

## Umgekehrte Laufrichtung beim 2-Takt-Motor

Gelegentlich - das heißt eher selten - wird beobachtet, dass sich die Laufrichtung des 2T-Motors bei niedrigen Drehzahlen umkehren kann. Als Ursache wird meist ein de-justierter, zu früher Zündzeitpunkt genannt.

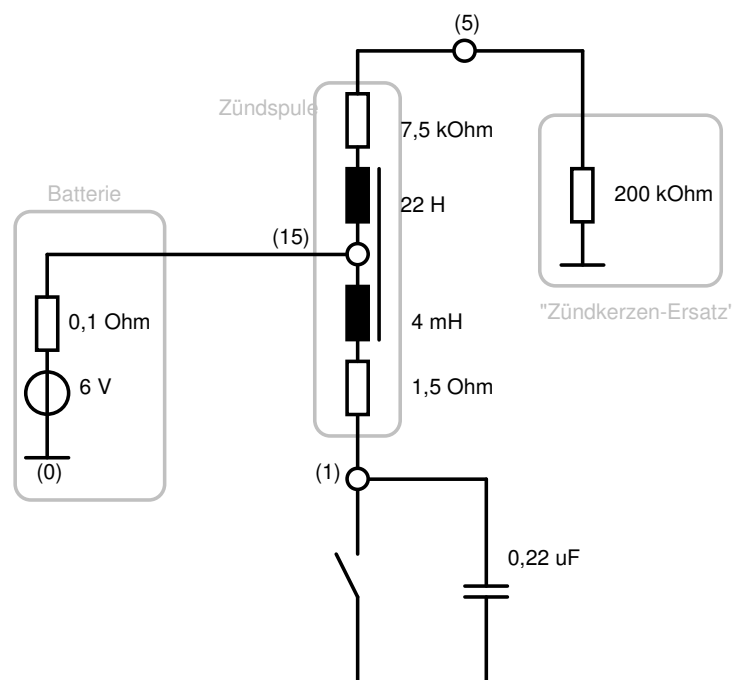
Dieser kann zwar das Eintreten dieser merkwürdigen Erscheinung wahrscheinlicher machen, ist jedoch letztendlich nicht die Ursache für den stabilen Rückwärtslauf.

Werfen wir zunächst einen Blick auf die weit verbreitete Unterbrecherzündung. Unter welchen Umständen entsteht überhaupt ein Zündfunke? Ohne wirksamen Funken würde ja der Motor niemals laufen, weder richtig noch falsch herum.

Dazu füttern wir das Schaltungs-Simulationsprogramm PSPICE mit der Schaltung einer 6-V-Unterbrecherzündung nach **Bild 1**.

Die vollständige Schaltungsbeschreibung für PSPICE-Freunde zum Selber-Ausprobieren findet sich am Ende des Textes.

Die elektrischen Werte wurden praxisnah gewählt. Der Unterbrecherkontakt hat im verwendeten Modell einen „Ein“-Widerstand von 50 mOhm (geschlossen) und einen „Aus“-Widerstand von 1 MOhm. Das reale Modell einer Zündkerze ist außerordentlich kompliziert und wurde hier durch einen simplen Widerstand ersetzt, da es lediglich interessiert, ob eine genügend große Zündspannung entstehen kann.

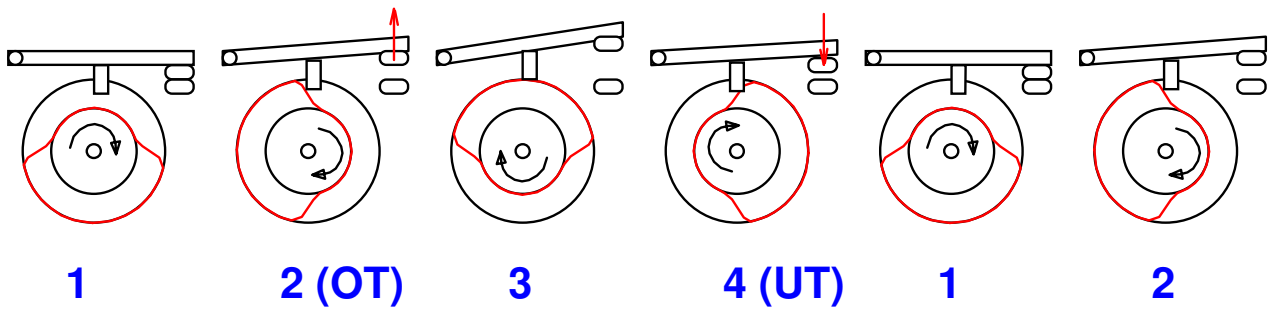


**Bild 1:** Modellhafte Darstellung der Schaltung einer 6-V-Unterbrecher-Zündung für die Simulation mit PSPICE

Wir lassen den Motor jetzt in Normal-Richtung laufen. Der Nocken öffnet und schließt den Unterbrecherkontakt periodisch (Bild 2).

