PECU

PROGRAMMABLE ENGINE CONTROL UNIT

VAG121

Handbuch

Plug & Play Motorsteuerung für VAG-Motoren mit Bosch ME7 (121-polig)

Stand: November 2026

Gilt für alle Platinenrevisionen bis R05 (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 VAG121
- 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 Elektronische Drosselklappe, Fahrpedal und Last
- 3.7 Breitband-Lambdaregelung
- 3.8 Klopfsensor und Abgastemperatur
- 3.9 Eingänge: Fahrgeschwindigkeit, Taster und Analogeingänge
- 3.10 Schaltausgänge
- 3.11 Leerlauf
- 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 des Original-Steuergeräts

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

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 T121 (PECU VAG121)

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 VAG121, das Plug & Play Motorsteuergerät von k-data für VAG-Motoren mit Bosch ME7, 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 **T121-Nummer**, z. B. **T121-54**.

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 VAG121

Funktion: Das PECU VAG121 ersetzt das Motorsteuergerät Bosch ME7 mit 121-poligem Stecker (T121) in Fahrzeugen von VW, Audi, Seat und Škoda. Es wird an Stelle des Original-Steuergeräts angesteckt; der Motorkabelbaum bleibt unverändert.

Ab Werk: Basiskalibrierung für den bestellten Motor (z. B. „PECU VAG121 AQA Alpha-N" oder „PECU VAG121 BES Alpha-N") für die rusEFI-Firmware release_20260812, Lasterfassung über die Drosselklappe (Alpha-N). Die Lötbrücken für Versorgung und Sonderfunktionen setzt k-data passend zum Motor (Kap. 3.1).

Merkmal	PECU VAG121
Motoren	VAG-Benzinmotoren mit Bosch ME7 und 121-poligem Steuergerätestecker, Vier- bis Sechszylinder, z. B. 1.8T und V6 2.7T Biturbo
Original-Steuergerät	Bosch ME7.x, 121-polig
Fahrzeugstecker	T121, 121-polig, wie Original-Steuergerät
Lasterfassung ab Werk	Alpha-N (Drosselklappenwinkel); Speed Density mit dem MAP-Sensor der uaEFI oder einem Ladedrucksensor an AUX3
Zündung	Zündspulen mit integrierter Endstufe, Ansteuerung mit Logiksignalen (Kap. 3.4)
CAN-Bus	am Fahrzeugstecker (Antriebs-CAN) und am Zusatzstecker X4 (Kap. 3.14)
Zusatzfunktionen	Kombiinstrument über CAN (Kap. 8), elektronische Drosselklappe, Nockenwellenverstellung, Ladedruckregelung

Passt mein Motor?

Die ME7 wurde in vielen Motoren mit unterschiedlicher Belegung verbaut. Welche Motorkennbuchstaben passen, steht in der Kompatibilitätsliste auf der Produktseite von k-data. Bei der Bestellung den Motorkennbuchstaben und die Teilenummer des Original-Steuergeräts angeben: k-data setzt danach die Lötbrücken und spielt die passende Basiskalibrierung auf.

> **Wichtig:** Vor dem Einbau prüfen, dass der Stecker des Original-Steuergeräts 121-polig ist. Steuergeräte mit 68 oder 80 Pins passen nicht. Bei Fahrzeugen mit Automatikgetriebe können zwei Pins (T121-18, T121-22) im Fahrzeug anders belegt sein (Kap. 3.10); k-data lässt die zugehörigen Lötbrücken dann offen.

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 (T121)	121-polig, wie Original-Steuergerät Bosch ME7	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, Motorbotschaften für das Kombiinstrument (VAG)
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 VAG121 mit ihrer Verbindung zum Motorkabelbaum: Pin am Fahrzeugstecker T121, uaEFI-Pin, Art des Signals und Einstellung in TunerStudio. Die vollständige Belegung aller 121 Pins 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 und die Lötbrücken 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 erhält +12 V und das Zündungssignal über den Fahrzeugstecker und schaltet das Hauptrelais. Welche Pins dafür benutzt werden, unterscheidet sich je nach Motor; k-data setzt dafür Lötbrücken auf der Unterseite der Trägerplatine.

Ab Werk: Lötbrücken passend zum bestellten Motor gesetzt. Nichts einstellen.

T121	Signal	uaEFI	Lötbrücke
3	+12 V vom Hauptrelais oder Zündung (Klemme 15)	[A8] bzw. [A7]	JP1 (+12 V) oder JP6 (Zündung)
121	+12 V vom Hauptrelais	[A8]	JP2
21	Hauptrelais ansteuern oder Zündung	[B9] bzw. [A7]	JP3 (Hauptrelais) oder JP5 (Zündung)
23	Hauptrelais ansteuern	[B9]	JP4
1, 2, 32, 59	Masse	GND	–
27, 33, 36, 50, 91, 99, 108	Sensormasse	GNDA	–

Einstellen: TunerStudio **Setup › Ausgänge (Outputs)** › *Main relay output*: *Ausgabe (Output)* = B9 **[fest]**.

Details

- Von zwei Lötbrücken an demselben Pin ist immer nur eine geschlossen (JP1 oder JP6, JP3 oder JP5). Die Lötbrücken nicht selbst ändern; bei einem Motorwechsel k-data fragen.
- Nach dem Ausschalten der Zündung hält die uaEFI das Hauptrelais kurz weiter, um Einstellungen sicher zu speichern.
- 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). Ein oder zwei Nockenwellengeber (Hall) unterscheiden Verdichtungs- und Ausstoßtakt und messen bei Motoren mit Nockenwellenverstellung die Stellung.

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

T121	Signal	uaEFI	Eigenschaften
82	Kurbelwellengeber, Signal	[C16]	induktiv, Auswertung mit MAX9924 („VR2")
90	Kurbelwellengeber, Rückleitung	[C17]	
86	Nockenwellengeber 1	[C6]	Hall-Geber
87	Nockenwellengeber 2 (V6: zweite Zylinderbank)	[C7]	Hall-Geber
53, 72, 73, 83, 98	+5 V Sensorversorgung	+5 V	

Einstellen: Setup › Auslösen (Trigger): *Trigger type* = 60-2, *Primary channel* = C17 **[fest]**; **Cam Inputs**: *Cam sensor bank 1 intake* = C6 **[fest]**, bei V6 zusätzlich C7. *Require cam/VVT sync for ignition* = no **[fest]**. *Trigger Angle Advance* mit der Stroboskoplampe prüfen (Kap. 7.2).

