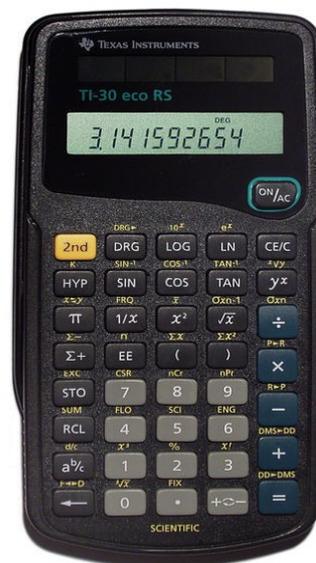


## Mathematische Kenntnisse

Mathematik ? Eigentlich sollte es doch um Amateurfunk gehen.

Amateurfunk ist nun mal ein technisches Hobby, deshalb sind einige grundlegende mathematische Kenntnisse erforderlich. Wir benötigen in der Regel nur Wissen, das in der Schule bis zur 10. Klasse behandelt wurde. Um uns bezüglich der "Hirn"-Rechenleistung etwas zu entlasten, schauen wir uns erstmal den Taschenrechner an. Benötigt wird für diesen Fernkurs ein einfacher „wissenschaftlicher“ Taschenrechner. Ein „Küchenrechner“ reicht nicht. Wenn Dein Taschenrechner die Tasten "EE" oder "10<sup>x</sup>" oder "EXP" und/oder "LOG" besitzt, bist Du auf der sicheren Seite. Wenn nicht, empfehlen wir den Kauf des TI-30 von Texas Instruments (egal welche Ausführung).



Der TI-30 ist ein einfacher wissenschaftlicher Taschenrechner, wie er in der Schule benutzt wird. Er ist nicht programmierbar. **Bitte beachte, dass bei der Prüfung bei der Bundesnetzagentur programmierbare Taschenrechner nicht zugelassen sind. Ein nicht programmierbarer Taschenrechner wie der TI30 darf in der Prüfung benutzt werden.**

Was musst Du kennen: Addition , Subtraktion , Multiplikation , Division, Potenzen ( $x^y$ ), die Wurzel ( $\sqrt{x}$ ) und Logarithmen (log).

Die vier Grundrechenarten setzen wir als bekannt voraus. Kopfschmerzen machen manchmal Potenzen, Wurzeln und Logarithmen, sowie das Umformen von einfachen Gleichungen. Daher werden wir im folgenden näher darauf eingehen.

## Gleichungen umstellen

In diesem Kurs wird es immer wieder nötig sein, einfache Gleichungen umzustellen. Bei den Strichrechenarten ("+" und "-") ist das trivial. Grundlegend bei allen Formelumstellungen ist die sogenannte Äquivalenzumformung. Damit ist gemeint, dass man eine umzustellende Formel erst mal hinschreibt und dann auf beiden Seiten gleiche Operationen ausführt, um die Ausgangsformel zum gewünschten Ziel umzustellen:

Beispiel 1: Bei nachstehender Formel ist c gesucht:  $a + b = c - d$

$$a + b = c - d$$

| c steht auf der rechten Seite  
| Der Rechenbefehl +d auf  
| beiden (!) Seiten ausführen  
| sorgt dafür, dass c alleine  
| auf einer Seite steht.

$$a + b + d = c - d + d$$

|  $-d + d = 0$ , kann also  
| weggelassen werden

$$a + b + d = c$$

| nun noch umstellen (also lin-  
| ke und rechte Seite der Gleichung vertauschen)  
|

$$c = a + b + d$$

Solange man alle Operationen sowohl auf der linken als auch auf der rechten Seite durchführt, bleibt das Gleichheitszeichen weiter richtig. Somit ist die Gleichung unverändert (eben nur umgestellt).