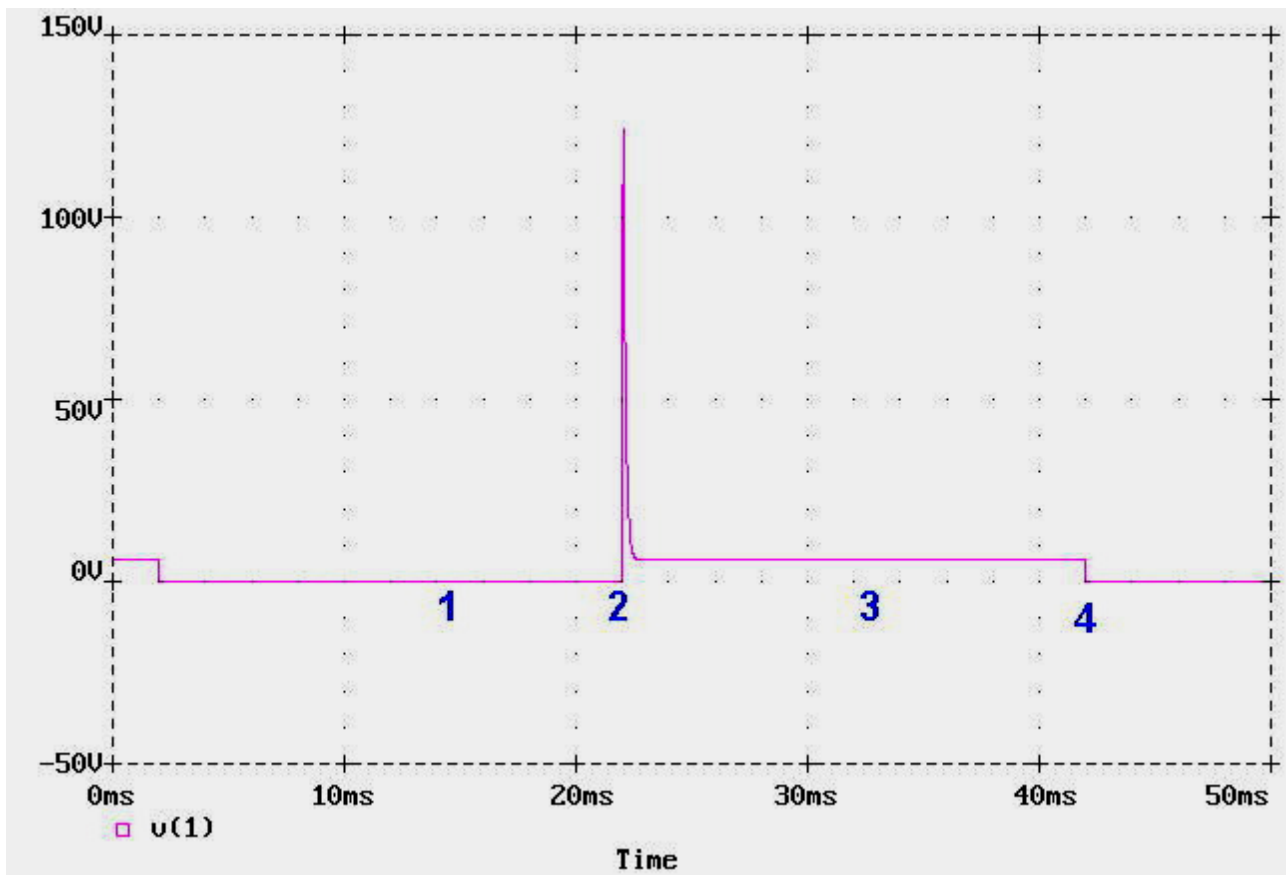
Zum Zeitpunkt 1 ist der Kontakt geschlossen, durch die Primärspule (1,5 Ohm, 4 mH) fließt Strom. Zum Zeitpunkt 2 hebt der Kontakt gerade ab und nimmt bei 3 den weitesten

Kontaktabstand ein. Zum Zeitpunkt 4 schließt der Kontakt wieder. Die Phasen 1 – 4 wiederholen sich in dieser Reihenfolge ununterbrochen.



