

Der Begriff HF – und was dahinter steckt

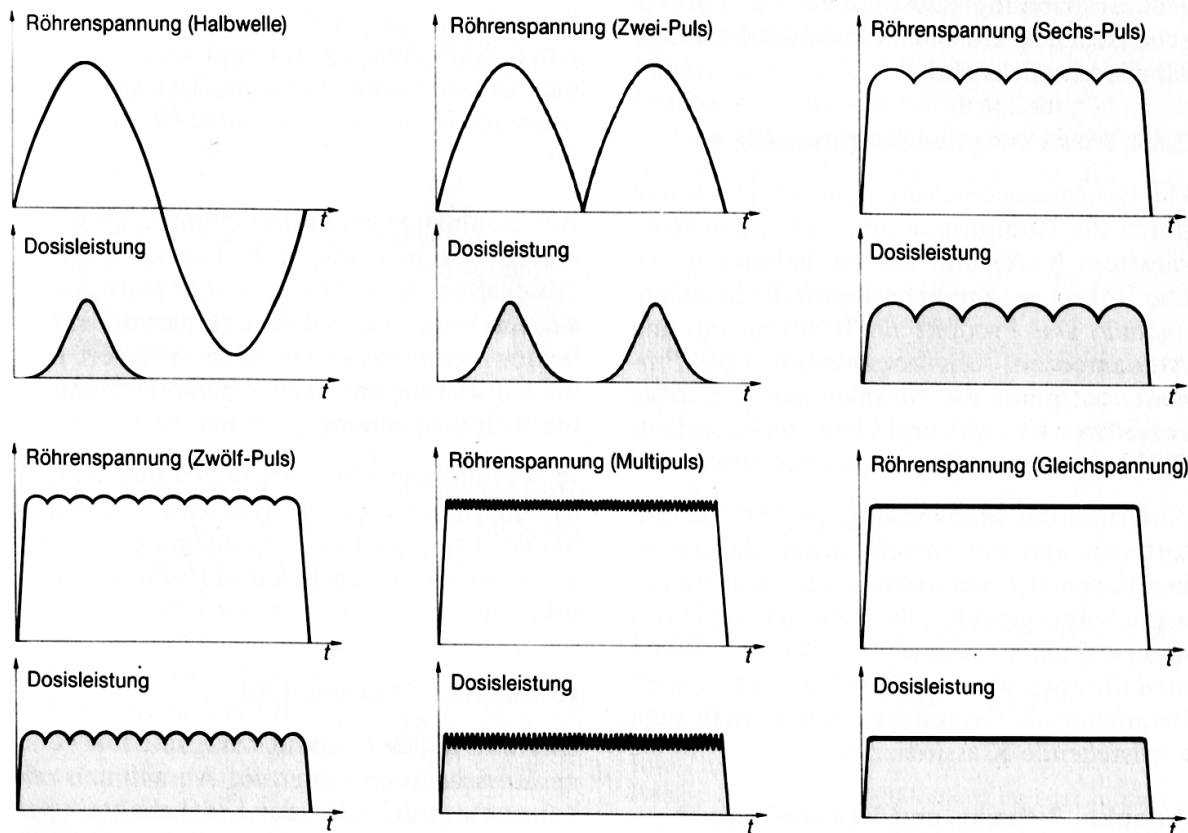
Immer wieder kommt die Frage auf, was denn eigentlich der Zusatz HF- oder Hochfrequenz bedeutet. Da dieser Text dem Verständnis dieser Technik für Nichtphysiker gedacht ist, mögen die Techniker unter uns verzeihen, dass die Wortwahl nicht aus dem sonst gebräuchlichen Fachvokabular entnommen ist. Und nun ein klein wenig Physik:

Die Röntgenstrahlung wird in der Röntgenröhre erzeugt. Die Röhre ist ein luftleerer Glaskolben, an dem sich auf der einen Seite die Kathode und auf der anderen Seite die Anode befindet. Die Kathode besteht im wesentlichen aus einer Drahtwendel, die für den Betrieb durch eine sogenannte Heizspannung zum Glühen gebracht wird. Die Anode ist je nach Ausführung eine drehbare Metallscheibe (Drehanodenröhre) oder ein feststehendes Metallplättchen (Festanodenröhre). Das Glühen der Drahtwendel bewirkt, dass dort Elektronen leicht frei werden und später einen Stromfluß zwischen den beiden Polen stattfinden kann (es besteht ja keine direkte Verbindung zwischen Anode und Kathode). Wird nun eine Spannung mit dem Pluspol an die Anode und dem Minuspol an die Kathode angelegt und überschreitet diese einen gewissen Wert, werden dadurch die freien Elektronen aus dem Glühfaden in Richtung Anode bewegt. Elektronen sind bekanntlich negativ geladen und werden von der positiven Anode angezogen – es kommt zum Stromfluss. Wird die angelegte Spannung sehr hoch gewählt, also mehr als ungefähr 30.000 V (Hochspannung), beschleunigt das die Elektronen so sehr, dass diese beim Auftreffen auf dem Anodenmaterial neben Wärme einen gewissen Anteil an Röntgenstrahlen erzeugen.

