01 Gerät und Bewertungsstand

RD-Keyboard | M5Stack ATOMS3 C123
Prüfgerät C12326030100046 | Auswertung und Herstellerbewertung vom 10.10.2026

Diese technische Anlage ordnet den abgeschlossenen vierten Prüflauf der produktiven RD-Keyboard-Firmware zu. Sie führt die aufgenommenen Messwerte, Ablaufereignisse, Quellcodebefunde und Originalunterlagen zusammen.

Merkmal	Zuordnung
Hersteller	Philipp Kittelmann und Daniel Köcher GbR Oberdorf 8, 99195 Markvippach, Deutschland
Kontakt	admin@rd-keyboard.de | +49 151 20186063
Hardware	M5Stack ATOMS3, SKU C123, Ausführung mit Display
Seriennummer / Geräte-ID	C12326030100046
Hardwarekennung	rd-d885aca35fc8
Produktive Firmware	2.1.0-atoms3.3 | firmware.bin | 752.800 Byte
Funktion	BLE-Textempfang und USB-Tastaturausgabe an ein kompatibles Hostgerät
Ausführung	Originalplatine, Originalgehäuse und Originalantenne ohne Bauteiländerungen nach Herstellerangabe; ausschließlich USB-Strom, kein Akku

Abgeschlossener Prüflauf

Der geführte Test begann am 10.10.2026 um **15:51:48 MESZ** und endete um **16:11:48 MESZ**. Die festgelegte Dauer von **20 Minuten** wurde erreicht; der Aufzeichnungsstatus lautet „Zeitablauf abgeschlossen“. Die erste und letzte PC-Empfangszeit sind 15:51:49 und 16:11:47 MESZ, entsprechend 19 Minuten 58 Sekunden.

Das Originalprotokoll enthält **2.390 Datensätze**: 1.191 vom ATOMS3 und 1.199 von der Waveshare-Messquelle. Der Prüflauf wurde von Philipp Kittelmann am Messplatz 1 durchgeführt. Seine Notiz lautet „keine außergewöhnlichen Beobachtungen“.

Die Schlussbewertung des verantwortlichen Herstellers ist auf Seite 6 unterzeichnet. Die manuelle Bewertung und die automatisch protokollierten Zustände bleiben getrennt nachvollziehbar.

02 Tatsächlich erhobene Werte

Übernahme aus Seite 2 des Originalmessprotokolls (4). **n** bezeichnet gültige Abtastungen der jeweiligen Quelle. Mittelwerte sind arithmetisch und nicht zeitgewichtet. Identische CPU-Werte zählen als einzelne Abtastungen, nicht als verschiedene Taktstufen.

Messgröße / Quelle	n	Minimum	Mittel	Maximum
CPU-Takt ATOMS3 (MHz)	1.191	240	240	240
Interne Chiptemperatur ATOMS3 (°C)	1.191	56,2	57,3	58,2
Freier Heap ATOMS3 (KiB)	1.191	196,6	196,7	196,7
Minimum freier Heap ATOMS3 (KiB)	1.191	195,9	196,0	196,3
SDK-TX, Standard ATOMS3 (dBm)	1.191	3,0	3,0	3,0
RSSI ATOMS3 (dBm)	942	-113,0	-64,0	-39,0
NTC / Kontaktstelle (°C)	1.199	31,47	33,87	34,54
SHTC3, Platine lokal (°C)	600	24,80	26,15	26,42
SHTC3, Luftfeuchte (% rF)	600	41,10	44,04	49,26
ADC-Spannung (mV)	1.199	1.315,8	1.338,1	1.419,2
NTC-Widerstand (kΩ)	1.199	6,631	6,823	7,546

Messmittel und Verfahren

Die zweite Messquelle ist ein Waveshare ESP32-S3-ePaper-1.54-EN V2 mit Firmware **1.0.0-waveshare-ntc.8**. Der NTC befindet sich nach Bedienerangabe an der **Gehäuserückseite** des ATOMS3. Das bestätigte Fühlerprofil lautet R25 = 10 kΩ, B = 3.950 K, Festwiderstand nominal 10 kΩ und Speisung nominal 3.300 mV.

