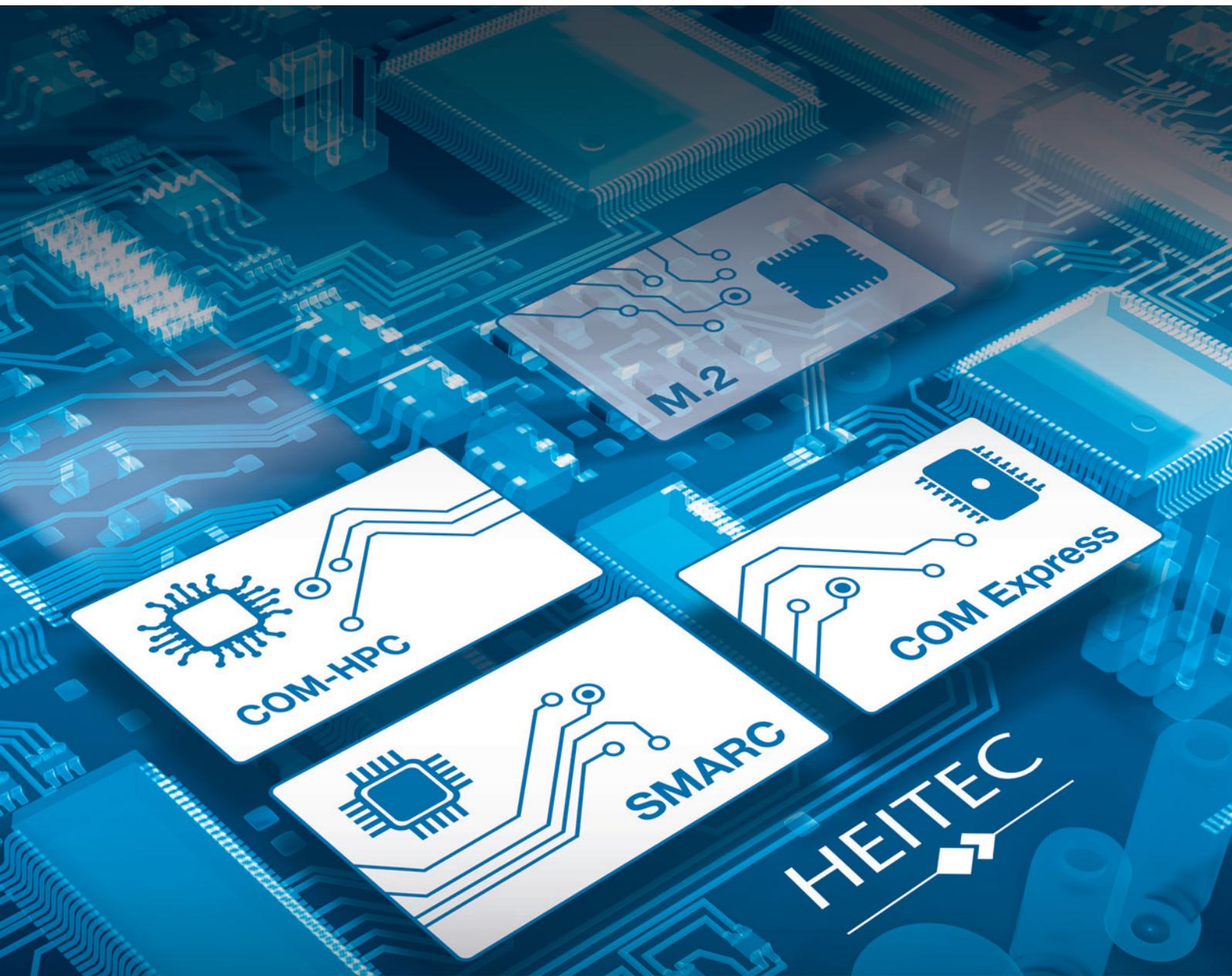


# HEITEC

engineering solutions



## Modulstandards im Vergleich

Möglichkeiten und technische Limits der  
verschiedenen Aufsteck-Boards

Seit knapp 2 Jahrzehnten sind Aufsteckmodule verfügbar, die über standardisierte Schnittstellen an ein Base-Board kontaktiert werden können. Die eindeutigen Vorteile bescheren diesen Modulen eine immer stärker wachsende Nachfrage: Geringere Entwicklungszeit und -kosten, Verfügbarkeit, Skalierbarkeit von Performance und Preis, die Austauschbarkeit zwischen unterschiedlichen Anbietern und die Reduzierung von Risiken durch das Verwenden von zertifizierten Modulen sind Gründe, sich für Plug-On Boards zu entscheiden.

Die Anforderungen hinsichtlich Größe, Preis, Verfügbarkeit und die rasch voranschreitenden Chip-Technologien stellen die Anbieter von Systemlösungen vor Herausforderungen, die jedoch durch die Verwendung von Aufsteck-Modulen sehr gut managebar sind. Sind während der Designphase Anforderungen an Performance, Schnittstellen, Abmessungen, aber auch z.B. Temperaturbereich und Störaussendung definiert, kann meist sehr unkompliziert eine passende Board-Lösung und der damit verbundene Standard-Formfaktor für das Trägerboard gewählt werden.

Das Wissen, welche Vorteile die jeweiligen Standards aufweisen, um den geeignetsten für die Kundenanforderung zu wählen, hilft HEITEC bereits in der Konzeptphase einer Kundenanfrage. Bei Projektanfragen beschreiben Kunden häufig lediglich die Funktionen und Randbedingungen wie max. Größe, Temperaturbereich des Einsatzgebietes usw., die Umsetzung obliegt dann jedoch dem beauftragten Unternehmen. Hier kann HEITEC auf ein großes Repertoire an Standards, Anwendungsbeispielen und langjährige Erfahrungen im Embedded Markt zurückgreifen, um die bestmögliche Lösung auch hinsichtlich Langzeitverfügbarkeit und Traceability für den Kunden zu bieten.

PoP, SiP, SoM, SoC, CoM sind Akronyme und Initialismen, mit denen man im Bereich der Aufsteck-Lösungen regelmäßig konfrontiert wird.

**Doch was bedeuten diese Abkürzungen, welche Schnittstellen verbergen sich dahinter und wo haben diese Konzepte Ihre Vorteile im Vergleich zu anderen?**

Nachfolgend werden die geläufigen Abkürzungen rund um das Thema Plug-On Modul-Lösungen und Begriffe inkl. deren Schnittstellen und deren Möglichkeiten näher erklärt.

### **Package on a Package (PoP)**

Ein „Package on a Package“ stapelt Einzel-Packages in Form von kleinen bestückten Platinen vertikal übereinander, welche durch Ball-Grid-Arrays miteinander verbunden werden. Sozusagen wird eine komplexe Schaltung flächentechnisch in kleinere Bereiche unterteilt, übereinander angebracht und miteinander verlötet, um eine möglichst kleine Baugröße zu erreichen. Packages können diskrete Komponenten (Speicher, CPU usw.) oder ein „System in a Package“ sein, das mit einem anderen Package verbunden wird, um zusätzliche Funktionen zu ermöglichen. PoP gewährleistet mehr Packungsdichte und vereinfacht Leiterplattendesigns. Die kurzen Verbindungen zwischen den Komponenten können zudem die Signalausbreitung verbessern.

### **System on a Chip (SoC)**

Ein System on a Chip vereint alle erforderlichen Komponenten eines Computers zu einem einzigen Chip oder einer integrierten Schaltung. Allgemein kann ein SoC um einen Mikrocontroller (bestehend aus CPU, RAM, ROM & Peripherie) oder einen Mikroprozessor (CPU) herum aufgebaut sein.

