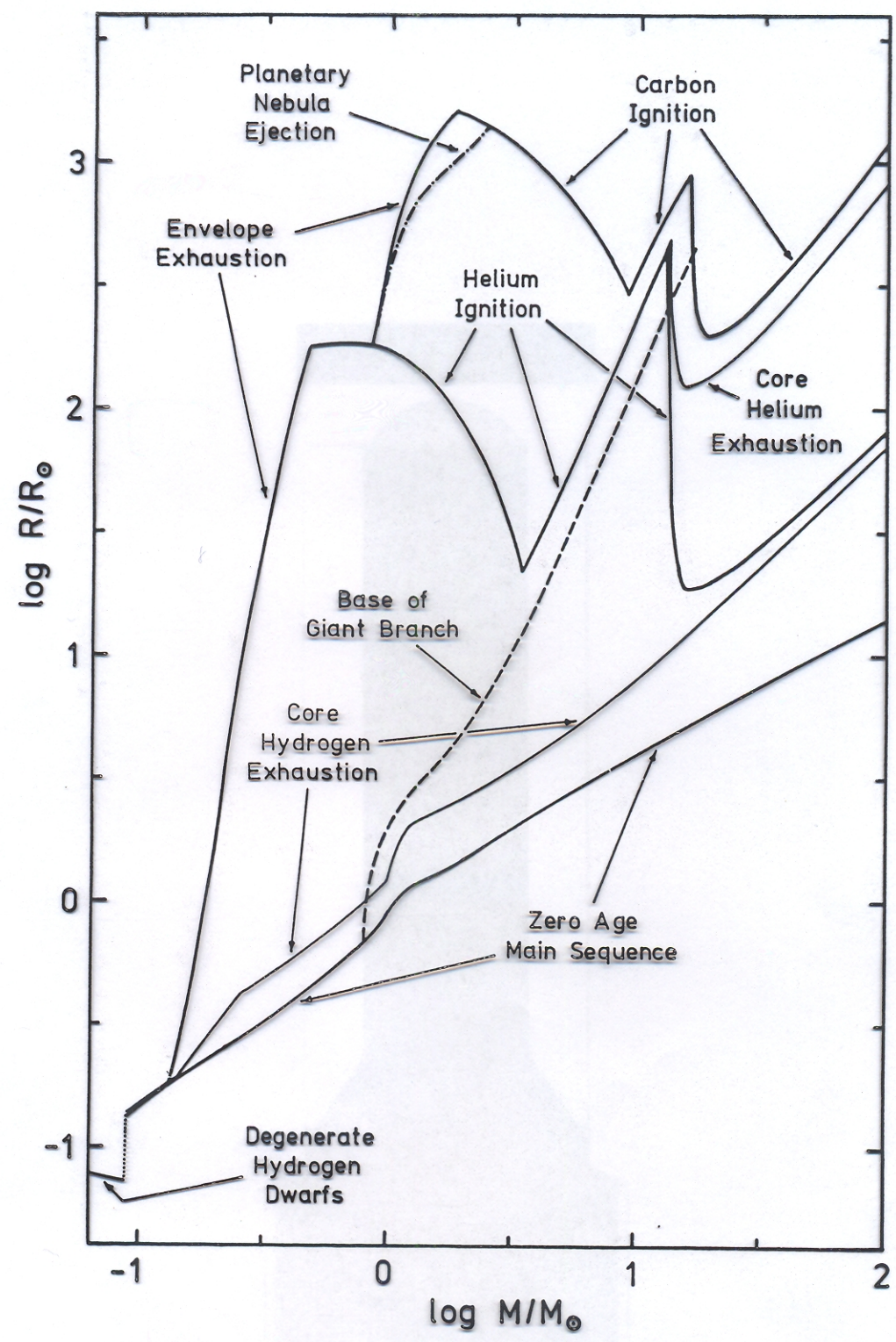
Anfangsumlaufzeit : $P(M_1, R_{1,R}, q) = \frac{2\pi R_{1,R}^{3/2}}{G^{1/2} M_1^{1/2}} \left(\frac{q}{1+q}\right)^{1/2} f_1^{-3/2}(q)$

