

Klopfende Verbrennung, Motorsteuerung und Hubraumerweiterung auf 3,8 Liter

Beitrag von „Albert Motorsport“ vom 15. August 2026, 02:41

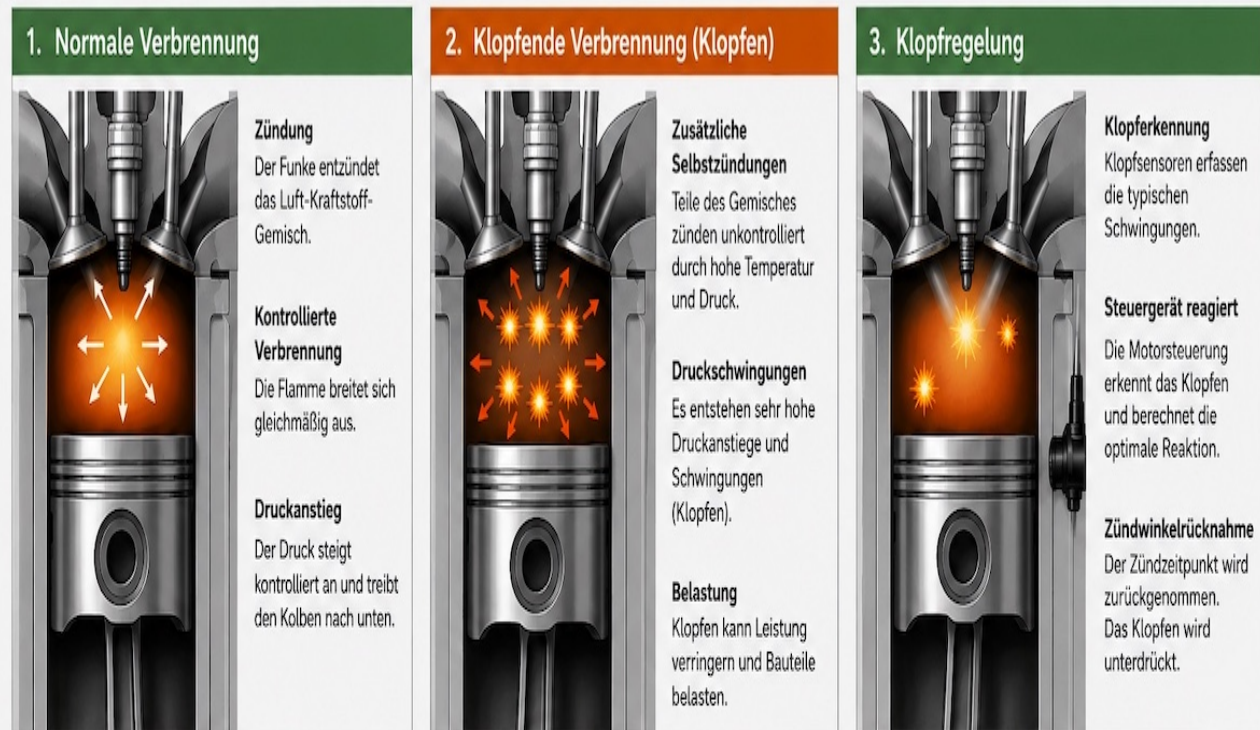
Motorsteuerung und Hubraumerweiterung eines 997 von 3.6 auf 3,8 Liter durch Albert Motorsport

Motorsteuerung: Klopfen erkennen und verhindern

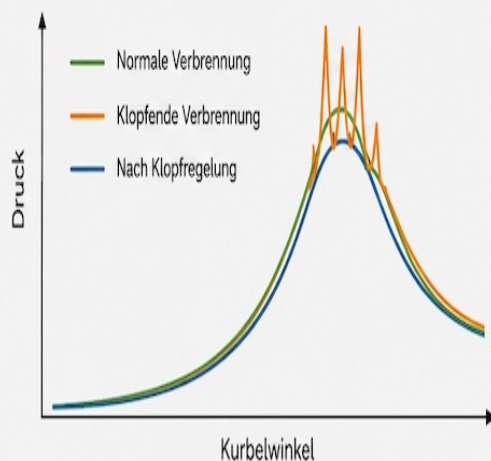
Moderne Motoren erkennen Klopfen über Sensoren – nicht über das menschliche Gehör.