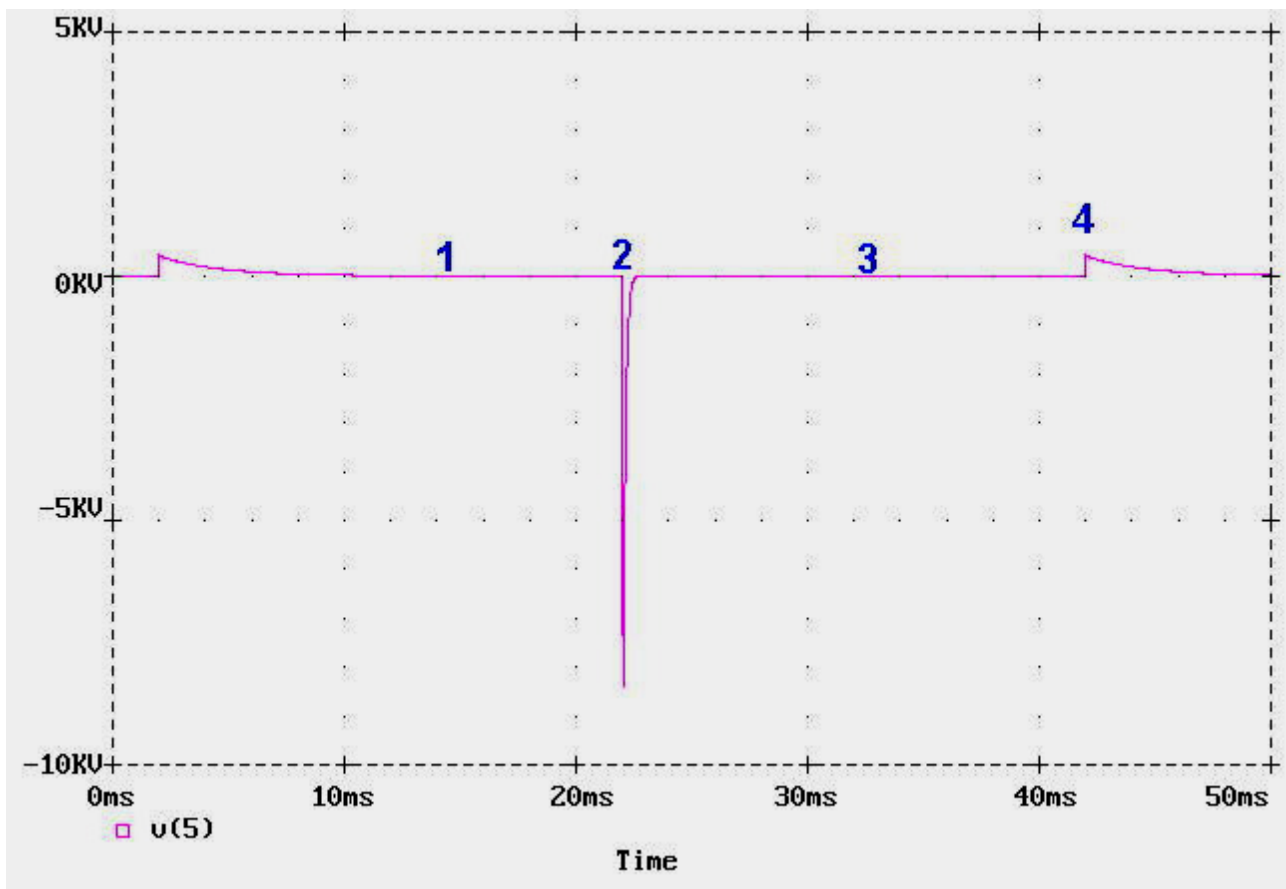
**Bild 2:** Unterbrecherrückspannung und -kontakt

Im **Diagramm 1** ist der mit PSPICE simulierte Zeitverlauf der Spannung an Kontakt (1) der Zündspule dargestellt. Beim Öffnen des Kontaktes entsteht eine Spannungsspitze von reichlich 100 V. Dies erklärt - nebenbei bemerkt - warum die Bauelemente einer elektronischen Zündung überraschend spannungsfest dimensioniert werden müssen.



**Diagramm 1:** Spannungsverlauf am Unterbrecherkontakt (1)

**Diagramm 2** zeigt den Spannungsverlauf am Kerzenanschluss der Zündspule (5). Zum Zeitpunkt 2 entsteht ein negativer Spannungsimpuls von mehr als 5 kV, der an der Kerze zum Überschlag führt. Dabei ist der Kolben üblicherweise kurz vor dem oberen Totpunkt (OT). Das danach folgende Schließen des Unterbrecherkontaktes (Zeitpunkt 4) am unteren Totpunkt (UT) führt zu einem kurzen positiven Spannungsanstieg um etwa 300 V, der keinesfalls ausreicht, einen Funken an der Kerze überspringen zu lassen.