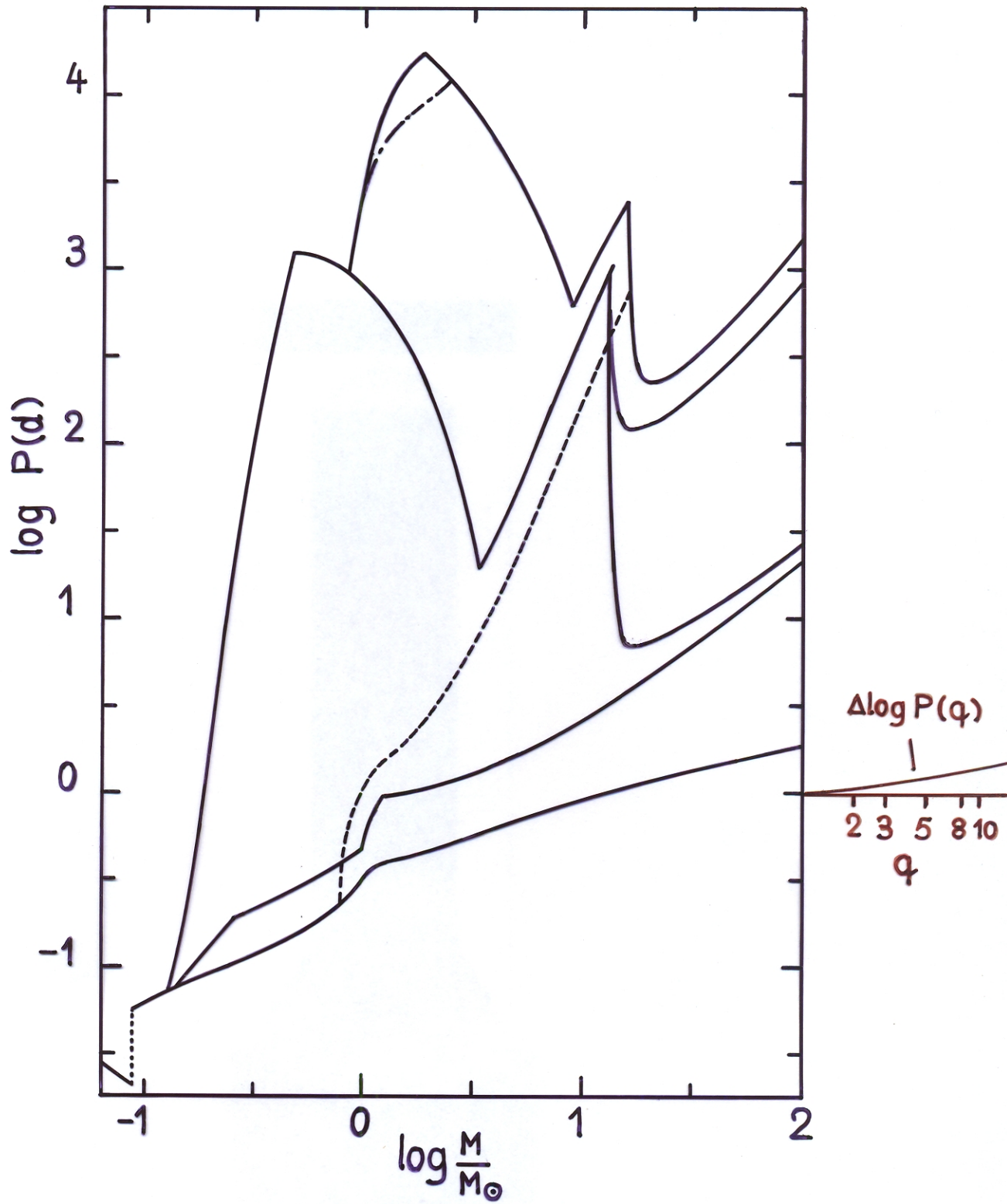
► P ist nur schwach von q abhängig: $\left(\frac{\partial \ln P}{\partial \ln q}\right)_{M_1, R_{1,R}} \approx 0.14$

(dagegen $(\partial \ln J / \partial \ln q)_{M_1, R_{1,R}} \approx -1$!)

