

Autor: Arthur Welner für  
[www.shovel-head.com](http://www.shovel-head.com)

## Die Zündanlage

Es gibt unterschiedliche Zündungen bei Ottomotoren, die meist verbreitetste ist die Batteriezündung (Spulenzündung), auch bei der Harley.

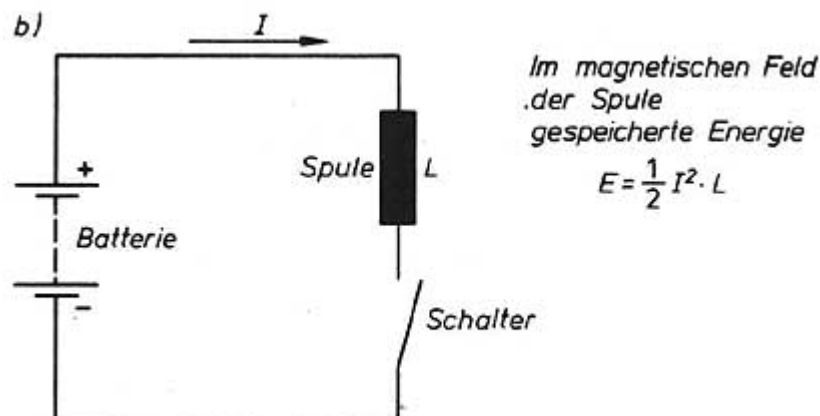
### **Aufbau der Batteriezündung**

Die Batteriezündung besteht aus einer Zündspule, einem Kontakt oder einem Transistor, den Zündkabeln, Zündkerzen und einer Einrichtung, die für den richtigen Zündzeitpunkt sorgt.

### **Zündspule**

Die Zündspule ist das Herz der Zündung. Man kann sich noch so eine tolle mikroprozessor-gesteuerte Zündung anschaffen mit zwanzig Zündkurven etc. Wenn die Zündspule nicht die nötige Energie speichern kann, ist das vergebene Mühe. Also erst mal ein wenig Theorie.

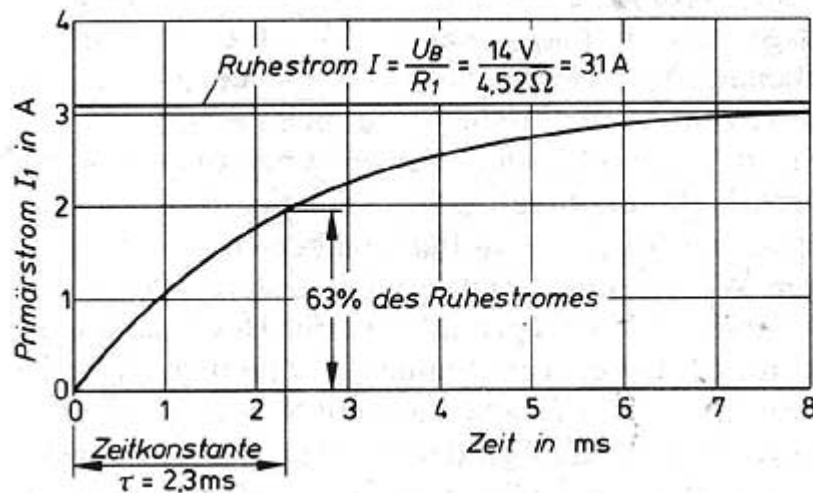
Die Energie der Zündspule berechnet sich nach der folgenden Gleichung. Zwei Größen sind entscheidend für das Magnetfeld und somit für die gespeicherte Energie. Der Strom (I) und die Induktivität (L).



