PECU

PROGRAMMABLE ENGINE CONTROL UNIT

M52

Art.-Nr. 5813



Handbuch

Plug & Play Motorsteuerung für BMW M52 (Siemens MS41)

Stand: November 2026

Gilt für alle Platinenrevisionen bis R04 (Unterschiede in Anhang D.2), rusEFI-Firmware release_20260812 und CAN-Modul-Firmware 1.3.1.

Inhalt

Über dieses Handbuch

1 Sicherheit und rechtliche Hinweise
- 1.1 Bestimmungsgemäße Verwendung
- 1.2 Sicherheitshinweise
- 1.3 Haftung
- 1.4 Open-Source-Firmware

2 Produktübersicht
- 2.1 Konzept
- 2.2 Variante PECU M52
- 2.3 Lieferumfang
- 2.4 Gehäuse und Anschlüsse
- 2.5 Technische Daten

3 Anschlüsse und Funktionen
- 3.1 Spannungsversorgung, Masse und Hauptrelais
- 3.2 Kurbelwellen- und Nockenwellengeber
- 3.3 Einspritzung
- 3.4 Zündung
- 3.5 Temperatursensoren
- 3.6 Drosselklappe und Last
- 3.7 Breitband-Lambdaregelung
- 3.8 Klopfsensor und Abgastemperatur
- 3.9 Eingänge: Fahrgeschwindigkeit, Taster und Analogeingänge
- 3.10 Schaltausgänge
- 3.11 Leerlaufsteller
- 3.12 Zusatzstecker X4 (24-polig)
- 3.13 Zusatzstecker X7 (14-polig)
- 3.14 CAN-Bus
- 3.15 USB und microSD-Karte
- 3.16 Leuchtdioden auf dem uaEFI-Modul
- 3.17 Klimaanlage
- 3.18 Tankentlüftung
- 3.19 Nicht belegte Pins und Funktionen der Original-DME

4 Einbau
- 4.1 Vorbereitung
- 4.2 Einbau des Steuergeräts
- 4.3 Masse und Leitungsverlegung bei Erweiterungen

5 Software
- 5.1 Übersicht
- 5.2 TunerStudio installieren und Projekt anlegen
- 5.3 Grundbedienung von TunerStudio
- 5.4 Firmware aktualisieren

6 TunerStudio-Menüs
- 6.1 Menü „Setup"
- 6.2 Menü „Fuel"
- 6.3 Menü „Ignition"
- 6.4 Menü „Cranking" (Startvorgang)
- 6.5 Menü „Idle" (Leerlauf)
- 6.6 Menü „Advanced"

6.7 Menü „Sensors"
6.8 Menü „CAN-bus"
6.9 Menü „Controller"
6.10 Live-Daten und Anzeigen

7 Grundlagen der Abstimmung
7.1 Reihenfolge
7.2 Zündzeitpunkt mit Stroboskop prüfen
7.3 VE-Tabelle abstimmen
7.4 Datenaufzeichnung

8 CAN-Modul mit OLED-Anzeige
8.1 Aufgaben
8.2 Funktionsübersicht der Firmware
8.3 Voraussetzungen in TunerStudio
8.4 OLED-Anzeige
8.5 Status-LED des CAN-Moduls
8.6 WLAN und Dashboard
8.7 Einstellseite
8.8 CAN-Abschluss und Fehlerzähler
8.9 Fahrzeugprofil BMW E46/E39/E38/E53/Z3
8.10 Momentmodell, Momenteneingriff und Lua-Skript
8.11 Firmware-Update des CAN-Moduls
8.12 Klimakompressor

9 Diagnose und Fehlersuche
9.1 Vorgehen
9.2 Fehlertabelle
9.3 Zurück zur Basiskalibrierung

10 Wartung, Gewährleistung, Support

Anhang A – Pinbelegung des uaEFI-Moduls

Anhang B – Belegung des Fahrzeugsteckers X1 (PECU M52)

Anhang C – Glossar

Anhang D – Änderungen dieser Anleitung
D.1 Ausgaben dieser Anleitung
D.2 Platinenrevisionen
D.3 Firmware des CAN-Moduls

Über dieses Handbuch

Dieses Handbuch beschreibt das PECU M52, das Plug & Play Motorsteuergerät von k-data für den BMW M52, in allen Funktionen. Es richtet sich an Werkstätten, Tuner und erfahrene Privatanwender.

Wer das PECU zum ersten Mal einbaut und nur den Motor zum Laufen bringen möchte, beginnt mit dem separaten Dokument **„PECU Getting Started"**. Es führt in zwölf Schritten bis zum ersten Start und verweist für Details auf die Kapitel dieses Handbuchs.

Aufbau des Handbuchs

Kapitel	Inhalt
1	Sicherheit und rechtliche Hinweise
2	Produktübersicht, Varianten, Lieferumfang, technische Daten
3	Anschlüsse und Funktionen: jede Funktion mit Pin am Fahrzeugstecker, Signal und Einstellung
4	Einbau im Fahrzeug
5	Software: TunerStudio, rusEFI Console, Firmware
6	TunerStudio-Menüs Punkt für Punkt
7	Grundlagen der Abstimmung
8	CAN-Modul mit OLED-Anzeige: alle Funktionen der Firmware, WLAN, Fahrzeugprofil, Updates
9	Diagnose und Fehlersuche
10	Wartung, Gewährleistung, Support
Anhang	Pinbelegung uaEFI, Belegung des Fahrzeugsteckers, Glossar

Schreibweisen

- Menüpfade in TunerStudio stehen in der Form **Kraftstoff (Fuel) › Injector Setup › Injection configuration**. Die Anleitung geht von TunerStudio mit deutscher Sprache aus (Kap. 5.2). Wo TunerStudio einen Namen übersetzt, steht der deutsche Text und dahinter in Klammern der englische, z. B. *Ausgabe (Output)*. Viele Menüs und Einstellungen der rusEFI-Firmware zeigt TunerStudio auch in deutscher Sprache englisch an; sie stehen hier ebenfalls englisch.
- Einstellungen in Dialogen stehen in *Kursivschrift*, z. B. *Trigger Angle Advance*.
- Pinangaben der uaEFI stehen in eckigen Klammern, z. B. [D9] für den MAP-Eingang. Pins des Fahrzeugsteckers stehen als **X1-Nummer**, z. B. **X1-54**.

Aufbau jedes Abschnitts: Zuerst steht in einem Kasten das Wichtigste: was die Funktion macht und wie sie ab Werk eingestellt ist. Danach folgen Anschluss und Einstellung, am Ende technische Einzelheiten. Wer nach dem Kasten weiß, dass ihn die Funktion nicht betrifft, kann zum nächsten Abschnitt springen.

> **Hinweis:** Die Menünamen entsprechen der rusEFI-Firmware **release_20260812**, mit der das PECU ausgeliefert wird. Andere Versionen können einzelne Punkte anders benennen oder an anderer Stelle zeigen. Die Suchfunktion von TunerStudio (Lupe oben rechts bzw. Strg+F im Menü) findet jede Einstellung auch über ihren Namen.

1 Sicherheit und rechtliche Hinweise

1.1 Bestimmungsgemäße Verwendung

Das PECU ist ein frei programmierbares Motorsteuergerät für den **Motorsport und den Einsatz abseits öffentlicher Straßen**. Es ersetzt das originale Steuergerät des jeweils angegebenen Motors und wird am originalen Kabelbaum angesteckt.

Der Betrieb im öffentlichen Straßenverkehr ist nur zulässig, wenn das Fahrzeug mit dem PECU die geltenden Vorschriften erfüllt (Abgas, Geräusch, EMV, Betriebserlaubnis). Die Verantwortung dafür trägt der Betreiber.

1.2 Sicherheitshinweise

> **Warnung:** Falsche Einstellungen können den Motor in kurzer Zeit zerstören (Klopfen, Magerlauf, Überdrehzahl). Ändern Sie Kennfelder nur, wenn Sie die Auswirkungen verstehen, und kontrollieren Sie jede Änderung mit Breitband-Lambda und Datenaufzeichnung.

- Vor allen Arbeiten am Kabelbaum die **Batterie abklemmen**. Das PECU nie bei eingeschalteter Zündung an- oder abstecken.
- Benzin ist hochentzündlich. Bei Prüfungen an der Einspritzanlage für Lüftung sorgen, kein offenes Feuer, Feuerlöscher bereithalten.
- Die Zündanlage erzeugt lebensgefährliche Hochspannung. Zündkabel und Spulen bei laufendem Motor oder beim Zündtest nicht berühren.
- Arbeiten bei laufendem Motor nur im Freien oder mit Absaugung durchführen.
- Fahrzeuge auf Prüfständen sicher verzurren. Abstimmung bei Volllast nur auf dem Leistungsprüfstand oder auf abgesperrter Strecke.
- Die Einspritzdüsen werden beim Zündtest und beim Einspritztest wirklich angesteuert. Zum Testen die Kraftstoffpumpe abklemmen oder die Düsen ausbauen.

1.3 Haftung

k-data liefert das PECU mit einer Basiskalibrierung, die einen serienmäßigen Motor in gutem Zustand starten und laufen lässt. Sie ist **keine fertige Abstimmung** für ein bestimmtes Fahrzeug. Für Schäden durch Einstellungen, die der Kunde oder Dritte vornehmen, übernimmt k-data keine Haftung.

1.4 Open-Source-Firmware

Das PECU arbeitet mit der Open-Source-Firmware **rusEFI** (GPL-3). Die Firmware, ihr Quellcode und die Dokumentation sind frei unter rusefi.com erhältlich. Die Firmware des CAN-Moduls stammt von k-data.

2 Produktübersicht

2.1 Konzept

Das PECU besteht aus drei Baugruppen in einem Gehäuse:

1. **uaEFI-Modul** – die eigentliche Motorsteuerung. Ein unverändertes uaEFI-Board des rusEFI-Projekts mit Prozessor, Treibern für Einspritzung und Zündung, Breitband-Lambda-Regler, MAP-Sensor, SD-Karte und USB. Das Modul ist auf die Trägerplatine gesteckt und kann bei Bedarf getauscht werden.
2. **PECU-Trägerplatine** – passt die uaEFI an das jeweilige Fahrzeug an. Sie trägt den originalen Fahrzeugstecker, die Zündendstufen (IGBT) für konventionelle Zündspulen, die Ansteuerung von Hauptrelais und Leerlaufsteller, Schutzbeschaltungen und die Zusatzstecker.
3. **CAN-Modul mit OLED** – ein OLED-Modul mit eigener CAN-Schnittstelle. Es zeigt Motordaten an, erzeugt die CAN-Botschaften, die das Fahrzeug von der Original-DME erwartet (z. B. Drehzahlmesser, Temperaturanzeige, Kontrollleuchten), und stellt ein WLAN-Dashboard bereit.

Die Belegung der Ein- und Ausgänge ist durch die Trägerplatine fest vorgegeben und in der Basiskalibrierung bereits eingetragen.

2.2 Variante PECU M52

Funktion: Das PECU M52 ersetzt die Siemens MS41 des BMW M52. Es wird an Stelle der Original-DME auf den 88-poligen Fahrzeugstecker X1 gesteckt; der Motorkabelbaum bleibt unverändert. Nur der Nockenwellengeber wird gegen den vom M52TU getauscht (z. B. HELLA 6PU 009 121-641, Kap. 3.2).

Ab Werk: Basiskalibrierung „PECU M52 Alpha-N" für die rusEFI-Firmware release_20260812, Lasterfassung über die Drosselklappe (Alpha-N), Vanos angesteuert.

Merkmal	PECU M52
Motor	BMW M52B20, M52B25 und M52B28 mit Siemens MS41 (Reihensechszylinder, 24 Ventile, Vanos)
Original-Steuergerät	Siemens MS41
Fahrzeuge	BMW E36 320i/323i/328i, E39 520i/523i/528i und Z3 mit M52 bis zur Einführung des M52TU (ca. 1998)
Fahrzeugstecker	X1, 88-polig, wie Original-DME
Lasterfassung ab Werk	Alpha-N (Drosselklappenwinkel); Speed Density mit dem MAP-Sensor der uaEFI möglich
CAN-Bus	am Fahrzeugstecker (X1-85/86) und am Zusatzstecker X4 (Kap. 3.14)
Zusatzfunktionen der Trägerplatine	Vanos (Kap. 3.10.4), Klimakompressor über das CAN-Modul (Kap. 3.17), Fahrgeschwindigkeit (Kap. 3.9), Klopfsensor (Kap. 3.8), schaltbarer CAN-Abschluss

Abgrenzung zu anderen PECU-Varianten

Motor	Original-DME	passende PECU
M50 ohne Vanos	Motronic M3.1, 88-polig	PECU M50
M50 mit Vanos (M50B25TU)	Motronic M3.3.1, 88-polig	PECU M50B25TU
M52	Siemens MS41	**PECU M52**
M52TU (ab ca. 1998, Doppel-Vanos)	Siemens MS42	nicht passend
M54	Siemens MS43	PECU M54

Die MS41 hat einen 88-poligen Stecker wie die Motronic des M50, aber eine eigene Belegung. Das PECU M52 passt nur, wenn die Original-DME eine Siemens MS41 ist (Aufschrift auf dem Typenschild). Der M52TU mit Doppel-Vanos und MS42 wird nicht unterstützt.

2.3 Lieferumfang

- PECU im Gehäuse in RAL 4008 Signalviolett, mit Typenschild (Variante, Artikelnummer, QR-Code)
- Gegenstecker für die Zusatzanschlüsse mit Crimpkontakten
- microSD-Karte für die Datenaufzeichnung, bereits im Steckplatz des uaEFI-Moduls eingesetzt
- Basiskalibrierung (auf dem Gerät gespeichert, zusätzlich als .msq-Datei) für die rusEFI-Firmware release_20260812

Breitband-Lambdasonde Bosch LSU 4.9 mit Einschweißmutter, Kabelsätze und weitere Sensoren sind als Zubehör erhältlich.

2.4 Gehäuse und Anschlüsse





Anschluss	Bauart	Funktion
Fahrzeugstecker (X1)	88-polig, wie Original-DME Siemens MS41	Verbindung zum serienmäßigen Motorkabelbaum
Zusatzstecker X4	Molex Micro-Fit 3.0, 24-polig	freie Ein-/Ausgänge, CAN, Klopfsensor, EGT, Drive-by-Wire (Kap. 3.12)
Zusatzstecker X7	Molex Micro-Fit 3.0, 14-polig	Einspritzung 1–6 und Zündsignale für externe Endstufen (Kap. 3.13)
Lambdasonde (Stecker E)	Molex Micro-Fit 3.0, 6-polig (2 × 3)	Bosch LSU 4.9
USB	Typ B	TunerStudio, rusEFI Console, Firmware-Update
microSD	Steckplatz am uaEFI-Modul	Datenaufzeichnung

2.5 Technische Daten

Merkmal	Wert
Betriebsspannung	9–16 V (Bordnetz 12 V)
Plattform	uaEFI (rusEFI), 32-Bit-Mikrocontroller
Einspritzung	6 Ausgänge sequenziell für hochohmige Düsen, 2 weitere Ausgänge als Düse 7/8 nutzbar
Zündung	6 Zündendstufen (IGBT ISL9V3040, je 2,5 A selbstrückstellende Sicherung) für konventionelle Spulen, zusätzlich 6 Logiksignale für Spulen mit integrierter Endstufe
Kurbelwelle / Nockenwelle	2 VR-Eingänge (induktive Geber), 3 Hall-Eingänge (12-V-fest)
Analogeingänge	CLT, IAT, TPS 1/2, PPS 1/2, MAP, 3 AUX, Batterie/Zündung
Breitband-Lambda	integrierter Regler für Bosch LSU 4.9
MAP-Sensor	KD6400AP auf dem uaEFI-Modul, 20–400 kPa absolut (Kennlinie MPXH6400), Turbo-tauglich bis ca. 3 bar Ladedruck
Klopfsensor	1 Eingang, Software-Klopferkennung
Abgastemperatur	Eingang für 1 Thermoelement Typ K; Bauteile auf dem uaEFI-Modul nicht bestückt, Nachrüstung nötig
Schaltausgänge	4 Low-Side-Ausgänge (davon 3 mit Freilaufdiode), 2 Low-Side für Relais, 2 H-Brücken (Drive-by-Wire, Schrittmotor oder 2 Schaltausgänge)
Kommunikation	USB, CAN 500 kbit/s
Datenaufzeichnung	microSD-Karte (bei Auslieferung eingesetzt)
CAN-Modul	OLED-Modul mit CAN, WLAN 2,4 GHz, schaltbarer CAN-Abschluss, Klimakompressor-Steuerung
Software	TunerStudio MS (Lite kostenlos, Ultra empfohlen), rusEFI Console; PECU Konfigurator (Windows) für das CAN-Modul per USB (Kap. 8)

3 Anschlüsse und Funktionen

Dieses Kapitel beschreibt jede Funktion des PECU M52 mit ihrer Verbindung zum Motorkabelbaum: Pin am Fahrzeugstecker X1, uaEFI-Pin, Art des Signals und Einstellung in TunerStudio. Die vollständige Belegung aller 88 Pins von X1 mit Signalrichtung und uaEFI-Pin steht in Anhang B, die Belegung der uaEFI in Anhang A.

> **Wichtig:** Die Zuordnung der Ein- und Ausgänge ist durch die Trägerplatine festgelegt und in der Basiskalibrierung eingetragen. Einstellungen, die in diesem Kapitel mit **[fest]** markiert sind, nicht ändern. Sonst arbeiten Sensoren oder Ausgänge nicht mehr.

3.1 Spannungsversorgung, Masse und Hauptrelais

Funktion: Das PECU erkennt die eingeschaltete Zündung an X1-49 und schaltet über X1-73 das Hauptrelais (DME-Relais). Über das Relais erhalten PECU, Einspritzventile, Zündspulen und Sensoren ihre Versorgung.

Ab Werk: eingerichtet. Nichts einstellen.

X1	Signal	uaEFI	Eigenschaften
49	Zündung ein (Klemme 15)	[A7]	Zündungserkennung, Spannungsmessung
87	+12 V vom Hauptrelais	[A8]	Versorgung der uaEFI und der Trägerplatine
73	Hauptrelais ansteuern	[B9]	Low-Side-Ausgang, schaltet die Relaisspule nach Masse, ohne Freilaufdiode
4, 7, 25, 32, 34, 38, 41, 55, 56, 61, 79	Masse	GND	Leistungs- und Elektronikmasse, Schirme, Rückleitung der Zündspulen
28, 39, 40, 42, 43, 58, 63, 67, 70, 71, 72	Sensormasse	GNDA	Bezugsmasse der Sensoren, nicht mit Karosseriemasse verbinden

Einstellen: TunerStudio **Setup › Ausgänge (Outputs)** › *Main relay output*: *Ausgabe (Output)* = B9 **[fest]**. *Main Relay Disable Time* legt fest, wie lange das Relais nach dem Ausschalten der Zündung noch anzieht.

Details

- Nach dem Ausschalten der Zündung hält die uaEFI das Hauptrelais kurz weiter, um Einstellungen sicher zu speichern.
- Die Trägerplatine hat als Bestückungsoption einen zweiten Weg, das Hauptrelais direkt aus dem Zündungssignal zu schalten. Beim PECU M52 ist er nicht bestückt.
- An USB allein ist die uaEFI für TunerStudio erreichbar; Sensorwerte, Ausgänge und das CAN-Modul arbeiten erst mit eingeschalteter Zündung.

3.2 Kurbelwellen- und Nockenwellengeber

Funktion: Der Kurbelwellengeber liefert Drehzahl und Kurbelwellenstellung (Geberrad 60-2, Hall-Geber). Der Nockenwellengeber (Hall-Geber) unterscheidet Verdichtungs- und Ausstoßtakt.

Wichtig: Es ist erforderlich, den Nockenwellengeber durch den vom M52TU zu tauschen (z. B. HELLA 6PU 009 121-641). Der Original-Geber der MS41 passt nicht zur Belegung des PECU.

Ab Werk: Kurbelwellen- und Nockenwellengeber eingerichtet. Fehlt das Nockenwellensignal, zündet das PECU automatisch im Wasted-Spark-Modus weiter.

X1	Signal	uaEFI	Eigenschaften
83	Kurbelwellengeber, Signal	[C5]	Hall-Geber, Rechtecksignal
48	Kurbelwellengeber, Versorgung	+5 V	
40	Kurbelwellengeber, Masse	GNDA	
64	Nockenwellengeber, Signal	[C6]	Hall-Geber, Rechtecksignal
65	Nockenwellengeber, Versorgung	+5 V	
43	Nockenwellengeber, Masse	GNDA	

Einstellen: Setup › Auslösen (Trigger)

- *Trigger type* = 60-2, *Primary channel* = C5 **[fest]**.
- **Cam Inputs:** *Cam sensor bank 1 intake* = C6 **[fest]**, *VVT offset bank 1 intake* **[fest]**. Der Offset legt fest, welche Kurbelwellenumdrehung zum Verdichtungstakt von Zylinder 1 gehört.
- **Setup › Advanced Trigger**: *Require cam/VVT sync for ignition* = no **[fest]**. Diese Einstellung sorgt für den Rückfall bei fehlendem Nockenwellensignal.
- *Trigger Angle Advance* mit der Stroboskoplampe prüfen (Kap. 7.2), besonders nach einem Firmware-Update.

Details

- Beide Geber sind Hall-Geber und werden vom PECU mit +5 V versorgt. Die VR-LEDs 5 und 6 auf dem uaEFI-Modul zeigen beim PECU M52 nichts an. Ob ein Drehzahlsignal ankommt, zeigt TunerStudio beim Anlassen (*RPM* und *Trigger errors*, Kap. 9).
- **Nockenwellengeber tauschen:** Die Anschlussbelegung des PECU M52 weicht am Nockenwellengeber bewusst von der MS41 ab. Mit dem Original-Geber kommt kein oder ein falsches Signal an. Vor der ersten Inbetriebnahme den Geber vom M52TU einbauen (z. B. HELLA 6PU 009 121-641).
- Die Leitungen der Geber sind im Original geschirmt; bei Reparaturen den Schirm erhalten.

Rückfall bei fehlendem Nockenwellensignal

Mit dem Nockenwellensignal weiß das PECU, welcher Zylinder im Verdichtungstakt steht. Dann zündet jede Spule einmal je Arbeitsspiel (Einzelfunken), und die Einspritzung ist sequenziell. Fehlt das Signal, etwa bei defektem Geber oder unterbrochener Leitung, gilt:

	mit Nockenwellensignal	ohne Nockenwellensignal
Zündung	Einzelfunken	Wasted Spark: jede Spule zündet je Kurbelwellenumdrehung, also auch im Ausstoßtakt
Einspritzung	sequenziell	weiterhin je Zylinder einmal je Arbeitsspiel, aber mit zufälliger Lage
Anzeige	–	in TunerStudio kein Wert bei „VVT: bank 1 intake“

Voraussetzung ist *Require cam/VVT sync for ignition* = no. Steht diese Einstellung auf yes, startet der Motor ohne Nockenwellensignal nicht.

3.3 Einspritzung

Funktion: Sechs Ausgänge steuern die Einspritzventile einzeln an (sequenzielle Einspritzung).

Ab Werk: eingerichtet für die Original-Einspritzventile, konstanter Kraftstoffdruck.

X1	Zylinder	uaEFI	Ausgang in TunerStudio
6	1	[B6]	Injector 1
33	5	[B5]	Injector 2
22	3	[B4]	Injector 3
23	6	[B3]	Injector 4
5	2	[B2]	Injector 5
24	4	[B1]	Injector 6

Die Einspritzventile erhalten +12 V über das Hauptrelais; das PECU schaltet sie nach Masse. Die Ausgänge sind für hochohmige Ventile (ca. 12–16 Ω) ausgelegt. Dieselben Signale stehen parallel am Zusatzstecker X7 Pin 1–6 an.

Einstellen: Kraftstoff (Fuel) › Injector Setup (Kap. 6.2.1). Die Zuordnung der Ausgänge ist **[fest]**. Andere Einspritzventile (z. B. bei Leistungssteigerung) über *Injector flow* und die Totzeit-Kennlinie (*Injector lag*) eintragen.

Details: Die Trägerplatine führt die Ausgänge in Zündfolge an die Zylinder: Ausgang 1 an Zylinder 1, Ausgang 2 an Zylinder 5 usw. (Kap. 3.4).

3.4 Zündung

Funktion: Sechs Zündendstufen auf der Trägerplatine schalten die Einzelzündspulen.

Ab Werk: Einzelzündung, Schließzeit für die Original-Zündspulen.

X1	Zylinder	uaEFI	Ausgang in TunerStudio
29	1	[B15]	Coil 1
31	5	[B14]	Coil 2
30	3	[B12]	Coil 3
3	6	[B11]	Coil 4
1	2	[B13]	Coil 5
2	4	[B10]	Coil 6

Die Zündspulen erhalten +12 V über das Hauptrelais. Jede Endstufe (IGBT ISL9V3040) schaltet die Primärseite ihrer Spule nach Masse und ist mit einer selbstrückstellenden Sicherung (2,5 A) geschützt. Die Logiksignale der sechs Zündausgänge stehen zusätzlich an X7 Pin 8–13 für Spulen mit integrierter Endstufe an.

Einstellen: Ignition (Kap. 6.3), Schließzeit unter **Ignition › Schließwinkel (Dwell)**.

Hinweis zur Zündfolge: Beim PECU M52 steht hier 1-2-3-4-5-6, weil die Trägerplatine die Ausgänge bereits in Zündfolge an die Zylinder führt (Kap. 3.4). Nicht auf 1-5-3-6-2-4 ändern.

Warnung: Die Schließzeit bestimmt den Spulenstrom. Eine zu lange Schließzeit überhitzt Spulen und Endstufen; die Sicherungen lösen dann aus und setzen sich nach dem Abkühlen selbst zurück. Werte nur nach Datenblatt der Spule ändern.

3.5 Temperatursensoren

Funktion: Kühlmitteltemperatur und Ansauglufttemperatur für Warmlauf, Start und Gemischkorrektur.

Ab Werk: Kennlinien der Original-BMW-Sensoren (NTC) eingetragen.

X1	Signal	uaEFI	Eigenschaften
10	Kühlmitteltemperatur (CLT)	[D16]	NTC gegen Sensormasse, Pull-up auf der uaEFI
14	Ansauglufttemperatur (IAT)	[D15]	NTC gegen Sensormasse

Einstellen: Sensors › CLT sensor, **Sensors › IAT sensor**. Nur ändern, wenn andere Sensoren verbaut werden.

Details: Die Temperaturanzeige im Kombiinstrument hat beim M52 einen eigenen Geber und ist vom PECU unabhängig. Ein fehlerhafter Kühlmittelsensor zeigt sich in TunerStudio als unplausibler Wert (z. B. −40 °C bei Leitungsbruch).

3.6 Drosselklappe und Last

Funktion: Das Drosselklappenpotentiometer liefert den Öffnungswinkel. Ab Werk berechnet das PECU daraus die Motorlast (Alpha-N).

Ab Werk: Lasterfassung Alpha-N; der Heißfilm-Luftmassenmesser des M52 wird nicht ausgewertet.

X1	Signal	uaEFI	Eigenschaften
12	Drosselklappenpotentiometer	[D13]	0–5 V
44	+5 V Sensorversorgung	+5 V	Versorgung des Potentiometers
42	Sensormasse	GNDA	
–	Saugrohrdruck (MAP)	On-board MAP	Sensor KD6400AP auf dem uaEFI-Modul, 20–400 kPa absolut

Einstellen

- **Sensors › UP2 (TPS)**: *TPS low value* und *TPS high value* nach dem Einbau neu kalibrieren (Drosselklappe geschlossen bzw. ganz offen, Schaltflächen im Dialog). Das ist bei jedem Fahrzeug nötig, weil die Potentiometer streuen.
- **Setup › Vehicle Information** › *Fuel strategy*: Alpha-N (ab Werk) oder Speed Density.
- **Sensors › MAP-Sensor (MAP sensor)**: *MAP input* = On-board MAP, *MAP sensor type* = MPXH6400 **[fest]**.

Details

- Alpha-N eignet sich für den Saugmotor ohne Umbauten und ist unempfindlich gegen undichte Unterdruckschläuche. Für Speed Density einen Schlauch vom Saugrohr zum Druckanschluss des PECU legen (Kap. 4.2).
- Der Luftmassenmesser kann eingebaut bleiben; er bildet weiterhin den Ansaugweg. X1-8 ist auf den Analogeingang AUX1 geführt (Kap. 3.9.3); ab Werk wird das Signal nicht verwendet.

3.7 Breitband-Lambdaregelung

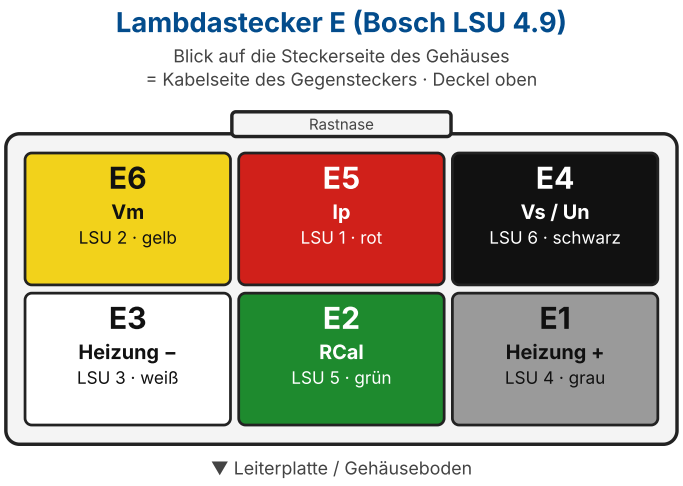
Funktion: Der Regler auf dem uaEFI-Modul betreibt eine Bosch-LSU-4.9-Breitbandsonde und meldet den Lambdawert an die Motorsteuerung.

Ab Werk: Regler und Anzeige *Lambda 1* eingerichtet; die Sonde wird an den 6-poligen Stecker E angeschlossen.

Das uaEFI-Modul hat einen eigenen Regler für eine **Bosch LSU 4.9** (Stecker E, 6-polig). Er heizt die Sonde, regelt sie und liefert den Lambdawert über den internen CAN-Bus an die Motorsteuerung. Ein externes Lambda-Steuergerät ist nicht nötig.

- Die Sonde nach dem Zusammenführen der Krümmerrohre und mindestens 50 cm vor dem Endrohr einschweißen, Neigung mindestens 10° aus der Waagerechten, Stecker nach oben.
- Die Sonde erst einbauen, wenn das Kabel angeschlossen ist. Eine kalte, unbeheizte Sonde im Abgas wird durch Kondenswasser beschädigt.
- Der Regler beginnt erst zu heizen, wenn der Motor läuft.

Anschluss der Sonde an Stecker E



Lambdastecker E, Blick auf die Kabelseite des Gegensteckers, Rastnase oben

Position (Rückansicht Kabelstecker)	Aderfarbe LSU 4.9	Signal	LSU-Pin	uaEFI-Pin
oben links	gelb	Vm / Vs/Ip	2	E6
oben Mitte	rot	Ip, Pumpstrom	1	E5
oben rechts	schwarz	Vs / Un	6	E4
unten links	weiß	Heizung –	3	E3
unten Mitte	grün	RCal, Abgleichwiderstand	5	E2
unten rechts	grau	Heizung + 12 V	4	E1

Die Aderfarben gelten für die originale Bosch-LSU-4.9 mit angespritztem Kabel. Bei Verlängerungen oder Fremdsonden die Belegung nach LSU-Pin prüfen.

Der Breitbandregler zeigt seinen Zustand an eigenen LEDs auf dem uaEFI-Modul (Kap. 3.16): die grüne LED 8 blinkt schnell, solange die Sonde aufheizt, und langsam, sobald die Regelung arbeitet; die blaue LED 9 blinkt einen Fehlercode.

TunerStudio: **Sensors › CAN O2 sensors**, **Sensors › rusEFI Wideband Tools** (Firmware-Update des Reglers), Anzeige *Lambda 1*.

3.8 Klopfsensor und Abgastemperatur

Funktion: Eingang für einen Klopfsensor und für ein Thermoelement (Abgastemperatur).

Ab Werk: Klopfsensor des Motorkabelbaums an X1-57 angeschlossen; die Klopfregelung wird bei der Abstimmung eingestellt. Für die Abgastemperatur fehlen auf dem uaEFI-Modul Bauteile (siehe Hinweis).

Eingang	Anschluss	uaEFI	Einstellung
Klopfsensor	X1-57, parallel X4-2	[D14]	**Ignition › Klopferkennung (Knock Control)**
Abgastemperatur (Nachrüstung)	X4-12 (+), X4-24 (−)	[C10]/[C20]	**Sensors › Turbo sensors › EGT**

Hinweis: Das uaEFI-Standardmodul im PECU hat die Bauteile für den Thermoelement-Eingang nicht bestückt. Ohne Nachrüstung dieser Bauteile zeigt der EGT-Eingang keinen Messwert. Bei Bedarf k-data kontaktieren.

Der M52 hat zwei Klopfsensoren. Das PECU wertet einen davon aus (X1-57); der zweite Sensor an X1-59 wird nicht ausgewertet. rusEFI erkennt Klopfen in Software und nimmt den Zündwinkel zurück. X4-2 ist dieselbe Leitung wie X1-57 und daher nicht frei.

3.9 Eingänge: Fahrgeschwindigkeit, Taster und Analogeingänge

3.9.1 Fahrgeschwindigkeit

Funktion: Das PECU liest das Geschwindigkeitssignal an X1-15.

Ab Werk: Eingang eingerichtet; der Umrechnungsfaktor muss am Fahrzeug abgeglichen werden.

X1	Signal	uaEFI	Eigenschaften
15	Geschwindigkeitssignal	[C7]	Rechtecksignal, Open-Collector; Pull-up 4,7 kΩ, Schutzbeschaltung und Schmitt-Trigger auf der uaEFI

Einstellen: Sensors › Chassis sensors › Vehicle speed sensor: *Eingang (Input)* = C7 **[fest]**. Die Werte *Wheel revolutions per kilometer*, *Speed sensor gear ratio* und *Speed sensor tooth count* so anpassen, dass die angezeigte Geschwindigkeit mit einem GPS-Messgerät übereinstimmt. In der Basiskalibrierung stehen Platzhalterwerte.

Details: Die Leitung an X1-15 ist im Fahrzeug auch mit anderen Steuergeräten verbunden (z. B. Bordcomputer, Radio, Tempomat). Das PECU belastet sie nur mit dem Pull-up der uaEFI.

3.9.2 Taster und Digitaleingänge

Funktion: Vier freie Eingänge für Schalter und Sensoren, z. B. Kupplungsschalter, Launch Control, Kennfeldumschaltung oder Ethanolsensor.

Ab Werk: frei, nur am Zusatzstecker X4.

Eingang	X4	uaEFI	Typische Verwendung
BUTTON1	3	[D2]	Kupplungsschalter, Launch Control
BUTTON2	14	[D10]	Kennfeldumschaltung, frei
BUTTON3	15	[C9]	Leerlauf-/Neutralschalter, frei
FLEX	17	[D5]	Ethanolsensor (Flex Fuel)

Die Eingänge sind 12-V-fest und haben einen Pull-down-Widerstand. In TunerStudio wird der Pin in der jeweiligen Funktion gewählt, z. B. **Erweitert (Advanced) › Launch Control** *Launch Button*.

3.9.3 Analogeingänge AUX

Funktion: Drei Analogeingänge 0–5 V für zusätzliche Sensoren (Kraftstoffdruck, Öldruck, Ladedruck).

Ab Werk: frei.

Eingang	Anschluss	uaEFI
AUX1	X4-4 und X1-8	[D1]
AUX2	X4-16	[C3]
AUX3 / Kraftstoffdruck	X4-5	[C15]

Sensoren an +5 V (X4-1) und Sensormasse (X4-13) anschließen. AUX1 ist zusätzlich auf X1-8 geführt, die Signalleitung des Luftmassenmessers; AUX1 ist daher nur frei, wenn der Luftmassenmesser abgesteckt ist. Einstellung unter **Sensors** in der jeweiligen Funktion.

3.10 Schaltausgänge

Funktion: Kraftstoffpumpenrelais, Drehzahlmesser, Vanos und freie Ausgänge für Lüfter oder Zusatzfunktionen.

Ab Werk: Kraftstoffpumpe, Drehzahlmesser und Vanos eingerichtet, Lüfterausgang an X4-10 vorbereitet.

Funktion	Anschluss	uaEFI	Eigenschaften
Kraftstoffpumpenrelais	X1-69	[B16]	Low-Side mit Freilaufdiode, schaltet die Relaisspule nach Masse
Drehzahlmesser	X1-36, X4-22	[B17]	Low-Side, Pull-up 1 kΩ auf +12 V auf der Trägerplatine; X4-22 nur frei, wenn X1-36 nicht angeschlossen ist
Lüfterrelais	X4-10	[B8]	schwacher Low-Side ohne Diode, nur für Relaisspulen
Vanos-Magnetventil	X1-21, X4-8	[B7]	Low-Side mit Freilaufdiode (Kap. 3.10.4); X4-8 ist dieselbe Leitung
VVT2 / LS2	X4-20	[B18]	belegt durch den Leerlaufsteller (Kap. 3.11); frei, wenn der Leerlaufsteller entfernt ist
H-Brücke 1	X4-9, X4-21	[A5]/[A1]	Drive-by-Wire-Drosselklappe oder zwei Schaltausgänge

3.10.1 Kraftstoffpumpe

Beim Einschalten der Zündung läuft die Pumpe einige Sekunden vor, damit Druck aufgebaut wird, und danach nur bei laufendem Motor. Einstellung: **Setup › Ausgänge (Outputs)** › *Benzinpumpe (Fuel Pump)*: *Ausgabe (Output)* = B16 **[fest]**, *Prime duration* (ab Werk 4 s).

3.10.2 Drehzahlmesser

Der Drehzahlmesser des M52 erhält ein Rechtecksignal mit drei Impulsen je Kurbelwellenumdrehung. Einstellung: **Setup › Ausgänge (Outputs)** › *DZM-Ausgang (Tachometer output)*: *Ausgabe (Output)* = B17 **[fest]**, *Pulse per Rev* = 3. Zeigt der Drehzahlmesser zu viel oder zu wenig, nur *Pulse per Rev* anpassen.

3.10.3 Elektrischer Lüfter

Beim M52 schaltet der Temperaturschalter im Kühler bzw. die Klimaanlage den Zusatzlüfter; das PECU wird dafür nicht gebraucht. Soll das PECU einen Lüfter schalten, das Lüfterrelais an X4-10 anschließen. Einstellung: **Setup › Cooling Fans** (ab Werk ein bei 92 °C, aus bei 88 °C).

3.10.4 Vanos

Das Vanos-Magnetventil verstellt die Einlassnockenwelle zwischen zwei Stellungen. Das PECU schaltet es über X1-21 nach Masse; +12 V erhält das Ventil über das Hauptrelais. Wie bei der Original-DME wird die Vanos abhängig von Drehzahl und Last ein- und ausgeschaltet.

X1	Signal	uaEFI	Eigenschaften
21	Vanos-Magnetventil	[B7]	Low-Side mit Freilaufdiode, auch an X4-8

Einstellen: Ausgang B7 und die Schaltpunkte sind in der Basiskalibrierung eingetragen; der Ausgang ist **[fest]**. Die Schaltpunkte nur ändern, wenn der Motor umgebaut wurde. Zur Prüfung im Stand lässt sich der Ausgang unter **Controller › Output test** kurz schalten; das Ventil klickt hörbar.

> **Hinweis:** Die Ausgänge schalten nach Masse. Lasten über ein Relais oder direkt an +12 V aus dem Hauptrelais anschließen. An [B8] nur Relaisspulen, keine Magnetventile oder Motoren.

3.11 Leerlaufsteller

Funktion: Das PECU steuert den Leerlauf-Drehsteller des M52 mit zwei Wicklungen und hält so die Leerlaufdrehzahl.

Ab Werk: Steuerung mit fester Stellerposition (Open Loop) über die Kühlmitteltemperatur.

X1	Signal	Ansteuerung
53	Leerlaufsteller, Wicklung 1	Low-Side-Halbleiterausgang der Trägerplatine
27	Leerlaufsteller, Wicklung 2	Low-Side-Halbleiterausgang der Trägerplatine

Der Steller hat zwei Spulen mit gemeinsamer Mittelanzapfung, die im Kabelbaum an +12 V liegt. Angesteuert wird er von einem einzigen uaEFI-Ausgang, [B18]; die Aufteilung auf die beiden Spulen übernimmt die Trägerplatine. Das Tastverhältnis von [B18] bestimmt die Stellung.

Einstellen

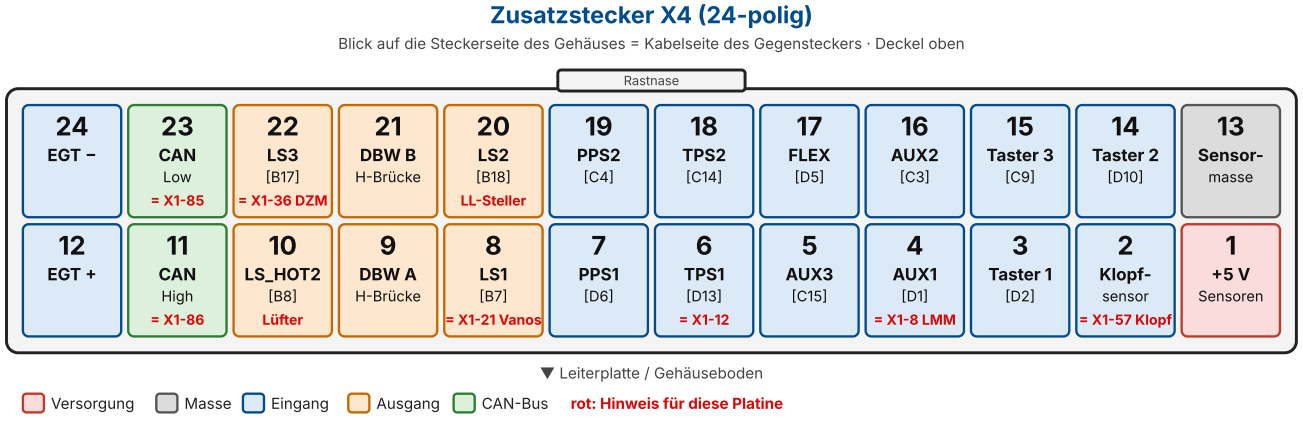
- **Idle › Idle hardware**: *Idle Solenoid Primary output* = B18, Ausgabemodus *default* (nicht invertiert), *Frequenz (Frequency)* 100 Hz, kein zweiter Ausgang **[fest]**.
- **Idle › Idle settings** und die Tabellen im Menü **Idle** (Kap. 6.5): Grundöffnung und Solldrehzahl. Für eine Regelung auf Solldrehzahl *Idle control mode* = Closed Loop.

Details: Die Ansteuerung der beiden Spulen arbeitet nur mit dem Ausgang B18. Der Ausgang ist zusätzlich an X4-20 herausgeführt. Dort darf er nur anderweitig verwendet werden, wenn der Leerlaufsteller ausgebaut oder abgesteckt ist; dann im Tune die Leerlaufsteuerung abschalten bzw. den Ausgang der neuen Funktion zuweisen.

3.12 Zusatzstecker X4 (24-polig)

Funktion: Freie Ein- und Ausgänge der uaEFI, CAN-Bus, Klopfsensor, Abgastemperatur und Drive-by-Wire.

Ab Werk: nicht belegt; Gegenstecker liegt bei.



Zusatzstecker X4, Blick auf die Kabelseite des Gegensteckers

Das Bild zeigt den Stecker so, wie man beim Verdrahten auf die Kabelseite des Gegensteckers schaut: Deckel oben, Pin 1 unten rechts. Rot markiert sind Pins, die beim PECU M52 schon eine Aufgabe haben oder parallel zum Fahrzeugstecker liegen („= …“: dieselbe Leitung wie der genannte Pin des Fahrzeugsteckers).

Pin	Signal	Pin	Signal
1	+5 V Sensorversorgung	13	Sensormasse
2	Klopfsensor	14	BUTTON2 [D10]
3	BUTTON1 [D2]	15	BUTTON3 [C9]
4	AUX1 [D1]	16	AUX2 [C3]
5	AUX3 / Kraftstoffdruck [C15]	17	FLEX [D5]
6	TPS1 [D13]	18	TPS2 [C14]
7	PPS1 [D6]	19	PPS2 [C4]
8	VVT1 / LS1 [B7]	20	VVT2 / LS2 [B18]
9	DBW-Motor A (H-Brücke 1)	21	DBW-Motor B (H-Brücke 1)
10	LS_HOT2 [B8]	22	LS3 [B17]
11	CAN High	23	CAN Low
12	EGT +	24	EGT –

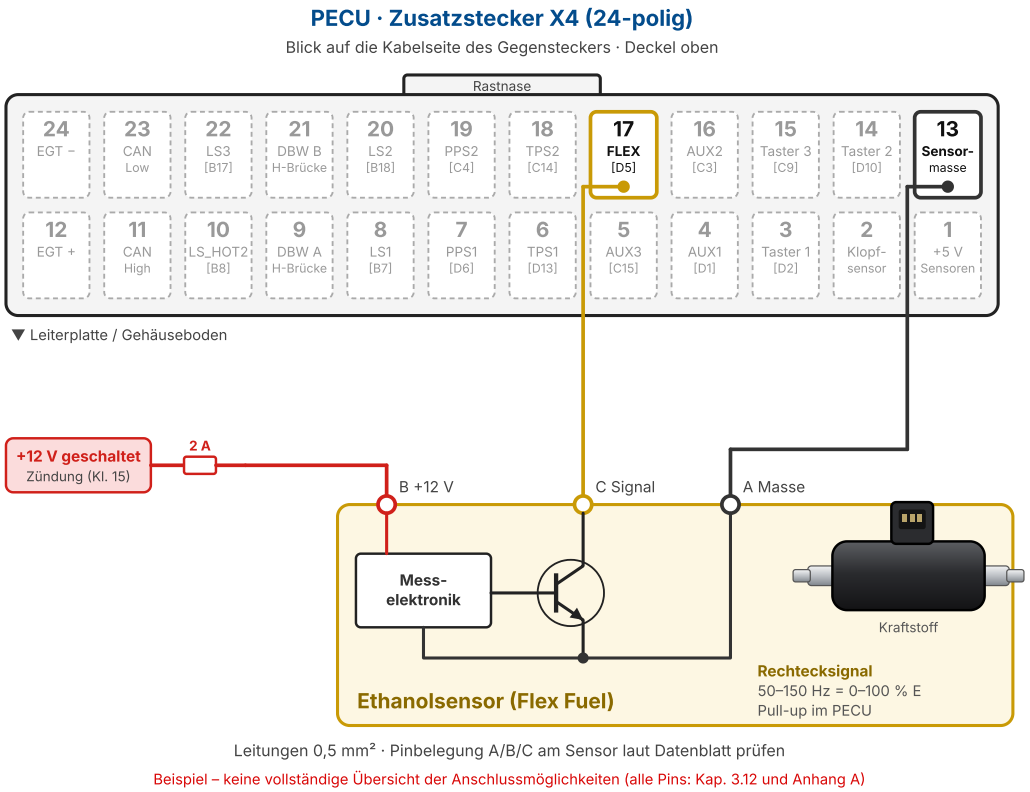
Doppelt herausgeführte Pins: Einige Pins von X4 und X7 sind dieselbe Leitung wie ein Pin des Fahrzeugsteckers (im Bild rot markiert). Ein solcher Ausgang lässt sich am Zusatzstecker nur nutzen, wenn das ursprüngliche Bauteil im Motorkabelbaum nicht mehr angeschlossen ist. Beispiel: Wird der Leerlaufsteller ausgebaut oder abgesteckt, ist sein Ausgang am Zusatzstecker frei für eine andere Funktion. Gleiches gilt für Eingänge: Ein Sensor am Fahrzeugstecker und ein zweiter am Zusatzstecker auf derselben Leitung stören sich gegenseitig.

Mit X4 lassen sich Funktionen nachrüsten, die der Original-Kabelbaum nicht hat: elektronische Drosselklappe, Kraftstoffdrucksensor, Flex-Fuel, Launch-Control-Taster, Abgastemperatur, externe CAN-Geräte (Display, Datenlogger).

3.12.1 Anschlussbeispiele

Die folgenden Bilder zeigen typische Nachrüstungen am X4, jeweils mit Pins, die beim PECU M52 frei sind. Sie sind Beispiele und keine vollständige Übersicht; alle Pins stehen in der Tabelle oben und in Anhang A. X4 hat keinen +12-V-Pin: Sensoren, Taster und Relais, die +12 V brauchen, an geschaltete +12 V (Klemme 15) über eine eigene Sicherung anschließen.

Flex-Fuel-Sensor: Signal an X4-17 [D5], Masse an X4-13 (Sensormasse), Versorgung +12 V über Sicherung. Der Sensor liefert ein Rechtecksignal von 50 bis 150 Hz für 0 bis 100 % Ethanol; der Pull-up-Widerstand sitzt im PECU M52. Die Belegung A/B/C am Sensor unterscheidet sich je nach Hersteller, deshalb das Datenblatt prüfen.



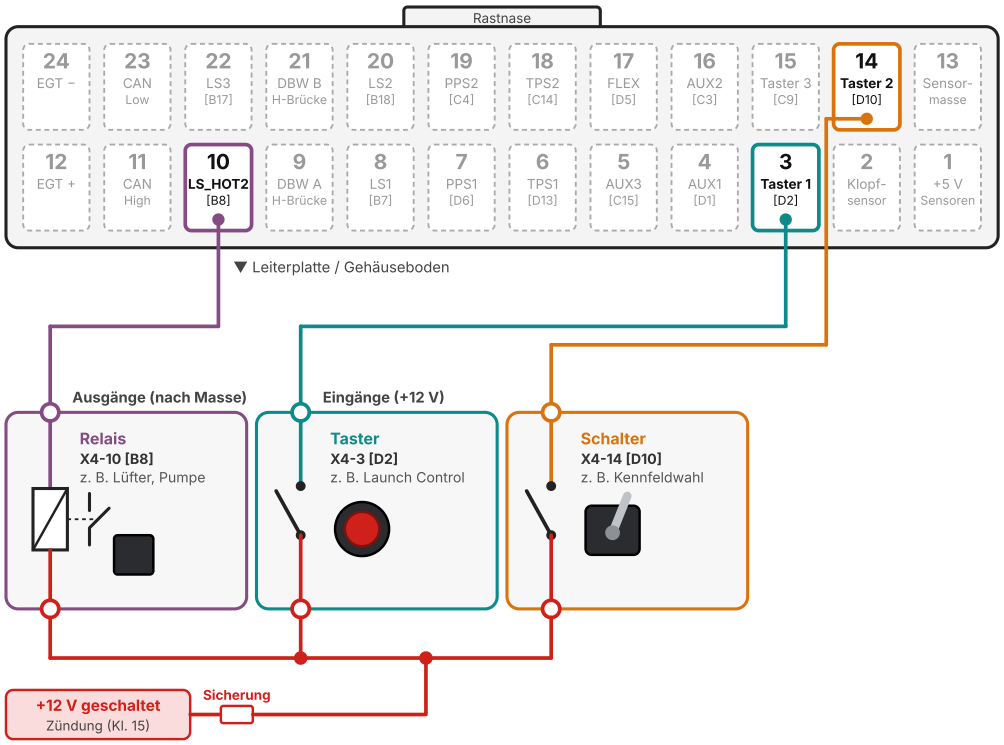
Anschluss eines Ethanolsensors (Flex Fuel) an X4

Eingänge und Ausgänge: Die Taster-Eingänge haben im PECU M52 10 kΩ nach Masse; Taster und Schalter schalten deshalb +12 V auf den Eingang. Die Ausgänge schalten nach Masse: Die Last (Relaisspule, Ventil) liegt mit dem anderen Anschluss an geschalteten +12 V. Für ein Relais (z. B. Lüfter oder Zusatzpumpe) empfehlen wir X4-10 [B8]: ein schwacher Ausgang ohne Freilaufdiode, nur für Relaisspulen gedacht. X4-8 [B7] hat eine Freilaufdiode und eignet sich für Taktventile wie ein Ladedruckventil.

Beim PECU M52 ist kein weiterer Schaltausgang frei: X4-8 [B7] steuert die Vanos, X4-20 [B18] den Leerlaufsteller und X4-22 [B17] den Drehzahlmesser. Ein Ladedruckventil lässt sich deshalb nur über einen doppelt belegten Ausgang betreiben: an X4-20, wenn der Leerlaufsteller entfällt (z. B. nach dem E-Gas-Umbau), oder an X4-8, wenn auf die Vanos verzichtet wird. In beiden Fällen das Originalbauteil abstecken und den Ausgang in TunerStudio der neuen Funktion zuweisen (siehe Hinweis „Doppelt herausgeführte Pins“). X4-22 ist nur nutzbar, wenn der Drehzahlmesser nicht benötigt wird.

PECU · Zusatzstecker X4 (24-polig)

Blick auf die Kabelseite des Gegensteckers · Deckel oben

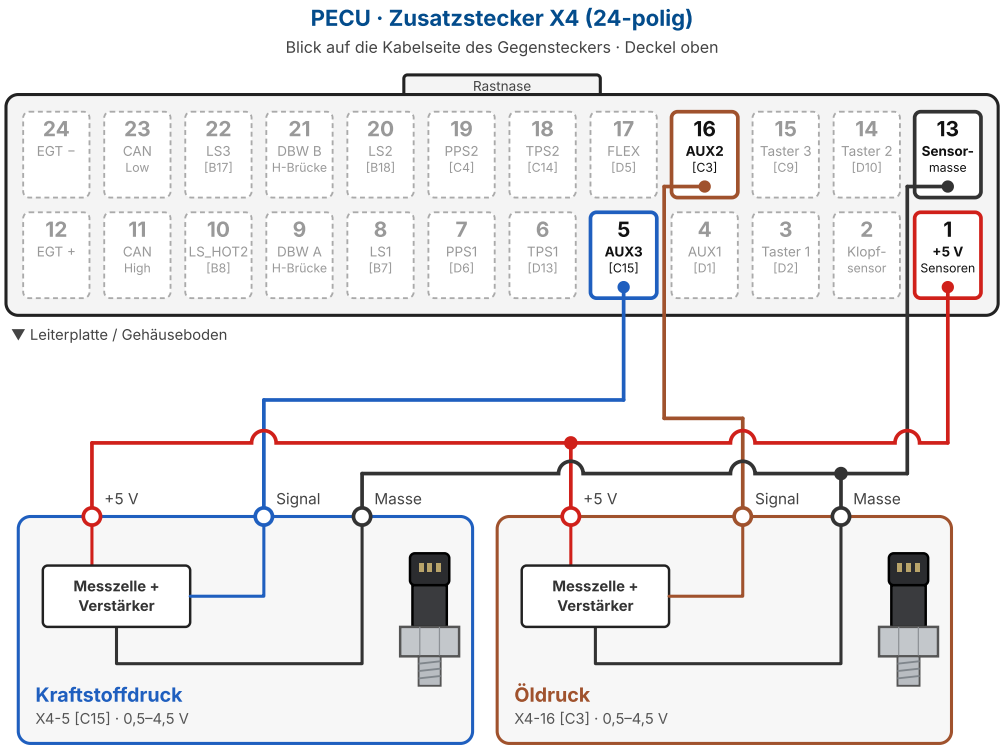


Last bzw. Schalter an +12 V · Eingänge im PECU 10 kΩ nach Masse · Leitungen 0,5 mm²

Beispiel – keine vollständige Übersicht der Anschlussmöglichkeiten (alle Pins: Kap. 3.12 und Anhang A)

Anschluss von Tastern, Schaltern und Schaltausgängen an X4

Drucksensoren: Sensoren mit drei Anschlüssen und 0,5 bis 4,5 V Ausgang (z. B. Kraftstoff- oder Öldruck) werden aus X4-1 (+5 V) und X4-13 (Sensormasse) versorgt. Das Signal kommt an einen freien Analogeingang. Die Kennlinie (Spannung zu Druck) laut Datenblatt in TunerStudio eintragen.



Drucksensoren mit 3 Anschlüssen (0,5–4,5 V) · Kennlinie in TunerStudio laut Datenblatt · Leitungen 0,5 mm²

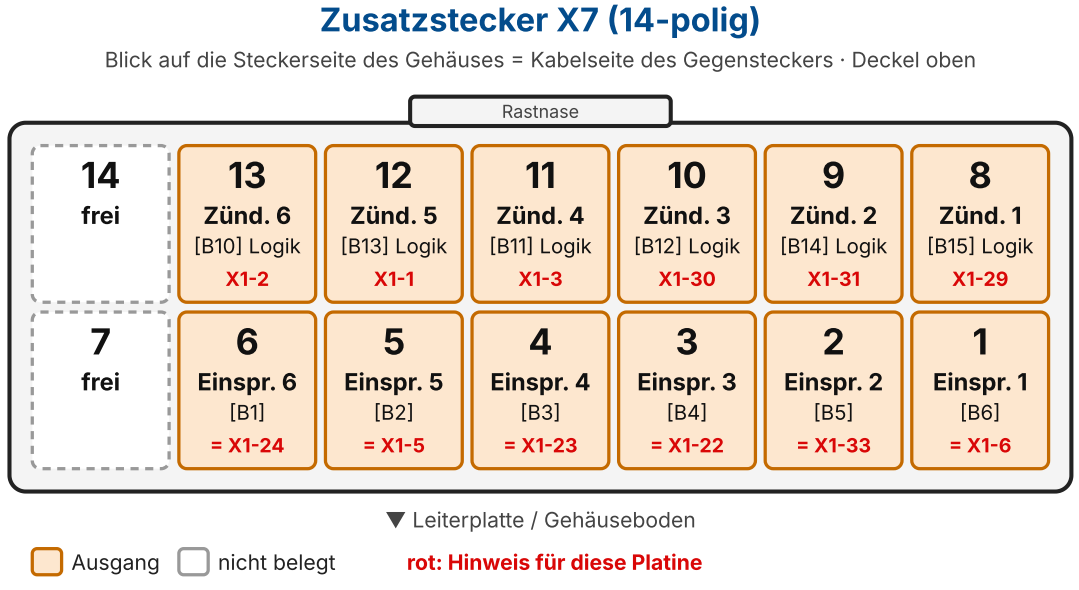
Beispiel – keine vollständige Übersicht der Anschlussmöglichkeiten (alle Pins: Kap. 3.12 und Anhang A)

Anschluss von Drucksensoren an X4

3.13 Zusatzstecker X7 (14-polig)

Funktion: Einspritzsignale 1–6 und Zündsignale 1–6 (Logikpegel) für einen eigenen Kabelbaum.

Ab Werk: nicht belegt.



Zusatzstecker X7, Blick auf die Kabelseite des Gegensteckers

Die Einspritzsignale an X7 sind dieselben Leitungen wie am Fahrzeugstecker (rot: „= …“) und nur nutzbar, wenn die zugehörigen Einspritzventile am Motorkabelbaum nicht angeschlossen sind. Die Zündsignale an Pin 8–13 sind die Logiksignale vor den Zündendstufen; rot steht der Pin des Fahrzeugsteckers, an dem die zugehörige Endstufe die Zündspule schaltet. Werden Spulen mit integrierter Endstufe über X7 angesteuert, dürfen an diesen Pins des Fahrzeugsteckers keine Zündspulen mehr angeschlossen sein.

Pin	Signal	Pin	Signal
1–6	Einspritzung 1–6 (parallel zum Fahrzeugstecker)	8–13	Zündsignal 1–6, Logikpegel, für Spulen mit Endstufe
7	nicht belegt	14	nicht belegt

X7 dient zum Anschluss eines separaten Einspritz- oder Zündkabelbaums, z. B. bei einem Motorumbau auf Einzelspulen mit Endstufe.

3.14 CAN-Bus

Funktion: Gemeinsamer Datenbus von uaEFI, CAN-Modul und angeschlossenen Geräten.

Ab Werk: uaEFI sendet ihre Messwerte als rusEFI-Broadcast; Abschlusswiderstand ein.

Das PECU hat einen CAN-Bus (500 kbit/s), an dem uaEFI [D7]/[D8], CAN-Modul und angeschlossene Geräte **gemeinsam** hängen. Beim PECU M52 liegt der CAN-Bus zusätzlich am Fahrzeugstecker (X1-86 CAN High, X1-85 CAN Low) und ist so mit dem Fahrzeug-CAN verbunden, soweit das Fahrzeug einen hat (z. B. E39, E36 ab ca. 1997). Die uaEFI sendet ihre Messwerte als „rusEFI CAN broadcast“; das CAN-Modul übersetzt sie in die Botschaften des Fahrzeugs (Kap. 8).

Ein CAN-Bus braucht an beiden Enden einen Abschlusswiderstand von 120 Ω. Das PECU hat einen eigenen, schaltbaren Abschluss, den das CAN-Modul zuschaltet (Kap. 8.8). Ab Werk ist er ein.

TunerStudio: **CAN-bus › CAN Bus Settings** (Kap. 6.8).

3.15 USB und microSD-Karte

Funktion: Verbindung zum Laptop und Datenaufzeichnung im Steuergerät.

Ab Werk: microSD-Karte ist eingesetzt.

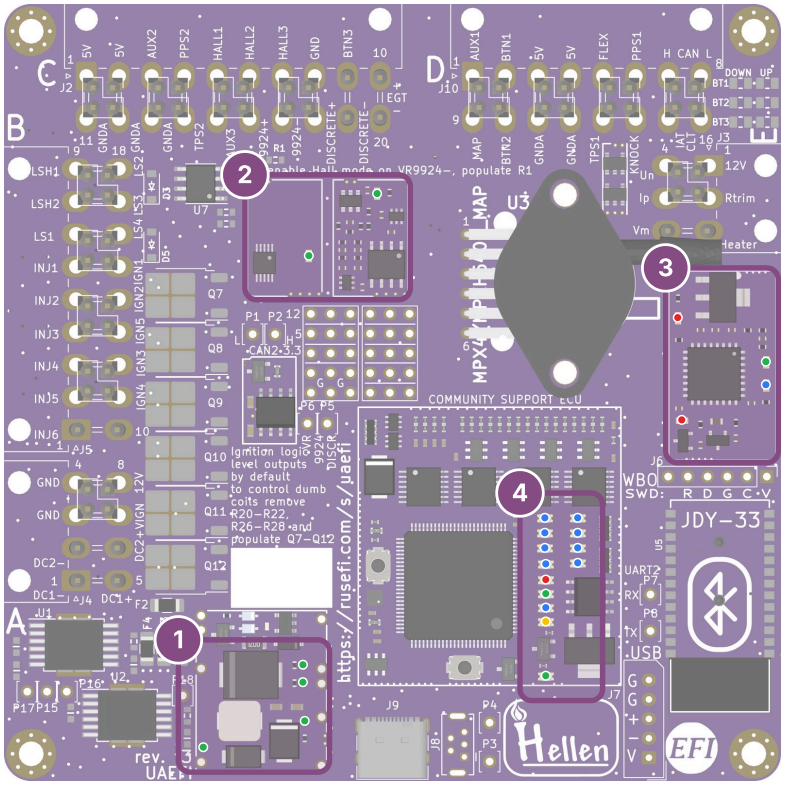
- **USB:** Verbindung zu TunerStudio und rusEFI Console. Der PC erkennt das PECU als serielle Schnittstelle und zusätzlich als Laufwerk mit der passenden TunerStudio-Definitionsdatei.
- **microSD:** Datenaufzeichnung im Steuergerät, unabhängig vom Laptop. Die Karte steckt bei Auslieferung bereits im Steckplatz des uaEFI-Moduls. Karte nur bei ausgeschalteter Zündung entnehmen oder einsetzen. TunerStudio: **Controller › SD Card Logger** (Kap. 6.9).

3.16 Leuchtdioden auf dem uaEFI-Modul

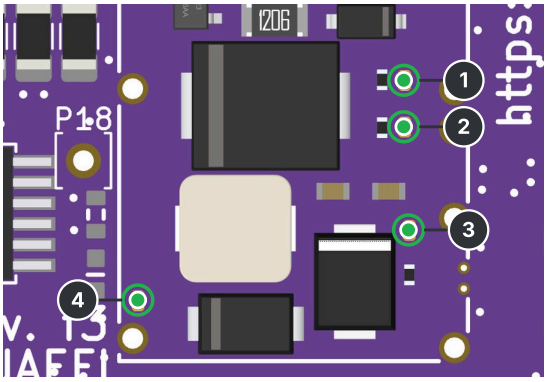
Funktion: 23 LEDs zeigen Versorgung, Drehzahlsignale, Breitband-Lambdaregler, Prozessor und Ausgänge.

Ab Werk: immer aktiv.

Die LEDs sehen Sie nach Abnehmen des Deckels. Sie helfen bei der Fehlersuche. Die Nummern in den Bildern gehören zu den Tabellen daneben. Beim Einschalten leuchten 11 bis 14 kurz gemeinsam auf (Selbsttest).

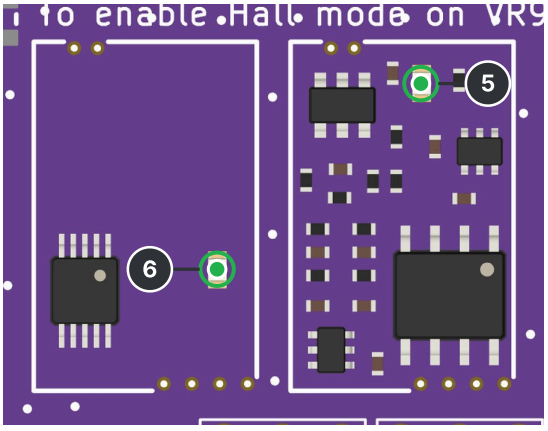


Lage der LED-Gruppen auf dem uaEFI-Modul (Draufsicht)



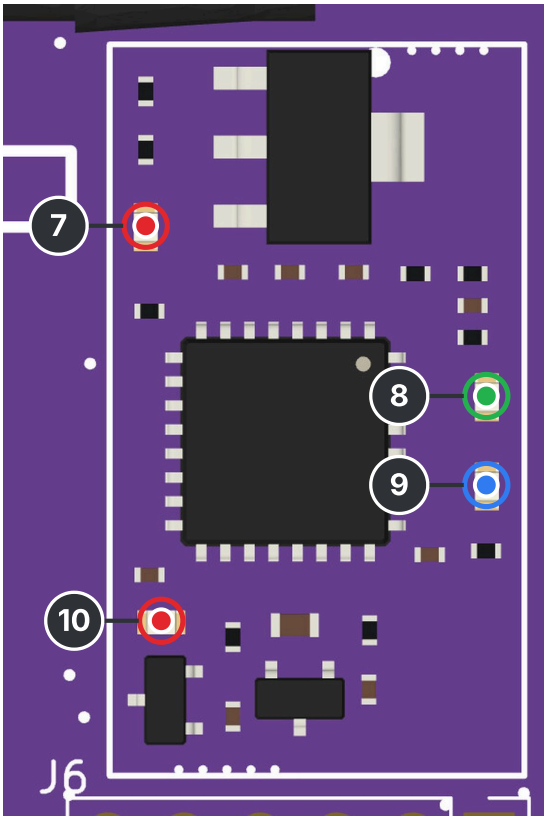
1 Versorgung

Nr.	Farbe	Bedeutung
1		leuchtet: 12-V-Versorgung vorhanden
2		leuchtet: Zündung an
3		leuchtet: 5-V-Versorgung in Ordnung
4		leuchtet: 5-V-Versorgung der Sensoren in Ordnung



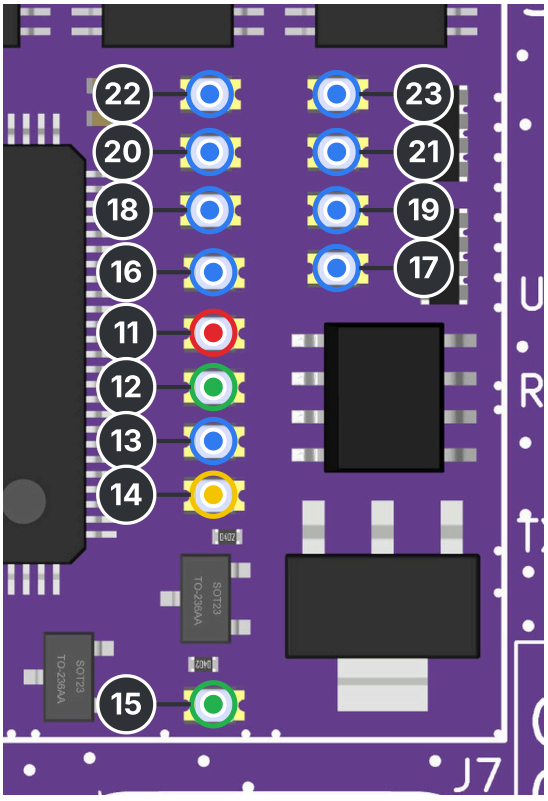
2 Drehzahlsignale

Nr.	Farbe	Bedeutung
5		Eingang VR1 (C18/C19). Beim PECU M52 nicht benutzt; Kurbelwellen- und Nockenwellengeber sind Hall-Geber.
6		Eingang VR2 (C17). Beim PECU M52 nicht benutzt; Kurbelwellen- und Nockenwellengeber sind Hall-Geber.



3 Breitband-Lambdaregler

Nr.	Farbe	Bedeutung
7		leuchtet: Sondenheizung wird angesteuert, Helligkeit je nach Heizleistung
8		schnell blinkend: Sonde heizt auf · langsam blinkend: Regelung arbeitet · aus: Fehler, siehe 9
9		blinkt in Gruppen: Fehlercode des Lambdareglers, Anzahl der Blinkzeichen zählen
10		leuchtet: Versorgung des Lambdareglers in Ordnung



4 Prozessor und Ausgänge

Nr.	Farbe	Bedeutung
11		leuchtet oder blinkt lang: schwerer Firmwarefehler, mit TunerStudio auslesen
12		leuchtet beim Starten, blinkt bei laufendem Motor
13		blinkt immer (Lebenszeichen) · schneller bei Verbindung mit TunerStudio
14		blinkt: Fehler im Drehzahlsignal · leuchtet dauernd: nach unerwartetem Neustart, Fehlerbericht auf der microSD-Karte
15		leuchtet: 3,3-V-Versorgung des Prozessors in Ordnung
16		Zündausgang 1 (B15) angesteuert
17		Zündausgang 2 (B14) angesteuert
18		Zündausgang 3 (B12) angesteuert
19		Zündausgang 4 (B11) angesteuert
20		Zündausgang 5 (B13) angesteuert
21		Zündausgang 6 (B10) angesteuert
22		Ausgang B9 angesteuert (ab Werk Hauptrelais)
23		Ausgang B8 angesteuert (ab Werk Lüfter)

> **Hinweis:** Die Ausgangs-LEDs zeigen nur, dass der Prozessor den Ausgang ansteuert, nicht, dass tatsächlich Strom fließt. Eine leuchtende LED bei fehlender Funktion deutet auf Leitung, Sicherung oder Verbraucher hin.

Schnelle Prüfung mit den LEDs

Beobachtung	Bedeutung
1 oder 2 aus bei Zündung an	keine Versorgung oder kein Zündungssignal: Sicherungen, Hauptrelais, Stecker prüfen
11 leuchtet	Firmware meldet einen schweren Fehler: Fehlermeldung mit TunerStudio auslesen
14 blinkt	Drehzahlsignal gestört: Geber, Abstand, Leitung und Abschirmung prüfen
8 blinkt nach Minuten noch schnell	Sonde wird nicht warm: Heizung, Sonde, Stecker E prüfen
9 blinkt	Lambdaregler meldet einen Fehler: Sonde und Verkabelung prüfen

3.17 Klimaanlage

Funktion: Das CAN-Modul schaltet das Klimakompressor-Relais, wenn die Klimaanlage eingeschaltet ist, der Druckschalter freigibt und der Motor läuft.

Ab Werk: aus. Der Kompressor läuft erst, wenn die Funktion auf der Einstellseite des CAN-Moduls eingeschaltet ist (Kap. 8.12).

X1	Signal	Auswertung	Eigenschaften
16	Freigabe: Klimaanlage ein und Druck ok	Eingang des CAN-Moduls	0 V, wenn die Klimaanlage eingeschaltet ist und der Druckschalter Druck ok meldet
74	Klimakompressor-Relais	CAN-Modul → Low-Side-Halbleiterausgang	schaltet die Relaisspule nach Masse

So arbeitet die Steuerung: Die Leitung an X1-16 läuft im Fahrzeug über den Druckschalter der Anlage. Sie liegt auf 0 V, wenn die Klimaanlage eingeschaltet ist und der Kältemitteldruck stimmt. Das CAN-Modul wertet sie als Anforderung aus und schaltet das Kompressorrelais an X1-74, solange das Signal anliegt und der Motor läuft. Das zweite Klimasignal der MS41 (X1-19, Klimaanlage ein) ist beim PECU M52 nicht angeschlossen; es wird für diese Steuerung nicht gebraucht.

Einstellen: Einstellseite des CAN-Moduls › *Klimakompressor* (Kap. 8.12): *Anforderung* = Eingang, *Anforderung aktiv bei* = 0 V, *Druckschalter* = nicht vorhanden. Danach prüfen, dass die Anzeige „Klima-Anforderung" im Dashboard dem Klimaschalter folgt.

Details

- Die Klimafunktion liegt im CAN-Modul, nicht in der uaEFI. Die uaEFI-Einstellungen unter **Setup › Air Conditioning** (*A/C Relay*, *A/C Switch*) bleiben leer.
- Die Leerlaufanhebung bei eingeschalteter Klimaanlage ist in der Basiskalibrierung nicht eingerichtet. Bei Bedarf die Grundöffnung des Leerlaufstellers etwas erhöhen (Kap. 6.5).
- Fällt das CAN-Modul aus oder sendet die uaEFI keine Daten, bleibt der Kompressor aus.

3.18 Tankentlüftung

Funktion: Das Tankentlüftungsventil an X1-68 wird vom PECU nicht getaktet.

Ab Werk: X1-68 ist auf der Trägerplatine über eine 0-Ω-Brücke (R343) fest mit Masse verbunden.

Die Original-DME taktet das Tankentlüftungsventil, um den Aktivkohlebehälter zu spülen. Beim PECU M52 ist der Pin fest auf Masse gelegt. Die uaEFI-Funktion „Canister purge" wird nicht verwendet.

3.19 Nicht belegte Pins und Funktionen der Original-DME

Alle X1-Pins, die in Anhang B als *nicht belegt* markiert sind, sind auf der Trägerplatine nicht angeschlossen. Damit entfallen folgende Funktionen der Siemens MS41:

Funktion der Original-DME	Beim PECU M52
Lambdasonden (Sprungsonden)	ersetzt durch die Breitbandsonde an Stecker E (Kap. 3.7). Die Heizungsmasse der Original-Sonden (X1-25, 55, 61, 79) liegt fest auf Masse: bleiben die Sonden eingebaut und angesteckt, heizen sie dauernd.
Luftmassenmesser	nicht ausgewertet, Lasterfassung über die Drosselklappe (Kap. 3.6)
zweiter Klopfsensor (X1-59)	nicht ausgewertet (Kap. 3.8)
Klimaanlage ein (X1-19)	nicht angeschlossen (Kap. 3.17)
Motorkontrollleuchte, Verbrauchssignal	nicht angeschlossen
Diagnoseleitung	nicht angeschlossen; Diagnose über USB mit TunerStudio (Kap. 9)
Tankentlüftung (X1-68)	fest auf Masse (Kap. 3.18)

4 Einbau

4.1 Vorbereitung

1. Prüfen, ob das PECU zum Motor passt (Typenschild, Kap. 2.2).
2. Zustand des Motors prüfen: Zündkerzen, Zündkabel, Kraftstoffdruck, Unterdruckschläuche, Sensoren. Das PECU kann keinen defekten Sensor ausgleichen.
3. Original-DME-Daten sichern, falls die Rückrüstung geplant ist.
4. Laptop mit Windows 10/11, macOS oder Linux und installiertem TunerStudio sowie ein USB-Kabel USB-A auf USB-B bereitstellen (Kap. 5). Das Kabel gehört nicht zum Lieferumfang.
5. Breitband-Lambdasonde einschweißen lassen (Kap. 3.7).
6. **Nockenwellengeber tauschen:** Geber vom M52TU einbauen (z. B. HELLA 6PU 009 121-641, Kap. 3.2).

4.2 Einbau des Steuergeräts

1. Zündung aus, Schlüssel abziehen, **Batterie-Minuspol abklemmen**.
2. Original-Steuergerät im Steuergerätekasten lösen und den Fahrzeugstecker abziehen.
3. Steckerkontakte auf Korrosion und verbogene Pins prüfen.
4. PECU an Stelle der Original-DME einsetzen und befestigen.
5. Fahrzeugstecker aufstecken und Verriegelung vollständig schließen.
6. Lambdasonde an den 6-poligen Stecker anschließen und das Kabel fern von Krümmer, Zündkabeln und beweglichen Teilen verlegen.
7. Falls der Saugrohrdruck (MAP) genutzt wird: Schlauch vom Saugrohr (hinter der Drosselklappe) zum Druckanschluss des PECU führen. Schnell und wirksam ist ein T-Stück in der Unterdruckleitung des Benzindruckreglers. Schlauch knickfrei, möglichst kurz, ohne Kraftstoffabscheider.
8. Zusatzstecker X4/X7 nur anschließen, wenn sie verwendet werden.
9. Batterie anklemmen.

4.3 Masse und Leitungsverlegung bei Erweiterungen

- Sensoren immer an **Sensormasse** (GNDA) anschließen, nie an Karosseriemasse. Sonst verfälschen Massepotentiale die Messwerte.
- Leitungen von Kurbelwellen- und Klopfsensor geschirmt ausführen; Schirm nur steuergeräteseitig an Masse.
- Lastausgänge (Magnetventile, Relais) mit +12 V aus dem geschalteten Hauptrelais versorgen und über das PECU nach Masse schalten.
- Alle Zusatzstecker (X4, X7 und Lambdastecker E) sind Molex Micro-Fit 3.0. Die passende Crimpzange und die zum Leitungsquerschnitt passenden Kontakte verwenden; 0,35–0,5 mm^2 sind üblich.

5 Software

5.1 Übersicht

Programm	Zweck	Bezug
TunerStudio MS	Konfiguration, Abstimmung, Anzeigen, Datenaufzeichnung	tunerstudio.com; Lite kostenlos, **Ultra** (kostenpflichtig) für VE-Analyse, Autotune und Kennfeld-Werkzeuge empfohlen
rusEFI Console	Firmware-Update, Diagnose, Lua-Konsole	im rusEFI-Paket für die uaEFI (rusefi.com)
MegaLogViewer	Auswertung von Datenaufzeichnungen	tunerstudio.com (HD-Version empfohlen)
Webbrowser	WLAN-Dashboard und Einstellungen des CAN-Moduls	jedes Smartphone/Laptop

5.2 TunerStudio installieren und Projekt anlegen

1. TunerStudio MS von tunerstudio.com herunterladen und installieren.
2. PECU per USB anschließen. Unter Windows 10/11 ist kein Treiber nötig.
3. In TunerStudio **Datei (File) › Neues Projekt (New Project)**.
4. Projektname eingeben, z. B. „PECU M52 Kunde Müller".
5. Bei *Firmware* **Erkennen (Detect)** klicken. TunerStudio liest die Kennung der Firmware und lädt die passende Definitionsdatei (.ini). Ohne Internet: **Other / Browse** und die .ini-Datei vom Laufwerk wählen, das das PECU am PC anmeldet.
6. Verbindung: Schnittstelle (COM-Port bzw. /dev/tty…) wählen oder **Erkennen (Detect)** nutzen. Die Baudrate ist bei USB ohne Bedeutung.
7. Projekt anlegen. TunerStudio verbindet sich und liest die Einstellungen aus dem PECU.
8. Sofort eine Sicherung anlegen: **Datei (File) › Save Tune As…** (Dateiendung .msq).

Sprache umstellen: Im Menü **Options › Language** (deutsch: Optionen › Sprache) „German" wählen und TunerStudio neu starten. Die Anleitung nennt die Menüs so, wie TunerStudio sie dann anzeigt. TunerStudio übersetzt nur die Begriffe aus seiner eigenen Wortliste; viele Menüs der rusEFI-Firmware (z. B. **Ignition**, **Idle**, **Sensors**) bleiben englisch, und manche Übersetzungen sind ungewohnt, etwa „Auslösen" für „Trigger" oder „UP2" für „TPS". Bei Unklarheiten hilft der englische Name in Klammern; mit englischer Sprache gilt nur dieser.

> **Tipp:** Legen Sie für jedes Fahrzeug ein eigenes Projekt an und speichern Sie vor jeder größeren Änderung eine neue .msq mit Datum im Namen.

5.3 Grundbedienung von TunerStudio

Funktion	Bedienung
Werte ändern	Feld anklicken, Wert eingeben, Enter. Änderungen gelten sofort im Arbeitsspeicher des PECU.
Dauerhaft speichern („Burn")	Schaltfläche **Brennen (Burn)** im Dialog oder **Strg+B**. Ohne Burn gehen Änderungen beim Ausschalten verloren.
Tabellen bearbeiten	Bereich markieren, dann **+** / **–** (Schritt), **Shift+/–** (großer Schritt), **=** (Wert setzen), ***** (Prozent), **H**/**V** (interpolieren), **S** (glätten).
Aktuelle Arbeitspunkt	Der Fadenkreuz-Cursor in Tabellen zeigt, wo der Motor gerade läuft.
Anzeigen	Startseite mit Rundinstrumenten; Rechtsklick auf ein Instrument wählt einen anderen Messwert.
Datenaufzeichnung	**Datenprotokollierung (Data Logging) › Protokollierung starten (Start Logging)** (F2), Stopp mit F3.
Kennfeld vergleichen	**Datei (File) › Vergleiche Tune (Compare Tune)** (TunerStudio Ultra: Unterschiede zwischen zwei .msq).
Offline arbeiten	Projekt ohne PECU öffnen, Änderungen speichern, später übertragen.

5.4 Firmware aktualisieren

Die Firmware der uaEFI wird mit der **rusEFI Console** aktualisiert.

1. TunerStudio schließen (die USB-Schnittstelle darf nur von einem Programm belegt sein).
2. Aktuelle Kalibrierung als .msq sichern.
3. Das von k-data freigegebene rusEFI-Paket für **uaEFI** verwenden (zurzeit **release_20260812**). Andere Versionen, insbesondere Nightly-Versionen, nur auf Anweisung von k-data aufspielen: Die Basiskalibrierung und diese Anleitung gelten für die freigegebene Version.
4. Paket entpacken, `rusefi_console` starten, PECU per USB anschließen.
5. **Update Firmware** wählen und den Anweisungen folgen. Das PECU startet danach neu.
6. TunerStudio öffnen. Meldet TunerStudio eine neue Firmware-Kennung, die neue .ini übernehmen und die gesicherte .msq mit **Datei (File) › Open Tune** laden, dann **Brennen (Burn)**.

> **Warnung:** Während des Updates die USB-Verbindung nicht trennen und die Spannungsversorgung nicht unterbrechen.

Die Firmware des CAN-Moduls wird getrennt per WLAN aktualisiert (Kap. 8.11).

6 TunerStudio-Menüs

Dieses Kapitel beschreibt die Menüs, die für ein Plug & Play PECU wichtig sind. Punkte, die die Trägerplatine festlegt, sind mit **[fest]** markiert: sie sind in der Basiskalibrierung richtig eingetragen und dürfen nicht geändert werden, sonst arbeiten Ausgänge oder Sensoren nicht mehr.

6.1 Menü „Setup"

6.1.1 Vehicle Information

Einstellung	Bedeutung
Number of cylinders	Zylinderzahl
Displacement	Hubraum in Litern; wird für die Kraftstoffberechnung verwendet
Firing order	Zündfolge **[fest]**. Beim PECU M52 steht hier 1-2-3-4-5-6, weil die Trägerplatine die Ausgänge bereits in Zündfolge an die Zylinder führt (Kap. 3.4). Nicht auf 1-5-3-6-2-4 ändern.
Fuel strategy	Lasterfassung: Speed Density, Alpha-N oder MAF
Tuning View	blendet Experten-Menüs ein oder aus
Lambda display	Anzeige in Lambda oder AFR
Engine Make / Engine Code / VIN	Dokumentation, wird in Logs gespeichert

6.1.2 Limits and protection

- **Limits and fallbacks:** Drehzahlbegrenzer. *Cut fuel on RPM limit / Cut spark on RPM limit* wählen, *RPM hard limit* einstellen, *RPM limit hysteresis* (Wiedereinsetzen). Optional *Use Engine Temperature RPM limit curve* für eine niedrigere Grenze bei kaltem Motor. Hier auch *Boost cut pressure* (Ladedruckabschaltung).
- **Low/High oil pressure protection:** Abschalten bei fehlendem Öldruck (setzt einen Öldrucksensor voraus).
- **Lambda protection:** Leistungsbegrenzung bei magerem Gemisch unter Last.
- **Misfire Detection:** Aussetzererkennung.

6.1.3 Trigger

Einstellung	Bedeutung
Trigger type	Art des Geberrads, z. B. 60-2 **[fest]**
Trigger Angle Advance	Versatz zwischen Geberrad und OT Zylinder 1. Wird mit der Stroboskoplampe geprüft (Kap. 7.2).
Crank Sensor / Cam Sensor (Primary channel)	Eingang des Kurbelwellengebers **[fest]**
Primary Edge	ausgewertete Flanke; nur bei Synchronproblemen ändern
Cam Inputs: *Cam mode, Cam sensor bank 1 intake, VVT offset*	Nockenwellengeber für sequenzielle Einspritzung und Vanos **[fest, außer VVT offset]**

6.1.4 Check Engine Settings

Ausgang und Bedingungen der Motorkontrollleuchte. Bei Fahrzeugen mit CAN-Kombiinstrument steuert das CAN-Modul die Leuchte (Kap. 8.9).

6.1.5 Battery and alternator, Ignition key input Settings

Spannungsmessung und Erkennung der Zündung **[fest]**.

6.1.6 Outputs, Cooling Fans, Air Conditioning

Dialog	Wichtige Einstellungen
Ausgänge (Outputs)	Hauptrelais, Kraftstoffpumpe, Drehzahlmesserausgang **[fest]**; *Fuel pump prime duration* = Vorlaufzeit der Pumpe nach Zündung an (Standard 3–4 s)
Cooling Fans	*On temperature / Off temperature* des elektrischen Lüfters, *Disable when engine stopped, Idle adder* (Leerlaufanhebung bei Lüfter an)
Air Conditioning	Klimakompressor-Freigabe, Abschaltung bei Volllast und hoher Drehzahl

6.2 Menü „Fuel"

6.2.1 Injector Setup

Injection configuration

Einstellung	Bedeutung
Injection	Einspritzung ein/aus (für Zündtests ausschalten)
Modus (Mode)	Sequential (mit Nockenwellensignal), Batch, Simultaneous
Injection timing control mode	Einspritzende bezogen auf OT
Injector flow	Durchfluss der Düsen in cc/min bei Referenzdruck. **Muss zur verbauten Düse passen.**
Fuel rail pressure sensor / Injector flow compensation mode	Ausgleich des Kraftstoffdrucks. Bei Serien-BMW mit Druckregler am Saugrohr: „Fixed rail pressure" bzw. referenziert auf das Saugrohr, je nach Kraftstoffsystem. Erfordert Neustart.
Injector reference pressure	Druck, bei dem *Injector flow* gilt (meist 3 bar)
Stoichiometric ratio	14,7 für Benzin, 9,0 für E85 (bei Flex automatisch)

Injector deadtime (BatV vs fuel pressure): Öffnungsverzug der Düse über der Batteriespannung. Wichtig für Leerlauf und Teillast; Werte aus dem Datenblatt der Düse übernehmen.

Injection hardware: Zuordnung der Düsenausgänge **[fest]**. Mit **Injector Test** lassen sich einzelne Düsen ansteuern.

Injector small-pulse correction: Korrektur für sehr kurze Einspritzzeiten.

6.2.2 VE (Füllungsgrad)

Die **VE-Tabelle** ist das zentrale Kraftstoffkennfeld: Füllungsgrad in % über Drehzahl und Last (MAP oder TPS). rusEFI berechnet daraus, dem Hubraum, der Luftdichte und dem Lambda-Ziel die Einspritzzeit. Weil Düsengröße, Totzeit und Lambda-Ziel getrennt berücksichtigt werden, bleibt die VE-Tabelle beim Düsenwechsel gültig.

6.2.3 Target lambda / Target AFR

Lambda-Sollwert über Drehzahl und Last. Typische Werte:

Betriebsbereich	Lambda
Leerlauf, Teillast	1,00
Mittlere Last	0,95–0,98
Volllast Saugmotor	0,86–0,90
Volllast mit Aufladung	0,78–0,82

6.2.4 Korrekturen

Dialog	Funktion
Warmup enrichment	Mehrmenge in % über der Kühlmitteltemperatur
IAT multiplier	Korrektur über der Ansauglufttemperatur
Deceleration fuel cutoff (DFCO)	Schubabschaltung: *Enable Fuel Cutoff*, Drehzahlgrenzen, *Cut fuel below MAP*, *No cut below CLT*
Short term fuel trim/Closed loop	Lambdaregelung: korrigiert die Einspritzmenge laufend auf das Lambda-Ziel. Grenzen und Freigabebedingungen (Temperatur, Drehzahl, Last)
Long term fuel trims	lernende Korrektur
Cylinder fuel trims	Mengenabgleich einzelner Zylinder
TPS Acceleration Enrichment / Wall Wetting AE	Beschleunigungsanreicherung über Drosselklappen- und MAP-Änderung
Wall wetting AE	physikalisches Modell für Wandfilm, Alternative zur klassischen Beschleunigungsanreicherung
Barometric pressure correction	Höhenausgleich

6.3 Menü „Ignition"

Dialog	Funktion
Ignition advance	Zündwinkel in Grad vor OT über Drehzahl und Last
CLT / IAT timing correction	Zündwinkelkorrektur bei kaltem Motor bzw. heißer Ansaugluft
Schließwinkel (Dwell)	Schließzeit der Spulen über Drehzahl und Batteriespannung
Ignition hardware	*Funke(n) (Spark)* ein/aus, *Modus (Mode)* (Individual Coils, Wasted Spark), *Timing-Modus (Timing Mode)* (Dynamic oder **Fixed** zum Prüfen), *Feste Zeit (Fixed Timing)*, Ausgänge **[fest]**
Cylinder ign trims	Zündwinkelkorrektur je Zylinder
Klopferkennung (Knock Control), **Max knock retard**	Klopfregelung und maximale Rücknahme
Multispark	mehrere Funken bei niedriger Drehzahl

> **Warnung:** Zu früher Zündzeitpunkt verursacht Klopfen und zerstört Kolben. Erhöhen Sie den Zündwinkel nur in kleinen Schritten (1–2°) und nur mit Klopfüberwachung oder auf dem Prüfstand.

6.4 Menü „Cranking" (Startvorgang)

Dialog	Funktion
Anlassen/Start Einstellungen (Cranking settings)	*Cranking RPM limit* (bis zu dieser Drehzahl gilt der Startmodus, typ. 400–550 1/min), *Injection mode* beim Start, *Fixed cranking advance* (Zündwinkel beim Start, typ. 8–10°), *Flood clear* (bei Vollgas während des Startens keine Einspritzung, zum Freispülen eines abgesoffenen Motors)
Cranking Fuel multiplier	Startmenge über der Kühlmitteltemperatur
After-start enrichment	Nachstartanreicherung, klingt in einigen Sekunden ab
Priming pulse	Einspritzimpuls bei Zündung an, benetzt das Saugrohr
Cranking ignition advance	Startzündwinkel über der Drehzahl
Cranking Air Amount vs CLT	Leerlaufsteller-Öffnung während des Starts

6.5 Menü „Idle" (Leerlauf)

Dialog	Funktion
Idle settings	*Idle control mode*: Open Loop (feste Stellerposition) oder Closed Loop (PID-Regelung auf Solldrehzahl); Erkennungsschwellen (*TPS-Schwellenwert (TPS threshold), RPM upper limit*); Zuschläge für Klimaanlage und Lüfter; PID-Parameter
Idle hardware	Art des Leerlaufstellers, Ausgänge und Frequenz **[fest]**
Idle Target RPM from CLT	Leerlaufsolldrehzahl über der Temperatur (z. B. 1200 1/min kalt, 750 1/min warm)
Idle Position from CLT vs Idle Target RPM	Grundöffnung des Stellers; wichtigste Tabelle für einen stabilen Leerlauf
Idle After Start Taper	Übergang von der Startöffnung zur Leerlauföffnung
Closed-loop Ignition idle timing	Leerlaufstabilisierung über den Zündwinkel (schnell)
Leerlauf VE (Idle VE), **Idle Ignition advance**	eigene Kennfelder für den Leerlauf (Freigabe in *Idle settings › Extra Idle Features*)
Coasting Idle position	Stellerposition im Schubbetrieb (verhindert Absterben beim Auskuppeln)

6.6 Menü „Advanced"

Dialog	Funktion
Launch Control, **Rolling Launch Control**	Startdrehzahlbegrenzer für Beschleunigungsstarts
Torque Control (Shift Torque Reduction, Flat Shift)	Zündunterbrechung beim Hochschalten ohne Gaswegnehmen
Ladedruckregelung (Boost Control)	Ladedruckregelung über ein Taktventil
Generic PWM	frei konfigurierbare PWM-Ausgänge (z. B. Wasserpumpe, Saugrohrumschaltung)
VVT outputs and PID, **VVT intake target**	Vanos: Ausgang **[fest]**, Regelparameter, Sollwinkel über Drehzahl und Last
Electronic Throttle Body actuator, **ETB pedal target**	elektronische Drosselklappe (nur mit Nachrüstung über X4)
Lua	Lua-Skript im Steuergerät. Für das CAN-Modul wird hier `pecu_io.lua` eingefügt (Kap. 8.10).
Lachgas-Steuerung (Nitrous Control), **Anti-Lag ALS**	Motorsportfunktionen

6.7 Menü „Sensors"

Dialog	Funktion
CLT sensor, **IAT sensor**	Kennlinie des NTC (drei Stützpunkte Temperatur/Widerstand) **[fest für Seriensensoren]**
UP2 (TPS)	Kalibrierung der Drosselklappe: Zündung an, Motor aus. Klappe geschlossen → *Grab closed throttle position*; Vollgas → *Grab wide open throttle position*; Burn. Danach muss TPS 0 % bzw. 100 % zeigen.
Accelerator pedal	Kalibrierung des Fahrpedals, gleiches Verfahren
MAP-Sensor (MAP sensor), **MAP sampling**	Sensortyp und Kennlinie; Mittelung über den Ansaugtakt
Baro sensor	Umgebungsdruck
MAF sensor, **MAF transfer function**	Luftmassenmesser (Variante mit LMM)
CAN O2 sensors	interner Breitbandregler: muss aktiviert sein, damit Lambda angezeigt wird
rusEFI Wideband Tools	Firmware-Update und Status des Breitbandreglers
Vehicle speed sensor	Fahrgeschwindigkeit (alternativ über CAN)
Oil / Fuel / Turbo / Aux sensors	zusätzliche Sensoren an AUX-Eingängen

6.8 Menü „CAN-bus"

CAN Bus Settings – Pflichteinstellungen für den Betrieb mit dem CAN-Modul:

Einstellung	PECU-Wert
Bitrate (Primary CAN)	500 kbit/s
CAN read enabled / CAN write enabled	an
Enable rusEFI CAN broadcast	**an**
rusEFI CAN data base address	**512** (= 0x200)
rusEFI CAN data address type	11 Bit
rusEFI CAN data period	**20 ms**
CAN dash type	**None**

> **Wichtig:** *CAN dash type* muss auf **None** stehen. Die Botschaften für das Kombiinstrument erzeugt das CAN-Modul. Sendet die uaEFI zusätzlich z. B. „BMW E46", entstehen doppelte Botschaften; das CAN-Modul meldet dann „ID!" (Kap. 8.4).

CAN Vehicle speed sensor: Fahrgeschwindigkeit aus dem Fahrzeug-CAN (z. B. BMW E46 Raddrehzahlen).

6.9 Menü „Controller"

Dialog	Funktion
Bench test	Einzeltest von Einspritzdüsen, Zündspulen, Kraftstoffpumpe, Lüfter, Leerlaufsteller, Hauptrelais. Unverzichtbar bei der ersten Inbetriebnahme.
Injector test	Mengenprüfung von Düsen
SD Card Logger	*SD Card Logging* an, *Always start in Logging mode*, *SD logger mode*, Aufzeichnungsrate; bedingtes Aufzeichnen ab Drehzahl/Last
Base Tunes	Werkseinstellungen für bekannte Motoren. **Nicht verwenden**: überschreibt die PECU-Pinbelegung.
Tune Lock	Kennfeld mit Passwort schützen
Traction Control	Traktionskontrolle (setzt Raddrehzahlen voraus)
Full pinout	Übersicht der Pins und ihrer aktuellen Funktion

6.10 Live-Daten und Anzeigen

Über **View** (bzw. die Startseite) lassen sich Messwerte, Statusanzeigen und Diagnoseseiten aufrufen. Die wichtigsten Kanäle:

Kanal	Bedeutung
RPM, Sync	Drehzahl, Triggersynchronisation (muss ohne Fehlerzähler stabil sein)
MAP, TPS, CLT, IAT, VBatt	Grundsensoren
Lambda 1, Target lambda	Ist- und Sollgemisch
Fuel: VE, Injector pulse width, Duty cycle	Einspritzung; Düsenauslastung unter 85 % halten
Ignition advance, Dwell	Zündung
Idle position, Idle target RPM	Leerlauf
Warning / Error codes	Fehlermeldungen

7 Grundlagen der Abstimmung

Dieses Kapitel fasst die Vorgehensweise zusammen. Es ersetzt keine Schulung; die rusEFI-Wiki (wiki.rusefi.com) und Fachliteratur bieten Vertiefung.

7.1 Reihenfolge

1. Sensoren prüfen und kalibrieren (TPS, CLT, IAT, MAP, Lambda).
2. Trigger und Zündzeitpunkt prüfen (7.2).
3. Startverhalten (Cranking) und Warmlauf.
4. Leerlauf.
5. VE-Tabelle in Teillast, dann Volllast.
6. Zündwinkel optimieren (Prüfstand).
7. Übergänge: Beschleunigungsanreicherung, Schubabschaltung.
8. Komfortfunktionen: Lüfter, Klima, Lambdaregelung.

7.2 Zündzeitpunkt mit Stroboskop prüfen

Diese Prüfung ist nach jedem Einbau Pflicht.

1. Motor starten und warmlaufen lassen.
2. **Ignition › Ignition hardware**: *Timing-Modus (Timing Mode)* = **Fixed**, *Feste Zeit (Fixed Timing)* = **10°**.
3. Stroboskoplampe an Zylinder 1 anschließen und die OT-Markierung beobachten.
4. Zeigt die Lampe nicht 10°, **Setup › Auslösen (Trigger)** *Trigger Angle Advance* in kleinen Schritten anpassen, bis die Marke 10° zeigt.
5. *Timing-Modus (Timing Mode)* wieder auf **Dynamic**, Burn.

7.3 VE-Tabelle abstimmen

- Motor betriebswarm, Lambdaregelung aus (sonst verdeckt sie den Fehler).
- In stationären Arbeitspunkten Lambda-Ist mit Lambda-Soll vergleichen. Neuer VE-Wert = alter VE-Wert × Lambda-Ist / Lambda-Soll.
- Mit TunerStudio Ultra übernimmt **VE Analyze Live** diese Rechnung automatisch aus den Messwerten.
- Nachbarzellen glätten; die Tabelle soll keine Sprünge haben.

7.4 Datenaufzeichnung

- Aufzeichnung per Laptop (F2) oder auf microSD.
- Auswertung in MegaLogViewer: Lambda gegen Lambda-Soll, Klopfzähler, Düsenauslastung, Spannung.
- Bei Supportanfragen immer **.msq und Log** mitschicken.

8 CAN-Modul mit OLED-Anzeige

Dieses Kapitel beschreibt die Firmware des CAN-Moduls in der Version 1.3.1 (Stand November 2026). Welche Version auf Ihrem Modul läuft, zeigt das Startbild der OLED-Anzeige und die Update-Seite im WLAN.

8.1 Aufgaben

Das CAN-Modul (OLED-Modul mit eigener CAN-Schnittstelle) arbeitet unabhängig von der Motorsteuerung:

- **Anzeige:** Motordaten auf der OLED-Anzeige und im WLAN-Dashboard.
- **Fahrzeug-CAN:** erzeugt die Botschaften der Original-DME, damit Drehzahlmesser, Temperaturanzeige, Kontrollleuchten, Verbrauchsanzeige und ASC/DSC arbeiten.
- **Klimakompressor:** schaltet den Kompressor auf Anforderung der Klimaanlage, mit Auswertung des Druckschalters.
- **Momenteneingriff:** wertet Momentanforderungen von ASC/DSC aus und gibt sie an die Motorsteuerung weiter.
- **CAN-Diagnose:** schaltbarer Abschlusswiderstand und Fehlerzähler.
- **Konfiguration und Update** über WLAN, ohne Programmierkenntnisse und ohne Kabel.

Das Modul liest **ausschließlich den rusEFI-Broadcast** der uaEFI. Fällt das CAN-Modul aus, läuft der Motor weiter; nur Anzeigen und Fahrzeugfunktionen über CAN fehlen.

Beim PECU M52 liegt der CAN-Bus zusätzlich am Fahrzeugstecker (X1-86 CAN High, X1-85 CAN Low) und ist so mit dem Fahrzeug-CAN verbunden, soweit das Fahrzeug einen hat (z. B. E39, E36 ab ca. 1997).

Das CAN-Modul wird über die Sensorversorgung der uaEFI gespeist. Es arbeitet deshalb nur bei **eingeschalteter Zündung**, nicht bei reiner USB-Versorgung.

8.2 Funktionsübersicht der Firmware

Funktion	Beschreibung	Einstellung
OLED-Anzeige	7 Seiten mit Motor-, Fahrzeug- und CAN-Daten, Startbild, OK-Bild, Fehlereinblendung	Taste BOOT (8.4)
Status-LED	Blinkcode für Betriebszustand und Störungen	– (8.5)
WLAN-Hotspot	Name PECU-xxxx, Passwort änderbar, auf Wunsch unsichtbar	Einstellseite › WLAN (8.6)
Dashboard	Motorwerte, Moment, Fahrzeug-CAN, Status, Speicher	192.168.4.1
Einstellseite	alle Parameter, sofort wirksam, bleiben bei Updates erhalten	192.168.4.1/settings (8.7)
CAN-Seite	Abschlusswiderstand, Messanleitung, Fehlerzähler	192.168.4.1/can (8.8)
Fahrzeugprofil BMW E46/E39/E38/E53/Z3	Botschaften 0x316, 0x329, 0x545, Ersatz-0x153; liest 0x153 (ASC/DSC)	Einstellseite › Allgemein (8.9)
Klimakompressor	schaltet den Kompressor über einen eigenen Ausgang am Fahrzeugstecker	Einstellseite › Klimakompressor (8.12)
Momentmodell	Schätzung des Motormoments aus der Zylinderluftmasse	Einstellseite › Momentmodell (8.10)
Momenteneingriff	Spätverstellung und weiches Zündungsausblenden über `pecu_io.lua`	Lua in TunerStudio (8.10)
Kontrollleuchten	MIL, Tempomat, EML, Tankdeckel, Überhitzung, Ladekontrolle, Öldruck	Einstellseite › Lampen
Mehrsprachig	Deutsch, Englisch, Französisch, Spanisch für Weboberfläche und OLED	Einstellseite › Allgemein
Firmware-Update	per WLAN mit verschlüsselten und signierten .pecu-Dateien, gesperrt bei laufendem Motor	192.168.4.1/update (8.11)
Überwachung	Watchdog startet das Modul neu, falls die Firmware hängt; Erkennung doppelter CAN-IDs	–

8.3 Voraussetzungen in TunerStudio

Die Einstellungen aus Kap. 6.8 müssen gesetzt sein: Broadcast an, Basisadresse 512, Periode 20 ms, *CAN dash type* = None. Für Momenteneingriff und Lampen zusätzlich das Lua-Skript `pecu_io.lua` (Kap. 8.10).

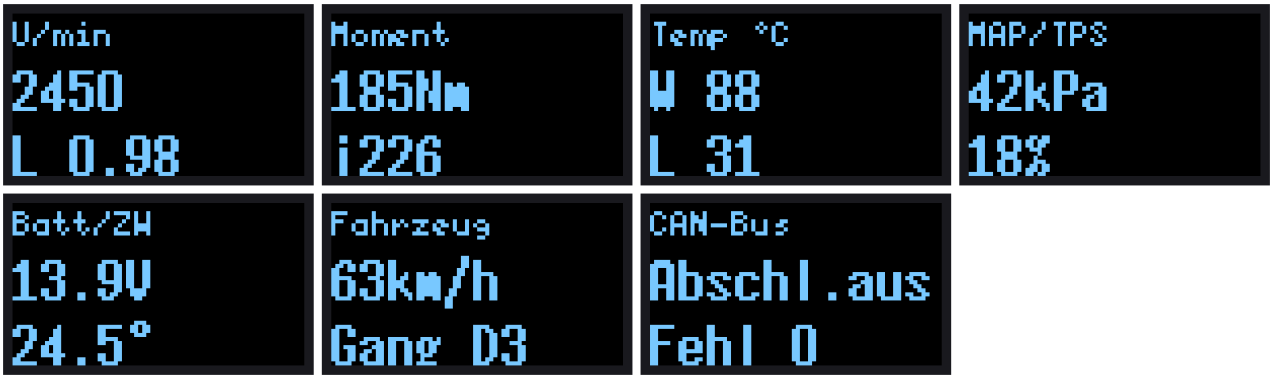
8.4 OLED-Anzeige

Nach dem Einschalten zeigt die Anzeige 2 s das k-data-Logo, 1,5 s „PECU CAN" mit der Firmwareversion und 4 s WLAN-Name, Passwort und IP-Adresse. Danach erscheint groß **„OK"**, solange alles in Ordnung ist. Ein Druck auf die Taste **BOOT** überspringt das Startbild; der erste Druck nach dem OK-Bild wechselt zur Drehzahlseite. Der CAN-Bus arbeitet währenddessen bereits normal.



Startbild: Logo, Version, WLAN-Daten, OK-Bild

Die Taste **BOOT** am Modul blättert durch sieben Seiten:



OLED-Seiten (Beispielwerte)

Seite	Titel	Zeile 1	Zeile 2
1	U/min	Drehzahl	Lambda (L)
2	Moment	geschätztes Moment an der Kurbelwelle in Nm	indiziertes Moment (i)
3	Temp °C	Kühlmittel (W)	Ansaugluft (L)
4	MAP/TPS	Saugrohrdruck in kPa	Drosselklappe in %
5	Batt/ZW	Bordspannung	Zündwinkel
6	Fahrzeug	Geschwindigkeit aus ASC/DSC	Gang, sofern das Fahrzeug ihn über CAN meldet
7	CAN-Bus	Abschlusswiderstand an/aus	CAN-Fehler seit dem Start

Zeichen in der Titelzeile

Zeichen	Bedeutung
MIL	Motorkontrollleuchte aktiv (Fehler in der uaEFI)
!	Störung liegt an; der Fehlertext wird alle 5 s für 1,2 s eingeblendet
ID!	ID-Konflikt: *CAN dash type* in TunerStudio steht nicht auf None

Einblendungen

Anzeige	Bedeutung	Abhilfe
„Fehler / MCP2515 / SPI?"	CAN-Controller antwortet nicht	Gerät zum Service (Hardwarefehler)
„CAN / warte auf / rusEFI"	keine Daten von der uaEFI	Broadcast in TunerStudio einschalten, Basisadresse 512 prüfen
„Fehler / CAN / Bus-Off"	CAN-Bus gestört	Verkabelung, Abschluss (8.8), Bitrate prüfen; der Controller startet selbst neu
„WLAN unsichtb. / PECU-xxxx / Passwort"	Hinweis bei unsichtbarem WLAN (8.6), alle 5 s für 1,2 s	–



Zeichen in der Titelzeile und Einblendungen

Ein Tastendruck blendet einen Fehlertext sofort aus und zeigt die nächste Seite.

8.5 Status-LED des CAN-Moduls

LED	Bedeutung
dauernd an	alles in Ordnung
2 × blinken, Pause	keine rusEFI-Daten
3 × blinken	CAN-Controller antwortet nicht
4 × blinken	CAN Bus-Off
5 × blinken	ID-Konflikt (*CAN dash type* ≠ None)

8.6 WLAN und Dashboard

1. Zündung einschalten.
2. Mit dem Smartphone oder Laptop das WLAN **PECU-xxxx** suchen (xxxx = die letzten vier Stellen der Gerätekennung). Passwort ab Werk: **kdatapecu**.
3. Im Browser **http://192.168.4.1** öffnen.

Das Dashboard zeigt Motorwerte, das geschätzte Moment, Daten aus dem Fahrzeug-CAN (Geschwindigkeit, Bremse, Gang, Eingriffe), den Status des Moduls, die CAN-Fehler, den Abschluss und den freien Speicher. Unter **http://192.168.4.1/data.json** stehen alle Werte maschinenlesbar zur Verfügung.

> **Wichtig:** Ändern Sie das WLAN-Passwort bei der Inbetriebnahme (Einstellseite, Gruppe WLAN, mindestens 8 Zeichen). Mit dem Standardpasswort kann jeder in Reichweite die Einstellungen des Moduls ändern.

WLAN unsichtbar: Ist diese Einstellung an, bleibt der Hotspot aktiv, erscheint aber nicht mehr in der WLAN-Liste. Verbinden Sie sich dann über „Verborgenes Netzwerk hinzufügen" mit Name **PECU-xxxx** und Passwort. Damit Name und Passwort nicht verloren gehen, blendet die OLED-Anzeige beides alle 5 s kurz ein.

Passwort vergessen (Wiederherstellung über USB): Ist das WLAN-Passwort verloren und auf der kleinen OLED-Anzeige nicht lesbar, lässt sich das Modul auch ohne WLAN einstellen. Dazu Zündung aus, den Gehäusedeckel abnehmen, den PC per USB-Kabel mit der USB-Buchse des CAN-Moduls verbinden und das Programm **PECU Konfigurator** (Windows, auf der Downloadseite von k-data) starten. Es findet das Modul selbst und zeigt Dashboard, Einstellseite und Update-Seite wie im WLAN. Dort das WLAN-Passwort neu setzen, *WLAN unsichtbar* ausschalten oder mit **Werkseinstellungen** alles zurücksetzen (Passwort danach wieder `kdatapecu`). Danach USB-Kabel abziehen und den Deckel wieder aufsetzen.

8.7 Einstellseite

http://192.168.4.1/settings. Änderungen gelten sofort und bleiben auch bei Firmware-Updates erhalten. **Werkseinstellungen** setzt alles zurück (auch das WLAN-Passwort auf `kdatapecu`).

Gruppe	Einstellung	Werkseinstellung	Erklärung
Allgemein	Sprache	Deutsch	Deutsch, English, Français, Español für Weboberfläche und OLED
	Fahrzeugprofil	BMW E46/E39/E38/E53/Z3	Protokoll der Original-DME; „keins" bei VAG
	rusEFI-Basis-ID	200 (hex)	muss zu TunerStudio passen (512 dezimal)
Botschaften	0x316 / 0x329 / 0x545	an	einzeln abschaltbar, z. B. bei Fahrzeugen ohne Kombi-CAN
	DSC-Lampe aus (Ersatz-0x153)	aus	**nur** einschalten, wenn kein ASC/DSC-Steuergerät verbaut ist
Motor/Getriebe	MD_NORM	D9 (400 Nm)	Bezugsmoment in den Momentbotschaften (S54: DF)
	OBD_STEUER Motor steht / läuft	80 / 86	Statuswerte in 0x329
	Motor läuft ab / Leerlauf unter	500 / 1000 1/min	Statusbits für das Kombiinstrument
	ASC/EGS-Eingriff melden	an	setzt `pecu_io.lua` voraus
Momentmodell	Quelle, Luftmasse für 400 Nm, Offset, Reibung	Zylinderluftmasse, 700 mg, −24 Nm, 20 Nm + 5 Nm/1000 1/min	Schätzung des Motormoments (8.10)
Pedal	Pedal senden, Quelle, Kickdown	an, TPS, 98 %	Fahrpedalwert für ASC/DSC; PPS bei E-Gas
	Luftdruck	1013 hPa	
Lampen	Überhitzung / Ladekontrolle / Öldruck	115 °C / 12,2 V / aus	Schwellen für die Kontrollleuchten
	Öltemperatur = Kühlmittel	aus	für Fahrzeuge ohne Öltemperatursensor
	Verbrauchsfaktor	25 Schritte/ml	**mit dem Bordcomputer abgleichen**
Klimakompressor	Klimakompressor über das Modul schalten	aus	Kompressor läuft bei Anforderung und Druck ok und laufendem Motor (8.12)
	Anforderung	CAN 0x615 (BMW E46)	Beim PECU M52 **Eingang** wählen (X1-16). CAN 0x615 gilt nur für den BMW E46.
	Anforderung aktiv bei	12 V	nur bei Anforderung über den Eingang
	Druckschalter	nicht vorhanden	nicht vorhanden / Druck ok bei 12 V / Druck ok bei 0 V
	Mindestdrehzahl	500 1/min	Kompressor nur bei laufendem Motor
CAN-Bus	CAN-Abschluss 120 Ω	ein	bei Störungen messen (8.8)
WLAN	Passwort	kdatapecu	mindestens 8 Zeichen

Gruppe	Einstellung	Werkseinstellung	Erklärung
	WLAN unsichtbar	aus	Name wird nicht ausgesendet, Hotspot bleibt aktiv

8.8 CAN-Abschluss und Fehlerzähler

Ein CAN-Bus braucht an beiden Enden je einen Abschlusswiderstand von 120 Ω, zusammen 60 Ω zwischen CAN-High und CAN-Low. Wird die Original-DME ausgebaut, kann ein Abschluss fehlen; schließt man nur ein Gerät an X4 an, fehlen meist beide. Jede PECU-Platine hat einen eigenen 120-Ω-Abschluss, den das CAN-Modul per Einstellung schaltet. Ab Werk ist er ein, denn meist ersetzt das PECU ein Steuergerät am Ende des Busses.

Einstellen (Dashboard › CAN-Bus bzw. http://192.168.4.1/can):

1. Abschluss **aus** schalten, Zündung aus, einige Minuten warten, bis alle Steuergeräte schlafen.
2. Mit dem Multimeter den Widerstand zwischen CAN-High und CAN-Low am PECU-Stecker messen.

Messwert	Bedeutung	Einstellung
≈ 60 Ω	richtig abgeschlossen	aus
≈ 120 Ω	ein Abschluss fehlt	**an**
≤ 40 Ω	zu viele Abschlüsse	aus, einen anderen entfernen
sehr hoch / offen	Leitung unterbrochen oder kein weiterer Abschluss	Verkabelung prüfen

Fehlerzähler: Die CAN-Seite, die OLED-Seite „CAN-Bus" und das Dashboard zeigen die CAN-Fehler seit dem Start (Übertragungsfehler, Pufferüberläufe, Sendefehler, Bus-Off, Warn- und Passivstufe, Fehlerzähler REC/TEC). Bei laufendem Motor sollen alle Werte bei 0 bleiben oder nur sehr selten steigen. Steigen sie laufend, ist der Bus falsch abgeschlossen oder gestört.

8.9 Fahrzeugprofil BMW E46/E39/E38/E53/Z3

Das Modul sendet alle 10 ms die Botschaften der Siemens MS42/MS43:

Botschaft	Inhalt
0x316 DME1	Drehzahl, Motormomente, Statusbits (Klemme 15, ASC, Gangwechsel möglich)
0x329 DME2	Kühlmitteltemperatur, Luftdruck, Fahrpedal, Leerlauf, Bremse, Kickdown, weitere Statuswerte im Multiplex
0x545 DME4	Kontrollleuchten (MIL, Tempomat, EML, Tankdeckel, Überhitzung, Ladekontrolle, Öldruck), Verbrauch, Öltemperatur
0x153 (Ersatz)	nur auf Wunsch, wenn kein ASC/DSC verbaut ist: unterdrückt die DSC-Warnleuchte

Es liest 0x153 (ASC/DSC: Geschwindigkeit, Bremse, Momenteneingriff).

8.10 Momentmodell, Momenteneingriff und Lua-Skript

ASC/DSC erwartet von der Motorsteuerung das aktuelle Motormoment und fordert bei Radschlupf eine Momentreduzierung an.

- **Momentschätzung:** Das Modul berechnet das Moment aus der Zylinderluftmasse der uaEFI (indiziertes Moment minus Reibung). Plausibilitätsprüfung: Ein serienmäßiger M52B28 sollte bei Volllast etwa 280 Nm an der Kurbelwelle zeigen, ein M52B25 etwa 245 Nm, ein M52B20 etwa 190 Nm.
- **Eingriff:** Fordert ASC/DSC weniger Moment an, berechnet das Modul den Reduktionsanteil und sendet ihn an die uaEFI. `pecu_io.lua` nimmt dort zuerst den Zündwinkel bis 30° zurück und blendet darüber hinaus einzelne Zündungen weich aus (nie zwei hintereinander). Ein Eingriff endet spätestens nach 1,25 s.

Lua-Skript einbinden

1. `pecu_io.lua` von k-data beziehen und den Inhalt kopieren.
2. TunerStudio: **Erweitert (Advanced) › Lua › Lua Script Settings** (bzw. Lua-Skript-Editor), Inhalt einfügen.
3. Burn und Zündung aus/an.

Das Skript überträgt außerdem Kontrollleuchten (MIL, Tempomat, EML, Tankdeckel) von der uaEFI an das Kombiinstrument.

8.11 Firmware-Update des CAN-Moduls

Updates stellt k-data als Datei **`pecu-can-<version>-update.pecu`** bereit. Diese Dateien sind verschlüsselt und signiert; das Modul nimmt nur Dateien mit gültiger k-data-Signatur an. Bei einer fehlerhaften Datei bleibt die bisherige Firmware aktiv.

1. **Motor aus**, Zündung an. (Bei laufendem Motor ist das Update gesperrt.)
2. Mit dem WLAN PECU-xxxx verbinden, **http://192.168.4.1/update** öffnen.
3. Die .pecu-Datei wählen, **Update** starten und warten, bis das Modul neu startet (ca. 30 s). Zündung während des Updates nicht ausschalten.
4. Auf dem OLED-Startbild bzw. im Dashboard die neue Versionsnummer prüfen.

Die Einstellungen bleiben erhalten. Welche Änderungen eine Version bringt, steht im Änderungsprotokoll, das k-data mit jeder Version veröffentlicht.

8.12 Klimakompressor

Funktion: Das CAN-Modul schaltet den Klimakompressor, wenn die Klimaanlage ihn anfordert, der Druckschalter freigibt und der Motor läuft.

Ab Werk: aus. Der Kompressor bleibt aus, bis die Funktion eingeschaltet ist.

Einstellen (Einstellseite › Klimakompressor):

1. *Klimakompressor über das Modul schalten* einschalten.
2. *Anforderung* wählen: Beim PECU M52 **Eingang** wählen (X1-16). CAN 0x615 gilt nur für den BMW E46.
3. Bei Anforderung über den Eingang: *Anforderung aktiv bei* 12 V oder 0 V. Im Dashboard die Anzeige „Klima-Anforderung" beobachten und die Klimataste drücken; die Anzeige muss folgen.
4. *Druckschalter*: Beim PECU M52 enthält das Signal an X1-16 bereits den Druckschalter; *Druckschalter* = nicht vorhanden wählen (Kap. 3.17).
5. *Mindestdrehzahl* (ab Werk 500 1/min) nur ändern, wenn der Kompressor beim Starten nicht mitlaufen soll.

Das Dashboard zeigt „Klima-Anforderung", „Klima-Druck ok" und „Klimakompressor". Der Kompressor läuft nur, wenn alle Bedingungen erfüllt sind und die uaEFI Daten sendet. Fällt das CAN-Modul aus, bleibt der Kompressor aus.

Technik: Anforderung und Druckschalter wirken über Transistorstufen auf zwei Eingänge des CAN-Controllers; der Ausgang ist ein Low-Side-Halbleiterausgang, schaltet nach Masse und ist für eine Relaisspule ausgelegt. Belegung am Fahrzeugstecker: Kap. 3.17.

> **Hinweis:** Die Leerlaufanhebung bei eingeschalteter Klimaanlage stellt die uaEFI ein (**Setup › Air Conditioning**, *A/C Idle RPM*). Dafür braucht die uaEFI die Information, dass der Kompressor läuft; sie ist in der Basiskalibrierung nicht eingerichtet.

9 Diagnose und Fehlersuche

9.1 Vorgehen

1. Fehlermeldungen in TunerStudio ansehen (Warnanzeigen, Error codes).
2. Sensorwerte bei Zündung an auf Plausibilität prüfen (CLT ≈ Umgebungstemperatur bei kaltem Motor, MAP ≈ 95–102 kPa, TPS 0 %, VBatt > 12 V).
3. Aktoren mit **Controller › Bench test** einzeln prüfen.
4. Log aufzeichnen und auswerten.

9.2 Fehlertabelle

Symptom	Mögliche Ursache	Abhilfe
Keine Verbindung zu TunerStudio	falscher COM-Port, Programm belegt den Port, USB-Kabel	Port neu wählen, rusEFI Console schließen, anderes Kabel
TunerStudio meldet falsche Firmware-Kennung	.ini passt nicht zur Firmware	Projekt-Eigenschaften: .ini neu erkennen lassen (Kap. 5.2)
Motor dreht, keine Drehzahl in TunerStudio	Kurbelwellengeber, Trigger-Einstellung geändert	Sensor/Stecker prüfen, Trigger-Einstellungen der Basiskalibrierung wiederherstellen
Drehzahl vorhanden, kein Funke	Spark aus, Zündspulenversorgung, Hauptrelais	*Funke(n) (Spark)* einschalten, Bench test Spule, Hauptrelais und Sicherungen prüfen
Funke vorhanden, springt nicht an	Kraftstoffpumpe, Düsen, Startmenge, Zündzeitpunkt	Bench test Pumpe/Düsen, Kraftstoffdruck messen, Cranking-Menge, Stroboskop (7.2)
Springt an und geht aus	Leerlaufsteller, Nachstartanreicherung, Lufteinlass undicht	Idle Position erhöhen, After-start enrichment, Falschluft suchen
Lambda zeigt nichts / festen Wert	Sonde nicht angeschlossen, CAN O2 nicht aktiviert, Motor läuft nicht	Kap. 3.7 und 6.7
Leerlauf pendelt	Regelparameter zu scharf, VE im Leerlauf falsch	erst Open Loop stabil abstimmen, dann PID; Closed-loop ignition idle timing nutzen
Kombiinstrument: Drehzahlmesser/Temperatur tot	CAN-Modul bekommt keine Daten	OLED/LED prüfen (8.4/8.5), Broadcast-Einstellungen (6.8)
CAN-Fehlerzähler steigen, Kombi flackert	Abschlusswiderstand fehlt oder doppelt	Widerstand messen, CAN-Abschluss einstellen (8.8)
WLAN PECU-xxxx nicht sichtbar	Zündung aus, oder „WLAN unsichtbar" an	Zündung an; Name und Passwort von der OLED-Einblendung ablesen und als verborgenes Netzwerk verbinden (8.6)
WLAN-Passwort vergessen	–	Einstellung über ein verbundenes Gerät ändern, sonst Modul durch k-data zurücksetzen lassen
Update wird abgelehnt	keine .pecu-Datei, falsche Signatur oder Motor läuft	aktuelle Datei von k-data verwenden, Motor aus
uaEFI-LED D103 leuchtet rot	schwerer Firmwarefehler	Fehlermeldung in TunerStudio auslesen (3.16)
OLED „ID!"	*CAN dash type* ≠ None	auf None stellen, Burn
DSC-Leuchte an, ohne DSC-Gerät	Ersatz-0x153 aus	Einstellseite: „DSC-Lampe aus" einschalten

9.3 Zurück zur Basiskalibrierung

Bei unklaren Zuständen: **Datei (File) › Open Tune** und die mitgelieferte Basiskalibrierung (.msq) laden, Burn, Zündung aus/an. Eigene Änderungen vorher sichern.

10 Wartung, Gewährleistung, Support

- Das PECU ist wartungsfrei. Steckverbinder trocken halten.
- Die Breitbandsonde ist ein Verschleißteil. Bleihaltiger Kraftstoff, Öl im Abgas und Kurzstreckenbetrieb verkürzen ihre Lebensdauer.
- Gewährleistung nach den Geschäftsbedingungen von k-data. Ausgeschlossen sind Schäden durch Verpolung, Überspannung, Wasser und unsachgemäße Eingriffe.
- **Support:** k-data.org. Bitte Seriennummer bzw. Typenschild, Firmwareversion, .msq-Datei und ein Log beifügen.
- **Entsorgung:** Elektronikschrott, nicht in den Hausmüll (ElektroG).

Anhang A – Pinbelegung des uaEFI-Moduls

Quelle: rusEFI-Projekt, uaEFI-Steckerbeschreibung. Die Verbindung zum Fahrzeug stellt die PECU-Trägerplatine her; diese Tabelle dient der Fehlersuche und für Erweiterungen.

Stecker A (Versorgung, H-Brücken)

Pin	Funktion
A1 / A5	H-Brücke 1 (DC1− / DC1+)
A2 / A6	H-Brücke 2 (DC2− / DC2+)
A3, A4	Leistungsmasse
A7	Zündung / Batteriespannung
A8	+12 V vom Hauptrelais

Stecker B (Ausgänge)

Pin	Funktion	Pin	Funktion
B1–B6	Einspritzung 6 … 1	B10	Zündung 6
B7	LS1 / VVT1 (Diode)	B11	Zündung 4
B8	LS_HOT2 Lüfterrelais	B12	Zündung 3
B9	LS_HOT1 Hauptrelais	B13	Zündung 5
B16	LS4 / Kraftstoffpumpe (Diode)	B14	Zündung 2
B17	LS3 / Düse 7 (Diode)	B15	Zündung 1
B18	LS2 / VVT2 / Leerlauf / Düse 8 (Diode)		

Stecker C (Sensoren, Trigger)

Pin	Funktion	Pin	Funktion
C1, C2	+5 V Sensorversorgung	C11–C13	Sensormasse
C3	AUX2	C14	TPS2
C4	PPS2	C15	AUX3 / Kraftstoffdruck
C5	HALL1 / Nockenwelle 1	C16 / C17	VR2+ / VR2−
C6	HALL2 / Nockenwelle 2	C18 / C19	VR1+ / VR1−
C7	HALL3 / VSS	C10 / C20	EGT+ / EGT−
C8	Leistungsmasse / VR-Schirm	C9	BUTTON3

Stecker D (Sensoren, CAN)

Pin	Funktion	Pin	Funktion
D1	AUX1	D9	MAP extern
D2	BUTTON1	D10	BUTTON2 / A/C-Anforderung
D3, D4	+5 V Sensorversorgung	D11, D12	Sensormasse
D5	FLEX / Digitaleingang	D13	TPS1
D6	PPS1	D14	Klopfsensor
D7 / D8	CAN High / CAN Low	D15 / D16	IAT / CLT

Stecker E (Bosch LSU 4.9)

Pin	Funktion	LSU-Pin	Aderfarbe
E1	Heizung + 12 V	4	grau
E2	Abgleichwiderstand (RCal)	5	grün
E3	Heizung –	3	weiß
E4	Vs (Un)	6	schwarz
E5	Ip, Pumpstrom	1	rot
E6	Vs/Ip (Vm)	2	gelb

Lage im Stecker: siehe Kap. 3.7.

Anhang B – Belegung des Fahrzeugsteckers X1 (PECU M52)

88-poliger Stecker wie Original-DME Siemens MS41, Pinnummern nach BMW-Nummerierung. Pins, die auf der Trägerplatine nicht angeschlossen sind, sind als *nicht belegt* markiert (entfallene Funktionen der Original-DME: Kap. 3.19). Einzelheiten zu jedem Signal stehen im angegebenen Kapitel. Die Tabelle wird beim Erzeugen der Anleitung direkt aus dem Platinenlayout gelesen.

X1	Signal	Art	uaEFI	Kap.	X1	Signal	Art	uaEFI	Kap.
1	Zündspule Zyl. 2	Z	[B13]	3.4	45	*nicht belegt*			
2	Zündspule Zyl. 4	Z	[B10]	3.4	46	*nicht belegt*			
3	Zündspule Zyl. 6	Z	[B11]	3.4	47	*nicht belegt*			
4	Masse	M	GND	3.1	48	+5 V Sensorversorgung	V	+5 V	3.6
5	Einspritzventil Zyl. 2	A	[B2]	3.3	49	Zündung ein (Kl. 15)	E	[A7]	3.1
6	Einspritzventil Zyl. 1	A	[B6]	3.3	50	*nicht belegt*			
7	Masse	M	GND	3.1	51	*nicht belegt*			
8	Analogeingang AUX1 (Luftmassenmesser)	E	[D1]	3.9	52	*nicht belegt*			
9	*nicht belegt*				53	Leerlaufsteller, Wicklung 1	A	[B18][1]	3.11
10	Kühlmitteltemperatur	E	[D16]	3.5	54	*nicht belegt*			
11	*nicht belegt*				55	Masse	M	GND	3.1
12	Drosselklappenpoti	E	[D13]	3.6	56	Masse	M	GND	3.1
13	*nicht belegt*				57	Klopfsensor	E	[D14]	3.8
14	Ansauglufttemperatur	E	[D15]	3.5	58	Sensormasse	M	GNDA	3.1
15	Geschwindigkeitssignal	E	[C7]	3.9	59	*nicht belegt*			3.8
16	Klimaanforderung	E	CAN-Modul	3.17	60	*nicht belegt*			
17	*nicht belegt*				61	Masse	M	GND	3.1
18	*nicht belegt*				62	*nicht belegt*			
19	*nicht belegt*			3.17	63	Sensormasse	M	GNDA	3.1
20	*nicht belegt*				64	Nockenwellengeber (Hall)	E	[C6]	3.2
21	Vanos-Magnetventil	A	[B7]	3.10	65	+5 V Sensorversorgung	V	+5 V	3.6
22	Einspritzventil Zyl. 3	A	[B4]	3.3	66	*nicht belegt*			
23	Einspritzventil Zyl. 6	A	[B3]	3.3	67	Sensormasse	M	GNDA	3.1
24	Einspritzventil Zyl. 4	A	[B1]	3.3	68	Tankentlüftung	M	R343	3.18
25	Masse	M	GND	3.1	69	Kraftstoffpumpenrelais	A	[B16]	3.10
26	*nicht belegt*				70	Sensormasse	M	GNDA	3.1
27	Leerlaufsteller, Wicklung 2	A	[B18][1]	3.11	71	Sensormasse	M	GNDA	3.1
28	Sensormasse	M	GNDA	3.1	72	Sensormasse	M	GNDA	3.1
29	Zündspule Zyl. 1	Z	[B15]	3.4	73	Hauptrelais	A	[B9]	3.1
30	Zündspule Zyl. 3	Z	[B12]	3.4	74	Klimakompressor-Relais	A	CAN-Modul	3.17
31	Zündspule Zyl. 5	Z	[B14]	3.4	75	*nicht belegt*			
32	Masse	M	GND	3.1	76	*nicht belegt*			
33	Einspritzventil Zyl. 5	A	[B5]	3.3	77	*nicht belegt*			
34	Masse	M	GND	3.1	78	*nicht belegt*			
35	*nicht belegt*				79	Masse	M	GND	3.1
36	Drehzahlmesser	A	[B17]	3.10	80	*nicht belegt*			
37	*nicht belegt*				81	*nicht belegt*			
38	Masse	M	GND	3.1	82	*nicht belegt*			
39	Sensormasse	M	GNDA	3.1	83	Kurbelwellengeber (Hall)	E	[C5]	3.2
40	Sensormasse	M	GNDA	3.1	84	*nicht belegt*			
41	Masse	M	GND	3.1	85	CAN Low	B	[D8]	3.14
42	Sensormasse	M	GNDA	3.1	86	CAN High	B	[D7]	3.14
43	Sensormasse	M	GNDA	3.1	87	+12 V vom Hauptrelais	V	[A8]	3.1
44	+5 V Sensorversorgung	V	+5 V	3.6	88	*nicht belegt*			

Art: E = Eingang · A = Ausgang, schaltet nach Masse · Z = Zündausgang (Zündendstufe) · B = CAN-Bus · V = Versorgung · M = Masse

[1] Über die Trägerplatine: ein uaEFI-Ausgang steuert beide Wicklungen des Leerlaufstellers (Kap. 3.11). R343 = feste Brücke nach Masse (Kap. 3.18). Die Zylindernummern entsprechen der BMW-Zählung (Zylinder 1 vorn). Der Nockenwellengeber an X1-43/64/65 ist gegenüber der MS41 anders belegt (Kap. 3.2).

Anhang C – Glossar

Begriff	Erklärung
Alpha-N	Lasterfassung über Drosselklappenwinkel und Drehzahl
Burn	Dauerhaftes Speichern der Einstellungen im Steuergerät
CLT / IAT	Kühlmittel- / Ansauglufttemperatur
Dwell	Schließzeit, Ladezeit der Zündspule
IGBT	Leistungstransistor für die Zündspule
Lambda	Luftverhältnis; 1,0 = stöchiometrisch, < 1 fett, > 1 mager
MAP	Saugrohrabsolutdruck
.msq	Kalibrierdatei von TunerStudio
OT	Oberer Totpunkt
PPS / TPS	Fahrpedal- / Drosselklappensensor
Speed Density	Lasterfassung über Saugrohrdruck, Temperatur und Drehzahl
Trigger	Signal von Kurbel- und Nockenwelle zur Bestimmung der Motorposition
VE	Volumetrischer Wirkungsgrad, Füllungsgrad
VR-Sensor	induktiver Drehzahlgeber
VVT / Vanos	variable Nockenwellenverstellung

Anhang D – Änderungen dieser Anleitung

Hier steht, was sich für Sie geändert hat: an dieser Anleitung, zwischen den Platinenrevisionen und an der Firmware des CAN-Moduls. Die jeweils neueste Ausgabe und Firmware finden Sie auf der Downloadseite von k-data.

D.1 Ausgaben dieser Anleitung

Ausgabe	Datum	Änderungen
2.0	November 2026	Erste Ausgabe für das PECU M52. Gilt für die Platinenrevision R04, rusEFI-Firmware release_20260812 und CAN-Modul-Firmware 1.3.1.

D.2 Platinenrevisionen

Diese Anleitung gilt für alle Revisionen des PECU M52. Die Revision steht auf der Platine hinter dem Produktnamen (zum Beispiel „PECU M52 R04“). Die Kapitel beschreiben die neueste Revision; wo sich ältere Revisionen unterscheiden, steht es in der Tabelle und an der betreffenden Stelle im Text („ab …“ bzw. „bis …“).

Revision	Lieferung ab	Unterschiede zur vorherigen Revision
R04	November 2026	Erste Serienrevision.

D.3 Firmware des CAN-Moduls

Ihre Version zeigt das Startbild der Anzeige und die Update-Seite im WLAN. Beim Update bleiben alle Einstellungen erhalten. Ausführliche Hinweise zu jeder Version stehen in den Versionshinweisen, die der Firmware auf der Downloadseite von k-data beiliegen.

Version	Datum	Wichtigste Änderungen
1.3.0–1.3.1	07.11.2026	keine Änderung für diese Platine
1.2.3	03.11.2026	Klimakompressor-Steuerung mit Druckschalter
1.2.1	03.11.2026	OK-Bild, WLAN-Daten im Startbild, PECU Konfigurator (Windows), schaltbarer CAN-Abschluss, WLAN unsichtbar, nur signierte Updates, WLAN-Passwort ab Werk **kdatapecu**
1.2.0	02.11.2026	Sprachen Deutsch, Englisch, Französisch, Spanisch
1.1.3	02.11.2026	Startbild mit Version, Störungen blockieren die Anzeige nicht mehr
1.1.0–1.1.2	02.11.2026	Einstellseite im WLAN, Update per WLAN, Motormoment, ASC/DSC-Eingriff, Kontrollleuchten
1.0.0	02.11.2026	Erste Version: OLED, WLAN-Dashboard, E46-Botschaften