

Bluetooth - der Kabel-Killer

Bluetooth bietet eine umfassende drahtlose Lösung für die einfache und schnelle Kommunikation zwischen PC, Peripherie und portablen Geräten. Der Kurzstrecken-Datenfunk stößt weltweit auf Akzeptanz und ist schon im nächsten Jahr in Handys und Handhelds zu finden.

VON WOLFGANG HASCHER

Das Kabel ist eines der letzten Fossilien in unserem ansonsten hoch mobilen Kommunikationszeitalter. Es schränkt das freie Verbinden von PCs, Druckern und Scannern ein, es verknotet sich zu staubigem Wirrwarr hinter Schreibtischen und Schränken, es lässt sich meist nur zwischen ganz bestimmten Geräten einsetzen. Und es ist bislang kaum verzichtbar, um mobile Kommunikationsmittel wie Notebook und Handy zur Interaktion zu bewegen. Eine umfassende Lösung für den einfachen, schnellen und vor allem drahtlosen Anschluss von Peripherie und portablen Geräten naht mit [Bluetooth](#). Die inzwischen standardisierte Kurzstrecken-Funktechnik ersetzt nicht nur Drahtverhaue und auf freie Sicht angewiesene Infrarot-Schnittstellen. Vielmehr verbindet die Netzwerk-Technologie Bluetooth mobile und stationäre Geräte mit Sendeleistungen zwischen 1 und 100 mW im Zehnmeter-Umkreis zu individuellen *Piconets*. In diesen kann man Daten und Sprache per Funk übertragen. Die meisten Geräte werden der Leistungsklasse 1 entsprechen, die mit einer maximalen Sendeleistung von 100 mW bei 20 dBm Signalabstand spezifiziert ist.

Den Namen Bluetooth (Blauzahn) wählte die schwedische Firma [Ericsson](#) als Initiator dieser Technologie in Erinnerung an den vor rund 1000 Jahren in Dänemark herrschenden König Harald II, der diesen Beinamen trug. Wegen des durch ihn eingeleiteten, erfolgreichen Zusammenschlusses einzelner Gebietsteile zu einem einheitlichen Königreich genießt der Name dieses Herrschers auch heute noch einen guten Ruf und steht als Synonym für fortschrittliches Denken auf Basis eines großen Grundgedankens. Ähnlich gilt auch für die Bluetooth-Technologie, die einen weltweit einheitlich akzeptierten Standard nutzt und für die mittlerweile rund 1900 Elektronik-Firmen im Rahmen der [Bluetooth-SIG](#) (Special Interest Group) Interesse gezeigt haben. All diese Firmen beabsichtigen - zumindest zum großen Teil - diese Funk-Kurzstrecken-Netzwerk-Technologie in eigenen Designs einzusetzen oder Produkte darum herum zu entwickeln.

Global einheitlicher Standard

Bluetooth wurde der Öffentlichkeit als lizenzfreie(!) Spezifikation im Mai 1998 von der Bluetooth-SIG vorgestellt. Diese wurde auf Initiative von Ericsson gegründet und umfasste zu Beginn noch die Firmen [IBM](#), [Intel](#), [Nokia](#) und [Toshiba](#). Der gemeinsame Grundgedanke war und ist, eine preiswerte und Energie sparende Funkverbindung zu schaffen, die Kabelverbindungen auf kurzer Distanz vollständig ersetzt. Bluetooth ist vom technischen Ansatz her in alle elektronischen Geräte, die Datenkommunikation betreiben, integrierbar. Ericsson treibt die Entwicklung von Bluetooth weiter voran und zählt mittlerweile zu den ersten Unternehmen, die schon jetzt kommerziell einsetzbare Produkte auf den Markt bringen.



