

Wichtige Physikalisch-Technische Grundlagen für die Elektro-Epilation

Diese Informationsreihe wendet sich an Personen, die die Elektro-Epilation durchführen. Sie liefert Hintergrundinformationen, die in diesem Umfeld wichtig sind.

Die Reihe unterteilt sich dazu in drei Kapitel mit folgenden Schwerpunkten:

Teil 1 Der elektrische Strom

Einführung

- 1.1 Grundsätzliche Eigenschaften
- 1.2 Gleichstrom
- 1.3 Wechselstrom

Teil 2 Anwendungsmöglichkeit in der Haarentfernung mit der Sonde

- 2.1 Die Elektrolyse
- 2.2 Durch chemische Einflüsse (Elektrolyse)
- 2.3 Durch Wärmeeinflüsse (Thermolyse)
- 2.4 Durch eine Kombinationsmethode (Blend)

Teil 3 Alternativ angewandte Verfahren

- 3.1 Energiezufuhr durch Strahlungsenergie (LASER-Licht, IPL o.Ä.)
- 3.2 Energiezufuhr durch mechanische Bewegung (Ultraschall)

Einführende Bemerkungen

In der Kosmetik existieren seit längerer Zeit bereits Behandlungsmethoden, unerwünschten Haarwuchs zu bekämpfen. Neben den temporären Methoden, wie z.B. Haarentfernung mit Wachs (»Depilation«) oder der Rasur, die in der Regel nur für einen relativ kurzen Zeitraum den Haarwuchs einschränken, werden auch andere Methoden angewendet und beworben, die zum Ziel haben, den Haarwuchs dauerhaft (permanent) zu verhindern (Flächenmethoden mit Licht oder LASER). Dazu wird unter dem Begriff „dauerhaft“ in der Regel die medizinische Definition verwendet. Dort wird mit diesem Begriff oft ein Zeitraum von ca. 6 Monaten bezeichnet. Nicht gemeint ist eine Wirkung im Sinne von „weg für den Rest des Lebens“. Dafür existiert derzeit leider noch kein allgemein eindeutiger und verständlicher Begriff.

Die einzige, derzeit bekannte, Methode, das Haarwachstum endgültig zu beenden ist die, alle Haarfollikel und die dazugehörigen Haarwachstumzellen so zu zerstören, dass das Haarwachstum gestoppt wird. Würde man das durch eine flächige Erwärmung versuchen, hätte das zur Folge, dass die komplette Haut irreparabel zerstört würde. Daher ist bei den Flächenmethoden eine Reduktion der eingetragenen Energie pro Fläche notwendig, so dass das um das Haar liegende Hautgewebe nach Möglichkeit nicht geschädigt wird.

Als Folge bleiben in der Regel genügend Haarwachstumzellen in Takt, so dass das Haar erneut wieder wachsen kann, also **nicht** „weg für den Rest des Lebens“. Gelegentlich wird sogar eine Zunahme des Haarwachstums beobachtet.

Es ist also notwendig, jedes Haar einzeln zu behandeln und eine genügend hohe Energie direkt an die Haarwurzel zu bringen, sodass nur die für das Haarwachstum verantwortlichen Zellen koaguliert werden und nicht das Gewebe darum herum.

Die wohl am längsten und erfolgreichsten praktizierte Methode, die das sicher gewährleistet ist die, mittels eines elektrischen Stromes jede Haarwurzel (Follikel) einzeln so zu beeinflussen, dass kein weiterer Haarwuchs mehr stattfindet. Dieses Verfahren ist bereits seit mehr als 130 Jahren im Einsatz, erprobt und wird mit »Elektro-Epilation« bezeichnet.

Ziel dieser Ausarbeitung ist es nicht, die genaue Arbeitsweise der Elektro-Epilation mit den dazugehörigen Randbedingungen beim Einsatz im Einzelnen zu erläutern. Vielmehr soll es hier um die grundlegenden Wirkungsweisen gehen, die der elektrische Strom in diesem Zusammenhang zeigt. Die verschiedenen Stromarten werden ebenfalls erläutert.

Neben der Elektro-Epilation werden derzeit Zeit Verfahren zur Haarentfernung am Markt angeboten, wie z.B. LASER-Epilation und andere. Auf diese Verfahren wird im Teil 3 näher eingegangen.

