Tunneleffekt und Stromleitung: Prüfung einer Weitergabe-These gegen die Messlage

Kennung TUNNEL-PROV0001 (vorläufig) · **Fassung** 0.7 · **Stand** 09.11.2026
Autor Thomas Schüller, Syntagma Forschung Wien · ORCID 0009-0003-9799-6747 · forschung@tschueller.com
Text: alle Rechte vorbehalten. Rechenwerkzeug und Datendateien: alle Rechte vorbehalten, Nutzung nur mit Lizenz, Anfrage an forschung@tschueller.com.

Kurzfassung

Das Papier prüft drei verbreitete Aussagen und eine eigene Gegenthese. Die Aussagen lauten: Ein Teilchen könne eine Wand durchdringen; wer oft genug gegen eine Wand laufe, komme irgendwann hindurch; wie Strom fließe, wisse niemand. Die Gegenthese lautet: Beim Tunneln geht kein Teilchen durch die Barriere, sondern ein Anstoß wird wie bei einer Dominokette weitergegeben, und auf der anderen Seite löst sich ein anderes Teilchen.

Ergebnis: Der Tunneleffekt ist als Messbefund gesichert. Die Aussage über die Wand ist eine formale Hochrechnung außerhalb des geprüften Bereichs; vom Nanometer lässt sich aus zwei Gründen nicht auf die Wand schließen. Die Weitergabe-These hält als Ersatz für den Tunneleffekt nicht, weil Tunneln auch durch leeren Raum gemessen ist und Gleichstrom trägt. In zwei rechnerischen Fassungen beschreibt sie jedoch reale Transportwege durch materiegefüllte Barrieren: Der Stoff in der Barriere senkt die Abklingkonstante messbar. Zutreffend ist außerdem, dass bei Elektronen die Frage nach „demselben Teilchen" nicht definiert ist und dass im Stromleiter das Signal weitergegeben wird, während die Ladungsträger sehr langsam wandern. Die Stromleitung in Metallen ist gut verstanden; ungenau sind die üblichen Schulbilder.

1 Ausgangsfragen

Die Arbeit geht von folgenden Fragen aus. Persönliche Angaben zum Anlass sind nicht aufgenommen.

1. Ist der Tunneleffekt nachgewiesen oder eine Annahme? Wie kam es zu dieser Theorie?
2. Stimmt es, dass ein Körper bei genügend vielen Versuchen eine Wand durchdringt?
3. Geht wirklich das Teilchen durch die Barriere, und lässt sich das feststellen?
4. Ist eine Weitergabe (Dominokette, Kugelstoßpendel) die zutreffendere Beschreibung?
5. Fließt im Stromleiter etwas? Warum bleibt Kupfer Kupfer? Warum tritt an einer Klemme nicht derselbe Effekt auf wie zwischen ungleichen Metallen oder an einer Opferanode?
6. Was befindet sich zwischen den Gitterplätzen eines Metalls?

2 Übersicht

Frage	Befund	Stand
Tunneleffekt vorhanden?	Ja, in vielen unabhängigen Messungen und in Bauteilen genutzt	gesichert
Körper durch die Wand?	Formal $T \approx 10^{(-2{,}6 \cdot 10^{34})}$; nie geprüft, nicht prüfbar	Hochrechnung
„Immer geht ein Teilchen durch"?	Nein. Schon ein Elektron hat an 10 cm Wand $T \approx 10^{(-4{,}4 \cdot 10^{8})}$	widerlegt
Dasselbe Teilchen?	Bei einzelnen Atomen und Alphateilchen ja; bei Elektronen nicht definiert	geklärt
Vom Nanometer auf die Wand schließen?	Nein: exponentielle Abhängigkeit, und ein Körper ist kein einzelnes Teilchen	geklärt, siehe 7
Weitergabe statt Tunneln?	Nein für den leeren Spalt; ja als Transportweg durch materiegefüllte Barrieren	geprüft, siehe 8
Fließt Strom?	Ja: Elektronen driften mit 0,49 mm/s; das Signal läuft mit rund 200.000 km/s	gesichert
Baut sich der Leiter ab?	Bei Installationsstromdichten nein; bei sehr hohen Stromdichten ja (Elektromigration)	gesichert
Wie lange dauert das Tunneln?	Mehrere Zeitbegriffe, uneinheitliche Messungen	offen, siehe 10
Welches Bild ist richtig?	Deutungen liefern gleiche Messwerte	offen

3 Drei Ebenen: Messung, Modell, Deutung

Die Frage „nachgewiesen oder nur Theorie?" lässt sich erst beantworten, wenn drei Ebenen getrennt werden.