Beispiel 2: Bei nachstehender Formel ist c gesucht:  $a \cdot b = c \cdot d$

$$a \cdot b = c \cdot d$$

|  $:d$  auf beiden (!) Seiten  
| (um c allein zu stellen)

$$\frac{a \cdot b}{d} = \frac{c \cdot d}{d} = c \cdot \left(\frac{d}{d}\right)$$

|  $\frac{d}{d} = 1$ , kann als Faktor  
| weggelassen werden, denn  
|  $c \cdot 1 = c$

$$\frac{a \cdot b}{d} = c$$

| Seiten tauschen (umstellen)

$$c = \frac{a \cdot b}{d}$$

Noch einige alte Schulweisheiten zum Umstellen von Gleichungen und zur Eingabe in den Taschenrechner:

### **Punktrechnung kommt vor Strichrechnung!**

$a + b \cdot c$  tippt man nicht der Reihe nach (also von links nach rechts) in den Taschenrechner, sondern erst die Ziffern  $b \cdot c$  und dann  $+a$

Beispiel:  $3 + 2 \cdot 5 = 3 + 10 = 13$

### Besonderheit

Hat man einen Bruchstrich, so kann man sich im Zähler (oben) und Nenner (unten) die Klammern dazudenken.

Beispiel:  $\frac{a+b}{c} = \frac{(a+b)}{c}$

Dasselbe gilt bei Exponenten.

Beispiel :  $10^{3x+t} = 10^{(3x+t)}$

### Wie löse ich eine Klammer auf, in der eine Addition ausgeführt wird ?

Beispiel:  $a \cdot (b+c)$

Hier wird die Zahl vor der Klammer mit den in der Klammer stehenden Zahlen jeweils ausmultipliziert, anschließend wird addiert.

$$a \cdot (b+c) = a \cdot b + a \cdot c$$

Hinweis: Mit den Variablen a,b,c ist das Ganze sehr formelhaft. Zur Verdeutlichung kannst du einfach mal Zahlen einsetzen und nochmal durchspielen. Man sieht sehr leicht, wie unterschiedlich die Ergebnisse werden, wenn z.B. Punkt- und Strichrechnung vertauscht werden.  
Vorschlag : a = 3, b = 7, c = 11

### Potenzen

Einige Beispiele:  $10^2 = 10 \cdot 10 = 100$   
 $5^7 = 5 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 5 = 78125$

Der Exponent (das ist die "Hochzahl") sagt aus, wie viel mal die Basis mit sich selbst multipliziert werden muss. In der Technik ist eine solche exponentielle Schreibweise bei sehr großen oder sehr kleinen Zahlenwerten üblich. Man verwendet hier meist den Exponent zur Basis 10.

Beispiel: Frequenzangabe  $3,5 \cdot 10^6 \text{ Hz}$   
 $3,5 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \text{ Hz}$   
 $3,5 \cdot 1000000 \text{ Hz}$   
 $3,5 \text{ MHz}$   
(bei dieser Frequenz beginnt das 80m Amateurfunkband)

Beim Taschenrechner kann man sich aussuchen, wie man diese Zahl eingeben möchte. Am einfachsten geht das mit der "EE"-Taste:

tippe: 

Anzeige des Taschenrechners: 3.5 06

Die EE-Taste bedeutet „ mal  $10^x$  „, wobei die nachfolgende Zahl das x bestimmt (hier 6).

### Hinweis zur Formelsammlung:

In der Formelsammlung (die Euch durch die Bundesnetzagentur bei der Prüfung zur Verfügung gestellt wird) gibt es auf der ersten Seite eine Übersicht über die Zehnerpotenzen und die dazugehörigen Vorsilben (Pico, Nano, ..., Giga, Terra).

Die Formelsammlung vom Team Funken-Lernen ist vom Layout her so aufgebaut wie die Formelsammlung der BNetzA. Das bedeutet, dass Du bei der Prüfung die Dinge an der gleichen Stelle findest wie in der im Kurs verwendeten Formelsammlung. Wir haben lediglich einige inhaltliche Mängel (die aber nicht prüfungsrelevant sind) korrigiert. Bitte nutze die Formelsammlung auch jetzt während des Kurses, wann immer es geht. Sie enthält viele Lösungen oder Lösungsansätze für die Prüfungsfragen. Wenn Du Dich erst in der Prüfung mit der Formelsammlung beschäftigt, ist es zu spät.

