

Temperatur-Tuning beim Opel GT 1,9 S, Teil 1

Eine schnelle Autobahnfahrt an einem sehr heißen Sommertag und kurz vor der Ausfahrt Vollstau. Murphys Gesetz, was schief gehen kann, wird schiefgehen. Der kühlende Fahrtwind für den Motor fehlt nun auch noch, der Zeiger des Kühlmittelthermometers wandert in Richtung Rot. GT Fahrer kennen das! Der Blick in die Betriebsanleitung (Ausgabe Oktober 1971) offenbart allenfalls: *„Die günstigste Betriebstemperatur liegt zwischen 80 und 100 °C, sie kann jedoch unter extremen Bedingungen bis zu 115 °C ansteigen“*. Nur wo findet sich 115 °C auf einer Skala ohne Skalenwerte?

Das die Wasserkühlung meines alten CIH Motors unter Last -also bei normaler Fahrweise- „die Ruhe selbst ist“, ich aber im Leerlauf mit dem Triebwerk Probleme habe, ist ein Problem der Leerlaufkühlung, so Werner Wielan. Er war von 1977 bis 2012 Mitarbeiter der Motoren- und Kühlungsentwicklung bei Opel und vor seinem Ruhestand verantwortlich für die Powertrainprüfstände

und Werkstätten. Er ist bereit, mir zu helfen, was für ein Glücksfall!

Funktion

Der GT Motor hat eine Flüssigkeitsumlaufkühlung mit Wasserpumpe und Temperaturregler (Drosselthermostat). Der Motor ist über zwei Schläuche mit einem Kühler verbunden, der oben eine Verschlusskappe hat. Mit dem Kühler soll die Verbrennungswärme des Motors im Betrieb abgeführt werden. Die Wasserpumpe im Motor und ein daran angebrachter Ventilator werden permanent „motorgetrieben“ über einen Keilriemen von der Kurbelwelle. Während die Wasserpumpe das abgekühlte Wasser von unten aus dem Kühler wieder in den heißen Motor drückt, sorgt der mitlaufende Ventilator im Leerlauf und unteren Teillastbereich für den fehlenden Fahrtwind. Ein Temperaturregler im Motor steuert den Vorlauf des heißen Wassers zurück oben in den Kühler. Ab 87 °C öffnet sich das Thermostat langsam und das heiße Kühlwasser kann in den Kühler strömen. Ist das Thermostat bei kaltem Motor geschlossen, ist



Abbildung 1: Der Autobahnstau und die zugehörige Typprüfung in Dudenhofen

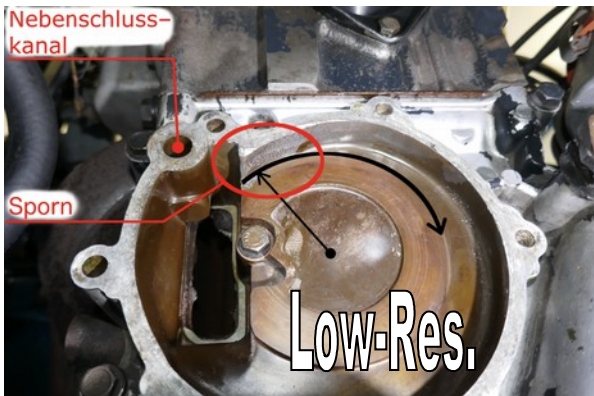


Abbildung 2: **Blick in das offene GT Pumpengehäuse mit seinen Funktionsflächen. Der Abstand vom Sporn zum Pumpenrad muss bei einer Kreiselpumpe genau passen, sonst ändert sich das Betriebsverhalten der Pumpe**

auch der Kühlkreislauf unterbrochen. Dann wird das Wasser über einen ständig offenen Nebenschlusskanal direkt aus dem Zylinderkopf angesaugt und zurück in den Motor gedrückt. Das ist wichtig zur Vermeidung von Hitzenestern im Zylinderkopf. Auch der Heizungskreislauf wirkt übrigens bei geöffnetem Heizungsventil als zusätzlicher Nebenschlusskanal, was die Durchströmung des Motors bei geschlossenem Thermostat weiter verbessert. Zwei Ventile in der Verschlusskappe (Renkverschluss) des Kühlers regeln den Systemdruck und die Belüftung bei Abkühlung. Die Kühlausrüstung muss für alle Lastsituationen des Motors ausgelegt sein und das sind...