Aus der Gleichung ist ersichtlich, dass der Strom quadratisch in die Bilanz eingeht. Also bringt die Erhöhung des Stromes auch eine quadratische Steigerung der Energie. In der Praxis heißt das, man wählt eine Spule mit möglichst geringem Widerstand. Bei Fahrzeugen mit Anlasser und entsprechender Ansteuerung sind da schon mal Spulen mit  $0,5 \Omega$  oder auch weniger im Einsatz. Das können wir aber nicht machen. Bei Kontaktzündung begrenzt man den Strom aus Gründen der Lebensdauer des Kontaktes auf 3A. Deshalb sind  $5 \Omega$  Spulen bei Kontaktzündung gebräuchlich. Bei elektronischen Zündungen lässt man höhere Ströme zu, weil der Transistor diese Ströme schalten kann. Knackpunkt ist dann aber die Zündspule bzw. die Verlustleistung in der Spule. Würde man z.B. eine  $0,7 \Omega$  Spule an 12V betreiben, gibt das einen Strom von 17A und eine Verlustleistung von 206W. Nach ein paar Sekunden würde sie abrauchen. Also limitiert man den Strom, indem man eine Spule mit  $2,5$  bis  $3 \Omega$  wählt.

Durch Vergrößerung der Induktivität erhält man auch mehr Zündenergie. Aber das Verhältnis von Induktivität und Spulenwiderstand hat Einfluss auf den Einschaltverlauf des Stromes. Der Strom folgt einer e-Funktion, wie bei allen Sättigungsvorgängen.

Im nachfolgendem Beispiel ist die Bordspannung 14V, Spulenwiderstand der Primärseite 4,52 Ω und die Induktivität 10,4 mH. Die Zeitkonstante ist somit 2,3 ms ( $L/R$ , also  $10,4\text{mH} / 4,52\Omega$ ).



Nach ca. 8 ms beträgt die Zündenergie 50 mWs. Würde man die Induktivität z.B. verdoppeln (20,8mH), wäre die Zündenergie 100 mWs. Allerdings erst nach 16 ms. Bei höherer Drehzahl hat man die 16 ms aber nicht unbedingt zur Verfügung. Also sind da Grenzen gesetzt. Beim Harleymotor kann man mit recht großen Induktivitäten arbeiten (z.B 14 mH bei  $3\Omega$ ), weil der Motor nicht schnell dreht und nur zwei Zylinder hat. Es kommen also „langsame“ Zündspulen zum Einsatz.

Vergleicht man die Energiebilanz einer 5 Ω Spule mit einer 3 Ω Spule von Dyna, Crane oder wie sie heißen, ergibt das locker den Faktor 2 zugunsten der 3 Ω Spule.

Die Verbrennungseinleitung beim betriebswarmen Motor benötigt aber nur eine kleine elektrische Energie. Deshalb merkt man da keine großen Unterschiede. Zum Starten des kalten Motors braucht man aber viel Energie. Da merkt man es schon eher.

Bei dem Diagramm oben sieht man, dass bei dem Beispiel nach etwa 8 ms der Strom den Endwert erreicht hat. Hat also maximale Energie erreicht. Sie wird nicht größer, auch wenn der Strom länger fließt. Die Verlustleistung der Spule steigt aber. Deshalb ist der **Schließwinkel** so wichtig. Man „schont“ die Spule, indem man sie nicht permanent unter Strom setzt. Bei der Kontaktzündung ist der Schließwinkel konstant. Also bei kleinen Drehzahlen eher zu groß. Elektronische arbeiten zuweilen mit einer Schließwinkel-Regelung. Sie hält die Zeit konstant und nicht den Winkel. Dann gibt es (halb) elektronische Zündungen, die scheren sich gar nicht um den Schließwinkel, sodass man sie mit 5 Ω Spule fahren muss, weil sonst die Verlustleistung zu groß wird. Seltsamerweise ist diese Zündung sehr beliebt (Dyna S).

## Zündung

Unterschieden wird zwischen Kontakt und Transistorzündung (in Harleykreisen besser bekannt als Halb- und Vollelektronik). Die **Kontaktzündung** hat eine Menge Nachteile, einige sehen aber auch Vorteile bei ihr. Fangen wir mit den Vorteilen an. Ist mechanisch, kann man reparieren. Der Spannungsabfall am Kontakt beträgt nur 0,2V.