Die NTC-Temperatur folgt dem Beta-Modell. Kontaktstelle, Befestigung und thermische Einschwingzeit beeinflussen die Anzeige. Die bestätigten Nennwerte sind keine nachträgliche physische Kalibrierung. Der SHTC3 misst lokal auf der Waveshare-Platine; eine mögliche Eigenerwärmung bleibt von einer unabhängigen Raumreferenz zu unterscheiden.

Die interne Chiptemperatur ist ein SDK-Näherungswert und keine Gehäusetemperatur. Die SDK-TX-Angabe ist eine ausgelesene Leistungseinstellung. RSSI beschreibt die empfangene Signalstärke. Diese Größen werden nicht als gemessene EIRP oder abgestrahlte Funkleistung ausgewiesen.

03 Ablauf und Datenkontinuität

Bedienerschritt	Planzeit	Protokollierter Zustand
Leerlauf	3 Minuten	Nicht bestätigt
Bluetooth verbinden	4 Minuten	Manuell bestätigt, 15:54:50 MESZ
Text übertragen	6 Minuten	Manuell bestätigt, 15:58:59 MESZ
Wiederverbindung prüfen	4 Minuten	Manuell bestätigt, 16:04:59 MESZ
Abschluss im Leerlauf	3 Minuten	Manuell bestätigt, 16:10:33 MESZ

Die erste Leerlaufphase wurde zeitlich durchlaufen, blieb jedoch im Original als „Nicht bestätigt“ gekennzeichnet. Manuelle Bestätigungen sind Bedienerangaben; sie werden nicht in automatische Geräte- oder Textausgabenachweise umgedeutet.

Dokumentierte Wiederverbindung

Zeit am 10.10.2026	Ereignis
16:05:22 MESZ	ATOMS3-Gerät verloren; USB-Verbindung unterbrochen
16:05:29 MESZ	ATOMS3 wieder verbunden
16:05:30 MESZ	Rückläufige Geräte-Uptime und Empfangslücke von 9,6 Sekunden
16:11:48 MESZ	20-Minuten-Ablauf beendet; unbestätigte Schritte bleiben gekennzeichnet

Die Unterbrechung liegt innerhalb der vorgesehenen Wiederverbindungsphase. Das Original meldet einen getrennten ATOMS3-Übergang sowie eine Rückkehr der Messdaten nach mehr als fünf Sekunden. Der Uptime-Rücksprung ist als „Neustart oder älterer Datensatz“ protokolliert; seine Ursache wird nicht zusätzlich angenommen. Lücken wurden nicht interpoliert.

Gewählter Betriebszustand	ATOMS3	Waveshare
Leerlauf	360	361
Bluetooth verbunden	240	239
Textübertragung	360	360
Wiederverbindung	231	239

Die Tabelle zählt empfangene Datensätze je gewähltem Zustand. ATOMS3-Uptime: 2.330,227 → 384,183 s; Waveshare-Uptime: 78,167 → 1.276,167 s. Diese Angaben werden nicht von der PC-Empfangsdauer abgezogen und nicht als lückenlose Geräte-Laufzeit ausgegeben.

Mindestens einmal wurden USB-Tastaturbereitschaft, eine freigegebene BLE-Verbindung und PHY 1M gemeldet. Ein neuer USB-Sendeauftrag wurde angenommen. Die Annahme eines Auftrags bleibt von der manuellen Beobachtung der tatsächlichen Textausgabe am Host getrennt.

04 Firmware und Quellcodebefund

Die folgenden Auszüge stammen aus dem versionierten eigenen Anwendungscode **replit-ios/firmware-atoms3-c123/src/main.cpp**. Der Quellcodehash und die identifizierte Anwendungsbinärdatei stehen im Nachweisregister auf Seite 6.

CPU-Takt und Diagnosedaten werden gelesen

```
116  next.cpuMhz=getCpuFrequencyMhz();
117  next.freeHeap=ESP.getFreeHeap();
     next.minimumHeap=ESP.getMinFreeHeap();
119  next.internalChipTempC=temperatureRead();
```

Im eigenen Anwendungscode sind keine CPU-Takt-Setter enthalten. Das ausgewählte Boardprofil „m5stack-atoms3“ enthält den Standardwert **240.000.000 Hz** (Boarddefinition, Zeile 14); platformio.ini überschreibt ihn nicht. Im Prüflauf wurde 240 MHz konstant rückgelesen.