Software für einen SoC abstrahiert gewöhnlich die Funktionalität, so dass sie einfach programmiert und mit ihr verbunden werden kann.

Der Vorteil eines SoC ist, dass diese Lösung kostengünstig und energieeffizient ist. Nachteilig ist die fehlende Erweiterbarkeit in ihrer Konfiguration einer SoC-Lösung im Gegensatz zu einem Full-Size-Computer.

### System on a Module (SoM)

Ein System on a Module (SoM) ist eine Schaltung auf Leiterplattenebene, die eine Systemfunktion in einem einzigen Modul integriert. Es kann digitale und analoge Funktionen auf einer einzigen Karte integrieren. Eine typische Anwendung liegt im Bereich der Embedded Systeme. Im Gegensatz zu einem Full-Size-Computer erfüllt ein SoM eine spezielle Funktion, ähnlich wie ein SoC, jedoch nicht auf Chip-, sondern auf Leiterplattenebene.

### Computer on a Module (CoM)

Computer on Module Lösungen sind komplette Embedded-Computer, die auf einer einzigen Leiterplatte aufgebaut sind. Das Design basiert auf einem Mikroprozessor mit RAM, Ein-/Ausgabesteuerung und allen weiteren Eigenschaften die ein funktionsfähiger Computer auf einer Leiterplatte benötigt. Im Gegensatz zu einem Full-Size-Computer fehlen dem CoM jedoch in der Regel die Standardanschlüsse für Ein-/Ausgabeperipheriegeräte, die direkt an das Board angeschlossen werden können.

Die Module müssen in der Regel auf einem Baseboard kontaktiert werden, das den Bus und die I/O-Signale zu Standard-Peripheriesteckern führt.

Eine Lösung auf CoM-Basis bietet ein Computersystem für den Einsatz in kleinen oder speziellen Anwendungen, die einen geringen Stromverbrauch oder eine geringe physikalische Größe erfordern, wie sie in Embedded-Systemen benötigt wird. Da eine CoM Lösung sehr kompakt und hochintegriert ist, können auch komplexe CPUs, einschließlich Multicore-Technologie, auf einem CoM realisiert werden.

Einige CoMs basieren auf FPGA (Field Programmable Gate Array)-Lösungen, deren Funktionen als IP-Cores auf dem CoM selbst oder auf der Trägerkarte hinzugefügt werden können. Die Verwendung von FPGA IP Cores erhöht die Modularität eines CoM Konzeptes, da I/O-Funktionen ohne aufwändige Umverdrahtung auf der Leiterplatte an spezielle Bedürfnisse angepasst werden können.

Die Begriffe Computer on Module bzw. CoM wurden vom Marktforscher „Venture Development Corporation“

(VDC) geprägt und erschienen erstmals im Bericht des VDC über „The Global Market for Merchant Computer Boards in Real Time and Embedded Applications“ vom November 2001. Ab dem Beginn der Industrialisierung des COM Express-Formats im Jahr 2005 wurden die Begriffe immer präsenter.

Durch die Standardisierung von Schnittstellen wurden die bis zu diesem Zeitpunkt bereits existierenden zahlreichen Vorteile weiter erweitert, boten den Herstellern unter anderem die Flexibilität zum Einsatz von CoMs desselben Schnittstellenstandards verschiedener Hersteller und zudem eine Reduzierung der Time-to-Market (TTM).

Weitere Vorteile des Einsatzes von CoM-Produkten anstelle von aufwändigen Neu-Entwicklungen sind die Risikoreduktion, Kosteneinsparung, die Auswahl aus einer Vielzahl von CPUs aktueller Technologie bzw. Generation, reduzierte Aufwände für das Kundendesign sowie die Möglichkeit, sowohl Hard- als auch Softwareentwicklung parallel durchzuführen.

Rückblickend gibt es kein klares „Erstes Computer on Module“ Produkt, da eine Vielzahl kleiner komponentenartiger Single Board Computer bereits auf dem Markt vertreten waren, als VDC den Begriff einführte.

**Welche standardisierten Computer on Module-Formate existieren, wodurch unterscheiden sich diese und wo finden diese Verwendung?**

Ein bekannter CoM-Standard ist COM Express. Daneben sind weitere offene CoM-Standards wie SMARC, Qseven, ESM, ETX, XTX, PMC, FMC und XMC zu nennen.

Weiter sind proprietäre CoM-Formate verfügbar, die z. B. das Design von SODIMM- und MXM-Steckverbindern modifizieren, während andere Formate beliebige Board-Größen und verschiedene Arten von Leiterplattensteckverbindern (z.B. für hohe Datenraten) aufweisen.

