

Gunson

COLORTUNE

Composant No G4074 / G4170 / G4171 / G4172

HANDBUCH
Deutsch / German

COLORTUNE

INHALT

	Page
1. Anwendungsbeschreibung	4
2. Colortune Inhalt	5
3. Allgemeine Vorsichtsmaßnahmen	6
4. Wie Colortune funktioniert	7
a. Aussehen der Verbrennungsflamme	
b. Die Theorie	
c. Praktische Beschreibung	
5. Colortune in den Motor einbauen	9
6. Einfache Motortests mit Colortune	10
7. Ausführungen von Kraftstoffsystemen	12
8. Störungssuche am Motor mit Colortune	16
9. Garantie	19

I. Anwendungsbereiche

Pkw und leichte Nutzfahrzeuge (Bestellnr. 4074)

In nahezu allen, in den vergangenen 50 Jahren hergestellten Pkw und Lieferwagen werden 14 mm Gewinde verwendet. Eine Ausnahme ist der Ford Pinto SOHC-Motor (70er Jahre), der ein Maß von 18 mm hatte (Zwischenstück lieferbar) und, wegen des eingeschränkten Platzes an kleineren 16-Ventil-Motoren, wurden in jüngster Zeit einige Fahrzeuge mit kleineren Maßen vorgestellt. Hinweis: Die Sechskantmaße der 14 mm Kerzen sind ab 1980 unterschiedlich. Eine Kegelsitzkerze mit einem 16 mm (5/8 Zoll) Sechskant (früher 13/16 Zoll oder 20,6 mm) wurde eingeführt und das Sechskantmaß von 16 mm wurde auch an Flachsitzausführungen mit verbessertem Kerzenkörper verwendet

Motorräder - viertakt (Bestellnr. 4168)

Es werden Gewindegrößen von 14 mm, 12 mm oder gelegentlich 10 mm verwendet. Die Teilenummer des Zündkerzenherstellers erleichtert die Identifizierung. Dieses Produkt (G4168) hat einen kleineren Volumeninhalt zur Beibehaltung des normalen Kompressionsverhältnisses und einen höheren Wärmebereich, der besser für Hochleistungsmotoren geeignet ist.

Motorräder - zweitakt

Eine Gewindegröße von 14 mm wird nahezu universell verwendet, da die Ventile nicht zu Platzbeschränkungen führen.

Gartenmaschinen und Motoren von Stromgeneratoren

Es wird generell eine Gewindegröße von 14 mm verwendet.

2. Colortune Inhalt

Die Colortune 4074

1. COLORTUNE Kerze 14 mm Kurzgewinde mit 16 mm (5/8 Zoll) Sechskantkörper. Ein Sechskantzwischenstück liegt bei, um einen 20,6 mm (13/16 Zoll) Kerzenschlüssel verwenden zu können auch für Verlängerungen geeignet.
2. Gasdichtungsscheibe mit vollwandigem Querschnitt.
3. Hochspannungs-Verlängerungskabel mit einem, für den Anschluss an Entstörstecker von Champion oder Continental Bosch (Aufsteck- oder Gewindeausführung) geeigneten Ende.
4. Reinigungsbürste
5. Beobachtungsgerät (zweiteilig)
6. Anweisungen

Die Colortune 4168

G4170 - 14mm

G4171 - 12mm

G4172 - 10mm

1. COLORTUNE Kerze Einzeln verpackt in den Kerzengrößen 10, 12 oder 14 mm, Kurzgewinde mit 16 mm (5/8 Zoll) Sechskantkörper. Ein Sechskantzwischenstück liegt bei, um einen 20,6 mm (13/16 Zoll) Kerzenschlüssel verwenden zu können auch für Verlängerungen geeignet.
2. Gasdichtungsscheibe mit vollwandigem Querschnitt.
3. Hochspannungs-Verlängerungskabel mit einem, für den Anschluss an Entstörstecker von Champion oder Continental Bosch (Aufsteck- oder Gewindeausführung) geeigneten Ende.
4. Reinigungsbürste
5. Beobachtungsgerät (zweiteilig)
6. Anweisungen

10mm	Part No 4055A
12mm	Part No 4055B
14mm	Part No 4055C
14mm Long Reach	Part No 4055D
18mm	Part No 4055E

Colortune ist ausschließlich mit Kurzgewinde lieferbar, sie kann jedoch problemlos in Motoren mit Langgewinde verwendet werden. Die Kerze kann das Gemisch trotzdem zünden und da sie nur kurzzeitig eingebaut ist, kommt es nicht zu Ablagerungen von Verbrennungsrückständen an den freiliegenden Gewindegängen des Zylinderkopfs.

3. Allgemeine Vorsichtsmaßnahmen

- **Das Testen von Fahrzeugen ist potentiell gefährlich. Ergreifen Sie alle Vorsichtsmaßnahmen, um Verletzungen zu verhindern und stellen Sie sicher, dass Sie mit den durchzuführenden Arbeiten hinreichend vertraut sind. Lassen Sie sich beraten oder beachten Sie die Anweisungen eines umfassenden Fahrzeughandbuchs.**
- **Verwendung dieses Produkts schließt Arbeiten an einem Fahrzeug mit laufendem Motor ein. Dieses ist eine potentielle Gefahr und der Benutzer muss alle erforderlichen Vorsichtsmaßnahmen treffen, um jede Möglichkeit von Schäden oder Verletzungen auszuschließen. Tragen Sie keine lose Kleidung, die sich in den angetriebenen Motorteilen verfangen kann, lange Haare sind auf jeden Fall zurückzubinden oder zu bedecken. Führen Sie möglichst viele Arbeiten bei im Leerlauf laufendem Motor durch.**
- **Atmen Sie keine Abgase ein - sie sind äußerst giftig. Lassen Sie das Fahrzeug nur in gut belüfteten Bereichen laufen.**
- **Stellen Sie immer sicher, dass das Fahrzeug in die Stellung Parken (Automatisches Getriebe) oder Neutral (Handschaltgetriebe) geschaltet und die Standbremse fest angezogen ist. Wenn sich das Fahrzeug auf einem Gefälle befindet, sind die Räder als zusätzliche Sicherungsmaßnahme mit Unterlegkeil zu blockieren.**
- **Niemals Werkzeug aus Metall auf die Batterie legen. Achten Sie darauf, dass Sie selbst und die Prüfausrüstung nicht in die Nähe von angetriebenen oder warmen Motorteilen kommen. Denken Sie daran, dass thermostatisch geregelte Ventilatoren jederzeit ohne Warnung anlaufen können. Behandeln Sie die Teile der Hochspannungs-Zündanlage mit Respekt und denken Sie daran, dass Stromschläge unwillkürliche Bewegungen auslösen können, die ggf. zu Folgeverletzungen führen.**
- **In der Nähe des Fahrzeugs sind Rauchen und offene Flammen verboten. Benzindämpfe oder eine aufladende Batterie sind hochentflammbar / explosionsgefährdet. Sorgen Sie dafür, dass ein geeigneter Feuerlöscher bereit steht. Falls erforderlich, sind zugelassene Sicherheitsausrüstung und Augenschutz zu tragen.**
- **Soweit nicht anders angewiesen ist der Zündschlüssel immer auf AUS zu schalten, wenn elektrische Verbindungen hergestellt oder unterbrochen werden. Das Fahrzeug während der Durchführung von Tests auf keinen Fall unbeaufsichtigt lassen.**
- **Während der Durchführung von Arbeiten sind Kinder und Haustiere vom Fahrzeug fernzuhalten.**

