

Mondeo MK2

Klimaanlage

Inhalt:

1 Funktionsweise der Klimatechnik	1
2 Manuelle Heizungs- und Klimaregelung	4
3 Halbautomatische Klimaregelung (SATC)	6
4 Steckerbelegung SATC-Modul	10

1 Funktionsweise der Klimatechnik

Die Klimaanlage im Ford Mondeo besteht aus dem Kältemittelkreislauf im Motorraum und der Regelungstechnik im Innenraum. Für die Regelung ist entweder die manuelle oder die halbautomatische Regelung vorhanden. Diese werden in separaten Abschnitten besprochen.

Die Wirkungsweise der Klimaanlage beruht auf dem standardisierten Wirkprinzip, das bereits Carl von Linde entwickelt hatte. Linde hatte erkannt, dass man Luft und andere Gase sehr tief herunterkühlen kann, wenn man sie zunächst komprimiert, dadurch erwärmt, dann mit einfachen Mitteln wieder auf Umgebungstemperatur kühlt, und anschließend expandiert und damit die bei der Komprimierung zugeführte Wärme wieder entzieht. Dieses Wirkprinzip findet heute - in unterschiedlichen Ausprägungen - in jedem Kühlschrank und jeder Klimaanlage Anwendung. Anstelle von Luft wird ein spezielles Kältemittel verwendet, da es hierfür bessere physikalische Eigenschaften aufweist. Bei der in Klimaanlagen verwendete hohe Komprimierung wird der besonders hohe Wirkungsgrad beim Aggregatsübergang (flüssig in gasförmig und zurück) des Kältemittels ausgenutzt.

Wichtiger Hinweis:

Der Autor ist **kein** ausgebildeter Kfz-Fachmann und übernimmt **keinerlei Haftung** für Schäden, die aus dem Nachvollziehen dieser Dokumentation entstanden sein könnten. Das Copyright an diesem Dokument inklusive aller Abbildungen liegt allein beim Autor. Das Dokument darf nur im Ganzen weitergegeben und nicht verändert werden. Die private Nutzung des Dokuments ist ausdrücklich gestattet, jede kommerzielle Verwendung oder der Handel damit ist dagegen untersagt. Das Dokument wird ausschließlich nur vom Autor selbst veröffentlicht. Über eine kurze Information zur Verwendung oder Weitergabe des Dokuments würde sich der Autor freuen.

Das Kältemittel der Fahrzeugklimaanlage im Mondeo bewegt sich in einem hermetisch geschlossenen Kreislauf. Es wird durch den Kompressor verdichtet und hierdurch auf 70 - 125°C erhitzt. Der Kompressor sitzt in Fahrtrichtung vorne rechts am Motor und wird durch den Flachriemen angetrieben. Durch die Pumpwirkung des Kompressors wird es durch den Kondensator geführt. Dieser befindet sich im Kühleraufbau, sodass der Kühlmittel durch Fahrtwind und die zusätzlich aktivierten Motorlüfter wieder etwas abgekühlt wird und damit kondensiert, obwohl es noch immer unter hohem Druck steht.



Vor der Einleitung in den Fahrgastraum muss das warme, flüssige Kältemittel eine Engstelle im Kreislauf passieren, die sogenannte Festdrossel. Diese Drossel ist das Gegenstück der am Kompressor beginnenden Hochdruckstrecke. Auf der Austrittsseite der Drossel hat das Kältemittels seinen Druck stark abgebaut und sich dadurch auf etwas unter 0°C abgekühlt.



Drossel (metallische Verdickungsstelle rechts), Doppeldruckschalter und Befüllungsanschluss

Im Heizungskasten im Fahrgastraum durchströmt das Kältemittel anschließend den Wärmetauscher (auch Verdampfer genannt), wo es durch die vom Gebläsemotor durchgeblasene Luft wieder erwärmt und in gasförmigen Zustand gebracht wird.



Auf dem Rückweg zum Kompressor sorgt nun noch der Trockner dafür, dass die restlichen flüssigen Bestandteile verdampfen, da diese dem Kompressor schaden würden. Das nun mäßig warme, gasförmige Kältemittel wird im Kompressor erneut verdichtet und erhitzt, womit sich der Kreislauf schließt.



Es ist von großer Bedeutung, dass der Druck im Kältemittelkreislauf innerhalb der zulässigen Grenzen bleibt. Ein zu niedriger Druck würde zur Unterversorgung des Kompressors mit im Kältemittel enthaltenen Schmierstoffen führen. Ein zu hoher Druck könnte das System platzen lassen. Um dies zu überwachen und die Klimaanlage gegebenenfalls zu deaktivieren, werden mehrere Druckschalter verwendet, durch die das elektrische Aktivierungssignal der Reihe nach geführt wird, wenn der Fahrer die Klimaanlage eingeschaltet hat. Wenn alle Schalter in Normal-Stellung stehen, erreicht dieser Strom den Klimakompressor und kuppelt diesen in die sich drehende Riehemscheibe ein.

