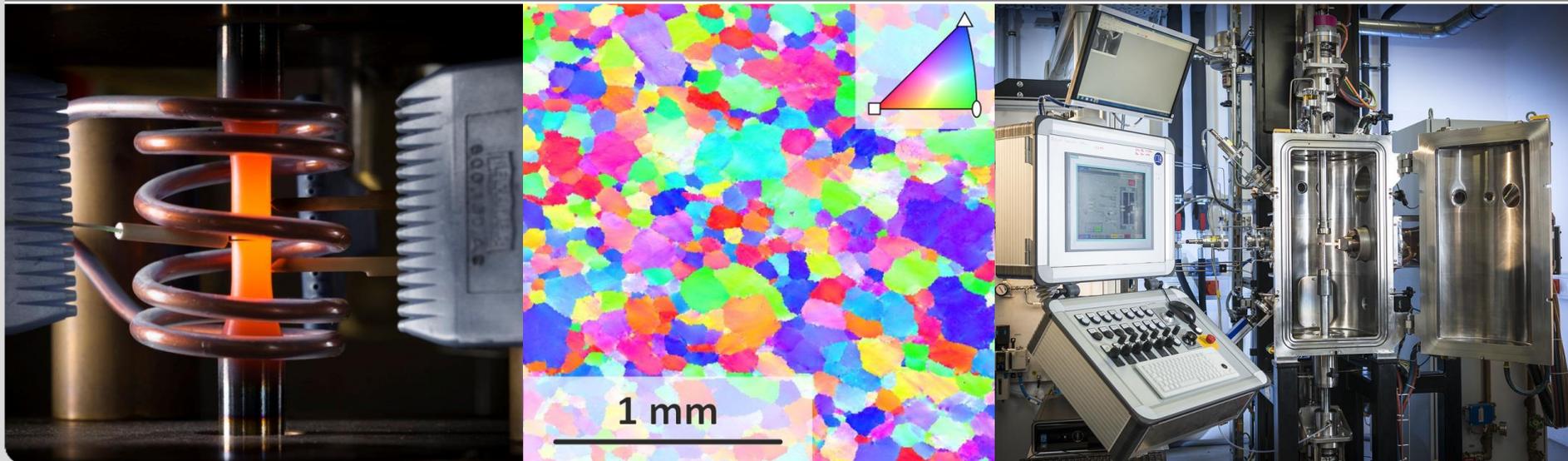


Werkstoffkunde I

Information zu den Übungen
Dr. Alexander Kauffmann (CS G. 10.91, R. 375)

21.10.2022

Institut für Angewandte Materialien



- Welche festigkeitssteigernden Mechanismen kennen Sie?

Festigkeitssteigernde Mechanismen

- Die mechanische Festigkeit von Metallen kann durch die Behinderung der Versetzungsbewegung gesteigert werden.
- Folgende festigkeitssteigernde Mechanismen sind für die Vorlesung relevant:

- Mischkristallverfestigung** $\propto \sqrt{x}$
 (Einbau von Fremdatomen in das Kristallgitter)

x ... atomarer Anteil an Legierungsatomen

- Versetzungsverfestigung** $\propto \sqrt{\rho}$
 (Behinderung der Versetzungsbewegung durch andere Versetzungen; Schneiden und Passieren)

ρ ... Versetzungsdichte

- Kornfeinung** $\propto \frac{1}{\sqrt{d}}$
 (Behinderung der Versetzungsbewegung durch Korngrenzen als (in der Regel) unüberwindbare Hindernisse)

d ... Korngröße

- Ausscheidungs-/Dispersionsverfestigung**
 (Behinderung der Versetzungsbewegung durch kleine Teilchen; Umgehen oder Schneiden)

$\propto \frac{\sqrt{v}}{r}$ (Umgehen)

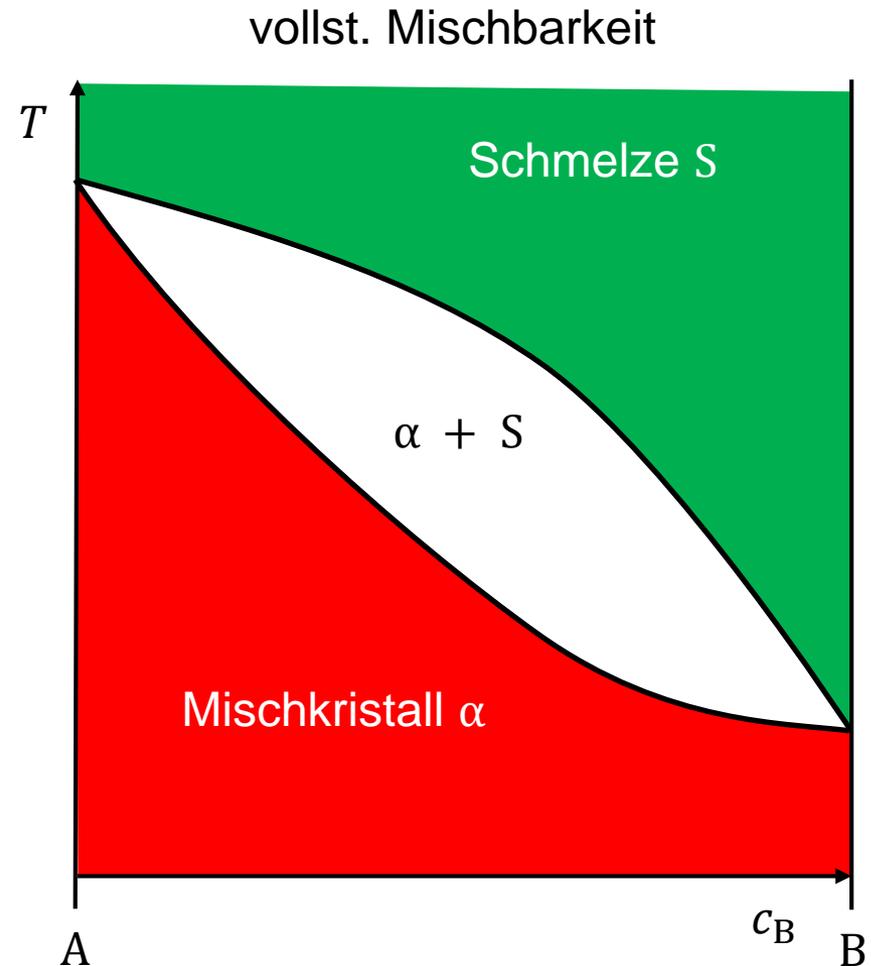
$\propto \sqrt{v} \cdot \sqrt{r}$ (Schneiden)

v ... Volumenanteil an Ausscheidungen/Dispersioiden
 r ... Radius der Teilchen

- Welche Formen einfacher, binärer Phasendiagrammen kennen Sie?