4. Wie Colortune funktioniert.

Verständnis des Arbeitsprinzips von Colortune ist wichtig für die Erzielung der besten Ergebnisse. Das Prinzip kann generell an Petroleumheizern, Gasherden oder immer dann beobachtet werden, wenn ein Brennstoff in Umgebungsluft verbrannt wird, um Wärme oder Energie freizusetzen. Am effizientesten ist eine Verbrennung mit klarer blauer Flamme, alle anderen Farben entstehen in Folge von uneffizienten Gemischen.

In einem Verbrennungsmotor treten die gleichen Flammenfarben auf, allerdings werden sie normalerweise nicht gesehen. Wenn COLORTUNE anstelle einer Zündkerze eingebaut ist, wird der Kraftstoff durch einen Funken in der COLORTUNE gezündet und die Flamme kann durch den Glasisolator beobachtet werden.

Der Benutzer kann durch die Auswertung der Farbe und Erscheinung der Flamme gefundenen Fehler korrigieren und dadurch die höchste Wirksamkeit des Motors erzielen.

Arbeiten mit diesem Produkt könnte nicht einfacher sein. Setzen Sie es anstelle einer Zündkerze in den warmen Motor ein und Sie können beginnen.

COLORTUNE ermöglicht Ihnen einen faszinierenden Blick in die Funktion eines Motors, ohne die übliche Komplexität der meisten anderen Diagnoseausrüstungen. Es kann einzigartige Aufschlüsse über das Verhalten des Kraftstoffsystems in jedem einzelnen Zylinder geben, die mit keiner anderen Ausrüstung möglich sind. In vielen Fällen spart es Zeit, Kosten und einen erheblichen Aufwand in der Störungssuche. Ein Gasanalysengerät zeigt einen Durchschnittswert für alle Zylinder und keine Diagnose von Störungen und Einstellfehlern, die sich auf die Gemischverteilung auswirken

Bei Arbeiten mit dem Produkt ist Folgendes zu beachten:

- Dieses Produkt kann in einem großen Drehzahlbereich des Motors eingesetzt werden, es ist jedoch nicht in unter Last laufenden Motoren geeignet, da hierbei Überhitzung und Produktausfall nicht auszuschließen sind. Besondere Vorsicht ist beim Einsatz dieses Produktes an luftgekühlten Motoren ohne Ventilator Kühlung geboten. An diesen Motoren ist die Gesamtdauer der Prüfung auf 5 Minuten zu begrenzen und längere Laufzeiten bei hohen Drehzahlen sind zu vermeiden.
- Das dem Produkt beiliegende Beobachtungsgerät ist aus einem glasverstärkten, wärmebeständigen Material hergestellt. Bei übermäßiger Wärme wird es jedoch vor der Colortune-Kerze beschädigt werden. Wenn ein Schaden an ihm auftritt, ist dieses eine eindeutige Warnung vor Überhitzung. Ersetzen Sie das Beobachtungsgerät und achten Sie genauer auf die Verhinderung von Überhitzung. Das Produkt darf nicht weiter benutzt werden, wenn Wärmeverfärbung an der galvanischen Beschichtung bzw. Schäden an Glas/ Keramik sichtbar sind.

4.a. Aussehen der Verbrennungsflamme

Durch die Colortune betrachtet hat die Verbrennungsflamme im Allgemeinen folgende Erscheinung:

Gelb	Weist auf ein Kraftstoff/Luftgemisch mit übermäßigem Benzinanteil hin (fett). Vergleichbar mit einer Kerzenflamme - erzeugt mehr Licht aber weniger Wärme.
Bleu Bunsen	Indique un mélange optimal dans les proportions correctes.

Weißliches Blau Weist auf ein Gemisch mit niedrigem Benzinanteil hin (mager).
Hinweis: Diese Farbe tritt häufiger bei hohen Drehzahlen auf.
Im Leerlauf kommt es gewöhnlich zu unruhigem Motor und Fehlzündung, bevor dieses magere Gemisch und die hellbläuliche Färbung gut erkennbar ist.

Gelegentlich treten Ausnahmen zum Vorstehenden auf, da Benzinmotoren nicht perfekt sind. Näheres dazu weiter unten.

4.b. Die Theorie.

- Die korrekten Proportionen des Gemisches sind - 14,7 Gewichtsanteile Luft bei 1 Gewichtsanteil Benzin (Kohlenwasserstoff-Brennstoff).
- Bei einer perfekten Verbrennung wird der gesamte Kraftstoffanteil verbrannt und erzeugt Kohlendioxid und Wasser ohne Kohlenmonoxid oder unverbranntem Kraftstoff (Kohlenwasserstoffe).
- Der Kohlenstoff im Kraftstoff verbrennt mit Luftsauerstoff und erzeugt Kohlenmonoxid (CO), welches anschließend mit weiterem Sauerstoff verbrennt und Kohlendioxid (CO₂) erzeugt.
- Der Wasserstoff im Kraftstoff verbrennt mit Luftsauerstoff und erzeugt Wasser (H₂O).
- Luftstickstoff durchläuft die Verbrennung mit geringer Reaktion und wird in den Abgasen ausgestoßen.
- Wenn das Gemisch weniger Luft enthält, ist zu wenig Sauerstoff für einen vollständigen Verbrennungsvorgang vorhanden, so dass ein Teil des Kohlenmonoxid nicht zu Kohlendioxid umgewandelt wird, außerdem können in den Abgasen Kohlenwasserstoffe (nicht verbrannter Kraftstoff) enthalten sein.
- Kohlenstoffpartikel leuchten in der Verbrennung eines fetten Gemisches gelb und in schweren Fällen kann schwarzer Qualm in den Abgasen beobachtet werden.
- Wenn der Luftanteil des Gemisches zu hoch ist, ist es schwerer zu zünden, es verbrennt langsamer und ist daher weniger effizient.
- Das magere Gemisch verbrennt mit einer blassen Flamme.
- Fehlzündungen können auftreten und der Kohlenwasserstoffanteil in den Abgasen nimmt zu.
- Kohlenmonoxidanteile bleiben niedrig, da ausreichend Sauerstoff für die Umwandlung zu Kohlendioxid vorhanden ist.