Details

- Die grüne LED 6 auf dem uaEFI-Modul flackert, solange ein Kurbelwellensignal ankommt (Kap. 3.16).
- Fehlt das Nockenwellensignal, zündet das PECU im Wasted-Spark-Modus und spritzt mit zufälliger Lage ein. Steht *Require cam/VVT sync for ignition* auf yes, startet der Motor ohne Nockenwellensignal nicht.

3.3 Einspritzung

Funktion: Bis zu sechs Ausgänge steuern die Einspritzventile einzeln an (sequenzielle Einspritzung).

Ab Werk: Zuordnung der Ausgänge zu den Zylindern und Einspritzventile des bestellten Motors eingetragen.

T121	uaEFI	Ausgang	Zylinder beim 1.8T	Zylinder beim V6 2.7T
96	[B6]	Injector 1	1	1
89	[B5]	Injector 2	2	6
97	[B4]	Injector 3	3	4
88	[B3]	Injector 4	4	3
113	[B2]	Injector 5	–	5
112	[B1]	Injector 6	–	2

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 zu den Zylindern (*Injection Pins*) ist je Motor eingetragen **[fest]**. Andere Einspritzventile über *Injector flow* und die Totzeit-Kennlinie (*Injector lag*) eintragen.

3.4 Zündung

Funktion: Die Zündspulen der ME7-Motoren haben eine eingebaute Endstufe. Das PECU steuert sie direkt mit Logiksignalen an.

Ab Werk: Einzelzündung, Schließzeit für die Original-Zündspulen, Zuordnung zu den Zylindern je Motor eingetragen.

T121	uaEFI	Ausgang	Zylinder beim 1.8T
102	[B15]	Coil 1	1
95 (und 7)	[B14]	Coil 2	2
111	[B12]	Coil 3	–
94	[B11]	Coil 4	4
103	[B13]	Coil 5	3
110	[B10]	Coil 6	–

Die Zündspulen erhalten +12 V und Masse über den Motorkabelbaum. Die Zündsignale stehen zusätzlich an X7 Pin 8–13 an. Beim V6 sind alle sechs Ausgänge belegt; die Zuordnung ist in der Basiskalibrierung eingetragen.

Einstellen: Ignition (Kap. 6.3), *Ignition Pins* je Motor **[fest]**, Schließzeit unter **Ignition › Schließwinkel (Dwell)**.

Hinweis zur Zündfolge: Beim PECU VAG121 steht hier die echte Zündfolge des Motors (Vierzylinder 1-3-4-2, V6 1-4-3-6-2-5). Welcher Ausgang zu welchem Zylinder gehört, ist je Motor in der Basiskalibrierung eingetragen (Kap. 3.3 und 3.4).

Warnung: An diese Ausgänge nur Zündspulen mit eingebauter Endstufe anschließen. Spulen ohne Endstufe würden die Ausgänge der uaEFI zerstören.

3.5 Temperatursensoren

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

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

T121	Signal	uaEFI	Eigenschaften
93	Kühlmitteltemperatur (CLT)	[D16]	NTC gegen Sensormasse, Pull-up auf der uaEFI
26, 85	Ansauglufttemperatur (IAT)	[D15]	NTC gegen Sensormasse; je nach Motor ist einer der beiden Pins belegt

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

Details: Die Kühlmitteltemperatur für das Kombiinstrument sendet das CAN-Modul über den Antriebs-CAN (Kap. 8).

3.6 Elektronische Drosselklappe, Fahrpedal und Last

Funktion: Das PECU steuert die elektronische Drosselklappe nach der Stellung des Fahrpedals. Ab Werk berechnet es aus dem Drosselklappenwinkel die Motorlast (Alpha-N).

Ab Werk: Drosselklappe und Fahrpedal eingerichtet; Lasterfassung Alpha-N; der Luftmassenmesser wird nicht ausgewertet.

T121	Signal	uaEFI	Eigenschaften
92	Drosselklappe, Potentiometer 1	[D13]	0–5 V
84	Drosselklappe, Potentiometer 2	[C14]	0–5 V, Gegenkontrolle
118	Drosselklappenmotor +	[A5]	H-Brücke 1
117	Drosselklappenmotor –	[A1]	H-Brücke 1
34	Fahrpedal, Geber 1	[D6]	0–5 V
35	Fahrpedal, Geber 2	[C4]	0–5 V, Gegenkontrolle
–	Saugrohrdruck (MAP)	On-board MAP	Sensor KD6400AP auf dem uaEFI-Modul, 20–400 kPa absolut

Einstellen

- **Sensors › UP2 (TPS)** und **Sensors › Accelerator pedal**: nach dem Einbau die Endwerte neu einlernen (Schaltflächen *Auto Calibrate*).
- **Electronic Throttle**: Regelparameter in der Basiskalibrierung eingetragen **[fest]**.
- **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]**. Bei Turbomotoren kann stattdessen der Ladedrucksensor des Fahrzeugs an AUX3 (T121-101) als MAP-Kanal gewählt werden (Kap. 3.9.3).

Warnung: Vor der ersten Fahrt bei stehendem Motor und eingeschalteter Zündung prüfen, dass die Drosselklappe dem Pedal folgt und beim Loslassen schließt. Weicht eine der beiden Gegenkontrollen ab, schaltet das PECU die Drosselklappe ab; der Motor läuft dann nur im Leerlauf.

3.7 Breitband-Lambdaregelung

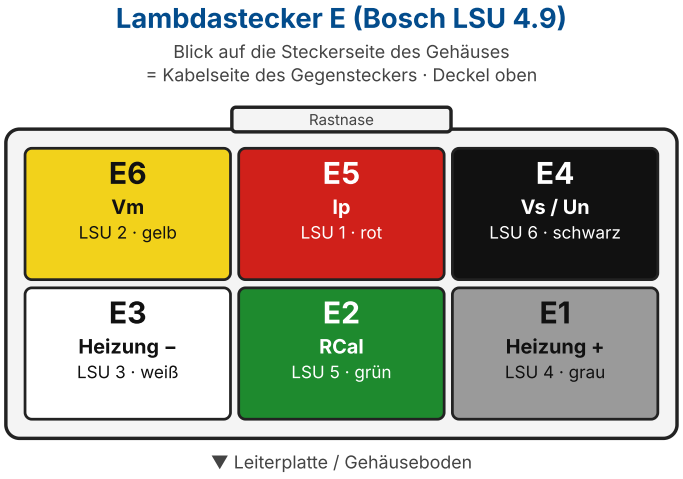
Funktion: Der Regler auf dem uaEFI-Modul betreibt eine Bosch-LSU-4.9-Breitbandsonde und meldet den Lambdawert an die Motorsteuerung.