Die Nachteile sind:

- nicht wartungsfrei
- zuweilen unzuverlässiges Starten
- schlechtes Laufverhalten beim kalten oder nicht betriebswarmen Motor
- Energieverluste bei kleinen Drehzahlen (zu langsames Öffnen des Kontaktes)
- Schlechter Motorlauf bei hohen Drehzahlen (unzureichende Zündenergie, siehe Spule)
- Empfindlich gegen Verschmutzung von Hochspannungsteilen, weil Innenwiderstand der Zündspule größer ist

Bei der **elektronischen Zündung** hat man alle vorgenannten Nachteile nicht. Richtig dimensionierte elektronische Zündungen überdauern die Lebenserwartung eines Motors bei weitem. Na ja, eine Ausnahme gibt es. Es sind die sogenannten Halbelektronischen. Gezündet wird zwar mit einem Transistor, die Zündzeitbestimmung erfolgt aber mechanisch mittels Ausrückmechanismus mit den bekannten Fliegewichten. Da ist noch Wartung nötig. Abgesehen von der Dyna-S sind auch hier Zündspulen von 3  $\Omega$  zu empfehlen.

## Zündkerzen/Zündkabel

Man nehme im Zweifelsfall die Standardkerzen. Bei der Kontaktzündung sind Zündkabel mit Kupferkern immer noch am besten. Bei elektronischen Zündungen sollte man sich an die Empfehlung des Herstellers halten. In der Regel sind Kabel mit Kohlefaserkern zu benutzen. Alternativ dazu gibt es so genannte Ferro-Spiral Kabel. Haben einen kleineren Widerstand, dämpfen aber ausreichend, weil sie einen hohen induktiven Anteil haben. Das wird dadurch erreicht, dass der eigentliche Leiter spiralförmig um einen Kern gewickelt ist.

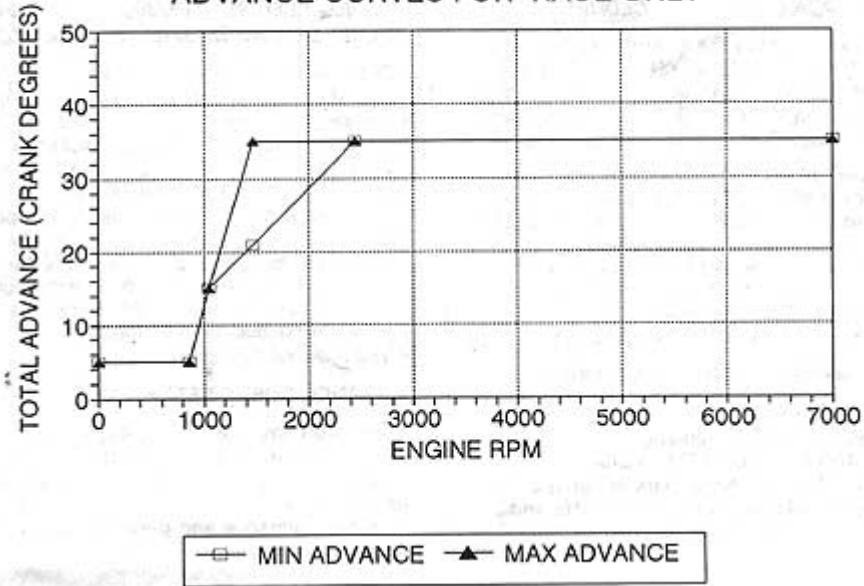
## Zündzeitpunkt-Einstellung

Der „richtige“ Zündzeitpunkt hängt von vielen Einflüssen ab:

- Motordrehzahl
- Belastung des Motors (Stellung Drosselklappe)
- Temperatur des Motors
- Temperatur der angesaugten Luft
- Barometrischer Druck der angesaugten Luft
- Mischungsverhältnis Brennstoff/Luft
- Art des verwendeten Brennstoffes

Das gilt für einen gegebenen Motor. Daneben spielen noch weitere Faktoren eine Rolle, wie z.B. das Verdichtungsverhältnis oder die Brennraumform. Aber das ist alles nicht praktisch relevant, weil die meisten Zündungen bei Harley nur die Drehzahl zum Bestimmen des Zündpunktes heranziehen. Eine Beispielkurve zeigt folgendes Diagramm von einer Crane HI-4.

