

Federn der 36DE12 und 36DM12-Zündverteiler (EU-Modelle)

Fliehkraftregelung

Die Regelung per Fliehkraft ist ein sehr altes Funktionsprinzip und wurde bereits bei Mühlen und Dampfmaschinen eingesetzt.

Da Zündverteiler in verschiedenen Positionen verbaut werden können, verwenden die meisten Hersteller zum Erreichen einer lageunabhängigen Funktion Zugfedern als Rückstellkraft. Die Federn arbeiten gegen Fliehkraftgewichte, der Beginn der Regelung wird durch deren Federkraft festgelegt. Die Federkraft muss so hoch sein, dass die Gewichte nicht flattern und eine stabile Regelung über den gesamten Drehzahlbereich sichergestellt ist. Die maximal mögliche Verstellung in Grad wird üblicherweise durch einen mechanischen Anschlag begrenzt.

Zündverteiler für den V12 Motor

Für den Jaguar V12 wurden von Lucas zwei Verteilertypen mit mechanischer Fliehkraftverstellung produziert, die sich bei gleichem Gehäuse und Antrieb im Wesentlichen bei der Signalaufnahme und den verbauten Federn für die Fliehkraftverstellung unterscheiden. Diese Anpassung war notwendig, da das Zündsystem während der Bauzeit überarbeitet wurde.

Der genaue Zeitpunkt der Umstellung vom OPUS-Zündsystem mit Verteilertyp 36DE12 auf CEI-System mit Verteiler Typ 36DM12 ist nicht exakt dokumentiert. Nach meinem Kenntnisstand erfolgte die Umstellung beim XJ-S ab Februar 1981, beim XJ12 ab September 1981.

Die Komponenten beider Zündsysteme sind nicht zueinander kompatibel und unterscheiden sich optisch und bei den Anschlusssteckern deutlich, sodass eine Verwechslung ausgeschlossen ist.

Für diese beiden Zündverteiler werden weder von Jaguar noch Lucas Dokumentationen bereitgestellt, beide verweisen auf die Handbücher bzw. die diversen Foren.

Bei Verteilern werden zwei unterschiedliche Federn verwendet. Die dünnere Feder ist viel weicher, sorgt für einen starken Anstieg der Verstellung im unteren Drehzahlbereich. Die dickere Feder ist straffer und flacht die Verstellkurve bei höheren Drehzahlen ab.

Durch Vergaser- und Einspritzvarianten, OPUS- und CEI-Zündsysteme, verschiedene Verdichtungsverhältnisse sowie unterschiedliche Markt- und Abgasvorschriften konnte es nicht „die eine“ Federbestückung geben.

Für beide Verteilertypen lagen mir gebrauchte Exemplare vor, sodass ich die Abmessungen der verbauten Federn aufnehmen und daraus unter Annahme üblicher Materialkennwerte die Federraten¹ berechnen konnte.

¹ Hooksches Gesetz

Die errechneten Federraten wurden zunächst auf einem Federprüfstand² geprüft, dabei wurde die berechnete Kraft bei 3 mm Auszug durch eine Messung verglichen.

Mit diesen Daten wurde eine Simulation erstellt, mit der die Frühverstellung in Grad über die Drehzahl gemäß den Werksvorgaben nachgebildet werden kann.

In dieser Simulation werden neben den Federkonstanten,

- das Gewicht der beiden Fliehkraftgewichte,
- dem Abstand der Drehachse der Gewichte zur Verteilerwelle und
- dem Abstand der beiden Bolzen für die Aufnahme der Federn zueinander

berücksichtigt.

Die Simulation bildet das System als idealisiertes mechanisches Modell ab.

Reibung, Fertigungstoleranzen, Verschleiß und Streuungen des Anfangszugs werden dabei nicht oder nur näherungsweise berücksichtigt. Die mit dem Modell berechneten Verstellwerte wurden für den Verteiler 36DM12 mit mehreren Verteilern auf dem Prüfstand³ über das Drehzahlband bis zum mechanischen Anschlag überprüft.