4.c. Praktische Beschreibung

- An einem Motor mit Einzelvergaser/Singlepoint-Einspritzanlage kann das Gemisch für eine schnelle Prüfung mit einer Colortune-Kerze an einem beliebigen Zylinder beobachtet werden; oder an einem Zylinder nach dem anderen in einer gründlicheren Beurteilung eines Mehrzylindermotors.
- Doppel- oder Mehrfachkraftstoffsysteme können ebenfalls auf diese Weise (ein Zylinder nach dem anderen) geprüft werden, dieses ist jedoch zeitaufwändig und ein gleichzeitiger Vergleich mehrerer Zylinder ist nicht möglich.
- Mehrzylindermotoren, insbesondere solche mit Doppel- oder Mehrfachkraftstoffsystemen werden mit einer Colortune in jedem Zylinder am wirksamsten getestet.
- Unterschiede im Gemisch zwischen den Zylindern werden leichter gesehen und Fehler können besser erkannt und behoben werden.
- Nirgendwo wird dieses so deutlich, wie an Hochleistungsmotorrädern - hier ist die genaue Kalibrierung von mindestens acht Einstellungen an vier einzelnen Vergasern eine hoch qualifizierte Aufgabe, die in erster Linie nach Gehör erledigt wird.
- Im Vergleich dazu lässt sich mit Colortune in halber Zeit eine genauere Einstellung erzielen.

HINWEIS: Ein Mehrzylindermotor mit einem Vergaser (oder Einspritzdüse) an jedem Zylinder und einer gemeinsamen Abgasanlage kann mit einem Gasanalysengerät nicht gründlich getestet werden. Das Analysegerät gibt lediglich eine Anzeige des durchschnittlichen Kraftstoffgemisches für alle Zylinder und keine Warnung bei erheblichen Gemischabweichungen auf Grund von Einstellfehlern oder Hinweise auf anderen Fehler

- Moderne Motoren mit Multipoint-Einspritzanlagen und ältere Kfz-Hochleistungsmotoren mit Doppel- oder Mehrfachvergasern haben viele Gemeinsamkeiten mit dem vorstehend als Beispiel beschriebenen Motorrad.
- Colortune ermöglicht einen fantastischen Einblick in das Innenleben aller dieser Motoren, so dass Irrtümer und Fehler problemlos erkannt werden können. Trotz der Unkompliziertheit ist Colortune ein unverzichtbares Ausrüstungsteil für den Amateur und den erfahrenen Techniker.

5. Colortune in den Motor einbauen

1. Vor dem Einbau der Colortune den Motor anlassen und auf normale Betriebstemperatur bringen, vorzugsweise durch eine kurze Fahrt.
2. Um die Sichtbarkeit der Flamme zu verbessern, sollte das Fahrzeug so abgestellt werden, dass der Motor im Schatten ist (oder Sie können das zusätzliche Beobachtungsgerät verwenden).
3. Den Motor abstellen, Kontakt mit heißen Motorteilen vermeiden und allen Schmutz um die Zündkerze herum entfernen, bevor diese ausgebaut wird.
4. Die COLORTUNE einsetzen. Die COLORTUNE beim Einschrauben in den Motor auf keinen Fall zu stark anziehen, das selbst bei Kegelsitzen mit nur wenig mehr als handfestem Einschrauben ein ausreichend gasdichter Sitz erzielt wird. Der Gummieinsatz in einem üblichen Kerzenschlüssel kann die Colortune nicht festhalten, da deren Keramikteil kleiner ist. Das Hochspannungs-Übergangskabel kann jetzt durch den Kerzenschlüssel oder das Unterteil des Beobachtungsgeräts geführt werden, um mit dem Einschrauben des Gewindes zu beginnen. Ein Sechskantzwischenstück liegt bei, um die kleinere Colortune mit größeren Kerzenschlüsseln anziehen zu können.
5. Wenn die Vertiefung für die Zündkerze nicht leicht zugänglich ist, empfiehlt es sich, die Unterlegscheibe mit einem Fett mit hohem Schmelzpunkt an der Colortune zu halten.
6. Schrauben Sie das blanke Ende des COLORTUNE-Übergangskabels an der Elektrode der COLORTUNE an. Darauf achten, dass es nicht übermäßig stark angezogen oder die Mittelelektrode verbogen wird.
7. Führen Sie die untere Hälfte des Beobachtungsgeräts über das Kabel (falls erforderlich) und schieben Sie das Ende über den Sechskant. Mit dem Übergangskabel an einer Seite die obere Hälfte des Beobachtungsgeräts so in die untere Hälfte schieben, dass das Übergangskabel aus dem Langloch in der oberen Hälfte austritt.
8. Stecken Sie das andere Ende des Übergangskabels in den Kerzenstöpsel der Zündanlage des Fahrzeugs. Das Zwischenstück ist so ausgeführt, dass es für bei Arten von Kerzenstöpseln (mit blankem Gewinde oder Aufsteckhülse) verwendet werden kann und für die meisten Zündanlagen geeignet ist. Die Kabel dürfen keine Teile des Motors berühren, insbesondere nicht die Abgasanlage und rotierende Teile.

9. Bei Verwendung mehrerer Colortune sind die obigen Schritte zu wiederholen.

10. Den Motor starten. Alle Zylinder müssen jetzt rund laufen und die Verbrennungsflamme sollte entweder direkt oder im Spiegel des Beobachtungsgeräts deutlich sichtbar sein.

