

Vergaser-Tuning: Luft-Kraftstoff-Gleichung, Luft-Kraftstoff-Gemisch

Nun, da die Zündfunkenstellkurven für die Mischung von reformuliertem und/oder sauerstoffhaltigem Benzin, das Ihre Kunden verwenden, optimiert sind, zeigen wir Ihnen nun, wie wir Werkzeuge wie einen 5-Gas-Abgasanalysator und ein Breitband-Lambda-Luft-Kraftstoff-Messgerät zur Gemischabstimmung einsetzen.

Das Luft-Kraftstoff-Gemisch

Ein mageres Kraftstoffgemisch kann dazu führen, dass ein Motor im Leerlauf eine Fehlzündung hat und ein Teil der Drosselklappe beim Beschleunigen stolpert, was zur Überhitzung des Motors und zu Leistungsmangel führt. Ein fettes Kraftstoffgemisch kann dazu führen, dass sich ein Motor im Leerlauf „auflädt“, die Zündkerzen verschmutzt und außerdem Leistung verliert oder träge läuft.

Wenn das dem Motor zugeführte Luft-Kraftstoff-Gemisch zu lange zu fett ist, könnte der Motor Kraftstoffreste aus dem Verbrennungsprozess zurücklassen und das Öl von den Zylinderwänden abwaschen. Ohne das Öl als Verschleißschutzmittel kommen die Kolben und Ringe in Metall-zu-Metall-Kontakt mit den Zylinderwänden. Wenn außerdem genügend Kraftstoff an den Ringen vorbei in das Kurbelgehäuse gelangt, kann sich das Öl verdünnen und einen Großteil seiner Schmiereigenschaften verlieren und den Motorverschleiß beschleunigen.

Theoretisch ist das ideale stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Gemisch (das chemisch ideale Gemisch aus Luft und Kraftstoff, das für eine vollständige Verbrennung erforderlich ist) für einen richtig abgestimmten Motor, der mit reinem Benzin betrieben wird, 14,7:1, d. h. 14,7 Pfund Luft zu 1 Pfund Kraftstoff. Aufgrund von Betriebsverlusten im Ansaugsystem aufgrund der Benetzung des Ansaugkanals und der Zylinderwand sowie der Tatsache, dass der Kraftstoff im Brennraum möglicherweise nicht vollständig verdampft, ist ein Luft-Kraftstoff-Gemisch mit einem Verhältnis von 14,7:1 häufig zu mager für den tatsächlichen Betriebsbedarf. Ein realistischeres Leichtlast-Reise-Kraftstoff-Gemisch für einen Serienvergasermotor, der mit reformuliertem bleifreiem Benzin betrieben wird, liegt im Bereich von 14,1:1.

Das Luft-Kraftstoff-Gemisch variiert immer von Zylinder zu Zylinder, daher tendieren wir dazu, das durchschnittliche Luft-Kraftstoff-Gemisch leicht auf der fetten Seite abzustimmen, um eine Fehlzündung des Motors im magersten Zylinder zu vermeiden. Es ist möglich, ein magereres Luft-Kraftstoff-Gemisch als 14,7:1 anzustreben, um eine maximale Kraftstoffeinsparung zu erzielen, aber dies kann zu Fahrbarkeitsproblemen führen, wenn ein Zylinder magerer ist als die anderen. Das Leistungsgemisch, das wir für die maximale Leistung anstreben, liegt im Bereich von 12,2:1 bis 13,5:1, je nach Motorpaket und Brennkammerdesign.

Der/die Vergaser der Erstausrüstung, mit dem/denen der Motor eines Muskel- oder Oldtimer-Fahrzeugs ausgestattet war(en), wurde(n) auf das damalige bleihaltige Benzin abgestimmt, so dass der Motor in den meisten Fällen dazu neigen wird, mit dem reformulierten und/oder sauerstoffhaltigen bleifreien Benzin von heute mager zu laufen. Das heutige Benzin hat auch eine geringere Flüchtigkeit als das bleihaltige Benzin früherer Tage, was dazu führt, dass die meisten Vergasermotoren im Leerlauf und bei geringer Last ein etwas fetteres Luft-Kraftstoff-Gemisch benötigen, um die gleiche Fahrbarkeit wie mit dem bleihaltigen Benzin der 60er und 70er Jahre zu erreichen.