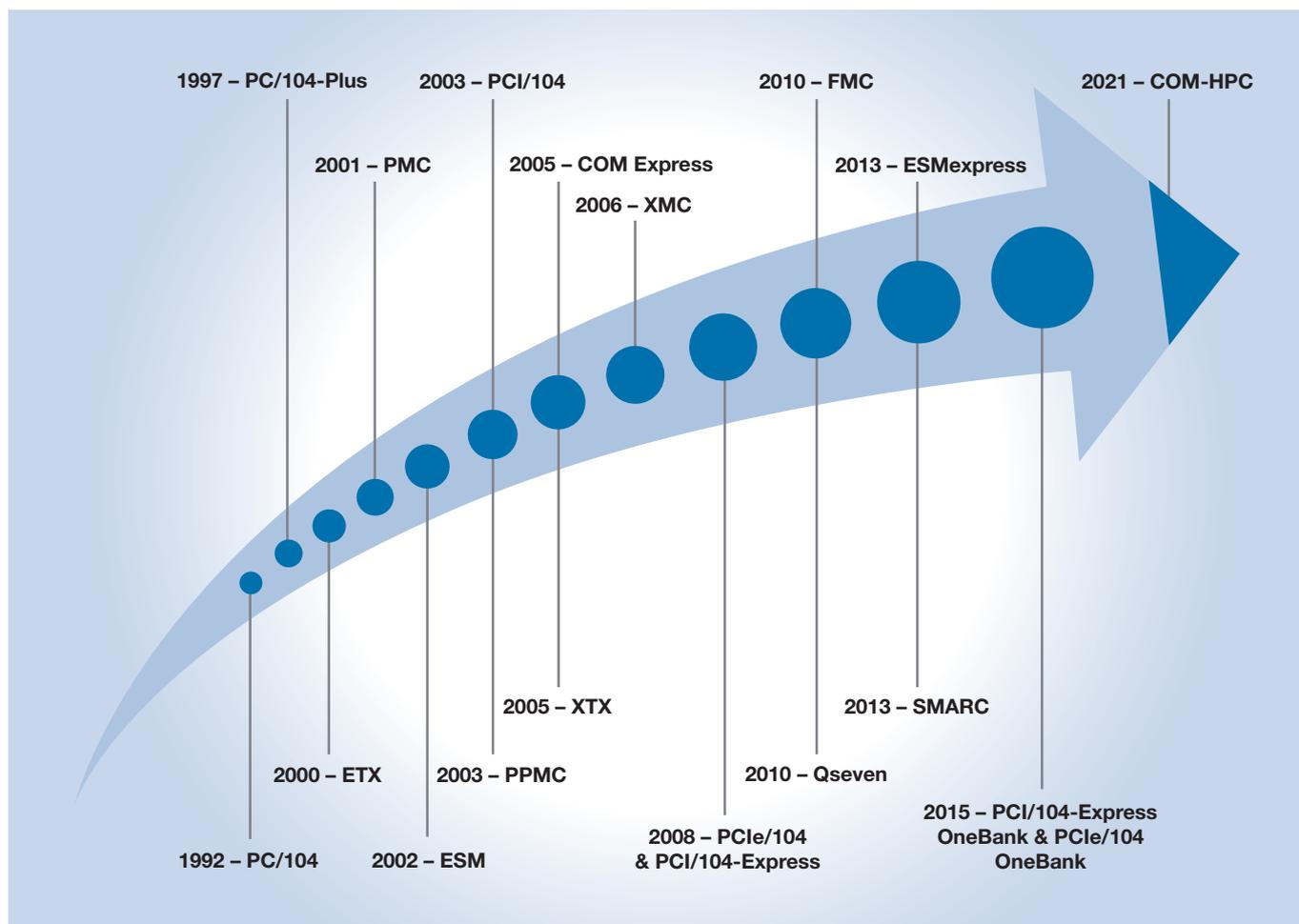


Abb. Entwicklungsgeschichte der CoMs

## ETX (Embedded Technology eXtended)

ETX ist ein integrierter und kompakter Computer on Module Formfaktor (95x114mm), der in einem Layout für integrierte Schaltungen verwendet werden kann. ETX integriert Kern-CPU und Speicherfunktionalität sowie die gemeinsame I/O, USB, Audio, Grafik und Ethernet eines PCs.

ETX Boards sind mit Prozessoren der x86 Architektur wie AMD Geode, BIA, Intel Atom, Pentium, Celeron und Core Duo Prozessoren erhältlich. Alle I/O-Signale sowie eine vollständige Implementierung von ISA- und PCI-Bus werden durch vier Steckverbinder abgedeckt. Über die Steckverbinder werden der PCI-Bus, der ISA-Bus sowie die PC-Schnittstellen wie z.B. USB, der IDE-Bus usw. auf das Baseboard geführt.

Der Standard spielt heute im CoM-Bereich keine große Rolle mehr, da die von ETX unterstützten Legacy-I/O-

Standards wie PCI, IDE und ATA nicht mehr in der Lage sind, das volle Potenzial moderner CPUs, Grafikprozessoren (GPUs) und schneller Speicher auszureizen.

## XTX (extended lifecycle for ETX)

XTX ist eine Erweiterung und Fortsetzung des ursprünglich sehr erfolgreichen ETX-Standards. Da der ISA-Bus in modernen Embedded-Anwendungen immer weniger eingesetzt wird, bietet XTX eine Reihe von neuen Features. Zu diesen Merkmalen gehören neue serielle Hochgeschwindigkeitsbusse wie PCI Express und Serial ATA. Alle anderen Signale bleiben nach dem ETX-Standard identisch und sind somit vollständig kompatibel. Wenn die Embedded-PC-Anwendung weiterhin den ISA-Bus benötigt, kann eine ISA-Brücke auf dem anwendungsspezifischen Baseboard implementiert werden, oder ein entsprechend verfügbarer LPC-Bus auf dem Modul verwendet werden.

Die größere I/O-Bandbreite von XTX bietet ETX-Entwicklern eine kostengünstige Upgrade-Möglichkeit auf

leistungsstärkere Prozessoren ohne Redesign des Baseboards. Im Verhältnis zu den Anforderungen aktueller Anwendungen ist der reale Performanceanstieg eher beschränkt. Z.B. können XTX-Module mit den vorhandenen 4 PCI-Express-Lanes die x16-PCI-Express-Graphics-Verbindungen für externe High Performance GPUs nicht bedienen. Ebenfalls bietet XTX kein „on Board Gb Ethernet“ und die spezifizierten Anschlüsse sind nicht für PCIe und SATA höherer Generationen ausgelegt. Der Support von Legacy-Peripherieschnittstellen ist darüber hinaus nicht mehr zeitgemäß, da neue Peripheriegeräte diese Standards kaum mehr unterstützen. Obwohl XTX versucht, die Lücken zu schnelleren und höher performanten CoM Modulen zu schließen, reichen die Möglichkeiten mit dem Standard nicht an die zukünftigen Bedürfnisse der Anwender heran.

### Zusammenfassung ETX/XTX

Sowohl der ETX als auch der XTX „Standard“ sind im Grunde proprietäre Definitionen, die mittlerweile von Zusammenschlüssen von Firmengruppen gepflegt werden. Bei Markteinführung von ETX existierten noch keine Standards für CoMs, so dass die Entscheidung der Anwender hinsichtlich einzusetzenden CoM leichtfiel.

Aus den genannten Gründen wurde es Zeit, einen Standard zu kreieren, welcher ein CoM-Format beschreibt, das mit den technologischen Fortschritten und Marktanforderungen mithalten kann.

### ESM und ESMexpress (Embedded System Module)

Die ESM-Technologie ist ein variabler Standard für Plug On Boards bei Industrie Computern und findet bevorzugt Anwendung in der Implementierung auf Baseboards im Europakartenformat (160x100mm). Der Form-Faktor beträgt 71x149mm, wobei die Boardtiefe die Einstecktiefe einer Europakarte nutzt. Das komplette Embedded System mit Prozessor, Speicher, I/O Schnittstellen befindet sich auf dem Modul und ist mit Funktionen durch die Anbindung an den PCI Bus erweiterbar. Funktional gibt es bei ESM-Modulen nahezu keine Grenzen, beginnend vom einfachen Baseboard bis hin zum kompletten Computermodul. Für einen Teil der Peripherie können die Steckverbinder auf dem Modul selbst implementiert werden – was

einen Unterschied z.B. zu PC/104 Modulen darstellt. Anders als klassische CoM-Konzepte unterstützen ESMs nicht nur eine Standard-Bus-Architektur, sondern auch programmierbare Peripheriesignale wie UARTs, Feldbus oder Ethernet. ESMs sind mit dem PCI-Standard kompatibel und unterstützen 32 und 64Bit-Datenbusse mit Frequenzen von 33MHz und 66MHz. Dies garantiert Kompatibilität mit PMCs, PC-MIPs und anderen. ESMs werden typischerweise auf Baseboards für CompactPCI und VMEbus eingesetzt.

Für den Einsatz in besonders rauen Umgebungsbedingungen wurde der ESMexpress-Formfaktor definiert (95x125mm). Neben einer CPU beinhaltet jedes Modul auch Speicher, eine Reihe von seriellen Schnittstellen wie PCI Express, Gb Ethernet, USB, SATA, SDVO usw. Diese Schnittstellen sind in der Spezifikation des Formfaktors definiert und werden zwei 120-poligen Steckverbindern zugeordnet. Einzige Einschränkung des Formfaktors ist die Verlustleistung, die 35W nicht überschreiten darf. So können Lösungen auf Basis von Multi Core Power PC- oder Atom-Prozessoren realisiert werden.

Um Lösungen mit mehr I/O-Flexibilität zu gewährleisten, bietet das Format ESMini eine passende proprietäre Möglichkeit, da die Pinbelegung zwar nicht definiert ist, jedoch können identische Stecker z.B. für FPGA-Lösungen verwendet werden.

Hinsichtlich Performance und Kompatibilität zu neuen Technologien und immer weiter voranschreitenden Anforderungen an Skalierbarkeit und Modularität haben ESMs keinen großen Anteil mehr im CoM-Segment.

### PC/104

PC/104 ist ein Embedded Computer Standard, der durch seine kompakte Größe und seine stapelbare Busstruktur definiert ist. Im Wesentlichen ist der PC/104-Standard eine modulare, robuste Version des PCs. Anstatt einer Backplane werden die PC104-Module über ISA-, PCI- und PCIe-Steckverbinder miteinander verbunden. PC/104 nutzt große PC Hard- und Software-Märkte, indem es die Mainstream PC Bus-Entwicklung verfolgt.