1. Niederdruckschalter (CCS)

befindet sich auf dem Trockner (Niederdruckteil) und ist geschlossen, solange der Druck im Trockner nicht unter den Mindestwert von 1,6 bar gesunken ist. Wenn sich der Druck wieder erhöht, schließt der Schalter erst ab 3,0 bar wieder.

2. Hochdruckschalter (PCS)

befindet sich im Hochdruckabschnitt des Kreislaufs und ist geschlossen, solange der Druck an dieser Stelle nicht über den Maximalwert von 30,7 bar gestiegen ist. Hat der Schalter geöffnet, so schließt er erst wieder, wenn der Druck unter 17,2 bar gesunken ist. Der Schalter befindet sich in einer gemeinsamen Einheit mit dem Druckschalter der Motorsteuerung(s.u.), weshalb diese Einheit als Doppeldruckschalter bezeichnet wird.

3. Vollastrelais (WOT)

ein Öffner-Relais im Batteriesicherungskasten BJB. Dieses Relais wird vom Motorsteuergerät angesteuert und geöffnet, wenn dieses den Klimabetrieb unterbrechen muss. Dies ist bei Motorvolllast der Fall, ebenso auch bei hoher Motortemperatur (ECT-Sensor) oder bei sehr schnellem Druckanstieg im Kältemittelkreislauf (Druckanstiegsschalter).

Der zweite im Doppeldruckschalter enthaltene Druckschalter dient nicht der Kompressorsteuerung, sondern er meldet dem Motorsteuergerät durch Schließen seines Kontaktes, wenn der Druck im Hochdruckbereich des Klimakreislaufs über 20,7 bar gestiegen ist. Das Steuergerät schaltet hierauf die Motorlüfter auf Maximalstufe. Um den Kühleffekt besser auszunutzen, öffnet der Schalter erst wieder, wenn der Druck unter 17,2 bar gesunken ist.

2 Manuelle Heizungs- und Klimaregelung

Für das Erreichen der gewünschten Innenraum-Temperatur steht dem Fahrer eine Bedieneinheit aus drei Drehschaltern zur Verfügung.



Der linke Drehschalter dient der Wahl der Lufttemperatur. Er besteht aus einem Potentiometer, dessen Widerstandswert den elektrischen Stellmotor an der Warmluftklappe ansteuert. Die vom Motor erreichte Stellung dieser Klappe regelt die Temperatur der einströmenden Luft, indem sie die Mischung von erwärmter und nicht-erwärmter (bei eingeschalteter Klimaanlage: gekühlter) Luft bestimmt. Dieses System aus Stellmotor und Regler ist von der restlichen Steuerung vollständig unabhängig.



Der mittlere Drehschalter besteht aus einem pneumatischem Verteilschalter und zwei elektrischen Kontakten. Der Verteilschalter dient zur Steuerung der Luftverteilerklappen nach dem vom Fahrer gewünschten Luftaustritt. Dies geschieht mit Unterdruck aus dem Motoransaugbereich, der mit dünnen Schläuchen über ein Rückschlagventil und einen Sammelbehälter zu diesem Schalter geführt wird. Durch entsprechendes Öffnen und Schließen von internen Verbindungen im Schalter wird der Druck auf eine der zwei Auslass-Druckdosen weitergeleitet.

Die erste Druckdose befindet sich an der linken Seitenwand des Heizungskastens hinten. Sie betätigt die Klappe für den Luftaustritt zwischen Fußraum- und Armaturen-Austritt. Die zweite Dose sitzt auf der gleichen Seite etwas weiter vorne und öffnet und schließt den Luftauslass zur Scheibe (Defrosten).



Bild links: Heizungskasten ausgebaut, komplett: rechts die beiden Druckdosen für die Luftauslassklappen, unten Mitte die Anschlüsse für Heiz- und Klimakreislauf, oben Luftauslass zur Frontscheibe, links die Druckdose der Umluftklappe. Bild rechts: Nachaufnahme einer Druckdose.

