



Im einem Steuerdiagramm werden die Steuerzeiten eines Motors dargestellt. Steuerzeiten sind Eö (Einlassventil öffnet), Es (EV schließt), Aö (AV öffnet) und As. Oft stellt man im Steuerdiagramm auch den Zündzeitpunkt ZZ dar.

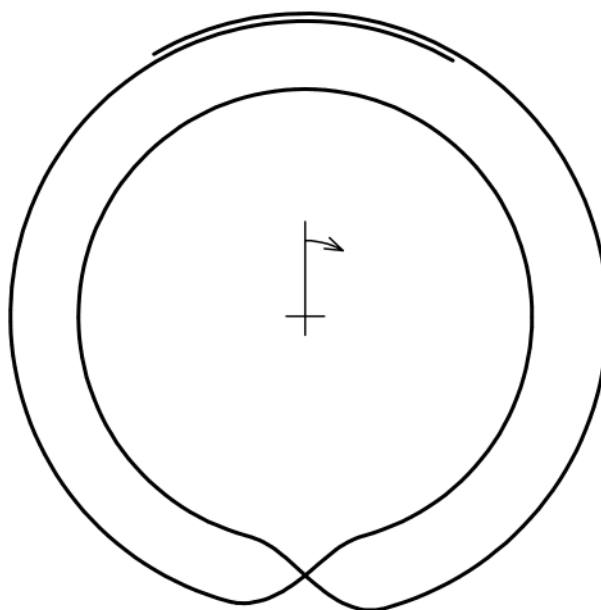
Da man "Zeiten" schlecht einstellen kann, gibt man Steuerzeiten nicht als (Uhr-) Zeiten an, sondern in Grad Kurbelwinkel. Eö = 10° v.OT bedeutet also, dass sich das Einlassventil öffnet, wenn der zum Zylinder gehörende Kurbelzapfen der Kurbelwelle 10° vor dem oberen Totpunkt erreicht hat.

Beim Viertakt-Verfahren dreht sich die Kurbelwelle 2x je Zyklus wie der kleine Zeiger einer Uhr. Um beide Umdrehungen der Kurbelwelle darzustellen, verwendet man in Steuerdiagrammen meist zwei konzentrische Kreise oder eine Spirale oder - wie im Bild - eine Schlaufe.

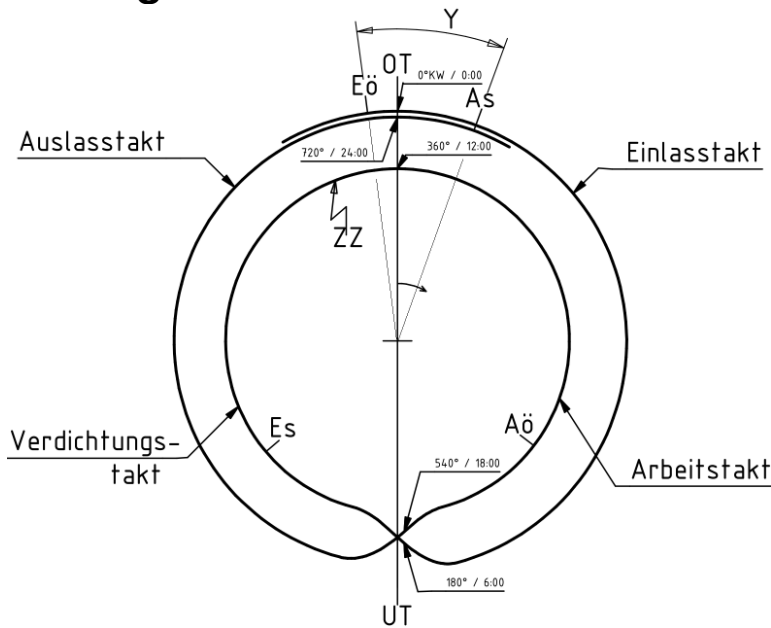
## Aufgaben:

- 1 Entnehmen Sie typische Steuerzeiten aus dem Tabellenbuch.
- 2 Welchen Uhrzeiten entsprechen die Steuerzeiten?  
(Gaswechsel-OT: 0 Uhr; Zünd-OT: 12 Uhr)
- 3 Tragen Sie die Steuerzeiten im Steuerdiagramm ein.
- 4 Kennzeichnen Sie die 4 Takte im Steuerdiagramm.
- 5 Markieren Sie die Ventilüberschneidung Y, bei der EV und AV gleichzeitig offen sind.
- 6 Warum liegen die Steuerzeiten dort, wo sie liegen?