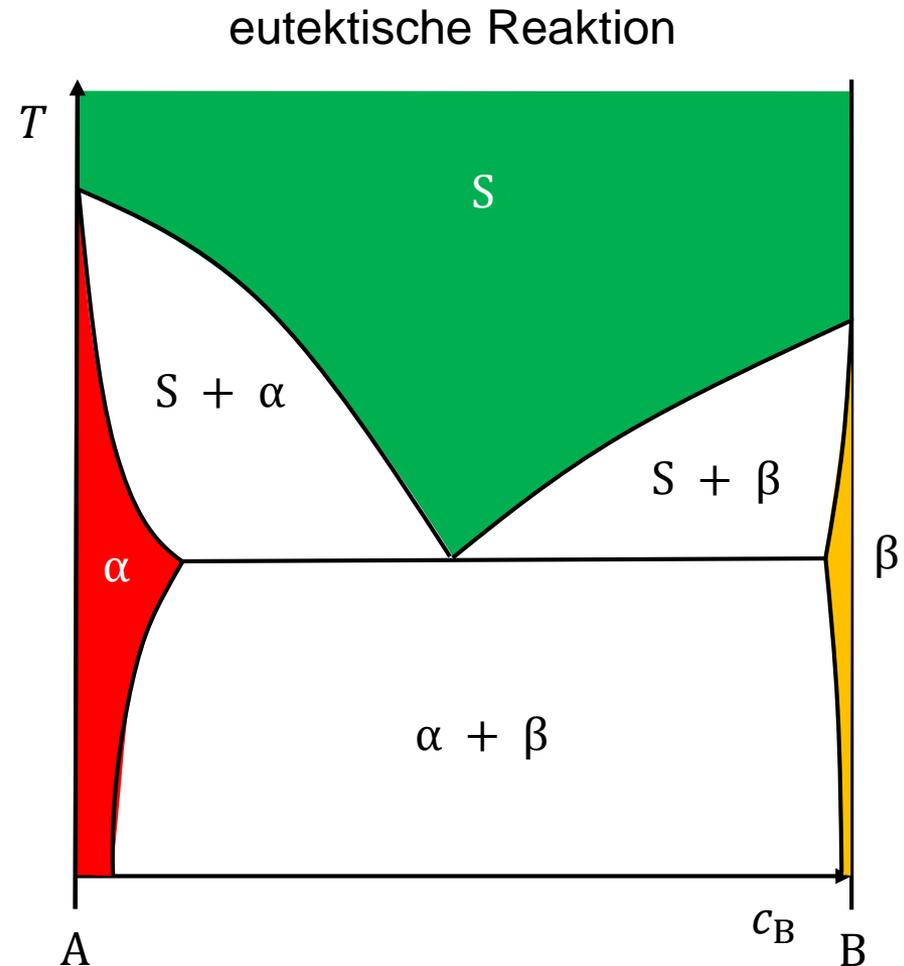
Typen von Phasendiagrammen

- Die beiden Phasen Schmelze und Mischkristall (**Substitutionsmischkristall bei dem durchgängig dieselbe Kristallstruktur vorliegt und A- bzw. B-Atome auf den Gitterplätzen eingebaut werden**) sind nur in farblich gekennzeichneten Regionen und ihren Grenzen stabil.
- Erreicht man ein Zweiphasengebiet sind die beiden Phasen demnach nur auf den angrenzenden Rändern der jeweiligen Einphasengebiete stabil.**



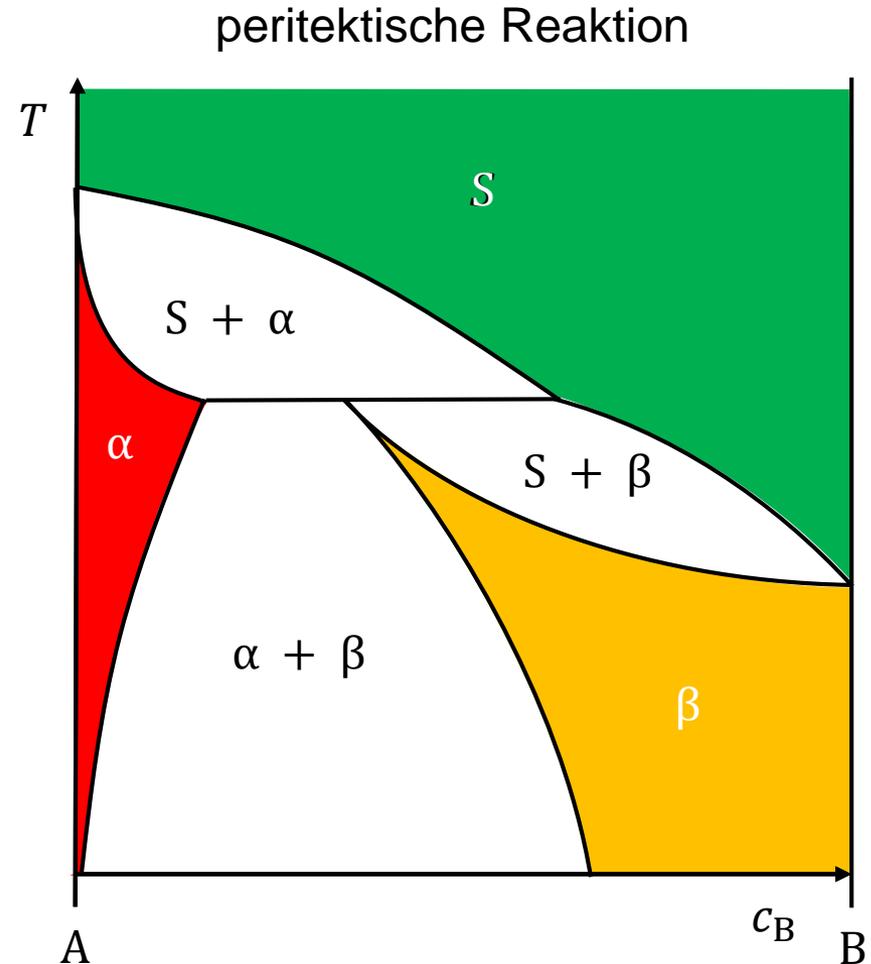
Typen von Phasendiagrammen

- Eine begrenzte Mischbarkeit im festen Zustand kann z. B. durch das Auftreten einer **eutektischen Reaktion** realisiert werden.
- In der Regel sind die Schmelzpunkte der Randphasen dabei ähnlich. **Die eutektische Temperatur ist immer kleiner als die Schmelzpunkte der Randphasen.**
- Der Gefügebestandteil, der aus der eutektischen Reaktion entsteht, hat meist eine lamellare, faserförmige oder würmchenförmige Anordnung der beiden festen Phasen. Die Tripellinien in diesen Strukturen erlauben einen schnellen Reaktionsablauf zu.