Soweit zur prinzipiellen Entstehung. Wird nun das Glühen des Kathodenheizfadens verstärkt, fließt zwischen Kathode und Anode auch ein höherer Strom. Dieser Röhrenstrom ist auch die Messgröße, mit der man mitunter die Stärke der Geräte angibt. Denn ein höherer Strom bewirkt auch einen höheren Anteil an Röntgenstrahlung, die dadurch entsteht. Man spricht dann auch von einer höheren Strahlendosis. Wird nun diese Hochspannung wieder abgeschaltet, unterbricht dies auch die Erzeugung der Röntgenstrahlung. Um eine solche hohe Spannung aus den vorhandenen 230 V oder 400 V zu erzeugen, wird ein Transformator benötigt. Dieser kann aber nur arbeiten, wenn er mit einer Wechselspannung betrieben wird. Wechselspannung bedeutet, dass sich die Polung ständig ändert. Legt man nun eine solche Wechselspannung an Kathode und Anode an, wird die Röhre immer nur dann Strahlung erzeugen, wenn die richtige Polung vorhanden ist. Es gibt also Zeitabschnitte, in denen sich an der Anode der Minuspol und an der Kathode der Pluspol befindet, wobei dadurch auch kein Röhrenstrom mehr fließen kann und somit auch keine Strahlung erzeugt wird (dieses Prinzip entspricht dem Halbweller bzw. Einpulsler). In unserem Versorgungsnetz ist eine Frequenz von 50 Hz üblich. Das heißt, dass die Polarität innerhalb einer Sekunde 50 Mal stimmen würde und 50 Mal nicht. Um diese Pausen zu verhindern,

wurde im Verlauf der technischen Entwicklung ein sogenannter Gleichrichter zwischen Transformator und Röhre geschaltet. Die Eigenschaft dieses Bauteiles, wie es der Name schon verrät, richtet die Polarität gleich. Dadurch ist an der Röhre immer die gleiche Polung angelegt und die Strahlung wird nicht mehr durch falsche Polung unterbrochen. Dies wiederum bewirkt, dass die Strahlendosis in der selben Zeit doppelt so hoch ausfällt. Das führt natürlich zu kürzeren Belichtungszeiten.

Da nun die Wechselspannung eine gewisse Zeit benötigt, um die Richtung des Stromflusses zu ändern, ergibt sich als bildliche Darstellung in einem Koordinaten-Diagramm die Sinuskurve. Wie jeder sich bestimmt erinnern kann, verläuft die Kurve mal oberhalb der x-Achse und mal unterhalb. Der Verlauf entspricht dabei der Höhe des Spannungswertes. Ist also der maximale obere Punkt oder untere Punkt erreicht, so hat die Spannung auch ihren Maximalwert. Die x-Achse ist dem Wert Null gleichgesetzt. Daraus erkennt man, dass auch die Spannung kurz vor dem Wechsel der Polarität den Wert Null annimmt. Ein Gleichrichter sorgt nun dafür, dass die Kurve nicht mehr unter die x-Achse fällt. D.h. der Kurvenanteil unterhalb der x-Achse verläuft dann nur noch oberhalb, als wäre dieser, bildlich gesprochen, nach oben geklappt (es wird von pulsierender Gleichspannung gesprochen und die Geräte werden als Zweipulser bzw. Vierventiler bezeichnet). Dabei ist zu beachten, dass die Spannung periodisch immer noch den Wert Null erreicht. Wenn nun die angelegte Hochspannung gleich Null ist, entsteht auch keine Strahlung mehr. Allerdings ist diese Unterbrechung wesentlich kürzer als beim Einpulser. Die technische Entwicklung ging weiter und es entstanden Sechspulsgeräte und Zwölfpulsgeräte. Diese haben die Eigenschaft, dass die angelegte Hochspannung nicht mehr den Wert Null erreicht und somit auch eine bessere Dosisausbeute erlangt wird – also wiederum kürzere Aufnahmezeiten. Als weitere Entwicklung kam dann letztendlich die Hochfrequenz zum Zuge. Im Vergleich zur mit 50 Hz pulsierenden Gleichspannung liegt hier die Frequenz bei 20.000 Hz und oft auch weitaus höher. Das hat den Vorteil, dass die Strahlenausbeute der eines „glatte“ und nicht pulsierendem Gleichstromes ziemlich nahe kommt. Um diese hohe Pulsfrequenz zu erreichen, ist eine Menge modernste Elektronik und gutes Know-how nötig. Das soll hier aber nicht Thema sein. Damit man sich nun das Ganze auch noch vorstellen kann, sind nachfolgend einige Diagramme mit den verschiedenen Hochspannungsarten abgebildet.