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

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

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

Anschluss der Sonde an Stecker E



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

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

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

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

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

3.8 Klopfsensor und Abgastemperatur

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

Ab Werk: Klopfsensor des Motorkabelbaums an T121-106 angeschlossen; die Klopfregelung wird bei der Abstimmung eingestellt. Für die Abgastemperatur fehlen auf dem uaEFI-Modul Bauteile (siehe Hinweis).

Eingang	Anschluss	uaEFI	Einstellung
Klopfsensor	T121-106, parallel X4-2	[D14]	**Ignition › Klopferkennung (Knock Control)**
Abgastemperatur (Nachrüstung)	X4-12 (+), X4-24 (–)	[C10]/[C20]	**Sensors › Turbo sensors › EGT**

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

Die meisten ME7-Motoren haben zwei Klopfsensoren. Das PECU wertet einen davon aus (T121-106); der zweite Sensor an T121-107 wird nicht ausgewertet. X4-2 ist dieselbe Leitung wie T121-106 und daher nicht frei.

3.9 Eingänge: Fahrgeschwindigkeit, Taster und Analogeingänge

3.9.1 Fahrgeschwindigkeit

Funktion: Das PECU liest das Geschwindigkeitssignal an T121-54.

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

T121	Signal	uaEFI	Eigenschaften
54	Geschwindigkeitssignal	[C18]	über 1 kΩ auf den Eingang VR1 der uaEFI (für langsame Signale)

Einstellen: Sensors › Chassis sensors › Vehicle speed sensor: *Eingang (Input)* = C18 **[fest]**. *Wheel revolutions per kilometer*, *Speed sensor gear ratio* und *Speed sensor tooth count* so anpassen, dass die angezeigte Geschwindigkeit mit einem GPS-Messgerät übereinstimmt.

3.9.2 Taster und Digitaleingänge

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

Ab Werk: BUTTON3 liegt auch an T121-56; BUTTON1 und BUTTON2 sind nur am Zusatzstecker X4, solange k-data die Lötbrücken JP8/JP9 nicht schließt.

Eingang	X4	T121	uaEFI	Typische Verwendung
BUTTON1	3	38 (nur mit JP8)	[D2]	Kupplungsschalter, Launch Control
BUTTON2	14	39 (nur mit JP9)	[D10]	Kennfeldumschaltung, frei
BUTTON3	15	56	[C9]	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. AUX3 ist bei Turbomotoren mit dem Ladedrucksensor des Fahrzeugs verbunden.

Ab Werk: AUX3 an T121-101, AUX2 an T121-29, AUX1 frei.

Eingang	Anschluss	uaEFI
AUX1	X4-4	[D1]
AUX2	X4-16 und T121-29	[C3]
AUX3 / Ladedruck	X4-5 und T121-101	[C15]

Sensoren an +5 V (X4-1) und Sensormasse (X4-13) anschließen. Wird AUX3 als MAP-Kanal für den Ladedrucksensor verwendet, X4-5 nicht belegen.

3.10 Schaltausgänge

Funktion: Kraftstoffpumpenrelais, Ladedruckregelventil, Nockenwellenverstellung und Drehzahlsignal.

Ab Werk: je nach Motor eingerichtet.

Funktion	Anschluss	uaEFI	Eigenschaften
Kraftstoffpumpenrelais	T121-65	[B16]	Low-Side mit Freilaufdiode
Ladedruckregelventil	T121-104, X4-10	[B8]	schwacher Low-Side ohne Diode
Nockenwellenverstellung 1	T121-115, mit JP11 auch T121-22; X4-8	[B7]	Low-Side mit Freilaufdiode
Nockenwellenverstellung 2	T121-120, mit JP10 auch T121-18; X4-20	[B18]	Low-Side mit Freilaufdiode
Drehzahlsignal	T121-37 (nur mit JP7), X4-22	[B17]	Low-Side, Pull-up auf der Trägerplatine
Schaltausgang	T121-105	[A6]	H-Brücke 2
H-Brücke 1	T121-117/118, X4-9, X4-21	[A5]/[A1]	elektronische Drosselklappe (Kap. 3.6)

Einstellen: Kraftstoffpumpe **Setup › Ausgänge (Outputs)** › *Benzinpumpe (Fuel Pump)*: *Ausgabe (Output)* = B16 **[fest]**. Ladedruckregelung unter **Ladedruckregelung (Boost Control)**, Nockenwellenverstellung im Menü **VVT**; die Ausgänge sind **[fest]**.

Details

- Je nach Motor liegt das Magnetventil der Nockenwellenverstellung an T121-115/120 oder an T121-18/22. k-data schließt JP10/JP11 nur, wenn der Motor die Ventile an T121-18/22 hat.
- Bei Fahrzeugen mit Automatikgetriebe sind T121-18 (Bremsdrucksensor) und beim 1.8T T121-22 (Bremskraftverstärker-Relais) anders belegt. Dort bleiben JP10/JP11 offen.

> **Hinweis:** Die Ausgänge schalten nach Masse. Die genannten X4-Pins sind dieselben Leitungen wie am Fahrzeugstecker und nur nutzbar, wenn das zugehörige Bauteil im Motorkabelbaum nicht angeschlossen ist.

3.11 Leerlauf

Funktion: Die elektronische Drosselklappe hält die Leerlaufdrehzahl. Einen eigenen Leerlaufsteller haben die ME7-Motoren nicht.

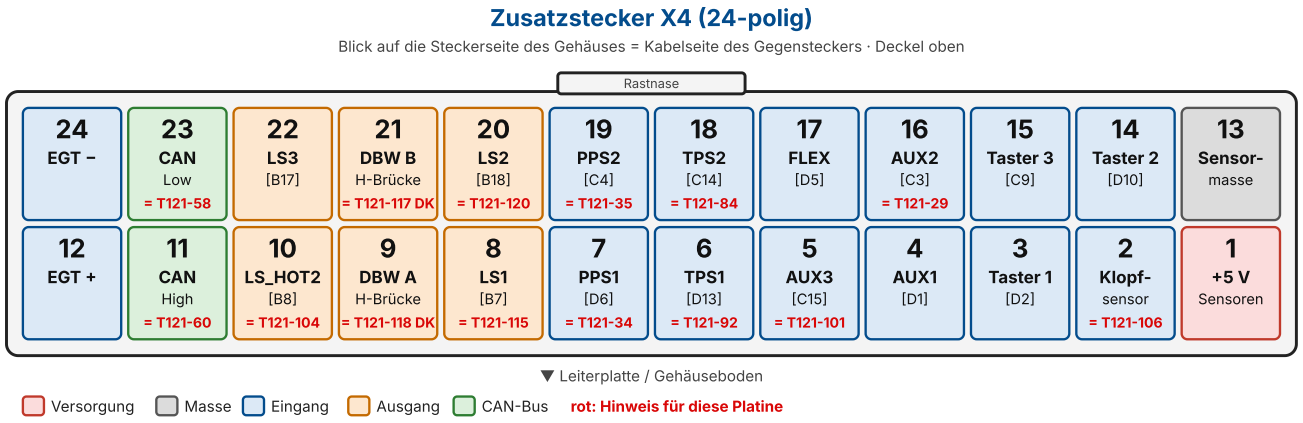
Ab Werk: Leerlaufregelung über die Drosselklappe eingerichtet.