In den 1950er und frühen 1960er Jahren tendierten die Autohersteller dazu, ihre Vergaser auf die fette Seite des idealen Luft-Kraftstoff-Gemischs zu kalibrieren, das der Motor mit dem damaligen bleihaltigen Benzin benötigte. Ab den späten 1960er Jahren wurden die Vergaser dann mehr auf die magere Seite des idealen Luft-Kraftstoff-Gemischs des Motors kalibriert, damit das Fahrzeug die gerade erst in Kraft tretenden Abgasnormen erfüllen konnte.

Das moderne reformulierte konventionelle und sauerstoffhaltige Benzin von heute wird dazu führen, dass das Luft-Kraftstoff-Gemisch im Vergleich zum bleihaltigen Benzin der 1960er und 1970er Jahre magerer wird. Das heißt, wenn das Luft-Kraftstoff-Gemisch mit verbleitem Benzin mager war, wird es mit den heutigen Benzinmischungen noch magerer sein.

Die heute verkauften Hochleistungs- und Ersatzvergaser werden mit einer Luft-Kraftstoff-Gemischkurve verkauft, die für einen allgemeinen Motor ausgelegt ist; daher müssen sie sowohl für den spezifischen Motor als auch für die Benzinmischung, mit der sie verwendet werden, abgestimmt werden. Diese Aftermarket-Vergaser sollten mit einer Luft-Kraftstoff-Gemischkurve ausgelegt sein, die fett genug für eine Vielzahl von Motorpaketen mit unterschiedlichen Abgassystemen ist, aber das ist nicht immer richtig. Bei einigen Vergasern für den Ersatzteilmarkt sehen wir, dass eine Menge Abstimmungsarbeit erforderlich ist, um das Luft-Kraftstoff-Gemisch für die Anforderungen des Motors mit dem neu formulierten bleifreien Benzin von heute richtig einzustellen.

Richtlinien zur Abstimmung von Luft-Kraftstoff-Gemischen

Damals, zu Zeiten des bleihaltigen Benzins, stellte ein erfahrener Tuner das Luft-Kraftstoff-Gemisch, das der Motor vom Vergaser erhielt, ein, indem er die Farbe des Kraftstoffs ablesen konnte, der auf dem Isolator der Zündkerze im Auslasskanal und in den ersten 6 Zoll des Auspuffkrümmers zurückblieb. Das neu formulierte bleifreie Benzin, das wir heute haben, hat das Ablesen von Zündkerzen fast unmöglich gemacht, weil es wenig oder keine Farbe auf dem Zündkerzenisolator hinterlässt.

Die moderne Technologie hat jedoch zu einem erschwinglichen Preis sowohl tragbare 5-Gas-Abgasmessgeräte als auch auf Breitband-Lambdasonden („Sauerstoff“) basierende digitale Luft-Kraftstoff-Messgeräte verfügbar gemacht, mit denen das Luft-Kraftstoff-Gemisch in einem Motor genau „abgelesen“ werden kann, indem der Inhalt der Motorabgase analysiert wird. Mit diesen modernen Werkzeugen können Sie beobachten, welches Luft-Kraftstoff-Gemisch der Motor aus dem Kraftstoffsystem erhält, während Sie das Auto unter realen Bedingungen bei jeder Drehzahl und jedem Lastzustand fahren.

Das ideale Luft-Kraftstoff-Verhältnis für maximale Leistung oder Kraftstoffersparnis lässt sich am besten im Werk mit dem Motor auf einem Leistungsprüfstand berechnen, aber mit den Messwerten eines 5-Gas-Abgasanalysators können Sie das Luft-Kraftstoff-Gemisch auf die Anforderungen Ihres Motors unter realen Fahrbedingungen abstimmen. Die Messwerte eines Infrarot-Abgasanalysators zeigen das Luft-Kraftstoff-Verhältnis, Motoraussetzer, die Verbrennungseffizienz des Motors und übermäßige Brennraumwärme an, indem sie die folgenden Abgase betrachten:

- CO (Kohlenmonoxid): Die Messwerte eines Infrarot-Gasanalysators, den wir zur Bestimmung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses verwenden, wenn das Luft-Kraftstoff-Gemisch auf der fetten Seite der stöchiometrischen Seite liegt. (Anmerkung: CO ist ein teilweise verbrannter Brennstoff).