Das Masse - Radius - Diagramm

(Webbink, 1979)



Das Massen - Perioden - Diagramm (Webbink, 1979)

→ transformieren das $M_1-R_{1,R}$ -Diagramm in ein M_1-P -Diagramm für ein vorgegebenes \tilde{q} , (z.B. für $q=1$)

$$\log P(d) = \frac{3}{2} \log \frac{R_{1,R}}{R_{\odot}} - \frac{1}{2} \log \frac{M_1}{M_{\odot}} - \frac{1}{2} \log \frac{(1+q)f_1^3(q)}{q} - 0.9358$$

→ wegen geringer q -Abhängigkeit von P ($P \sim q^{0.14}$) und $q > 1$ gilt das Diagramm in guter Näherung auch für andere q .

Sei $\tilde{q}=1$: → für $q \neq 1 \exists$ Achsenverschiebung um $\Delta \log P \approx 0.14 \log q$

- ▶ Können nun in dieses $P-M_1$ -Diagramm einzeichnen,
 - 1.) in welchen (P, M_1) -Bereichen welche Fälle vorkommen, und
 - 2.) aus welchen (P, M_1) -Bereichen welche Endprodukte zu erwarten sind.

33.3. Die Häufigkeit der verschiedenen Entwicklungen und der Endprodukte

▶ Die Häufigkeit, mit der eine best. Entwicklung, d.h. ein best. Tripel (M_1, P, q) realisiert ist, hängt von den Verteilungsfunktionen für M_1, P, q ab (die nicht notwendigerweise unabhängig voneinander sind; hängt vom Entstehungsprozess für Doppelsterne ab)

▶ Annahme: Die Verteilungsfunktionen sind unabhängig voneinander, d.h. die Wahrscheinlichkeit für (M_1, P, q)

$W(M_1, \dots, M_1+dM_1; P, \dots, P+dP; q, \dots, q+dq)$ ist separierbar, so dass

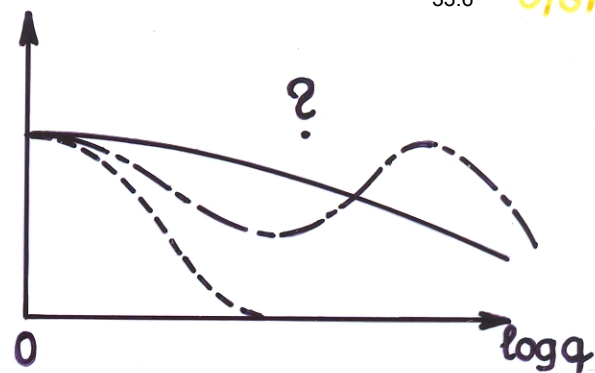
$$dN(M_1, P, q) = \phi(M_1, P, q) d \ln M d \ln P d \ln q$$

$$= f(M_1) g(q) h(P) d \ln M_1 d \ln q d \ln P$$

Problem: Weder $f(M_1)$, noch $g(q)$, noch $h(P)$ sind genau bekannt

- ▶ Beobachtungen:
 - $f(M_1)$ wahrsch. etwa wie bei Einzelsternen, d.h. Salpeter-Funktion: $f(M_1) \sim M_1^{-2.35}$, $M_1 \geq 0.9 M_{\odot}$
 - $g(q)$ und $h(P)$ mit starken Auswahleffekten behaftet
 - $g(q)$ hat ein Maximum bei $q=1$ (Auswahleffekt !?) und fällt mit $q (>1)$ ab, aber keine Einigkeit darüber, wie stark, und ob es ein 2. rel. Maximum gibt.

aber : Unsicherheit von $g(q)$
 nicht so wichtig, da
 $(\partial \log P / \partial \log q)_{M_1, R_1, R} \approx 0.14$,
 d.h. rel. klein ist.