BLE-Vorgabe über standardisierte SDK-Schnittstellen

```
154  const esp_ble_power_type_t kinds[]={
       ESP_BLE_PWR_TYPE_DEFAULT,ESP_BLE_PWR_TYPE_ADV,
       ESP_BLE_PWR_TYPE_SCAN};
155  for(auto kind:kinds){
156    NimBLEDevice::setPower(ESP_PWR_LVL_P3,kind);
157  }
169  radioPowerFinalDbm[i]=NimBLEDevice::getPower(kinds[i]);
171  radioPowerReady=radioPowerReady&&radioPowerFinalDbm[i]==3;
```

Default-, Advertising- und Scan-Einstellungen werden auf **+3 dBm** vorgegeben und vor dem weiteren Start rückgelesen. Der Verbindungszweig verwendet ebenfalls die +3-dBm-SDK-Vorgabe (Zeilen 182–190). Eine höhere Leistungsvorgabe wird im eigenen Anwendungscode nicht gesetzt. Die Vorgabe beschreibt einen SDK-Wert, keine HF-Messung.

```
178  defaultPhyCommandStatus=
       ble_gap_set_prefered_default_le_phy(
         BLE_HCI_LE_PHY_1M_PREF_MASK,
         BLE_HCI_LE_PHY_1M_PREF_MASK);
```

BLE-1M wird angefordert. Der Verbindungszweig kontrolliert die ausgehandelte PHY; abweichende PHY-Zustände sperren den Anwendungsverkehr (Zeilen 192–198). WLAN wird vom eigenen Anwendungscode nicht initialisiert. Das Lesen einer ESP32-MAC-Adresse über ESP_MAC_WIFI_STA zur Gerätekennung startet keinen WLAN-Betrieb.

Entwicklungsbasis: espressif32 6.12.0; Arduino-ESP32 2.0.17; NimBLE-Arduino 1.4.3. Die Telemetrie der produktiven Firmware ist als diagnosticBuild=false und productionFirmwareSdkReadbacks gekennzeichnet. Die Diagnoseabfragen verändern keine CPU- oder Funkparameter.

05 Originalunterlagen der Hardware

Die nachstehenden Originalunterlagen werden der **M5Stack-ATOMS3-Hardware** zugeordnet. Sie bleiben unverändert in der technischen Akte. Ihre ursprünglichen Prüfaufbauten und Normfassungen werden beibehalten; die Berichte werden nicht als neue Laborprüfung der RD-Keyboard-Firmware bezeichnet.

Originalbeleg	Bezugsbereich / Fassung
B2211236 + Anhang A 07.12.2022	BACL, Kennnummer 1313. EU-Baumusterprüfbescheinigung für Originalhardware ATOMS3 / ATOMS3-LITE.
RSHE220928001-01B 14.10.2022	BLE-Funk, EN 300 328 V2.2.2. Prüfaufbau Seite 6: Notebook, USB-Kabel 1,5 m, Hersteller-Funktestsoftware.
RSHE220928001-01A 14.10.2022	WLAN-Funk, EN 300 328 V2.2.2. Hardware-Vorbeleg; keine aktive WLAN-Nutzung der RD-Anwendung.
RSHE220928001-02 08.11.2022	EN 301 489-1 V2.2.3; Draft ETSI EN 301 489-17 V3.2.5. Funk-EMV, Link-/Standby-Aufbau.
RSHE220928001-01D 07.11.2022	EN 55032:2015+A1:2020; EN 55035:2017+A11:2020. Störaussendung und Störfestigkeit.
RSHE220928001-SF 22.11.2022	EN IEC 62368-1:2020+A11:2020. Produktsicherheit der beschriebenen Originalkonfiguration.
RSHE220928001-01C 14.10.2022	EN IEC 62311:2020; EN 50665:2017. HF-Expositionsbewertung, Seite 5 mit 20-cm-Annahme.
AiTSZ-250512023RC09 23.05.2025	RoHS, SKU C123. Referenziert AiTSZ-250512023R und IEC-62321-Prüfmethoden.
FCC ID 2AN3WM5ATOMS3 17.11.2022	US-Unterlage; ergänzende Identifikation des Hardwaretyps.
211-221010 / B2210195 15.11.2022	Japanische MIC-Unterlage; ergänzende Identifikation des Hardwaretyps.

