

13. Elektrische Spannung und potentielle Energie als Nur-Relationsgrößen. Potentiale als Skalenpunkte

13.1. Die Angabe einer **elektrischen Spannung** ist – wie die eines (einen Richtungsunterschied kennzeichnenden) ebenen Winkels – immer die Angabe einer Relationsgröße: Eine Spannung besteht immer zwischen zwei Sachen, zum Beispiel zwischen den Platten 1 und 2 eines Plattenkondensators. Die Spannung kann nicht entweder nur der Sache 1 oder nur der Sache 2 zugeordnet werden. (Im Gegensatz dazu ist die Stärke eines elektrischen Stroms eine Eigenschaftsgröße, die sowohl beim Punkt 1 wie auch beim Punkt 2 eines Leiters gemessen werden kann.) Dem Symbol der elektrischen Spannung sind deshalb grundsätzlich Indizes für zwei Sachen zuzuführen:

$$(13.1) \quad U(\text{Gerätepunkt 1/Erde}) = 5 \text{ Volt (5 V)}.$$

Da die Spannung als "Potentialdifferenz" bezeichnet und dazu oft gesagt wird, daß man deshalb nicht auch von "Spannungsdifferenzen" sprechen sollte, sei gesagt, daß es selbstverständlich auch Differenzen von Relationsgrößen und damit auch von Spannungen gibt:

$$(13.2) \quad U_{1,3}=8\text{V} \wedge U_{1,2}=5\text{V} \rightarrow \Delta U_{2,3}=U_{1,3}-U_{1,2}=8\text{V}-5\text{V}=3\text{V}.$$

Da die elektrische Spannung - verkürzt gesprochen - immer zwischen zwei Ladungen besteht, und zwar zwischen einer Positivladung und einer Negativladung oder einer größeren und einer kleineren Positivladung oder einer größeren und einer kleineren Negativladung, gibt es nicht in der gleichen Weise Spannungen zweier Arten, so wie es Ladungen zweier Arten gibt. Es gibt nur eine Spannung einer einzigen Art. Diese ist - im Gegensatz zur Ladung - orientierbar (Abschnitt 10).

Da in Technik und Haushalt bestimmte Teile vieler Geräte geerdet (das heißt: mit der Erde elektrisch leitend verbunden) werden, ist die eine Sache, die im Index der Spannung anzugeben ist, oft die Erde (Gleichung 13.1). Die geerdeten Teile haben – wie man sagt – das gleiche (elektrische) Potential wie die Erde. Besteht zwischen dem geerdeten und einem nicht geerdeten Teil des Geräts eine Spannung von 5 V, dann hat der nicht geerdete Teil ein Potential, das 5 V über dem Erdpotential liegt. Eine Potentialangabe ist also die Angabe eines Punktes auf einer Skala mit einem bestimmten Nullpunkt. Die Angabe "5 Volt über Erdpotential" entspricht einer Temperaturangabe der Art "5 Grad über der Erstarrungstemperatur von Wasser" (Bild 13.1).

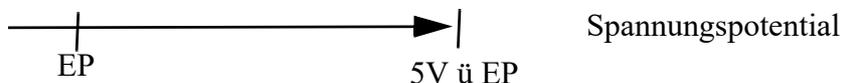


Bild 13.1. Darstellung der Punkte "Nullpotential = Erdpotential EP" und "5 V über Erdpotential" auf einer Potentialachse

Die Spannung ist so wenig eine 'Potentialdifferenz', so wenig die Thermie eine 'Temperaturdifferenz' ist. Im Größenkalkül gibt es - um es noch einmal zu sagen - keine Differenzen von Skalenpunkten. Mit Hilfe der Spannung wird der 'elektrische' Abstand zwischen zwei (punktuellen) Potentialen angegeben, so wie mit Hilfe der Thermie der thermische Abstand zwischen zwei (punktuellen) Temperaturen angegeben wird. Im Größenkalkül rechnet man ebenso nur mit Spannungen und Spannungsdifferenzen (5 V), aber nicht mit Potentialen (5 V ü EP), so wie man nur mit Thermien und Thermiedifferenzen (5 K) rechnet, und nicht mit Temperaturen (5 K ü

CN).

Über dieser Gemeinsamkeit sollte nicht vergessen werden, daß die Thermie eine Eigenschaftsgröße ist, die eine einzelne Sache (zum Beispiel eine Wasserportion) hat, während die Spannung eine Nur-Relationsgröße ist, die immer zwischen zwei Sachen besteht. - Selbstverständlich sind Differenzen von Thermien in gleicher Weise Relationsgrößen, in der auch Differenzen von Spannungen (und nicht nur die Spannungen selbst) Relationsgrößen sind.