	°KW	Uhrzeit
Eö		
Es		
Aö		
As		
ZZ		



## Lösungen



	°KW	Uhrzeit
Eö	10..15° v.OT	ca. 23 Uhr
Es	40..60° n.UT	ca. 8 Uhr
Aö	45..60° v.UT	ca. 16 Uhr
As	5..20° n.OT	ca. 1 Uhr
ZZ	0..40° v.OT	ca. 11 Uhr

Begründung für die Lage der Steuerzeiten:

- Eö** Das Einlassventil beginnt schon kurz vor OT zu öffnen, damit es ausreichend weit offen ist, wenn der Kolben beginnt, auf dem Weg nach UT Frischluft anzusaugen. Außerdem kann man zu diesem frühen Zeitpunkt Resonanzen im Saugrohr ausnutzen. Die Luft gerät nämlich im Saugrohr in Schwingungen ähnlich wie große Wellen, die in der Badewanne hin und her laufen. Wenn man es schafft, das EV zur rechten Zeit zu öffnen, schwappt die Welle in den Zylinder. Leider klappt dies nur bei einer Drehzahl optimal, deshalb verwendet man variable Saugrohre, deren Länge verändert werden kann.
- Es** Das Einlassventil schließt weit nach UT und man könnte denken, dass der Kolben zu dieser Zeit schon wieder Frischgas hinauschiebt. Tatsächlich drängt die strömende Luft durch ihre Trägheit noch lange nach UT in den Zylinder (Nachladeeffekt). Auch das ist drehzahlabhängig. Für eine optimale Füllung müsste das EV bei hohen Drehzahlen spät schließen, weil dann die Strömungsgeschwindigkeit und Trägheit des Frischgases hoch sind, und bei niedrigen Drehzahlen früh. Für die Steuerzeiten einfacher Motoren wählt man Kompromisse, aufwändigere Motoren können die Steuerzeiten verändern, z.B. durch Verdrehen oder Umschaltung der Nocken. Man strebt eine völlig freie Verstellung der Steuerzeiten an, z.B. durch elektromagnetische Betätigung der Ventile.
- ZZ** Der Zündzeitpunkt liegt vor OT, da auch die Verbrennung Zeit benötigt und beim Arbeitstakt der volle Verbrennungsdruck erreicht sein soll. ZZ wird bei hohen Drehzahlen in Richtung früh verlegt.
- Aö** Das Auslassventil öffnet weit vor UT, damit die Abgase Druck abbauen können und der Kolben nach UT nicht gegen einen hohen Druck arbeiten muss. Der Verlust an nutzbarem Gasdruck wird hingenommen, weil er nicht groß ist und zudem bei ungünstiger Pleuelstellung wirkt.
- As** Das Auslassventil schließt nach OT und nutzt auch hier die Trägheit des Abgasstromes.
- Y** Ventilüberschneidung: Für eine kurze Phase sind EV und AV gleichzeitig geöffnet. Dabei treten mehrere Effekte mehr oder weniger ausgeprägt auf:  
Nach OT können Abgase wieder in den Zylinder gezogen werden (innere Abgasrückführung). Dies stört das Leerlaufverhalten und verbessert bei Teillast die Abgaswerte (weniger Sauerstoff im Zylinder bewirkt weniger NOx).  
Abgas strömt in den Einlasskanal und kann im Extremfall zu Vergaserbrand führen.  
Strömende Gase erzeugen immer einen Unterdruck, deshalb kann das ausströmende Abgas Frischgas ansaugen.  
Frischgas strömt mit dem Abgas direkt in den Auslass (Überspülen).