Die Motorsteuerung reagiert in Millisekunden.

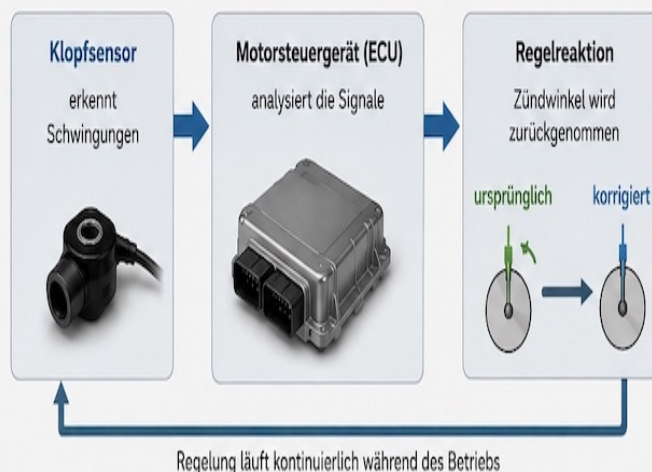
© Albert Motorsport Oberhausen



Druckverlauf im Zylinder



Ablauf der Klopfregelung



Klopfende Verbrennung und Hubraumerweiterung auf 3,8 Liter

Ausgangspunkt für diese Antwort auf ein Kundenanschreiben ist die Aussage eines Mechanikers einer Reparaturwerkstatt, der Motor des vor mehr als zwei Jahren von uns revidierten Porsche 997.1 mit Hubraumerweiterung auf 3,8 Liter würde „klingeln“.

Das Fahrzeug läuft nach Aussage des Halters seit der Revision unverändert gut, wurde zwischenzeitlich gewartet und hat die aktuelle Hauptuntersuchung einschließlich Abgasuntersuchung ohne Beanstandung absolviert.

Da der Halter selbst kein entsprechendes Geräusch wahrnimmt, stellt sich insbesondere die Frage, ob eine klopfende Verbrennung überhaupt unbemerkt auftreten kann und welche Rolle dabei Hubraum, Kraftstoff und Motorsteuerung spielen.

„Klingeln“ ist nicht automatisch Klopfen

Der Begriff „Klingeln“ beschreibt zunächst lediglich ein wahrgenommenes Geräusch und ist keine technische Diagnose. Eine klopfende Verbrennung ist ein physikalischer Verbrennungsvorgang, bei dem es zu charakteristischen Druckschwingungen im Brennraum kommen kann. Diese können so gering sein, dass sie vom Fahrer akustisch nicht wahrgenommen werden.

Ja, ein von der Motorsteuerung erkanntes Klopfereignis kann daher grundsätzlich stattfinden, ohne dass der Fahrer ein „Klingeln“ hört.

Umgekehrt gilt aber genauso: Ein Geräusch, das subjektiv als Klingeln bezeichnet wird, muss nicht durch klopfende Verbrennung verursacht werden. Auch Ventiltrieb, Steuertrieb, Nebenaggregate, Abgasanlage oder Hitzeschutz können entsprechende Geräusche erzeugen.

Ein Geräusch allein erlaubt deshalb keine Diagnose.

Was verändert sich durch 3,8 statt 3,6 Liter?

Die Hubraumerweiterung von 3,6 auf 3,8 Liter entspricht einer Vergrößerung des geometrischen Hubraums um rund **5,6 %**. Dadurch kann der Motor bei vergleichbaren

Betriebsbedingungen eine größere Luftmasse umsetzen. Entsprechend steigt auch die absolut erforderliche Kraftstoffmenge.