Vollständig definierte Bus-Pinbelegungen ermöglichen Austauschbarkeit und Interoperabilität. Das bedeutet,

dass Anwender und Systemdesigner aus einer Vielzahl von spezialisierten PC/104-Modulen wählen können, um ein System an ihre Projektanforderungen anzupassen.

### Der PC104 Standard beschreibt mehrere Varianten:

Bei der herkömmlichen PC/104-Struktur werden Signale via ISA Bus verbunden, welcher durch PC/104-Plus durch einen PCI-Steckverbinder und entsprechende Signale erweitert wurde. Das Pendant zur PC/104-Ausführung bildet Variante PCI-104, bei der das Board nur mit einem PCI-Steckverbinder versehen ist. Um eine Schnittstelle zwischen PCI und PCIe zu gewährleisten, wurde die PCI/104-Express-Variante eingeführt, welche mit einem PCI- und einem PCIe-Steckverbinder ausgestattet ist. Die 5. Variante bildet PCIe/104 mit lediglich einem PCIe Steckverbinder. Die letzte Variante wurde durch das PC104-Konsortium 2015 mit der Bezeichnung PCIe/104 OneBank bestimmt. Hier findet eine kostengünstigere Version des PCIe/104-Steckverbinders Verwendung, der nur eine 52-polige Bank umfasst, die jedoch für die vorgesehenen Anwendungsbereiche wie industrielle Sensorik ausreichend Leistung und Funktionalität gewährleistet.

Boards nach PC/- und PCI/104 können mit standardisierten Baseboards kombiniert werden, um weitere I/O's zu realisieren oder Funktionen abzudecken, die nur mit Kombination mehrerer übereinandergestapelter PC/- PCI/104-Module möglich wären. Eine Möglichkeit PC/- und PCI/104-Module auf ein Baseboard mit weiteren Peripheriefunktionen zu integrieren, bietet das EBX Mainboard (Embedded Board, eXpandable) mit 146 x 203mm. Dies ist groß genug, um alle Funktionen eines vollständigen Embedded Computersystems abzubilden.

Ein EBX Mainboard kann mit allen stapelbaren PC104-Varianten erweitert werden, was es sehr anpassungsfähig macht. Eine Kombination mit einem PC104-Plus Modul führt z.B. zu einer Prozessorunabhängigkeit für den Entwickler.

Der zweite verwendbare Mainboard-Standard ist EPIC mit den Maßen 115 x 165mm. Mit diesem Formfaktor stehen in der Regel mehrere I/O's zu Verfügung und er ist für den Einsatz im erweiterten Temperaturbereich geeignet. Diese Boards finden oft Platz in industriellen

Anwendungen mit höherer Leistung und eignen sich besonders für zukünftige Upgrades.

Militär, Transport und Energie sind drei der größten Märkte für PC/104. Die Produkte finden sich jedoch auch in vielen anderen Anwendungen auf der ganzen Welt wieder, die einen kleinen, robusten und kostengünstigen Formfaktor erfordern. Beispiele dafür sind in Remote-Plattformen, Verkehrsüberwachung, Bergbau und industriellen Steuerungen zu finden.

### PMC (PCI Mezzanine Card)

PMC ist ein von IEEE unter P386.1 standardisiertes Modulformat (74x149mm) für Aufsteckmodule, welche für Baseboards mit Multibus II, VMEbus oder CompactPCI ausgelegt wurden.

Die Standard-Version eines PMC-Moduls weist zwei 64-polige Stecker auf, welche für den PCI Bus und I/O's verwendet werden. Eine Erweiterung sieht einen weiteren 64-poligen Steckverbinder vor, der weitere I/O's zur Verfügung stellt.

Der Standard definiert an dieser Stelle die PCI-Signalbelegung der Stecker. Um mehrere Module übereinander stapeln zu können, besitzen PMC-Module Durchkontaktierungen.

Als IEEE-Standard garantiert PMC den Benutzern, dass jeder Host oder jedes Modul, das dem Standard entspricht, in jedem Modul oder Host funktioniert, das nach den Spezifikationen entwickelt wurde. Dies gibt den Anwendern zwar die Flexibilität, verschiedene Hostkarten mit verschiedenen Optionsmodulen zu kombinieren, es gibt den Anbietern aber auch die Möglichkeit, grundlegende Hostkarten ohne besondere Berücksichtigung von Schnittstellen-I/O's zu entwickeln. Die Tatsache, dass PMC ein offener Standard ist, ermöglicht es OEMs, mit nicht standardisierten Bussen die gleiche Hebelwirkung wie Hersteller von Standardbussen zu nutzen.

Der zweite Vorteil der Verwendung von PMC ist, dass es ein hohes Maß an Stabilität bietet. PMC bietet einen standardisierten, leistungsstarken lokalen Bus, der von Prozessor zu Prozessor unverändert bleibt. Lediglich der Prozessor-zu-Speicher-Bus muss geändert werden.

Leistung ist natürlich ein weiteres Schlüsselement von PMCs. Neue Grafiken und GUIs, umfangreicher Einsatz von Imaging, Video und schnellere Kommunikation haben eine große Anforderung an Prozessor-, I/O- und Systembandbreite gestellt. Mit einer Bandbreite von 132 Mbytes/sec für eine 32-Bit-Implementierung und 264 Mbytes/sec für eine 64-Bit-Version ist PMC in der Lage, fast alles bis hin zu ATM (Asynchronous Transfer Mode) und Full-Motion-Video zu verarbeiten.

### **PPMC (Processor PMC)**

Prozessor PMC-Module stellen eine Erweiterung der PMC-Module zur Unterstützung von CPU basierten Karten dar.

Die Aufgabe der Prozessor PMC-Schnittstelle ist es, die Funktionalität der PMC-Tochterkarten zu erweitern und Prozessorfunktionen höherer Ordnung zu ermöglichen.

Die Protokollstruktur zwischen PMC- und PPMC-Modulen bleibt identisch. Der verbesserte PPMC-Standard ermöglicht es der Mezzanine Karte, entweder mit 44MHz oder mit 66MHz zu arbeiten. Wird eine PPMC-Karte in ein Baseboard gesteckt, welches mit einer PMC-Karte arbeitet, wird die PPMC-Karte standardmäßig in den PMC-Betrieb versetzt. Wenn das Baseboard jedoch für die Aufnahme eines PPMC ausgelegt ist, funktioniert die Mezzanine Karte bei 66MHz.

### **XMC (Switch Mezzanine Card)**

Switch Mezzanine Cards sind im Grunde PM-Module mit einer „High Speed Serial Fabric“-Schnittstelle, welche nach VITA 42 definiert ist.

XMC hat sich als sehr erfolgreich erwiesen und erweitert sich über die Basis-Spezifikation VITA 42.0 hinaus um Technologien wie parallel RapidIO (ANSI/VITA 42.1), Serial RapidIO (ANSI/VITA42.2) und PCI Express (ANSI/VITA 42.3), um nur die ersten drei aus einer wachsenden Liste zu nennen. Die PCI-Express-Variante des XMC ist bei weitem die häufigste.

Einer der Schlüsselfaktoren, die heute zur Popularität von XMC beitragen, ist die weite Verbreitung anspruchsvollerer Funktionen wie FPGA-basierter Prozessoren für periphere I/O-Funktionen, einem

Anwendungsbereich, in dem häufig Mezzanine-Karten wie XMC eingesetzt werden. Darüber hinaus basiert ein zunehmender Anteil der I/O-Funktionen auf seriellen und nicht auf parallelen Schnittstellen, was genau der Grund für die Entwicklung der XMC-Spezifikation ist. Sehr viele Hosts der neuen Generation im VME- oder VPX-CPU- oder DSP-Format verfügen über einen oder mehrere XMC-Mezzanine-Sites.