Ein Bluetooth-Basismodul besteht aus einem HF-Teil und einem Basisband-Controller

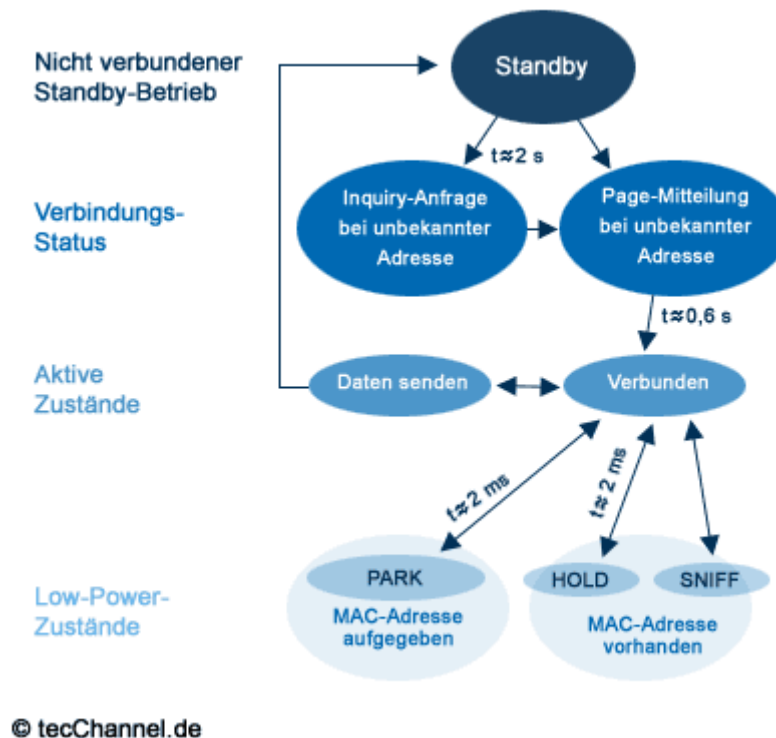
Die Entwicklung des Standards in der Version 1.0 wurde im Juli 1999 abgeschlossen. Auch hat sich im Kernbereich der SIG etwas getan, und zwar im Sinne einer Erweiterung: Zu den ursprünglichen vier weiteren Gründungsfirmen rund um Ericsson kamen vor wenigen Monaten die Firmen [3COM](#),

[Lucent](#), [Microsoft](#) und [Motorola](#) hinzu; diese neun Unternehmen bilden nun die "Promoter Group" als Kernbereich der Bluetooth SIG.

Ungeahnte Möglichkeiten

Die funkbasierten Piconets eröffnen völlig neue Kommunikations-Möglichkeiten: Der Organizer in der Hosentasche synchronisiert eingegebene Termine mit der Datenbank auf dem Notebook, sobald sich dieses in Funkreichweite befindet. Das Handy wiederum meldet eingehende E-Mails an den Mobilrechner weiter. In Besprechungen erscheinen Powerpoint-Präsentationen nicht nur auf dem Bildschirm des Vortragenden, sondern fast gleichzeitig auf den Displays aller Teilnehmer. Und Vielreisende oder Teilzeitbeschäftigte, die meist den nächstgelegenen freien Schreibtisch nutzen, finden ihr Notebook und Mobiltelefon auf Knopfdruck mit dem lokalen Daten- und Telefonnetz, der gerade verfügbaren Maus sowie dem Drucker im Nebenzimmer verbunden.

Der größte Vorteil von Bluetooth gegenüber den im Mobilbereich aufgekommenen Infrarot-Übertragungstechniken besteht darin, dass Bluetooth-fähige Endgeräte ohne Sichtkontakt mit einer Übertragungsrate von maximal 1 MBit/s kommunizieren können. Dies entspricht rund dem 15fachen einer [ISDN](#)-Übertragung. Die Funkwellen, die den weltweit kostenlosen 2,4-GHz-Bereich nutzen, durchdringen Jacken- und Aktentaschen, Schrank- und Zimmerwände.



Ein Bluetooth-Modul kann mehrere Betriebszustände einnehmen. Da kein stetiger Datentransfer erfolgt, sind aus Gründen des Stromsparens besonders die Lowpower-Zustände wichtig

Für höhere Reichweiten wird man in Zukunft dem Sendeteil einen Leistungsverstärker mit 100 mW Ausgangsleistung nachschalten können, sodass Distanzen von bis zu 100 Meter möglich sind. Die Empfangsteile besitzen eine Empfindlichkeit von -70 dBm und arbeiten mit einer Zwischenfrequenz von 1 MHz, was derzeit für diese Anwendung das Optimum darstellt. Daneben existieren bereits Überlegungen für eine Verdopplung der Übertragungsrate auf bis zu 2 MBit/s.