**Diagramm 2:** Spannungsverlauf am Kerzenanschluss der Zündspule (5)

Drehen wir den Motor einmal zwangsweise rückwärts, so durchlaufen wir die Phasen in Bild 2 jetzt auch rückläufig. Damit folgt der Offen-Phase des Kontaktes am Punkt nahe bei OT jetzt das Schließen des Kontaktes. Beim Schließen entsteht jedoch nur der Spannungsanstieg um etwa 300 V, wie er im Diagramm 2 an Stelle 4 zu sehen ist. Arbeitet der Unterbrecherkontakt in dieser idealen Weise, kann es also keinesfalls zu einem Funken kommen, der den Rückwärtslauf des Motors aufrecht erhalten würde.

Dem ist jedoch in der Praxis (mitunter) nicht so. Grund dafür ist die Eigenschaft eines mechanischen Kontaktes beim Schließen nicht schlagartig von „offen“ nach „geschlossen“ überzugehen. Während eines kurzen Zwischenstadiums im Verlauf der Kontaktbewegung kommt es zu einer Folge unregelmäßiger Kontaktgaben und Öffnungen, die als Prellen bezeichnet werden. Da die Zündspule aber nur eine sehr kurze Zeit braucht, um sich „magnetisch aufzuladen“, kann es tatsächlich bei den im Prellen steckenden zahlreichen „Mikro-“Öffnungsvorgängen zum Entstehen eines Funkens kommen. Ob die vorliegende Zündung dazu neigt oder nicht, kann man sehr leicht feststellen, indem man einmal bei heraus geschraubter Kerze die Kurbelwelle rückwärts dreht und beobachtet, ob bei OT ein Funke entsteht oder nicht. Bei unverschlissenen Kontakten und korrekt eingestelltem Abstand wird man kaum einen Funken beobachten, ein solcher Motor wird nicht zum Rückwärtslaufen neigen.

Welche Faktoren führen nun zu einer erhöhten Prell-Neigung und damit zu einem möglichen Rückwärtslauf?

Generell passiert es bei verschlissenen Kontaktflächen, also bei erhöhter Rauigkeit oder gar vorhandenen Kratern. Aber auch Motorvibrationen können dazu beitragen, dass der Kontakt kurzzeitig flattert. Ein zu gering eingestellter Kontaktabstand kann in Verbindung mit Unebenheiten auf der Nockenoberfläche zu unkontrollierten Schaltvorgängen führen, die in der Nähe von OT eine Funkenbildung bewirken.

Es wird ersichtlich, dass der konkrete Zündzeitpunkt keinen Einfluss auf die Aufrechterhaltung des Rückwärtslaufes hat. Allerdings spielt er eine Rolle bei der initialen, also allerersten Laufrichtungsumkehr der Kurbelwelle. Bei niedrigen Drehzahlen, also quasi kurz vor dem selbsttätigen Ausgehen des Motors, kann ein sehr früher Zündzeitpunkt dazu führen, dass der Kolben auf Grund des entstehenden, hohen Verbrennungsdruckes nicht mehr OT erreicht und in die gegenläufige Richtung gepresst wird. Erst wenn nach der ersten rückläufigen Runde wieder ein Funke bei OT entstehen sollte, läuft der Motor tatsächlich rückwärts. Entsteht kein Funke, wird der Motor schlicht und einfach „verrecken“ ...

Inwieweit elektronische Zündsysteme zur Funkenbildung bei OT im Rückwärtslauf neigen, hängt von der konkreten Anlage ab. Wie oben bereits beschrieben, kann es leicht getestet werden.

**Zusammenfassung:** Ein früher Zündzeitpunkt vor OT kann eine rückläufige Bewegung der Kurbelwelle wahrscheinlich machen. Ein permanenter Rückwärtslauf ist jedoch nur möglich, wenn bei umgekehrter Drehrichtung Funken in OT entstehen.

### Schaltungsbeschreibung der 6-V-Kontakt-Zündung zur Eingabe in das Simulationsprogramm PSPICE:

```
Schaltung: zyndung.CIR
V1 2 0 = 6V
R0 2 15 = 0.1
L1 15 3 = 4mH
R1 3 1 = 1.5
L2 4 15 = 22H
R15 4 5 = 7500
K1 L1 L2 = 0.999
R40 5 0 200k
C1 1 0 = 220nF
S1 1 0 6 0 KONTAKT
.MODEL KONTAKT VSWITCH (RON=0.05 ROFF=1000k VON=0.5V VOFF=-0.5V)
VN 6 0 = PULSE (-10V, 10V, 2ms, 10us, 10us, 20ms, 40ms )
.probe
.options reltol=0.1 itl4=1000 itl5=0 limpts=0
.tran 20us 50ms 20u 20u
.end
```

Lothar, Juni 2010