### **FMC (FPGA Mezzanine Card)**

FPGA Mezzanine Cards (VITA57) sind I/O Mezzanine-Module, die unter anderem zu Karten im 3HE(100 x 100/160/220mm)- & 6HE(233,35 x 100/160/220mm)-Format kompatibel sind.

Die PMC/XMC-Formfaktoren wurden im Bereich Embedded Computing intensiv eingesetzt, sind aber nicht die optimale Lösung für modulare FPGA-Designs. PMCs sind viel größer als ein FPGA I/O-Mezzanine sein muss, sie haben zu viele Anschlüsse und die Schnittstelle zwischen dem PMC/XMC und dem Baseboard (PCI, PCI-X, PCIe, Serial RapidIO, etc.) ist viel komplexer und ressourcenintensiver als es für ein FPGA I/O-Mezzanine zur Anbindung an ein FPGA erforderlich ist.

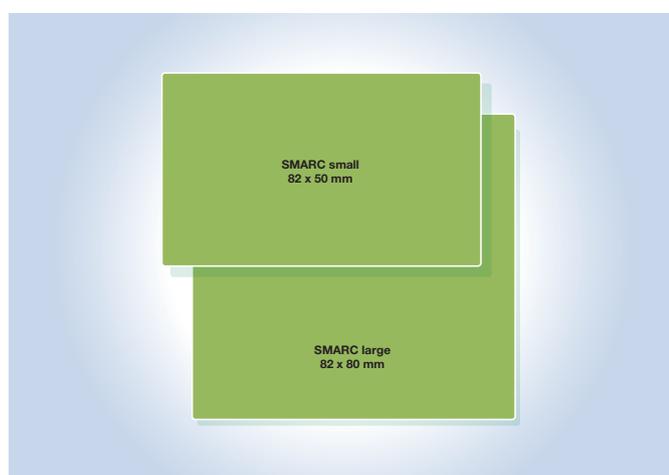
Der FMC-Standard definiert ein I/O-Mezzanine-Modul, das eng mit einem FPGA zusammenarbeitet. Die Norm definiert zwei Breiten – einfache (69 x 76,5mm) und doppelte (139 x 76,5mm) Breite. Die einfache Modulbreite entspricht etwa der Hälfte der Größe eines PMC-Moduls und hat einen einzelnen Stecker zum Baseboard. Das doppelbreite Modul kann einen oder zwei Steckverbinder zum Baseboard aufweisen. Die doppelbreite FMC ist für Anwendungen gedacht, die zusätzlichen Datendurchsatz, mehr Platz auf der Vorderseite oder eine größere Leiterplattenfläche erfordern. Wie bei den meisten kommerziellen PMC/XMC-Modulen sind die meisten kommerziellen FMCs einfach breit.

### **SMARC small / SMARC large (Smart Mobility ARChitecture)**

SMARC beschreibt vielseitige Computer-Module mit kleinem Formfaktor und richtet sich an Anwendungen, die wenig Strom, niedrige Kosten und hohe Leistung erfordern. Die Module verwenden typischerweise ARM SoCs, die den in Geräten wie Tablet-Computern

und Smartphones verwendeten Prozessoren ähneln. Alternative Low-Power-SoCs und CPUs, wie z.B. Tablet-orientierte x86-Chips können ebenfalls verwendet werden. Die Leistungsaufnahme des Moduls liegt typischerweise unter 6W, obwohl Designs bis zu etwa 15W möglich sind.

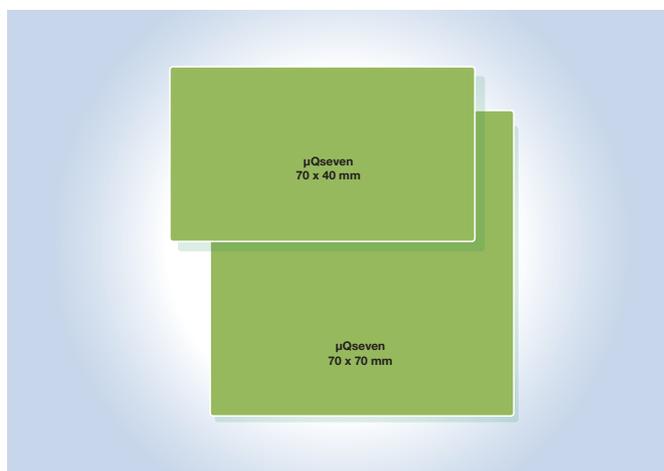
Der Standard definiert im Grunde zwei Größen: SMARC small (82mm x 50mm) und SMARC large mit 82mm x 80mm.



Die Module werden bevorzugt für tragbare und stationäre Embedded-Systeme eingesetzt. Die Core-CPU und deren Beschaltung, einschließlich DRAM, Boot-Flash, Power Sequencing, CPU-Netzteile, Gb-Ethernet und zweikanaliger LVDS-Display-Sender sind auf dem Modul implementiert. Die Module werden mit anwendungsspezifischen Carrier Boards verwendet, die weitere Funktionen wie Audio-CODECs, Touch-Controller, drahtlose Geräte usw. implementieren. Der modulare Ansatz ermöglicht Skalierbarkeit, schnelle Time-to-Market und Upgrades bei gleichzeitig niedrigen Kosten, geringem Stromverbrauch und geringer physikalischer Größe.

## Qseven / $\mu$ Qseven

Das Qseven-Konzept basiert auf der Idee eines handelsüblichen, herstellerunabhängigen Single-Board-Computers, der alle Kernkomponenten eines gemeinsamen PCs integriert und auf einem anwendungsspezifischen Baseboard vereint. Qseven-Module haben einen standardisierten Formfaktor von 70mm x 70mm bzw. 40mm x 70mm (bei  $\mu$ Qseven) und spezifizierte Pinbelegungen auf Basis des Hochgeschwindigkeits-MXM-Systemsteckverbinders – unabhängig vom Steckerhersteller.



Das Qseven-Modul stellt die funktionalen Anforderungen an eine Embedded-Anwendung. Diese Funktionen umfassen unter anderem Grafik, Sound, Massenspeicher, Netzwerk und mehrere USB-Ports. Ein einzelner MXM-Stecker stellt die Baseboard-Schnittstelle zur Verfügung, um alle I/O-Signale zum und vom Qseven Modul zu übertragen. Dieser MXM-Stecker ist ein bekannter und bewährter Hochgeschwindigkeitssignalschnittstellenstecker, der häufig für Highspeed PCIe-Grafikkarten in Notebooks verwendet wird. Das Baseboard kann somit alle erforderlichen Schnittstellenanschlüsse für die Anbindung des Systems an die anwendungsspezifische Peripherie bereitstellen. Diese Vielseitigkeit ermöglicht eine nahezu unbegrenzte Flexibilität beim Design des Trägerboards und auch des Gehäuses. Dies führt zu einem zuverlässigeren Produkt und vereinfacht gleichzeitig die Systemintegration. Am wichtigsten ist, dass Qseven-Anwendungen skalierbar sind. Das bedeutet, dass nach der Entwicklung eines Produkts die Möglichkeit besteht, die Produktpalette durch den Einsatz verschiedener Qseven-Module der gleichen Leistungsklasse zu diversifizieren.

Qseven-Module sind so ausgelegt, dass sie CPU- und Chipsatz-Lösungen mit extrem niedriger „Thermal Design Power“ (TDP) unterstützen. Darüber hinaus sollte die Leistungsaufnahme der Module 12W nicht überschreiten.