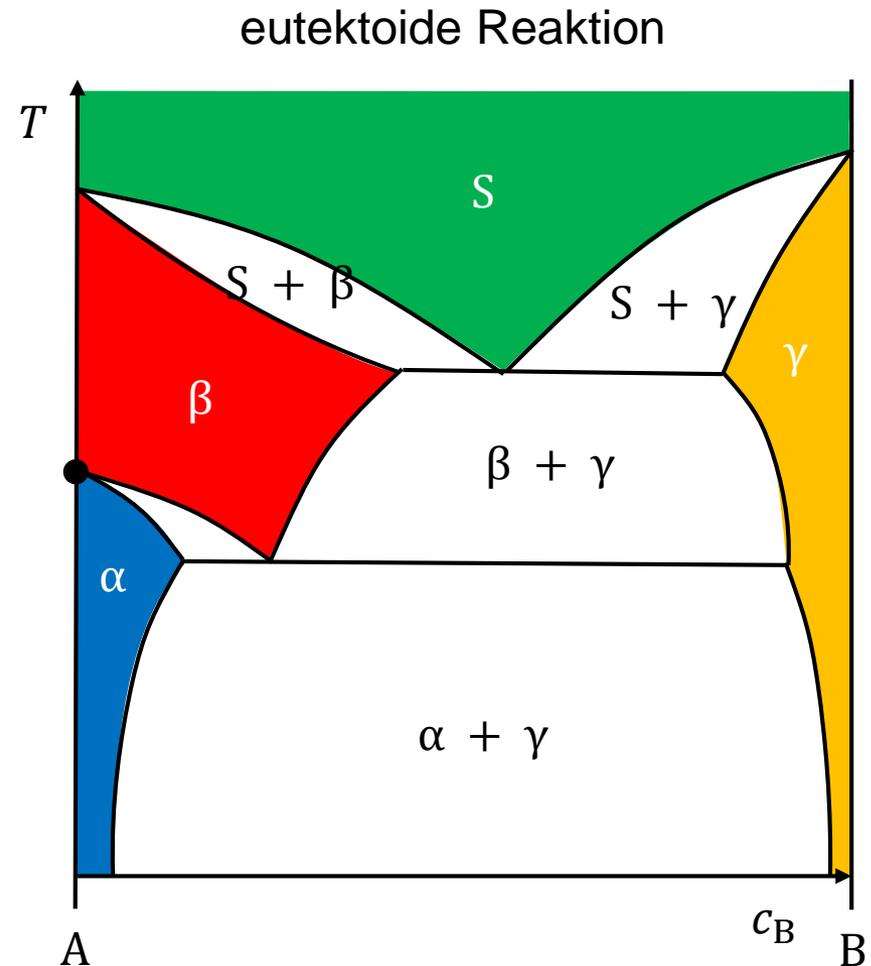
Typen von Phasendiagrammen

- Sind die Schmelzpunkte der Randsysteme stark verschieden, kann auch eine **peritektische Reaktion** auftreten. **Die peritektische Temperatur liegt zwischen den Schmelzpunkten der Randsysteme.**
- Im Gegensatz zur eutektischen Reaktion ist für einen schnellen Reaktionsablauf immer eine Grenzfläche zwischen Schmelze und primärkristalliertem Festkörper notwendig. Diese Grenzflächen werden aber durch die peritektische Reaktion selber beseitigt. Peritektische Reaktionen sind dementsprechend sehr langsam und es bleiben in technischen Systemen meist nur die Anfangsstadien der Reaktion erhalten. Der weitere Erstarrungsverlauf weicht dann deutlich von der Gleichgewichtserstarrung ab.



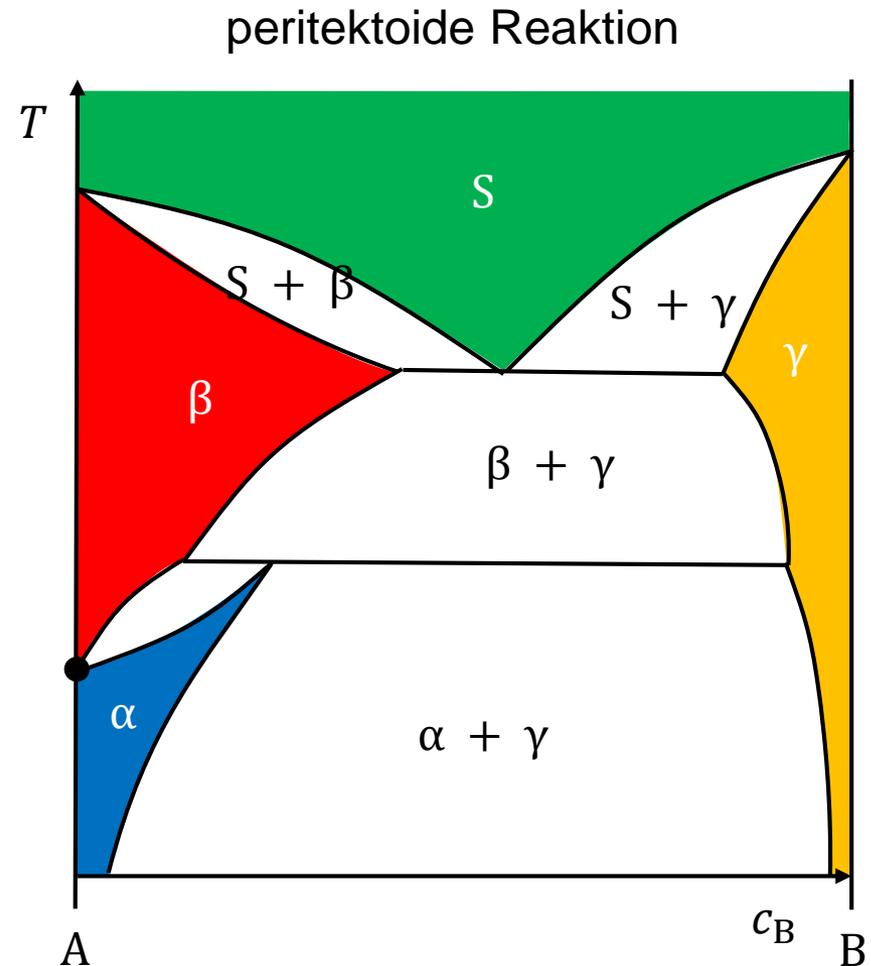
Typen von Phasendiagrammen

- Die gezeigten Reaktionen können nicht nur aus der Schmelze heraus auftreten, sondern auch als **Festkörperreaktionen**:
 - eutektoid: $\beta \rightarrow \alpha + \gamma$
 - peritektoid: $\beta + \gamma \rightarrow \alpha$