FIGURE 9  
ADVANCE CURVES FOR "RACE ONLY"

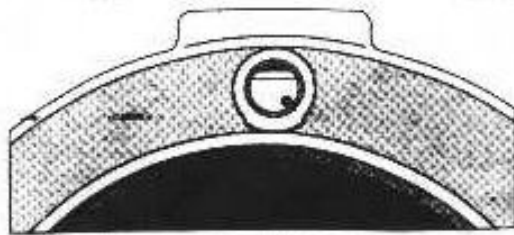


Die Zündkurve mit Kontakten sieht grundsätzlich genauso aus. Also bis etwa 800 U/min erfolgt der Zündpunkt bei 5° vor OT. Danach geht er zurück bis auf 35° vor OT. Das passiert, je nach Federn und Gewichten, zwischen 1500 und 2000 U/min. Nötig ist diese Verstellung, weil die Verbrennung eine gewisse Zeit braucht und somit der größte Druck mit einer Zeitverzögerung auftritt. Bei hoher Drehzahl legt die Kurbelwelle einen größeren Winkel als bei kleiner Drehzahl zurück. Deshalb muss früher gezündet werden.

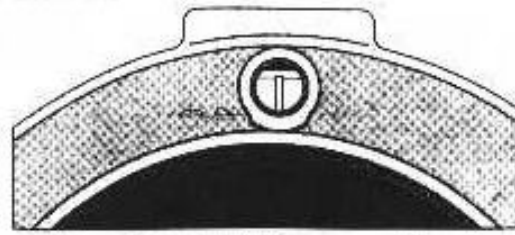
Will man nun seine Zündung einstellen, muss man wissen, wann die Kurbelwelle sich 5° bzw. 35° vor OT befindet. Dazu gibt es Markierungen auf der Kurbelwelle, die man durch das Timinghole sehen kann. Das folgende Diagramm zeigt Early und Late Style Markierungen für den vorderen Zylinder an. Wie es nun beim eigenen Motorrad aussieht, muss jeder selbst überprüfen und herausfinden. Wenn man so altes Eisen fährt, kann man nie wissen, wer wann was eingebaut hat.

FIG 7 H-D TIMING MARKS

### Early Style

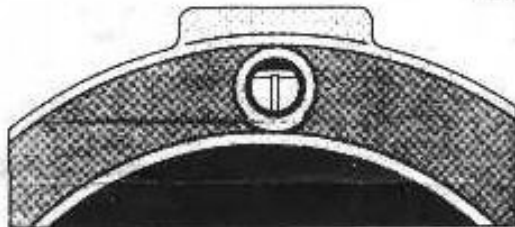


Front Cyl TDC Mark

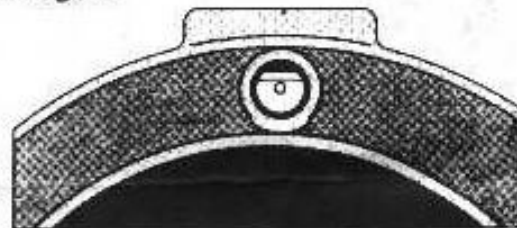


Front Cyl Advance Mark

### Late Style



Front Cyl TDC Mark



Front Cyl Advance Mark

Zu diesem Thema hat Alex von der Firma M-TeK Engineering eine ausführliche Anleitung verfasst, die ich hier gerne wiedergebe:

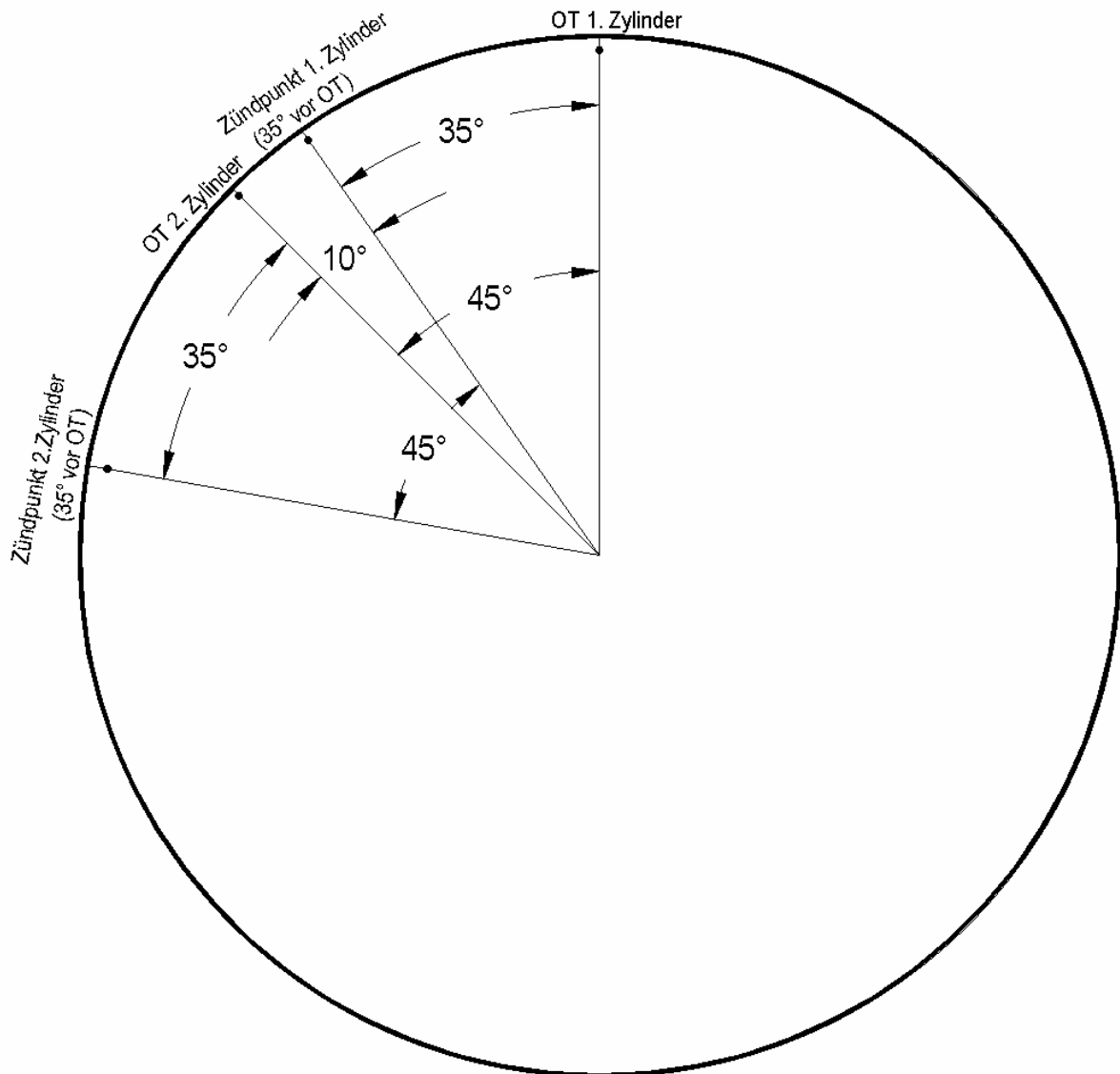
.....  
*Welche Markierung auf der Kurbelwelle bedeutet was? Nicht die anderen fragen, wie es bei denen aussieht. Zündkerzen raus, mit einem weichen Gegenstand (z.B. Kabelbinder) die Position des Kolbens fühlen, Motor drehen und den oberen Totpunkt erfühlen. Ein Blick ins Timing Hole und man WEISS, welche OT Markierung auf der Kurbelwelle ist. Dann wieder nachdenken. Wenn die Kurbelwelle auf Front OT steht, wo befindet sich dann die Zündmarkierung Front? Richtig. 35° links vom Timing Hole. Man muss den Motor also rückwärts drehen, um zu dieser Markierung zu gelangen. Wenn man dann noch etwa 35° abschätzen kann, dann stößt man zwangsläufig auf die Zündungsmarkierung. Wer jetzt noch weiterdenkt, kommt zu folgenden Erkenntnissen: bei 35° vor dem OT des vorderen Zylinders ist der hintere Kolben bereits über seinen OT drüber, weil der Zylinderwinkel ja 45° beträgt. Man kann also über die Kolbenposition des hinteren Kolbens zweifelsfrei ausschließen, dass es sich bei der gefundenen Markierung nicht versehentlich um die OT Markierung des hinteren Zylinders handelt (die die wenigsten Kurbelwellen überhaupt haben). Diese müsste sich abermals 10° links von der Zündmarkierung des vorderen Zylinders befinden. Häufiger findet man eine zusätzliche Zündmarkierung für den hinteren Zylinder. Diese muss aber noch mal 45° vor der Zündmarkierung des vorderen Zylinders liegen. Wenn also eine Kurbelwelle alle möglichen Markierungen hätte, dann würden im Timing Hole die Markierungen wie folgt für die richtige Motordrehrichtung auftauchen:*