### Zusammenfassung SMARC / Qseven

SMARC ist zwar der aktuellere Standard, jedoch ersetzt dieser nicht Qseven. Mit 230 Pins und somit 84 Pins weniger als SMARC ist Qseven die geeignetere Wahl für kleine Low-power-Lösungen; daher stellt Qseven eine preisgünstigere Option zu den SMARC-Modulen dar. Des Weiteren ist Qseven ein bewährter Standard im Embedded Bereich und ist weiterhin der bessere Kandidat für kostengünstigere Embedded-Anwendungen.

SMARC eignet sich im Vergleich zum Einsatz aufgrund seiner Fläche für leistungsfähigere Prozessoren und immer dann, wenn besonders viel Peripherie bzw. Add On's wie WLAN angebunden werden sollen. Außerdem bietet SMARC weitere Schnittstellen, die Qseven nicht bieten kann. Dazu gehören Kamera-Schnittstellen, SDIO, parallel LCD usw.

### COM Express

COM Express definiert eine Familie von „Small Form Factor“ (SFF) und Computer On Module (COM) Single Board Computern, die für eine Vielzahl von kommerziellen, aber auch anspruchsvolleren Anwendungen für Militär und Luftfahrt geeignet sind. COM Express wurde für die neuesten Chipsätze und seriellen Signalisierungsprotokolle entwickelt und schließt auch PCI Express Gen 3, 10GbE, SATA, USB 3.0 sowie hochauflösende Videoschnittstellen mit ein.

COM Express-Module bieten nicht nur die höchste Leistungsvielfalt der verfügbaren Standards und Produkte mit kleinem Formfaktor, sondern sind auch einzigartig, da diese Module einerseits als eigenständige Einplatinencomputer (SBC), andererseits auch als Prozessor Mezzanine (gesteckt auf ein Baseboard) implementiert werden können.

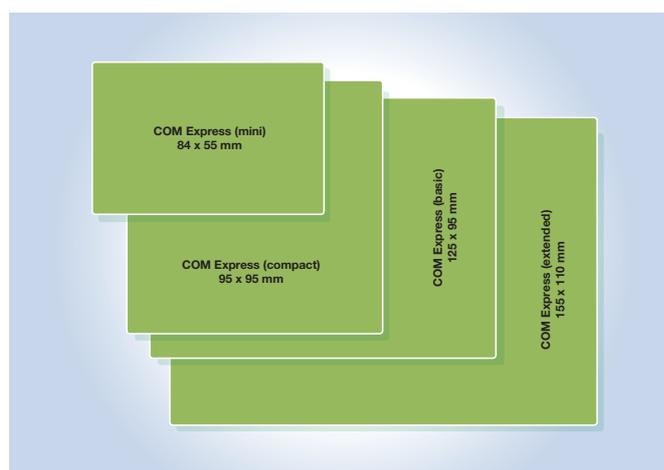
Die Möglichkeit, ein COM Express-Modul auf ein Baseboard zu stecken, reduziert den Zeit- und Kostenaufwand für die Entwicklung eines Produkts,

da der Anwender die oft komplexen Details der Hochgeschwindigkeitssignalisierung oder der neuesten Chipsätze nicht verstehen muss. Die Produktlebensdauer für den Kunden wird verlängert, da neuere COM Express-Module einfach auf das Baseboard gesteckt werden können, um die Leistung zu verbessern oder die Kosten zu senken. Diese „Zukunftssicherheit“ von COM Express ist einzigartig auf dem SFF-Markt.

Im COM Express-Standard werden aktuell acht Typen (Type 1-7 und Typ10) mit unterschiedlichen Signalverfügbarkeiten an den Steckerverbindern beschrieben, welche sich stark nach der Anforderung der Applikation richten.

Die Pin-out-Typen 1, 3, 4 und 5 sind veraltet und sind für neue Board-Designs nicht mehr relevant. Die aktuelle COM Express-Spezifikation 3.0 beschreibt vier unterschiedliche Modulgrößen und drei Pin-outs.

Die Realisierung der Pin-out-Typen kann mit den vier definierten Modulgrößen umgesetzt werden. Mit dem sogenannten Mini (84x55mm) Formfaktor können Designs hinsichtlich Typ 10 umgesetzt werden, Compact (95x95mm) findet bevorzugt bei Typ 6 Anwendung, Basic (95x125mm) kann für Typ 6 und Typ 7 als Basis dienen. Der vierte Formfaktor Extended (110x155mm) hatte in der Vergangenheit kaum signifikante Marktrelevanz, was sich jedoch mit dem Einsatz des serverorientierten Pin-out Typ 7 (spezifiziert in COM Express Rev 3.0) ändern kann. Server-Anwendungen benötigen beträchtlich mehr DRAM-Speicherkapazität und deren Chips weisen erfahrungsgemäß - bedingt durch extrem leistungsfähige CPU Performance - ebenfalls eine höhere Verlustleistung und Leistungsaufnahme auf.



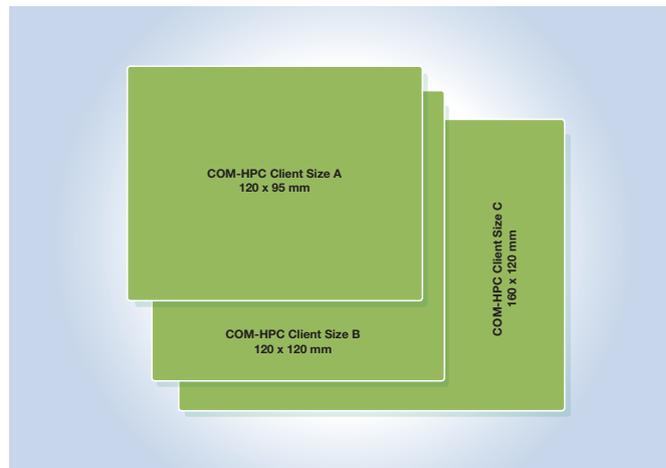
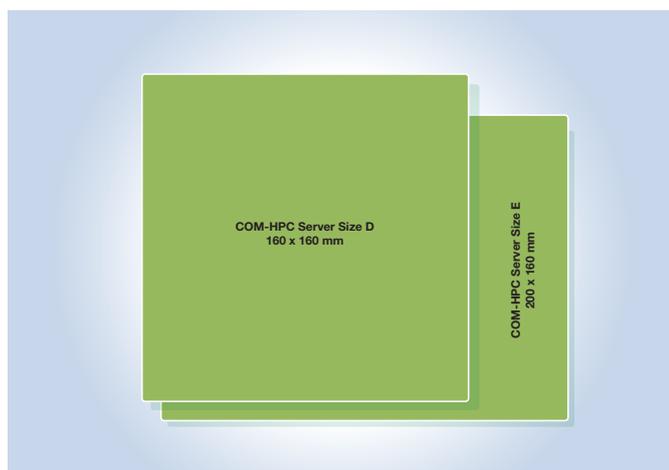
## COM-HPC (High Performance Computing)

Als Ergänzung für High Performance Computing-Anwendungen betritt der kommende COM High Performance Computing-Standard die Bühne der CoM-Module.

Dieser wird den etablierten COM Express-Standard keinesfalls ersetzen. Viel mehr deckt dieser den Anwendungsbereich ab, bei dem der COM Express-Standard an seine Grenzen hinsichtlich Übertragungsleistung, Anzahl von High Speed-Schnittstellen und Netzwerkanbindung stößt.