### Hinweis zum Taschenrechner:

Wir beziehen uns immer auf den TI-30, wenn wir Tasten am Taschenrechner beschreiben. Andere Taschenrechner haben teilweise abweichende Beschriftungen, z.B. heißt die "EE"

Taste bei CASIO “EXP” und bei anderen wiederum “10<sup>x</sup>”.

**Wurzelrechnung**

Die Wurzelrechnung ist die Umkehroperation der Potenzrechnung. Bei der Ermittlung “der Quadratwurzel wird eine Zahl (y) gesucht, die mit sich selbst multipliziert die Ausgangszahl ergibt (im Beispiel ist das x).

Beispiel:  $y = \sqrt{x}$  (anders geschrieben  $y \cdot y = x$  oder auch  $y^2 = x$ )

Nehmen wir einfache Zahlen, um dies zu verdeutlichen.  
 $x = 4$

Die Wurzel von 4 ist 2, denn  $2 \cdot 2 = 4$  oder  $2^2 = 4$

Eine solche Wurzel kann durch QUADRIEREN (auf beiden Seiten der Gleichung!) aufgelöst werden.

Beispiel:  $d \cdot \sqrt{a} = 4$  Die Formel ist nach a umzutellen.

$$d \cdot \sqrt{a} = 4 \quad \left| \begin{array}{l} :d \text{ auf beiden} \\ \text{Seiten der Gleichung, um a} \\ \text{alleine auf der linken Seite} \\ \text{zu haben} \end{array} \right.$$

$$\sqrt{a} = \frac{4}{d} \quad \left| \begin{array}{l} ( )^2, \text{ quadrieren} \\ \text{auf beiden Seiten der Gleichung, um die Wurzel aufzulösen} \end{array} \right.$$

$$(\sqrt{a})^2 = \left(\frac{4}{d}\right)^2 = \frac{16}{d^2}$$

Das Quadrat “hoch 2” und die Wurzel heben sich auf, also:

$$a = \frac{16}{d^2}$$

### Logarithmen

Hierbei geht es darum, einen Exponent (“die Hochzahl”) zu finden, der mit einer gegebenen Basis eine bestimmte Zahl ergibt.

Beispiel:  $10^x = 1000$  Wie groß ist x ?

$$\begin{array}{lcl} 10^x & = & 1000 \\ \log_{10} 10^x & = & \log_{10} 1000 \end{array} \quad | \text{ “log}_{10}\text{” auf beiden Seiten}$$

$\log_{10}$  und 10(“hoch”) auf der linken Seite heben sich gegenseitig auf. Das vormals als Exponent geschriebene x steht nun unten:

$$x = \log_{10} 1000$$

Nun in den Taschenrechner eingeben



Ergebnis in der Anzeige: 3

**also:  $\log_{10} 1000 = 3$ , gesprochen: “Der Logarithmus von 1000 zur Basis 10 ist 3.”**

In der Regel werden in der Technik für die Angabe von Werten nur Potenzen zur Basis 10 verwendet. Die Verwendung von Logarithmen bezieht sich analog dazu ebenfalls fast immer auf die Basis 10. Aus diesem Grund wird diese 10 nicht immer als  $\log_{10}$  mitgeschrieben, sondern einfach weggelassen.

**log1000** gesprochen: “Der Logarithmus von 1000.”

Da keine weitere Angabe nach dem “log” erfolgt, ist von der Basis 10 auszugehen.

**Achtung:** Bitte im Taschenrechner nicht die Taste **LOG** mit der Taste

ver- **LN** wechseln. **LN** ist der sog. natürliche Logarithmus!

Weiteres über Potenzen und Logarithmen folgt an der jeweiligen Stelle im Kurs (Verstärker, Verlustrechnung an Antennenleitungen, Antennengewinn ...)