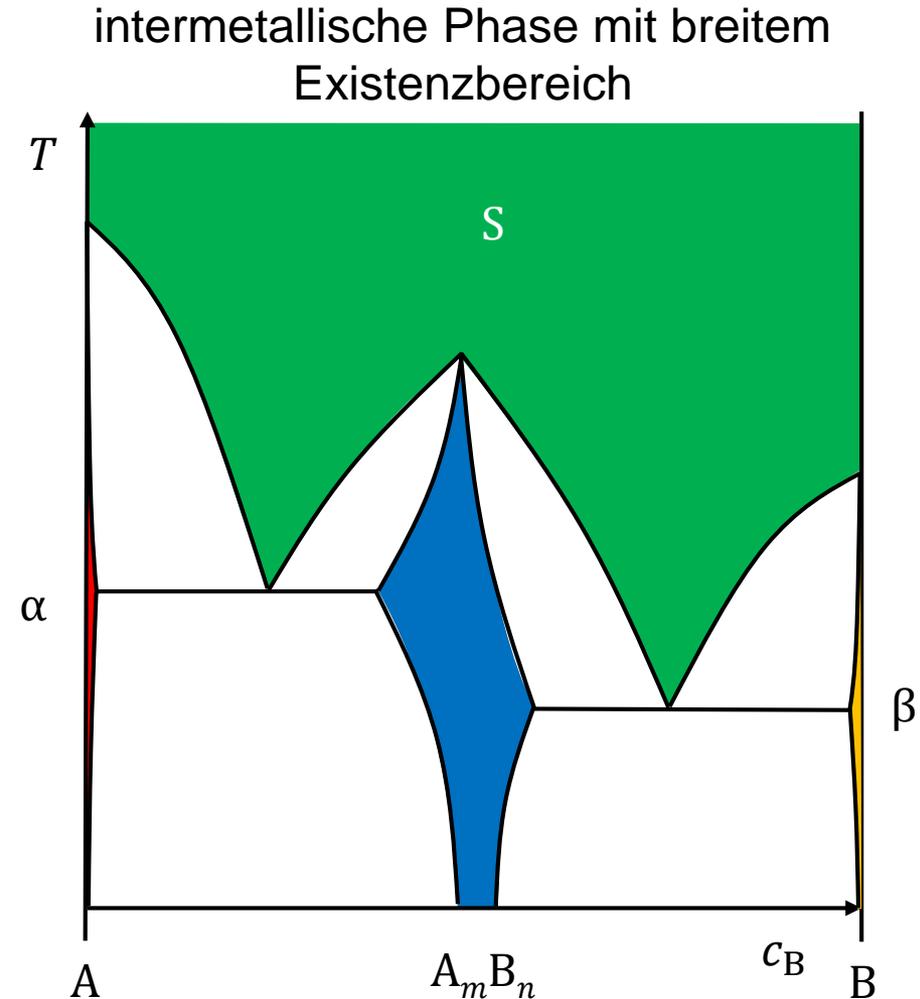
Typen von Phasendiagrammen

- Die gezeigten Reaktionen können nicht nur aus der Schmelze heraus auftreten, sondern auch als **Festkörperreaktionen**:
 - eutektoid: $\beta \rightarrow \alpha + \gamma$
 - peritektoid: $\beta + \gamma \rightarrow \alpha$



Typen von Phasendiagrammen

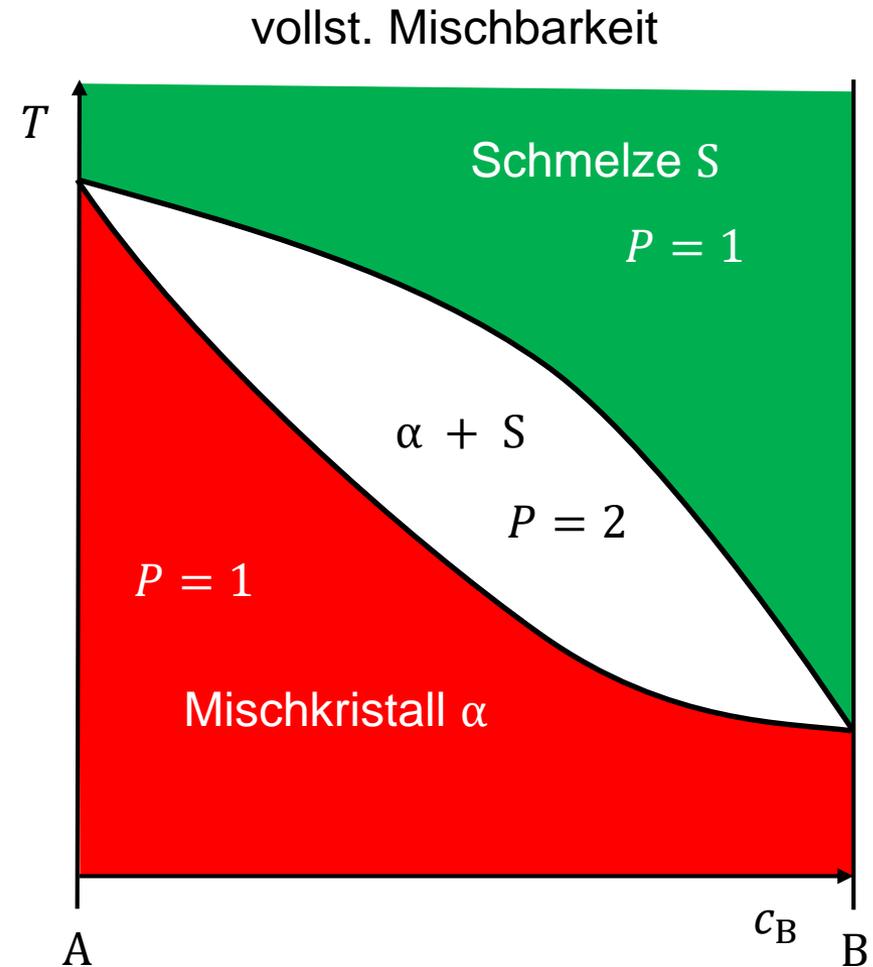
- Bei **starken Wechselwirkungen der beteiligten Komponenten** können bei mittleren Zusammensetzung auch **Phasen** auftreten, die sich **signifikant in den Eigenschaften von den Reinelementen unterscheiden**.
- Die auftretenden Phasen zeichnen sich häufig durch eine **spezielle Stöchiometrie** A_mB_n und **komplexe Kristallstrukturen** aus.
- **In der Regel** haben intermetallische Phasen **höhere Festigkeiten**. Dafür reagieren sie in der Regel bei mechanischer Belastung **spröde**. Viele intermetallische Phasen haben darüber hinaus **spezielle funktionelle Eigenschaften**.



