

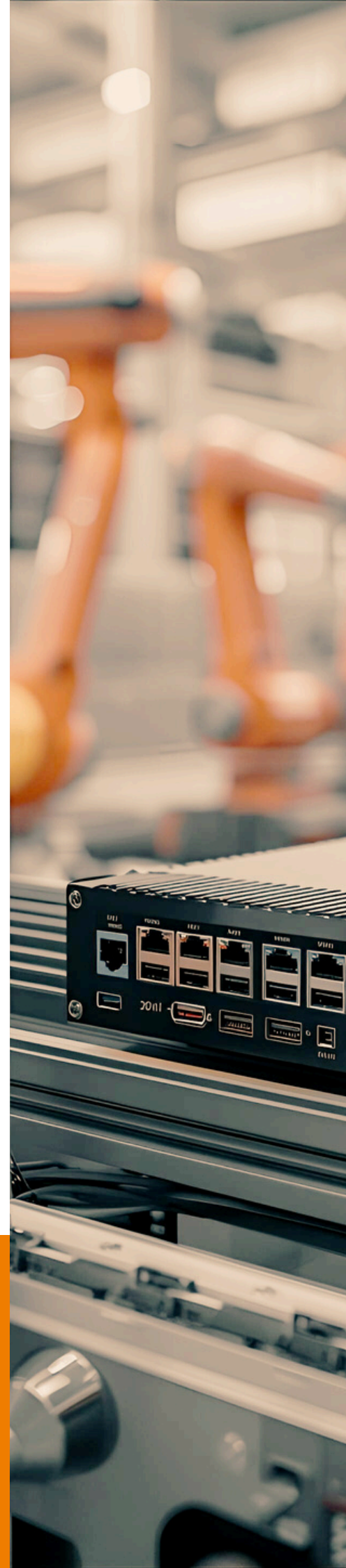


Embedded Box PCs im industriellen Einsatz

*Überblick, Auswahlkriterien und
Systemintegration*

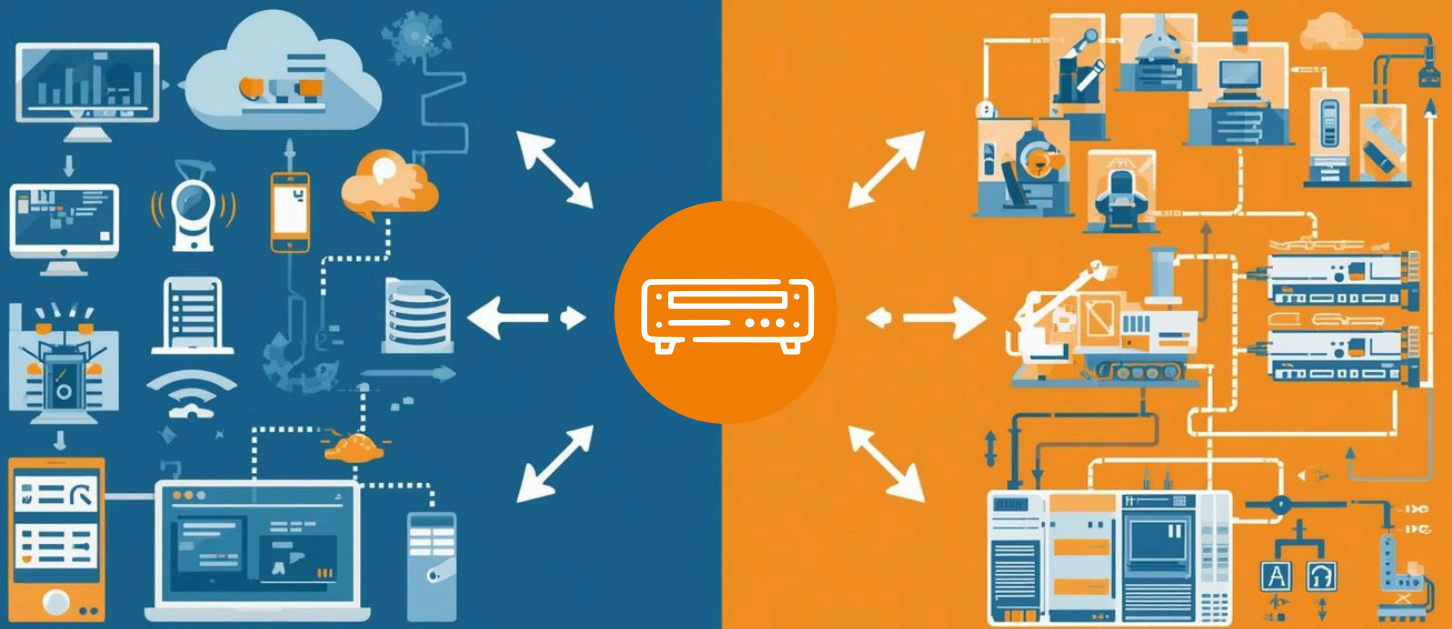
AARONN ELECTRONIC GMBH

Lilienthalstraße 1
82178 Puchheim
Deutschland
+49 (0) 89 / 89 45 77 - 0
info@aaronn.de
www.aaronn.de



INHALT

<u>Einleitung</u>	02
<u>Marktentwicklung</u>	03
<u>Einsatzgebiete im Überblick</u>	04
<u>Marktsegmentierung und Systemarchitektur</u>	07
<u>Box PCs im industriellen Einsatz</u>	09
<u>Modulares Zusammenspiel zahlreicher Parameter</u>	10
<u>Zukunftssicherheit durch neue Technologien</u>	13
<u>Auswahlkriterien für Embedded Box PCs</u>	16
<u>Die Rolle des Systemintegrators im Projektzyklus</u>	20
<u>Legen Sie los – mit uns!</u>	23
<u>Checkliste für die Auswahl von Embedded Box PCs</u>	24



Die Brücke zwischen klassischer IT und industrieller Anwendung.

Einleitung

Box PCs haben sich zu einem festen Bestandteil moderner Infrastrukturen in vielen Branchen entwickelt. Im Gegensatz zu klassischen Desktop-Computern sind sie nicht für den Einsatz im Büro ausgerichtet, sondern für anspruchsvolle Umgebungen konzipiert – mit robustem Aufbau, industrietauglichen Schnittstellen und hoher Ausfallsicherheit.

Technisch gesehen handelt es sich bei Box-PCs um kompakte, oft lüfterlose Systeme mit einer Vielzahl an I/O-Optionen, die auch unter extremen Bedingungen zuverlässig arbeiten. Zwischen traditionellen PCs und modularen Steuerungssystemen bauen Box-PCs eine flexible Brücke von Standard-IT zu spezifischen Funktionen in einzelnen Geräten oder Maschinen. Box-PCs greifen in Teilen auf klassische PC-Komponenten zurück und profitieren dadurch von den technischen Entwicklungen, etwa bei Speicher, Prozessoren oder Datenübertragung. Sie haben aber immer industrielle Belastbarkeit, Langzeitverfügbarkeit und zahlreiche branchenspezifische Anforderungen im Blick. Damit vereinen sie die Vorteile zweier Welten in sich.

Dieses Whitepaper legt dar, was Entwickler, Entscheider und Einkäufer über Embedded Box PCs wissen sollten, gibt einen Überblick über die Marktentwicklung und zeigt auf, wie Unternehmen bei der Auswahl des optimalen Box PCs für ihre Applikation sinnvoll vorgehen.