- $h(P)$: Umlaufzeiten scheinen
 über grossen P -Bereich etwa
 gleich (über $\log P$) verteilt zu sein : $h(P) \approx 0.06$

► Achsentransformation des M_1 - P -Diagramms, so dass die Fläche proportional zur Wahrscheinlichkeit $W(M_1, \dots, M_1 + dM_1; P, \dots, P + dP)$ wird.

$$\rightarrow M_1 \rightarrow \int_{M_{1,\min}}^{M_1} f(m) d \ln m, \text{ und } P \rightarrow \int_{P_{\min}}^P h(p) d \ln p \approx 0.06 \ln \frac{P}{P_{\min}}$$

► können wieder, wie im P - M_1 -Diagramm, die verschiedenen Grenzlinien eintragen und erhalten

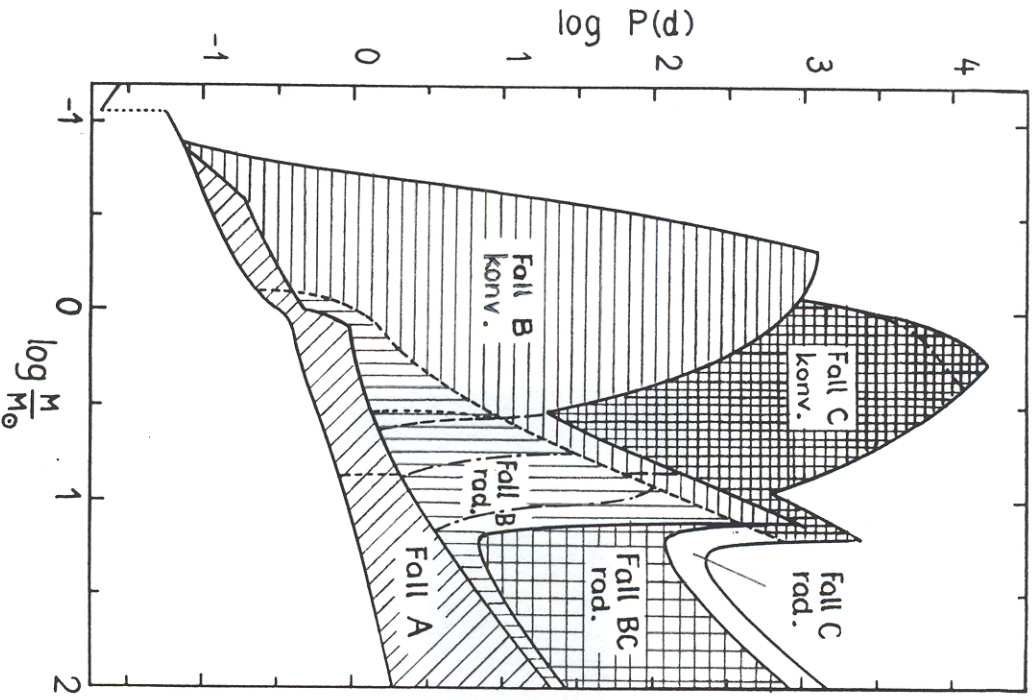
1.) wahrscheinlichkeitsproportionale Flächen für die versch. Fälle