Das stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Verhältnis verändert sich dadurch technisch betrachtet jedoch nicht.

Für einen typischen Ottokraftstoff liegt dieses näherungsweise bei 14,7 kg Luft auf 1 kg Kraftstoff.

Der 3,8-Liter-Motor benötigt bei gleichem Lambda also nicht ein „anderes“ Verhältnis, sondern lediglich, abhängig von der tatsächlich umgesetzten Luftmasse, eine entsprechend größere absolute Kraftstoffmenge.

Die tatsächliche Luftmasse hängt wiederum unter anderem von Drehzahl, Last, Füllungsgrad, Temperatur und Luftdruck ab. Deshalb sind 5,6 % mehr Hubraum auch nicht gleichbedeutend mit pauschal 5,6 % mehr Kraftstoff in jedem Betriebszustand.

Welche Rolle spielt die Motorsteuerung?

Hier muss zwischen der **grundsätzlichen Auslegung** und der **laufenden Regelung** unterschieden werden.

Die Motorhardware und die Motorsteuerung müssen selbstverständlich zueinander passen. Eine beliebige Veränderung des Motors kann nicht allein durch eine Regelung kompensiert werden. Ist die konkrete Motor- und Softwarekonfiguration jedoch entsprechend ausgelegt, kann die Motorsteuerung den tatsächlichen Betriebszustand sehr weitgehend oder vollständig berücksichtigen.

Dabei erfüllen verschiedene Regelkreise unterschiedliche Aufgaben:

- **Kraftstoffregelung:** bestimmt die erforderliche Kraftstoffmenge,
- **Lambda-Regelung:** überwacht und korrigiert das Luft-Kraftstoff-Verhältnis in den dafür vorgesehenen Betriebsbereichen,
- **Klopffregelung:** erkennt klopfartige Verbrennungsvorgänge und kann insbesondere den Zündwinkel zurücknehmen.

Die Lambda-Regelung und die Klopfregelung sind daher nicht dasselbe und dürfen auch nicht miteinander verwechselt werden.

Warum funktioniert der Motor bei unterschiedlichen Temperaturen und Höhenlagen?

Die Überlegung des Fahrzeughalters ist grundsätzlich richtig. Die Luftdichte verändert sich erheblich mit Temperatur und Luftdruck. Ein Motor muss deshalb beispielsweise bei kalter und warmer Luft oder auf Meereshöhe und in größerer Höhe mit unterschiedlichen Luftmassen zurechtkommen.

Die Motorsteuerung berücksichtigt solche Betriebsbedingungen über ihre Sensorik und passt die Kraftstoffdosierung beziehungsweise weitere Regelgrößen entsprechend an. Anzumerken in diesem Zusammenhang ist, dass der 997 Carrera über Breitband - Lambda-Sonden verfügt.

Das ist jedoch von einer Änderung der Motorhardware zu unterscheiden: **Temperatur und Höhenlage sind normale Betriebsbedingungen; eine Hubraumerweiterung ist eine technische Veränderung des Motors und muss in dessen grundsätzlicher Auslegung berücksichtigt sein.**

Welche Bedeutung hat der Kraftstoff?

Die Verwendung von Super Plus beziehungsweise Aral Ultimate ist technisch vollkommen unkritisch. Eine höhere Klopfbarkeit kann unter ansonsten gleichen Bedingungen sogar eine zusätzliche Reserve gegenüber klopfender Verbrennung bieten. Sie ersetzt selbstverständlich keine korrekte Motorauslegung und keine funktionierende Klopfregelung, es besteht daher keinerlei Anlass, die vom Halter verwendeten Kraftstoffe als problematisch anzusehen.

Was bedeutet die Aussage „Der Motor klingelt“?

