



Bluetooth – Kurzstreckenfunk statt Kabel

Bluetooth ist auf dem besten Wege, sich zur universellen Funk-Schnittstelle zwischen den verschiedenen Technikwelten (Computer, Telekommunikation, Unterhaltung) zu etablieren und damit vielfach, zumindest auf kurzen Strecken, das gute alte Kabel zu ersetzen. Wir werfen ein Schlaglicht auf Historie, Möglichkeiten, Technik und die aktuelle Entwicklung dieser noch neuen, aber sich rasant entwickelnden Funk-Datenübertragungstechnologie.

Weg vom Kabel

Wovon träumen wir heute, da es nahezu alle technischen Gimmicks gibt, die sich Techniker bisher ausdenken konnten, wo wir über mobile Telefone, Computer, Navigationssysteme und Unterhaltungselektronik verfügen? Genau – wie kommen alle diese schönen Dinge schneller und universeller in Kontakt, wie können endlich die lästigen Kabel verschwinden, die man entweder überallhin mitführen muss oder die die Büro- und Wohnumgebung verschandeln? In der Computertechnik heißt eine der heute gängigen Lösungen

Wireless LAN (Drahtloses Netzwerk). Alle beteiligten Geräte werden über Ethernet per Funk miteinander verbunden, so entstehen drahtlose Computernetzwerke nach IEEE-802.11-Norm. Je nach Spezifikation werden hier maximale Datentransferraten bis zu 54 MBit/s erreicht, das für kleinere Netze und den Privatbereich eingesetzte gängige 802.11b-Netz erreicht 11 MBit/s. Diese (LAN-)Netzwerke bestehen meistens aus mehreren Geräten. Derartiger Aufwand muss aber nicht getrieben werden, wenn man nur einzelne bzw. wenige Geräte, dazu vielleicht noch temporär, miteinander verbinden will (Personal Area Network, PAN). Und die großen Reichweiten

von Wireless LAN, die ganze Stadtteile und Campusgelände überbrücken müssen, werden lange nicht immer benötigt.

Und unter Geräten will man hier nicht nur ganze Computer, Netzwerkdrucker etc. verstehen, sondern auch Einzelkomponenten wie Tastaturen, Mäuse, andere Eingabegeräte, Bildschirme usw. Dazu kommt die heutige Mehrfachnutzung z. B. von PDAs oder modernen Handys, die schnell und unkompliziert etwa an einen PC „andocken“ sollen. Bisher konnte man speziell einige dieser Geräte per Infrarot (fast) kabellos mit einem PC verbinden. Hierfür sind allerdings IrDA-Adapter am PC und insbesondere eine ständig gewährleistete optische

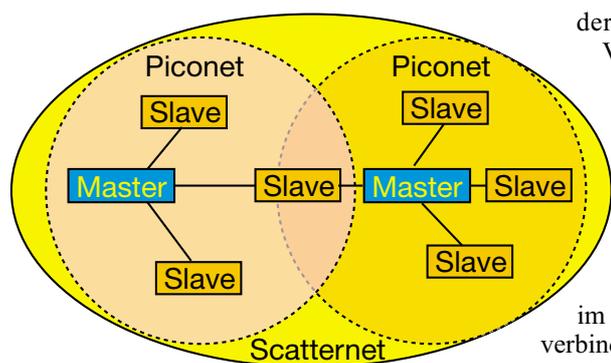


Bild 1: Die Netzstruktur von Bluetooth

Sicht zwischen allen Komponenten notwendig. Das erfordert einige Umstände und penible Ordnung am Arbeitsplatz.

Also stellt die Infrarot-Technologie auch nicht den Königsweg zur Abschaffung der lästigen Kabel dar. Diese sind eigentlich bei aller modernen Technik ein Anachronismus, der manchmal sogar konstruktiv die Miniaturisierung der Geräte behindert, da Steckverbinder nun einmal genormt sind.

Kabellos will man aber auch andere Geräte und Komponenten außerhalb der Computertechnik betreiben. Wie lästig sind Handy-Freisprecheinrichtungen mit Kabeln, Headsets mit Kabel am Büroarbeitsplatz oder etwa auch temporäre Verbindungen von der Videokamera oder dem MP3-Player zur Heimelektronik und – da schließt sich der Kreis – zum PC.