2.) wahrscheinlichkeitsproportionale Flächen für die versch. Endprodukte,

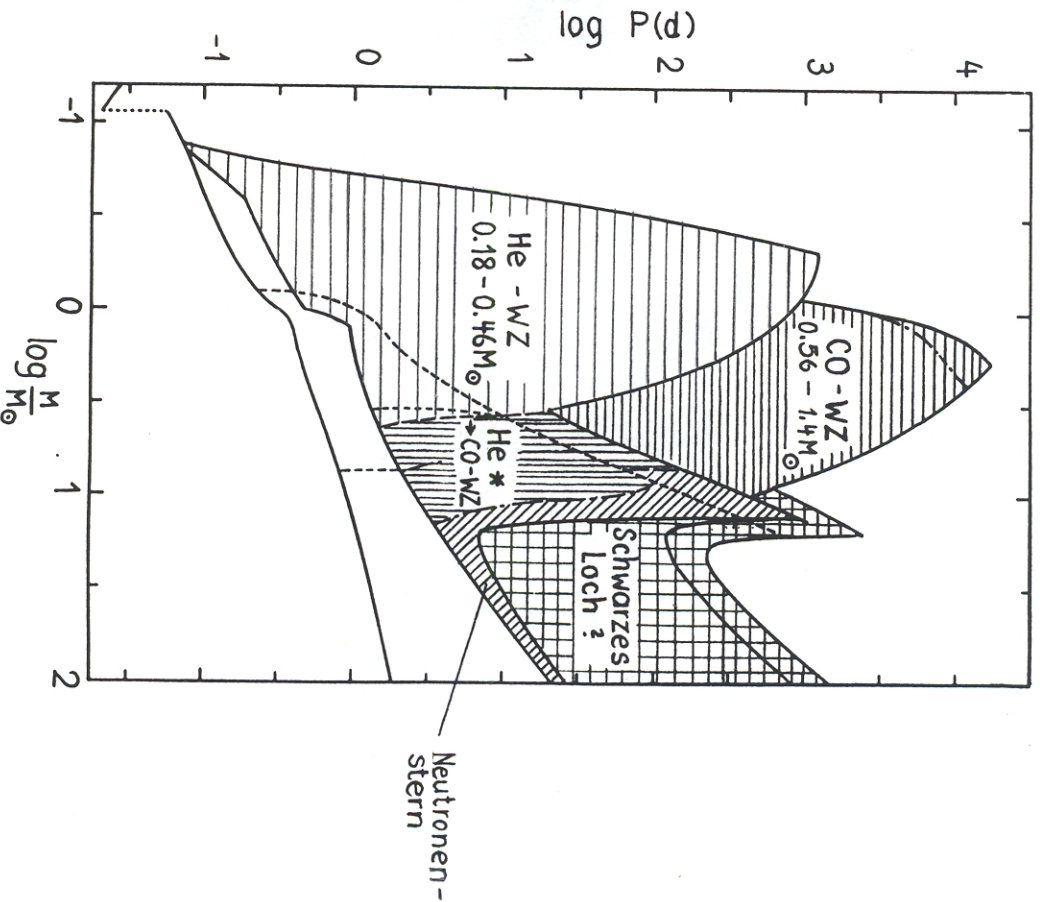
→ rel. Häufigkeit der verschiedenen Endstadien des Primärsterns

► <u>Fazit</u> :	rel. Häufigkeiten	-	Fall B, konvektiv	ca. 40%
		-	Fall C, konvektiv	ca. 20%
		-	Fall B, radiativ	ca. 20%
		-	Fall A,	ca. 15%
		-	Fall C, radiativ	~ 1%
		-	Fall BC, radiativ	~ 1%
		-	Helium Weisse Zwerge	60% - 70%
		-	C-O-Weisse Zwerge aus Fall C	~ 25%
		-	C-O- und O-Ne-Mg-WZ aus Fall BB	~ 5%
		-	Neutronensterne, Schwarze Löcher	~ 2%

► in mindestens 90% aller Fälle wird aus dem Primärstern ein Weisser Zwerg !



Verteilung der verschiedenen Entwicklungsfälle in der $P-M_1$ -Ebene der Ausgangssysteme



Endstadium des Primärsterns in Abhängigkeit der Lage des Ausgangssystems in der $P-M_1$ -Ebene

Häufigkeitsproportionale Verteilung der verschiedenen Fälle und der Endprodukte in der transformierten P-M₁-Ebene