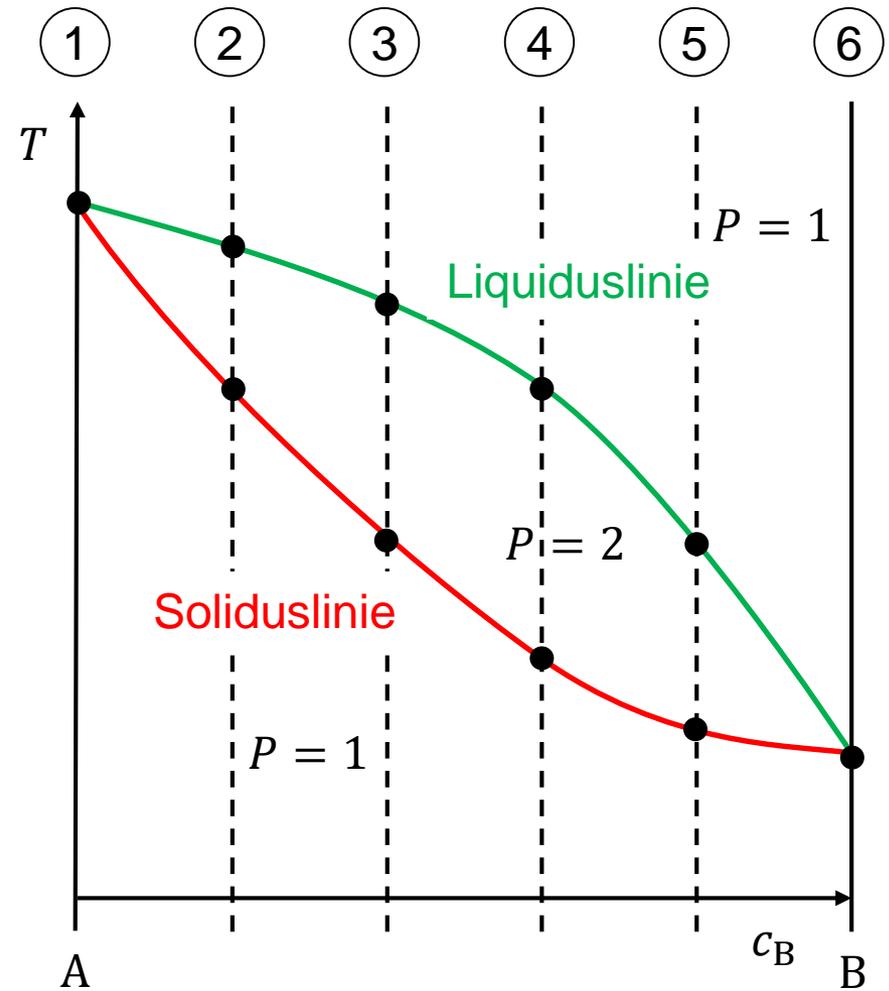
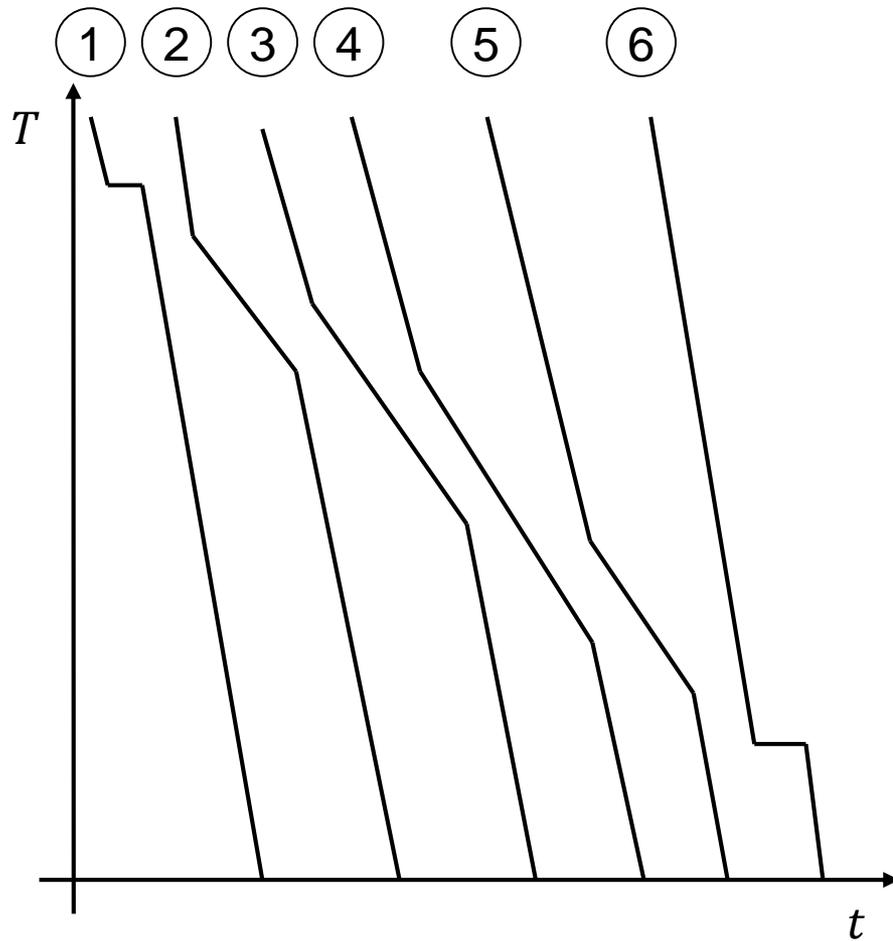
- Wie ergeben sich entsprechende Abkühlkurven anhand der Gibbschen Phasenregel in solchen Phasendiagrammen?