Die Unterdruckverstellung bleibt hier unberücksichtigt, da sie die mechanische Kennlinie der Fliehkraftverstellung nicht verändert und primär im Teillastbereich wirksam ist, dazu gibt es einen eigenen Beitrag.

² Eigenbau

³ Eigenbau

36DE12-Verteiler⁴

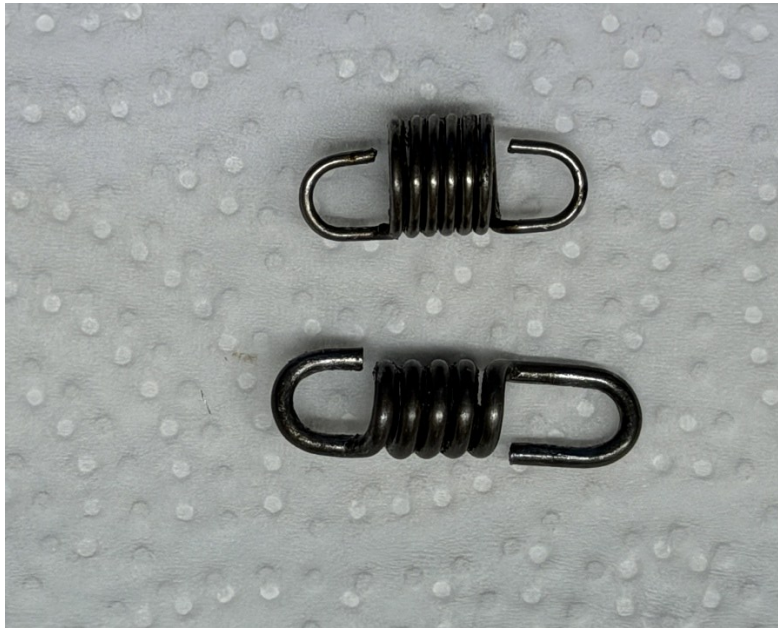


Abbildung 1 Federn des OPUS-Verteilers

Hier Abmessungen und die berechneten Federraten für beide Federn:

Feder 1

- Drahtdurchmesser: 0,8 mm
- Mittlerer Durchmesser: 6,2 mm
- Anzahl Windungen: 6
- Federrate: 2,92 N/mm

Feder 2

- Drahtdurchmesser: 1,4 mm
- Anzahl Windungen: 4
- Mittlerer Durchmesser: 4,4 mm
- Federrate: 66,86 N/mm

Der statische Zündzeitpunkt ist bei diesem Verteiler laut meinen Unterlagen auf 10 Grad festgelegt, die maximale Verstellung ergibt sich aus der mechanischen Begrenzung durch die Grundplatte der Hohlwelle.⁵

⁴ Gilt für Motoren mit einer Verdichtung 9:1, **nicht** 10:1!

⁵ hängt von der Ausführung ab

Sehr gut erkennbar ist der Beginn der Regelung bei 600 U/min und die Begrenzung durch den Anschlag bei 5000 U/min.