Einstellen: Idle › Idle settings und die Tabellen im Menü **Idle** (Kap. 6.5): Solldrehzahl und Grundöffnung der Drosselklappe.

3.12 Zusatzstecker X4 (24-polig)

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

Ab Werk: nicht belegt; Gegenstecker liegt bei.



Zusatzstecker X4, Blick auf die Kabelseite des Gegensteckers

Das Bild zeigt den Stecker so, wie man beim Verdrahten auf die Kabelseite des Gegensteckers schaut: Deckel oben, Pin 1 unten rechts. Rot markiert sind Pins, die beim PECU VAG121 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 –

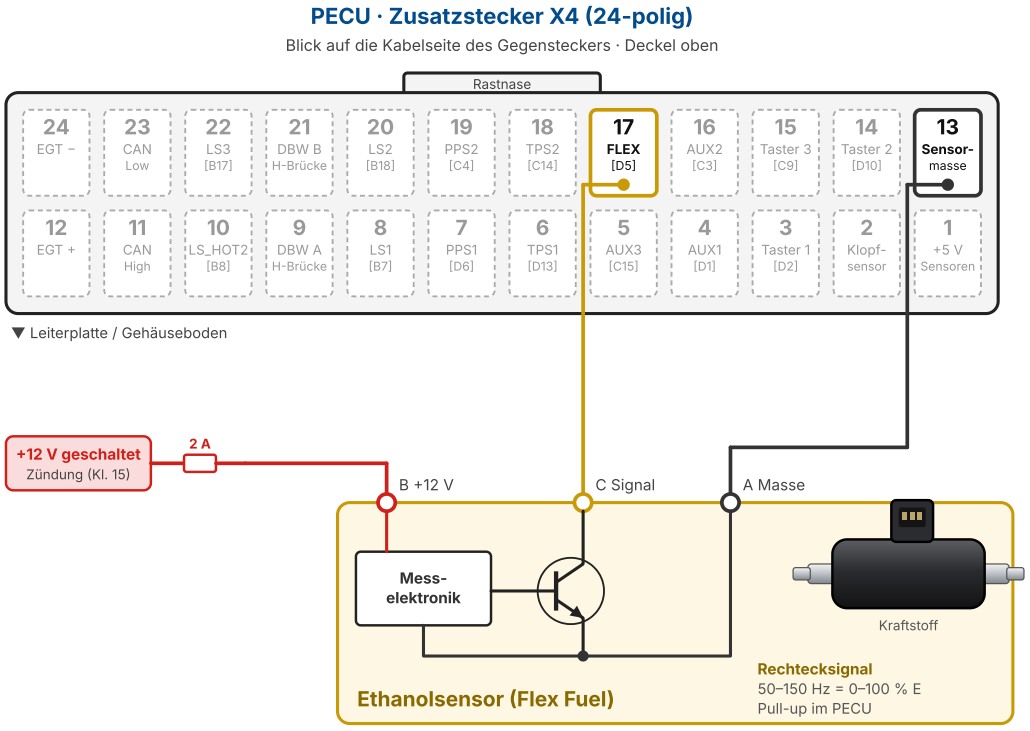
Doppelt herausgeführte Pins: Einige Pins von X4 und X7 sind dieselbe Leitung wie ein Pin des Fahrzeugsteckers (im Bild rot markiert). Ein solcher Ausgang lässt sich am Zusatzstecker nur nutzen, wenn das ursprüngliche Bauteil im Motorkabelbaum nicht mehr angeschlossen ist. Beispiel: Wird der Leerlaufsteller 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 VAG121 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.

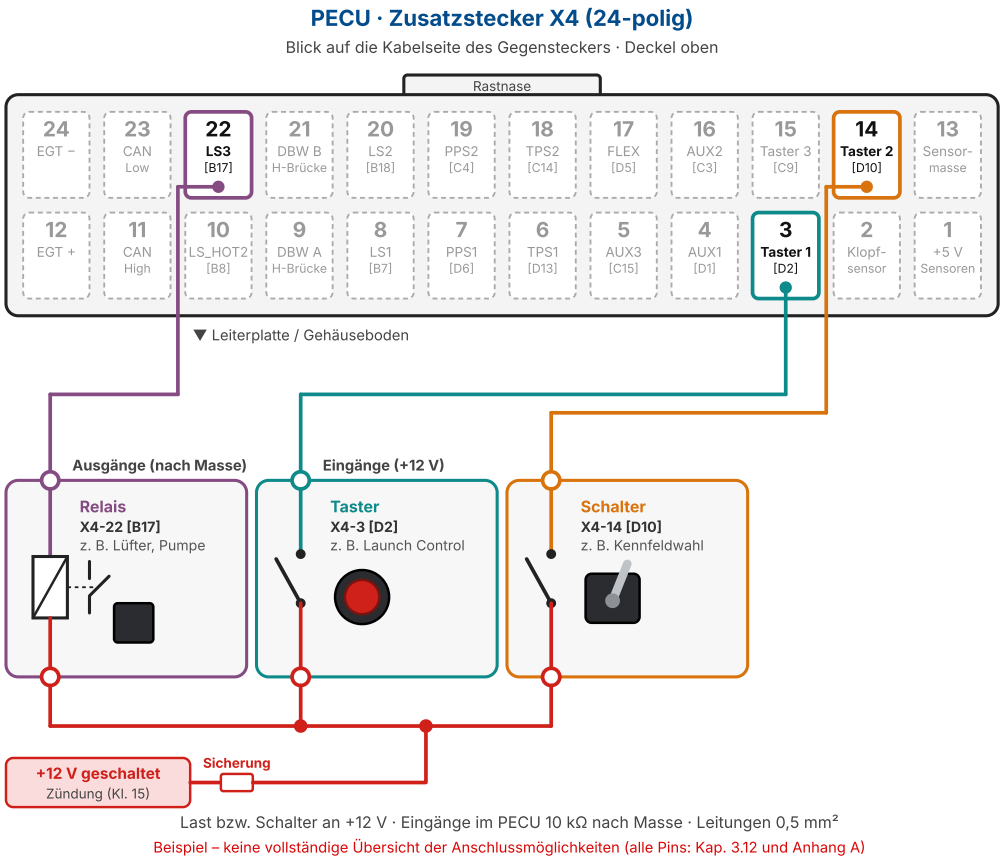
Flex-Fuel-Sensor: Signal an X4-17 [D5], Masse an X4-13 (Sensormasse), Versorgung +12 V über Sicherung. Der Sensor liefert ein Rechtecksignal von 50 bis 150 Hz für 0 bis 100 % Ethanol; der Pull-up-Widerstand sitzt im PECU VAG121. Die Belegung A/B/C am Sensor unterscheidet sich je nach Hersteller, deshalb das Datenblatt prüfen.