In der Wissenschaftssprache ist der (durchaus praktikable) Name "Potential" meiner Meinung nach ebenso entbehrlich wie der (ebenfalls praktikable) Name "Temperatur". Da man nicht mit Potentialen (Potential der Sache 1 = 5 V ü EP), sondern nur mit Spannungen [$U(\text{Sache 1/Erde}) = 5 \text{ V}$] in den Größenkalkül eingehen kann, würde es genügen, in der Kalkülsprache nur von "Spannungen" und "Differenzspannungen" zu sprechen. - Im übrigen könnte man den Index "Erde" (E) aus der Klammer holen und tiefgestellt unmittelbar an das Symbol "U" schreiben:

$$(13.3) \quad \Delta U_E(1) = 5 \text{ V},$$

in Worten: Die Erd-Differenzspannung der Sache 1 ist 5 Volt. Das ist nicht komplizierter als die Aussage "Das Potential der Sache 1 ist gegenüber dem der Erde 5 Volt".

Ich weise darauf hin, daß die hier vertretene Auffassung der einschlägigen Norm DIN 1323 /17/ widerspricht. In dieser wird das Potential als eine Größe bezeichnet, und zwar als eine Größe, die expressis verbis Punkten zugeordnet ist.

13.2. Ähnlich verhält es sich mit der sogenannten **potentiellen Energie**. Diese ist ebenfalls nicht eine Eigenschaftsgröße, die einem Einzelding zukäme, sondern eine Relationsgröße, die zwischen Einzeldingen eines **Sammeldinges** (Leibniz) oder - was das Gleiche besagt - zwischen dinglichen Elementen eines dinglichen Systems besteht.

Ein solches System ist zum Beispiel das besonders interessierende System "**Atom**" mit den Systemelementen "Atomrumpf" und "Valenzelektron". Die potentielle Energie zwischen diesen beiden (elektrisch geladenen) Systemelementen ist eine Nur-Relationsgröße wie die elektrische Spannung. (Diese wird bekanntlich auch als Quotient aus [elektrischer] Energie und elektrischer Ladung definiert.) An Stelle der (nicht unmittelbar meßbaren) Energie dieses Systems wird das sogenannte **Energieniveau** angegeben, das das System "AtomrumpfValenzelektron" in einem bestimmten **Anregungszustand** im Vergleich zu einem vereinbarten Bezugsanregungszustand hat.

Die Rede von "Energieniveaus" wird zum Beispiel in Sätzen der folgenden Art praktiziert: "Das vom Energieniveau 1 auf das Energieniveau 2 angehobene Elektron springt (fällt) nach kurzer Zeit auf das Energieniveau 1 zurück".

Da die potentielle elektrische Energie (wie die elektrische Spannung) eine physikalische Größe ist, und nicht eine Anschauungsform wie die Zeit (mit dem "Zeitniveau") oder eine Sache wie die Pegelhöhe (mit dem "Höheniveau"), wäre es semantisch sinnvoller, von "Energiepotentialen" (wie von "Spannungspotentialen") zu sprechen - sofern man nicht - was noch sinnvoller wäre - überhaupt nur von "Differenzenergien" spräche. Wenn man meint, von "Niveaus" reden zu müssen, könnte man allenfalls von "Anregungsniveaus" sprechen. Aber auch das ist nicht erforderlich, da es genügt, von "Anregungszuständen" zu reden.

Beim Atom fungiert als Energie-Nullpotential (Energie-Nullniveau) nicht das Energiepotential, das dem Atom in dem (nicht verwirklichbaren) Zustand zukäme, in dem sich das Valenzelektron im (elektrischen) Zentrum des Atomrumpfs befände, sondern das (ermittelbare) Energiepotential, das dem Atom in dem Zustand zukommt, in dem das Valenzelektron 'unendlich' weit

vom Atomrumpf entfernt ist. Da das das größte Energiepotential ist, das einem Anregungszustand des Systems "Atomrumpf/Elektron" überhaupt zugeordnet werden kann, sind alle Energiepotentiale, die dem Atom sonst noch zugesprochen werden können, kleiner als dieses vereinbarte Energienullpotential. Auf einer Skala der Energiepotentiale wird damit dem Skalennullpunkt das Maximalpotential MP zugeordnet und den Potentialen in allen anderen Anregungszuständen des Atoms ein Skalenpunktzeichen mit dem Relationswort "unter" (u): 2 eV u MP (Bild 13.2).

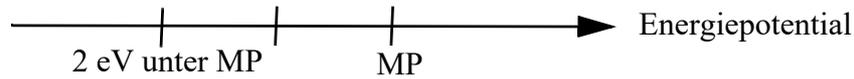


Bild 13.2. Skala der Energiepotentiale atomarer Systeme

Abschließend ist anzumerken, daß das, was über die potentielle Energie elektrischer Systeme und über das elektrische Energiepotential gesagt wurde, auch für die potentielle Energie und die Energiepotentiale anderer Systeme gilt, insbesondere auch für solche, zwischen deren Elementen Gravitationskräfte wirken. Es ist interessant, daß man bei Gravitationssystemen semantisch sinnvoll von "Gravitationspotentialen" und nicht von "Gravitationsniveaus" spricht.

