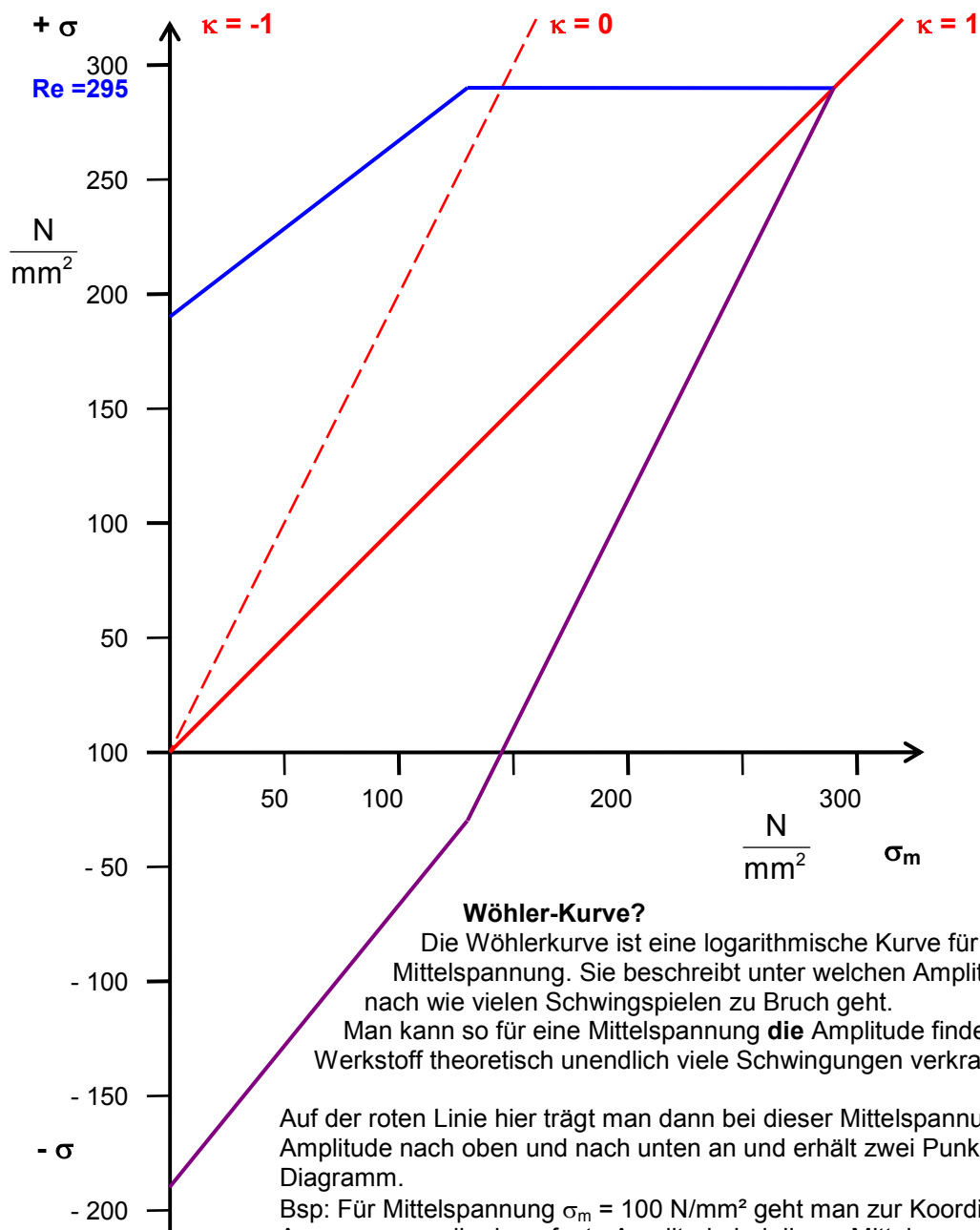


Das Smith-Diagramm

Smith-Diagramme (im folgenden SD genannt) zu verschiedenen Werkstoffen findet man im RM TB 3-1. Doch wie konstruiert man ein solches Diagramm und was kann man daraus alles ablesen?

Es gibt für jeden Werkstoff je ein SD für Zug-Druck, Verdrehung und Biegung.

Beispiel: SD für E295, Zug-Druck



Wöhler-Kurve?

Die Wöhlerkurve ist eine logarithmische Kurve für nur eine einzige Mittelspannung. Sie beschreibt unter welchen Amplituden die Probe nach wie vielen Schwingungen zu Bruch geht. Man kann so für eine Mittelspannung **die** Amplitude finden, bei der der Werkstoff theoretisch unendlich viele Schwingungen verkraftet...

Auf der roten Linie hier trägt man dann bei dieser Mittelspannung jene ermittelte Amplitude nach oben und nach unten an und erhält zwei Punkte in dem Smith-Diagramm.

Bsp: Für Mittelspannung $\sigma_m = 100 \text{ N/mm}^2$ geht man zur Koordinate (100/100). Angenommen die dauerfeste Amplitude bei dieser Mittelspannung wurde auf 150 N/mm^2 bestimmt. So erhält man die zwei Punkte 150 über und 150 unter dieser Koordinate, nämlich (100/250) als Oberspannung und (100/-50) als Unterspannung.