Stellt der Fahrer den Drehschalter auf "Defrosten" (ganz nach rechts), so wird der enthaltene elektrische Kontakt geschlossen und hierüber Strom über die Druckschalter zum Klimakompressor im Motorraum geführt. Sind alle Druckschalter in Ruhelage (siehe voriges Kapitel), wird die Klimaanlage automatisch zugeschaltet. Diese Funktion beschleunigt das "Defrosten" der Frontscheibe, da sich die von der Scheibe gelöste Feuchtigkeit am Klima-Wärmetauscher abschlägt und somit aus der Luft und aus dem Fahrzeug gebracht wird.

Stellt der Fahrer den Drehschalter in die Stellung "Aus", wird der zweite elektrische Kontakt geöffnet und der Gebläsemotor hierdurch abgeschaltet.

Der dritte - rechte - Drehschalter hat zwei Funktionen. Einerseits regelt er die Stärke des Gebläsemotors in vier Schritten, andererseits wird zwischen Frischluft- und Umluft-Zufuhr gewählt. Die Gebläseregelung geschieht über einen dreistufigen Vorwiderstand, der die Drehzahl des Gebläsemotors je nach eingestellter Stufe (1 - 3) drosselt. In Stufe vier wird der Widerstand umgangen und der gesamte Strom direkt zum Gebläse geleitet.



Alle Gebläsestufen sind im Schalter zweimal vorhanden. Der Unterschied zwischen ihnen ist der pneumatische "Schalter", der - analog zum mittleren Drehschalter - über Unterdruckschläuche die Stellung der Umluft-Klappe bestimmt. Hierfür ist eine dritte Druckdose im Beifahrerfußraum zwischen Gebläsemotor und Heizungskasten vorhanden.

Wegen der sehr hohen Stromaufnahme des Gebläsemotors ist dieser über das Gebläserelais im inneren Sicherungskasten abgesichert.

3 Halbautomatische Klimaregelung (SATC)



Bedienmodul der halbautomatischen Klimaanlage (hier mit teilweise abgenommener Armaturenverkleidung)

Im Gegensatz zur manuellen Heizungs- und Klimaregelung übernimmt die halbautomatische Klimasteuerung (Semi-Automatic Temperature Control - SATC) die Temperaturregelung und die Stärke der einströmenden Luft selbst.



SATC-Regelmodul, ausgebaut, Rückansicht



SATC-Modul, geöffnet und zerlegt

Das SATC-Modul enthält einen Prozessor, der eingehende Messungen und digitale Vorgaben auswertet und entsprechend in Regelungs- und Schaltaktionen umwandelt. Das Modul zeigt über ein 2-stelliges LCD-Display die vorgewählte Innenraumtemperatur in °C an. Über zwei Tasten kann diese schrittweise zwischen 18 und 28 °C eingestellt werden. Außerhalb dieses Wertebereiches werden die Extremwertvorgaben mit "LO" (für "low") und "HI" (für "high") angezeigt. In diesen Fällen wird die Anlage auf maximale Kühlung bzw. Heizung ohne Temperaturregelung geregelt.



Um die gewünschte Regelung zu erreichen, benötigt das Modul aktuelle Temperaturwerte als Berechnungsgrundlage. Hierzu benutzt es vier verschiedene Sensoren:

Innenraumtemperatursensor	NTC-Widerstand hinter der Armaturenblende rechts vom Kombiinstrument; durch seine Einbaulage wird er von einem kleinen Ventilator angeblasen, um das Messergebnis zu verbessern; liefert die Ist-Temperatur im Innenraum;
Außentemperatursensor	NTC-Widerstand im Motorraum, vorderer Querträger rechts; liefert die Außentemperatur zur Errechnung der Differenz zum Innenraum und zum Sollwert;
Kühlwassertemperatursensor	NTC-Widerstand im Motorraum, auf Wärmetauscher-Zulaufschlauch des Kühlwassersystems; liefert einen Wert für die Motorwärme und hat Einfluss auf die Gebläsestärke in der Kaltlaufphase;
Sonnensensor	Photodiode unter der Windschutzscheibe rechts; liefert einen Wert für die Sonneneinstrahlung als Korrekturfaktor zur Regelung.



Innentemperatursensor



Außentemperatursensor



Kühlwassertemperatursensor



Sonnensensor, beim Einbau

Das SATC-Modul berechnet aus diesen Werten sowohl den richtigen Stellwinkel der Warmluftklappe als auch die notwendige Gebläsestärke, um die vorgegebene Temperatur zu erreichen und auch zu halten. Lediglich die Luftführung (also zum Fußraum, Kopfbereich oder zur Scheibe) wird weiterhin manuell durch den Fahrer eingestellt.

Der Stellmotor ist ein elektrischer Schrittmotor mit Positionsrückmeldung, der über ein Schneckengetriebe und eine Vierkantwelle die Klappe im Zuluftstrom so einstellt, dass die gewünschte Menge Luft durch den Wärmetauscher geleitet und damit erwärmt wird oder im umgekehrten Fall daran vorbei geführt wird und ungewärmt bleibt.