Anschluss eines Ethanolsensors (Flex Fuel) an X4

Eingänge und Ausgänge: Die Taster-Eingänge haben im PECU VAG121 10 kΩ nach Masse; Taster und Schalter schalten deshalb +12 V auf den Eingang. Die Ausgänge schalten nach Masse: Die Last (Relaisspule, Ventil) liegt mit dem anderen Anschluss an geschalteten +12 V. Für ein Relais (z. B. Lüfter oder Zusatzpumpe) empfehlen wir X4-10 [B8]: ein schwacher Ausgang ohne Freilaufdiode, nur für Relaisspulen gedacht. X4-8 [B7] hat eine Freilaufdiode und eignet sich für Taktventile wie ein Ladedruckventil.

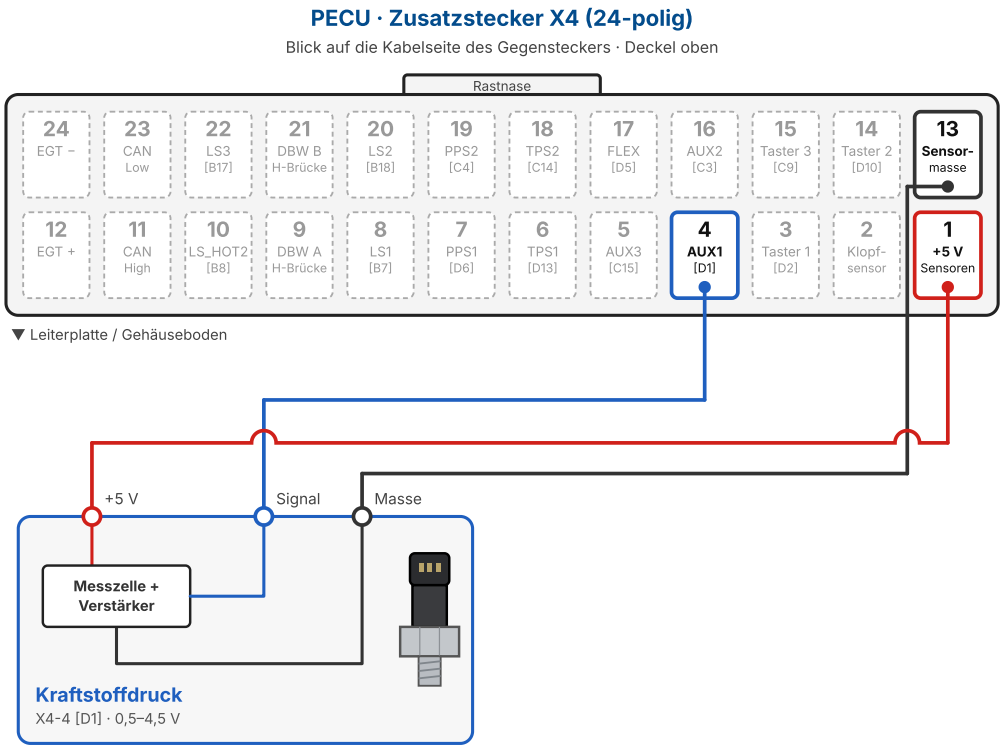
Beim PECU VAG121 sind X4-8, X4-10 und X4-20 mit Pins des T121-Steckers verbunden. Frei ist X4-22 [B17]; das Bild zeigt dort ein Relais.



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.

Beim PECU VAG121 sind AUX2 (X4-16) und AUX3 (X4-5) mit dem Fahrzeugstecker T121 verbunden; frei ist AUX1 (X4-4).



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

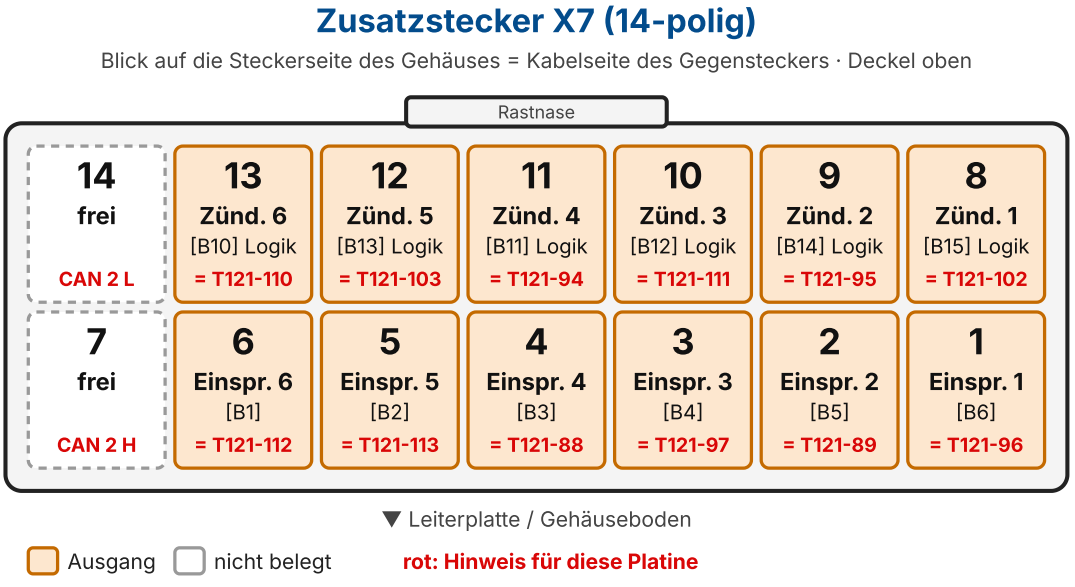
Beispiel – keine vollständige Übersicht der Anschlussmöglichkeiten (alle Pins: Kap. 3.12 und Anhang A)

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	CAN 2 High (reserviert)	14	CAN 2 Low (reserviert)

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 VAG121 ist der CAN-Bus mit dem Antriebs-CAN des Fahrzeugs verbunden (T121-60 CAN High, T121-58 CAN Low) und zusätzlich am Zusatzstecker X4 herausgeführt. 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.