Marktentwicklung

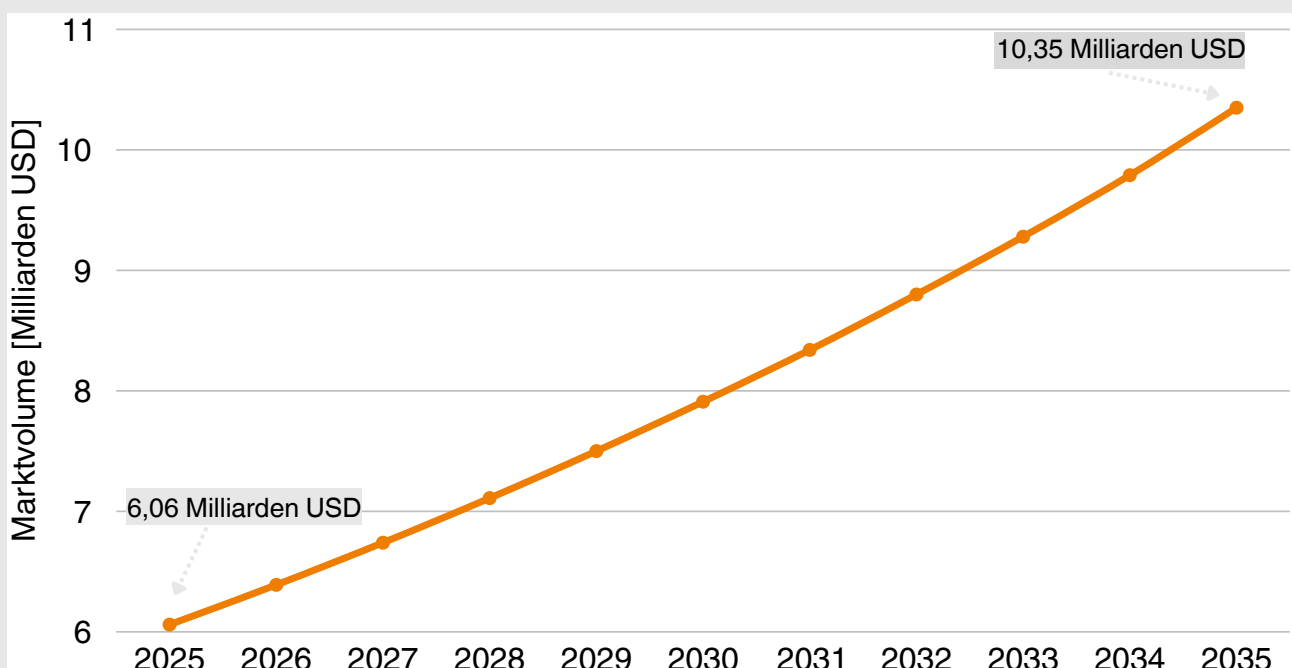
Verified Market Reports ermittelte für den Embedded-Box-PC-Markt 2024 weltweit einen Umsatz von 2,5 Milliarden Dollar und prognostiziert bis 2033 eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von 7,5 Prozent, was einem Anstieg auf 4,5 Milliarden Dollar entspricht. „Dieses robuste Wachstum lässt sich auf den Anstieg der Automatisierung in verschiedenen Branchen, die wachsende Nachfrage nach IoT-fähigen Geräten und den zunehmenden Bedarf an zuverlässigen und robusten Computerlösungen in industriellen Umgebungen zurückführen“, begründen die Analysten ihre Prognose.

DataIntel kommt für Embedded Industrial PCs (wozu die Marktforscher neben Box-PCs auch Panel-PCs und Rackmount Industrie PCs zählen) auf ein Marktvolumen von rund 4,5 Milliarden Dollar 2023 und ein durchschnittliches jährliches Wachstum von

6,1 Prozent bis 2032, was einem Marktvolumen von dann 7,8 Milliarden Dollar entspräche.

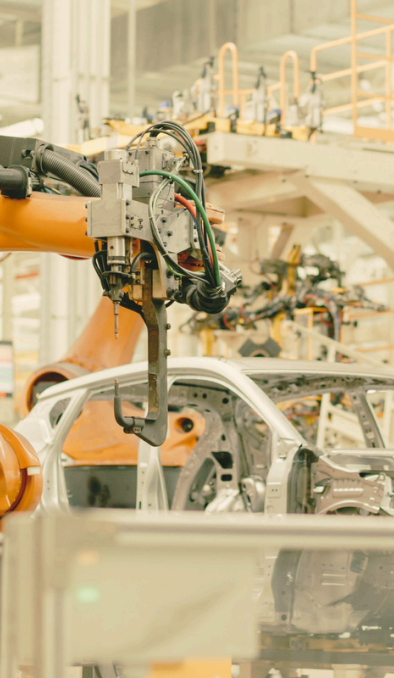
Laut Research Nester lag der Gesamtmarkt (Industrial PCs inklusive Panel, Rack-Mount, Embedded, Box PCs etc.) 2025 weltweit bei 6,06 Milliarden Dollar, das durchschnittliche jährliche Wachstum schätzen die Analysten auf etwa 5,5 Prozent pro Jahr. In der Zehnjahresprognose gehen sie damit von einem Marktvolumen von 10,35 Milliarden im Jahr 2035 aus.

Edge AI Box PCs verzeichnen laut DataHorizon bis 2033 ein jährliches Wachstum von 15,3 Prozent dank der Integration von KI und Machine Learning.



Starkes Wachstum im Embedded-PC-Markt bis 2035 prognostiziert

Quelle: Research Nester



Einsatzgebiete im Überblick

„Diese Computer [Box PCs] dienen als zentrale Komponenten in automatisierten Systemen und bieten die notwendige Rechenleistung und Konnektivität für Prozesssteuerung, Überwachung und Datenanalyse“, schreiben die Analysten von Business Research Insights.

Auch sie sehen mit dem Aufkommen von Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge (IoT) beziehungsweise dem industriellen Internet der Dinge (IIoT) ebenso neue Chancen wie durch den Wunsch der Industrie, zunehmend auf Vernetzung, datenbasierte Entscheidungsfindung und Echtzeitüberwachung zu setzen. Box-PCs spielen ihnen zufolge insgesamt „eine entscheidende Rolle bei der Umsetzung intelligenter, miteinander vernetzter industrieller Systeme.“ Denn je mehr Daten in der Industrie erzeugt werden, desto größer werden der Bedarf an fortschrittlicher Analytik und Echtzeiteinblicken.

Angesichts rasch wachsender Datenmengen und latenzkritischer

Anwendungen ist es oft nicht mehr praktikabel, alle Informationen in zentrale Rechenzentren zu übertragen.

Stattdessen erfolgt die Vorverarbeitung zunehmend dezentral, also direkt an der Datenquelle, am „Edge“ – etwa an einem Sensor oder einer Maschine. Box PCs ermöglichen diese lokale Intelligenz. Sie reduzieren damit nicht nur die Latenzzeiten, sondern auch die Netzwerklast.