Messung. Gemessen werden Ströme, Zerfallsraten, Platzwechsel einzelner Atome und deren Abhängigkeit von Abstand, Spannung, Masse und Temperatur. Diese Befunde sind unabhängig von jeder Erklärung.

Modell. Die Schrödinger-Gleichung liefert für eine Barriere der Höhe V_0 und der Dicke d bei einer Teilchenenergie E unter V_0 die Durchlasswahrscheinlichkeit $T \approx e^{(-2\kappa d)}$ mit $\kappa = \sqrt{(2m(V_0-E))}/\hbar$ (Griffiths, Schroeter 2018). Das Modell sagt die Messwerte zahlenmäßig voraus. In der Wissenschaft bezeichnet „Theorie" ein solches geprüftes Rechenmodell, keine Vermutung.

Deutung. Der Satz „das Teilchen geht durch die Wand" ist ein Bild zum Modell. Das Modell selbst enthält keine Bahn. Welches Bild zutrifft, ist offen (Abschnitt 11). Das Unbehagen an der üblichen Darstellung betrifft diese dritte Ebene und ist dort berechtigt.

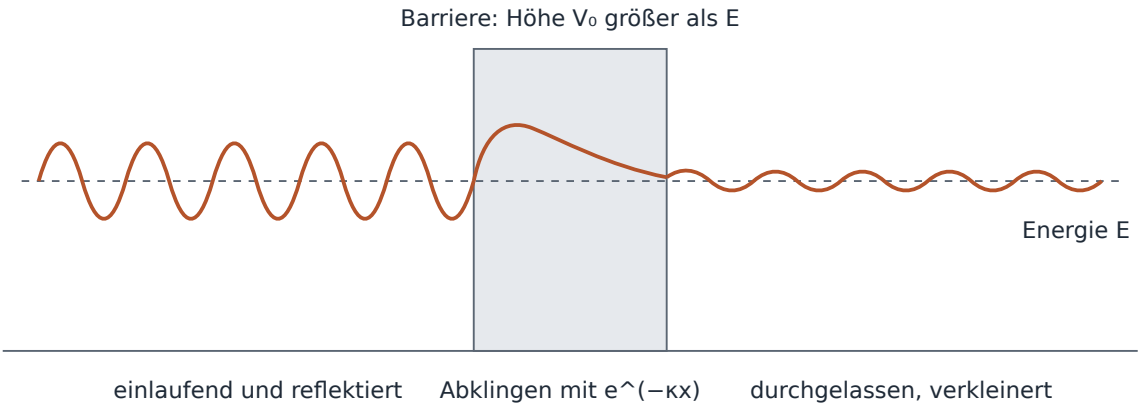


Abbildung 1: Wellenfunktion an einer Barriere. Die Amplitude klingt im Wall exponentiell ab; dahinter bleibt ein kleiner Rest.

4 Wie die Theorie entstand

Am Anfang stand ein Messwiderspruch, keine Spekulation. Streuversuche mit Alphateilchen von Thorium C′ (heute Polonium-212) an Uran zeigten, dass die Teilchen gestreut werden, ohne in den Kern einzudringen; Rutherford (1927) befasste sich mit diesem Befund. Die Abstoßungsbarriere des Kerns ist demnach höher als die Energie dieser Teilchen; Merzbacher (2002) gibt dafür mindestens 8,57 MeV an. Derselbe Kern sendet aber Alphateilchen mit nur rund 4,2 MeV aus. Nach klassischer Mechanik dürften sie die Barriere nicht verlassen. Gamow (1928) nimmt auf diesen Befund ausdrücklich Bezug.

Hinzu kam die Regel von Geiger und Nuttall (1911): Die Halbwertszeiten von Alphastrahlern unterscheiden sich um rund 24 Größenordnungen, obwohl sich die Energien nur um etwa den Faktor 2,1 unterscheiden. Gamow sowie Gurney und Condon zeigten 1928, dass die zwei Jahre zuvor aufgestellte Schrödinger-Gleichung beides erklärt: Die exponentielle Abhängigkeit von der Barriere macht aus kleinen Energieunterschieden sehr große Unterschiede der Zerfallsrate. Hund hatte das Durchdringen einer Barriere 1927 bei Molekülen beschrieben, Fowler und Nordheim 1928 bei der Feldemission von Elektronen aus Metallen.

5 Was gemessen ist

Befund	Was gemessen wurde	Quelle
Alphazerfall	Zerfallsraten über 24 Größenordnungen folgen der Rechnung	Gamow 1928; Gurney, Condon 1928
Feldemission	Elektronenstrom aus kaltem Metall ins Vakuum, abhängig von der Feldstärke	Fowler, Nordheim 1928