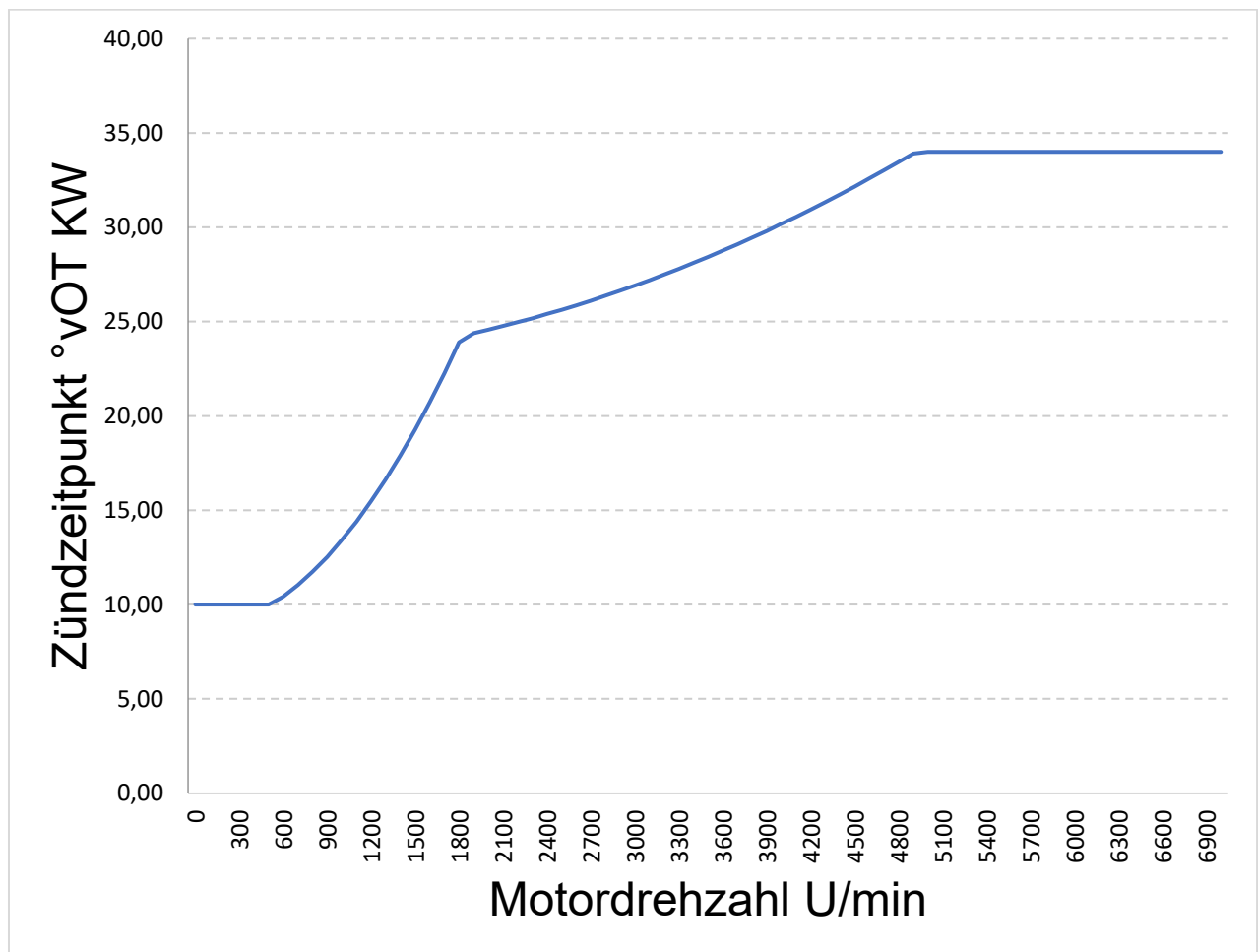


Abbildung 2 Simulation der Verstellkurve eines OPUS-Verteilers

36DM12 pre H.E. Verteiler



Abbildung 3 Federn des CEI-Verteilers

Feder 1

- Drahtdurchmesser: 0,91 mm
- Mittlerer Durchmesser: 5,9 mm
- Anzahl Windungen: 6
- Federrate: 5,39 N/mm

Feder 2

- Drahtdurchmesser: 1,65 mm
- Anzahl Windungen: 3
- Mittlerer Durchmesser: 4,85 mm
- Federrate: 160,39 N/mm

Im direkten Vergleich mit dem 36DM12 fällt die deutlich höhere Federrate der zweiten Feder auf, der mechanische Anschlag wird erst bei 6700 U/min erreicht.