*Erst die Zündmarkierung des hinteren Zylinders, 35° später die OT Markierung des hinteren Zylinders, 10° später die Zündmarkierung des vorderen Zylinders und 35°*

später die OT Markierung des vorderen Zylinders. Da man die OT Positionen beider Kolben relativ einfach erfühlen kann, kann es eigentlich kein Problem mehr sein, die Markierungen eindeutig zuzuordnen. Allerdings sollte man Wuchtbohrungen nicht mit Markierungen verwechseln. Wer Probleme mit der Vorstellung hat, nimmt sich ein Blatt Papier und zeichnet sich eine Kurbelwelle mit allen Markierungen auf. Wenn man das einmal gefressen hat, wird man nie mehr beim Einstellen der Zündung im Trüben fischen.

---

Eine Skizze dazu könnte so aussehen (OT 2.Zylinder wird man wohl nicht finden):

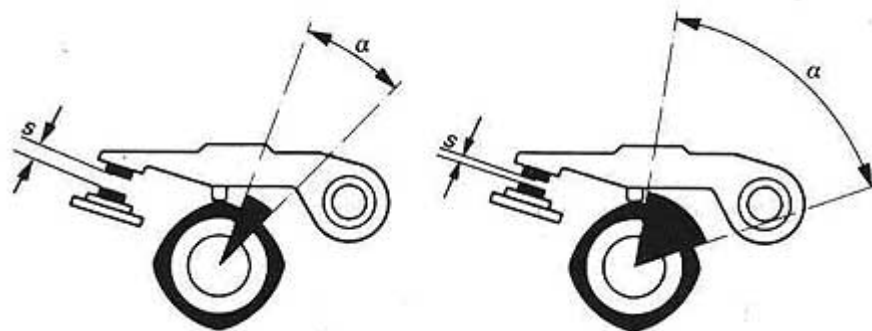


Hat man die OT (Front Cyl TDC Mark) bzw. 35° Markierung herausgefunden, kann es an die Einstellung der Kontakt-Zündung gehen. Es gibt nun zwei Möglichkeiten, die Zündung einzustellen: auf 5° oder auf 35°.

Zuerst die **5° Variante**. Als erstes stellt man den Kontaktabstand richtig ein. Es sollten 0,5 mm betragen. Am einfachsten geht das, wenn der Nocken für den hinteren Zylinder den Kontakt geöffnet hat.