Die Lastkühlung

Die Summe aller zur Kühlung benötigten Bauteile im Fahrzeug nennt man bei Opel die Kühlausrüstung. Und die muss bis zur Außentemperatur von 45 °C alle im Normalfall auftretenden Betriebsbedingungen bis zur vollen Belastung (V max.) abdecken. Allerdings, so Werner Wielan, wurden Ausnahmen in den unteren Gängen gemacht, da die Berge kühler und selten lang genug sind, um die max. Temperaturen stabil zu fahren. Dabei muss bei jeweils 5000 1/min im 1. Gang 27 °C bzw. im 2. Gang 35 °C einhaltbar sein, ohne dass es zum Überkochen des Kühlwassers kommt. Der Experte nennt diese Temperaturmarken: Kochgrenzenaußentemperatur. Die Berge hatten bei dieser Prüfung satte 16 % Steigung, mit Anhänger gefahren etwas weniger. Mein Problem und das Thema ist allerdings die Leerlaufkühlung!

Die (Heiß-) Leerlaufkühlung

Bei der Erprobung wurde damals dazu gleich nach einer harten Bergprüfung um das Fahrzeug eine mobile Leerlaufwand gestellt. Es ist eine Art Zelt, das die ganze Fahrzeugfront U-Förmig umgreift. Das vermeidet Windeinflüsse und zeigt, ob die angedachte Kühlaus-

rüstung auch im Motorheißleerlauf verlässlich funktioniert. Eine Stausimulation wurde auf dem ehemaligen Opel Prüfgelände in Dudenhofen durchgeführt. Direkt an der Schnellbahn ist noch heute ein Prüfstand, der „Windkreuz“ genannt wird. Der Laie würde hier Garagen ohne Dach erkennen, in denen das Fahrzeug aus hoher Geschwindigkeit von der Schnellbahn abgebremst und hineingefahren wurde, dann windgeschützt im Leerlauf bei geschlossenen Toren abgestellt wird. Die verbaute Kühlausrüstung deckt im Leerlauf mindestens 30 min. Fahrzeugstandzeit in beiden Situationen ab.

Erst wenn bei der Erprobung alle gewünschten Zielwerte erreicht waren, wurde die Kühlausrüstung für die Serienfertigung freigegeben. Damit ist dann der Ventilator Durchmesser, Flügelanzahl und Flügelaufteilung sowie die Übersetzung vom Ventilator zur Kurbelwelle Bestandteil der ABE vom Fahrzeug!

Praxis Leerlaufkühlung

Das durch die Lage des Kühlers im GT eine sehr ungünstige turbulente Luftströmung vor dem Kühler entsteht, ist auffällig. Das aber bei Fahrzeugstillstand im Leerlauf eher eine Luftzirkulation unter dem Fahrzeug problematisch ist, war mir neu. Um diese Falschluff zu vermeiden, muss ein neuer Kühler passgenau in der



Abbildung 3: **Hätten Sie das gewusst, es gibt zwei verschiedene Pumpenraddurchmesser für CIH Motoren! Links 82 mm, rechts 92 mm**

Schottwand sitzen. Auch sonst kann die gerade durch den Kühler geströmte heiße Luft unter dem Fahrzeug wieder erneut eingezogen werden. Es gibt Stausituationen, da passiert genau das unter Ihrem Fahrzeug! Die Verwendung von reinem Wasser lässt wärmeisolierenden Kesselstein, Rost- und Schlammablagerungen im Motor und Kühlsystem entstehen. In den frostfreien US-Bundesstaaten waren Fahrzeuge oft ohne Frost-