Die Normfassungen entsprechen den Originalunterlagen. Der Funk-EMV-Bericht erfasst die dort beschriebene Umgebung; eine Fahrzeugumgebung ist auf Seite 7 ausdrücklich nicht einbezogen. Original-Laborwerte werden nicht als Werte des lokalen RD-Keyboard-Prüflaufs übernommen.

Die Herstellerentscheidung bezieht die Hardwareunterlagen, den dokumentierten Softwarestand, die vorgesehene BLE-/USB-Funktion und die aufgezeichneten lokalen Betriebsbeobachtungen ein. Die EU-Konformitätserklärung bleibt eine eigene Erklärung der Philipp Kittelmann und Daniel Köcher GbR.

06 Herstellerbewertung und Register

Abschlussbewertung des verantwortlichen Herstellers

Wir, die **Philipp Kittelmann und Daniel Köcher GbR**, übernehmen das Originalmessprotokoll des vierten Prüflaufs mit seinen Messwerten, Bestätigungszuständen und Wiederverbindungsereignissen in die technische Akte. Der 20-Minuten-Ablauf wurde zeitlich abgeschlossen.

Wir bewerten diesen Prüflauf als **bestanden** und erklären unsere **Konformitätsbewertung für die bezeichnete Hardware-/Firmwareausführung als abgeschlossen**. Diese Entscheidung ist unsere eigene Herstellerbewertung. Die Messwerttabellen und protokollierten Ereignisse werden durch diese Bewertung nicht verändert.

Rückverfolgbarkeit der verwendeten Dateien

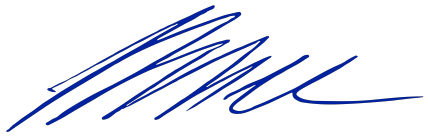
Datei / Stand	Identifikation
Produktive Anwendungsdatei 2.1.0-atoms3.3	firmware.bin, 752.800 Byte SHA-256: ff52d9047d7430422f993b2b9e2effd0 764a0cbc61fa076e1e0b8d194e9c69c0
Aktueller Hauptquellcode	src/main.cpp SHA-256: 24ede86e111befd47f63d2bfedc257dc 2b933f15640a23699388c757e9833990
Originalmessprotokoll (4)	10.10.2026, 6 Seiten SHA-256: f486b68404ab5f8ce3fc286f5d690740 be352d288b2c5e049ed4b313976d11dc

Installer- und Build-Binärdatei haben denselben SHA-256. Der Installationsnachweis für C12326030100046 meldet „complete“, flashVerified=true und settingsPreserved=true. Frühere Firmware- und Prüflaufunterlagen bleiben getrennt archiviert.

Zur Revision gehören EU-Konformitätserklärung, Originalprotokoll (4), manuell signierte Ergänzung, diese Anlage und Nachweisregister mit Dateigröße, Seitenzahl und SHA-256 der unveränderten Original-PDFs.

Unterzeichnet für und im Namen des Herstellers

Philipp Kittelmann und Daniel Köcher GbR
Markvippach, 10.10.2026
Philipp Kittelmann, Gesellschafter



Vom Hersteller autorisierte Unterschriftsgrafik.

01 Bewertung des BLE-USB-Betriebs

M5Stack ATOMS3 C123 | RD-Keyboard 2.1.0-atoms3.3
Prüfgerät C12326030100046 | Dokumenten- und Quellcodeabgleich vom 10.10.2026

Ergebnis: Teilweise durch bestehende Nachweise gestützt. Die BLE-1M-Funktechnik und die unveränderte ATOMS3-Hardware sind in den Originalunterlagen beschrieben. Eine vollständige Prüfabdeckung des kombinierten **BLE-Empfangs mit USB-HID-Tastaturausgabe und USB-CDC-Diagnose am vorgesehenen Tablet** lässt sich daraus derzeit nicht ableiten.

