Widerstand bei Überlagerung verschiedener Stoßprozesse

Advanced

- Ein froher Mut beim Postulieren wichtiger Gesetze ist ja was schönes, eine belastbare Herleitung ist aber im Zweifelsfall noch schöner.
  - Schauen wir also mal, wie sich die mittlere freie Weglänge l bei Vorliegen mehrerer unabhängiger Stoßprozesse darstellt.
  - Beispielsweise könnten in einem Material zwei verschiedene Verunreinigungen der Sorte **1** und **2** vorliegen, die jede für sich die mittlere freie Weglänge l_1 bzw. l_2 verursacht.
- Wie läuft das insgesamt? Am einfachsten macht man sich das klar, indem man *irgendeinen* insgesamt zurückgelegten Weg L anschaut.
  - Nachdem das Teilchen diesen Weg L zurückgelegt hat, hat es (immer im Mittel, natürlich)
L/l_1 Stöße mit Verunreinigung **1**,
L/l_2 Stöße mit Verunreinigung **2**
durchgeführt.
  - Die Gesamtzahl P der Stöße ist damit

$$P = \frac{L}{l_1} + \frac{L}{l_2} := \frac{L}{l_{eff}}$$

- Wir können also leicht eine effektive freie Weglänge l_{eff} definieren, die eine Art Mittelwert der individuellen freien Weglängen darstellt. Wir haben also (gleich verallgemeinert)

$$\frac{1}{l_{eff}} = \frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} + \ldots = \sum_i \frac{1}{l_i}$$

- In unserer Widerstandsformel (Für $\rho = 1/\sigma$ formuliert) steht natürlich im Zweifel die *effektive* freie Weglänge, denn nur die Gesamtzahl der Stöße ist für den Widerstand entscheidend. Setzen wir die Formel für l_{eff} ein, erhalten wir

$$\rho = \frac{m_e \cdot v_F}{n \cdot e^2 \cdot l_{eff}} = \frac{m_e \cdot v_F}{n \cdot e^2} \cdot \left(\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} + \ldots\right) = \rho_1 + \rho_2 + \ldots$$

- Damit ist *gezeigt*, daß man die aus verschiedenen Stoßprozessen resultierenden Teilwiderstände tatsächlich einfach aufaddieren darf.

- Im Nachtrag machen wir uns noch schnell (selber) klar, daß exakt die gleich Beziehung für die effektive **Beweglichkeit** μ_{eff} und die effektive mittlere **Stoßzeit** τ_{eff} zwischen Stößen gelten muß, d.h.

$$\frac{1}{\mu_{eff}} = \frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} + \ldots$$

$$\frac{1}{\tau_{eff}} = \frac{1}{\tau_1} + \frac{1}{\tau_2} + \ldots$$