Mit der Kernaussage „HF = höher Strahlenausbeute = kürzere Belichtungszeit“ wird die HF-Technik oft erklärt. Das stimmt zwar, aber... es fehlen weitere Bezugsgrößen um einen direkten Vergleich mit der „alten“ Technik anzustellen. Folgender Fall sollte dies verdeutlichen: Für eine Aufnahme eines bestimmten Objektes ist eine gewisse Dosis nötig, um die gewünschte Schwärzung des Filmes zu erlangen. Üblich ist die Angabe von mAs und kV-Einstellung. (Der Begriff „mAs“ ist der Höhe der Dosis pro Zeiteinheit gleichzustellen und setzt sich aus dem Röhrenstrom (in mA) multipliziert mit der Belichtungszeit (in Sekunden) zusammen. Benötigt eine Aufnahme also beispielsweise 100 mAs könnte man 1 s lang 100 mA durch die Röhre fließen lassen oder genauso 0,5 s lang 200 mA, das Produkt ergibt jeweils 100 mAs. Daraus ergibt sich auch die Erkenntnis, dass mit einem höheren Röhrenstrom kürzere Belichtungszeiten erreicht werden.) Ein Röntgengerät mit Zweipulstechnik und den Daten 40 mA und 60 kV würde beispielsweise für 40 mAs genau 1 s Belichtungszeit benötigen ($40 \text{ mA} \times 1 \text{ s} = 40 \text{ mAs}$). Ein Gerät mit Hochfrequenztechnik hat gegenüber der Zweipulstechnik etwa die zweifache Strahlenausbeute (aufgerundet). Das bedeutet, man könnte, um dieselbe Schwärzung zu erreichen, den mAs-Wert halbieren, also 20 mAs wählen. Benutzt man eine Hochfrequenzgerät mit den Daten 40 mA und 60 kV würde die Aufnahme 0,5 s lange dauern ($40 \text{ mA} \times 0,5 \text{ s} = 20 \text{ mAs}$). Man erkennt also auch eine Halbierung der Belichtungszeit. Diesen Vergleich kann man aber nur machen, wenn wie hier der gleiche Röhrenstrom fließt. Will man z.B. diese 20 mAs mit einem Hochfrequenzgerät mit den Daten 20 mA

und 60 kV anfertigen, dauert die Aufnahme wieder genau 1 Sekunde! ($20 \text{ mA} \times 1 \text{ s} = 20 \text{ mAs}$). Man achte also darauf, Äpfel nicht mit Birnen zu vergleichen!

Ein ganz anderer kleiner Vorteil ist auf jeden Fall zu nennen, und der ist bei tragbaren Geräten durchaus hoch zu bewerten: Durch die hochfrequente Wechselfrequenz werden die Eisen und Kupferanteile im Transformator wesentlich verringert und damit auch das Gewicht.

Auch in der Unterteilung der Schaltzeiten bringt die Hochfrequenz viele Vorteile: Wenn ein Zweipulsgerät die Aufnahmen sauber und genau schalten soll, dann beträgt die kleinste Schaltzeit 10 ms (genau 1 Halbwelle) oder Vielfache davon, bei der HF-Technik nimmt man als kleinsten sinnvollen Wert 1 ms. Man könnte aufgrund der hohen Frequenz noch kürzer...

Um nicht ganz ins technische Detail einzutauchen noch einen letzten Satz zur Genauigkeit im Vergleich der beiden Systeme: Durch die hochfrequente Spannungsform lassen sich mit der Steuerelektronik die Ausgangsspannung und Röhrenströme noch während der Aufnahme automatisch korrigieren, das hat den Vorteil, dass Schwankungen der Versorgungsspannung in diesem kritischen Zeitpunkt ausgeglichen werden und somit die Aufnahmewerte jederzeit reproduzierbar bzw. gleich sind.