Stellmotor Warmluftklappe



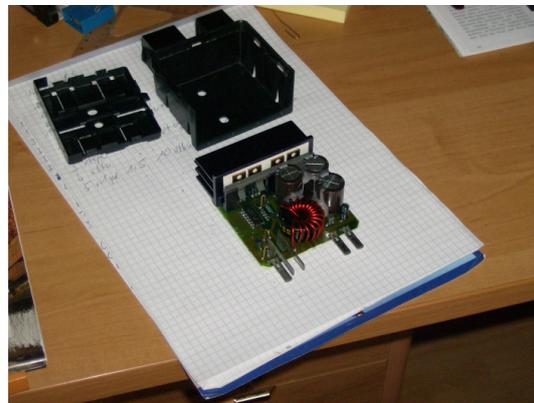
Magnetventil für Unterdrucksteuerung Umluftklappe

Das Gebläse verbraucht sehr viel Strom. Um diesen zu regeln, wird ein zusätzliches Regelmodul mit Leistungsentstufe verwendet, das direkt am Gebläsemotor angebracht ist. Dieses Modul erhält vom SATC-Modul ein PWM-Steuersignal. Die Länge der PWM-Pulse ist hierbei die Information über die gewünschte Gebläsestärke. Das Modul wandelt danach den Eingangsstrom in einen analog PWM-gepulsten Arbeitsstrom für das Gebläse um. Mit variabler Pulslänge lässt sich der Motor so stufenlos regeln.

Soll die Gebläseregelung nicht automatisch erfolgen, kann der Fahrer über den Drehregler am Modul dies auch nach eigenen Vorstellungen einstellen, wobei aber trotzdem das SATC-Modul die Signalaufbereitung an das PWM-Modul durchführt. Ein Vorteil der automatischen Regelung ist, dass das SATC-Modul im Heizbetrieb den Gebläsemotor nur langsam laufen lässt, solange der Motor noch kalt ist, da in dieser Zeit keine Heizwirkung erzielt werden kann.



Gebälseregelungsmodul mit Haltewinkel



Gebälseregelungsmodul, geöffnet

Die Steuerung des Luftaustritts im Fußraum, Kopfbereich und unter der Frontscheibe erfolgt weiterhin manuell durch den Fahrer durch Unterdruckbediente Klappen im Luftkanal. Die Frischluft-/Umluft-Klappe wird ebenfalls weiterhin mit Unterdruck betätigt, hier allerdings durch ein zwischengeschaltetes Magnetventil vom SATC-Modul elektrisch angesteuert. Die Klappe wird bedient, wenn der Fahrer die Umluft-Taste am Modul bedient oder wenn die Defrosten-Funktion aktiviert wurde und das Modul durch Temperaturmesswerte ein besonders schnelles Defrosten für erforderlich hält.



Die Klimaanlage wird vom Fahrer über die AC-Taste am Modul aktiviert. Das Modul steuert daraufhin ein Relais an, das die eigentliche Klimaanlage im Motorraum mit Strom versorgt. Wie bei der manuellen Klimasteuerung wird der Klimakompressor dann eingekuppelt, wenn alle Druckschalter und das WOT-Relais korrekt geschaltet sind. Das SATC-Modul kann die Klimaanlage auch eigenständig aktivieren, so z.B. im Defroster-Modus und bei besonders starker Kühlungsanforderung. Auf der anderen Seite kann das SATC-Modul den Einsatz der Klimaanlage auch reduzieren, z.B. bei stehendem Fahrzeug. Hierfür wertet es das Geschwindigkeitssignal aus.



Selbsttest

Das SATC-Modul kann mit einem intensiven Selbsttest die Funktionsbereitschaft des Prozessors sowie aller Sensoren und Stellglieder feststellen. Dieser Test wird wie folgt durchgeführt:

- Die aktuelle Außentemperatur darf 10 °C nicht unterschreiten
- Zündung einschalten
- Gebläseschalter auf "AUTO" stellen
- Luftregelschalter auf "Defrost" (nur Frontscheibe) stellen
- Die rote Taste und die A/C-Taste gleichzeitig drücken, loslassen, und gleich darauf die blaue Taste drücken.

Nach etwa 30 Sekunden werden 2-stellige Codes ausgegeben. Der Code 88 bedeutet: "Kein Fehler".