Das ist eine Aussage über den Umfang der vorhandenen Nachweise. Aus der bloßen Textübertragung folgt weder eine Grenzwertüberschreitung noch ein automatischer Verlust der Konformität. Eine belastbare vollständige Übertragbarkeit der EMV-Ergebnisse ist mit dem dokumentierten Stand jedoch nicht begründet.

Bereich	Abdeckung im vorliegenden Stand
BLE-Funkart und Band	BLE mit 1 Mbit/s und 2,4-GHz-Band in Originalbericht 01B beschrieben; RD nutzt PHY 1M. Technische Zuordnung ist plausibel.
BLE-Leistung und Spektrum	Original-Labormessungen vorhanden. RD setzt +3 dBm und liest SDK-Werte zurück; tatsächliche RD-EIRP, Leistungsdichte und Nebenaussendungen bleiben ungemessen.
USB-Tastaturfunktion	Standard-HID-Implementierung und lokaler Funktionslauf belegt. Originalberichte nennen diesen kombinierten HID-/CDC-Hostbetrieb nicht ausdrücklich.
Störaussendung / Störfestigkeit	Originalaufbauten mit Adapter, Sensor und Funkverbindung geprüft. Gleichwertigkeit von Tablet, USB-Kabel, Verkehr und Leistungskriterien nicht nachgewiesen.
HF-Exposition / Fahrzeug	Original-Expositionsbericht verwendet 20 cm Abstand. Fahrzeugtransienten sind im Funk-EMV-Bericht ausgeschlossen; besondere Einsatzbedingungen gesondert zuordnen.

Umfang dieser Ergänzung

Bewertet werden die vorhandenen Prüfberichte und der identifizierte Firmwarestand. Es wurden keine neuen Funk-, EMV- oder Strommessungen vorgenommen. Die Auswertung ersetzt keine Prüfung sämtlicher sonstiger CE-Anforderungen oder der aktuellen Harmonisierung der in alten Berichten genannten Normfassungen.

Die sechs ursprünglichen, einschließlich Unterschrift erhaltenen Seiten bilden die Anlage RD-C123-20261010-05. Diese datierte Ergänzung erläutert deren Nachweisumfang; sie fügt keine neue Unterschrift oder zusätzliche Herstellererklärung hinzu.

02 Funknachweise und Berechnung

Übereinstimmende Funkmerkmale

Der BLE-Bericht **RSHE220928001-01B** vom 14.10.2022 beschreibt auf Seite 6 BLE mit 1 Mbit/s im Bereich 2402-2480 MHz, die Hersteller-Funktestsoftware EspRFTestTool mit Power Level 10 sowie einen Notebook-Aufbau mit 1,5-m-USB-Kabel. Das ist ein Funk-Testmodus; eine RD-Keyboard-Anwendung oder USB-Tastaturfunktion wird dort nicht genannt.

Der RD-Anwendungscode setzt die SDK-Leistung für Standard, Werbung, Scan und Verbindung auf +3 dBm. Er fordert PHY 1M an, prüft Rücklesewerte und sperrt Anwendungsverkehr bei nicht akzeptierter Konfiguration. WLAN wird vom eigenen Anwendungscode nicht gestartet. Eine Erhöhung des CPU-Takts ist darin nicht enthalten.

Original-Laborwert ATOMS3	Wert / Grenze	Rechnerischer Abstand
EIRP, Bericht 01B, S. 12	8,14 / 20 dBm	11,86 dB
Leistungsdichte, 01B, S. 16	7,95 / 10 dBm/MHz	2,05 dB
Nebenaussendung 204,72 MHz, 01B, S. 30	-57,82 / -54 dBm	3,82 dB

Die Abstände gelten ausschließlich für diese Messpunkte und die ursprüngliche Prüfkonfiguration. Sie sind keine neuen RD-Messwerte und keine pauschale Reserve für andere Frequenzen oder EMV-Prüfungen.