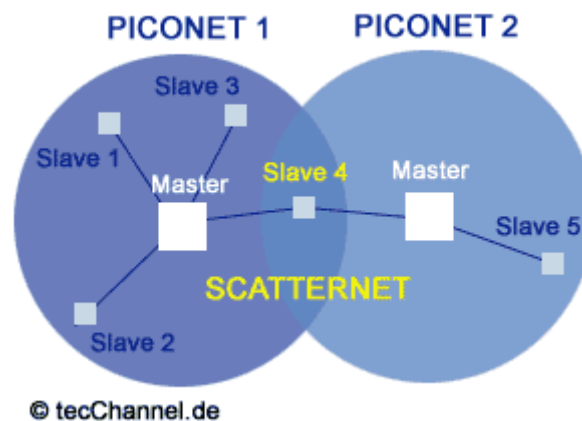
Um die genannten Bedingungen zu erfüllen, verwendet die Bluetooth-Technologie ein Chipdesign, bei dem die gesamte Schalllogik sowie die Sender/Empfänger-Komponenten demnächst auf einem

einigen Chip mit einer Kantenlänge von 9 mm Platz finden. Erste Ausführungen in jetzigen Prototypen verwenden noch Zwei- oder Dreichip-Kombinationen.

Sicherheit durch Frequenz-Hopping

Der Arbeits-Frequenzbereich für Bluetooth beginnt bei 2,402 GHz und endet bei 2,480 GHz. Innerhalb dieses Bandes ist für die Bluetooth-Kommunikation ein Frequenz-Hopping-Verfahren in 79 Schritten zu je 1 MHz Abstand festgelegt. Die Frequenzwechsel folgen 1600 Mal je Sekunde.

Sobald zwei oder mehrere Geräte (es dürfen in einem Piconet maximal acht Einzelgeräte miteinander kommunizieren) im Betrieb sind, identifizieren sich die einzelnen Bluetooth-Geräte-Controller innerhalb von zwei Sekunden über eine individuelle und unverwechselbare 48 Bit lange Seriennummer. Das erste innerhalb der Kleinnetzwerk-Struktur aktivierte Gerät wird damit automatisch zum Master und steuert auch das Frequenz-Hopping mit 1600 Hops je Sekunde



Mehrere Bluetooth-Piconets mit ihrerseits maximal acht Teilnehmern können sich zu einem "Scatternet" zusammenschließen, die Kommunikation erfolgt über einen gemeinsamen "Slave".

Im Wesentlichen dient das Frequenz-Hopping dazu, um neben der vorhandenen Verschlüsselung zusätzlich gegen Eindringlinge oder Lauscher gefeit zu sein und andererseits, um auch HF-Störungen auszuweichen. Nicht zu vergessen ist in diesem Zusammenhang, dass sich im 2,4-GHz-Band zahlreiche Funkdienste tummeln können und überdies Mikrowellenherde frequenzmäßig eng benachbart sind.

Die Sende/Empfangs-Antenne am HF-Teil (in dem auch der Sende/Empfangs-Umschalter integriert ist) kann üblicherweise aus einem kurzen Stück Leiterbahn auf dem Bluetooth-Modul bestehen. Interessant auch die Tatsache, dass sich mehrere Piconets zu einem *Scatternet* zusammenschließen können. Die Kommunikation erfolgt dann über einen gemeinsamen *Slave*.

Massenmarkt mit Problemen

In Anbetracht des weltweiten Wachstums im Bereich der Mobiltelefonie, das selbst die optimistischen Vorhersagen übertrifft, sind die Erfolgsaussichten für Bluetooth hoch. Im Jahre 2002 sollen über 100 Millionen Mobiltelefone, Computer und andere elektronische Geräte Bluetooth-fähig sein.