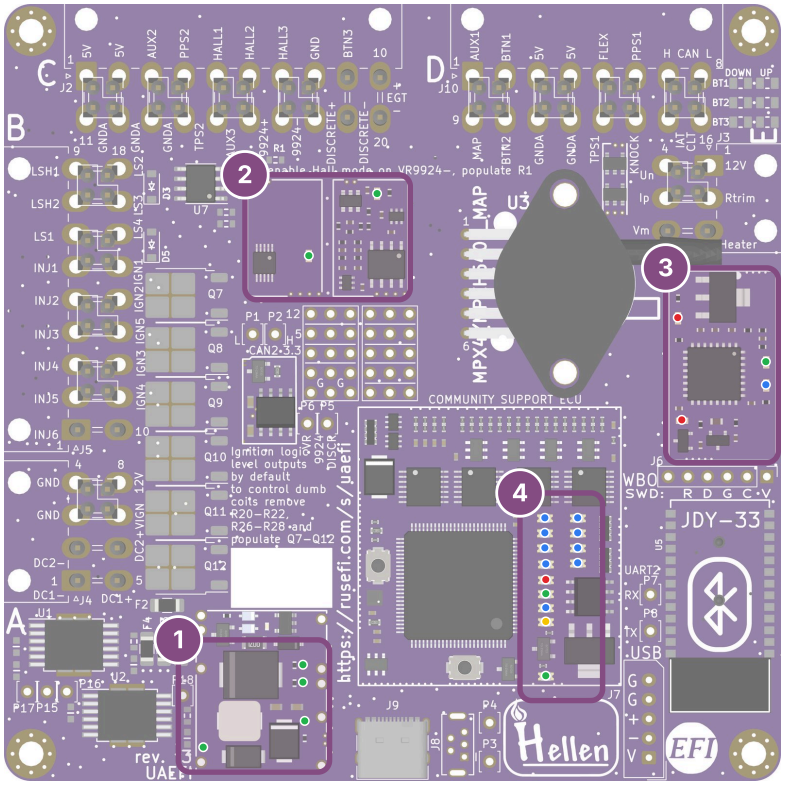
- **USB:** Verbindung zu TunerStudio und rusEFI Console. Der PC erkennt das PECU als serielle Schnittstelle und zusätzlich als Laufwerk mit der passenden TunerStudio-Definitionsdatei.
- **microSD:** Datenaufzeichnung im Steuergerät, unabhängig vom Laptop. Die Karte steckt bei Auslieferung bereits im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

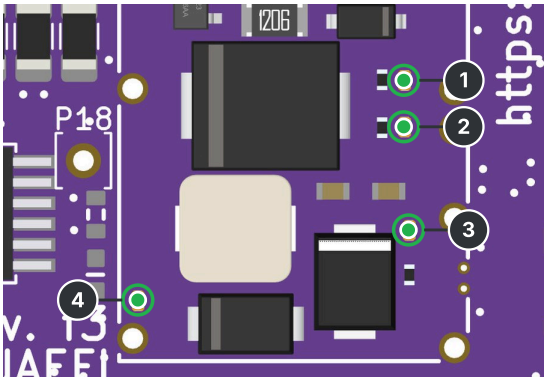
Funktion: 23 LEDs zeigen Versorgung, Drehzahlsignale, Breitband-Lambdaregler, Prozessor und Ausgänge.

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).

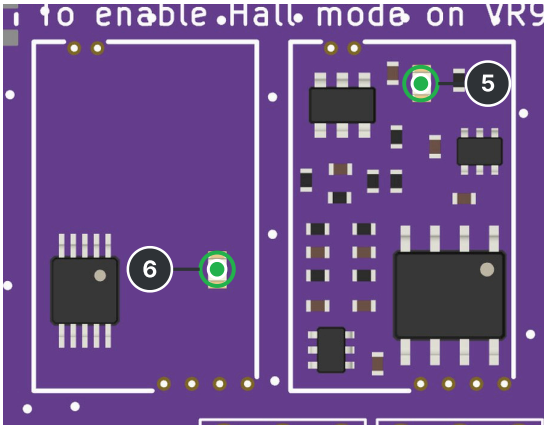


Lage der LED-Gruppen auf dem uaEFI-Modul (Draufsicht)



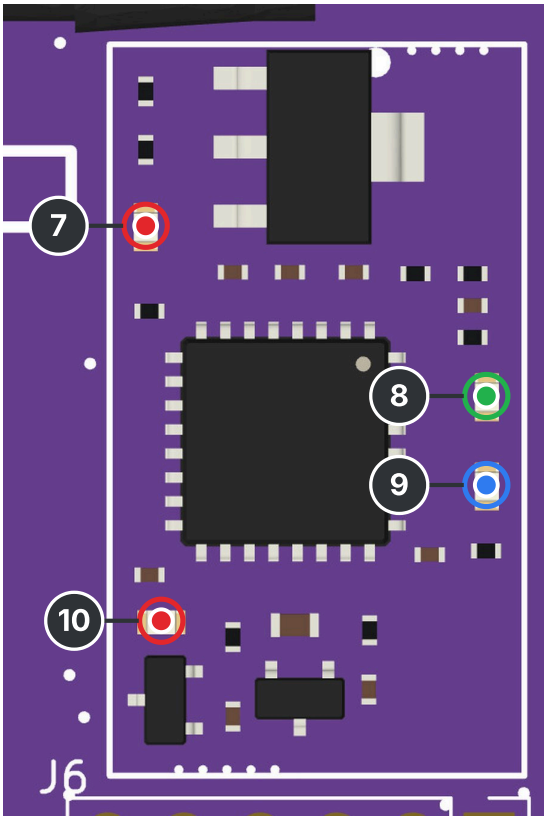
1 Versorgung

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



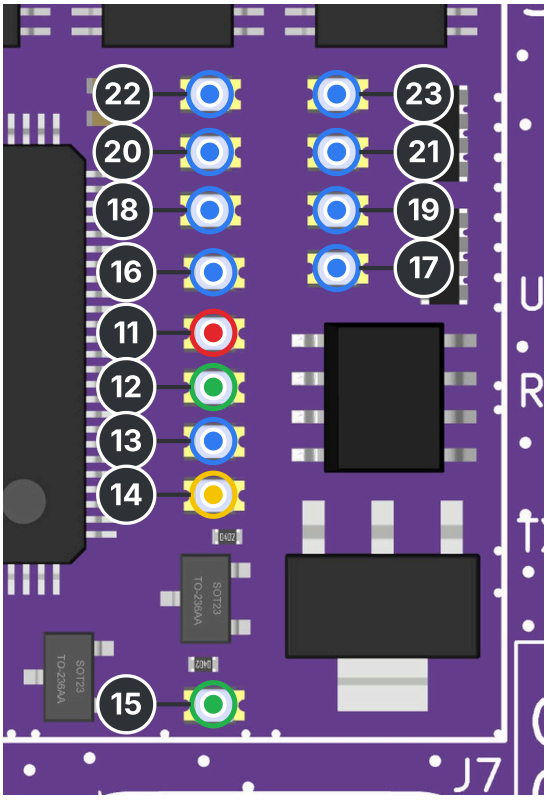
2 Drehzahlsignale

Nr.	Farbe	Bedeutung
5	●	Eingang VR1 (C18/C19). Beim PECU VAG121 das Geschwindigkeitssignal (T121-54): blinkt während der Fahrt.
6	●	Eingang VR2 (C17). Beim PECU VAG121 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: Bei den ME7-Fahrzeugen steuert die Klimaanlage ihren Kompressor selbst. Das PECU VAG121 ist daran nicht beteiligt.

Ab Werk: nichts einzustellen.

Die Klimaanlage arbeitet unabhängig vom Motorsteuergerät. Läuft der Leerlauf bei eingeschalteter Klimaanlage zu niedrig, die Solldrehzahl oder die Grundöffnung der Drosselklappe etwas erhöhen (Kap. 6.5).

3.18 Tankentlüftung

Funktion: Das Tankentlüftungsventil an T121-64 wird vom PECU nicht getaktet.

Ab Werk: T121-64 ist auf der Trägerplatine über eine 0-Ω-Brücke (R343) fest mit Masse verbunden.

Das Original-Steuergerät taktet das Tankentlüftungsventil, um den Aktivkohlebehälter zu spülen. Beim PECU VAG121 ist der Pin fest auf Masse gelegt. Die uaEFI-Funktion „Canister purge" wird nicht verwendet.

3.19 Nicht belegte Pins und Funktionen des Original-Steuergeräts

Alle T121-Pins, die in Anhang B als *nicht belegt* markiert sind, sind auf der Trägerplatine nicht angeschlossen. Damit entfallen folgende Funktionen der ME7:

Funktion des Original-Steuergeräts	Beim PECU VAG121
Lambdasonden (Sprung- oder Breitbandsonden des Fahrzeugs)	ersetzt durch die Breitbandsonde an Stecker E (Kap. 3.7); die Original-Sonden können ausgebaut werden
Luftmassenmesser	nicht ausgewertet, Lasterfassung über die Drosselklappe (Kap. 3.6)
zweiter Klopfsensor (T121-107)	nicht ausgewertet (Kap. 3.8)
Sekundärluftsystem, Motorkontrollleuchte, Verbrauchssignal	nicht angeschlossen
Wegfahrsperre und Diagnoseleitung (K-Line)	nicht angeschlossen; Diagnose über USB mit TunerStudio (Kap. 9)
Tankentlüftung (T121-64)	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 VAG121 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 VAG121 steht hier die echte Zündfolge des Motors (Vierzylinder 1-3-4-2, V6 1-4-3-6-2-5). Welcher Ausgang zu welchem Zylinder gehört, ist je Motor in der Basiskalibrierung eingetragen (Kap. 3.3 und 3.4).
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.
- **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 VAG121 ist der CAN-Bus mit dem Antriebs-CAN des Fahrzeugs verbunden (T121-60 CAN High, T121-58 CAN Low) und zusätzlich am Zusatzstecker X4 herausgeführt.

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)
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).

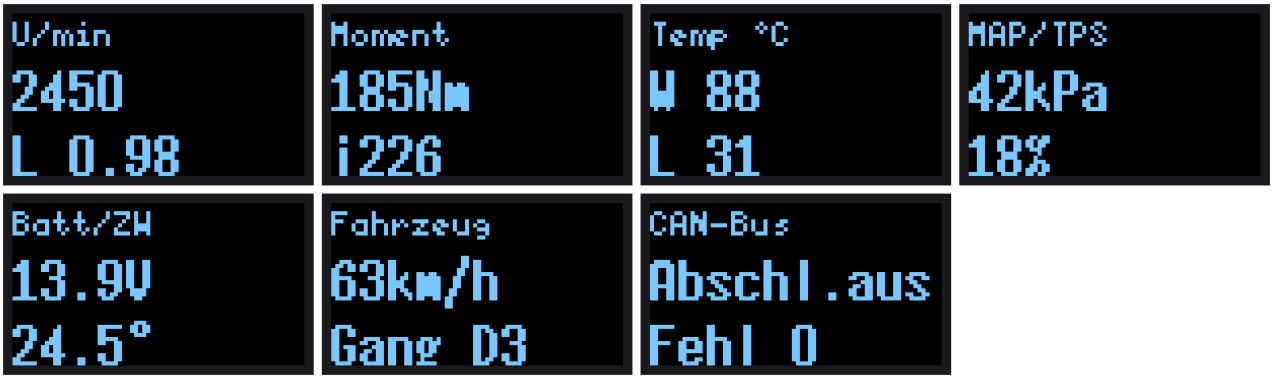
8.4 OLED-Anzeige

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**
CAN-Bus	CAN-Abschluss 120 Ω	ein	bei Störungen messen (8.8)
WLAN	Passwort	kdatapecu	mindestens 8 Zeichen
	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 1.8T mit 110 kW sollte bei Volllast etwa 210 Nm an der Kurbelwelle zeigen, ein 2.7T Biturbo mit 184 kW etwa 350 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.

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 T121 (PECU VAG121)

121-poliger Stecker wie Original-Steuergerät Bosch ME7. Pins, die auf der Trägerplatine nicht angeschlossen sind, sind als *nicht belegt* markiert (entfallene Funktionen: Kap. 3.19). Pins mit Lötbrücke (JP…) sind nur angeschlossen, wenn k-data die Brücke für den bestellten Motor geschlossen hat (Kap. 3.1, 3.10). Einzelheiten zu jedem Signal stehen im angegebenen Kapitel. Die Tabelle wird beim Erzeugen der Anleitung direkt aus dem Platinenlayout gelesen.

T121	Signal	Art	uaEFI	Kap.	T121	Signal	Art	uaEFI	Kap.
1	Masse	M	GND	3.1	32	Masse	M	GND	3.1
2	Masse	M	GND	3.1	33	Sensormasse	M	GNDA	3.1
3	+12 V oder Zündung (Lötbrücke JP1/JP6)	V	[A8]/[A7]	3.1	34	Fahrpedal 1	E	[D6]	3.6
4	*nicht belegt*				35	Fahrpedal 2	E	[C4]	3.6
5	*nicht belegt*				36	Sensormasse	M	GNDA	3.1
6	*nicht belegt*				37	Drehzahlsignal (Lötbrücke JP7)	A	[B17]	3.10
7	Zündsignal 2	L	[B14]	3.4	38	Eingang BUTTON1 (Lötbrücke JP8)	E	[D2]	3.9
8	*nicht belegt*				39	Eingang BUTTON2 (Lötbrücke JP9)	E	[D10]	3.9
9	*nicht belegt*				40	*nicht belegt*			
10	*nicht belegt*				41	*nicht belegt*			
11	*nicht belegt*				42	*nicht belegt*			
12	*nicht belegt*				43	*nicht belegt*			
13	*nicht belegt*				44	*nicht belegt*			
14	*nicht belegt*				45	*nicht belegt*			
15	*nicht belegt*				46	*nicht belegt*			
16	*nicht belegt*				47	*nicht belegt*			
17	*nicht belegt*				48	*nicht belegt*			
18	Ausgang VVT2 (Lötbrücke JP10)	A	[B18]	3.10	49	*nicht belegt*			
19	*nicht belegt*				50	Sensormasse	M	GNDA	3.1
20	*nicht belegt*				51	*nicht belegt*			
21	Hauptrelais oder Zündung (JP3/JP5)	A	[B9]/[A7]	3.1	52	*nicht belegt*			
22	Ausgang VVT1 (Lötbrücke JP11)	A	[B7]	3.10	53	+5 V Sensorversorgung	V	+5 V	3.6
23	Hauptrelais (Lötbrücke JP4)	A	[B9]	3.1	54	Geschwindigkeitssignal	E	[C18]	3.9
24	*nicht belegt*				55	*nicht belegt*			
25	*nicht belegt*				56	Eingang BUTTON3	E	[C9]	3.9
26	Ansauglufttemperatur	E	[D15]	3.5	57	*nicht belegt*			
27	Sensormasse	M	GNDA	3.1	58	CAN Low	B	[D8]	3.14
28	*nicht belegt*				59	Masse	M	GND	3.1
29	Analogeingang AUX2	E	[C3]	3.9	60	CAN High	B	[D7]	3.14
30	*nicht belegt*				61	*nicht belegt*			
31	*nicht belegt*								

T121	Signal	Art	uaEFI	Kap.	T121	Signal	Art	uaEFI	Kap.
62	*nicht belegt*				**92**	Drosselklappenpoti	E	[D13]	3.6
63	*nicht belegt*				**93**	Kühlmitteltemperatur	E	[D16]	3.5
64	Tankentlüftung	M	R343	3.18	**94**	Zündsignal 4	L	[B11]	3.4
65	Kraftstoffpumpenrelais	A	[B16]	3.10	**95**	Zündsignal 2	L	[B14]	3.4
66	*nicht belegt*				**96**	Einspritzausgang 1	A	[B6]	3.3
67	*nicht belegt*				**97**	Einspritzausgang 3	A	[B4]	3.3
68	*nicht belegt*				**98**	+5 V Sensorversorgung	V	+5 V	3.6
69	*nicht belegt*				**99**	Sensormasse	M	GNDA	3.1
70	*nicht belegt*				**100**	*nicht belegt*			
71	*nicht belegt*				**101**	Analogeingang AUX3 (Ladedruck)	E	[C15]	3.9
72	+5 V Sensorversorgung	V	+5 V	3.6	**102**	Zündsignal 1	L	[B15]	3.4
73	+5 V Sensorversorgung	V	+5 V	3.6	**103**	Zündsignal 5	L	[B13]	3.4
74	*nicht belegt*				**104**	Ladedruckregelventil	A	[B8]	3.10
75	*nicht belegt*				**105**	Schaltausgang (H-Brücke 2)	A	[A6]	3.10
76	*nicht belegt*				**106**	Klopfsensor	E	[D14]	3.8
77	*nicht belegt*				**107**	*nicht belegt*			3.8
78	*nicht belegt*				**108**	Sensormasse	M	GNDA	3.1
79	*nicht belegt*				**109**	*nicht belegt*			
80	*nicht belegt*				**110**	Zündsignal 6	L	[B10]	3.4
81	*nicht belegt*				**111**	Zündsignal 3	L	[B12]	3.4
82	Kurbelwellengeber +	E	[C16]	3.2	**112**	Einspritzausgang 6	A	[B1]	3.3
83	+5 V Sensorversorgung	V	+5 V	3.6	**113**	Einspritzausgang 5	A	[B2]	3.3
84	Drosselklappenpoti 2	E	[C14]	3.6	**114**	*nicht belegt*			
85	Ansauglufttemperatur	E	[D15]	3.5	**115**	Nockenwellenverstellung 1	A	[B7]	3.10
86	Nockenwellengeber 1 (Hall)	E	[C6]	3.2	**116**	*nicht belegt*			
87	Nockenwellengeber 2 (Hall)	E	[C7]	3.2	**117**	Drosselklappenmotor –	A	[A1]	3.6
88	Einspritzausgang 4	A	[B3]	3.3	**118**	Drosselklappenmotor +	A	[A5]	3.6
89	Einspritzausgang 2	A	[B5]	3.3	**119**	*nicht belegt*			
90	Kurbelwellengeber –	E	[C17]	3.2	**120**	Nockenwellenverstellung 2	A	[B18]	3.10
91	Sensormasse	M	GNDA	3.1	**121**	+12 V (Lötbrücke JP2)	V	[A8]	3.1

Art: E = Eingang · A = Ausgang, schaltet nach Masse · L = Logiksignal für Zündspule mit Endstufe · B = CAN-Bus · V = Versorgung · M = Masse

R343 = feste Brücke nach Masse (Kap. 3.18). Die Zuordnung der Einspritz- und Zündausgänge zu den Zylindern hängt vom Motor ab (Kap. 3.3, 3.4).

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 VAG121. Gilt für die Platinenrevision R05, rusEFI-Firmware release_20260812 und CAN-Modul-Firmware 1.3.1.

D.2 Platinenrevisionen

Diese Anleitung gilt für alle Revisionen des PECU VAG121. Die Revision steht auf der Platine hinter dem Produktnamen (zum Beispiel „PECU VAG121 R05“). 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
R05	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