

7.3.3 Merkpunkte zu Kapitel 7.3: Der Spröbruch

Bruch tritt spätestens dann auf, wenn durch elastische Verformung gegen die Bindungskräfte soviel Arbeit geleistet wurde, dass die Bindungsenergie übertroffen wird.

- Nach dem Bruch steckt die zugeführte Energie in der Oberflächenenergie $\gamma \cdot A$ der neugeschaffenen **zwei** Oberflächen **A**.
- Mit diversen Näherungen und Tricks erhält man für die maximale (einachsige Zug)spannung σ_{\max} , die ein Material aushält bevor es bricht, die nebenstehende Beziehung.
- Ein Material ist also umso fester, falls es einen großen **E**-Modul und eine große Oberflächenenergie hat. Außerdem sollte der Bindungsabstand r_0 klein sein.

Diese Betrachtung liefert aber nur eine absolute **Höchstgrenze**. In realen **spröden** Materialien tritt Bruch i.d.R. schon bei viel kleineren Spannungen auf.

- In duktilen Materialien erfolgt schon lange vor Erreichen der Bruchspannung plastische Verformung, dadurch werden die Spannungen angebaut und die Bruchspannung kann nicht (sofort) erreicht werden. Falls die Spannung aufrecht erhalten wird, wird Bruch aber früher oder später weit unterhalb der theoretischen Grenze erfolgen.

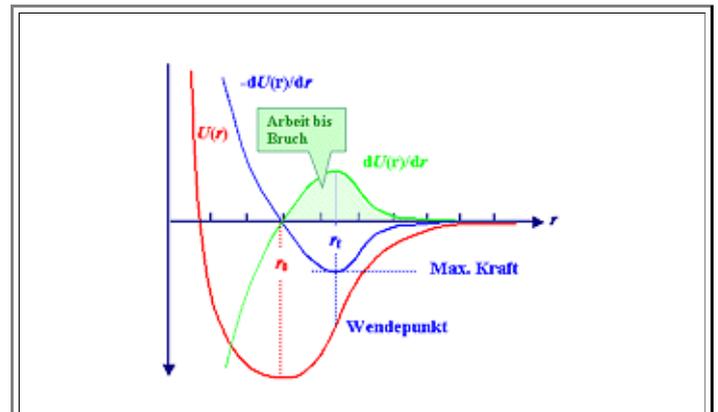
Auch reale spröde Materialien brechen bei kleineren Spannungen als der theoretischen Grenze, weil sie Defekte enthalten, die "**Mikrorisse**" genannt werden.

- Das Konzept der Mikrorisse ist auf jedes Material anwendbar (nicht nur auf Kristalle); in Kristallen kann ein Mikroriss auch eine Versetzungsaufstauung oder ein Leerstellenagglomerat sein.

Um einen Mikroriss herum sind die lokalen Spannungen anders als im soliden Material, insbesondere an den Enden können sie sehr hoch werden.

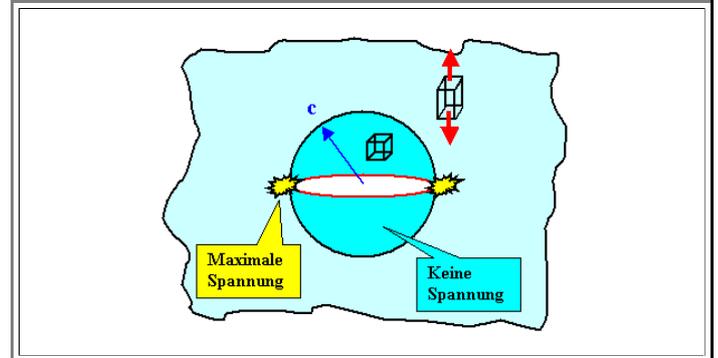
- Andererseits werden im Volumen um den Mikroriss herum die Spannungen schwach sein - das Material ist dort ja schon "gerissen".
- Eine Vergrößerung der Mikrorissfläche um die Fläche dA führt demnach einerseits zu Energiegewinn dP_{Riss} , weil um den Riss herum Spannungen, und damit Energie abgebaut wird, andererseits zu einer Energieerhöhung dP_{Ob} durch die neugebildete Oberfläche.

Das Bruchkriterium ist dann einfach Nettoenergiegewinn, d.h.: \Rightarrow



$$P_{\text{bruch}} = 2\gamma$$

$$\sigma_{\max} \approx \left(\frac{E \cdot \gamma}{r_0} \right)^{1/2}$$



$$\frac{dP_{\text{Ob}}}{dA} < \frac{dP_{\text{Riss}}}{dA}$$

▶ Eine simple Näherung (mit c = lineare Ausdehnung des Risses) ergibt:

- Aufwendigere Rechnungen ändern nur den Faktor **8** etwas.
- Nach wie vor ist die maximale Bruchspannung proportional zur Wurzel aus E und γ , aber statt des Bindungsabstandes r_0 geht jetzt die *Mikrorissgröße* ein.

▶ Damit können schon kleinste, praktisch nicht nachweisbare Risse im **nm** Bereich die Bruchfestigkeit eines Materials erheblich verkleinern!

$$\sigma > \left(\frac{8E \cdot \gamma}{\pi \cdot c} \right)^{1/2}$$