Bei laufendem Motor jede Berührung von Teilen der Zündanlage verhindern. Zündfunken können überspringen, besonders wenn eine Verbindung nicht fest sitzt.

Nennanzugsmoment

10mm 0,20Nm - 1,2 ft-lb

12mm 0,24Nm - 1,4 ft-lb

14mm 0,28Nm - 1,6 ft-lb

Prüfdruck, zerstörungsfrei 34 bars 5000psi.

Zerstörungsprüfdruck min. 95 bars 12000psi.

Für Einstellungen und Störungssuche siehe nachfolgende Abschnitte.

6. Einfache Motortests mit Colortune

Leerlaufdrehzahl

Bei in den warmen, mit Leerlaufdrehzahl laufenden Motor eingebauter Colortune sollte ein regelmäßig aufblitzendes Licht mit bunsenblauer Flamme sichtbar sein, wenn das Gemisch im Zylinder gezündet wird. An Systemen mit Gemischeinstellung der Leerlaufdüse können Sie die Einstellung vorstellen, um den erzielbaren Farbenbereich zu testen. Die Stellung, bei der gelb verschwindet und nur blau zurückbleibt, ist die fetteste Einstellung, die benutzt werden sollte, wenn z.B. das Gemisch an einem einfachen Motorradvergaser ohne Beschleunigerpumpe eingestellt wird. Motoren vor 1985 sollten auf halbem Weg zwischen dem Punkt eingestellt werden, an dem die gelbe Flamme verschwindet (etwa 4,5% CO) und dem Punkt, an dem die Motordrehzahl leicht zurückgeht (etwa 0,5% CO). Später hergestellte Motoren sollten im Leerlauf etwa 1% CO aufweisen (kurz vor dem Punkt, an dem die Leerlaufdrehzahl zurückgeht). Diese mageren Einstellungen entstanden im Zuge der Motorenentwicklung, um Wirtschaftlichkeit und niedrige Abgasemissionen zu erzielen.

Gemischregelung mit Lambdasonde

An Motoren, die mit einer Gemischregelung mit Lambdasonde ausgerüstet sind, sollte keine gelbe Flamme sichtbar sein. Die Flamme sollte eine blaue Farbe haben, die leicht variiert, da das Gemisch von der Lambdasonde laufend abgestimmt wird (etwa alle zwei Sekunden, häufiger bei höheren Drehzahlen). Eine in einigen Zylindern auftretende gelbe Flamme weist auf Nebenluft in anderen Zylindern oder im Auspuffkrümmer hin. Die Sonde versucht, den übermäßig hohen Sauerstoffanteil durch eine höhere Kraftstoffeinbringung auszugleichen. (Das Gleiche kann auftreten, wenn eine Einspritzdüse fehlerhaft ist. Allerdings sind die Symptome bei höheren Motordrehzahlen in diesem Fall wahrscheinlich deutlicher, wogegen die Folgen von Nebenluft bei geöffneter Drosselklappe geringer sind).

Teilweise geöffnete Drosselklappe

Wenn die Drosselklappe sehr langsam geöffnet wird, bis der Motor mit etwa der Hälfte der höchstzulässigen Drehzahl läuft, sollte die blaue Flamme etwas heller werden. Das hellere Blau entsteht durch das etwas magerere Gemisch (weniger Kraftstoff), das eingestellt wird, um einen wirtschaftlichen Betrieb bei teilweise geöffneter Drosselklappe zu erzielen.

Hinweis: Im Leerlauf ist die gleiche sparsame, magere Einstellung wegen des schlechten Wirkungsgrades von Motoren bei niedrigen Drehzahlen bei praktisch geschlossener Drosselklappe nur mit Schwierigkeiten zu realisieren.

Voll geöffnete Drosselklappe

Wenn höchste Leistung gefordert wird (in voll geöffneter Drosselklappenstellung) wird üblicherweise wieder ein etwas fetteres Gemisch verwendet und bei den meisten Motordrehzahlen wird die Flamme gelb sein. Motoren mit modernem elektronischen Motormanagement verfügen über eine genauere Regelung und erzeugen bei voll geöffneter Drosselklappe normalerweise (ausgenommen bei starker Beschleunigung) keine gelbe Flamme.

Schnelle Beschleunigung

Wenn der Motor langsam mit Leerlaufdrehzahl läuft und plötzlich Leistung gefordert wird (Drosselklappe wird schnell geöffnet), entsteht dadurch u.U. ein instabiler Zustand und der Motor kann stehen bleiben. Dieses wird mit einem fetten und leicht entflammbar Gemisch vermieden, daher ist es üblich, bei einer schnellen Beschleunigung des Motors eine gelbe Verbrennungsflamme zu sehen. Zum Beispiel kann der Vergaser mit einer besonderen Vorrichtung ausgestattet sein, die diesen zusätzlichen Kraftstoff liefert - sie wird generell als Beschleunigerpumpe bezeichnet.

Motoren mit modernem elektronischen Motormanagement verfügen über eine genauere Regelung und erzeugen sehr kurzzeitig eine gelbe Flamme, die schnell wieder blau wird. In weniger ausgereiften Systemen kann die gelbe Flamme während der gesamten Beschleunigungszeit erzeugt werden. Sehr einfache Vergaser, wie sie in kleinen Motorrädern und Gartenmaschinen gefunden werden, sind möglicherweise nicht mit einer Beschleunigungsvorrichtung am Vergaser ausgerüstet und benötigen eine fettere Leerlaufeinstellung, die verhindert, dass der Motor während der schnellen Beschleunigung stehen bleibt oder ein "toter Punkt" auftritt.

Kaltstarten

Zum Anlassen eines kalten Motors wird ebenfalls ein fettes und leicht entflammbares Gemisch bereitgestellt. Wenn eine manuelle Kaltstartvorrichtung (Choke) eingebaut ist, ist bei ihrer Betätigung eine gelbe Flamme in der Colortune sichtbar. Dieses gilt für einen warmen oder kalten Motor. Erfolgt die Anreicherung durch einen elektronischen Regler (ECU) oder eine Startautomatik, ist der Test für eine gelbe Flamme bei kühlem/kaltem Motor durchzuführen. Der Test sollte in möglichst kurzer Zeit ausgeführt werden, um Ölkohleablagerungen am Glas der Colortune zu verhindern.