Freiheitsgrade

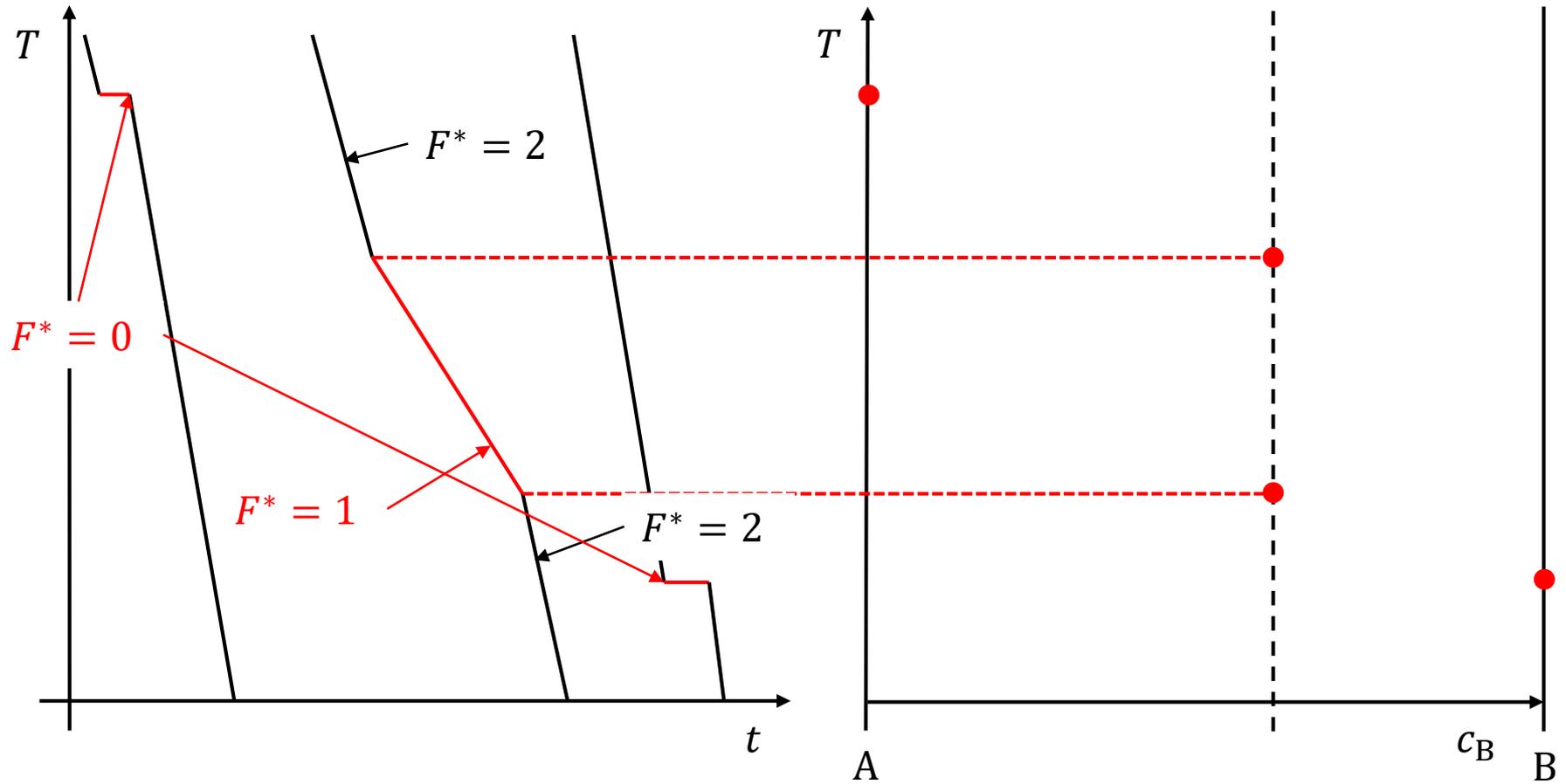
- $F^* = K - P + 1$
- zwei Komponenten A und B: $K = 2$;
außer bei den Reinelementen