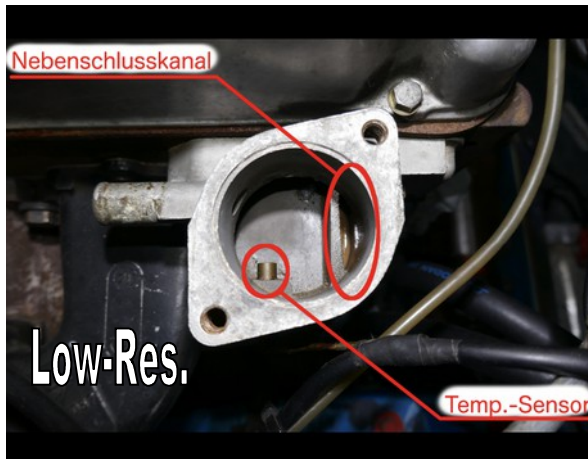


Abbildung 4: Blick in das Thermostatgehäuse. Funktionsprüfung des Temperatursensors durch Messung mit Ohmmeter u. Vergleich mit der elektrischen Kenn-



Abbildung 5: Die eingeschlagene Zahl markiert den Öffnungsbeginn des Thermostats, hier 87 °C

linie



Abbildung 6: Ein einfacher Funktionstest im kochenden Wasser. Die deutliche Öffnung des Thermostats ist gut sichtbar.

schutz unterwegs, auch europäische Fahrzeuge sind bei Kühlmittelverlust mit reinem Wasser bis zur nächsten Reparatur gefahren. Da der Ventilator vom Motor angetrieben wird, achten sie auch auf die richtige Leerlaufdrehzahl. Werner Wielan: Die Motoren laufen selbst noch mit 700 1/min rund, für den Ventilator ist das allerdings zu wenig, um ordentliche Arbeit abzuliefern. Den



Abbildung 7: Die rechts eingeschlagene Zahl markiert den Ansprechdruck der Verschlusskappe. Hier 1,0 bar Überdruck



Abbildung 8: Elektrische Prüfung des im Cockpit eingebauten Fernthermometers mit einer Dekade Box an 12 Volt.



Abbildung 9: Die (Oberflächen-) Temperaturen können mit einem Infrarotthermometer sehr schnell gemessen werden. Bei dünnwandigen Bauteilen wie dem oberen Wasserkasten entspricht der Messwert dem der Kühflüssigkeit. Vergessen sie nicht, den Emissionsgrad am Gerät richtig einzustellen!

Motor im Leerlauf mit dem Gaspedal kurzfristig mit erhöhter Drehzahl (1500 1/min) laufen zu lassen, hilft übrigens auch extreme Situationen zu meistern.

Das Kühlwasser und die maximale Motortemperatur

FAQ / Antworten von Werner Wielan:

Ist der Wasserdurchgang am Thermostat eine kritische Engstelle?

Nur in der Öffnungsphase des Thermostats! Bei voll geöffnetem Thermostat (> 8 mm) ist die Drosselwirkung nicht mehr da. Wir haben öfters Druckverteilungsmessungen zur Kontrolle von neuen Komponenten gemacht, bei denen der Kühlkreislauf mit Manometer gespickt war (später Druckaufnehmer zum analogen Mitschreiben der Druckverläufe in der Erwärmungsphase) bei verschiedenen Drehzahlen. Volle Öffnung wird bei ca. 102 °C erreicht!

Was kann mit Thermostaten, die eine andere Öffnungstemperatur haben, erreicht werden?

Mit Thermostaten, die früher als 87 °C öffnen, kann keine Verbesserung der Kühlleistung erreicht werden. Mit Thermostaten höherer Öffnungstemperatur (92 °C) spricht an sehr kalten Tagen die Heizung besser an.

Wie wirkt sich eine weiter steigende Außentemperatur bei voll geöffnetem Thermostat aus?