Bluetooth genießt damit zwar Unterstützung auf breiter Ebene, es sind jedoch noch einige Probleme zu beseitigen. Die Bluetooth-Technologie ermöglicht preisgünstige Funkverbindungen, weil sie das nicht durch Reglementierungen eingeschränkte 2,4-GHz Band benutzt. Dies ist jedoch dasselbe Band, das auch drahtlose lokale Netzwerke (WLAN) nach dem Industriestandard 802.11 nutzen



Die Chip-Technologie verfeinert sich. Hier ein Beispiel für die Miniaturisierung: Links ein aktuelles HF-Modul von National Semiconductor (LMX3162), rechts ein künftiges Komplett-Bluetooth-Modul.

Das in der Bluetooth-Technologie verwendete Frequenzsprungverfahren sollte die Auswirkungen von Frequenzbandkonflikten minimal halten, es besteht aber die Möglichkeit, dass die Bluetooth-Kommunikation in einer Umgebung mit Wireless-LANs zu Datenkollisionen und verlorenen Datenpaketen im 802.11-Netzwerk führt. Das Bluetooth-Konsortium bemüht sich weiterhin in Zusammenarbeit mit der amerikanischen Bundesluftfahrtbehörde um eine Genehmigung für die Verwendung der Bluetooth-Technologie in Flugzeugen.

Technische Erfolgsfaktoren für Bluetooth

Um den zu erwartenden Boom der mobilen Datendienste optimal nutzen zu können, wurde bei der Entwicklung und Positionierung von Bluetooth besonderer Wert auf folgende technische Kriterien gelegt:

- **Nahtlose mobile Konnektivität:** Bluetooth-Geräte können andere Bluetooth-fähige Geräte in ihrer Reichweite automatisch erkennen und sich mit ihnen verbinden. Die Fähigkeit, mit anderen Geräten ohne Eingriffe des Benutzers kommunizieren zu können, wirft jedoch die Frage nach der Datensicherheit auf. Dieses Problem wird - laut der Bluetooth-Spezifikation 1.0, die seit rund einem Jahr gültig ist - vollständig durch die in der Bluetooth-Architektur integrierten Berechtigungsprüfungs- und Verschlüsselungsfunktionen gelöst: Alle Geräte können nur mit den vom Benutzer festgelegten Geräten kommunizieren.
- **Geringer Stromverbrauch:** Viele Bluetooth-Anwendungen werden in batteriebetriebenen Geräten arbeiten, dürfen also nur wenig Strom verbrauchen. Der Stromverbrauch wird bei Bluetooth dadurch verringert, dass Verbindungen nur auf Anforderung aufgebaut werden. Zudem ist die Leistung des Senders auf eine Reichweite von zirka 10 Metern beschränkt. Diese Reduzierung hängt auch von der im Einzelfall verwendeten Implementierung ab. Die Entwickler konnten jedoch den Strombedarf von Bluetooth bereits auf 30 Mikroampere im Sleep-Modus, 60 Mikroampere im Hold-Modus, 300 Mikroampere in Bereitschaft und auf 3 bis 30 Milliampere beim Senden senken. Der Stromverbrauch verringert sich voraussichtlich im Laufe der weiteren Entwicklung nochmals.

Weitere Erfolgsfaktoren für Bluetooth

Neben den technischen Faktoren sind auch marktstrategische Kriterien für den Erfolg einer Technologie entscheidend:

- **Offene Spezifikation:** Der Erfolg der GSM-Mobilfunk-Netze wurde durch eine hervorragende Technik begründet, die auf offenen, das heißt nicht herstellerspezifischen Standards aufbaut. Für eine rasche weltweite Akzeptanz wurde bei Bluetooth das gleiche Prinzip wie bei GSM angewandt. Der einzige Unterschied besteht darin, dass sich jedes einzelne Mitglied der Bluetooth SIG zum Verzicht auf seine Eigentumsrechte verpflichten muss.
- **Preis:** Als Entwicklungsziel werden für Bluetooth Integrationskosten von maximal 5 US-Dollar pro Modul beziehungsweise für eine komplette Einchip-Lösung angestrebt. Dieser geringe Preis setzt voraus, dass die Technik bis etwa 2002 ihren Einzug in die Serienfertigung hält. Dies zu erreichen gilt als sicher. Derzeit allerdings bewegen sich die Kosten für ein Modul noch im Bereich zwischen 20 und

30 US-Dollar. Ericsson arbeitet bereits heute daran, einen Großteil der Bluetooth-Chip-Funktionalität in den vorhandenen Handy-Chipsatz zu integrieren, der das Kernstück jedes Mobiltelefons darstellt. Die Bluetooth-Ansteuerung könnte dadurch zu einem Bestandteil des Hauptchips innerhalb des Telefons werden. Eine solche Lösung dürfte (in Großstückzahlen) zu einer weiteren Kostensenkung beitragen.

- **Markenname:** Bluetooth ist als Handelsbezeichnung geschützt, und auf den Markt zu bringende Produkte müssen einen Qualifizierungsprozess durchlaufen, um das Bluetooth-Kompatibilitäts-Logo tragen zu dürfen. Diese Kennzeichnung durch die Mitgliedsunternehmen der Bluetooth SIG wird geschäftliche Anwender ebenso wie private Verbraucher dazu bewegen, nur Bluetooth-fähige Produkte zu erwerben.

Bluetooth und Betriebssysteme

Die Einbindung und damit die Steuerung von Bluetooth-Hardware in Betriebssysteme ist bislang eher stiefmütterlich diskutiert worden. Auch auf Bluetooth-Kongressen, wie beispielsweise dem [Bluetooth Congress 2000](#) in Monte Carlo im Juni diesen Jahres, hörte man wenig darüber. Die Branche überlässt es den "Großen", sich damit zu befassen, was diese nun auch tun:

[Intel](#) und [Microsoft](#) wollen Bluetooth im Verlauf des Jahres 2001 in Windows implementieren. Diese beiden "Big Player" im Computer-Business (sowie auch IBM und Toshiba) haben übrigens den hervorgehobenen Status eines "Promoter"-Mitglieds innerhalb der "Bluetooth Special Interest Group" (SIG). Die beiden Unternehmen wollen außerdem mit der Computer-Industrie zusammenarbeiten, um die Bluetooth-Funk-Übertragungstechnologie bald auch in PCs einbauen zu können. Entsprechende Software-Entwicklungen laufen derzeit bei beiden Firmen. Daneben wird es bald auch Zwischenlösungen von Peripherie-Herstellern geben, die entsprechende Hardware und zugehörige Treiber bereitstellen.



PCs mit USB-Port können mit einem Bluetooth-Zusatzmodul nachgerüstet werden. Hier eines aus dem Programm von ELSA, das demnächst auf den Markt kommt

Intel seinerseits entwickelt außerdem eine integrierte Hardware- und Software-Plattform für mobile PCs, die der aktuellen Bluetooth-Spezifikation 1.0 entspricht, kompatibel zu Windows 98 und Windows 2000 sein wird und gegen Ende dieses Jahres erhältlich sein soll. Microsoft beabsichtigt ebenfalls, demnächst Hard- und Software für Bluetooth anzubieten.

Fazit

Bei Bluetooth tut sich einiges und im nächsten Jahr bereits wird diese Technologie in portablen Geräten vertreten sein. Immerhin sind rund 1900 Firmen weltweit an dieser Funk-Übertragungstechnik interessiert, was dem Bluetooth-Standard doch ein erhebliches Marktpotenzial sichern wird.

Speziell die schnelle und einfache Kommunikation zwischen Endgeräten, ohne die Beschränkung auf einen Sichtkontakt wie bei IrDA, dürfte wie der einheitliche Standard Garant für den Erfolg von Bluetooth sein.

Bleibt nur zu hoffen, dass sich Intel und die anderen Chipsatzhersteller Bluetooth schnell in ihre Chipsätze integrieren. Dann ist sichergestellt, dass diese Technologie auch im preissensitiven PC-

Massenmarkt schnell durchsetzt. In diesem Zuge ist auch Microsoft gefordert, seine Windows-Betriebssysteme Bluetooth-fähig zu machen. Hier sollte der Monopolist aus Redmond nicht den gleichen Fehler wie einst bei IrDA machen, und eine integrierte Lösung erst zwei Jahre nach den ersten Hardware-Lösungen ausschließlich in sein Consumer-Betriebssystem implementieren