Abkühlkurven

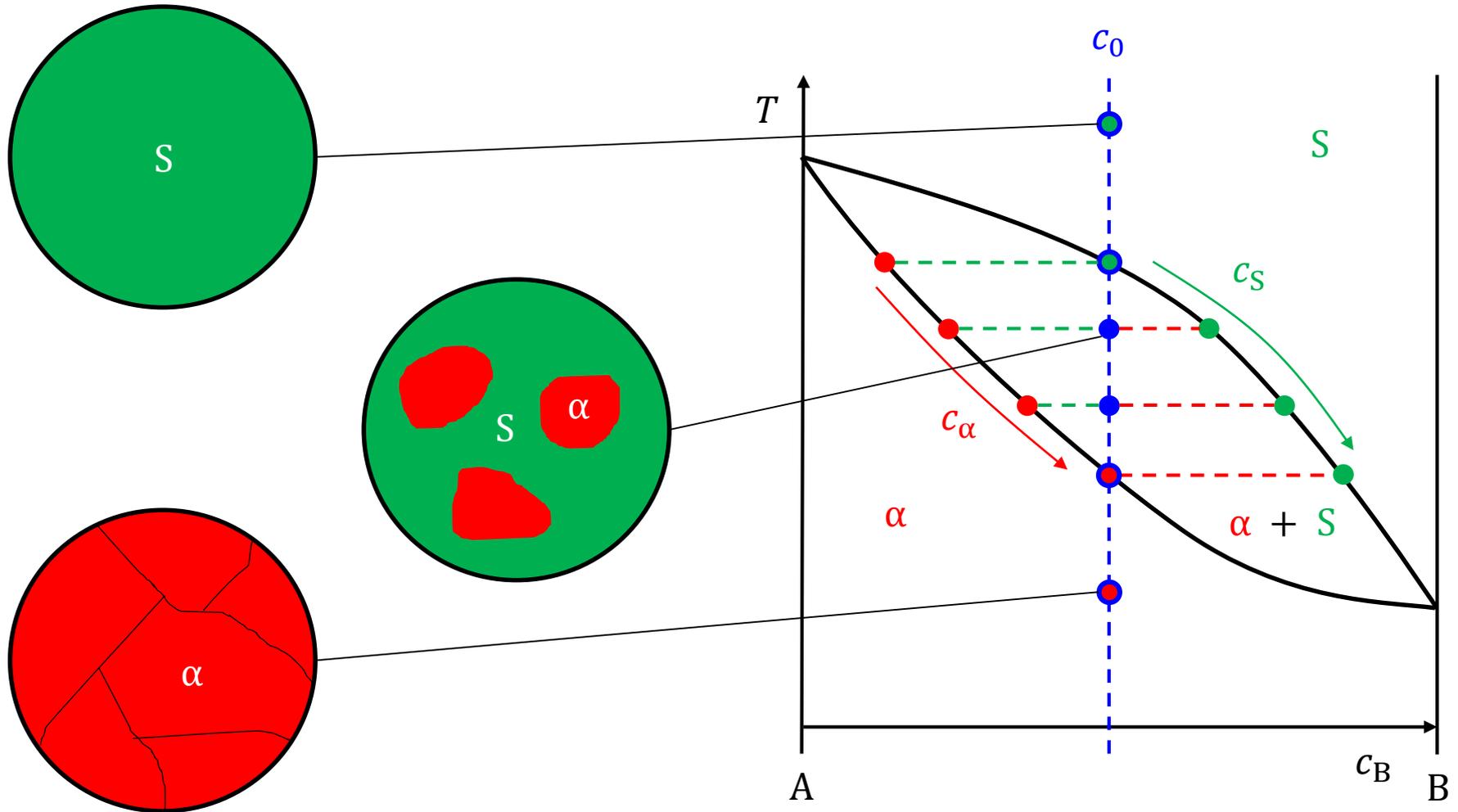


Abkühlkurven

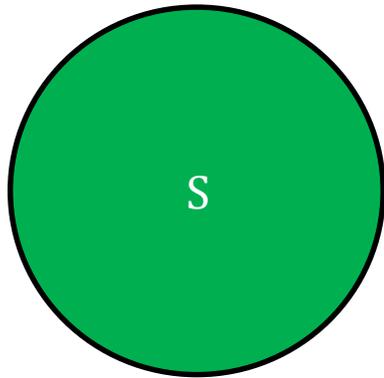


- Wie wenden Sie das Hebelgesetz zur Bestimmung von Phasenanteilen an?