Unter normalen Betriebsbedingungen an kühlen Tagen und bei wenig Motorlast kann die Kühlwassertemperatur vom Thermostat geregelt werden. Die Öffnungstemperatur des Thermostats entspricht dann der Motortemperatur, also um 90 °C. Ab voller Thermostatöffnung (ca. 102 °C) steigt dann die Wassertemperatur linear mit der Außentemperatur. Dass dann beispielsweise die Kühlwassertemperaturen bei 35 °C Außentemperatur höher liegen als bei 25 °C, ist normal. Bei den abschließenden Typprüfungen der Entwicklung wurde geprüft, ob diese immer unter der Kochgrenze bleiben (hier ca. 127 °C bei 1,2 bar Systemdruck).

Das Optimum ist ein 50 / 50 % Glykol-Wassergemisch. Niemals Frostschutz pur! Der Siedepunkt (= Kochgrenze) dieser Mixtur liegt dann höher als der von reinem Wasser, so ca. bei 105 °C. Das Kühlsystem steht im Betrieb unter Druck. Damit wird der Siedepunkt des Wassergemisches noch weiter angehoben. Der Systemdruck wird von der Verschlusskappe (Renkverschluss) des Kühlers mit 1,2 ±0,2 bar bestimmt. Damit hebt sich der Siedepunkt weiter auf 127 °C an. Leider gibt es heute nur noch 1,0 bar Kühlerverschlüsse und damit verbunden ein verringerter Siedepunkt von nur ca. 120 °C. Die erreichte Kochgrenze des Kühlwassers ist dann die max. zulässige Motortemperatur beim GT! Also bei **1,2 bar ca. 127 °C**, mit **1,0 bar Deckel ca. 120**

°C. Der Opel Manta-A hat in Serie übrigens nur 0,8 bar Systemdruck, ca. 116 °C Kühlwassersiedepunkt!

Die Wasserpumpe ... mit großem Pumpenrad

Was wir hier als Wasserpumpe bezeichnen, ist technisch eine als Kreiselpumpe ausgeführte Strömungsmaschine. Montiert an der Motorstirnseite im Steuergehäuse. Die Pumpe ist zweigeteilt ausgeführt. Im wartungsfreien Oberteil ist der Wasserzulauf von Kühler und Heizung sowie die Antriebswelle mit Lager, Dichtung und Pumpenrad, außerdem der Flansch für die Riemenscheibe. Falls etwas defekt ist, muss es komplett ersetzt werden. Der eigentliche Pumpenraum ist mit den nötigen Funktionsflächen im Steuergehäuse eingearbeitet und wird nicht mit gewechselt. Ein Nachteil, denn das hindurchströmende Kühlwasser hat in der Pumpe bauartbedingt unterschiedliche Geschwindigkeiten und Druckverläufe. In Bereichen mit hoher Strömung kann der Wasserdruck unterhalb des Sättigungsdrucks des Kühlwassers abfallen. Es bilden sich dabei winzige Dampfblasen, die schlagartig zerfallen (implodieren), wenn sie in Strömungsbereiche mit höherem Druck kommen. Das Phänomen nennt man Kavitation. Dabei entstehen schlagartig Druckstöße, die zu Materialablösungen an Metallflächen führen (Kavitationserosion). Das führte Mitte der 1970er Jahre modellübergreifend zu Kundenreklamationen. Teilweise war die Materialerosion im Pumpenraum so stark, dass dieser fast undicht war und das ganze Steuergehäuse ersetzt werden musste. Oder es war bereits schon final Wasser in den Motor gelaufen! Dazu Werner Wielan: Um bei original Kühlwasserpumpen (Pumpenräder ca. 92 bis 94 mm) starke Kavitationsschäden zu vermeiden, sollte im kalten Zustand (Thermostat geschlossen) der Motor nicht über 3000 1/min laufen. Nach gründlicher Untersuchung durch die Entwicklung stellte sich damals heraus, dass die Pumpleistung für alle CIH Motoren viel zu groß war. Damit ist auch der Druckunterschied zwischen Ein- und Auslauf der Pumpe zu groß. Als ad hoc Lösung gab es Pumpenräder mit Ausgleichsbohrungen in der Stirnfläche. Final wurde aber für neue CIH Motoren die Pumpe verkleinert. Pumpenrad und Pumpenraum! Sichtbares Merkmal ist der von 92 mm auf 82 mm reduzierte Pumpenraddurchmesser. Mit dieser Pumpe wäre auch der GT Motor ausreichend bestückt. Der hat aber noch den großen Pumpenraum, welcher nicht gewechselt werden kann. Und fatalerweise lassen sich die neuen kleinen Pumpenoberteile hier auch montieren. Das fällt dann im Oldtimerbetrieb nicht weiter auf. In extremen Situationen schon, da kann besonders im GT eine durch diese ungünstige Paarung (sich ergebene) veränderte Pumpleistung am Kühlwasserthermometer sichtbar werden. Es ist gar nicht so wichtig, wie viel Schaufeln am Pumpenrad vorhanden sind, wie die anteilige Schaufelhöhe zur Gesamthöhe ist oder ob Ausgleichsbohrungen in