Teil 1 Der elektrische Strom

1.1 Grundsätzliche Eigenschaften

Der elektrische Strom, wie er hier zur Anwendung kommt, ist eine in dieser Form künstlich erzeugte Energieform (durch ein technisches Gerät). In der Natur existiert die elektrische Energie nur in Form von Blitzen und elektrischen Phänomenen bei einigen Tieren (z.B. Zitteraal).

Zuvor soll jedoch ein kurzer Ausflug in die Theorie zum Aufbau der Materie erfolgen. Alle Stoffe, die uns umgeben, bestehen aus vielen Atomen, die sich wiederum in einen Atomkern und eine Atomhülle zusammensetzen. Im Atomkern befinden sich eine je nach Stoff unterschiedliche Anzahl von sog. Protonen (positiv geladen) und Neutronen (neutral, keine Ladung). Die Atomhülle besteht aus einer Anzahl von Elektronen (negativ geladen),

die genau der Zahl der Protonen im Atomkern entspricht. Das Atom insgesamt ist nach außen hin gesehen, neutral.

Der elektrische Strom entsteht nun, wenn sich die negativ geladenen Teilchen (Elektronen) der Atomhülle eines Stoffes (meist Metall) frei bewegen können und durch eine Energiezufuhr veranlasst werden, gemeinsam in eine Richtung zu driften.

Zu jedem Atomkern gehören eine bestimmte Anzahl von Elektronen, die sich im Falle eines leitenden Stoffes (Metalle z.B.) frei bewegen können und durch

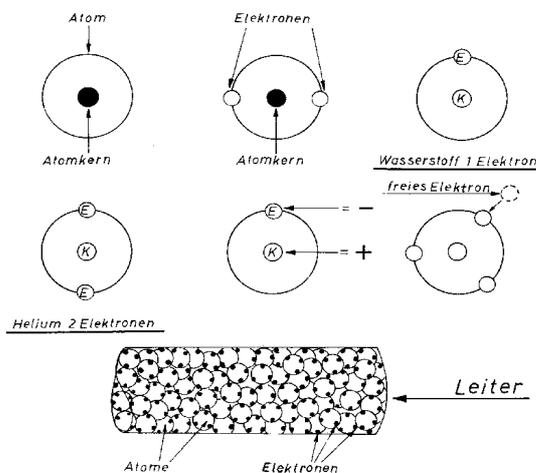


Abbildung 1: Atommodell der Materie

Anlegen einer Kraft in dem Metall eine Driftbewegung ausführen, wie im *Abbildung 1* dargestellt. Die Energie für diese Bewegung wird dabei im Allgemeinen einer Spannungsquelle (Netzteil) entnommen. Die Atomkerne bestehen aus positiv geladenen Teilchen (Protonen), die in ihrer Anzahl genau der der Elektronen entspricht und elektrisch neutralen Teilchen (Neutronen). Beide sind im Stoff fest verankert, sie bewegen sich also nicht. Die Anzahl der Elektronen bzw. der Protonen pro Atomkern ist für jeden in der Natur vorkommenden Elementar-Stoff charakteristisch.

Hier einige Beispiele:

Wasserstoff	1	Sauerstoff	8
Kohlenstoff	6	Eisen	26
Usw.			

Da die Elektronen die beweglichen Teilchen sind und zudem eine negative Ladung tragen, fließt der elektrische Strom vom negativen Anschluss einer Stromquelle (Minuspol) zu positiven (Pluspol), wie auch in der *Abbildung 2* verdeutlicht wird:

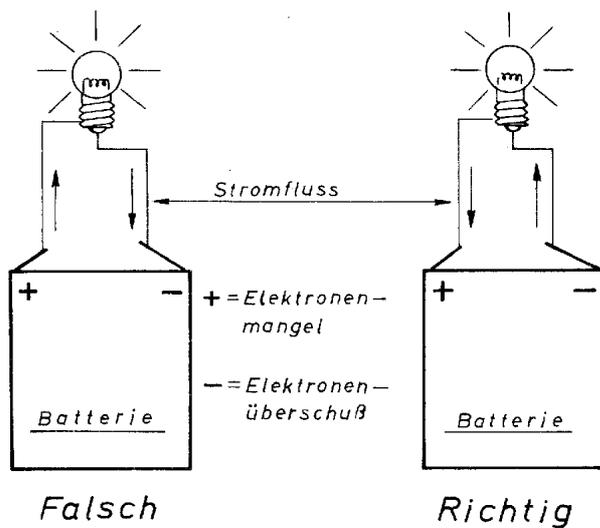


Abbildung 2: Elektrischer Stromfluss

In diesem Zusammenhang eine Bemerkung:

Es wird oft gesagt, dass sich der elektrische Strom in einem elektrisch leitenden Draht (Leiter) nahezu mit der Lichtgeschwindigkeit fortbewegt (ca. 300.000 Km pro Sekunde oder etwas weniger). Das ist nur dann richtig, wenn man den »**Marschbefehl zum Start der Driftbewegung**« für die Elektronen meint. Die Driftgeschwindigkeit der Elektronen selbst ist wesentlich geringer, z.B. nur einige Meter pro Sekunde.

Die Stärke eines Stromes (I) wird in der Maßeinheit »Ampere, A« angegeben oder bei kleineren Strömen in $1/1000$ A, das entspricht 1 milli-Ampere (mA).

Die »Kraft«, mit der die Elektronen durch einen Leiter »gedrückt« werden, bezeichnet man als Spannung (U), gemessen in »Volt, V« oder bei kleinen Spannungen in milli-Volt (mV).

1.2 Gleichstrom

Es sind verschiedene Stromarten zu unterscheiden. Fließt der Strom nur in eine Richtung so spricht man von »Gleichstrom, DC, Direct Current«. Die charakteristischen Größen zur Beschreibung dieses Stromes sind:

- die Stromgröße **I** in Ampere (**A**), und
- die Spannung **U** der Spannungsquelle in Volt (**V**).

Der Quotient aus Spannung und Strom wird mit Widerstand (**R**) bezeichnet und in »Ohm, Ω « gemessen, man erhält so das sog. »Ohm-sche Gesetz«:

$$R = \frac{U}{I}$$

Jeder Stoff oder jedes Material hat einen bestimmten Widerstand pro Längeneinheit und Fläche. Bei einem Leiter (Metall) ist dieser Widerstand sehr klein, meist kleiner als 1Ω . Bei einem Stoff, der den elektrischen Strom nur extrem schlecht leitet (ein sog. Isolator, z.B. Gummi) beträgt der Widerstand meist mehr als mehrere Millionen Ω . Auch lebendes Gewebe leitet elektrischen Strom, wie in Teil 3 noch näher erläutert wird. Der Widerstand hier ist sehr unterschiedlich und liegt im Bereich von ca. einigen 100Ω bis 100.000Ω je nach Wasseranteil im Gewebe. Das bezieht ausdrücklich auch den menschlichen Körper mit ein. Der bei der Elektro-Epilation zu Grunde gelegte typische Widerstandswert eines menschlichen Körpers liegt bei ca. 1000Ω .

1.3 Wechselstrom

Beim Wechselstrom ist die Richtung, in die die Elektronen driften, nicht konstant, sondern es findet in kurzen Zeitabständen ein Richtungswechsel statt (Wechselstrom, AC »Alternating Current«). Dieser Richtungswechsel findet im Allgemeinen nicht plötzlich statt, sondern geschieht nach einer sich auf- und abbauenden Kurve. Dieser Vorgang wird mit »Schwingung« bezeichnet und erfolgt nach einer sog. »Sinus-Kurve« (Abbildung 3):

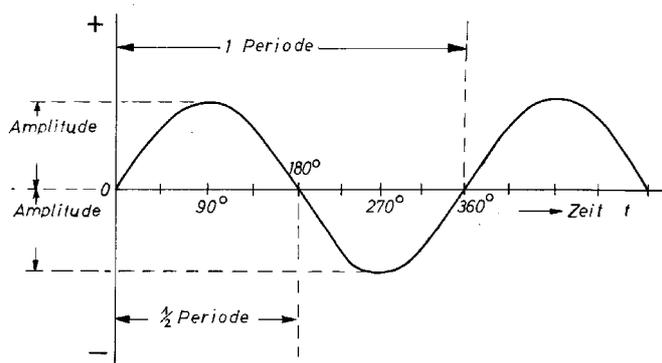


Abbildung 3: Die Sinus-Kurve

»Frequenz, f « beschrieben. Die Maßeinheit ist das Hertz (Hz). 1 Hz ist ein kompletter Wechsel (pos. und neg.) pro Sekunde.