Im Vergleich bietet der COM Express-Standard 440 Pins, während der COM-HPC-Standard 800 Pins vorsieht. Dadurch wird beispielsweise eine Verdoppelung der PCIe-Lanes von 32 auf 64 erzielt, die darüber hinaus durch PCIe Gen5 bis zu 32 Gb/s je Lane unterstützen – somit eine um Faktor 4 höhere Datenrate als die PCIe Lanes bei COM Express, welche PCIe Gen3 gewährleisten.

Der COM-HPC-Standard sieht bislang fünf Formate vor – COM-HPC/Server mit Size E (160 x 200mm) bzw. Size D (160 x 160mm) und COM-HPC/Client mit Size A (95 x 120mm), Size B (120 x 120mm) und Size C (120 x 160mm).



Diese unterscheiden sich im Wesentlichen in Größe und Anzahl bzw. Art der Schnittstellen. So bietet die „Client“-Ausführung Video/embedded Display Interfaces, worauf die „Server“-Variante verzichtet. Diese bietet jedoch 10Gb Ethernet Interfaces, die für Serveranwendungen essentiell sind. Entscheidet man sich für den Einsatz eines von der Grundfläche größeren COM-HPC/Server-Moduls, bietet dieses bis zu 8 DIMM-Sockel für Arbeitsspeicher und 64PCIe Lanes für zusätzliche GPUs und NVMe-Speicher.

Einen enormen Performanceanstieg bietet COM-HPC ebenfalls bei Netzwerkverbindungen, welche bei Edge Server-Lösungen im Telekommunikationsbereich immer höhere Anforderungen hinsichtlich Übertragungsraten erfüllen müssen. Die aktuell mit COM Express erreichbaren 10Gb/s werden durch theoretische Übertragungsraten von bis zu 200Gb/s bei COM-HPC übertroffen und bietet dadurch ein erweitertes Spektrum an Anwendungsmöglichkeiten.

Für die Standardisierung ist die Standardisierungsorganisation PICMG (PCI Industrial Computer Manufacturers Group) verantwortlich, in der ca. 150 Unternehmen organisiert sind, um an „Open Standards“-Spezifikationen für Telekommunikations- und Industrieanwendungen zu arbeiten.

Die Arbeitsgruppe PCIMG COM-HPC setzt sich aktuell aus 20 Mitgliedsunternehmen zusammen, die sich seit Gründung des Komitees wöchentlich abstimmen, über Details des Standards diskutieren und Festlegungen treffen.

HEITEC wirkt als Mitglied des Komitees einerseits sowie als Anbieter von kundenorientierten Systemlösungen andererseits bei der Definition des neuen Standards mit und vertritt Aspekte, welche vor allem aus Kundensicht relevant sind, um damit eine Vielzahl von künftigen Bedürfnissen bedienen zu können, ohne auf proprietäre Lösungen zurückgreifen zu müssen.

### Welches Board-Format ist das Richtige?

Der Markt der CoMs wird im Wesentlichen von drei Standards dominiert. Diese decken alle Bedürfnisse und Anforderungen der Anwendungen ab. Neben High-Performance-Anwendungen mit bis zu 116W (Type 6/7; 58W Type 10), die mit einem COM Express-Modul einfach realisiert werden können, bieten Low Power-Module (bis 15W) wie SMARC oder Qseven (bis 12W) die Möglichkeit, einfachere Anwendungen umzusetzen.

Um die bestmögliche Lösung für den Kunden zu bieten, müssen bereits in der Konzeptphase die Anforderungen genau bewertet werden, um auch langfristig alle notwendigen Schnittstellen gewährleisten zu können und auch hinsichtlich performanterer Prozessoren weiterhin die definierte Technologie nutzen zu können. Ist man beispielsweise bereits jetzt am oberen Limit der Schnittstellen oder der möglichen Performance eines SMARC- oder Qseven-Moduls angelangt, sollte besser eine COM Express-Lösung in Betracht gezogen werden, da diese auch langfristig die bessere Wahl wäre.

Eine höhere Modulleistung geht mit einer höheren Wärmeentwicklung einher. Auch hier gilt es, bereits in der Konzeptphase alle Parameter zu betrachten und sich ein geeignetes Kühlkonzept zu überlegen, um nicht in einem späten Entwicklungsstatus womöglich das ganze Konzept drehen zu müssen. Muss ein Design aufgrund des Einbauplatzes oder der Anforderungen in verschiedenen Märkten mit passiver Kühlung auskommen, sind Abstriche hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der CPU unumgänglich. Gibt es jedoch die Möglichkeit, ein Design mit aktiver Belüftung umzusetzen, steigen auch die Optionen hinsichtlich des Prozessors, des Layouts und des mechanischen Designs.

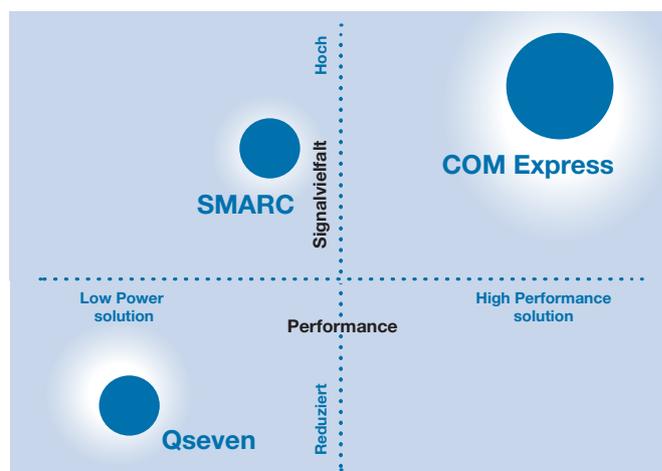


Abb. Performance/Signalvielfalt – Platzierung von Qseven, SMARC und COM Express

Eine weitere Entscheidungshilfe hinsichtlich des Moduls kann die Frage nach der Architektur bieten. Möchte man eine x86-Architektur, die auf einer CISC-Struktur (Complex Instruction Set Computing) basiert, oder setzt man auf die Eigenschaften einer RISC (Reduced Instruction Set Computing)-basierten ARM (Advanced RISC Machine)-Architektur? Stabile und bewährte x86-Chipsätze bieten die Möglichkeit, I/O-Schnittstellen direkt anzusprechen, wobei das RISC-Prinzip über keine Befehle verfügt, die direkt mit I/O-Funktionen arbeiten können. Hier wird hauptsächlich mit Registern gearbeitet, und für das Lesen/Schreiben von Flash-Chips gibt es nur eine begrenzte Anzahl von Befehlen.

Vereinfacht dargestellt sind RISC-Befehlssätze kleiner und granularer, während CISC-Befehlssätze größer und komplexer sind. Bei der ARM-Architektur wird z.B. jede Anweisung in eine einzige Operation übersetzt, die die CPU ausführen kann, etwa den Inhalt von zwei Registern zusammenzuführen. Ein CISC-Befehl drückt eine einzelne Operation aus, die CPU muss jedoch drei oder vier vereinfachte Befehle tätigen, um sie auszuführen. Beispielsweise kann eine CISC-CPU angewiesen werden, zwei im Hauptspeicher gespeicherte Zahlen zu addieren. Dazu muss die CPU die Nummer von Adresse-1 holen (eine Operation), die Nummer von Adresse-2 holen (zweite Operation), die beiden Zahlen hinzufügen (dritte Operation) und so weiter.

ARM-Prozessoren überzeugen durch Effizienz, was z.B. für mobile Geräte oder Geräte mit geringeren Performanceanforderungen prädestiniert ist. Als Vorteile gegenüber einer x86-Architektur ist der geringere Energieverbrauch des Prozessors und die Sicherheit zu nennen, die das System vor unbeabsichtigter Veränderung schützt. Jedoch schränkt dies den Benutzer auch ein, da die Erweiterbarkeit und die Berechnungskapazität der Prozessoren begrenzt ist.