## Einheiten

### SI-Basiseinheiten

In der Technik kommen wir mit einer Reihe physikalischer Effekte, Bauelemente und Größen in Kontakt. Manche sind einem bekannt, z.B. weiß jeder in etwa was ein Meter ist, andere wiederum sind unbekannt und entziehen sich der eigenen Vorstellung. Das elektrische Feld und dessen quantitative Beschreibung ist mit einfachen Worten nicht zu bewerkstelligen. In diesem Kapitel sehen wir uns die grundlegenden Einheiten und Größen an.

Die wichtigsten Größen und Einheiten wurden nach Festlegung des Meters als "die" grundlegende Größe des "metrisches System" wie folgt festgelegt:

| <b>Größe / Formelzeichen</b> | <b>Einheitszeichen (Bezeichnung)</b> |
|------------------------------|--------------------------------------|
| Länge / s                    | m (Meter)                            |
| Masse / m                    | kg (Kilogramm)                       |
| Zeit / t                     | s (Sekunde)                          |
| Strom / I                    | A (Ampere)                           |
| Temperatur / T               | K (Kelvin)                           |
| Stoffmenge / n               | mol (Mol)                            |
| Lichtstärke / I <sub>v</sub> | cd (Candela)                         |

### **Grundlegende Größen und Einheiten (MKSAMC-System oder kurz MKSA-System)**

Diese Einheiten und Größen sind auch die sogenannten SI Basiseinheiten (SI = Système international d'unités). Alle weiteren auf diesem Grundsystem fußenden Einheiten sind zusammengesetzte Einheiten.

### **Zusammengesetzte Einheiten**

Beispiel einer zusammengesetzten Einheit: Die Kraft wird in Newton angegeben (N). Diese Einheit lässt sich auch in SI-Basiseinheiten angeben:

$$1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$$

Auch in der Elektrotechnik begegnen uns viele zusammengesetzte Einheiten. Die wichtigsten findest Du in der folgenden Tabelle:

**Wichtige zusammengesetzte Einheiten aus der Elektrotechnik**

| <b>Größe / Formelzeichen</b> | <b>Einheit</b>         | <b>zusammengesetzt aus SI Einheiten</b>                          |
|------------------------------|------------------------|--|
| Spannung / U                 | V (Volt)               | $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{A} \cdot \text{s}^3}$   |
| Widerstand / R               | $\Omega$ (Ohm)         | $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{A}^2 \cdot \text{s}^3}$ |
| Leitwert / G                 | S (Siemens)            | $\frac{\text{A}^2 \cdot \text{s}^3}{\text{kg} \cdot \text{m}^2}$ |
| Leistung / P                 | W (Watt)               | $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}$                  |
| Ladung / Q                   | C (Coulomb)            | As   |
| Energie bzw. Arbeit / W      | Ws (Wattsekunde)       | $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$                  |
| Kapazität / C                | F (Farad)              | $\frac{\text{A}^2 \cdot \text{s}^4}{\text{kg} \cdot \text{m}^2}$ |
| Induktivität / L             | H (Henry)              | $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{A}^2 \cdot \text{s}^2}$ |
| Frequenz / f                 | Hz (Hertz)             | $\frac{1}{\text{s}}$   |
| elektrische Feldstärke / E   | V/m (Volt pro Meter)   | $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{A} \cdot \text{s}^3}$     |
| magnetische Feldstärke / H   | A/m (Ampere pro Meter) | $\frac{\text{A}}{\text{m}}$                                      |
| Flussdichte / B              | T (Tesla)              | $\frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$                     |

**Wichtige zusammengesetzte Einheiten aus der Elektrotechnik**

**Unterschied: Formelzeichen / Einheit**

Die verwendeten Buchstaben verursachen am Anfang oft etwas Verwirrung, da diese sowohl als Formelzeichen / Größe verwendet werden, aber eben auch als Einheitsabkürzung. Man sollte sich immer sicher sein, ob man nun eine Größe oder eine Einheit mit ei-

nem Zeichen beschreibt. Beispielsweise verwendet man das Formelzeichen „s“ in der Regel für eine Länge (Strecke), als Einheit bezeichnet „s“ die Sekunde. Analog verhält es sich bei der Masse „m“ (in kg) und dem Einheitszeichen der Länge „m“ für Meter.