

Zeitschrift:	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
Herausgeber:	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
Band:	92 (2001)
Heft:	9
Artikel:	Bluetooth : drahtlose Übertragung
Autor:	Binggeli, Daniel
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-855701

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 18.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Bluetooth: Drahtlose Übertragung

Die Bluetooth-Technologie¹ ist eine Spezifikation für eine weltweit einsetzbare Funktechnik im Nahbereich. Sie ermöglicht den drahtlosen Datenaustausch zwischen verschiedenen Geräten, wie zum Beispiel Notebooks, Druckern und Mobiltelefonen. Damit lassen sich zwei der grössten Hindernisse beseitigen, die

gegenwärtig die Benutzerfreundlichkeit einschränken: Die herstellerspezifischen Verbindungskabel und das Festlegen der für die Kommunikation notwendigen Einstellungen entfallen. Ohne ein einziges Kabel verbindet die Bluetooth-Technologie praktisch jede beliebige stationäre oder mobile Einheit und wird damit den Telekommunikationsmarkt revolutionieren.

Jedes Bluetooth-fähige Gerät kann innerhalb eines drahtlosen Kleinnetzes, eines so genannten Piconetzes, mit einer Reihe von anderen Geräten kommunizieren. Die beteiligten Geräte unterhalten eine logische Verbindung, die nur im Falle der tatsächlichen Datenübertragung in eine physikalische Verbindung umgewandelt wird.

Erste Geräte an der CeBIT vorgestellt

Nachdem bereits Ende letzten Jahres Bluetooth-fähige Geräte der ersten Generation hätten erhältlich sein sollen, wird es nun Frühling 2001 (Bild 1). Die Ursache liegt unter anderem bei den Chips, deren Entwicklung angesichts der Komplexität und der hohen Frequenzen aufwändiger als ursprünglich geplant verläuft.

An der CeBIT 2001 wurde nun eine ganze Reihe funktionierender Bluetooth-Geräte vorgeführt. Gegenwärtig werden GSM-Mobiltelefone mit Bluetooth-Headset, Adapter, PC-Card, Compact-Flash-Karte, Module für den Druckeranschluss auf den Markt gebracht. Ab Mitte Jahr sollen dann LAN-Access Points, Modems und USB-Dongles² folgen.

Die Demonstrationen an der CeBIT zeigten aber, dass es nicht ausreicht, wenn sich Bluetooth-Geräte finden und verständigen können. Es braucht auch das nahtlose Zusammenspiel der beteiligten Anwendungen, die ihre Daten über die Bluetooth-Schnittstelle austauschen. Wenn beispielsweise ein Netzwerk-Server seine Bluetooth-Clients ausloggt, weil sich gerade kein Access-Point in der Nähe befindet und sie daher zeitweise nicht erreichbar sind, so ist das zwar kein



Bild 1 Die ersten Geräte

Das Bluetooth-Headset von Ericsson ist das erste Gerät, das in den Regalen der Kaufhäuser aufliegt, zusammen mit einem Adapter für das T-28-Mobiltelefon. Das hier gezeigte R520 soll ab Ende April 2001 verfügbar sein.

Problem von Bluetooth an sich, aber es widerspricht dem Anspruch von Bluetooth, einfache Verbindungen zu gewährleisten.

Die Special Interest Group (SIG)

Die SIG besteht aus einem Konsortium von Firmen, die den Bluetooth-Standard definieren, fördern und anwenden. Ent-

sprechend der unterschiedlichen Rollen der beteiligten Firmen unterscheidet die SIG drei Arten von Mitgliedern: Promoter, Associate Members und Adopter.

- Promoter: Als Promoter gelten die Gründungsmitglieder (siehe Kasten) sowie die 1999 aufgenommenen Firmen Lucent, Microsoft, Motorola und 3Com. Sie beschliessen unter anderem über die Verabschiedung von neuen Versionen des Standards.

- Associate Members: Sie werden auf Antrag aufgenommen und haben die Möglichkeit, an der Weiterentwicklung des Standards in den verschiedenen Arbeitsgruppen mitzuwirken.

- Adopters: Sie bilden das Gros der mehr als 2200 Firmen des Konsortiums. Die Mitgliedschaft ist kostenfrei und erlaubt die kostenlose Benützung des Bluetooth-Standards und des Bluetooth-Markenzeichens. Im Gegenzug verpflichtet sich der Unterzeichner zur Publikation aller im Sinne einer Weiterentwicklung des Standards gemachten Arbeiten und verzichtet auf deren Patentierung und auf Lizenzgebühren für nach Bluetooth-Spezifikationen gefertigte Geräten.

Standardisierung

Der Bluetooth-Standard ist in der relativ kurzen Zeit seines Bestehens auf einem stabilen, zuverlässigen Stand.

Noch nicht durch den Standard abgedeckte Anwendungsfälle werden durch verschiedene Projektgruppen innerhalb der SIG bearbeitet. Auch stehen neue Wünsche wie etwa höhere Bandbreite, andere Hardwareschnittstellen oder die Einbindung von noch mehr Protokollen und Diensten auf dem Programm. Es ist zu erwarten, dass der Standard etwa in zweijährlichem Rhythmus erweitert wird. Dies gibt den Herstellern genügend Zeit, die Neuerungen umzusetzen, und dürfte auf der anderen Seite genügend schnell sein, um den Wildwuchs von nicht kompatiblen, proprietären Erweiterungen in Grenzen zu halten.