Ohne das betreffende Geräusch selbst gehört, reproduziert und technisch untersucht zu haben, kann aus dieser Aussage nicht auf klopfende Verbrennung geschlossen werden.

Für eine belastbare Diagnose wären insbesondere interessant:

- Drehzahl und Motorlast beim Auftreten,
- Motor- und Ansauglufttemperatur,
- Auftreten bei kaltem oder warmem Motor,
- Zündwinkel und eventuelle Zündwinkelrücknahmen,

- Lambda- und Gemischkorrekturen,
- Fehlerspeicher sowie
- gegebenenfalls weitere relevante Motorparameter.

Erst damit lässt sich unterscheiden, ob tatsächlich ein Verbrennungsphänomen oder beispielsweise ein mechanisches Geräusch vorliegt.

Bewertung des konkreten Fahrzeuges

Für das vorliegende Fahrzeug gibt es derzeit **keinen konkreten technischen Hinweis auf einen problematischen Motorbetrieb.**

Der Motor läuft nach Aussage des Halters seit mehr als zwei Jahren zuverlässig und unauffällig. Die aktuelle Wartung wurde ohne entsprechende Beanstandung durchgeführt, und auch die HU / AU wurde ohne Beanstandung bestanden.

Die bestandene AU ist zwar kein vollständiger Nachweis für jeden denkbaren Betriebszustand, stellt aber ein positives Indiz für einen unauffälligen Betrieb im geprüften Bereich dar. Insbesondere liegt derzeit **kein Messwert und keine Diagnose vor, die eine problematische Klopfaktivität belegen würde.**

Fassen wir mal alles zusammen:

Meine entscheidende Antwort an den Kunden lautet:

Ja, eine klopfende Verbrennung kann grundsätzlich stattfinden, ohne dass der Fahrer ein entsprechendes Klingeln hört. Das bedeutet jedoch nicht, dass der vorliegende Motor tatsächlich klopft.

Die Hubraumerweiterung von 3,6 auf 3,8 Liter verändert nicht das stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Verhältnis. Sie verändert vielmehr die mögliche Luftmasse und damit die absolut erforderliche Kraftstoffmenge. Die Motor- und Softwareauslegung muss selbstverständlich zur vorhandenen Hardware passen; innerhalb dieser Auslegung kann die Motorsteuerung unterschiedliche Betriebs- und Umgebungsbedingungen entsprechend berücksichtigen.

Aus der Aussage einer dritten Person, der Motor würde „klingeln“, lässt sich ohne weitere Untersuchung keine rationale Bewertung und Diagnose ableiten.

Nach dem derzeitigen Kenntnisstand besteht daher auch kein Anlass, sich Sorgen zu machen.

Wenn gewünscht, können wir die konkrete Motor- und Softwarekonfiguration anhand unserer Unterlagen nochmals nachvollziehen und das beschriebene Geräusch beziehungsweise die relevanten Motorparameter gezielt überprüfen.

Darüber hinaus möchten wir auch aus unserer langjährigen Erfahrung beruhigen: Nach weit über **1.000 von uns aufgebauten Porsche-Wasserboxer-Motoren** gab es bis heute keinen einzigen Motorschaden oder Garantiefall, der Anlass gegeben hätte, die grundsätzliche technische Auslegung unserer Motoren infrage zu stellen. Die zahlreichen Prüfstands- und Erprobungsläufe bestätigen uns dabei kontinuierlich in unserer Arbeit.

Dass Ihr 997 Carrera nun bereits seit mehr als zwei Jahren zuverlässig läuft und gerade erst ohne Beanstandung durch TÜV und AU gekommen ist, entspricht genau dem Betriebsbild, das wir von einem fachgerecht aufgebauten und funktionierenden Motor erwarten.

Kurz gesagt: Es gibt aus unserer Sicht keinen Anlass, sich den Spaß an Ihrem 997 durch das Wort „Klingeln“ nehmen zu lassen.