Man benötigt nun mehrere Wöhler-Versuche um mehr Punkte zu bekommen.

Über Kappa (κ), das Spannungsverhältnis

Das Spannungsverhältnis ist schlicht: $\kappa = \frac{\sigma_U}{\sigma_O}$

also die Oberspannung geteilt durch die Unterspannung.

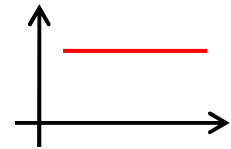
Kappa kann nur Werte von (-1) bis (+1) annehmen.

Unterteilt werden diese Kappa-Werte dabei in folgende drei Fälle:

1. statisch ($\kappa = 1$)

Ober- und Unterspannung sind gleich und deshalb $\kappa = 1$. Die Spannungen sind gleich, weil die Amplitude = 0 ist, denn wir haben keine Schwingung sondern einen konstanten Spannungsverlauf.

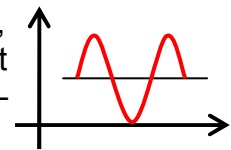
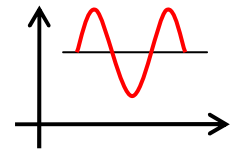
Im SD ist dies die rote 45°-Linie! Wo sie die Kurve des Werkstoffes schneidet befindet sich im Zug-Druck-Diagramm die Streckgrenze, im Biege-Diagramm die Biegefließgrenze und im Torsions-Diagramm die Torsionsfließgrenze.



2. dynamisch schwellend ($0 \leq \kappa < 1$)

In diesem Fall teilt man eine positive Zahl (Unterspannung) durch eine größere Zahl (Oberspannung), was für Kappa immer zu einem Ergebnis zwischen 0 und 1 führt.

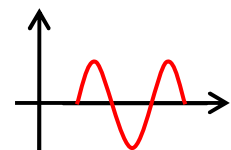
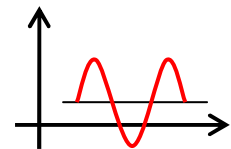
Für den Sonderfall, dass die Unterspannung = 0 wird, wird natürlich auch $\kappa = 0$. Dies ist die Stelle im Diagramm, die durch die rote, gestrichelte Linie geschnitten wird. Rechts von diesem Schnittpunkt befindet sich das SD ausschließlich in positiven Werten für Ober- (Blau) und Unterspannung (Violett). Links davon wird die Unterspannung negativ. Dort haben wir den folgenden Fall:



3. dynamisch wechselnd ($-1 \leq \kappa < 0$)

Dieser Fall heißt wechselnd, weil die Unterspannung negativ ist, die Oberspannung aber nicht. D.h. die Vorzeichen wechseln ständig.

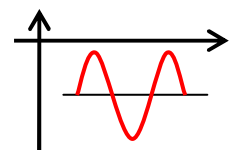
Da nur ein Wert negativ ist nimmt Kappa auch nur negative Werte an zwischen 0 und 1. Die Unterspannung ist nämlich betragsmäßig immer noch kleiner als die Oberspannung. Sind aber beide betragsmäßig gleich muss die Mittelspannung (die dünne horizontale Linie in den Grafiken hier und die x-Achse im SD) = 0 sein, denn nur dann können beide Spannungen den gleichen Betrag haben. Dieser Fall ist im SD der äußerst linke Wert bei $\sigma_m = 0$



Was ist mit negativer Mittelspannung?

Berechtigt ist die Frage nach einer negativen Mittelspannung. Die Grafik dazu würde dann z.B. so aussehen wie rechts abgebildet:

Diese Fälle werden aber auch durch das SD abgedeckt, denn dieser hier entspricht genau dem Fall 2 der dynamisch schwellenden Belastung. Nur halt in die andere Richtung. Z.B. Zug statt Druck. Man kann sich auch das SD am Ursprung punktgespiegelt vorstellen.



Verhältnisse und Größen im Smith Diagramm: (hier für Zug-Druck)

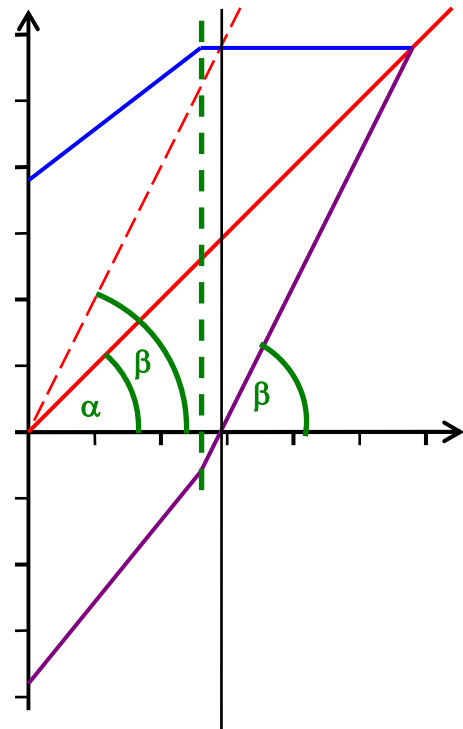
Nach oben und unten wird die wechselnde Zug-Druck-Spannung angetragen, nach rechts die Mittelspannung.