Was sich aus +3 dBm berechnen lässt

$P[mW] = 10^{P[dBm]/10}$
+3 dBm entsprechen rechnerisch 1,995 mW. Die ursprünglichen 8,14 dBm EIRP entsprechen etwa 6,516 mW. Das sind verschiedene Ausgangsgrößen: SDK-Sollwert und gemessene Abstrahlung einschließlich Antennenwirkung.

Der Bericht nennt 2 dBi Antennengewinn. Nur unter der Annahme einer tatsächlich auf 3 dBm begrenzten leitungsgebundenen Ausgangsleistung und unveränderter Antennen-/Pfadwirkung ergäbe 3 dBm + 2 dBi einen Rechenwert von 5 dBm EIRP (3,162 mW). Diese Rechnung enthält keine Bauteiltoleranz oder Messunsicherheit und wird deshalb **nicht als verifizierte EIRP-Obergrenze** verwendet.

Bewertung der Übertragbarkeit

Originalhardware, gleichartige BLE-1M-Nutzung und niedrige nominelle Einstellung stützen die technische Plausibilität einer Übernahme der Funknachweise. Eine Überschreitung durch RD ist damit nicht belegt. Für einen vollständigen Nachweis fehlt die belastbare Zuordnung der ursprünglichen HF-Testkonfiguration zur tatsächlich eingesetzten SDK-/Controller-Konfiguration einschließlich Toleranzen und Sendeverhalten. Die Funkreserve kann insbesondere nicht auf die USB-EMV übertragen werden.

Quellen: Originalbericht 01B, S. 6, 12, 16 und 30; main.cpp, Z. 151-198 und 742-744; ESP-IDF v4.4.7, Controller/VHCI, Funktionen für TX-Leistung. Die SDK-Dokumentation ordnet Leistungsindizes nominellen dBm-Werten zu.

03 EMV: Aufbau und Leistungskriterien

Prüfaufbau der Originalberichte	RD-Keyboard-Einsatz
EN 55032/55035, 01D, S. 6: Adapter und Sensor; 1 m Versorgungskabel und 1,5 m Kabel EUT-Sensor; Active Mode.	USB-Strom und USB-HID-Daten über ein vom Kunden gewähltes Kabel zum Tablet/Host; parallel BLE, Display und gegebenenfalls CDC-Diagnose.
EN 301 489, 02, S. 5: Adapter, M5-Sensor und iPhone; BT-/WLAN-Link und Standby; ebenfalls 1 m und 1,5 m Kabel.	Ein USB-Tastatur-/CDC-Betrieb mit dem vorgesehenen Host wird nicht ausdrücklich ausgewiesen. Der Kabeltyp EUT-Sensor beweist keinen USB-HID-Datenverkehr.

Die Originalaufbauten erfassen verkabelte Versorgungs- und Signalverbindungen. Für die Übernahme dieser Ergebnisse sind die elektrischen Eigenschaften des Tablet-USB-Ports, dessen Versorgung, Rückstrompfade und Datenkabel mit dem damaligen Aufbau abzugleichen. Eine solche Gleichwertigkeit ist in den vorhandenen Unterlagen nicht dokumentiert.

Störaussendung

Der Bericht 01D enthält bestandene Originalmessungen. Beispiel ATOMS3, Seite 20: 43,67 dBµV/m bei 520,09875 MHz gegenüber 47 dBµV/m Grenzwert, also 3,33 dB Abstand. Die Abstrahlung des tatsächlichen RD-HID-/CDC-Aufbaus ist nicht gemessen. Eine geringe Schreibgeschwindigkeit begrenzt weder die USB-Flanken noch sämtliche Takt- und Display-Störungen rechnerisch.

Störfestigkeit und überwachte Funktionen

Originalbericht 02	Grenze der direkten Zuordnung
S. 42: HF-Störfestigkeit 80-6000 MHz, 3 V/m, 80 % AM; Funk-Link wird beobachtet.	Korrekte USB-Zeichen, Ausbleiben unbeabsichtigter Tastendrücke, sicherer Abbruch und Wiederanlauf des HID-Betriebs sind nicht als Leistungskriterien genannt.
S. 44, 46 und 48: schnelle Transienten, Surge und leitungsgeführte HF an AC Mains.	Ein direkter Versuch dieser Störungen am RD-USB-Signalport ist damit nicht nachgewiesen; Signal-Port-Einträge sind dort nicht als durchgeführte Prüfung ausgewiesen.