Die anderen Messwerte, die Abgasanalysatoren liefern, sind:

- HC (Kohlenwasserstoffe): Die Menge an unverbranntem Kraftstoff im Abgas (ein Indikator für eine Fehlzündung des Motors).
- CO₂ (Kohlendioxid): Die Menge an CO₂ (Kohlendioxid): Ein Gas, das das Produkt einer vollständigen Verbrennung ist (das beste Luft-Kraftstoff-Gemisch liefert den höchsten CO₂-Messwert). Der ideale Zündzeitpunkt bewirkt auch den höchsten CO₂-Wert.
- O₂ (Sauerstoff): Ein hoher O₂-Wert deutet auf ein mageres Gemisch hin; ein Auspuffleck oder der Motor hat eine "heiße" Nocke. Anmerkung: Wenn der O₂-Gehalt über 2 bis 3 Prozent liegt, wird die Luftverdünnung der zu messenden Abgase angezeigt und die Genauigkeit aller Gasmesswerte kann negativ beeinflusst werden.

- **NOx (Oxide des Stickstoffs):** Ein durch übermäßige Brennkammerwärme erzeugtes Gas. Dieses Gas kann als Vorläufer für eine Detonation verwendet werden.

Die Messwerte, die Sie von einem 5-Gas-Abgasanalysegerät erhalten können, können einem erfahrenen Tuner dabei helfen, zu berechnen, welches Luft-Kraftstoff-Gemisch und wie viel Zündfunkenverstellung der Motor benötigt, um seine beste Leistung zu erbringen.

Ein auf einer Breitband-Lambdasonde basierendes Luft-Kraftstoff-Messgerät berechnet das Luft-Kraftstoff-Gemisch, indem es den unverbrannten brennbaren Anteil der Abgase „liest“. Die Breitband-Lambdasonde misst die Sauerstoffmenge, die zum Abgas hinzugefügt oder vom Abgas abgezogen werden muss, um in ihrer Referenzkammer ein stöchiometrisches Gasgemisch zu bilden; das Messgerät berechnet dann aus diesem Wert das Luft/Kraftstoff-Gemisch des Abgases.

Die Messwerte, die Sie von einem auf einer Breitband-Lambdasonde basierenden Luft-Kraftstoff-Messgerät erhalten, können recht genau sein, aber falsche Messwerte können durch ein Abgasleck, eine Fehlzündung des Motors oder einen Motor mit einer Hochleistungs-Nockenwelle bei niedrigeren Motordrehzahlen verursacht werden. Diese falschen Messwerte werden dadurch verursacht, dass die Lambdasonde den nicht verwendeten Sauerstoff und/oder unverbrannte Brennstoffe, die sich im Abgasgemisch befinden, falsch misst.

Abstimmung mit einem 5-Gas-Analysator und Breitband-Lambda-Meter

Die Verwendung eines tragbaren 5-Gas-Abgasanalysegeräts und/oder eines auf einem Breitbandsensor basierenden Luft-Kraftstoff-Messgeräts kann es einem Tuner ermöglichen, das Luft-Kraftstoff-Gemisch, das der Motor aus seinem Kraftstoffsystem erhält, bei jedem Motorbetriebszustand zu beobachten.

Ein Ausgangspunkt für die meisten Motoren mit geringer Leistung ist das Luft-Kraftstoff-Gemisch:

- Leerlauf: 1,0 % bis 3,0 % CO oder ein Verhältnis von 14,1-13,4:1;
- Reisedrehzahl: 1,0 % CO oder 14,1:1 bei einem Motor mit geringer Leistung; oder 1,0 % - 3,0 % CO oder 14,1 - 13,4:1 bei einem Motor mit hoher Leistung; und
- Leistungsmischung und Beschleunigung: 6,0 % CO oder ein 12,5:1 für einen „normalen“ Motor oder einen Hochleistungsmotor mit verbesserter Brennkammerkonstruktion wie einen Pro-Stock- oder einen NASCAR-Motor; in einigen Fällen können Sie möglicherweise ein etwas magereres Leistungsgemisch von 4 % CO oder ein 13,0:1 verwenden.