Abbildung 10: Das Windkreuz! Mit Erlaubnis durfte ich meinen GT in den original Prüfstand in Dudenhofen einfahren. Sicher das erste Mal seit Jahrzehnten, das hier ein GT steht! Im Hintergrund erkennt man die erhöhte Schnellfahrbahn. Die „Garagen“ sind oben offen, waren bisweilen mit starken Heizstrahlern ausgestattet, um die Sonnenlast nachzustellen.

Aussentemperatur: 35 °C		Sehr starke Sonnenlast		Messtag: 08.08.2020					
Messstelle >	Kühler	Wasserpumpe	Ölfilter	Ölkühler	Zylinderkopf	Vergaser			
	Wasserkasten, Einlauf oben	Wasserkasten, Auslauf unten	Gehäuse oben	Gehäuse	Schlauch, am Kühler oben	Schlauch am Kühler unten	Zündkerzenseite, 1. Zylinder	Flansch	
Nach Fahrtende im Leerlauf (°C)	100	101	96	88	85	102	84		
Nach 10 min. im Leerlauf (°C) 900 – 1500 1/min	106	101	101	102	92	86	108	84	

Abbildung 11: Meine Messergebnisse bei +35 °C Außentemperatur. Die Grenztemperatur bei meinem GT ist 120 °C. Mit einer Leerlaufdrehzahl von 900 1/min lässt sich Motortemperatur in meinem „Prüfstand“ nicht ganz halten, mit erhöhtem Leerlauf schon. 10 Min nach Motorstillstand sind Kochgeräusche zu hören, es läuft Kühlflißigkeit ab. Mit Ölkühler gemessen, ohne Ölkühler wären alle Werte um ca. 5 K höher.

der Stirnfläche sind. Nur der Abstand vom Pumpenrad zum Sporn im Gehäuse ist hier wichtig. In der Praxis: Mit einem 82 mm Pumpenrad im original GT Motor ergibt sich keine optimale Pumpleistung, besonders bei hoher- und niedriger Motordrehzahl (= Leerlauf).

Prüfung Heißeerlaufkühlung

Um eine Heißeerlaufprüfung durchzuführen, habe ich zunächst die Kühlungscheckliste bei meinem Fahrzeug abgearbeitet. Durch die Kontakte in der Alt-Opel IG habe ich die richtige Wasserpumpe mit 92 mm Pumpenraddurchmesser bekommen. Die restlichen Teile stammen vom lokalen Kühlerbauer. Nach dem Zusammenbau und einer Probefahrt starte ich meine Prüfungen an drei heißen Tagen im Hochsommer bei 25, 30 und 35 °C Außentemperatur. Für jeden Test muss das Fahrzeug zunächst konditioniert werden. Mangels Prüf-

gelände habe ich das durch eine immer gleiche schnelle Rundfahrt über die Autobahn und zurück zum nahen Messplatz - meiner Garage - gelöst. Dort das Fahrzeug hinein und bis an das Ende vorgefahren, um es dann mit geschlossener Motorhaube im Leerlauf stehen zu lassen. Das Garagentor bleibt offen, die einzige Frischluftquelle in der Tageshitze. Die Prüfung ist brutal, man kann dabei den Motor zerstören! In kurzen Abständen hebe ich nun die Motorhaube etwas an, nehme mit einem Infrarotthermometer die Temperaturen am Motor auf, um sie schnell wieder zu schließen. Die Wärme kann man deutlich spüren, es läuft schmelzende Hohlraumversiegelung aus den Längsträgern der Karosserie. Ich schaue zu, wie sie auf den Boden tropft, traue mich aber nicht mit einem Lappen unter den Wagen zu fassen. Sollte jetzt das Kühlwasser zu kochen beginnen, wird es schlagartig aus dem Kühlerüberlauf schie-