Kabel und Fahrzeugumgebung

Dass kein USB-Kabel mitverkauft wird, ändert den vorgesehenen kabelgebundenen Betrieb nicht. Kabeltyp, zulässige Länge, Versorgung und kompatible Hosts müssen zur Bewertungsgrundlage passen. Aus den Unterlagen ergibt sich keine Freigabe für beliebige Kabel und Hosts. Bericht 02 schließt Fahrzeugtransienten auf Seite 7 aus. Ein batterieversorgtes Tablet oder eine entkoppelte Versorgung kann eine andere Bewertung erlauben; deren Wirkung ist in den vorliegenden Unterlagen nicht für den konkreten Einsatzaufbau belegt.

Quellen: 01D, S. 6 und 20; 02, S. 5, 7, 42, 44, 46 und 48. Seitenangaben bezeichnen jeweils die im Originalbericht gedruckte Seitennummer.

04 Konkrete USB-Firmwarekonfiguration

Befund im Quellcode / Framework	Bedeutung für den Abgleich
Native USB-OTG-Funktion; Standard USBHIDKeyboard / TinyUSB. HID-Endpoints maximal 64 Byte, Polling-Intervall 1 ms.	Keine eigene externe USB-PHY oder abweichende Hardware im Anwendungscode. Standardfunktion allein ist kein Nachweis des ursprünglichen EMV-Testmodus.
Tastendruck und Tastenfreigabe; standardmäßig jeweils 8 ms Pause, einstellbar 5-20 ms.	Paced HID-Reports reduzieren den Anwendungsverkehr. Sie bestimmen nicht die gesamte USB-Busaktivität oder deren physische Flanken.
CDC_ON_BOOT=1 neben HID. Diagnoseausgabe mit begrenzter 1024-Byte-Warteschlange.	Die produktive Konfiguration ist ein HID-/CDC-Verbundgerät. Auch paralleler Diagnoseverkehr gehört zur betrachteten Konfiguration.
CPU 240 MHz ohne eigenen Taktsetter; Display und Startlogo laufen über M5GFX, Backlight-PWM 500 Hz.	Kein CPU-Overclock gefunden. Die Schaltaktivität und Auslastung sind dennoch nicht als identisch zur ursprünglichen Laborfirmware nachgewiesen.

Offener Befund: USB-Stromversorgungskennung

Das verwendete Arduino-ESP32-Framework initialisiert USB mit **self-powered** und **500 mA**. HidKeyboard::begin() setzt die Gerätenamen und startet USB, überschreibt diese Attribute aber nicht. Der Wert wird vom Framework an die Konfigurationsdeskriptoren weitergegeben. Nach den Angaben zur Ausführung wird der ATOMS3 tatsächlich ausschließlich über USB versorgt.

Die Quellcode-Voreinstellung passt somit nicht zur angegebenen busgespeisten Nutzung. Der am tatsächlichen Host ausgelesene Konfigurationsdeskriptor und die Strom-/Suspend-Eigenschaften sind zu überprüfen und passend zu konfigurieren. **500 mA ist hier eine Deskriptorangabe, keine gemessene Stromaufnahme.** Dieser Befund wird nicht als gemessener EMV-Fehler oder automatischer Verlust der RED-Konformität ausgegeben. Im Rahmen dieser Auswertung wurde die Firmware nicht verändert.