Bei der Abstimmung von Kraftstoffsystemen verwenden wir sowohl Infrarot-Abgasanalysatoren als auch die Breitband-Lambdasondenmethode. Auf diese Weise können wir die Stärken beider Abstimmungsmethoden ausnutzen. Der Infrarot-Abgasanalysator ist zwar langsamer in der Reaktionszeit als ein auf einer Breitbandsonde basierendes Luft-Kraftstoff-Messgerät, kann aber tatsächlich den Bedarf an Luft-Kraftstoff-Gemisch am besten bestimmen. Die Fehlzündungsrate kann mit dem HC (Kohlenwasserstoff)-Messwert beobachtet werden.

Die Effizienz kann mit dem CO₂-Messwert (Kohlendioxid) beobachtet werden, und der NO_x-Messwert (Stickoxide) kann auch als Vorläufer der Detonation verwendet werden. Ein auf Breitband-Lambdasonden basierendes A/F-Messsystem, das von Firmen wie Innovate Motorsports oder FAST erhältlich ist, hat fast keine Verzögerung, während ein 5-Gas-Abgasanalysator eine Verzögerung von 6 bis 10 Sekunden aufweist.

Wenn der Motor, den Sie tunen, über einen Ansaugkrümmer mit Luftspalt und/oder eine Hochleistungsnockenwelle verfügt, müssen Sie möglicherweise das Leerlauf- und Cruise-Gemisch fetter abstimmen als bei einem Serienmotor mit dem gleichen Benzin. Die zusätzliche Leistung eines Luftspalt-Einlasskrümmers und die größere Ventilüberschneidung bei einer Hochleistungs-Nockenwelle kann oft den Preis einer geringeren Kraftstoffverdampfung bei Betriebsbedingungen mit niedrigeren Drehzahlen haben.

Das fettere Luft-Kraftstoff-Gemisch kann helfen, die Fahrbarkeitsprobleme zu überdecken, wenn der Kraftstoff nicht vollständig verdampft ist. Die Wärme, die der Ansaugkrümmer durch den Abgasübergang in einem herkömmlichen Ansaugkrümmer erhält, hilft dem Motor, den Kraftstoff auf seinem Weg vom Vergaser in den Brennraum der Zylinder zu verdampfen.

Luft-Kraftstoff-Gemisch-Förderkreisläufe

Ein Vergaser verfügt über eine Beschleunigerpumpe, Leerlauf, Hauptdüsen und in den meisten Fällen über ein Antriebssystem, das dafür ausgelegt ist, das richtige Luft-Kraftstoff-Gemisch für die jeweiligen Anforderungen zu liefern. Das Beschleunigerpumpensystem fügt Kraftstoff hinzu, wenn die Drosselklappen geöffnet werden. Die Abstimmung von Volumen und Dauer des Gaspedalspritzers der Beschleunigungspumpe erfolgt hauptsächlich durch Ausprobieren, um die beste Drosselklappenreaktion zu erzielen, aber ein Luft-Kraftstoff-Gemisch von 12,5:1 ist ein guter Ausgangspunkt.

Ein Leerlaufsystem hat eine Leerlaufdüse/-drossel, die geändert werden muss, um das gewünschte Kraftstoffgemisch für die Anforderungen im Leerlauf und außerhalb des Leerlaufs zu liefern. Wenn der Motor, an dem Sie arbeiten, mit einem Leistungsventil (ohne Dosierstäbe) ausgestattet ist, bestimmt die Größe der Hauptdüse das Luft-Kraftstoff-Gemisch, das dem Motor bei Leichtlast/Reisegeschwindigkeit zugeführt wird.

Die Drosselung des Leistungsventils (unter dem Leistungsventil) bestimmt, welches Luft-Kraftstoff-Gemisch der Vergaser liefert, wenn das Leistungsventil offen ist; bei hohen Leistungsanforderungen ist ein 6,5“Hg-Leistungsventil offen, das immer dann ein fetteres Luft-Kraftstoff-Gemisch liefert, wenn der Unterdruck unter seinem 6,5“Hg-Öffnungspunkt liegt.