Dazu kommt die eindeutig beobachtbare Tendenz, auch heute noch per Infrarot arbeitende Kommunikationen, etwa die Fernbedienung der Unterhaltungselektronik, ebenfalls auf Funk umzustellen.

Ergo musste eine einheitliche und vor allem kompatible Drahtlos-Lösung her, die nicht nur spezielle Geräte miteinander verbinden kann, sondern systemübergreifend die Welten der IT-, Kommunikations- und Unterhaltungselektronik vereint.

Wikingerkönig vereint alle

Mit einer 1994 von den nordeuropäischen Handy-Herstellern Ericsson (heute Sony-Ericsson) und Nokia in Auftrag gegebenen Studie wollte man genau dies realisieren. Und zwar ohne eigenbrötlerischen Normen-Hickhack, wie man ihn von anderen derartigen Projekten, etwa bei den DVDs, kennt.

Deshalb bekam das Projekt den Namen „Bluetooth“. Der stammt vom Wikingerkönig Harald II., der im 10. Jahrhundert König von Dänemark war und mit der Christianisierung von Dänen und Norwegern deren jahrhundertealte kleinstaatliche Spaltung überwand. Er gilt bei den nordischen Völkern noch heute als die Integrationsfigur überhaupt. Seinen Beinamen König Blauzahn (Bluetooth) soll er

der Überlieferung nach seiner Vorliebe für Blaubeeren verdanken.

In diesem Sinne entstand also Bluetooth, ein Kurzstrecken-Datenfunksystem, das die verschiedensten Einzelgeräte auf relativ geringe Entfernung, also etwa innerhalb eines Raumes oder z. B. im Auto, kompatibel miteinander verbinden soll. Die Technik dazu soll extrem kompakt und auch mit kleinen Knopfzellen o. Ä. zu betreiben sein.

Ericsson und Nokia blieben hier nicht allein, später schlossen sich Firmen wie IBM, Intel, Toshiba und viele weitere dem Konsortium an und gründeten die SIG (Special Interest Group), die die Entwicklung dieser einheitlichen Funk-Schnittstelle vorantreiben sollte. Schon die Zusammensetzung der SIG war von vornherein viel versprechend, fand man doch hier tatsächlich angesprochenen Technikbereichen zuzüglich der Chiphersteller, die die benötigten Chipsätze bereitstellen sollten.

Offenes System

Im Gegensatz zu manchen anderen Standards ist Bluetooth als ein offenes System konzipiert, das es Entwicklern erlaubt, nach einfacher Registrierung, ohne Lizenzgebühren, zum Standard kompatible Geräte zu entwickeln. Damit wurden entscheidende Hindernisse für Entwicklungsfirmen beseitigt. Jeder, der sich als Bluetooth-Entwickler registrieren lässt, erhält Zugang zu allen Spezifikationen des Systems. Durch die vorausschauende Spezifikation des Bluetooth-Standards sind die Anwendungen der Technologie bereits breit beschrieben, was sich in den so genannten Profilen ausdrückt. Diese definieren die Verwendung der Kommunikationsprotokolle des Systems für bestimmte Einsatzarten, z. B. für die Datenübertragung zu Druckern, die Tonübertragung usw.

Bluetooth benutzt genauso wie das 802.11b-LAN den ISM-Frequenzbereich zwischen 2,402 und 2,483 GHz. Dabei stehen 79 Kanäle mit einem Kanalabstand von 1 MHz zur Verfügung (länderspezifisch je nach Gesetzeslage zur Nutzung des ISM-Bandes, z. B. gibt es in Frankreich Einschränkungen, auch andere Kanalzahlen). Um ein Abhören der Verbindung zu erschweren und Störungen auf dem ja für die allgemeine Nutzung freigegebenen ISM-Band zu entgehen, kommt ein Frequenz-Hopping-Verfahren zum Einsatz, das die Sendefrequenz 1600-mal in der Sekunde wechselt. Aufgrund der geringen Sendeleistung von standardmäßig 0 dBm (Klasse 1) beträgt die Reichweite etwa

10 m. Damit ist einerseits die Koexistenz mehrerer dieser Funkstrecken im gleichen Gebäude kein Problem und andererseits wird das Abhören der Verbindung gegenüber dem weitreichenden Wireless LAN deutlich erschwert. Für Anwendungen mit größeren Reichweiten sind von der Bluetooth-Spezifikation (Klasse 3) Verstärker bis zu 20 dBm zugelassen, die dann Reichweiten bis zu 100 m ermöglichen.