Nach dem Einstellen überprüft man, ob der Kontaktabstand für vorderen und hinteren Zylinder gleich ist. Wenn das nicht der Fall ist, läuft der Nocken exzentrisch. Sollte behoben werden, weil eine genau Einstellung sonst nicht möglich ist. Der Kontaktabstand bestimmt den Schließwinkel und ist deshalb genau einzustellen. Folgendes Diagramm zeigt den Zusammenhang (Nocke ist für einen Vierzylinder-Motor abgebildet):



Ist der Kontaktabstand ( $s$ ) zu groß, verringert sich der Schließwinkel ( $\alpha$ ). Die Spule erlangt bei hohen Drehzahlen nicht die maximale Zündenergie. Ist der Abstand zu klein, wird der Schließwinkel zu groß und die Verlustleistung der Spule steigt unnötig an. Eventuell gibt es zusätzlich noch Schaltverluste am Kontakt, weil die Neigung größer wird, Funken zu bilden. Wie schon gesagt, sollte der Abstand bei einem Zweizylinder 0,5 mm betragen. Zum Vergleich: ein Vierzylinder braucht 0,35 mm, ein Sechszylinder 0,25 mm.

Nun aber weiter mit der eigentlichen Einstellung der Zündung. Man dreht jetzt die Kurbelwelle solange, bis Front Cyl TDC Mark gerade rechts im Timighole zu sehen ist (entspricht etwa  $5^\circ$  vor OT). Geht mit herausgeschraubten Kerzen besser. Vorsicht, der Viertakter macht 2 Umdrehung pro Arbeitsspiel (Ansaugen, Verdichten, Arbeiten und Ausstoßen). Also erscheint die Markierung auch zweimal. Brauchbar ist sie aber nur dann, wenn beide Ventile des vorderen Zylinders geschlossen sind (Verdichten).

Nun verdreht man die Zündplatte ganz nach links (bei Panhead rechts). Jetzt wieder langsam nach rechts (bei Panhead links). Sobald der Kontakt mit der schmalen Nocke

öffnet, hat man den Zündpunkt gefunden. Mit einer Prüflampe lässt sich das Öffnen am besten kontrollieren. Das war's.

Wenn der Ausrückmechanismus **korrekt** arbeitet (muss überprüft werden!), werden die 35° Frühzündung auch erreicht. Korrekt heißt: er ist freigängig und lässt sich genau um 15° verdrehen. Der Unterbrechernocken läuft mit halber Motordrehzahl, deshalb entsprechen diese 15° der Nocke auf der Kurbelwelle 30°. Mit dieser Einstellung erreicht man die besten Resultate bei Kicker-Only, zumindest was das Anspringen anbelangt.

Bei der **35° Variante** verfährt man eigentlich genauso, wie bei der 5° Einstellung. Durch geeignete Hilfsmittel bringt man aber den Zündnocken in die ausgerückte Stellung, die im Betrieb durch die Fliehkräfte bedingt durch die Drehzahl jenseits von 2000 rpm entsteht. Die Kurbelwelle muss dann natürlich auf Front Cyl Advance Mark stehen (35° vor OT).

Wer es ganz genau wissen will, blitzt dann noch die Zündung ab. So lassen sich noch Spiele im Nockentrieb ausgleichen, speziell bei Early-Shovel und Pan.

Alle Einstellungsangaben ohne Gewähr. Wer kein Benzin im Blut hat und Motor-Klopfen/Klingeln nicht heraushören kann und nicht abblitzen kann oder will, sollte die **35° Variante** wählen. Damit ist man auf der sicheren Seite. Die Zündkurve ist dann genügend weit von der Klopfgrenze entfernt. Möchte man aber "Mehrleistung" aus dem Motor holen, dann sollte man sich mit diesem Thema beschäftigen. Und zwar bevor man am Vergaser, Nockenwelle und am Auspuff Veränderungen vornimmt.

Um es mal zu verdeutlichen: Bei elektronischen Zündungen wird eine Drehzahlbegrenzung dadurch realisiert, dass der Zündwinkel Richtung „spät“ gesetzt wird. Also nicht dadurch, dass man keinen Zündfunken erzeugt. Umgekehrt holt man Leistung aus dem Motor, wenn der Zündpunkt ganz nah an der Klopfgrenze ist. Deshalb verfügen moderne Zündungen über Klopfensensoren. Sozusagen als Plan B, wenn alle Kennfeldberechnungen in die Hose gegangen sind.

**Arthur Welner für**  
**[www.Shovel-Head.com](http://www.Shovel-Head.com)**