Leistungsventile haben den Ruf, ein schwaches Glied in bestimmten Konstruktionen zu sein, aber der Vergaser kann mit einem Rückzündungsschutz nachgerüstet werden, was die Zuverlässigkeit verbessert. Ein Vergaser, der Dosierstäbe in den Primärdüsen verwendet, nutzt die Dosierstäbe, um das Luft-Kraftstoff-Verhältnis sowohl für den Leistungs- als auch für den Geschwindigkeitsgemischbedarf des Motors zu ändern; je größer der Dosierstabdurchmesser, desto magerer das Luft-Kraftstoff-Gemisch.

Nachdem der Grundzustand des Motors und die Abstimmung (Kraftstoffdruck, Steuerzeiten-Kurve usw.) als korrekt bestätigt wurde und sichergestellt ist, dass keine Unterdrucklecks vorhanden sind, ist der nächste Schritt die Bestimmung des Luft-Kraftstoff-Gemischs im Leerlauf bei 3000 1/min. Wenn das Reisefluggemisch ausgeschaltet ist, müssen zuerst die Düsen gewechselt werden, um das Luft-Kraftstoff-Gemisch bei 2500-3000 1/min im Reisebereich korrekt zu erhalten. Dann das Leerlaufgemisch prüfen und einstellen. Wenn das Luft-Kraftstoff-Gemisch im Leerlauf oder bei Teillast zu mager ist und die Leerlaufgemischschrauben keine ausreichende Einstellung ermöglichen, kann die Korrektur eine Vergrößerung der Leerlaufdüse beinhalten.

Wenn das Gemisch nach der Vergrößerung der Leerlaufdüse bei 1000 bis 1800 1/min immer noch mager ist, muss die Leerlaufkanalverengung (falls verwendet) möglicherweise etwas vergrößert werden, damit bei Teillast mehr Kraftstoff zugeführt werden kann. Es ist wichtig zu beachten, dass alle Änderungen mit Ausnahme der Grundeinstellungen und des Düsenwechsels von einem „Vergaserexperten“ vorgenommen werden sollten, um eine Beschädigung eines Oldtimer-Vergasers zu vermeiden.

Ein modular aufgebauter Vergaser, wie z. B. ein Holley, mit einem Dosierblock verwendet keinen Leerlaufkanalbegrenzer. Wenn wir die Teiledrossel anreichern wollen, müssen wir oft den Leerlaufkanal im Dosierblock etwas vergrößern. Wenn das Luft-Kraftstoff-Gemisch bei Teillastbetrieb zu mager ist, kann der Motor bei leichter Beschleunigung und bei 5 - 25 mph leichter Drosselklappendrehzahl beim Cruising aussetzen oder stolpern. Dieses Problem des Magerleerlaufs im Leerlauf ist mit der Erhöhung des Ethanolanteils im heutigen Benzin und mit der Änderung der Benzinrezeptur deutlicher geworden.

Wenn das Luft-Kraftstoff-Gemisch im Leerlauf und/oder bei Teillastbetrieb zu fett ist, kann die Leerlaufdüse oder die Teillastbegrenzung im Leerlauf zu groß sein. Möglicherweise muss sie durch eine kleinere Drosselklappe ersetzt

werden. Wenn Sie die Leerlauf-, Teillast- und Reiseflug-Gemischkurven korrekt eingestellt haben, ist der nächste Schritt ein Fahrversuch.

Bei einem Fahrversuch mit einem tragbaren Infrarot-Abgasanalysegerät und/oder einer Breitband-Sauerstoffsonde können Sie das bei Reisegeschwindigkeit gefahrene Luft-Kraftstoff-Gemisch prüfen, gefolgt von einer Überprüfung der Leistung des Luft-Kraftstoff-Gemischs unter Last. Mit dieser Art von Test können Sie sehen, wie das Luft-Kraftstoff-Gemisch unter realen Fahrbedingungen ist. Während dieses Fahrversuchs können Sie das Luft-Kraftstoff-Gemisch ablesen und anschließend korrigieren.