Einige Ausnahme zu allen oben beschriebenen Bedingungen können auftreten. Beispielsweise können die in Rasenmähern oder Kettensägen eingesetzten kleinen Motoren mit sehr einfachen Kraftstoffsystemen ausgerüstet sein, die weniger in der Lage sind, das ideale Kraftstoff/Luftgemisch zu erzeugen. An Stromgeneratoren mit Drehzahlregler tritt keine schnelle Beschleunigung auf, sie sollten daher unter allen Betriebsbedingungen eine blaue Flamme zeigen.

7. Ausführungen von Kraftstoffsystemen

Die nachstehende Beschreibung von Kraftstoffsystemen soll lediglich dem Erkennen der verschiedenen Ausführungen dienen, die angetroffen werden können, und deren charakteristische Eigenschaften herausstellen. Obwohl diese Beschreibung für die Durchführung einiger einfacher Einstellungen u.U. ausreichend ist, sind weitergehende Detailinformationen einem ausführlichen Handbuch für das Fahrzeug bzw. den Allgemeinen Anweisungen für das Kraftstoffsystem zu entnehmen.

Die Informationen sind in zwei Hauptabschnitte unterteilt, im ersten wird auf die unterschiedlichen Vergaserausführungen eingegangen und im zweiten auf Kraftstoffeinspritzanlagen. Zum besseren Verständnis werden die einfacheren Systeme in beiden Fällen zuerst behandelt.

HINWEIS: An zahlreichen Doppel- und Mehrfachvergasern ist ein Vergaserabgleich erforderlich, bevor das Gemisch eingestellt wird - Näheres am Ende dieses Abschnitts.

Ein einfaches Vergasersystem

1. Ein einfacher Vergaser mit "Festdüsen-Choke", wie er z.B. in Gartenmaschinen oder Motoren von kleinen Stromgeneratoren eingebaut ist, besteht aus vier Grundkomponenten
2. Eine Drosselklappe, die den Hauptkanal für das Kraftstoff/Luftgemisch öffnet oder schließt. Sie verfügt normalerweise über einen einstellbaren Drosselklappenanschlag, mit dem die Leerlaufdrehzahl eingestellt werden kann.
3. Eine Schwimmer- und Ventilanordnung, die für einen gleichbleibenden Kraftstoffstand sorgt (oder eine empfindliche Druckregelventilmembran).
4. Eine Kraftstoffzuführung und -einstellung für den Leerlauf (Leerlaufdüse und Leerlaufgemischschraube). Sie befindet sich in der Nähe des Vergaserflansches und der Drosselklappe. Die Drosselklappe öffnet zusätzliche Kanäle (Beschleunigungsbohrungen) zur Zuführung von Kraftstoff zu Beginn des Öffnungsvorgangs.
5. Eine Kraftstoffversorgung und -einstellung für hohe Drehzahlen (Hauptdüse und Hauptgemischschraube). Sie befindet sich normalerweise näher am Einlassflansch für den Luftfilter. Die Hauptkraftstoffzuführung erfolgt in einen Venturikanal, dessen Verengung (ein Festdüsen-Choke) einen Unterdruck erzeugt, um den Kraftstoff anzusaugen.
6. Hinweis: Eine Kaltstartvorrichtung wird manchmal auch als Choke bezeichnet - sie erzeugt ebenfalls eine Verengung, um zusätzlichen Kraftstoff anzusaugen.

In Motorrädern eingebaute Vergasersysteme

1. Vergaser mit veränderlichem Choke. Diese Vergaser haben normalerweise die gleichen Teile, wie unter Ziffern 1-3 für einfache Vergaser mit Festdüsen-Choke beschrieben. Jedoch verfügt die Hauptkraftstoffzuführung über eine feine, spitz zulaufende Nadel in einer Düse, um den Kraftstoff genau zu dosieren. Die veränderliche Chokeygröße wird durch eine Hubkolbenanordnung gebildet, die mit einer flexiblen Membran verbunden ist. Wenn die Drosselklappe geöffnet wird, saugt der Motor mehr Luft an, die Membran zieht den Kolben und die Nadel weiter auf und hält im Vergaser einen gleichmäßigen niedrigen Druck (konstanter Unterdruck) aufrecht. Hiermit lässt sich eine genaue Kontrolle von Luft und Kraftstoff über ein großes Bedingungsspektrum erzielen. Anreicherung für Beschleunigungsbedingungen kann über eine getrennte Pumpvorrichtung oder durch Regelung der Steiggeschwindigkeit des Kolbens erfolgen. Mit Ausnahme von niedriger Drehzahl / leichter Last, die über die Leerlaufgemischregelung eingestellt werden, hängt das Gemisch von der Nadel/Düse-Kalibriergröße ab.
2. Vergaser in Schieberausführung. Der Schiebervergaser wurde seit sehr vielen Jahren an Motorrädern und anderen Kleinmotoren eingesetzt. Der Kraftstoff wird über eine Kammer

mit Schwimmer und Nadelventil und ein Leerlaufsystem mit einstellbarer Gemischschraube zugeführt. Das Leerlaufsystem hat keine Beschleunigungsbohrungen, da die Drosselklappe durch einen Drosselschieber ersetzt wird, der diesem Vergaser seinen Namen gibt. Der Schieber ist mit einer Nadel verbunden, die auf ähnliche Weise in einer Düse geführt wird, wie beim Vergaser mit veränderlichem Choke. Jedoch wird hierdurch kein konstanter Unterdruck erzeugt, da die Schieberstellung von der jeweils gewählten Drosselstellung abhängt und nicht von einer Membran.

Bei niedrigen Drehzahlen / leichter Last wird das Gemisch von der geformten unteren Seite des Schiebers kontrolliert, bei mittleren Drehzahlen von der Verjüngung und Stellung der Nadel und bei allen Motordrehzahlen und voll geöffneten Drosselstellung von der Hauptdüsengröße.

In Kfz-Motoren eingebaute Vergasersysteme

Vergaser mit Festdüsen-Choke

Diese stimmen weitgehend mit den beschriebenen einfachen Vergasersystemen überein, allerdings ist normalerweise keine Einstellung für die Kraftstoffzuführung durch die Hauptdüse vorhanden.

Es werden komplexere Leerlauf- und Hauptkreisläufe mit zusätzlichen Kraftstoffzufuhrkreisläufen eingesetzt. Daneben sind Luftdüsen und Emulsionsrohre vorhanden, welche eine abgestufte Zuführung von Luftblasen (Emulsion) ermöglichen, um die Strömungseigenschaften des Kraftstoffes besser regeln zu können.