Die Datenübertragung erfolgt bei Sprachübertragung synchron mit je 64 kBit/s, sonst asynchron, hier entweder unsymmetrisch (721 kBit/s [Download] und 57,6 kBit/s [Upload]) oder symmetrisch (je Richtung 432,6 kBit/s).

Zusätzlich dient ein 128 Bit langer Schlüssel zur Verschlüsselung der Daten, ein ebenso langer Schlüssel wird zur Authentifizierung (Private Key) der Geräteverbindung eingesetzt.

Piconets und Scatternets

Sobald zwei oder mehrere Geräte senden bzw. empfangen, erfolgt deren gegenseitige Identifizierung über eine individuelle 48-Bit-Adresse. Dies wird entweder über das so genannte „Inquiry“ (Verbindungsaufnahme und Neuanmeldung eines neuen Gerätes) oder „Page“ (sofortige Verbindung zu einem bereits früher angemeldeten Gerät) realisiert und dauert max. 2 Sek. Ist die Identifizierung erfolgreich verlaufen, erfolgt jetzt die Bildung eines so genannten Piconets (Abbildung 1), auch Ad-hoc-Netzwerk genannt. Dabei werden innerhalb des Netzes automatisch eindeutige Adressierungen vergeben. Das erste hier aktivierte Gerät bildet (unabhängig von der Anwendung, es kann also auch das Bluetooth-Modul des PDAs sein, das das hinzukommende Notebook einbindet) den Master, alle weiteren die Slaves. Insgesamt können in solch einem Piconet bis zu 8 Geräte arbeiten. Der Master sorgt innerhalb des Piconets für die Organisation des Frequenz-Hoppings. Mehrere dieser Piconets sind zu einem Scatternet vereinbar, dabei bildet ein dem nächsten Master am nächsten liegender Slave die Brücke zum anderen Piconet.

Damit lassen sich bereits recht umfangreiche Konfigurationen bilden. Denkt man da an einen Computer-Arbeitsplatz, kommen mehrere Geräte schnell zusammen, etwa die Funk-Tastatur, die Funk-Maus, die Funkverbindungen zum Drucker, zum Handy, zum PDA oder sogar die drahtlose Internetverbindung zur Telefonanlage bzw. zum DSL-Router. Man sieht also schnell, dass hier nicht vorrangig an eine herkömmliche Datenverbindung wie beim Ethernet gedacht ist, sondern es um den Austausch verschiedenster Daten bis hin zu Audio- und Bilddaten geht.

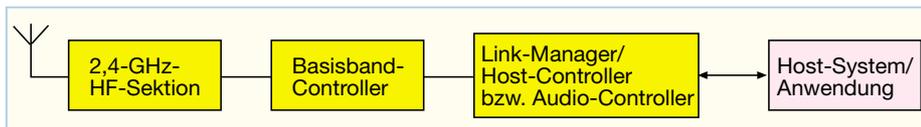


Bild 2: Der Aufbau eines Bluetooth-Controllers

Um diesen Ansprüchen universell gerecht zu werden, ist in der Bluetooth-Spezifikation ein einheitlicher Hard- und Software-Aufbau der Bluetooth-Technik selbst festgelegt. Dieser ist schematisch in Abbildung 2 zu sehen. Während HF-Teil und Basisband-Controller strikt dem Hardware-Protokoll folgen (hier sind grundsätzliche Systemfunktionen bei jedem Bluetooth-System gleich), sind der so genannte Linkmanager/Host-Controller bzw. der Audio-Controller an die spezielle Funktion des Gerätes angepasst. Sie sind ebenso die Schnittstelle zum Anwendungssystem wie die Anwendungssoftware, die je nach gewünschter Einsatzmöglichkeit implementiert ist.

Eine wichtige Funktion von Hard- und Software besteht darin, äußerst stromsparend zu arbeiten, denn der Einsatz in mobiler Technik soll ja möglichst lang andauernd erfolgen können. Dazu spezifiziert Bluetooth die so genannten Low-Power-Zustände „PARK“, „SNIFF“ und „HOLD“.

Im Park-Modus gibt das gerade nicht aktive Gerät seine Piconet-Adressierung an den Master zurück und geht in den Ruhezustand. Damit ein schnelles Wieder- einloggen (innerhalb 2 ms) ohne die län-

gere Anmeldungsprozedur (Inquiry) möglich ist, erhält dieses Gerät eine Park-Adresse. Hierüber wird es von Zeit zu Zeit vom Master aktiviert und behält so eine „lose“ Verbindung zum Netz.

Im Sniff-Modus, der Name sagt es, horcht das im Ruhezustand befindliche Gerät in regelmäßigen Intervallen in das Funknetz, ob es vom Master aufgerufen wird. Empfängt es einen Master-Ruf, geht es ohne Verzögerung in den aktiven Zustand.

Im Hold-Modus wird der Slave so lange in den Ruhezustand versetzt, wie keine aktiven Datenverbindungen laufen. Im Gegensatz zum Park-Modus behält er jedoch seine Piconet-Adresse, und falls es sich um eine (synchrone) Sprachverbindung handelt, wird auch diese Verbindung gehalten.

Ungeahnte Möglichkeiten

So viel zur Technik von Bluetooth, wollen wir uns den Möglichkeiten und Anwendungen widmen. Denn die sind nahezu unendlich. Betrafen die ersten Anwendungen (naturgemäß, weil Bluetooth durch Handy-Hersteller initiiert wurde) die Funkverbindung zwischen PC und Handy, folgten bald die ersten PDAs, die per internem

oder aufsteckbarem Bluetooth-Modul ebenfalls Daten untereinander, mit dem PC oder dem Bluetooth-Handy austauschen konnten. Wie komfortabel und automatisiert das geht, hängt von der jeweiligen Software-Applikation ab. So kann ein Datenbank-Abgleich zwischen PDA und PC auch völlig automatisch erfolgen, sobald man das Büro betritt.

Und etwas für den Spieltrieb fällt beim Bluetooth-Handy auch noch ab: Man kann gespeicherte Daten, z. B. selbst aufgenommene Bilder, ohne Umweg über die teure Telefonverbindung einfach via Bluetooth-Kurzstrecke von Handy zu Handy übertragen – ob das die Provider so wollten ...?



Bild: Funkwerk Dabendorf

Bild 4: Für die problemlose Anbindung von Bluetooth-Handys an vorhandene Freisprechanlagen: Adapter AUDIO 2000 blue. Das Handy kann in der Tasche bleiben, Gesprächsannahme und Lautstärkeeinstellung erfolgen am Adapter.

Ebenso komfortabel laufen die An- und Abmeldevorgänge bei vielen der derzeit groß im Kommen begriffenen Bluetooth-Headsets ab (Abbildung 3). Aktiviert man dieses, übernimmt es automatisch die Verbindung zum Handy, auch wenn dieses sich z. B. im Auto und man sich nur in der Nähe befindet.

Mehrere Autohersteller wie Audi, BMW DaimlerChrysler und Saab rüsten bereits ihre Fahrzeuge optional ab Werk mit Bluetooth-Funk aus, damit man die integrierten Freisprechanlagen mit einem Bluetooth-Handy erreichen kann. Daneben gibt es eine Vielzahl von Anbietern, hier seien nur Plantronics oder Funkwerk Dabendorf (Abbildung 4) genannt, die das Andocken an vorhandene Freisprecheinrichtungen erlauben.

Schon hieraus kann man ersehen, dass es offensichtlich tatsächlich erreicht wurde, mit Bluetooth einen wirklich einheitlichen und kompatiblen Standard zu schaffen.



Bilder: Nokia/Sony-Ericsson/Nextlink

Bild 3: Nehmen automatisch die Verbindung auf – Bluetooth-Handy und -Headset. Links Nokia-Kombi mit Nokia 6310i, in der Mitte das T 800 von Sony-Ericsson und rechts das besonders kompakte (nur 47 x 25 x 25 mm messende) Headset „Bluespoon Digital“ von Nextlink.



Bild: Nokia

Bild 5: Nokias N-Gage ist eine per Bluetooth vernetzbare Spielkonsole für LAN-Spiele ohne Verkabelung

Dabei gewinnt Bluetooth im Verlaufe des Jahres 2003 erst richtig an Fahrt. Was zur CeBit 2003 zu sehen war, lässt nicht nur Technik-Freaks das Wasser im Mund zusammenlaufen.

Nokia etwa zeigte die mobile, per Bluetooth vernetzbare Spielkonsole N-Gage (Abbildung 5), Sony-Ericsson einen MP3-Player mit Bluetooth-Headset und Verbindungsmöglichkeit zu einem Bluetooth-Handy. Dabei wird etwa bei einem ankommenden Handy-Ruf die Musik unterbrochen und der Ruf angezeigt.

Auch das Telefonieren zu Hause und im Büro wird dank Bluetooth-Headsets, die direkt mit einer Basisstation kommunizieren, bequemer (Abbildung 6).

Überhaupt nehmen jetzt Applikationen zu, die sich vermehrt der Übertragung von Sprache, Videodaten und Musik widmen. Deshalb kommen in letzter Zeit immer neue Profile zur Bluetooth-Spezifikation hinzu, die dieses Thema zum Inhalt haben. So gibt es inzwischen mehrere Videokameras, die ihre Daten per Bluetooth an das Handy, den PDA oder



Bild: Sony

Bild 7: Nimmt drahtlos Kontakt zu Bluetooth-Geräten auf – die Sony DCR-PC120 übermittelt Videosequenzen und Einzelbilder per Bluetooth, und man kann per Handy Bilder ins Internet übertragen.

den PC senden können. Damit kann man auch deren Bilder schnell via Handy per

Bild 6: Für die freie Bewegung im Büro – schnurloses DECT-System



Bild: Plantronics

Bild 9: Verlängert die ISDN-Verbindung drahtlos für bis zu 7 Geräte – BlueFRITZ! Access Point ISDN



Bild: EMTAC

Bild 8: GPS-Receiver mit Bluetooth-Sender – der EMTAC BTGPS gibt seine Daten an andere Bluetooth-Geräte weiter.

E-Mail oder mit einem Bluetooth-fähigen ISDN-Adapter sogar superschnell versenden (Abbildung 7).

Die nächste Stufe steht unmittelbar bevor – die Einbindung von Bluetooth in die Unterhaltungselektronik. So kann man dann bequem die Kamera auf den Tisch stellen und die Bilder per Funk zum Fernseher senden. Mittels spezieller Übertragungs- und Kompressionsverfahren gelingt es heute bereits, trotz der nur zur Verfügung stehenden geringen Bandbreite des Bluetooth-Kanals Stereo-Übertragungen rausch- und störungsfrei vorzunehmen, für Video-Streaming sind auch bereits Lösungen, auch in Form einer neuen Bluetooth-Spezifikation mit höherer Bandbreite, in Sicht.

Wie weit die Anwendungspalette von Bluetooth geht, zeigen auch Lösungen wie etwa das Bluetooth GPS-Gerät (BTGPS) von EMTAC (Abbildung 8), ein GPS-Receiver, der die empfangenen GPS-Daten drahtlos an andere Bluetooth-Geräte weitergeben kann. Seine Einsatzpalette ist dabei enorm vielseitig. Fest im Auto stationiert, kontaktiert er den PDA beim Einsteigen, aktiviert dessen Navigations-Software und sorgt während der Fahrt für die exakte Standortbestimmung. Im Rucksack des Schulkindes oder des Gebirgswandlers platziert, kann er via Bluetooth-Handy im Ernstfall den aktuellen Standort übermitteln. Oder aber er sorgt für die automa-

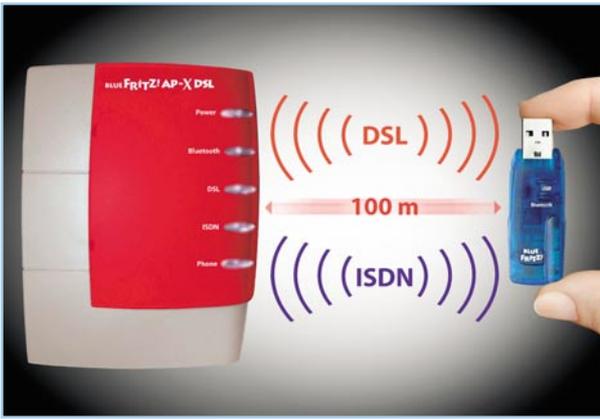


Bild 10: Vereint DSL- und ISDN-Modem sowie Bluetooth-Funktionalität – BlueFRITZ! Access Point DSL.

serieller, Parallel- oder USB-Schnittstelle kabellos machen, greift man zum entsprechenden „Bluetooth-Plug“, der dann mit eigener Intelligenz den Datenverkehr mit Rechner oder Digitalkamera regelt.

Wie unterstützen übrigens PC-Betriebssysteme Bluetooth? Beileibe nicht ganz so einfach wie USB. Windows-Betriebssysteme müssen immer noch per Treiber-Installation zur Zusammenarbeit überredet werden, erst die nächste Modifikation von XP wird Bluetooth direkt unterstützen. Linux unterstützt mit „BlueZ“ bereits Bluetooth, und Apple hat es seit Ende 2002 in sein Mac OS X integriert. Damit sollte

tische Einblendung von Standort-Daten in die Bilder der Digitalkamera.

Kommunikation ohne Kabel

Das ist an sich nichts Neues, aber Bluetooth schafft auch hier völlig neue Möglichkeiten. Will man z. B. das sonst unvermeidliche Kabelchaos vom ISDN-NTBA zum PC vermeiden, bietet etwa AVM einen Bluetooth-Access-Point (Abbildung 9) an, der einfach an den NTBA oder den So-Anschluss einer Nebenstellenanlage gesteckt wird und für bis zu 7 Geräte eine ISDN-Verbindung herstellen kann. Das soll über eine Reichweite bis zu 100 m funktionieren!

Noch einen Schritt weiter geht das neueste, zur CeBIT 2003 vorgestellte Modell des „BlueFRITZ! Access Point“ (Abbildung 10). Der vereint in einem Gerät den schnellen DSL-Internetzugang, ISDN-Kommunikation und Bluetooth-Funk. Durch die vollständige Integration einer ISDN- und einer DSL-Karte kann der Access Point direkt mit dem ISDN-Netzabschluss und dem DSL-Splitter verbunden werden. Damit ist auch ein separates DSL-Modem überflüssig. Zusätzlich bietet der neue BlueFRITZ! Access Point Anschlussmöglichkeiten für zwei analoge Endgeräte wie Fax oder Telefon.

Damit ist dann das Internet-Surfen mit Notebook auf der Terrasse noch einfacher geworden – ohne teures Wireless LAN!

Einfach den daumengroßen Bluetooth-Adapter in einen USB-Port des Rechners stecken, Treiber installieren, und schon ist der Rechner kabellos verbunden.

Verwendet man dagegen einen Bluetooth-Adapter in Form einer PCMCIA- oder Compact-Card, verschwindet das Bluetooth-Equipment ganz im Rechner. Externe, lästig hervorstehende Antennen sind kaum nötig, sie sind heute meist auf der Platine des Adapters integriert. Nur bei Klasse-3-Modulen gibt es noch eine „Außen-Antenne“. Abbildung 11 zeigt einige Adapter-Bauformen.

Es gibt auch bereits serienmäßig direkt in den Rechner integrierte Bluetooth-Technik, etwa bei einigen Sony-Vaio-Modellen.



Bilder: D-Link/3COM/Hantz+Partner/Nokia

Bild 11: Bluetooth-Adapter für PCs: links USB-Adapter, Mitte und rechts PCMCIA-Adapter für Laptops

Für Desktop-Rechner ohne USB hingegen kann Bluetooth mit einer entsprechenden PCI-Karte nachgerüstet werden. Auch die PC-Peripherie wird zunehmend kabellos. Tastaturen und Mäuse sind bereits mit Bluetooth-Technik verfügbar, auch einige Computerdrucker (Abbildung 12) sind bereits mit integrierter Funktechnik ausgestattet. Will man ein Peripheriegerät mit

dann Bluetooth genauso fix verfügbar sein wie USB.

Bleibt als Fazit festzustellen, dass die vielversprechende Bluetooth-Technik langsam Fuß fasst, gleichzeitig wachsen neue Wünsche an die Einsetzbarkeit und Funktionalität eines solchen Systems. Bald wird es wohl genauso tägliches Werkzeug sein wie USB ...

ELV



Bilder: Hewlett Packard/Hantz+Partner

Bild 12: Einige Computerdrucker verfügen bereits über eine integrierte Bluetooth-Schnittstelle, andere sind mit einem Adapter nachrüstbar. Links der HP Deskjet 995, rechts ein Parallel-Bluetooth-Adapter.