Abbildung 12: Ziel erreicht: Selbst unter harten Bedingungen bleibt der Zeiger im grünen Bereich, der beim GT wirklich bis 115 °C geht. Im Bildbeispiel sind es 90 °C, 87 – 102 °C ist der Regelbereich vom Thermostat. Die Skalenwerte sind nach Checkliste ausgemessen!

ßen. Ich breche dann immer nach ca. 15 min die Prüfungen ab. Sicher ist sicher! Am letzten Tag fasse ich alle Messwerte zusammen und bin überrascht. Die maximal gemessene Temperatur am Wasserkasten des Kühlers ist deutlich unterhalb der errechneten Kochtemperatur des Kühlwassers von hier 120 °C. Im Prinzip bestanden! Zunächst einmal Glückwunsch Herr Both zur Erkenntnis, dass der GT von der Kühlung OK ist, so Werner Wielan. Aber bitte nicht vergessen, alles ist mit Ölkühler gemessen und damit liegt die Wassertemperatur sicher mindestens 5 °C unter dem, was sich ohne Ölkühler einstellen würde. Da hat er recht, aber selbst mit 5 °C höheren Messwerten wäre immer noch alles in Ordnung! Beschwerden zur Kühlung gab es schon zur Produktionszeit. Opel reagierte damals erst spät mit einer Ergänzung in der Betriebsanleitung (Ausgabe April 1973): *“Die günstigste Betriebstemperatur liegt im mittleren Skalenbereich (zwischen 80 und 100 °C), sie kann jedoch unter extremen Bedingungen bis zum letzten kleinen Teilstrich (115 °C) ansteigen“*. Der GT zeigt viel Bewegung bei der Motortemperatur und kann problemlos fast bis in den roten Bereich der Skala hinein gefahren werden. Vorausgesetzt Dichtungen und Schläuche sind in Ordnung! Das war so vorgesehen und freigegeben. Zu dem Trick mit dem Ölkühler dann später mehr im zweiten Teil.

Vielen Dank an Werner Wielan für die Unterstützung

#2802 Carsten Both

Opel GT 1,9 S, Checkliste für originale Kühlausrüstung:

1. Systemdichtigkeit und Zusammenbau:

1. System muss vollständig dicht sein, Dichtungen und Schläuche (Risse?) dürfen nicht überaltert sein!
2. System von Rost- und Schlammablagerungen reinigen o. spülen!
3. Funktionsprüfung: Dichtigkeitsprüfung nach Werkstatthandbuch mit 1,5 bar, Druck darf nicht abfallen

2. Verschlusskappe (Renkverschluss) des Kühles:

1. 1,2 bar (verfügbar sind vermtl. nur noch Typen mit 1 bar)
2. Funktionsprüfung: Sichtkontrolle Druckstempel ≥ 1 bar, 100 KPa, 1000 mbar

3. Kühler:

1. Standard Röhrenkühler, kein spezieller „Rennkühler“ notwendig
2. Paßt der neue Kühler passgenau in die Schottwand?
3. Funktionsprüfung: Ab 2000 1/min Motordrehzahl darf der Temperaturunterschied bei voll geöffnetem Thermostat zwischen Einlauf und Auslauf nicht größer als 6 K ($^{\circ}$ C) sein. Ein höherer Unterschied deutet auf ein Wasserdurchlaufproblem im Kühler oder Thermostat hin