Ein weiteres wichtiges Einsatzfeld von Embedded Box PCs ist als Steuerzentrale in Maschinen und Produktionslinien. Dank ihrer kompakten Bauweise lassen sie sich in bestehende Gehäuse integrieren oder direkt an Anlagen montieren. Für den 24/7-Betrieb sind sie gleich mehrfach optimal angepasst. Dazu tragen die robuste Bauweise, die Fähigkeit, in einem erweiterten Temperaturbereich zuverlässig zu funktionieren, industrietaugliche Netzteile, Überspannungs- und EMV-Schutz und oft redundante Stromversorgung sowie

entsprechend zuverlässige Speichermedien bei. Die Ausstattung mit den im jeweiligen Umfeld gebräuchlichen Schnittstellen wie CAN, Modbus oder anderen Feldbusse prädestinieren sie für den industriellen Dauereinsatz. Gerade dort, wo klassische PC-Technologie an ihre Grenzen stößt – etwa aufgrund von Staub, Feuchtigkeit oder Vibration – können speziell entwickelte Box PCs ihre Stärken ausspielen.

In der Medizintechnik finden sich ebenfalls zahlreiche Anwendungsszenarien. Ob in der bildgebenden Diagnostik, bei der Patientenüberwachung oder in mobilen Medizingeräten: Die Anforderungen an IT-Systeme in diesem Bereich sind hoch. Sie müssen leise, zuverlässig und zertifiziert sein, gleichzeitig aber flexibel und leistungsfähig. Box PCs sind prädestiniert für den Einsatz nahe am Patienten, wenn sowohl Hygiene als auch Energieeffizienz eine große Rolle spielen. Auch Platz spielt oft eine wichtige Rolle. Dafür lassen sich mit integrierten MXM-Grafikkarten besonders flache Box PC Designs realisieren.

Hinzu kommen zunehmend die bereits erwähnten, KI-basierte Anwendungen. Bildverarbeitung, Machine Vision und automatisierte Qualitätssicherung verlangen nach hoher Rechenleistung direkt im Feld. Dank spezieller KI-Beschleuniger – etwa von NVIDIA oder Hailo – lassen sich heute auch Deep-Learning-Modelle in Echtzeit vor Ort ausführen, ohne auf externe Server zurückgreifen zu müssen. Das ermöglicht autonome Reaktionen auf erkannte

Zustände oder Abweichungen, etwa im Rahmen einer automatisierten Qualitätskontrolle.

Darüber hinaus etablieren sich Box PCs zunehmend auch in der Gebäudeautomation. Intelligente Energieverteilung, Smart Metering und Anlagenmonitoring sind wichtige Anwendungsfelder. Hier punkten Box PCs durch Ausfallsicherheit, den leisen Betrieb sowie die Fähigkeit zur Integration mit unterschiedlichen Sensorplattformen und Bedien-Komponenten (HMI / Human Machine Interface).



Box PCs vernetzen Geräte, Daten und Anwendungen am Edge.



Auch in der Verkehrs- und Transportbranche ist der Bedarf groß. Intelligente Verkehrssysteme, flottenbasierte Steuerzentralen und mobile Erfassungseinheiten profitieren von den Eigenschaften der Box PCs. Sie bieten nicht nur die notwendige Hardwareleistung, sondern auch die nötigen Zertifizierungen (etwa nach EN50155) um in Bahn oder Bus eingesetzt werden zu können.

Ein weiterer Einsatzbereich ist die zunehmende Ablösung klassischer speicherprogrammierbarer Steuerungen (SPS). Während SPS-Lösungen traditionell fest definiert und nur begrenzt erweiterbar sind, bieten Embedded Box PCs eine offene Plattform für unterschiedliche Betriebssysteme, Middleware und Anwendungen - inklusive Echtzeitfähigkeit und Schnittstellenvielfalt. Damit öffnen sich neue Möglichkeiten für modulare, zukunftssichere Steuerungsarchitekturen.

In der Robotik übernehmen Box PCs Aufgaben, die einfache Mikrocontroller nicht mehr effizient oder zuverlässig genug erledigen können. Dazu gehören zum Beispiel Echtzeitsteuerung von Achsen, Motoren und Servoantrieben, Synchronisation mehrerer Bewegungsachsen mit Millisekunden-Genauigkeit, die Verarbeitung von Kamerasignalen, die gleichzeitige Verarbeitung von Daten aus mehreren komplexen Sensoren oder Einsatz von KI/ML-Algorithmen zur Objekterkennung, Qualitätskontrolle oder Umgebungsanalyse.



Verschiedene Box-PC-Typen aus unserem Portfolio – passend für unterschiedlichste Anforderungen.

Marktsegmentierung und Systemarchitektur

Der Markt für Box PCs ist äußerst vielfältig, was sich sowohl in der technischen Ausgestaltung als auch in der Vielzahl der Anwendungsszenarien widerspiegelt. Damit wirkt er zunächst unübersichtlich. Oft wird das Angebot deshalb nach Formfaktoren untergliedert. Solch eine Einordnung unterteilt zum Beispiel in:

- **Kompakt / Mini / Pico Box PCs**
- **Standard-Box PCs (Embedded Mid-Size)**
- **High-Performance / GPU-Box PCs**
- **DIN-Rail (Hutschienen-PCs)**
- **VESA-Mount-PCs**

Sich nur auf die Formfaktoren zu konzentrieren, greift aber zu kurz. Besser ist es, nach Typen von Box PCs zu unterscheiden – auch wenn es bei jedem Typ nochmals einige Abstufungen gibt. Als Oberkategorien bieten sich an:

- **Günstige Mini-PCs**
- **Kompakte Embedded PCs**
- **Modulare Embedded PCs**
- **Leistungsstarke Embedded PCs**
- **Digital Signage Lösungen**

In der Praxis entstehen durch diese Klassifikationen große Überschneidungen:

- High-Performance-Box PCs können zusätzlich Touchscreen- oder Panel-Anbindungen haben (und sind damit auch gleichzeitig Panel-PC-ähnlich nutzbar).
- DIN-Rail-Box PCs sind oft lüfterlos gebaut, weil sie im Schaltschrank passiv gekühlt werden.
- Modulare Box PCs können sowohl kompakt als auch leistungsstark sein, wenn sie zum Beispiel mit Hochleistungs-CPUs und erweiterbaren Modulen kombiniert werden.

Eine eindimensionale Klassifikation bildet den Markt daher nur eingeschränkt ab. Präziser ist eine differenzierte Betrachtung entlang der tatsächlichen Anforderungen und Einsatzfelder. Denn letztlich bestimmen nicht allein Größe oder Prozessor, ob ein System geeignet ist, sondern das Zusammenspiel aus Leistungsfähigkeit, Schnittstellenausstattung, Energieeffizienz, Resistenz gegen äußere Einflüsse (Staub, Vibration, etc) Betriebssystemunterstützung und mechanischem Aufbau.

Als Ausgangspunkt hilfreich ist zum Beispiel folgende erste grobe Unterteilung nach Einsatzgebieten und typischen Anforderungen:

Applikation	Typische Anforderungen
Industrie / Maschinenbau	Robustheit, serielle Schnittstellen, Echtzeit-OS
Automotive	Stoßfestigkeit, Temperaturbereich, ECE-Zulassung
Bahntechnik	EN50155, -40 °C bis +85 °C erweiterter Temperaturbereich, galvanische Trennung
Medizintechnik	Geräuschlosigkeit, zertifizierte EMV, Hygiene, erweiterter Temperaturbereich
Bildverarbeitung / KI	GPU-Beschleunigung, hohe Rechenleistung
Gebäudeautomation	Kompakte Bauweise, LAN/WiFi, leiser Dauerbetrieb
Energie / Versorgung	Langlebigkeit, galvanische Trennung, Low Power
Digital Signage / Kiosk	HDMI/DisplayPort, LTE, Touch-Integration

Box PCs im industriellen Einsatz

In der industriellen Fertigung etwa sind besonders Eigenschaften wie EMV-Zertifizierungen, hohe Vibrations- und Stoßfestigkeit sowie serielle Schnittstellen gefragt. Hier stehen Zuverlässigkeit und Langlebigkeit über allem. Denn Kosten für Ausfälle summieren sich schnell zu hohen Beträgen.