Die Einstellung der Leerlaufdrehzahl erfolgt normalerweise durch eine Anschlagsschraube für die Drosselklappe. In einigen Fällen ist diese jedoch nicht verstellbar und es wird ein einstellbarer Bypasskanal zur Drosselklappe eingesetzt.

Diese Ausführung kann aus zwei, in einem Gehäuse kombinierten Vergasern mit Festdüsen-Choke bestehen, entweder als:

Twinchoke-Vergaser, bei dem beide Drosselklappen gleichzeitig öffnen - generell um eine verbesserte Leistungsabgabe zu erzielen (ein Hochleistungs-Vierzylindermotor kann mit zwei Twinchoke-Vergasern ausgestattet sein).

Twinchoke-Progressionsvergaser, bei dem ein Choke für den größten Teil des Fahrens bei niedrigen Drehzahlen eingesetzt wird und der andere bei höheren Drehzahlen zusätzlich öffnet. Hiermit werden verbesserte Wirtschaftlichkeit und gleichmäßiges Ansprechen des Motors erzielt.

Twinchoke-Vergaser

Diese haben einige Gemeinsamkeiten mit Vergasern mit veränderlichem Choke für Motorräder, jedoch ist normalerweise kein getrennter Leerlaufkreislauf vorhanden. Zwei Grundausführung werden eingesetzt. Entweder wird das Luftventil über eine Membran geregelt (Stromberg/CD) oder über einen in einem Zylinder geführten Kolben (SU).

Ein konstanter Unterdruck (niedriger Druck) wird an einer spitz zulaufenden Nadel und einem mit dem Luftventil/Vergaserkolben verbundenen Düsensystem aufrecht erhalten. Dieses Luftventil steigt beim Öffnen der Drosselklappe und steigt bei voll geöffneten Drosselklappe und zunehmender Drehzahl des Motors weiter. Hiermit wird über den gesamten Betriebsbereich eine genaue Gemischregelung erzielt. Anreicherung für Beschleunigungsbedingungen wird durch Kontrolle der Steiggeschwindigkeit des Luftventils mittels einem Öldämpfer geleistet (das Öl muss ggf. regelmäßig nachgefüllt werden).

Die Kraftstoffnadel ist maschinell bearbeitet und weist eine äußerst präzise Verjüngung auf, die individuell für jede Motorausführung festgelegt wird. Federbelastet Nadelausführungen sind im Neuzustand genauer, sie reiben allerdings gegen die Düse und der dabei entstehende Verschleiß führt zu Fehlern (z.B nach 50.000 Meilen/80.000 km). Die Verbrennungsflamme sieht beim Betrieb mit verschlissener Nadel fett aus (normalerweise Leerlauf / teilweise geöffnete

Drosselklappe). Wenn das Gemisch bei Leerlauf auf normal eingestellt wird, ist es im Beschleunigungsbetrieb mager.

Kraftstoffeinspritzanlagen

Die Kraftstoffmenge sollte generell proportional zur Menge der in den Motor einströmenden Luft sein. Sie wird jedoch aus Wirtschaftlichkeitsgründen bei teilweise geöffneter Drosselklappe, für größere Leistung bei voll geöffneter Drosselklappe und aus anderen, weniger wichtigen Gründen leicht justiert. Ein dreidimensionales Abbild der Anforderungen wird für einen bestimmten Motor erstellt und danach hat die Einspritzverstellung die Aufgabe, diese Anforderungen zu erfüllen. Die Bestimmung der in den Motor eintretenden Luftmenge unter Bedingungen mit veränderlicher Temperatur, veränderlichem Druck und mit extremer Unterbrechung der Strömung durch die sich mit unglaublicher Geschwindigkeit schließenden und öffnenden Ventile ist in sich selbst eine schwierige Aufgabe. Einige Systeme versuchen, die Strömung mit einem in der Luftströmung befindlichen Flügelrad oder einem Heizdrahtsystem, welches die Kühlwirkung der Luftströmung erfasst, direkt zu messen. Andere setzen eine auf Drosselklappenstellung, Motordrehzahl und Ansaugrohrdruck basierende prädikative Regelung ein. Alle verwenden verschiedene Kompensationsmethoden für Motor- und Lufttemperatur, atmosphärischen Druck usw. In älteren Systemen werden mehr mechanische Teile eingesetzt, aber auch die neusten Systeme benötigen eine mechanische Pumpe, um einen gleichmäßigen hohen Druck beizubehalten, die Regelung ist jedoch nahezu völlig elektronisch.

Kraftstoffeinspritzanlagen mit einstellbarem Leerlaufgemisch

Singlepoint-Einspritzanlage.

Dieses System hat eine Einspritzdüse und eine Drosselklappe, durch welche die gesamte Luft und der gesamte Kraftstoff in das Ansaugrohr eintritt. Trotz der Einfachheit sind die gleichen Regelungen erforderlich, um eine genaue Kraftstoffdosierung zu erzielen. Leerlaufgemisch und Leerlaufdrehzahl sind die beiden Einstellungen, die von älteren Systemen ggf. geboten werden.

Multipoint-Einspritzanlage mit einer Drosselklappe.

Anstatt im Drosselhauptteil sind einzelne Einspritzdüsen in der Nähe der Einlassventile eingebaut. Das Ansaugrohr ist mit einer geeigneten Einlassweglänge ausgeführt, um die Motorleistung zu verbessern. Es wird aus einer größeren Kammer versorgt und die Maße des Drosselkörpers weisen nicht die gleichen Verengungen auf, wie ein Singlepoint-System, da hier nur Luft zugeführt wird. Leerlaufgemisch und Leerlaufdrehzahl sind die beiden Einstellungen, die von älteren Systemen ggf. geboten werden.

Multipoint-Einspritzanlage mit mehreren Drosselklappen.

Einige ältere Systeme, deren Funktionen hauptsächlich mechanisch waren, verfügten über diese Anordnung. Abgleich der Luftströmung durch jede Drosselklappe ist für den effizienten Betrieb entscheidend. Die Einspritzdüsen sind auf die Bereitstellung gleicher Kraftstoffmengen eingestellt, daher hat jeder Fehler in der Luftströmung drastische Auswirkungen auf das Gemisch. Testen und Feinabstimmung des Abgleichs zwischen den Drosselklappen ist selbst mit einer Colortune in jedem Zylinder eine Geduldsübung. Ohne Colortune ist es nahezu unmöglich. Ein Lucas-System dieser Art wurde in den frühen 70er Jahren in einige Hochleistungsfahrzeuge eingebaut und einige andere Straßenfahrzeuge und Rennsysteme fallen ebenfalls in diese Rubrik.