Hier einige Verhältnisse, die nötig sind um ein SD korrekt zu konstruieren:

$$\alpha = 45^\circ \text{ (Steigung: } m = 1 \text{)}$$

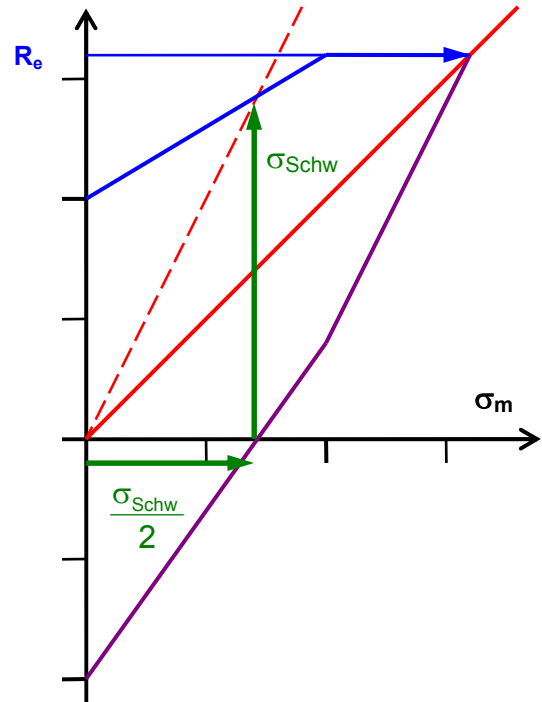
$$\beta \approx 63^\circ \text{ (Steigung: } m = 2 \text{)}$$

- Der zweite Teil der violetten Linie und die rot gestrichelte Linie verlaufen parallel
- Im Zug-Druck SD ist der höchste Wert, der erreicht wird die Streckgrenze R_e . Dies ist bei der horizontalen blauen Linie.
- Die vertikalen Abstände von der oberen (blauen) Linie zur Linie $\kappa = 1$ (rot) sind immer gleich des Abstandes der unteren (hier violetten) Linie. Beispiel: Die grün-gestrichelte Linie verbindet senkrecht die beiden Knickpunkte im Diagramm. Ihr Abstand zur roten Linie ist gleich.
- Die Knickpunkte entstehen, weil ein Werkstoff eine Streckgrenze hat. Liegt z.B. bereits eine Mittelspannung rechts von der grün-gestrichelten Linie an so kann die Amplitude nicht mehr genau so schnell ansteigen (wie links von der Linie) sondern Mittelspannung und Amplitude dürfen höchstens so groß sein wie die Streckgrenze. Da die Mittelspannung aber auf der roten Linie konstant ($m=1$) ansteigt wird die Amplitude, die noch möglich ist, immer kleiner. Die Unterspannung steigt jetzt schneller an, da die Abstände zur roten Linie (Ausschläge) gleich bleiben.
- Der Schnittpunkt der blauen (Oberspannung) mit der rot-gestrichelten Linie ($\kappa = 0$) liegt auf der gleichen Höhe (dünne schwarze senkrechte Linie) wie der Nulldurchgang der violetten Linie (Unterspannung). (Erklärung siehe S.2.2)



Methode I

Kennt man die Schwellfestigkeit verwendet man diese Methode zu Konstruktion:
 Zuerst trägt man die Streckgrenze an und verbindet diese mit der $\kappa=1$ -Linie. Auf der σ_m -Achse trägt man nun die halbe σ_{Schw} an. Dort ist dann der Nulldurchgang. Senkrecht darüber auf der $\kappa=0$ -Linie liegt ein weiterer Punkt. Nun muss man noch die Wechselfestigkeit bei $\kappa=-1$ eintragen und über die Punkte verbinden.
 $+\sigma_w$ wird über den Schnittpunkt bei der $\kappa=0$ -Linie mit dem blauen Pfeil von R_e verbunden. Die Restlichen Linien lassen sich aus den Eigenschaften auf S.3 konstruieren.



Methode II

Man trägt zuerst die Zugfestigkeit R_m als eine Gerade (dunkelroter Pfeil) ein und bringt sie zum Schnitt mit der $\kappa=1$ -Linie.

Dann benötigt man noch die Wechselfestigkeit bei Mittelspannung = 0 und trägt die beiden Punkte $+\sigma_w$ und $-\sigma_w$ an der senkrechten Achse ein. Von dem Schnittpunkt der $R_m/\kappa=1$ - Linie geht man um die Hälfte der Wechselfestigkeit nach links und verbindet diesen Punkt mit dem positiven Wert σ_w auf der Achse (blauer Pfeil)

Mithilfe der Eigenschaften auf S.3 kann man jetzt das ganze SD konstruieren.