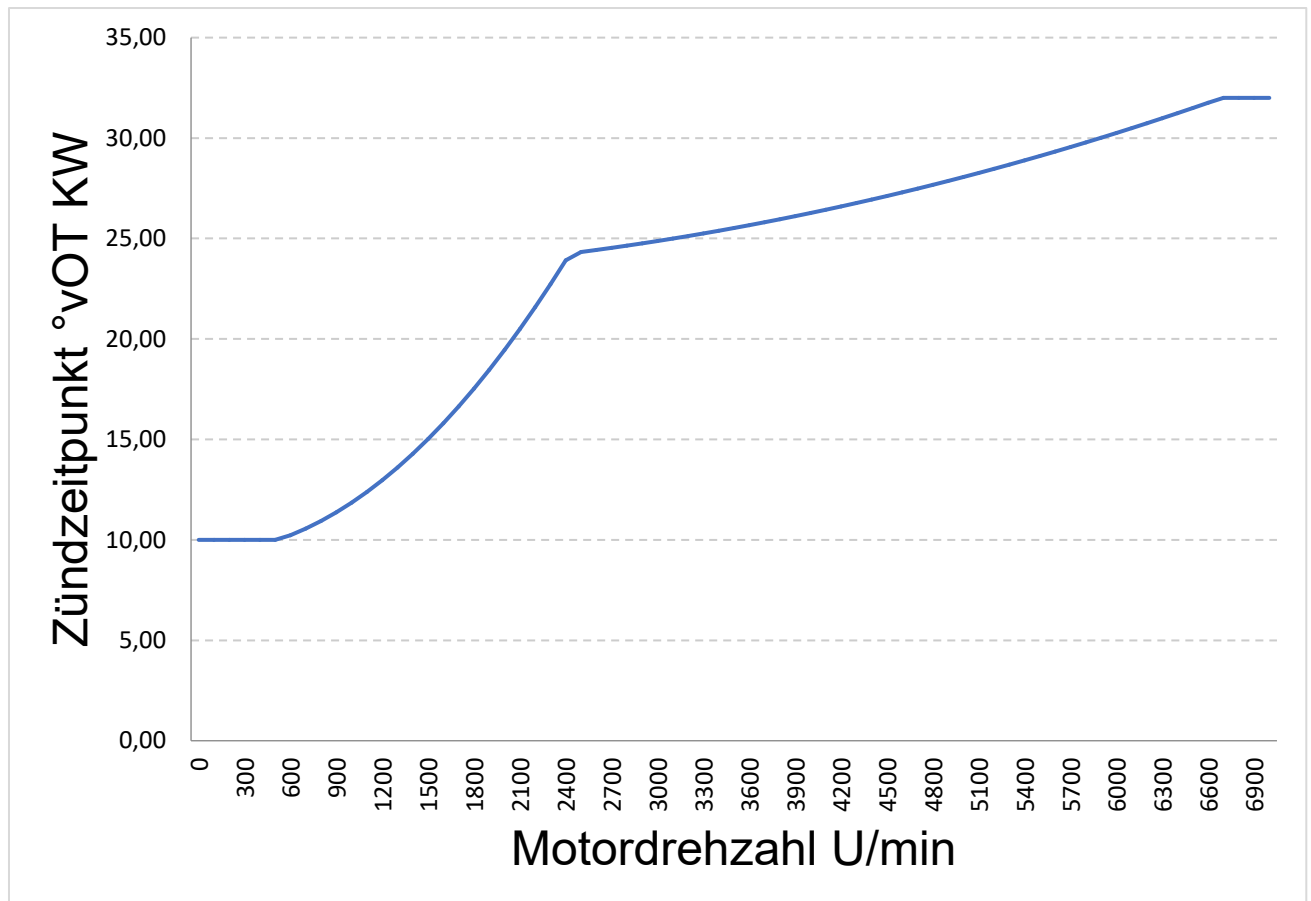


Abbildung 4 Simulation der Verstellkurve eines CEI pre-H.E. Verteilers

Auch für diesen Verteiler wurde ein statischer Zündzeitpunkt von 10 Grad eingesetzt.