Wenn Sie ein Luft-Kraftstoff-Gemisch ablesen können, das bei hoher Motorlast zu mager wird, müssen Sie als erstes den Kraftstoffdruck überprüfen, bevor Sie die Düsengröße ändern. Der Kraftstoffdruck muss bei weit geöffneter Drosselklappe über 5 psi bleiben; wenn nicht, hungert der Vergaser nach Kraftstoff.

Die häufigste Beschwerde, die wir im Zusammenhang mit der Beschleunigerpumpe hören, ist ein Zögern beim schnellen Beschleunigen. Dieses Zögern wird meist durch die Veränderungen in der Flüchtigkeit des Benzins und Veränderungen in der Vergaserherstellung verursacht. Die Beschleunigerpumpen-Dauerfeder, die bei den meisten Austauschvergasern verwendet wird, ist nicht so stark wie die Feder, die bei denselben Vergaserkonstruktionen in den 1960er Jahren verwendet wurde.

Wir verwenden bei den meisten modularen Vergasern von Holley einen Aufrüstsatz für die Beschleunigerpumpe, der aus einer stärkeren Dauerfeder, einem 0,031" Einspritzer und einer „rosa Nocke“ (Ole's p/n 1330) besteht, wodurch der Beschleuniger-Einspritzer aktiver wird.

Wenn wir an einem Motor mit einem Edelbrock Performer- oder Thunder-Vergaser arbeiten, verwenden wir eine verbesserte Beschleunigerpumpe (Ole's p/n 1010). Diese Beschleunigerpumpe hat eine stärkere Dauerfeder, die es der Pumpe ermöglicht, aktiver zu sein und so dazu beizutragen, die meisten mit der Beschleunigerpumpe zusammenhängenden Zögerlichkeiten, die wir bei diesen Vergasern sehen, zu beseitigen.

Auswahl des richtigen Vergasers

Die vier großen Anbieter von 4-fach-Vergasern sind heute Edelbrock, Holley, Quick Fuel und Barry Grant, jede dieser Vergaserkonstruktionen hat Stärken und Schwächen.

Die von Carter entworfenen Edelbrock Thunder und Performer sind zuverlässige, wartungsarme Vergaser mit großartigen elektrischen Drosselklappen, aber wenn der Fahrer Rennen fahren möchte, ist er vielleicht nicht der beste Vergaser für diese Anwendung. Die Auslegung dieser Carter-Vergaser im Leerlauf kann zu einem Magerlauf-Stolperproblem führen, wenn der Motor einen „heißen Nocken“ oder einen Ansaugkrümmer mit Luftspalt hat. Eine Vergrößerung des Leerlaufkanalbegrenzers bei den Vergasern mit 500 bis 650 cfm wird dieses Magerlaufproblem oft beheben, aber wir hatten nicht den gleichen Erfolg bei der Lösung dieses Magerlaufproblems bei den Vergasern mit 750 und 800 cfm dieser Konstruktion.

Modulare Vergaser, die von Firmen wie Holley, Barry Grant und Quick Fuel hergestellt und verkauft werden, sind sehr gute Vergaser zur Auswahl, wenn der Fahrer gerne Rennen fährt oder wenn Sie auf maximale Leistung tunen. Quick Fuel vertreibt auch Billet-Messblöcke mit austauschbaren Leerlaufdüsen, Leistungskanalbegrenzern und Emulsionsschachtbeschränkungen für die modularen Holley-Vergaser, mit denen Sie die Kraftstoffkurve individuell abstimmen können.

Wenn der Kunde einen modularen Hochleistungsvergasers mit einem elektrischen Choke wünscht, empfehlen wir oft einen Holley-Markenvergasers, da die Chokes einen eingebauten Chokeabzug haben. Wenn wir einen Hochleistungsmotor mit einem „heißen Nocken“ (über 240 Grad Dauer bei 0,050") oder einen beliebigen Motor mit einem Ansaugkrümmer im Luftspalt-Stil tunen, empfehlen wir oft einen für Rennen konzipierten modularen Vergaser mit einem Vier-Ecken-Leerlaufsystem.