Kraftstoffeinspritzanlagen mit Lambdasonden-Feedback

Die Entwicklung von fortschrittlichen elektronischen Regelungen, sowie eine robuste Lambdasonde ermöglichte die Einführung des Dreiwegekatalysators. Dieses hatte drastische Auswirkungen auf die Abgasemissionen und wurde seit den frühen 90er Jahren in den meisten Fahrzeugmärkten eingeführt.

Die Lambdasonde gibt keine Spannung ab, wenn Sauerstoff in der Abgasanlage ist (an beiden Seiten der Sonde ist Sauerstoff vorhanden). Wenn an der Abgasanlage keine Sauerstoff anliegt (wenn eine Differenz zwischen beiden Seiten der Sonde besteht), gibt sie normalerweise eine Spannung von 1,0 Volt ab. Sie ist daher ein ausgezeichnete Messfühler für niedrige Sauerstoffanteile und die elektronische Steuerung (ECU) ist in der Lage, kontinuierlich über und unter dem Punkt einzustellen, an dem die Sonde eine Spannung abgibt. Die Eigenschaft der ECU zu lernen und das programmierte Abbild der in ihrem Speicher gehaltenen Informationen zu verändern, erhöht die Präzision der Regelung.

Bei dieser Ausführung von Einspritzanlagen gibt es wenige oder keine Einstellmöglichkeiten (ggf. mit Ausnahme des Kraftstoffpumpendruckes, Auswahl verschiedener Einstellungen für unterschiedliche Oktanwerte usw.). Wenn keine Fehler vorliegen, ist die Leistung unter allen Betriebsbedingungen im Allgemeinen sehr gut, aber selbst kleine Fehler können weit reichende Folgen haben. Colortune kann einzigartige Aufschlüsse über das Verhalten der Kraftstoffeinspritzung in jedem einzelnen Zylinder geben, die mit keiner anderen Ausrüstung möglich sind. In vielen Fällen spart es Zeit, Kosten und einen erheblichen Aufwand in der Störungssuche.

Glücklicherweise verfügen zahlreiche Systeme auch über eine begrenzte Eigendiagnose und geben Fehlercodeinformationen in Form eines Blinkcode (eine von einer blinkenden LED angezeigte Zahl) oder komplexere Methoden der Datenübertragung. Das kann eine Eingrenzung des Problems unterstützen oder es kann ein Hinweis auf den zu untersuchenden Bereich sein. Bei dieser Art von Informationen sind häufig weitere Analysen erforderlich, da das System keine mechanischen Störungen, sondern nur deren Auswirkungen auf elektronische Teile erfasst. Zum Beispiel wird eine Störung der Lambdasonde oder der Lambdasteuerung angezeigt, wenn Nebenluft im Ansaugrohr oder Auspuffkrümmer auftritt.

Mehrfach-, Doppel- und Twinchoke-Vergaser.

Mehrfachdrosselkörpereinspritzung.

An allen Systemen mit Mehrfachdrosselklappen muss deren Funktion vor Einstellung der Gemischregelungen unbedingt synchronisiert werden. Dadurch wird einerseits sichergestellt, dass das System abgeglichen ist, wichtiger ist jedoch, dass eine genaue Gemischeinstellung erleichtert wird.

Dazu ist normalerweise eine mechanische Grundeinstellung vorzunehmen, die folgendermaßen durchzuführen ist. Das Gestänge aushängen; die Anschläge der Drosselklappen einstellen, um gleiche Luftströmungen zu erzielen; das Gestänge wieder einhängen. Kontrollieren, dass sich die Drosselklappen simultan öffnen, wenn sie durch den eigentlichen Kabel- oder Gestängemechanismus des Gaspedals (nicht durch ein anderes Gestängeteil) betätigt werden. Ein Twinchoke-Vergaser, bei dem sich beide Drosselklappen in einem Gehäuse befinden, hat normalerweise keine Beschleunigungsöffnungen.

Vergaser mit Festdüsen-Choke

Wenn zwei Twinchoke-Vergaser vorhanden sind, muss das Gestänge zwischen ihnen eingestellt werden, um das Öffnen zu synchronisieren

8. Störungssuche am Motor mit Colortune

Mit Colortune können Sie die Verbrennung des Kraftstoff-/Luftgemisches beobachten, daher werden die meisten mit ihrer Hilfe erkannten Fehler in den Bereichen Gemisch / Kraftstoffsystem gefunden. Allerdings gibt es andere Fehler, die eine effiziente Verbrennung beeinträchtigen und diese sind ebenfalls leichter zu diagnostizieren. Wenn z.B. trotz korrekter Gemischeinstellung Fehlzündungen am Motor auftreten, kann es sich dabei um einen Fehler in der Zündung oder in der Kompression handeln.

Die untenstehenden Informationen sind eine generelle Anleitung, allerdings sind praktische Erfahrung und andere veröffentlichte Informationen beim Auffinden der Ursachen der beobachteten Verbrennungsprobleme unverzichtbar. Diese können je nach Art des Kraftstoffsystems und anderer Motorausstattung unterschiedlich sein.

Bestimmen Sie in jedem Fall das Ausmaß der Störung, zum Beispiel:

Tritt der Fehler in allen Zylindern, mehreren Zylindern oder nur einem Zylinder auf?

Im Falle von mehreren Zylindern - was haben sie gemeinsam?

(Bei zwei benachbarten Zylindern kann die gemeinsame Zylinderkopfdichtung undicht sein oder sie werden von einem der Doppelvergaser versorgt).

Tritt der Fehler hauptsächlich bei Leerlaufdrehzahl auf oder bei mehr oder weniger geöffneter Drosselklappe?

