

trischen Strom genauer Stromstärke I zu erzielen, muß man die Anzahl der transportierten Ladungen pro Zeit kennen. Dabei geht man neuerdings von nur einem Elektron mit der Elementarladung e ($e = 1,6 \times 10^{-19}$ As) aus und transferiert es im Takte einer bekannten Frequenz f . Das Experiment muß nun so präpariert sein, daß dieser Transfer der einzige Vorgang für das Elektron mit der Ladung e ist. Dann läßt sich in der Tat eine elektrische Stromstärke über eine Fundamentalkonstante der Elementarladung e auf eine Frequenz der Atomuhr zurückführen gemäß $I = ef$ (siehe Bild 1).

Verwirklichen läßt sich dies durch einen elektrischen Kondensator, dessen Plattenabstand nur wenige Atomlagen groß ist. Durch Anlegen einer Wechselspannung bekannter Frequenz läßt sich somit ein kleiner Gleichstrom durch Tunnelung eines Elektrons genau erzeugen. Voraussetzung für diesen kohärenten Ladungstransfer ist es u. a., daß durch zu hohe Temperatur des Kondensators kein zusätzlicher Ladungsübergang im Kondensator erfolgt. Will man diesen Effekt ausschalten, so läßt sich das Experiment nur sinnvoll verwirklichen, wenn die Abmessungen der Kondensatorplatten einige Nanometer ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) betragen und die Temperatur bei einem Wert von $0,05 \text{ K}$, also in der Nähe des absoluten Nullpunktes, liegt.

Zur Zeit lassen sich mit derartigen Anordnungen elektrische Stromstärken von lediglich 10 pA , d. h. 10 billionstel Ampère, auf relativ 10^5 erzeugen. Ziel weiterer Untersuchungen ist es, den Strom wesentlich, d. h. auf etwa 1 A zu steigern, so daß relative Unsicherheiten von kleiner 10^{-8} möglich sein sollten. Zumal ein Tunnelement nur einen geringen Platzbedarf benötigt, besteht die Möglichkeit, eine Vielzahl von Tunnelementen parallel zu schalten, um dem angestrebten Ziel näher zu kommen. Derartige Untersuchungen, die u. a. auch in der PTB durchgeführt werden, setzen voraus, daß man die erforderliche Nanolithographie zur reproduzierten Herstellung solcher kleinsten Tunnelemente beherrscht.

Abschließend läßt sich feststellen, daß die beschriebenen Experimente, bei denen Einheiten im Meßwesen durch Rückführung auf Fundamentalkonstanten gekennzeichnet sind, die Metrologie, die Wissenschaft vom Messen, erheblich bereichern werden. Darüber hinaus werden sie in Physik und Technik zu neuen Erkenntnissen führen.

Prof. Dr. V. Kose
Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Bundesallee 100 · 38116 Braunschweig