

Kontaktmechanik und Reibungsphysik WiSe 2019/20 – UE 06

Thema: Adhäsion rauer Oberflächen

Aufgabe 1: Adhäsion einer statistisch „rauen“ Federbettung

Das in Abb. 1 gezeigte System besteht aus Federn gleicher Steifigkeit c , die beim Kontakt „kleben“ können. Ihre Adhäsionseigenschaften werden durch die Längenänderung d_c charakterisiert, um die sich eine Feder dehnen kann, bevor sie von der Oberfläche abplatzt. Die Höhenverteilung sei durch

$$\phi(z) = \frac{1}{\ell} \exp\left(-\frac{z}{\ell}\right) \quad (1)$$

gegeben. Die Gesamtzahl der Federn sei N .

Eine starre Ebene wird mit der Kraft F_N an das System gedrückt, sodass sich der Abstand \tilde{d} zwischen den beiden Kontaktpartnern einstellt. Im Anschluss wird die starre Ebene bis auf den Abstand d weggezogen.

- Bestimmen Sie die Anpresskraft als Funktion des Abstands \tilde{d} .
- Bestimmen Sie die Adhäsionskraft als Funktion der Abstände d und \tilde{d} . Es sind die Fälle $d - \tilde{d} \leq d_c$ und $d - \tilde{d} > d_c$ zu unterscheiden.
- Finden Sie eine Forderung an die Rauigkeit l für das Auftreten von makroskopischer Adhäsion. Wie groß ist in diesem Fall die maximale Adhäsionskraft?

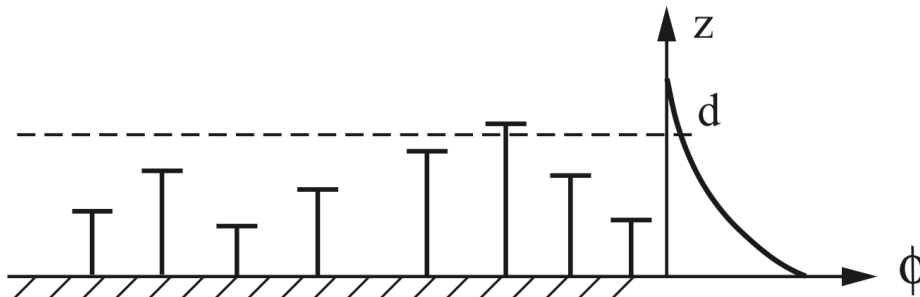


Abb. 1: Federmodell einer stochastischen Oberfläche mit exponentieller Höhenverteilung.

Lösung Aufgabe 1:

a) Bei einem Eindruck bis zu einem Abstand \tilde{d} ist die Anpresskraft

$$F_N = N \int_{\tilde{d}}^{\infty} c(z - \tilde{d}) \phi(z) dz = \frac{Nc}{l} \int_{\tilde{d}}^{\infty} (z - \tilde{d}) \exp\left(-\frac{z}{l}\right) dz = Ncl \exp\left(-\frac{\tilde{d}}{l}\right). \quad (2)$$

b) Wird die starre Ebene nun auf eine Höhe d angehoben, können zwei Fälle auftreten: Ist $d - \tilde{d} \leq d_c$, bleiben alle Federn im Kontakt und die resultierende Normalkraft ist

$$F_N = \frac{Nc}{l} \int_{\tilde{d}}^{\infty} (z - d) \exp\left(-\frac{z}{l}\right) dz = Ncl \exp\left(-\frac{\tilde{d}}{l}\right) \left[1 - \frac{d - \tilde{d}}{l}\right], \quad d - \tilde{d} \leq d_c. \quad (3)$$

Im anderen Fall $d - \tilde{d} > d_c$ sind am Schluss alle Federn im Kontakt, deren unausgelenkte Lage größer als $d - d_c$ war. Die Normalkraft ist dann

$$F_N = \frac{Nc}{l} \int_{d-d_c}^{\infty} (z - d) \exp\left(-\frac{z}{l}\right) dz = Ncl \exp\left(-\frac{d - d_c}{l}\right) \left[1 - \frac{d_c}{l}\right], \quad d - \tilde{d} > d_c. \quad (4)$$

c) Makroskopische Adhäsion, also negative Normalkräfte, sind nur möglich, falls $d_c > l$. Die maximale Adhäsionskraft ergibt sich dann bei $d = \tilde{d} + d_c$ und beträgt

$$|F_A| = Ncl \exp\left(-\frac{\tilde{d}}{l}\right) \left[\frac{d_c}{l} - 1\right] \Rightarrow \frac{|F_A|}{F_N} = \frac{d_c}{l} - 1. \quad (5)$$