Typen von Phasendiagrammen

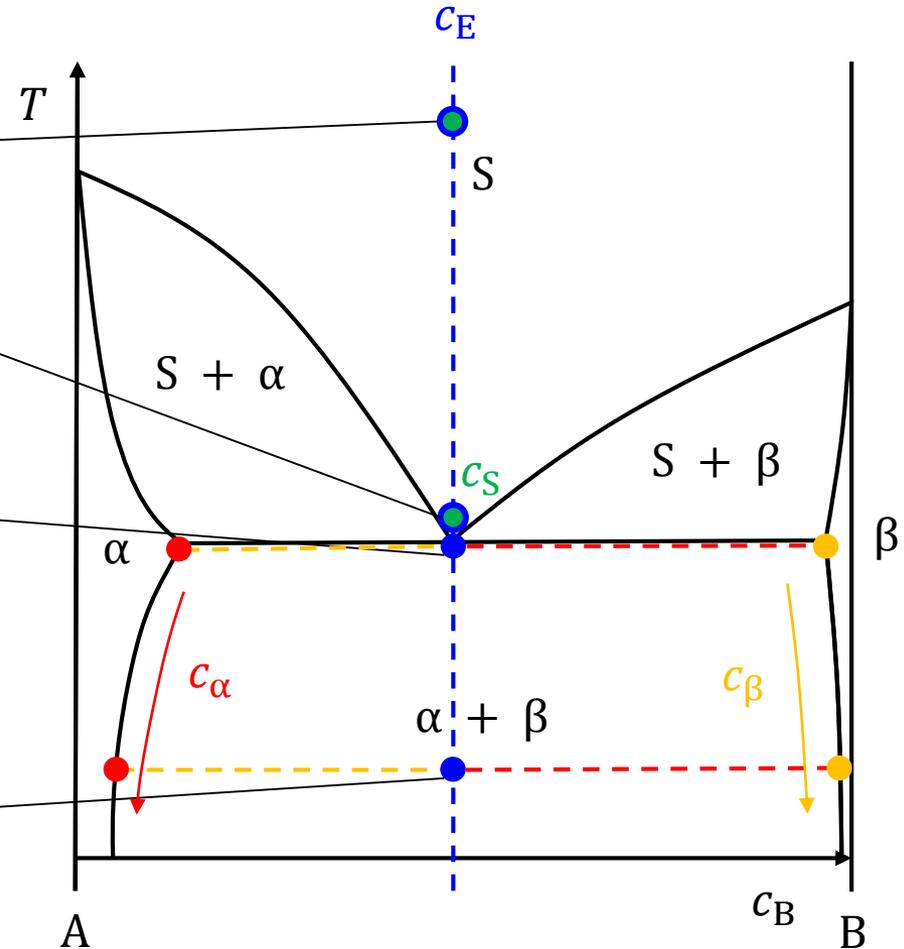


Typen von Phasendiagrammen

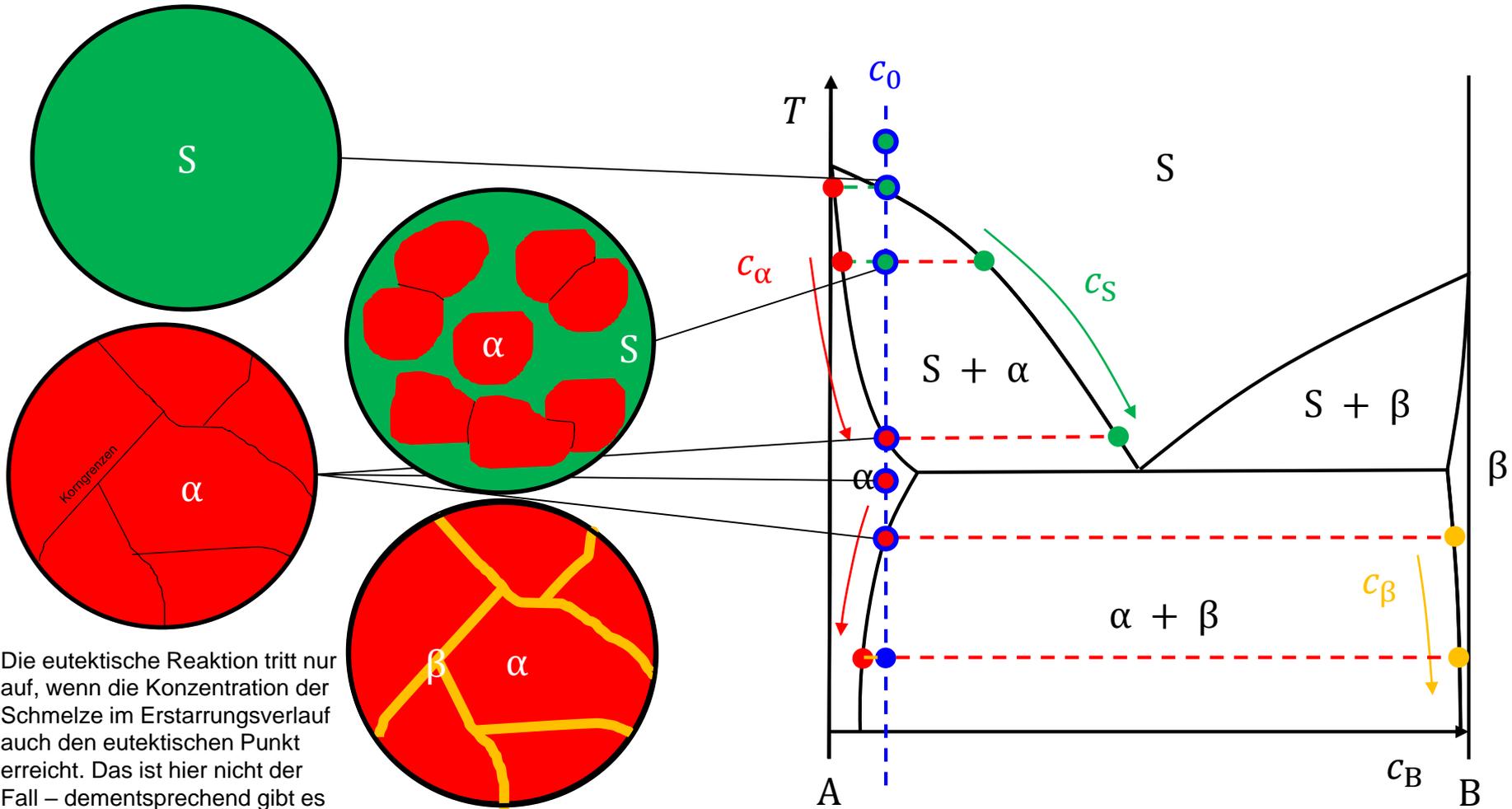


Lamellare, faserförmige oder würcchenförmige Anordnung der beiden festen Phasen in unterschiedlich orientierten Kolonien.

Weitere Ausscheidung von α bzw. β an den Phasen- bzw. Koloniegrenzen zur Anpassung der leichten Veränderungen der Konzentrationen und Hebel.



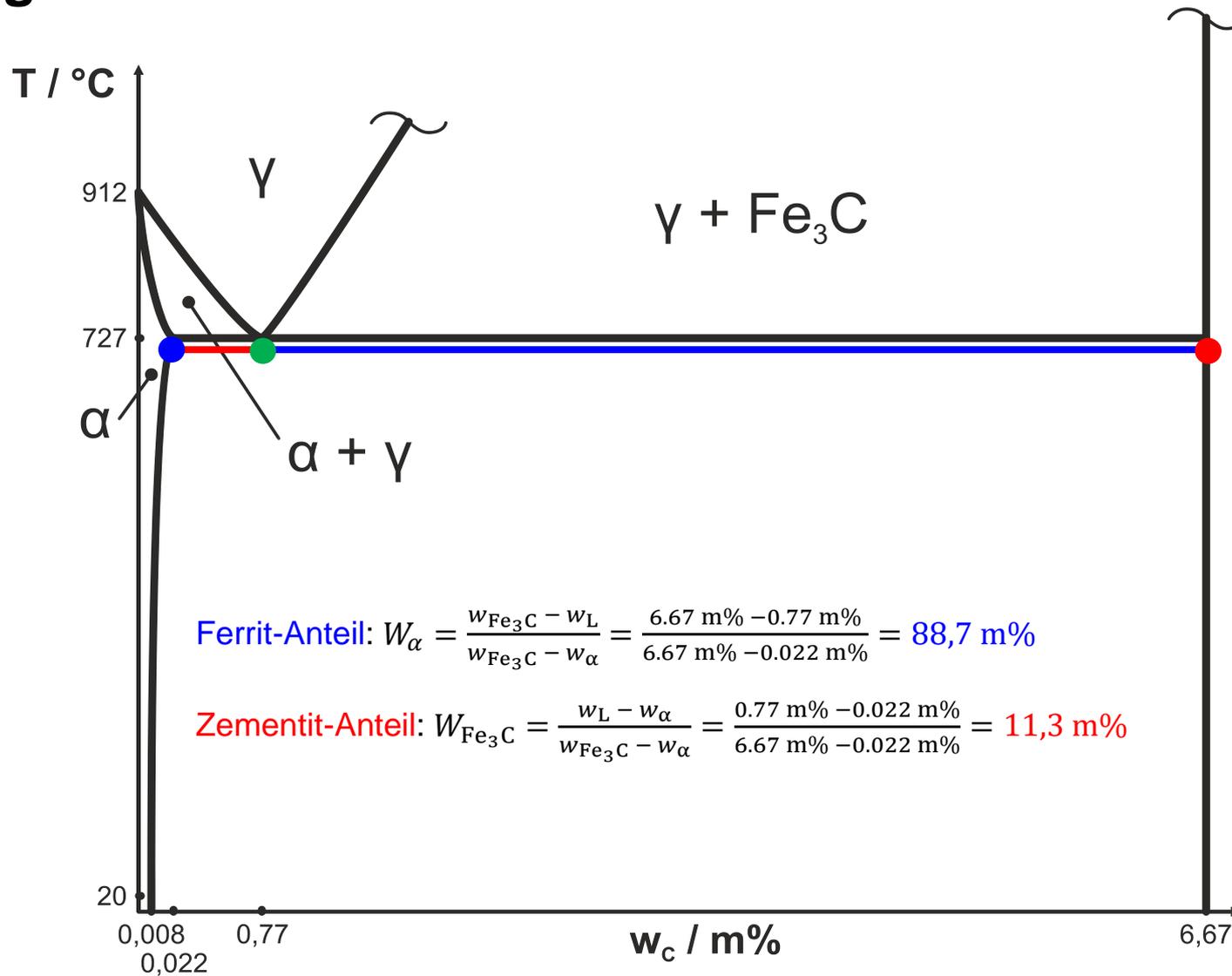
Typen von Phasendiagrammen



Die eutektische Reaktion tritt nur auf, wenn die Konzentration der Schmelze im Erstarrungsverlauf auch den eutektischen Punkt erreicht. Das ist hier nicht der Fall – dementsprechend gibt es kein eutektischen Gefügebestandteil.

- Zum Üben gibt es im Nachfolgenden einen Ausschnitt des für den zweiten Vorlesungsteil wichtigen Fe-Fe₃C-Phasendiagramms.
- Bestimmen Sie die Anteile an Ferrit (α) und Zementit (Fe₃C) knapp unterhalb der eutektoiden Temperatur (727 °C) in einer eutektoiden Legierung! Wie verändern sich die Anteile bei langsamer Abkühlung bis auf Raumtemperatur?

Übung IV



Übung IV