4. Kühlwasser:

1. 50/50 Mix Glysantingemisch (destilliertes Wasser mit Frostschutzkonzentrat). Dieses Mischungsverhältnis ergibt die nötige Siedepunkterhöhung von ca. $+5$ $^{\circ}$ C zu reinem Wasser
2. Nie Frostschutz pur! Kein Frostschutz für Aluminium Motoren verwenden (= ROTE Farbe)
3. Funktionsprüfung: Messen mit Messspindel: Zielwert ist ca. -37 $^{\circ}$ C

5. Thermostat:

1. Öffnungstemperatur: 87 $^{\circ}$ C
2. Funktionsprüfung: Sichtkontrolle Temperaturstempel, Kochtest im Wasser ≥ 8 mm Öffnungsweg bei 102 $^{\circ}$ C

6. Wasserpumpe:

1. Pumpenraddurchmesser 92 – 94 mm = GT Serienausführung.
2. Pumpenräder mit 82 mm Durchmesser haben im GT Pumpengehäuse ein schlechteres Betriebsverhalten
3. Funktionsprüfung: Pumpe ausbauen und Pumpenrad messen

7. Ventilator u. Ventilatorantrieb (Europa Ausführung):

1. Ventilator Durchmesser: Schaltgetriebe = 340 mm (Automatik = 360 mm), Fünf Flügel, im Original haben nur die Fahrzeuge „Automatik“ einen Lufttrichter (Fan Shroud) um den Ventilator und bei Produktionsende zusätzlich noch eine VISCO-Ventilator Kupplung
2. Ventilatorabstand zum Kühler: ca. 45 mm (Obere Flügelkante zum Kühlernetz)
3. Riemenscheiben Übersetzung: 1 : 1,1
4. Funktionsprüfung: Leerlaufdrehzahl des Motors muss min. 850 1/min oder höher sein

8. Kühlmitteltemperatursensor:

1. NTC Heißleiter VDO Serie 801, Messbereich: $+40$ $^{\circ}$ C bis $+120$ $^{\circ}$ C
2. Typ: VDO 323-801-017-001N
3. Widerstandswerte: 287,4 - 22,7 Ohm, Bezugstemperatur ist 100 $^{\circ}$ C mit 38,5 Ohm
4. Achtung: Verwechslungsgefahr mit Typ 804 anderer Opel Modelle!
5. Funktionsprüfung: Elektrische Messung mit Ohmmeter und Thermometer u. Vergleich mit Kennlinie

9. Funktion Anzeigeelement / Wassertemperaturen:

1. Letzter Teilstich von dem Roten Bereich = 110 $^{\circ}$ C, mit 29,12 Ohm an 12 Volt
2. Der Rote-Bereich = 115 $^{\circ}$ C mit 25,5 Ohm an 12 Volt
3. Weißer Teilstrich hinter dem Roten Bereich = 120 $^{\circ}$ C, mit 22,44 Ohm an 12 Volt (ca. Kochgrenze)
4. Funktionsprüfung: Elektrische Prüfung mit z.B. Widerstands Decade – Box an 12 Volt

10. Maximale Motortemperatur:

1. Ist die Kochgrenze des Kühlwassers! Eine Funktion aus Systemdruck, gegeben durch die Kühlerverschlusskappe (Renkverschluss) und der Kochtemperatur des Glysantingemisch (50/50 Mix.)
2. Max. Motortemperatur ist die erreichte Kochgrenze des Kühlwassers im Gesamtsystem. Je nach verwendeter Verschlusskappe (Renkverschluss) und Kühlwassermix ca. 120 $^{\circ}$ C bei 1,0 bar Systemdruck, ca. 127 $^{\circ}$ C bei 1,2 bar Systemdruck
3. Funktionsprüfung: Temperaturmessungen am oberen Kühlerkasten

11. Maximale Öltemperatur:

1. Ist ein fester Wert von 150 $^{\circ}$ C am Eintritt vom Hauptölkanal, die auf Empfehlungen der Mineralölindustrie beruht
2. Funktionsprüfung: Siehe... Temperatur-Tuning im Opel GT 1.9 S. Teil 2