36DM12-Verteiler H.E.



Abbildung 5 Federn des CEI H.E.-Verteilers

Hier Abmessungen und die berechneten Federraten für beide Federn:

Feder 1

- Drahtdurchmesser: 1,0 mm
- Anzahl Windungen: 11
- Mittlerer Durchmesser: 5,9 mm
- Federrate: 4,371 N/mm

Feder 2

- Drahtdurchmesser: 1,5 mm
- Anzahl Windungen: 3
- Mittlerer Durchmesser: 4,9 mm
- Federrate: 146,12 N/mm

Für diesen Verteiler habe ich nur einen Wert im Handbuch gefunden: 18 Grad Frühverstellung bei 3000 U/min. Die berechnete Kurve wurde vertikal soweit verschoben, bis dieser Zielwert erreicht wurde. Unter der Annahme, dass der Handbuchwert von 18° bei 3000 U/min den Gesamtzündzeitpunkt ohne Unterdruckverstellung in Kurbelwellengraden beschreibt, ergibt sich im Modell eine statische Grundeinstellung von etwa 3° vor OT.

Dieser Wert ist daher als abgeleitete Näherung und nicht als gesicherte Werksvorgabe zu verstehen.

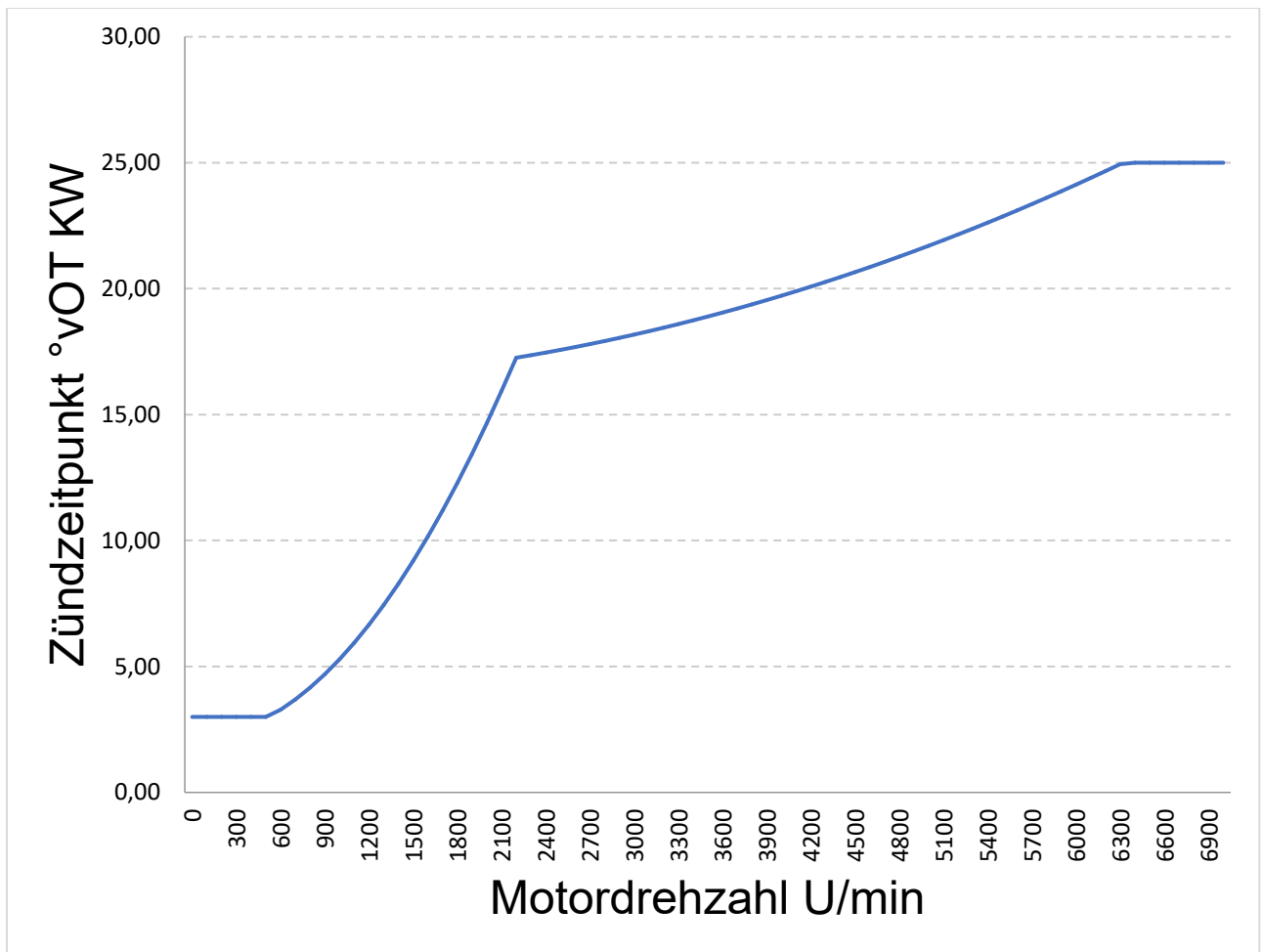


Abbildung 6 Simulation der Verstellkurve eines CEI H.E. Verteilers

Vergleich der Kurven

Wenn man die Kurven der drei Verteiler zum Vergleich übereinanderlegt, kann man die Auswirkung der unterschiedlichen Federraten auf die Frühverstellung erkennen.

Die moderate Steigerung der Federrate der ersten Federn verschiebt den Anstieg im unteren Bereich leicht, die höhere Federrate der zweiten Federn dagegen bewirkt eine deutliche Abflachung des Kurvenverlaufs im oberen Drehzahlbereich.

Hier die noch einmal die Federraten der Verteiler:

OPUS	CEI	CEI H.E.
71,496	160,394	146,12
3,64	5,39	4,371

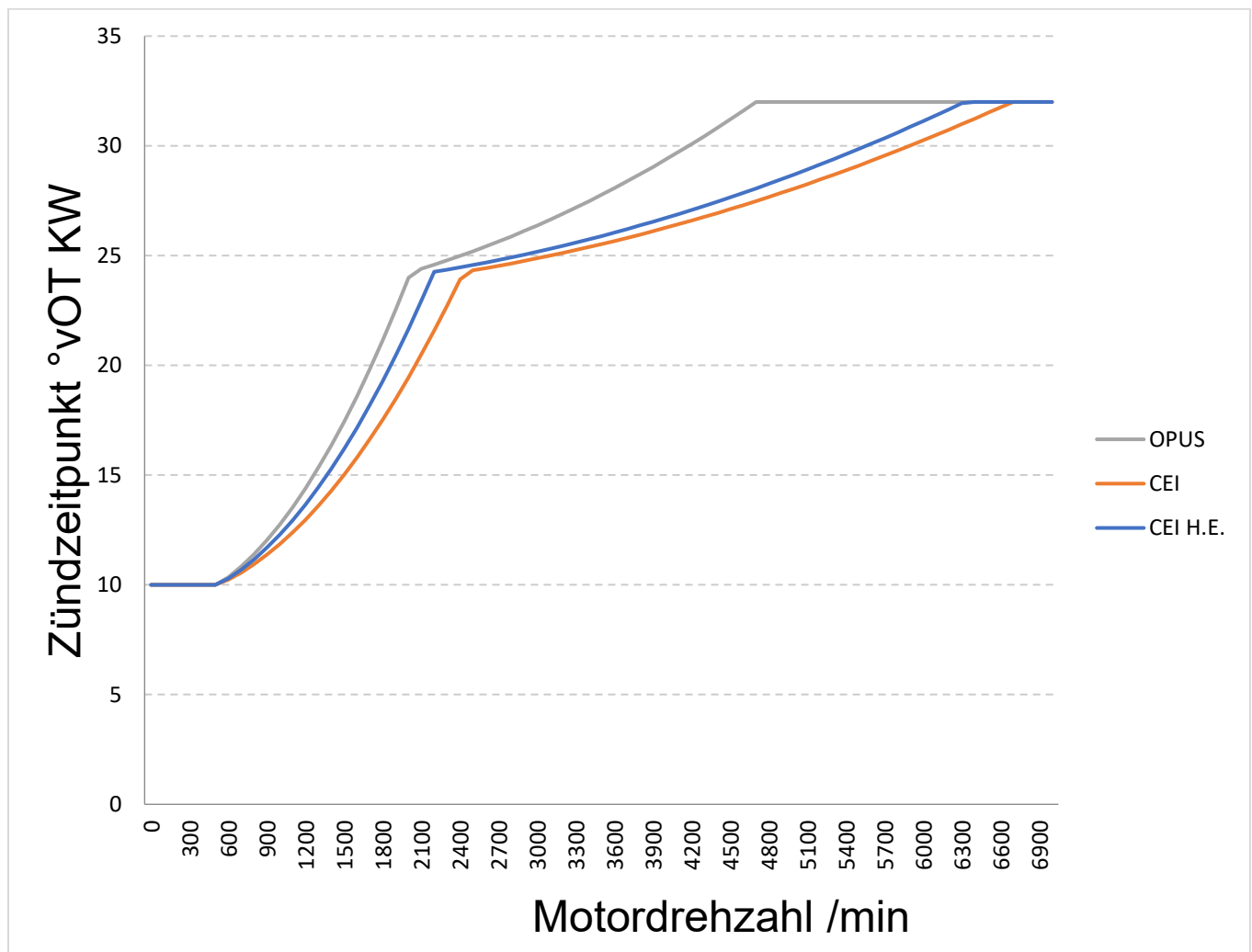


Abbildung 7 akademischer Vergleich der Kurvenverläufe

Achtung: Diese Darstellung ist ausschließlich für den Vergleich der Kurven und **nicht** für die Einstellung am Fahrzeug!

Fazit

Eine durchgängige Dokumentation der verschiedenen Verteiler, Federn und Verstellkurven ist nicht verfügbar, passende Reparatursätze oder Austauschfedern sind heute kaum noch zu bekommen.

Bei einem gebrauchten Verteiler lässt sich zudem von außen nicht sicher erkennen, ob Gehäuse, Federn und Verstellcharakteristik noch zur jeweiligen Motorversion passen.

Gerade die Federn sind ein kritischer Punkt, durch Alterung, Korrosion, Setzerscheinungen oder thermische Vorschädigung können sich Anfangszug, freie Länge und Rückstellkraft verändern. Die Fliehkraftverstellung kann dadurch früher einsetzen oder einen anderen Verlauf zeigen als ursprünglich vorgesehen. Das kann die Fahrbarkeit verschlechtern und unter hoher Last die Klopfneigung erhöhen.

Die Messung, Berechnung und Simulation der Federdaten ersetzt keine Werksdokumentation, schafft aber eine nachvollziehbare Grundlage, um einen Verteiler einzuordnen, Abweichungen zu erkennen und eine Prüfung auf dem Verteilerprüfstand gezielt vorzubereiten.

Besonders bei Leistungsverlust ohne erkennbare mechanische Schäden am Motor sollte die Zündanlage deshalb nicht nur auf grundsätzliche Funktion, sondern auch auf den tatsächlichen Verlauf der mechanischen Frühverstellung geprüft werden.