Dagegen setzt die Medizintechnik andere Prioritäten. Geräuschloser Betrieb, hygienetaugliches Design und nachweisbare elektromagnetische Verträglichkeit (EN/IEC 60601-1-2) stehen hier ganz oben. Mindestens ebenso wichtig ist es, die diversen Schutzarten und Schutzklassen zu erfüllen - sowohl gegen das Eindringen von Staub und Wasser (etwa IP65), aber auch die elektrische Sicherheit nach IEC 60601-1 für den Patientenschutz. Auch die Anforderungen an Softwarezertifizierungen und langfristige Versorgungssicherheit sind in diesem Umfeld besonders hoch.

Im Bereich der Gebäudeautomation kommt es häufig auf eine kompakte Bauform, einfache Integration in bestehende Bus-Strukturen sowie energiesparenden Dauerbetrieb an. Auch spielen Funktionen wie Wake-on-LAN, Timer-Start, redundante Netzwerkpfade und flexible Montagemöglichkeiten eine wichtige Rolle.

Für KI-Anwendungen, etwa für Bildverarbeitung oder autonome Robotik, rücken Rechenleistung, GPU-Beschleunigung und thermische Optimierung in den Vordergrund. Die Systeme müssen in der Lage sein, große Datenmengen in Echtzeit zu analysieren, oft unter gleichzeitigem Einsatz mehrerer Kameras oder Sensoren.

Ein Sonderfall sind Anwendungen in der mobilen Transporttechnik, beispielsweise in Zügen, Bussen oder Baufahrzeugen. Hier müssen Box PCs nicht nur mechanisch extrem robust sein, sondern auch einen besonders großen Temperaturbereich abdecken und Zulassungen wie ECE R10 oder EN50155 vorweisen können. Die Stromversorgung muss ebenfalls flexibel und stabil sein – häufig mit isolierten Eingängen und Überspannungsschutz.



Advantech ARK-1125 Box PC im Einsatz in sensiblen Fertigungsprozessen.

Modulares Zusammenspiel zahlreicher Parameter

Die Architektur moderner Box PCs ist letztlich ein modulares Zusammenspiel zahlreicher technischer Parameter. An erster Stelle stehen Prozessor und Chipsatz. Die Bandbreite reicht vom stromsparenden ARM-Design über Intel Atom bis hin zu leistungsstarken x86-Architekturen wie Intel Core-i oder Xeon sowie AMD und NVIDIA. Entscheidende Kriterien sind neben der Rechenleistung auch der Stromverbrauch, die Wärmeentwicklung und die langfristige Verfügbarkeit des Prozessors.

Beim Speichersystem kommen je nach Anwendung RAM-Größen von 8 GB bei einfachen Steueraufgaben bis hin zu 64 GB oder mehr bei bildverarbeitenden oder KI-basierten Szenarien zum Einsatz.

Auch beim Massenspeicher gibt es ein breites Spektrum. Neben klassischen 2,5-Zoll-SSDs sind vor allem M.2-Lösungen weit verbreitet. Diese bieten hohe Geschwindigkeit bei gleichzeitig kompaktem Design. In besonderen Fällen, etwa bei medizinischen Geräten oder mobilen Anwendungen, können auch fest verlötete eMMC-Speicher sinnvoll sein, da sie besonders erschütterungsresistent sind.

Mit den Schnittstellen passen sich Embedded-Box PCs an jede Anforderung an. Sie reichen von seriellen Ports (RS232/422/485) über USB-Anschlüsse, Gigabit-Ethernet und GPIO-Ports bis zu spezialisierten Bus-Systeme wie CAN oder Modbus. Über Mini-PCIe, M.2 oder PCIe lassen sich die Plattformen individuell anpassen.



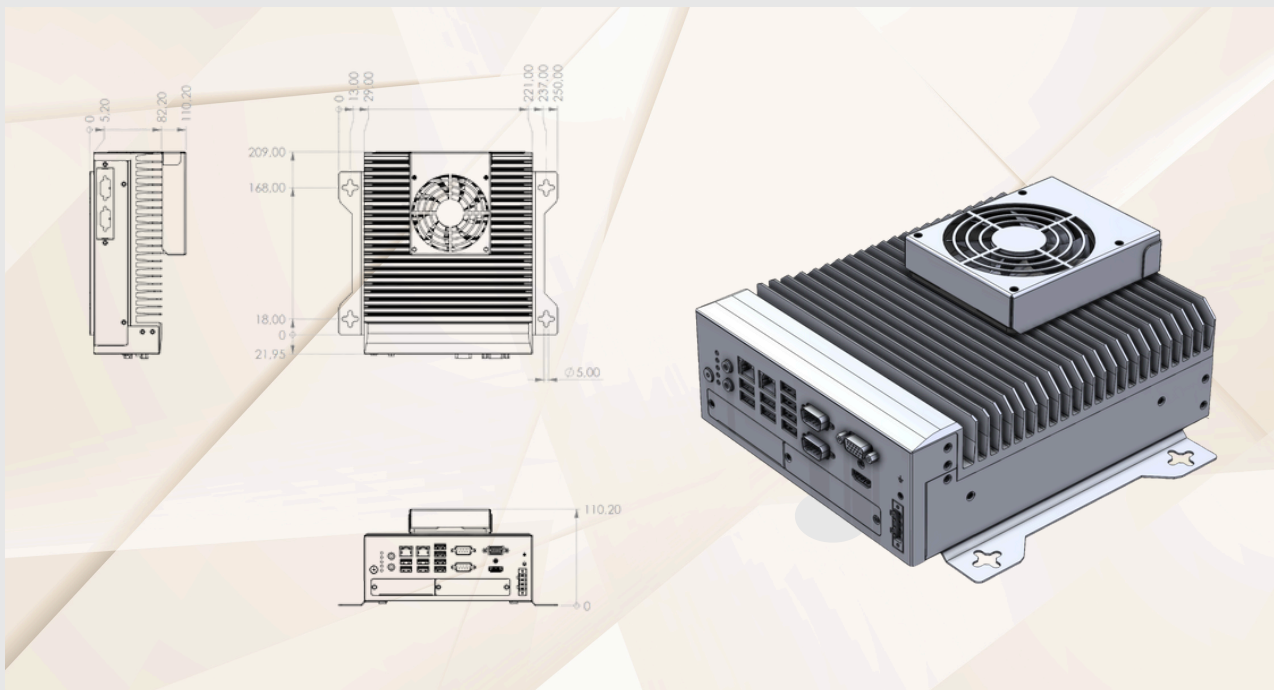
Das iModule-Konzept von Advantech ermöglicht modulare Erweiterungen direkt am Box-PC

Die Möglichkeit, zusätzliche Netzwerkkarten, Funkmodule (WiFi sowie 4G und 5G), FPGA-Beschleuniger oder SSDs nachzurüsten, schafft Investitionssicherheit und Flexibilität.

Ein zentrales Thema ist das thermische Design. Viele Box PCs kommen heute ohne Lüfter aus. Statt aktiver Kühlung setzen sie auf Heatpipes, konduktive Wärmeableitung und Gehäusedesigns mit großflächigen Kühlrippen. Dadurch sinkt das Risiko mechanischer Ausfälle, reduziert sich der Wartungsaufwand und minimiert sich die Geräuschentwicklung. Weil keine Öffnung für die Abluft vorhanden sein muss, reduziert sich aber auch die Anfälligkeit für Störungen durch Staub und Feuchtigkeit und lassen sich Hygieneanforderungen leichter erfüllen. Besonders für den Langzeiteinsatz unter rauen Bedingungen ist Lüfterlosigkeit ein wichtiger Vorteil.

Die Stromversorgung muss ebenso anpassungsfähig sein wie der Rest des Systems. Viele Box PCs unterstützen Eingangsspannungen im Bereich von 9 bis 36 oder gar 48 Volt und sind gegen Spannungsspitzen abgesichert. Das macht sie tauglich für mobile Plattformen, für den Einsatz in Fahrzeugen oder an ungeschützten Industrieanlagen.

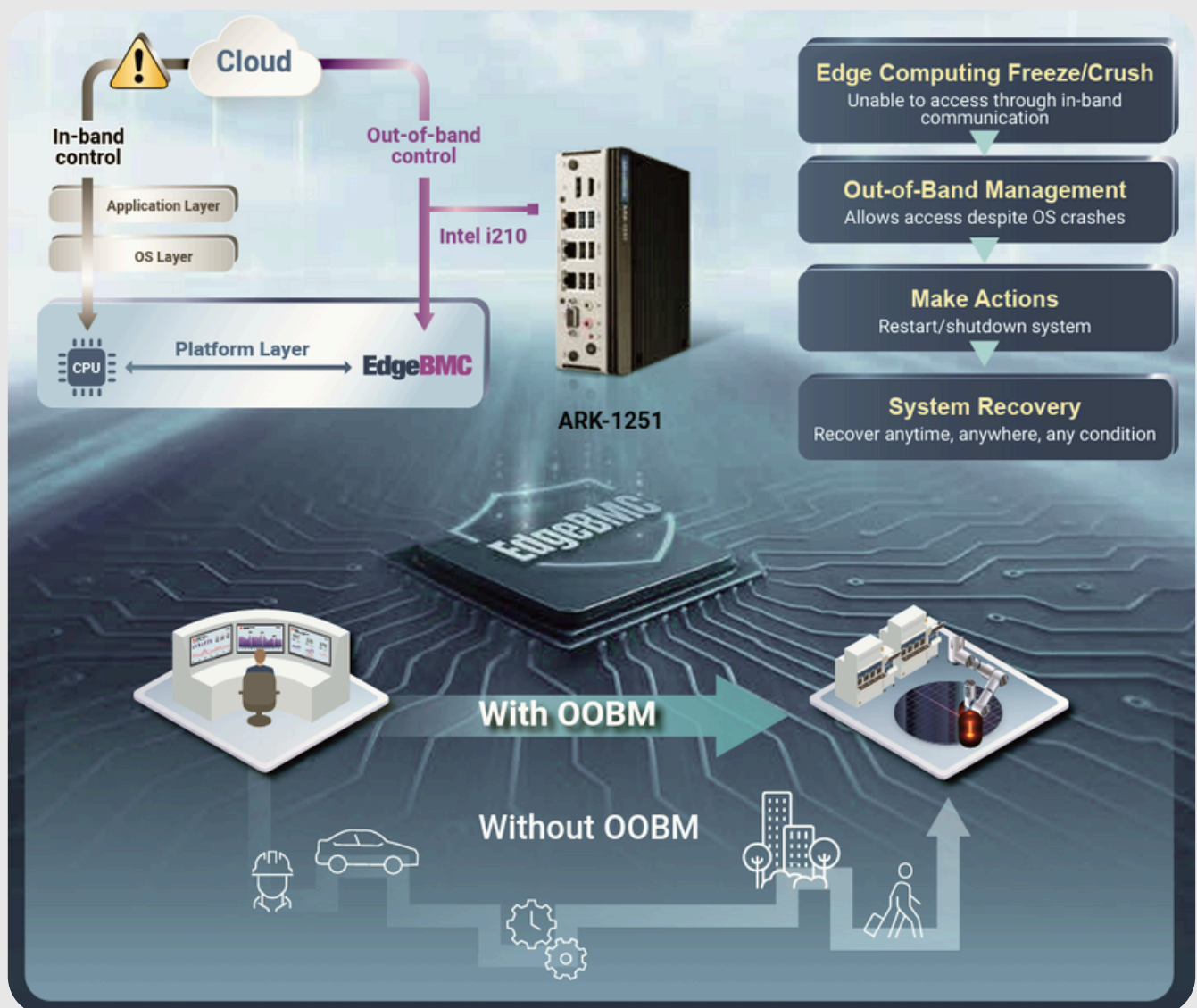
Schließlich spielt auch die Langzeitverfügbarkeit eine zentrale Rolle. Hersteller bieten hier nicht selten Produktzyklen von sieben bis zehn Jahren, ergänzt durch umfassende Update- und Supportverpflichtungen. OEMs und Kunden bekommen so Planungssicherheit und geringere Lebenszykluskosten. Systemintegratoren wie Aaronn Electronic ergänzen die Vorteile bei Support und Langzeitverfügbarkeit noch durch eigene Services.



Kundenspezifisches thermisches Design: Aaronn realisierte ein Kühlkonzept für höchste Leistungsansprüche.

Embedded-Systeme sind zudem für hohe Ausfallsicherheit im Dauerbetrieb konzipiert. Sie bieten dafür spezielle Mechanismen, die klassische PCs in der Regel nicht haben: Über Hardware-Monitoring-APIs lassen sich Systemparameter wie Temperatur, Lüfterdrehzahl oder Versorgungsspannungen kontinuierlich überwachen. Abweichungen können früh erkannt und automatisiert gemeldet werden.

Ergänzend kommen Watchdog-Timer zum Einsatz, die das System bei Software-Hängern neu starten – in industriellen Anwendungen oft sogar mehrstufig (z. B. Softwareproblemen, Hard-Reset, Power-Cycle). Diese Kombination aus präventiver Überwachung und automatischer Selbstheilung macht Embedded Systeme besonders zuverlässig für 24/7-Betrieb in kritischen Anwendungen.



Out-of-Band-Management am Beispiel von Advantech – für Remote-Monitoring und Systemstabilität.



Zukunftssicherheit durch neue Technologien

Parallel zur fortschreitenden Entwicklung in der IT insgesamt gewinnen auch Embedded Box PCs kontinuierlich an Funktionsumfang. Besonders deutlich wird dies an zwei Trends:

- Integration von Künstlicher Intelligenz (KI) und Machine Learning (ML)
- Verbesserung der Sicherheitsmechanismen auf Hardware- und Softwareebene

KI und Machine Learning

Die Integration von KI- und ML-Funktionalitäten erfolgt zunehmend lokal, direkt an der Maschine. Statt Bild- oder Sensordaten zur Analyse an zentrale Rechenzentren zu übertragen, kann die Auswertung immer öfter direkt auf dem Box PC vorgenommen werden. Das reduziert nicht nur die Latenz, sondern entlastet auch die Netzwerkinfrastruktur erheblich. Auch Überlegungen zu Datensicherheit und Datenschutz spielen für die lokale Verarbeitung immer häufiger eine Rolle. Nicht zuletzt schafft sie neue Einsatzmöglichkeiten, etwa in mobilen Geräten.

Box PCs mit GPU-Beschleunigung oder integrierten AI-Engines ermöglichen es, Machine-Vision-Aufgaben wie Objekterkennung, Qualitätsprüfung oder Gestenerkennung in Echtzeit zu erledigen. Durch die lokale Ausführung lassen sich darüber hinaus auch Datenschutzanforderungen besser umsetzen, da vertrauliche Bilddaten nicht über das Netz übertragen werden müssen.



Echtzeit-Bilderkennung und Machine-Learning-Inferenz direkt an der Produktionslinie.

Sicherheitsfunktionen

Mit dem Siegeszug von IoT und Edge Computing werden auch die dafür eingesetzten Geräte zunehmend zur Zielscheibe für Cyberangriffe. Embedded Systeme, die in kritischen Infrastrukturen beispielsweise in der Energieversorgung, der Medizintechnik oder im Transportwesen arbeiten, benötigen daher besondere Schutzmechanismen.

Hier spielen Funktionen wie Secure Boot eine wesentliche Rolle. Bei Secure Boot wird der Bootprozess kryptografisch abgesichert und nur autorisierte Firmware ausgeführt. Ebenso wichtig ist die Integration eines Trusted Platform Module (TPM). Es speichert beispielsweise Schlüsselmaterial sicher ab und sichert Authentifizierungen hardwareseitig ab.

Auf die Sicherheit zählt auch die Möglichkeit für Software-Updates Over-the-Air (OTA) ein. Damit lassen sich Geräte aus der Ferne aktuell halten und vor allem Sicherheitslücken schnell schließen. Zusätzlich wird es so einfacher, neue Funktionen einzuspielen und Systeme an veränderte Anforderungen anzupassen. Aufwändige Service-Einsätze vor Ort entfallen damit.

Allerdings darf dabei Bequemlichkeit nicht auf Kosten der Sicherheit gehen. Daher müssen sichere Update-Mechanismen, etwa durch verschlüsselte Übertragung und Signaturprüfung, gewährleistet sein. Durch Update-Strategien wie „Dual Partition“ oder Rollback-Funktionen lassen sich Ausfallzeiten minimieren. Kompatibilitätstests vor dem Rollout sollten selbstverständlich sein, um Betriebsstörungen zu vermeiden.

Für diese zwei Entwicklungen – KI-Beschleunigung und Hardware-gestützte Sicherheit – sind Embedded Box PCs oft heute schon gerüstet.



Integrierte Sicherheitsfunktionen schützen vor Ausfällen und Angriffen.

Auswahlkriterien für Embedded Box PCs

Die Vielfalt der Möglichkeiten sorgt dafür, dass es für jede Applikation den richtigen Box PC gibt, sie macht aber auch die Auswahl des richtigen Box PCs zu einer komplexen Aufgabe. Schließlich müssen, zahlreiche technische, normative und betriebliche Faktoren berücksichtigt werden.

Im Zentrum sollte stets die konkrete Anwendung stehen. Deren Anforderung in Bezug auf Umgebung, Schnittstellenvielfalt, Rechenleistung und Systemarchitektur definiert dann den geeigneten Systemtyp. Um Irrwege und unnötige Kosten zu vermeiden, spätere Engpässe bei der Performance auszuschließen und die langfristige Betriebssicherheit zu gewährleisten, sollte am Beginn also eine fundierte Bedarfsanalyse stehen.

Ein zentraler Aspekt ist die Einsatzumgebung. Soll der Box PC in einer Halle mit kontrollierten Klimabedingungen arbeiten oder im Außenbereich, möglicherweise sogar in Fahrzeugen oder mobilen Maschinen? Systeme für extreme Bedingungen benötigen erweiterte Temperaturbereiche, oftmals von $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$, eine mechanisch besonders robuste Konstruktion sowie Schutz gegen Staub, Feuchtigkeit oder chemische Belastung.

In diesen Fällen bieten sich lüfterlose Geräte mit hohem IP-Schutzgrad – beispielsweise IP65 – an, die vollständig geschlossen sind und ohne bewegliche Teile auskommen. Solche Systeme sind nicht nur widerstandsfähig gegenüber äußeren Einflüssen, sondern auch wartungsarm und für den Dauerbetrieb unter rauen Bedingungen ausgelegt.



Mechanische Belastungstests sichern die Robustheit industrieller Box-PCs.

Ein weiteres wichtiges Kriterium ist der Schnittstellenbedarf. Gerade in der industriellen Kommunikation sind serielle Ports wie RS232, RS422 oder RS485 nach wie vor weit verbreitet. Ebenso finden sich digitale Ein- und Ausgänge (DIO), GPIO-Leitungen sowie Feldbus-Anbindung, etwa für Maschinensteuerung oder Fahrzeugtechnik. Auch Ethernet mit PoE-Funktion, neuer WLAN-Generationen wie Wi-Fi 6E und Wi-Fi 7, LTE oder 5G sind relevant, etwa für den Zugriff auf Cloud-Plattformen oder für die Integration in mobile Einheiten.

Je nach Einsatzbereich sind zusätzliche Features wie Display-Anschlüsse (HDMI, DisplayPort), Audioausgänge oder Touchscreen-Anbindungen notwendig. Die Möglichkeit zur späteren Erweiterung durch Steckkarten, M.2-Module oder Mini-PCIe-Slots erhöht die Flexibilität und Zukunftssicherheit.

Anschließend kann die Frage nach der erforderlichen Rechenleistung geklärt werden. In einfachen Steuerungsaufgaben oder Monitoring-Anwendungen reichen oft energieeffiziente CPUs aus. Kommen jedoch Bildverarbeitung, KI-basierte Algorithmen oder Echtzeitanalyse ins Spiel, werden leistungsstärkere Prozessoren der Intel Core-Reihe, AMD Ryzen oder NVIDIA Jetson nötig.

Parallel dazu steigt der Bedarf an Arbeitsspeicher: Während 8 GB RAM für Basisanwendungen genügen, sind bei komplexeren Aufgabenstellungen oft 32 GB oder mehr erforderlich. Die Wahl einer Low-Power-CPU kann in vielen Fällen – insbesondere bei lüfterlosen Systemen – helfen, thermische Herausforderungen zu meistern und die Energieeffizienz zu optimieren.



Advantech Edge-AI-System mit moderner Wireless-Technologie und Cloud-Integration.

Auch das Speichersystem verdient Beachtung. Embedded Box PCs bieten heute eine breite Auswahl an Speichertechnologien – von klassischen 2,5-Zoll-SSDs über M.2 bis hin zu fest verlöteten eMMC-Modulen.

Industrietaugliche Speicherlösungen zeichnen sich durch hohe Resistenz gegenüber Temperaturschwankungen, Erschütterungen und Stromausfällen aus. Bei Geräten, die regelmäßig gewartet oder im Feld getauscht werden, bieten sich austauschbare SSDs an. Systeme mit Dual-Storage-Unterstützung oder RAID-Optionen garantieren zusätzliche Redundanz und höhere Datensicherheit.