BEI LEERLAUFDREHZAHL

Symptom	Fehlerbeschreibung für verschiedene Kraftstoffsysteme
Blaue Verbrennungsflamme kann durch Einstellen des Leerlaufgemisches nicht erzielt werden	Festdüsen-Choke - Verstopfte Leerlaufdüse / Leerlaufdüse lose Veränderlicher Choke - Verschleiß an Nadel / Düse Einspritzanlage - Erfassung einer hohen Luftströmung, Luftströmungsvorrichtung fehlerhaft / Flügelrad klemmt, Stellungssensor/-schalter Drosselklappe. Kaltstartvorrichtung oder Temperaturfühler
Gelbe Verbrennungsflamme kann durch Einstellen des Leerlaufgemisches nicht erzielt werden	Alle Systeme - Nebenluft im Ansaugrohr. Die anderen Zylinder prüfen, um die Lage der undichten Stelle zu finden. Festdüsen-Choke - Verstopfte Leerlaufdüse / Leerlaufdüse lose Veränderlicher Choke - Nadel lose oder Schulter zu niedrig eingestellt, verklemmtes Luftventil. Einspritzanlage - Nebenluft oder Leerlaufventil, Fehler im MAP-Sensor (erfasst niedrigen Luftdruck / Ansaugrohrdruck).
Blaue Flamme wird nach längerem Leerlauf gelb	Festdüsen-Choke und veränderlicher Choke - Undichtes Nadelventil in der Schwimmerkammer. Veränderlicher Choke - Heißlaufen verursacht fetten Leerlauf. Sitz des Isolatorblocks für das Ansaugrohr prüfen.
Blaue Verbrennungsflamme ist nicht konstant, sondern bei allen bzw. den meisten Einstellungen zeitweise gelb	Festdüsen-Choke - Verstopfte Leerlaufdüse führt zu unregelmäßiger Kraftstoffabgabe im Leerlauf. Hoher Schwimmerstand führt zu "Tropfenzuführung" im Hauptkreislauf Veränderlicher Choke - Hoher Schwimmerstand. Vorstellen des Zündzeitpunkts führt zu unruhigem Motor. Einspritzanlage - Lambdasonde reagiert langsam
Blaue Verbrennungsflamme ist nicht erkennbar (nicht einstellbare Systeme)	Einspritzanlage - Lambdasonde / Anschlussfehler oder Störung der Regelung. Nebenluft in Auspuffkrümmer oder Ansaugrohr, wenn an den meisten, aber nicht allen Zylindern zu beobachten.

SCHNELLER ALS LEERLAUFDREHZAHL

Symptom	Fehlerbeschreibung für verschiedene Kraftstoffsysteme
Gelbe Flamme bei 1.000 - 1.700 Umin	Festdüsen-Choke oder Vergaser mit getrenntem Leerlaufkreislauf - Leerlaufnebenluft eingeschränkt Veränderlicher Choke - Verschlissene Dosiernadel / -düse
Gelbe Flamme 1.200 Umin-1 und schneller	Veränderlicher Choke - Loch in der Membran. Nebenluft im Ansaugrohr führt zu einer fetten Einstellung, um für eine magere LeerlaufEinstellung zu kompensieren (die fette Einstellung wirkt sich dann auf den gesamten Betriebsbereich aus). Alle Vergaser - Hoher Stand in der Schwimmerkammer
Zeitweise gelbe Flamme bei 1.200 - 1.500 Umin-1	Festdüsen-Choke - Frühe Zuführung zum Hauptkreislauf, zu hoher Stand in der Schwimmerkammer. (Um etwa 2 mm senken) Der Kraftstoff tropft (wird nicht gespritzt), wenn er zu früh zugeführt wird. Veränderlicher Choke - Luftventil / Vergaserkolben verklemmt.
Gelb tritt nur bei hoher Drehzahl auf	Alle Vergasersysteme - Luftfilter prüfen. Festdüsen-Choke - Luftdüsen des Hauptkreislaufs oder Emulsionsrohr verstopft.
Hellblaue Flamme unruhiger Motor bei 1.000 - 2.000 Umin-1	Festdüsen-Choke oder Vergaser mit getrenntem Leerlaufkreislauf - Leerlaufnebenluft eingeschränkt Veränderlicher Choke - Nadel-/Düsenverschleiß zur korrekten LeerlaufEinstellung neu eingestellt Alle Vergaser - Zu niedriger Stand in der Schwimmerkammer
Hellblaue Flamme unruhiger Motor oder Fehlzündungen über 1.400 Umin-1	Verstopfte Hauptdüse oder Wasser im Kraftstoffsystem.

SCHNELLES ÖFFNEN DER DROSSELKLAPPE

Symptom	Fehlerbeschreibung für verschiedene Kraftstoffsysteme
Bei keiner Drehzahl ist eine gelbe Flamme erkennbar bzw. bei Beschleunigung kleine gelbe Flamme nach einem toten Punkt	Festdüsen-Choke - Beschleunigerpumpe funktioniert nicht. Die Kraftstoffzuführung in den Choke bei geöffneter Drosselklappe beobachten (am stehenden Motor). Veränderlicher Choke - Öldämpfer muss nachgefüllt werden Kraftstoffeinspritzung - Fehler an MAP-Sensor oder Stellungssensor der Drosselklappe. Fehler am Leerlaufschalter

9.GARANTIE

Diese Garantie wird zusätzlich zu den gesetzlichen Ansprüchen des Käufers gewährt.

Tool Connection Limited hat alle Anstrengungen unternommen, die höchste Qualität dieses Produkts sicherzustellen.

Sollte eine Wartung oder Instandsetzung dieses Produkts zu einem beliebigen Zeitpunkt erforderlich werden, ist es an

**The Tool Connection Limited,
Kineton Road, Southam,
CV47 0DR
Großbritannien einzuschicken.**

**KUNDENDIENSTABTEILUNG. WENN SIE WAREN ZUR WARTUNG
ODER AUS EINEM ANDEREN WENN SIE PROBLEME BEI DER
BENUTZUNG DIESES PRODUKTS HABEN, WENDEN SIE SICH BITTE
AN UNSERE GRUND EINSCHICKEN, SIND ALLE ANGABEN SOWIE EINE
BESCHREIBUNG DES FEHLERS BEIZULEGEN.**

Do you need a thingamajig
or a whatsit for a doo-dah?



LASER's New Tools Forum

- Helps *you* find the tools you need
- Helps *us* supply the tools you need
- Helps *others* get more information

New Tool Forum

lasertools.co.uk

If you do tools, come and talk tools

Part of the connection

Distributed by The Tool Connection Ltd



The Complete Connection

Kineton Road
Southam
Warwickshire
CV47 0DR

T +44 (0)1926 815000

F +44 (0)1926 815888

info@toolconnection.co.uk

www.toolconnection.co.uk