ARM-Prozessoren sind aufgrund der Funktionalität und Energieeffizienz bei SMARC- und Qseven-CoMs anzutreffen.

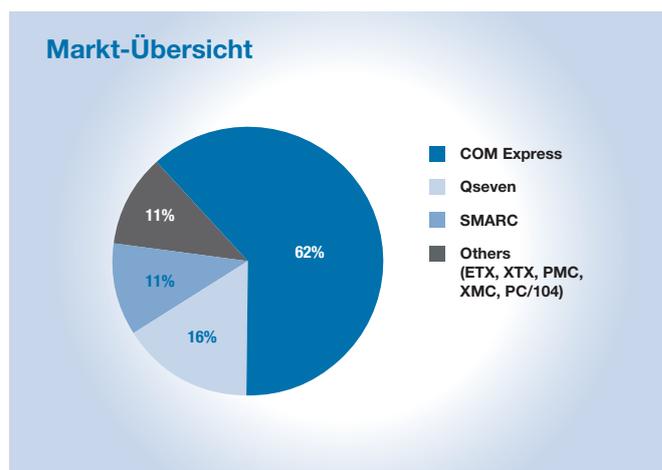
x86-Prozessoren, die von Intel oder AMD produziert werden, eignen sich für komplexere Lösungen mit höheren Performanceansprüchen und einer Realisierung vieler Schnittstellen, welche für die immer weiter voranschreitende Digitali- und Virtualisierung notwendig sind. x86-Architekturen bieten eine große Systemkonfigurier- und Erweiterbarkeit auch bei leistungsstärkeren Prozessoren. Dies bedeutet natürlich auch einen höheren Energieverbrauch und eine größere Wärmeentwicklung als bei ARM-Prozessoren.

x86-Architekturen finden in großer Bandbreite bei COM Express-Modulen Anwendung. Leistungsärmere Prozessoren wie ein Intel Atom/Celeron oder Pentium mit max. 12W können jedoch auch auf SMARC- und Qseven-Modulen realisiert werden und sind bereits am Markt verfügbar.

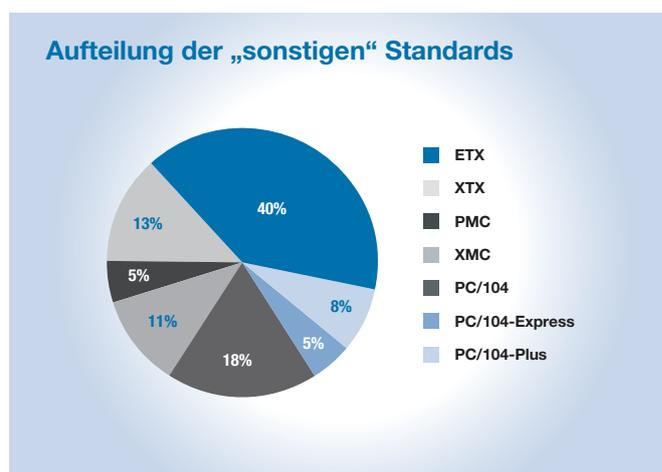
Softwaretechnisch sind beide Architekturen nicht miteinander kompatibel. Deshalb sollte die Prozessor-Architektur ebenfalls in der frühen Konzeptphase des Projektes definiert werden, da ein Wechsel zu der anderen Technologie nicht direkt möglich ist.

## Marktanalyse / Marktanteile der Modulstandards

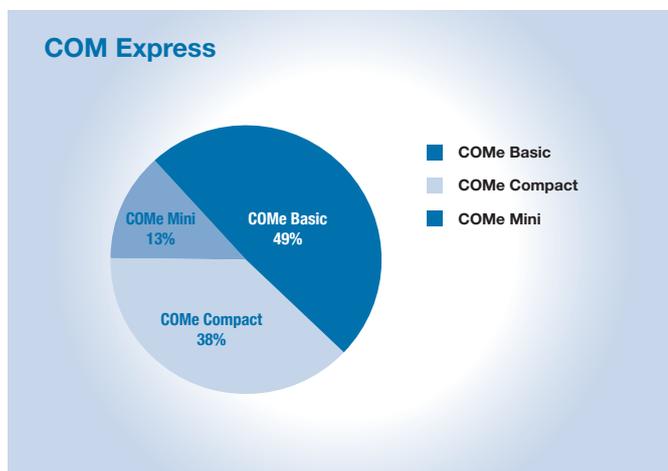
Aus einer von HEITEC durchgeführten empirischen Marktanalyse ergibt sich folgende Marktaufteilung der Standards. Grundlage bildet Verfügbarkeit, Angebot der Modulvarianten und zukünftige Neuentwicklungen (Roadmap) der betrachteten Hersteller.



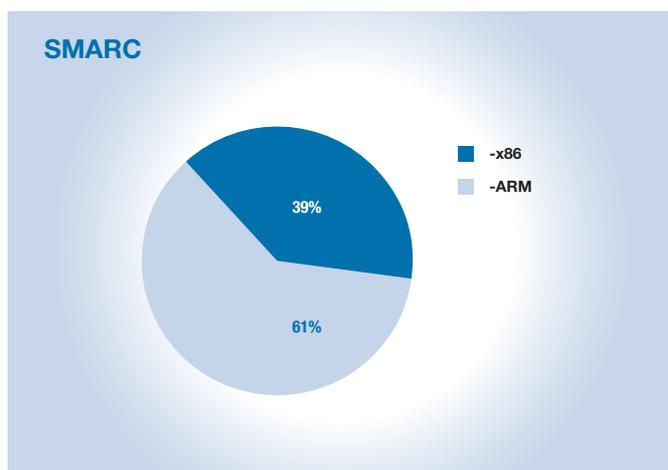
Die Anteile der „sonstigen“ Standards unterteilen sich wie folgt:



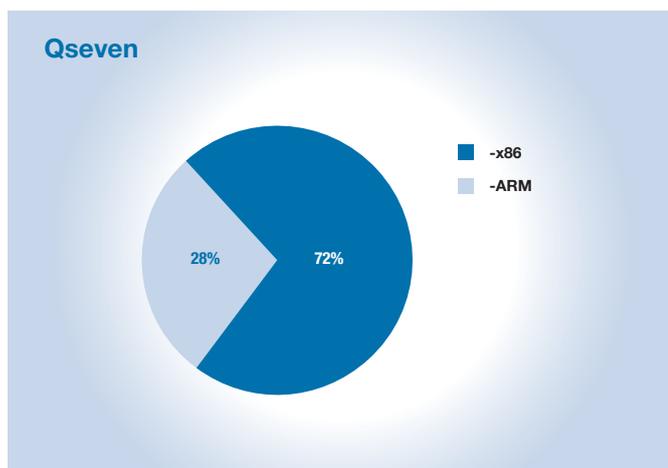
Anteile der jeweiligen COM Express Formate



Verhältnis von x86 und ARM Architektur der am Markt verfügbaren SMARC Modulen.



Verhältnis von x86 und ARM Architektur der am Markt verfügbaren Qseven Modulen.



Autor: Alexander Jäger  
Portfolio-Solution Manager  
Geschäftsgebiet Elektronik, HEITEC AG  
Stand 03/2021

## HEITEC AG

Geschäftsbereich Elektronik

Dr.-Otto-Leich-Str. 16  
90542 Eckental

Telefon: +49 9126 2934-0  
Fax: +49 9126 2934-140

E-Mail: [elektronik@heitec.de](mailto:elektronik@heitec.de)  
Internet: [www.heitec-elektronik.de](http://www.heitec-elektronik.de)