Softwarekompatibilität und Softwareintegration ist ein weiterer Schlüsselfaktor. Die meisten Box PCs unterstützen heute eine Vielzahl an Betriebssystemen von Windows IoT über unterschiedliche Linux-Derivate wie Ubuntu oder Yocto bis zu speziellen Echtzeitbetriebssystemen (RTOS). Neben der prinzipiellen Kompatibilität und der Treiberverfügbarkeit gilt es auch darauf zu achten, ob das Betriebssystem ab Werk vorinstalliert ist, ob kundenspezifische Images möglich sind und ob Software-Support oder Remote-Management-Funktionen angeboten werden.

In diesem Zusammenhang ist auch der Cyber Resilience Act (CRA) wichtig. Diese EU-Verordnung trat bereits am 10. Dezember 2024 in Kraft, die vollständigen Verpflichtungen gelten ab 11. Dezember 2027. Unternehmen haben damit eine Übergangsfrist von drei Jahren erhalten, um ihre Produkte anzupassen.

Die Verordnung legt verbindliche Cybersecurity-Anforderungen für alle internetfähigen oder softwaregesteuerten Produkte fest, also auch vernetzte Embedded-Systeme und Industrial PCs.

In regulierten Branchen wie Medizintechnik, Transport oder Energieversorgung müssen darüber hinaus branchenspezifische Normen und Zertifizierungen berücksichtigt werden. CE-Kennzeichnung, RoHS-Konformität und EMV-Zertifikate bilden die Grundlage, in einigen Fällen sind jedoch weiterführende Standards wie EN 55032 (EMV für Multimedia-Geräte), EN 60601 (Medizintechnik) oder EN 50155 (Schienenfahrzeuge) zu erfüllen. Auch die RED-Zertifizierung (Radio Equipment Directive 2014/53/EU) gewinnt an Bedeutung. Sie ist die EU-Zulassung für Funkgeräte, die bestätigt, dass Sicherheit, EMV und Spektrum-Nutzung eingehalten werden.



Cyber Resilience Act: Grundlage moderner Sicherheitsarchitekturen.

Die REACH-Verordnung ist ebenfalls wichtig. Sie wirkt sich auf die Auswahl von Box PCs nicht in Form technischer Spezifikationen, sondern in Form von Material- und Lieferketten-Compliance aus. Für Unternehmen in der EU ist es wichtig, nur Geräte zu wählen, deren Hersteller REACH-konform ist und dies dokumentiert.

Auch wenn diese Vorgaben je nach Anwendung bekannt sein dürften, ist es wichtig, bereits bei der Systemwahl sicherzustellen, dass der Anbieter entsprechende Konformität gewährleisten kann.

Schließlich ist die Frage der Lebenszykluskosten und der Langzeitverfügbarkeit entscheidend für viele industrielle Projekte. Box PCs in Produktionsumgebungen oder OEM-Anwendungen sollen häufig über viele Jahre hinweg unverändert verfügbar sein. Anbieter mit zugesicherter Lieferfähigkeit über sieben oder gar zehn Jahre bieten hier große Vorteile.

Auch der Support über diesen Zeitraum hinaus – etwa durch regelmäßige BIOS-Updates, Treiberpflege oder Sicherheitspatches – spielt eine wichtige Rolle.

Unternehmen, die eigene Produktlinien mit eingebetteter PC-Technologie vertreiben, profitieren zusätzlich von Optionen wie Custom Branding, spezieller Seriennummerierung oder vordefinierter Logistikkette. Aber nicht nur bei diesen Aspekten kann Aaronn Electronic als Systemintegrator mit langjähriger

Erfahrung, exzellenten Herstellerbeziehungen und eigenen Services unterstützen.

Als mittelständisches Unternehmen versteht Aaronn auch die Bedürfnisse von Kunden mit kleinen Bestellmengen und kann diese trotzdem individuell und persönlich unterstützen. Dies gilt auch bei allen Arten kundenspezifischer Anpassungen sowie bei logistischen und kaufmännischen Fragen - als echter One-Stop-Shop mit über 30 Jahren Praxiserfahrung.

Diese Kriterien machen deutlich, dass es bei der Auswahl eines Box PCs nicht nur um die Suche nach einem leistungsfähigen Rechner geht. Vielmehr handelt es sich um eine strategische Entscheidung, die technisches Verständnis, Branchenwissen und Projekterfahrung voraussetzt. Genau hier bieten erfahrene Systemintegratoren wie Aaronn einen entscheidenden Mehrwert – schon lange vor der tatsächlichen Bestellung.



Nachhaltige Embedded-PCs mit REACH-Zertifizierung.

Die Rolle des Systemintegrators im Projektzyklus

Auswahl, Integration und langfristige Betreuung von Embedded Box PCs ist für viele Unternehmen eine herausfordernde Aufgabe. Erstens ist es meist keine alltägliche Aufgabe, sondern herausfordernd. Zweitens hat die Entscheidung langfristige Auswirkungen. Drittens sollen dabei nicht nur aktuelle, sondern auch mögliche künftige Anforderungen berücksichtigt werden – sowohl im Hinblick auf die eingesetzte Technik als auch an die konkrete Applikation.

Dies stellt insbesondere den Mittelstand vor Probleme. Schließlich kommt es hier besonders auf schlanke Prozesse, technische Präzision und wirtschaftliche Verlässlichkeit an und die Personaldecke ist oft dünn. Hier ist ein Systemintegrator weit mehr als nur der Lieferant der Hardware.

Aaronn Electronic übernimmt zum Beispiel eine beratende, begleitende und oft auch entwicklungsnahe Rolle, die sich über den gesamten Lebenszyklus eines Projekts erstreckt. Als ebenfalls mittelständisches Unternehmen agiert es zudem auf Augenhöhe mit seinen Kunden. Bereits in der Bedarfsanalyse unterstützt Aaronn Electronic mit technischem Know-how und Branchenkenntnis.

Gemeinsam mit den Kunden wird nicht nur die passende Hardware identifiziert, sondern auch die Applikation als Ganzes betrachtet – von den Umgebungsbedingungen über Schnittstellenanforderungen bis hin zur Softwarearchitektur.



Ein Systemintegrator verbindet alle Phasen des Produktlebenszyklus

Dabei fließt nicht nur Produktwissen ein, sondern auch das Verständnis für typische Herausforderungen aus zahlreichen erfolgreichen Projekten, die in über 30 Jahren Firmengeschichte z. B. in den Bereichen Industrie, Automatisierungstechnik und Medizintechnik realisiert wurden. Darauf folgt oft eine Phase der individuellen Anpassung. Aaronn bringt hier besondere Stärken ein:

- Fähigkeit zur Hardwareanpassung in kleinen und mittelgroßen Serien
- Flexibilität bei Speziallösungen
- Persönlicher Projektsupport

Das Leistungsspektrum reicht von einem speziellen I/O-Layout über ein bestimmtes Gehäuseformat bis hin zum kundenspezifischen Branding. Durch enge Zusammenarbeit zwischen Kunde sowie Vertrieb und Technik bei Aaronn Electronic entsteht so eine herstellerunabhängig ausgewählte Lösung, die exakt auf die Projektanforderung zugeschnitten ist. Auch die Vorinstallation von Betriebssystemen, die Integration von Softwarekomponenten oder die Erstellung eines individuell konfigurierten Images gehört bei Aaronn Electronic zum Leistungsspektrum.