Die Spannung oder der Strom steigt beginnend bei null an bis zu einem Maximalwert in positiver Richtung, um danach wieder abzufallen bis auf null, die Richtung zu wechseln und anzusteigen in negativer Richtung bis zum gleichen Maximalwert usw. Bei diesem Maximalwert spricht man von der »Amplitude«, die in V gemessen wird. Ein kompletter Durchlauf ist eine »Periode«.

Die Anzahl dieser Perioden pro 1 Sekunde wird mit dem Begriff

In der Praxis werden meist wesentlich höhere Frequenzen verwendet. Die Angaben erfolgen oft in Kilo-Hertz (kHz) , 1000 Hz, oder in Mega-Hertz (MHz), 1.000.000 Hz. Frequenzen oberhalb von 20 kHz werden auch mit »Hochfrequenz, HF, High Frequency« bezeichnet.

In der *Abbildung 4* ist eine real gemessene Sinuskurve mit einer Frequenz von 10 Mhz wiedergegeben.

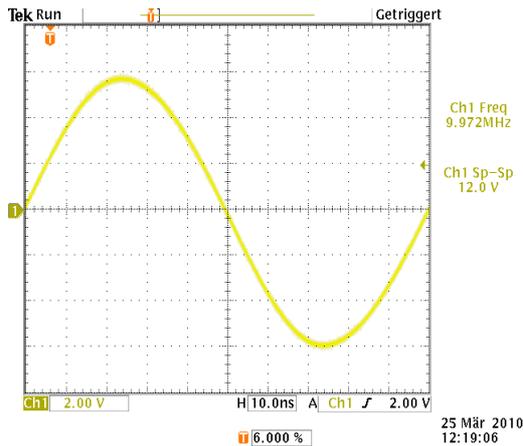


Abbildung 4: Real gemessene Sinus-Kurve

Die folgende *Abbildung 5* zeigt eine Übersicht über die Frequenzbereiche, wie sie heute in der Technik von Interesse sind.

Es ist gut zu erkennen, dass es sich bei dem sichtbaren Licht ebenfalls um eine elektrische Welle handelt, ebenso bei den Röntgen- und Gammastrahlen. Der Unterschied zu den technischen Wechselströmen und den Rundfunk-Wellen besteht lediglich in der Frequenz, die beim Licht z.B. wesentlich höher ist. Die einzelnen Lichtfarben entsprechen eindeutig bestimmten Frequenzen.

In Teil 4, Lasertechniken wird nochmals auf diesen Sachverhalt eingegangen.

Die in der Elektro-Epilation verwendeten Frequenzen liegen im Bereich von 2 - 30 MHz.

Das Spektrum der elektromagnetischen Wellen

Wellenlänge	Frequenz (Hertz)	Wellen- und Strahlungsart		
		Elektrische Wellen	Niederfrequenz	Hochfrequenz
10 ⁴ km	3 · 10 ¹			
10 ³ km	3 · 10 ²	Niederfrequente elektrische Schwingungen		
10 ² km	3 · 10 ³	Hochfrequenz	Lang-,Mittel- und Kurzwellen	
10 km	3 · 10 ⁴		Ultrakurzwellen (Very high Frequ.)	
1 km	3 · 10 ⁵		Dezimeterwellen (Ultra high Frequ.)	
100 m	3 · 10 ⁶		Hertzische Wellen	(Super high Frequ.)
10 m	3 · 10 ⁷	(Extremely high Frequ.)		
1 m	3 · 10 ⁸	Lichtwellen	Infrarot	Wärmestrahlen
10 cm	3 · 10 ⁹			Sichtbares Licht
1 cm	3 · 10 ¹⁰		Ultraviolett	
1 mm	3 · 10 ¹¹			Röntgenstrahlen
100 µm	3 · 10 ¹²	Radioaktivität		
10 µm	3 · 10 ¹³			
1 µm	3 · 10 ¹⁴			
10 ³ Å	3 · 10 ¹⁵			
10 ² Å	3 · 10 ¹⁶			
10 Å	3 · 10 ¹⁷	Gammastrahlen		
1 Å	3 · 10 ¹⁸			
10 ⁻¹ Å	3 · 10 ¹⁹			
10 ⁻² Å	3 · 10 ²⁰	Kosm. Strahlen		
1 X	3 · 10 ²¹			
10 ⁻¹ X	3 · 10 ²²			
10 ⁻² X	3 · 10 ²³			
10 ⁻³ X	3 · 10 ²⁴			

Abbildung 5: