# PECU

PROGRAMMABLE ENGINE CONTROL UNIT

## M50

Art.-Nr. 5810



# Handbuch

Plug & Play Motorsteuerung für BMW M50 ohne Vanos

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 M50
- 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 M50)**

**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 M50, das Plug & Play Motorsteuergerät von k-data für den BMW M50 ohne Vanos, 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 M50

**Funktion:** Das PECU M50 ersetzt die Bosch Motronic M3.1 des BMW M50 ohne Vanos. Es wird an Stelle der Original-DME auf den 88-poligen Fahrzeugstecker gesteckt; der Motorkabelbaum bleibt unverändert.

**Ab Werk:** Basiskalibrierung „PECU M50 Alpha-N" für die rusEFI-Firmware release_20260812, Lasterfassung über die Drosselklappe (Alpha-N).

| Merkmal | PECU M50 |
|---|---|
| Motor | BMW M50B20 und M50B25 ohne Vanos (Reihensechszylinder, 24 Ventile) |
| Original-Steuergerät | Bosch Motronic M3.1 |
| Fahrzeuge | BMW E34 520i/525i und E36 320i/325i bis zur Einführung des M50 mit Vanos (ca. 09/1992) |
| Fahrzeugstecker | X1, 88-polig, wie Original-DME |
| Lasterfassung ab Werk | Alpha-N (Drosselklappenwinkel); Speed Density mit dem MAP-Sensor der uaEFI möglich |
| CAN-Bus | nur am Zusatzstecker X4 (Kap. 3.14) |
| Zusatzfunktionen der Trägerplatine | Klimakompressor über das CAN-Modul (Kap. 3.17), Fahrgeschwindigkeit vom Kombiinstrument (Kap. 3.9), 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, ab ca. 09/1992) | Motronic M3.3.1, 88-polig | PECU M50B25TU |
| M52 | Siemens MS41 | PECU M52 |
| S50 (E36 M3) | eigene DME | nicht passend |

Der M50 mit Vanos hat am vorderen Ende des Zylinderkopfs die Vanos-Verstelleinheit mit Magnetventil. Fehlt sie, ist es ein M50 ohne Vanos. Im Zweifel die Bezeichnung auf dem Typenschild der Original-DME mit k-data abgleichen, bevor das PECU eingebaut wird. Die Stecker von M3.1 und M3.3.1 sind mechanisch gleich, die Belegung unterscheidet sich.

## 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 Motronic M3.1 | 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 M50 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 X1-56 und schaltet über X1-27 das Hauptrelais (DME-Relais). Über das Relais erhalten PECU, Einspritzventile, Zündspulen und Sensoren ihre Versorgung.

**Ab Werk:** eingerichtet. Nichts einstellen.

| X1 | Signal | uaEFI | Eigenschaften |
|---|---|---|---|
| 56 | Zündung ein (Klemme 15) | [A7] | Zündungserkennung, Spannungsmessung |
| 54 | +12 V vom Hauptrelais | [A8] | Versorgung der uaEFI und der Trägerplatine |
| 27 | Hauptrelais ansteuern | [B9] | Low-Side-Ausgang, schaltet die Relaisspule nach Masse, ohne Freilaufdiode |
| 6, 28, 34, 71 | Masse | GND | Leistungs- und Elektronikmasse |
| 55 | Masse der Zündendstufen | – | gemeinsamer Emitter der sechs Zündendstufen (Kap. 3.4) |
| 14, 43 | 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 M50 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, induktiver Geber). Der Nockenwellengeber unterscheidet Verdichtungs- und Ausstoßtakt.

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

| X1 | Signal | uaEFI | Eigenschaften |
|---|---|---|---|
| 67 | Kurbelwellengeber, Signal | [C16] | induktiv, Auswertung mit MAX9924 („VR2") |
| 68 | Kurbelwellengeber, Rückleitung | [C17] | |
| 44 | Nockenwellengeber, Signal | [C18] | induktiv, diskreter Auswerter für langsame Signale („VR1") |
| 16 | Nockenwellengeber, Rückleitung | [C19] | |
| 43 | Sensormasse | GNDA | |

**Einstellen: Setup › Auslösen (Trigger)**

- *Trigger type* = 60-2, *Primary channel* = C17 **[fest]**.
- **Cam Inputs:** *Cam mode (intake)* = Single Tooth, *Cam sensor bank 1 intake* = C18, *intake Cam Edge Select* = Rising, *VVT offset bank 1 intake* **[fest]**. Der M50 hat keine Vanos; der Offset legt nur fest, welche Kurbelwellenumdrehung zum Verdichtungstakt von Zylinder 1 gehört, und ist in der Basiskalibrierung eingetragen.
- **Setup › Advanced Trigger**: *Require cam/VVT sync for ignition* = no **[fest]**. Diese Einstellung sorgt für den Rückfall bei fehlendem Nockenwellensignal.
- *Trigger Angle Advance* (Basiskalibrierung 85°) mit der Stroboskoplampe prüfen (Kap. 7.2), besonders nach einem Firmware-Update.

**Details**

- Die grüne LED 6 auf dem uaEFI-Modul flackert, solange ein Kurbelwellensignal ankommt (Kap. 3.16). Startet der Motor nicht, zuerst diese LED beim Anlassen beobachten.
- Der Kurbelwellengeber ist ein zweipoliger induktiver Geber. Seine Leitung ist im Original geschirmt; bei Reparaturen den Schirm erhalten.
- Der Nockenwellengeber ist ebenfalls induktiv. Er liefert je Nockenwellenumdrehung einen kurzen Impuls; ausgewertet wird die steigende Flanke.

**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; der Motor läuft, Abgas und Leerlauf können etwas schlechter sein |
| 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.

**Wenn der Motor mit Nockenwellensignal schlechter läuft als ohne**

Das deutet auf eine falsche Phase hin, z. B. nach einem Geberwechsel. Zur Prüfung *Cam mode (intake)* auf Inactive stellen, Burn, Zündung aus/an. Läuft der Motor dann im Wasted-Spark-Modus sauber, k-data kontaktieren.

## 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 |
|---|---|---|---|
| 3 | 1 | [B6] | Injector 1 |
| 31 | 5 | [B5] | Injector 2 |
| 4 | 3 | [B4] | Injector 3 |
| 32 | 6 | [B3] | Injector 4 |
| 5 | 2 | [B2] | Injector 5 |
| 33 | 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 |
|---|---|---|---|
| 25 | 1 | [B15] | Coil 1 |
| 52 | 5 | [B14] | Coil 2 |
| 24 | 3 | [B12] | Coil 3 |
| 51 | 6 | [B11] | Coil 4 |
| 23 | 2 | [B13] | Coil 5 |
| 50 | 4 | [B10] | Coil 6 |
| 55 | Masse der Zündendstufen | – | – |

Die Zündspulen erhalten +12 V über das Hauptrelais. Jede Endstufe (IGBT ISL9V3040) schaltet die Primärseite ihrer Spule nach X1-55 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 M50 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 |
|---|---|---|---|
| 78 | Kühlmitteltemperatur (CLT) | [D16] | NTC gegen Sensormasse, Pull-up auf der uaEFI |
| 77 | 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 M50 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 Luftmassenmesser des M50 wird nicht ausgewertet.

| X1 | Signal | uaEFI | Eigenschaften |
|---|---|---|---|
| 12 | Drosselklappenpotentiometer | [D13] | 0–5 V |
| 59 | +5 V Sensorversorgung | +5 V | Versorgung des Potentiometers |
| 14 | 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, sein Signal wird nicht verwendet.

## 3.7 Breitband-Lambdaregelung

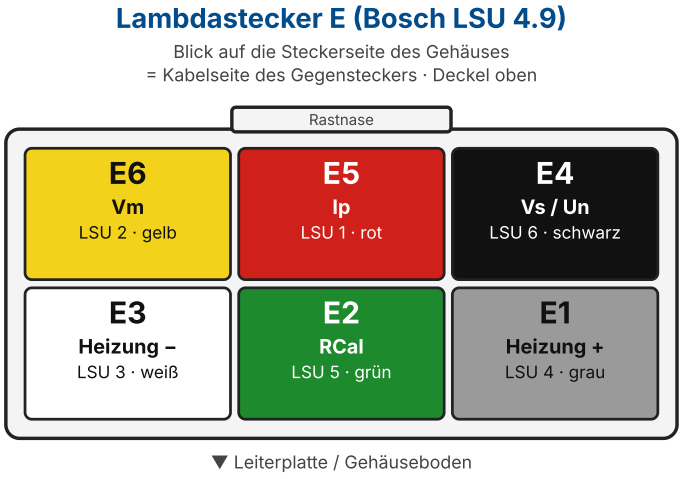
**Funktion:** Der Regler auf dem uaEFI-Modul betreibt eine Bosch-LSU-4.9-Breitbandsonde und meldet den Lambdawert an die Motorsteuerung.

**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:** nicht angeschlossen; beide Eingänge liegen nur am Zusatzstecker X4. Für die Abgastemperatur fehlen auf dem uaEFI-Modul Bauteile (siehe Hinweis).

| Eingang | Anschluss | uaEFI | Einstellung |
|---|---|---|---|
| Klopfsensor | X4-2, zweiter Anschluss an Sensormasse X4-13 | [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 Klopfsensor ist ein piezoelektrischer Breitbandsensor. rusEFI erkennt Klopfen in Software und nimmt den Zündwinkel zylinderweise zurück. Die Leitung geschirmt verlegen, den Schirm nur am PECU an Masse legen.

## 3.9 Eingänge: Fahrgeschwindigkeit, Taster und Analogeingänge

### 3.9.1 Fahrgeschwindigkeit

**Funktion:** Das PECU liest das Geschwindigkeitssignal des Kombiinstruments an X1-73.

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

| X1 | Signal | uaEFI | Eigenschaften |
|---|---|---|---|
| 73 | Geschwindigkeitssignal vom Kombiinstrument | [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 X1-73 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 | [D1] |
| AUX2 | X4-16 und X1-41 | [C3] |
| AUX3 / Kraftstoffdruck | X4-5 | [C15] |

Sensoren an +5 V (X4-1) und Sensormasse (X4-13) anschließen. AUX2 ist zusätzlich auf X1-41 geführt; dieser Pin ist im Original-Kabelbaum des M50 nicht belegt. Einstellung unter **Sensors** in der jeweiligen Funktion.

## 3.10 Schaltausgänge

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

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

| Funktion | Anschluss | uaEFI | Eigenschaften |
|---|---|---|---|
| Kraftstoffpumpenrelais | X1-1 | [B16] | Low-Side mit Freilaufdiode, schaltet die Relaisspule nach Masse |
| Drehzahlmesser | X1-74, X4-22 | [B17] | Low-Side, Pull-up 1 kΩ auf +12 V auf der Trägerplatine; X4-22 nur frei, wenn X1-74 nicht angeschlossen ist |
| Lüfterrelais | X4-10 | [B8] | schwacher Low-Side ohne Diode, nur für Relaisspulen |
| VVT1 / LS1 | X4-8 | [B7] | Low-Side mit Freilaufdiode, frei |
| 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 M50 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 M50 schaltet der Temperaturschalter im Kühler 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).

> **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 M50 mit zwei Wicklungen und hält so die Leerlaufdrehzahl.

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

| X1 | Signal | Ansteuerung |
|---|---|---|
| 29 | Leerlaufsteller, Wicklung 1 | Low-Side-Halbleiterausgang der Trägerplatine |
| 2 | 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**

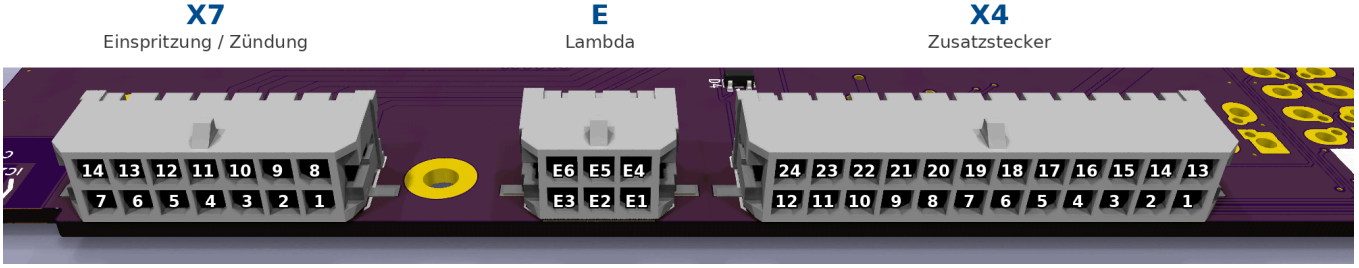
- **Idle › Idle hardware**: *Idle Solenoid Primary output* = B18, Ausgabemodus *default* (nicht invertiert), *Frequenz (Frequency)* 100 Hz, kein zweiter Ausgang **[fest]**.
- **Idle › Idle settings** und die Tabellen im Menü **Idle** (Kap. 6.5): Grundöffnung und Solldrehzahl. Für eine Regelung auf Solldrehzahl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

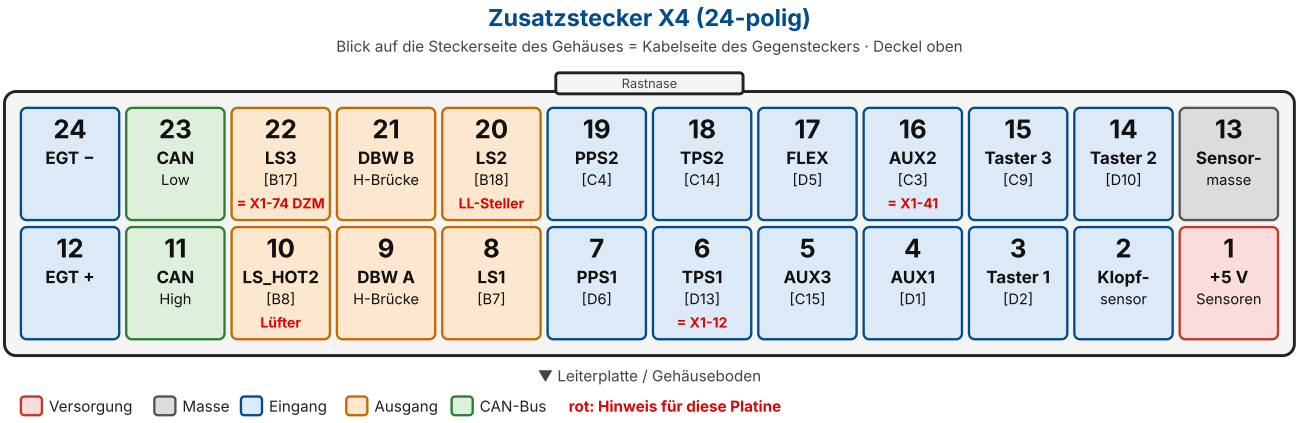
## 3.12 Zusatzstecker X4 (24-polig)

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

**Ab Werk:** nicht belegt; Gegenstecker liegt bei.




Steckerseite des PECU ohne Gehäuse (KiCad-Render): von links X7, Lambdastecker E und X4, Bauteilseite und Deckel oben




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 M50 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 – |

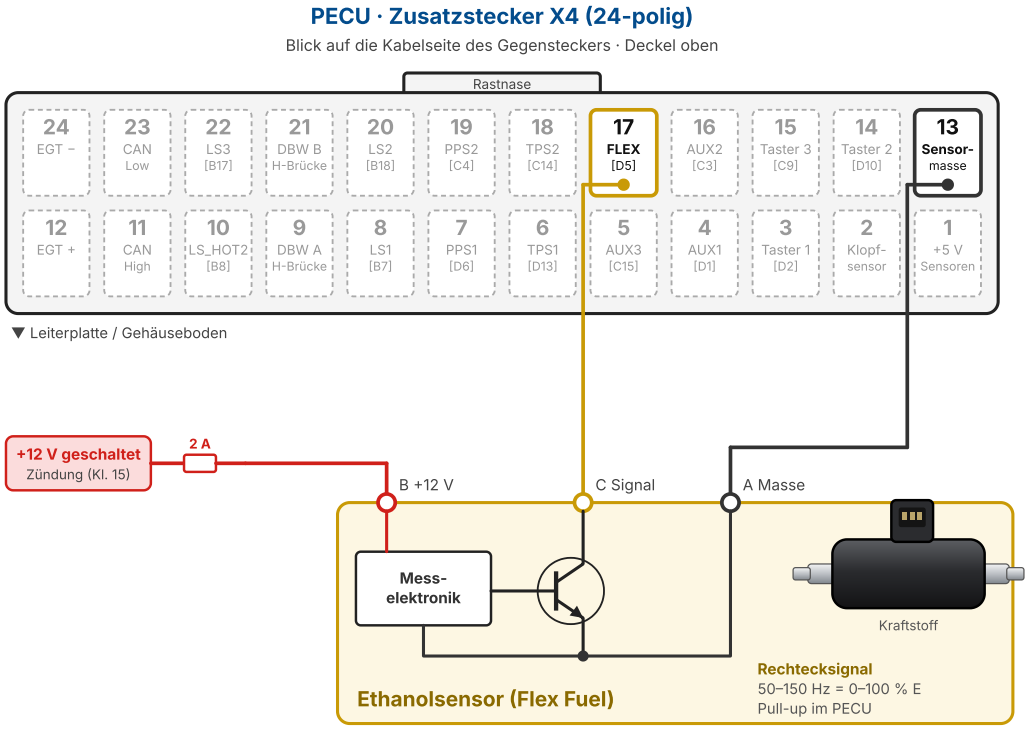
**Doppelt herausgeführte Pins:** Einige Pins von X4 und X7 sind dieselbe Leitung wie ein Pin des Fahrzeugsteckers (im Bild rot markiert). Ein solcher Ausgang lässt sich am Zusatzstecker nur nutzen, wenn das ursprüngliche Bauteil im Motorkabelbaum nicht mehr angeschlossen ist. Beispiel: Wird der Leerlaufsteller 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 M50 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 M50. Die Belegung A/B/C am Sensor unterscheidet sich je nach Hersteller, deshalb das Datenblatt prüfen.

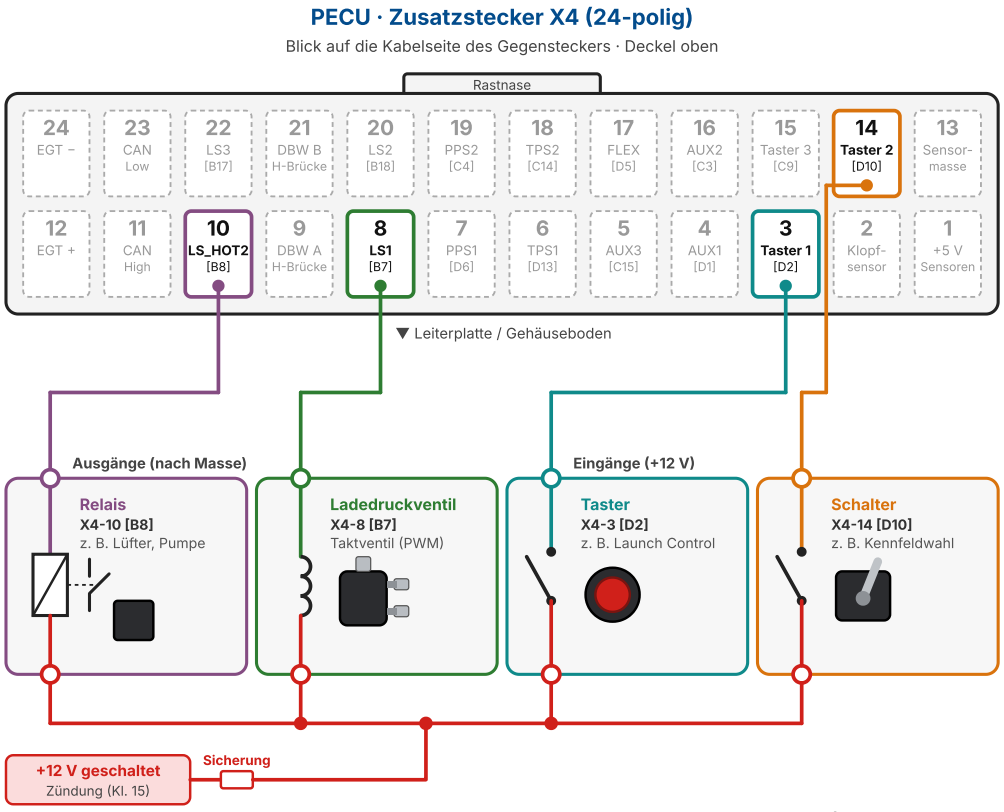



Leitungen 0,5 mm² · Pinbelegung A/B/C am Sensor laut Datenblatt prüfen

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

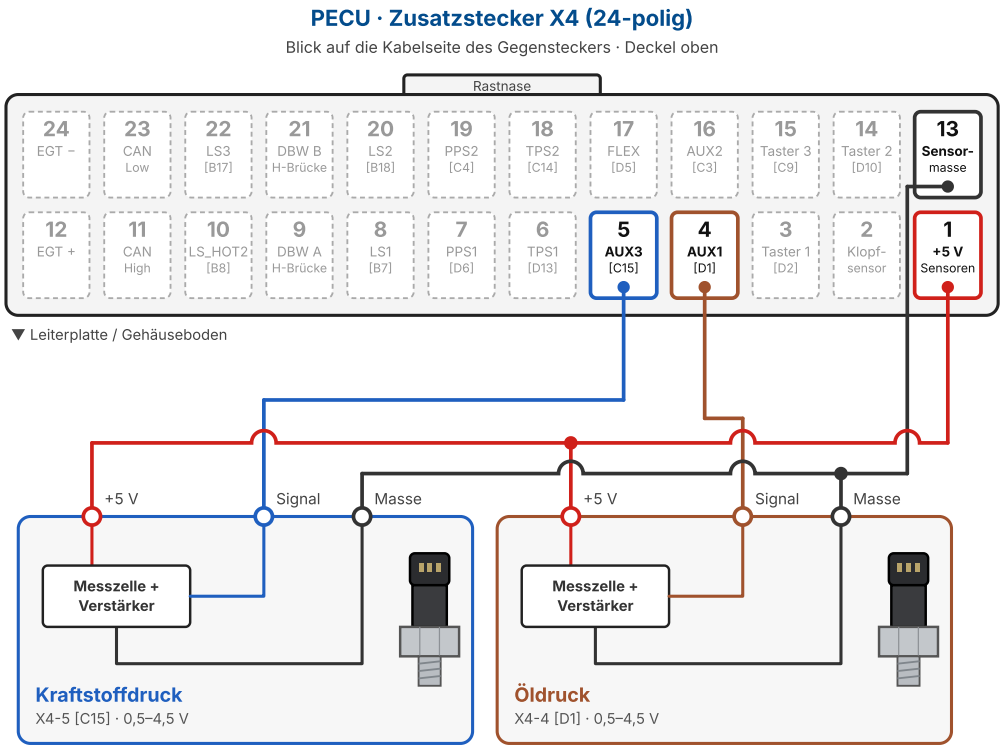
Anschluss eines Ethanolsensors (Flex Fuel) an X4

**Eingänge und Ausgänge:** Die Taster-Eingänge haben im PECU M50 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.




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

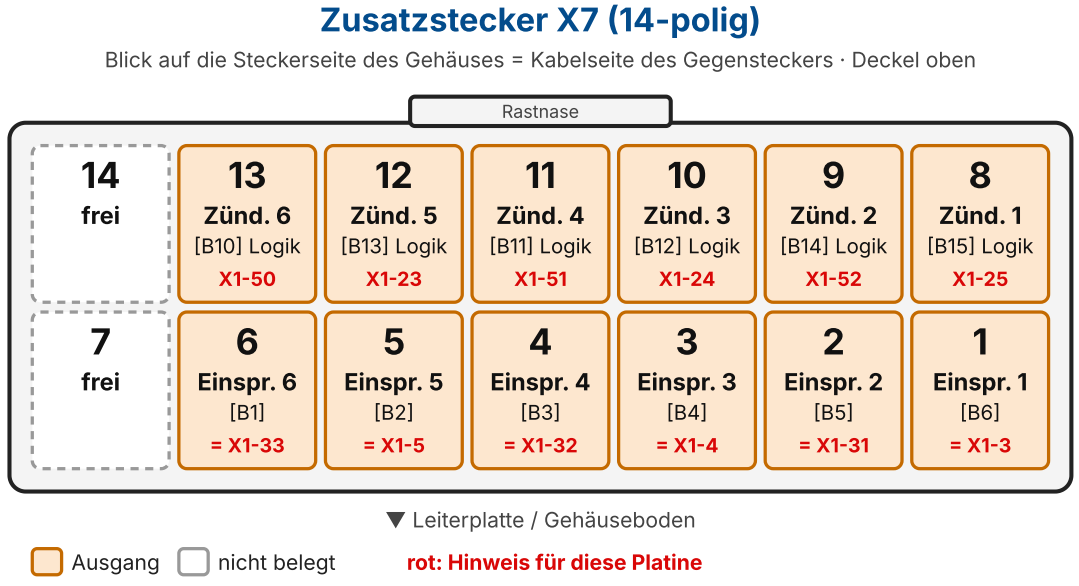
Beispiel – keine vollständige Übersicht der Anschlussmöglichkeiten (alle Pins: Kap. 3.12 und Anhang A)

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 M50 ist der CAN-Bus nur am Zusatzstecker X4 herausgeführt (Pin 11 CAN High, Pin 23 CAN Low). Der Motorkabelbaum des M50 führt keinen CAN-Bus; Drehzahlmesser und Temperaturanzeige arbeiten ohne CAN. 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.

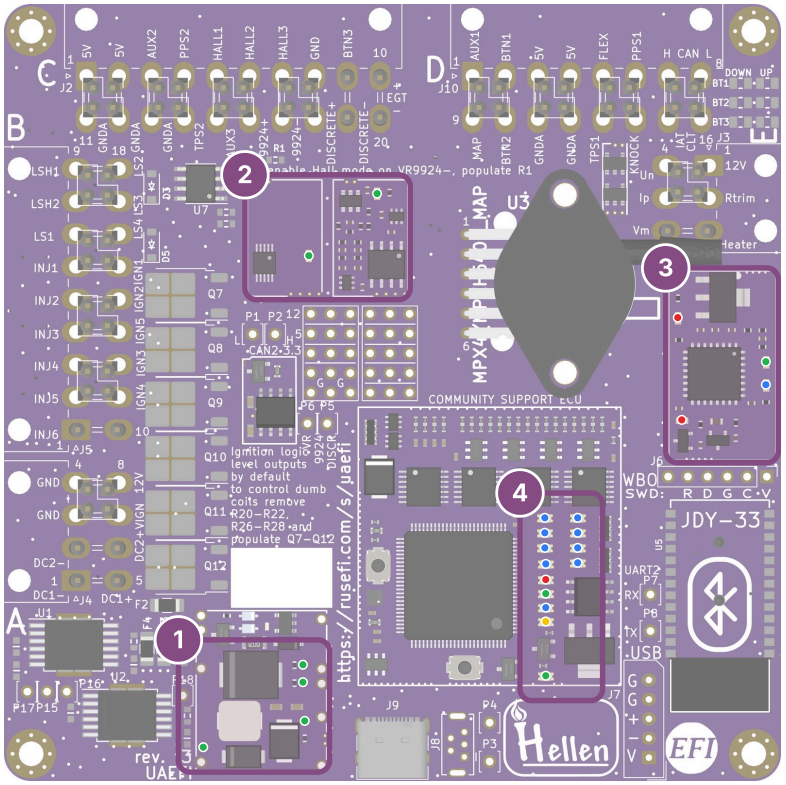
- **USB:** Verbindung zu TunerStudio und rusEFI Console. Der PC erkennt das PECU als serielle Schnittstelle und zusätzlich als Laufwerk mit der passenden TunerStudio-Definitionsdatei.
- **microSD:** Datenaufzeichnung im Steuergerät, unabhängig vom Laptop. Die Karte steckt bei Auslieferung bereits im 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

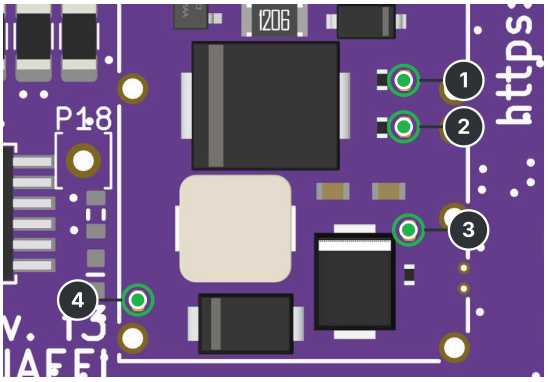
**Funktion:** 23 LEDs zeigen Versorgung, Drehzahlsignale, Breitband-Lambdaregler, Prozessor und Ausgänge.

**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).

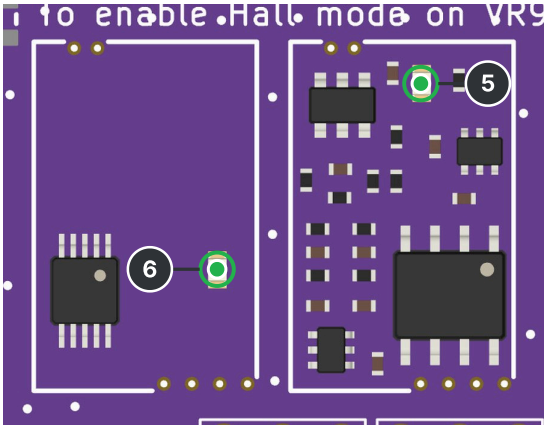



Lage der LED-Gruppen auf dem uaEFI-Modul (Draufsicht)



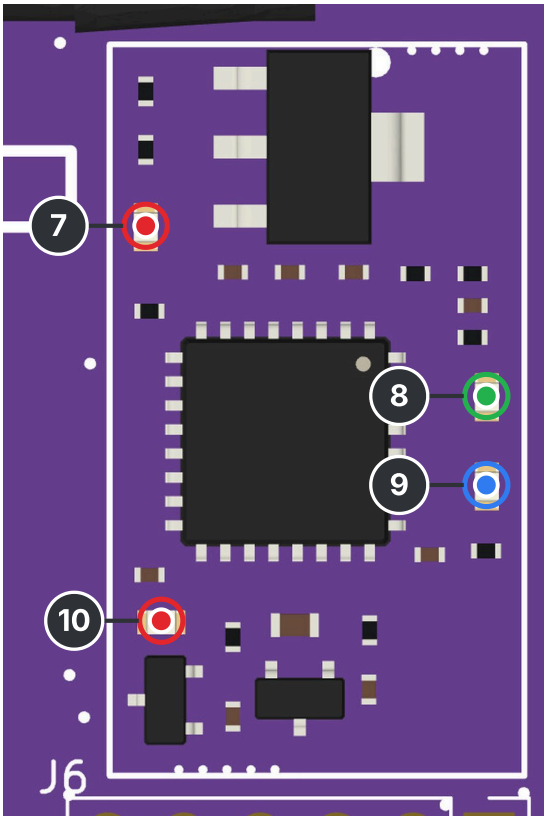

### 1 Versorgung

| 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 |



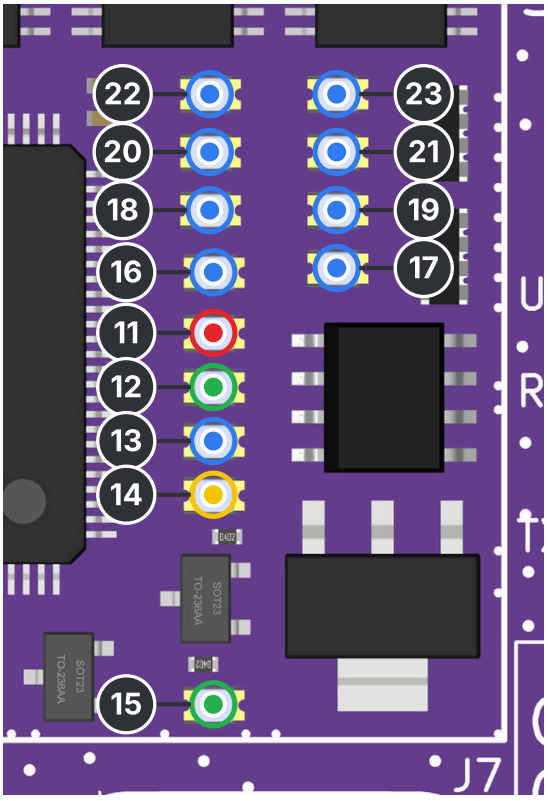

### 2 Drehzahlsignale

| Nr. | Farbe | Bedeutung |
|---|---|---|
| 5 | | Eingang VR1 (C18/C19). Beim PECU M50 der Nockenwellengeber: blitzt bei laufendem Motor kurz auf. |
| 6 | | Eingang VR2 (C17). Beim PECU M50 der Kurbelwellengeber: flackert beim Starten und bei laufendem Motor. |




### 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 |
| 6 flackert beim Starten nicht | kein Signal vom Kurbelwellengeber: Geber, Leitung, 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 den Kompressor anfordert, 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 |
|---|---|---|---|
| 86 | Klimaanforderung | Eingang des CAN-Moduls | +12 V, solange die Klimaanlage eingeschaltet ist |
| 85 | Freigabe über den Druckschalter | Eingang des CAN-Moduls | 0 V, wenn die Klimaanlage eingeschaltet ist und der Druckschalter Druck ok meldet |
| 48 | Klimakompressor-Relais | CAN-Modul → Low-Side-Halbleiterausgang | schaltet die Relaisspule nach Masse |

**So arbeitet die Steuerung:** Die Klimaanlage meldet an X1-86 mit +12 V, dass sie eingeschaltet ist. Die Leitung an X1-85 läuft im Fahrzeug über den Druckschalter der Anlage; sie liegt nur dann auf 0 V, wenn die Klimaanlage eingeschaltet ist und der Kältemitteldruck stimmt. Das CAN-Modul schaltet das Kompressorrelais an X1-48 nur, wenn beide Bedingungen erfüllt sind und der Motor läuft.

**Einstellen:** Einstellseite des CAN-Moduls › *Klimakompressor* (Kap. 8.12): *Anforderung* = Eingang, *Anforderung aktiv bei* = 12 V, *Druckschalter* = Druck ok bei 0 V. Danach prüfen, dass die Anzeigen „Klima-Anforderung" und „Klima-Druck ok" im Dashboard dem Zustand der Anlage folgen.

**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 X1-36 wird vom PECU nicht getaktet.

**Ab Werk:** X1-36 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 M50 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 Motronic M3.1:

| Funktion der Original-DME | Beim PECU M50 |
|---|---|
| Lambdasonde (Sprungsonde) | ersetzt durch die Breitbandsonde an Stecker E (Kap. 3.7); die Original-Sonde kann ausgebaut werden |
| Luftmassenmesser | nicht ausgewertet, Lasterfassung über die Drosselklappe (Kap. 3.6) |
| Verbrauchssignal für den Bordcomputer (X1-17) | nicht angeschlossen; die Verbrauchsanzeige arbeitet nicht |
| Diagnoseleitung | nicht angeschlossen; Diagnose über USB mit TunerStudio (Kap. 9) |
| Tankentlüftung (X1-36) | 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).

## 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 M50 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 M50 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 M50 ist der CAN-Bus nur am Zusatzstecker X4 herausgeführt (Pin 11 CAN High, Pin 23 CAN Low). Der Motorkabelbaum des M50 führt keinen CAN-Bus; Drehzahlmesser und Temperaturanzeige arbeiten ohne CAN.

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).

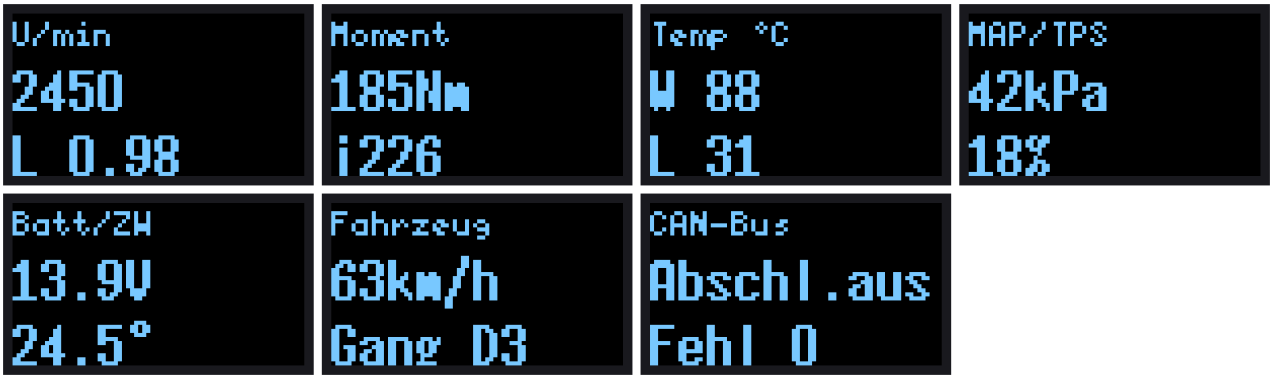
## 8.4 OLED-Anzeige

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 M50 **Eingang** wählen (Klimaanforderung an X1-86). 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 M50B25 sollte bei Volllast etwa 240 Nm an der Kurbelwelle zeigen, ein M50B20 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 M50 **Eingang** wählen (Klimaanforderung an X1-86). 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 M50 liegt an X1-85 die Freigabe über den Druckschalter (Klimaanlage ein und Druck ok, aktiv bei 0 V). *Druck ok bei 0 V* wählen und prüfen, dass „Klima-Druck ok" im Dashboard bei eingeschalteter, gefüllter Anlage erscheint.
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 M50)