Ein professioneller Systemintegrator begleitet Kunden zudem während der Test- und Validierungsphase. Dabei geht es nicht nur um die Funktion der Box PCs selbst, sondern um ihr Zusammenspiel mit weiteren Systemkomponenten, etwa in Steuerungsnetzwerken, Sensorketten oder Mensch-Maschine-Schnittstellen. Auch normgerechte Prüfungen – von EMV-Tests über Temperaturzyklen bis zu branchenspezifischen Zertifizierungen – können unterstützt oder im eigenen Haus vorbereitet werden. Dies reduziert Aufwand und Risiko auf Kundenseite erheblich.



Validierung industrieller Systeme unter realen Bedingungen.

Während der Serienfertigung sorgt der Systemintegrator für abgestimmte Rollout-Konzepte, kurze Reaktionszeiten, stabile Logistikprozesse und optional vorkonfektionierte Lieferungen. Gerade mittelständische Integratoren wie Aaronn Electronic zeichnen sich hier durch, verlässliche Ansprechpartner und hohe Serviceorientierung aus. Ob Just-in-Time-Lieferung, Seriennummertracking oder End-of-Line-Tests – all dies kann an den konkreten Bedarf angepasst werden.

Als echter Partner seiner Kunden übernimmt der Integrator eine zentrale Rolle im Lifecycle Management. Dies umfasst unter anderem die Pflege der Softwareplattform, die Koordination von Sicherheitsupdates, die Sicherstellung der Ersatzteilversorgung sowie die aktive Kommunikation bei Produktänderungen oder Abkündigungen.

Auch nach dem Rollout bleibt der Integrator als technischer Partner ansprechbar - sei es bei Wartung, Dokumentationsfragen, Erweiterungen oder im Fall einer Reklamation.

Gerade für mittelständische Endkunden bietet diese kontinuierliche Begleitung einen entscheidenden Vorteil: Sie müssen kein Spezialwissen aufbauen, sondern können sich auf ihren Integrator als verlängerter Arm der eigenen Entwicklung verlassen. In einem dynamischen Marktumfeld, in dem Zeitdruck, Fachkräftemangel und steigende regulatorische Anforderungen die Regel sind, wird diese Partnerschaft zum echten Wettbewerbsvorteil.



Technik mit Teamgeist: Entwicklung bei Aaronn.

Legen Sie los – mit uns!



Ein erfahrener Systemintegrator wie Aaronn versteht sich als technologischer Partner. Er arbeitet verlässlich, anpassungsfähig und mit klarem Fokus auf die Anforderungen des Kunden. In einer Welt wachsender Komplexität und beschleunigter Innovationszyklen wird diese Rolle wichtiger denn je.

Außerdem profitieren Kunden im weiteren Verlauf bei ihrem spezifischen Projekt von der vielfältigen Erfahrung der Aaronn-Spezialisten.

Lassen Sie sich daher am besten gleich jetzt von den Aaronn-Experten beraten – herstellerneutral, zukunftsicher und praxisnah. Sprechen Sie mit uns über Ihr Projekt telefonisch unter +49 (0) 89 / 89 45 77 – 0 oder schildern Sie uns Ihr Anliegen per E-Mail an info@aaronn.de. In jedem Fall handeln wir immer nach dem Aaronn-Motto: Es kann so einfach sein!

Checkliste für die Auswahl von Embedded Box PCs



LEISTUNGSANFORDERUNGEN

- Prozessor (CPU-Typ, Kerne, Taktfrequenz, Energieeffizienz)
- Grafikleistung (integrierte GPU, dedizierte GPU, Unterstützung für KI/ML-Beschleunigung)
- RAM (Größe, Erweiterbarkeit, Geschwindigkeit, ECC-Unterstützung)
- Speicher (SSD/HDD, Kapazität, Schnittstellen, SATA/NVMe)



SCHNITTSTELLEN & KONNEKTIVITÄT

- LAN (Anzahl der Ports, Geschwindigkeit)
- Serielle Schnittstellen (RS-232/422/485 für industrielle Geräte)
- USB-Anschlüsse (Version, Anzahl, Typ A/C)
- Videoausgänge (HDMI, DisplayPort, VGA)
- Drahtlosverbindungen (Wi-Fi, Bluetooth, optional LTE/5G-Modul)
- Feldbusse (CAN, MODBUS)
- Digitale I/Os / GPIOs (z. B. für Zusatzkarten)
- Erweiterungssteckplätze (PCIe, mPCIe, M.2 für Zusatzkarten)



UMGEBUNGSANFORDERUNGEN

- Betriebstemperaturbereich (Standard oder erweiterter Bereich für Outdoor/Extreme)
- Schutz vor Staub und Feuchtigkeit (IP-Schutzklasse)
- Stoß- und Vibrationsfestigkeit (z. B. MIL-STD-810G-Zertifizierung)
- Lüfterloses Design (passive Kühlung zur Erhöhung der Zuverlässigkeit)



SOFTWARE- UND BETRIEBSSYSTEMUNTERSTÜTZUNG

- Kompatibilität mit Windows, Linux, Echtzeit-Betriebssystemen (RTOS)
- Treiberverfügbarkeit und langfristige Softwareunterstützung
- Virtualisierungsunterstützung (z. B. für Edge-Computing oder Container)



ZUVERLÄSSIGKEIT & LEBENSZYKLUS

- MTBF (Mean Time Between Failures) für erwartete Lebensdauer
- Langzeitverfügbarkeit (z. B. 5–10 Jahre Ersatzteil- und Supportgarantie)
- Industriekomponenten statt Consumer-Hardware
- Hersteller- und Serviceunterstützung (SLA, Reparatur, Ersatzgeräte)



ENERGIEVERSORGUNG

- Eingangsspannung (Weitbereichseingang wie 9–36 V DC)
- Leistungsaufnahme (Energieeffizienz für Dauerbetrieb)
- Unterstützung für USV/Batteriepufferung



SICHERHEITSFUNKTIONEN

- TPM (Trusted Platform Module) für sichere Schlüsselverwaltung
- Hardware-basierte Verschlüsselung
- Secure Boot & BIOS-Schutz



KOSTEN- & ROI-BETRACHTUNG

- Anschaffungskosten im Verhältnis zur erwarteten Lebensdauer
- Betriebskosten (Energieverbrauch, Wartung)
- Gesamtkosten über Lebenszyklus (TCO)

Über Aaronn Electronic GmbH

Seit über 30 Jahren stehen wir für persönliche Betreuung, Kompetenz und Zuverlässigkeit im Bereich Embedded Computer Technologie (ECT). Als Partner für Embedded Systems begleiten wir Sie von der Analyse Ihrer Anforderungen über die Auswahl der passenden Produkte und die Entwicklung von Prototypen bis zur erfolgreichen Serienfertigung. Die Aaronn Electronic GmbH bietet Ihnen umfassende Beratung, zuverlässigen Support und individuelle Systemintegration – alles aus einer Hand.

Möchten Sie mehr über unsere Embedded Box PCs erfahren?
Kontaktieren Sie uns und sprechen Sie mit einem unserer Spezialisten.



LILIENTHALSTRASSE 1
82178 PUCHHEIM



INFO@AARONN.DE



WWW.AARONN.DE



+49 (0)89 89 4577 0