A	B	Beschreibung
20	22	Stromkreis Heizungsklappenmotor hat einen Kurzschluss
24	25	Ansteuerungsstromkreis Heizungsklappenmotor ist fehlerhaft
30		Stromkreis Innentempertursensor hat einen Kurzschluss
31		Stromkreis Innentemperturesnsor ist unterbrochen
40	42	Stromkreis Außentempertursensor hat einen Kurzschluss
41	43	Stromkreis Außentemperturesnsor ist unterbrochen
50	52	Stromkreis Sonnesensor hat einen Kurzschluss
60	62	Stromkreis Gebläseregelung ist fehlerhaft
70	72	Stromkreis Kühlwasser-Tempertursensor hat einen Kurzschluss
71	73	Stromkreis Kühlwasser-Tempertursensor ist unterbrochen
88		kein Fehler

Die Fehlercodes in Spalte A bleiben bis zu deren Löschung durch den Bediener gespeichert, die Codes der Spalte B werden vom System selbständig gelöscht, wenn sich der Fehler nicht wiederholt.

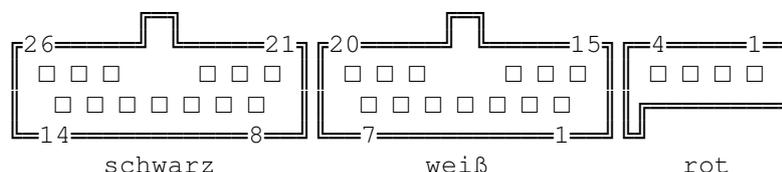
Der Selbsttest wird wahlweise beendet mit:

- Umluft-Taste (Fehlerspeicher wird nicht gelöscht), oder
- A/C-Taste (Fehlerspeicher wird gelöscht).

Anschließend muss die Zündung aus- und mindestens 30 Sekunden lang wieder eingeschaltet werden, damit sich das System neu initialisiert.

4 Steckerbelegung SATC-Modul

Nachfolgend ist die Belegung des Steuermoduls der halbautomatischen Klimaregelung Stand 08/98 dokumentiert. Für exaktere Dokumentationen, auch zu anderen Ausstattungen wird auf die technische Verkabelungsdokumentation des Autors verwiesen.



schwarzer und weißer Stecker (umlaufende Nummerierung)

Pin	Kabelfarbe	Funktion / Bedeutung
1	violett/schwarz	Heizungsklappenstellmotor, zum Motor
2	braun/grün	Referenzmasse für Sensoren
3		(frei)
4	schwarz	Steuerung Ventilator auf Innentempersensor
5	weiß/schwarz	Heizungsklappenstellmotor, Positionssensor
6	braun/gelb	Heizungsklappenstellmotor, Positionssensor
7	violett/gelb	Signaleingang Aktivierung Defrostermodus, vom Drehschalter Stellung "Defrosten"
8		(frei)
9	blau/weiß	Ausgang PWM-Signal an Gebläseregelungsmodul
10	schwarz/orange	Steuerung Klimakupplungsrelais, für Aktivierungssignal zum Motorraum
11	orange/blau	Signalleitung, +12V wenn Instrumentenbeleuchtung eingeschaltet
12	weiß/schwarz	Sensorsignal Sonnensensor
13	weiß/violett	Sensorsignal Außentempersensor
14	weiß/grün	Sensorsignal Innenraumtempersensor
15	schwarz	Heizungsklappenstellmotor, vom Motor
16	schwarz	Masse
17	violett/weiß	Stromversorgung, von Sicherung 37 über Heizgebläserelais
18	orange/weiß	Stromversorgung zur Speichererhaltung, Dauerplus von Sicherung 34
19	gelb/schwarz	Heizungsklappenstellmotor, Positionssensor
20	violett/weiß	Signaleingang Aktivierung Klimaanlage, vom Drehschalter außer Stellung "aus"
21		(frei)
22	weiß/violett	Signaleingang Geschwindigkeitssignal, von der Motorsteuerung
23	weiß/schwarz	Sensorsignal gesonderter Kühlmitteltempersensor
24	schwarz/blau	Steuerung Umluftklappenventil
25		(frei)
26	braun/blau	Sensorsignal Sonnensensor

roter Stecker

Pin	Kabelfarbe	Funktion / Bedeutung
1	violett/weiß	Eingang Schalterstellungen außer "aus", von Sicherung 37 über Gebläserelais
2	violett/weiß	Ausgang Schalterstellungen außer "aus", Signal zur Klimaaktivierung auf Modul Pin 20
3	violett/weiß	Eingang Schalterstellung "Defrosten", von Pin 2
4	violett/gelb	Ausgang Schalterstellung "Defrosten", Signal zur Klimaaktivierung auf Modul Pin 7