88-poliger Stecker wie Original-DME Bosch Motronic M3.1, 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 | Kraftstoffpumpenrelais | A | [B16] | 3.10 | 45 | *nicht belegt* | | | |
| 2 | Leerlaufsteller, Wicklung 2 | A | [B18][1] | 3.11 | 46 | *nicht belegt* | | | |
| 3 | Einspritzventil Zyl. 1 | A | [B6] | 3.3 | 47 | *nicht belegt* | | | |
| 4 | Einspritzventil Zyl. 3 | A | [B4] | 3.3 | 48 | Klimakompressor-Relais | A | CAN-Modul | 3.17 |
| 5 | Einspritzventil Zyl. 2 | A | [B2] | 3.3 | 49 | *nicht belegt* | | | |
| 6 | Masse | M | GND | 3.1 | 50 | Zündspule Zyl. 4 | Z | [B10] | 3.4 |
| 7 | *nicht belegt* | | | | 51 | Zündspule Zyl. 6 | Z | [B11] | 3.4 |
| 8 | *nicht belegt* | | | | 52 | Zündspule Zyl. 5 | Z | [B14] | 3.4 |
| 9 | *nicht belegt* | | | | 53 | *nicht belegt* | | | |
| 10 | *nicht belegt* | | | | 54 | +12 V vom Hauptrelais | V | [A8] | 3.1 |
| 11 | *nicht belegt* | | | | 55 | Masse Zündendstufen | M | Q3–Q8 | 3.4 |
| 12 | Drosselklappenpoti | E | [D13] | 3.6 | 56 | Zündung ein (Kl. 15) | E | [A7] | 3.1 |
| 13 | *nicht belegt* | | | | 57 | *nicht belegt* | | | |
| 14 | Sensormasse | M | GNDA | 3.1 | 58 | *nicht belegt* | | | |
| 15 | *nicht belegt* | | | | 59 | +5 V Sensorversorgung | V | +5 V | 3.6 |
| 16 | Nockenwellengeber – | E | [C19] | 3.2 | 60 | *nicht belegt* | | | |
| 17 | *nicht belegt* | | | 3.19 | 61 | *nicht belegt* | | | |
| 18 | *nicht belegt* | | | | 62 | *nicht belegt* | | | |
| 19 | *nicht belegt* | | | | 63 | *nicht belegt* | | | |
| 20 | *nicht belegt* | | | | 64 | *nicht belegt* | | | |
| 21 | *nicht belegt* | | | | 65 | *nicht belegt* | | | |
| 22 | *nicht belegt* | | | | 66 | *nicht belegt* | | | |
| 23 | Zündspule Zyl. 2 | Z | [B13] | 3.4 | 67 | Kurbelwellengeber + | E | [C16] | 3.2 |
| 24 | Zündspule Zyl. 3 | Z | [B12] | 3.4 | 68 | Kurbelwellengeber – | E | [C17] | 3.2 |
| 25 | Zündspule Zyl. 1 | Z | [B15] | 3.4 | 69 | *nicht belegt* | | | |
| 26 | *nicht belegt* | | | | 70 | *nicht belegt* | | | |
| 27 | Hauptrelais | A | [B9] | 3.1 | 71 | Masse | M | GND | 3.1 |
| 28 | Masse | M | GND | 3.1 | 72 | *nicht belegt* | | | |
| 29 | Leerlaufsteller, Wicklung 1 | A | [B18][1] | 3.11 | 73 | Geschwindigkeitssignal | E | [C7] | 3.9 |
| 30 | *nicht belegt* | | | | 74 | Drehzahlmesser | A | [B17] | 3.10 |
| 31 | Einspritzventil Zyl. 5 | A | [B5] | 3.3 | 75 | *nicht belegt* | | | |
| 32 | Einspritzventil Zyl. 6 | A | [B3] | 3.3 | 76 | *nicht belegt* | | | |
| 33 | Einspritzventil Zyl. 4 | A | [B1] | 3.3 | 77 | Ansauglufttemperatur | E | [D15] | 3.5 |
| 34 | Masse | M | GND | 3.1 | 78 | Kühlmitteltemperatur | E | [D16] | 3.5 |
| 35 | *nicht belegt* | | | | 79 | *nicht belegt* | | | |
| 36 | Tankentlüftung | M | R343 | 3.18 | 80 | *nicht belegt* | | | |
| 37 | *nicht belegt* | | | | 81 | *nicht belegt* | | | |
| 38 | *nicht belegt* | | | | 82 | *nicht belegt* | | | |
| 39 | *nicht belegt* | | | | 83 | *nicht belegt* | | | |
| 40 | *nicht belegt* | | | | 84 | *nicht belegt* | | | |
| 41 | Analogeingang AUX2 | E | [C3] | 3.9 | 85 | Klima ein + Druckschalter | E | CAN-Modul | 3.17 |
| 42 | *nicht belegt* | | | | 86 | Klimaanforderung | E | CAN-Modul | 3.17 |
| 43 | Sensormasse | M | GNDA | 3.1 | 87 | *nicht belegt* | | | |
| 44 | Nockenwellengeber + | E | [C18] | 3.2 | 88 | *nicht belegt* | | | |

**Art:** E = Eingang · A = Ausgang, schaltet nach Masse · Z = Zündausgang (Zündendstufe) · 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).

# 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 M50. 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 M50. Die Revision steht auf der Platine hinter dem Produktnamen (zum Beispiel „PECU M50 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 |