Auszüge zur nachvollziehbaren Zuordnung

```
platformio.ini: ARDUINO_USB_MODE=0; ARDUINO_USB_CDC_ON_BOOT=1
hid_keyboard.cpp: USB.productName(...); USB.begin();
Arduino USB.cpp: usb_attributes(SELF_POWERED);
                 usb_power_ma(500);
```

Quellen: platformio.ini, Z. 5, 9, 16-17, 22-25; hid_keyboard.cpp, Z. 43-73; device_console.h, Z. 13-43; device_display.h, Z. 13-16 und 41. Framework Arduino-ESP32 2.0.17: USB.cpp (Konstruktor und begin), USBHID.cpp (Interface-Deskriptor). Referenzquellcode USB.cpp. Lokales Paket 3.20017.241212+sha.dcc1105b und dessen Quellen mit SHA-256 im Ergänzungsregister.

05 Schlussfolgerung und offene Zuordnung

Der konkrete kombinierte BLE-zu-USB-HID-/CDC-Betrieb am Tablet ist durch die vorliegenden Originalberichte nicht vollständig als geprüfter Betriebsmodus belegt. Die Funkart BLE 1M und die unveränderte Hardware liefern relevante Teilnachweise und stützen eine technische Übertragbarkeit. Für eine vollständige Zuordnung fehlen die Gleichwertigkeit des EMV-Aufbaus und passende Kriterien für die Tastaturausgabe.

Aus dieser Deckungslücke folgt keine nachgewiesene Grenzwertverletzung. Eine vollständige Nichtbeeinträchtigung lässt sich aus CPU-Takt, SDK-Leistung und Temperaturen allein aber nicht ableiten. Der eigene 20-Minuten-Lauf enthält Betriebs- und Temperaturbeobachtungen; er ist keine Funk- oder EMV-Grenzwertmessung.

Offener Punkt	Erforderliche Ergänzung der Bewertungsgrundlage
Original-Testmodus	Belastbare Hersteller-/Laborangabe, welche USB-Schnittstelle und Aktivität geprüft wurden und ob sie den HID-/CDC-Verbundbetrieb repräsentieren.
USB-Konfiguration	Tatsächliche Deskriptoren, USB-Stromkennzeichnung und Host-/Suspend-Verhalten prüfen; Abweichung zur busgespeisten Ausführung beheben.
Konkreter Betriebsaufbau	Hostmodell, Kabelspezifikation und Länge, Versorgung sowie gleichzeitig aktive BLE-/Display-/CDC-Funktionen dokumentieren; Gleichwertigkeit oder ungünstigsten Fall begründen.
EMV-Leistungskriterien	Korrekte Zeichen, keine unbeabsichtigten Eingaben, sicherer Abbruch und Wiederanlauf bei Störungen bewerten. Bestehende Link-Beobachtung allein deckt das nicht ab.
Einsatzbedingungen	Fahrzeugversorgung und 20-cm-Annahme des HF-Berichts der vorgesehenen Nutzung zuordnen. Nicht anwendbare Prüfungen begründen, statt ihre Durchführung anzunehmen.

Eine neue externe Laborprüfung wird durch diesen Dokumentenabgleich weder automatisch verlangt noch als generell entbehrlich erklärt. Eine Übernahme vorhandener Ergebnisse benötigt eine belastbare technische Gleichwertigkeitsbegründung für die betroffenen Anforderungen. Diese ist mit den derzeitigen Unterlagen noch nicht vollständig geschlossen.

Rückverfolgbarkeit und Einordnung

Firmware: **2.1.0-atoms3.3**, 752.800 Byte; SN C12326030100046. Firmware und Hauptquellcode stimmen mit den auf Seite 6 der unveränderten Ausgangsanlage genannten SHA-256 überein. Das Ergänzungsregister enthält zusätzlich die Prüfsummen aller verwendeten Quellen und den SHA-256 dieses Dokuments.

Die vorhandene Unterschrift und Herstellerentscheidung auf Seite 6 bleiben der ursprünglichen Anlage zugeordnet. Diese technische Ergänzung dokumentiert den Vergleich und seine Grenzen; sie stellt keine neue unterzeichnete Herstellerentscheidung dar.

Rechtsrahmen für den Umfang: Richtlinie 2014/53/EU, Artikel 17 Abs. 1 (bestimmungsgemäße Betriebsbedingungen) und Anhang V (technische Unterlagen). Konsolidierter Text vom 30.05.2026. Quellenlinks und vollständige Dateizuordnung stehen im Ergänzungsregister.