Geräte mit Bluetooth-Technologie werden sehr bald in grosser Zahl am Markt sein. Viele namhafte Hersteller haben Chipsets angekündigt oder liefern schon aus. Es wird erwartet, dass die Kosten für Chipsets und Einbau in rund zwei Jahren von US-\$ 30 gegen US-\$ 5 sinken werden. Damit wird die Anwen-

Die Entstehungs geschichte von Bluetooth

1994 startete Ericsson eine Studie über eine Funkschnittstelle für Mobiltelefone mit dem Ziel, die wenig komfortablen Kabelverbindungen zu ersetzen. Die Funktechnik wurde gegenüber der Infrarotübertragung vorgezogen, da damit Verbindungen ohne direkten Sichtkontakt möglich wurden. Im Februar 1998 gründeten Ericsson gemeinsam mit Nokia, IBM, Toshiba und Intel die Bluetooth Special Interest Group (SIG), welche im Mai 1998 erstmals an die Öffentlichkeit trat und sich in der Folge sehr aktiv um die Entwicklung und Verbreitung des entstehenden neuen Standards einsetzte. Im Juni 1999 wurde die Version 1.0B der Spezifikation veröffentlicht, im Dezember Version 1.0B. Im Januar 2001 folgte die Verabschiedung des Standards 1.1, der vor allem viele Mehrdeutigkeiten der ersten Ausgabe bereinigt und damit die Interoperabilität zwischen Geräten verschiedener Herkunft sicherstellt. Mittlerweile umfasst die SIG neben den Gründungsmitgliedern mehr als 2200 Firmen, welche als so genannte Adopter den Bluetooth-Standard lizenziert benutzen können.

dung in Low-Cost-Segmenten auch ausserhalb des Telekommunikationsmarktes interessant. Da der Energiebedarf der Bluetooth-Sender bei kleinem Datenaufkommen sehr klein ist, können auch autonome Einheiten mit Batteriebetrieb realisiert werden.

Technische Eckdaten

Bluetooth-Technologie ersetzt die vielen speziellen Verbindungskabel der heutigen Geräte durch eine universelle Funkverbindung. Praktisch jedes digitale Gerät vom Mobiltelefon über das Notebook, den Drucker oder die Kameras bis hin zu Tastaturen und Joysticks kann Teil eines Bluetooth-Systems sein.

Bluetooth-Technologie stellt eine standardisierte Brücke zu bestehenden Datennetzen und zu Peripheriegeräten zur Verfügung. Sie macht es möglich, spontan und ohne feste Infrastruktur kleine private Netzwerke zu bilden. Bluetooth-Geräte benutzen ein schnelles Frequenzsprungverfahren und schnelle Quittie-

rungraten, um in dem störanfälligen Hochfrequenzumfeld eine robuste Verbindung zu garantieren.

Lizenzfrees Frequenzband

Um einen weltweiten Einsatz zu ermöglichen, muss das genutzte Frequenzband überall verfügbar und darüber hinaus offen für sämtliche Funksysteme sein. Der einzige geeignete Frequenzbereich, der diese Anforderungen erfüllt, ist das unlizenziert benutzbare und im Bereich von 2,45 GHz betriebene ISM-Frequenzband³, dessen Bandbreite weltweit zwischen 2400,0 MHz und 2483,5 MHz liegt. Bluetooth arbeitet daher auf einer Frequenz zwischen 2,402 GHz und 2,480 GHz. Die Geräte benötigen nur noch eine Zulassung durch die jeweils zuständigen Behörden. Dem Benutzer fallen keine Gebühren oder sonstigen Aufwendungen an. Bluetooth-Technologie setzt ein Fast-Frequency-Hopping-Verfahren (FFH) ein, bei dem 1600 Frequenzwechsel pro Sekunde vollzogen werden. Dadurch wird eine gute Störfestigkeit gegenüber anderen Einstrahlungen in diesem Frequenzbereich erreicht. Die Identifizierung der einzelnen Bluetooth-Komponenten erfolgt durch eine eindeutige Adresse von 48 Bit Länge, deren Aufbau nach dem IEEE-802-Standard geregelt ist. Dadurch werden Rechte, Funktionen und Sicherheit der miteinander kommunizierenden Teilnehmer geregelt. Die Brutto-Übertragungs-

rate beträgt 1 MB, von dem netto 721 kB/s oder rund 70% für Daten- und Sprachkommunikation genutzt werden können. Die restlichen 30% werden für die Frequenzwechsel benötigt, d.h. um Sender und Empfänger auf die nächste Frequenz abzustimmen.

Mehrere Piconets mit sich überlappenden Bereichen werden als Scatternet bezeichnet. In jedem Piconet kann nur ein Master festgelegt werden. Slaves hingegen können in mehreren Netzen eingebucht sein. Die notwendigen Spezifikationen für die Verwaltung eines Scatternets sind sehr umfangreich und zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht in vollem Umfang festgelegt, so dass mit Scatternet-Anwendungen vor Ende des Jahres 2001 nicht zu rechnen ist.

Die Bluetooth-Funkschnittstelle

Da das ISM-Band für alle offen ist, müssen die in diesem Frequenzbereich arbeitenden Funksysteme mit unvorhersehbaren Störquellen wie Babyfone, Garagentoröffnern oder Mikrowellenherden als stärkste Störquellen rechnen. Die auftretenden Störungen lassen sich unter Verwendung eines adaptiven Schemas vermeiden, das einen unbenutzten Teil des verfügbaren Spektrums sucht. Man kann auch Spreizbandverfahren zur Unterdrückung solcher Störungen heranziehen. Der Funk-Transceiver muss kompakt sein und mit möglichst geringer

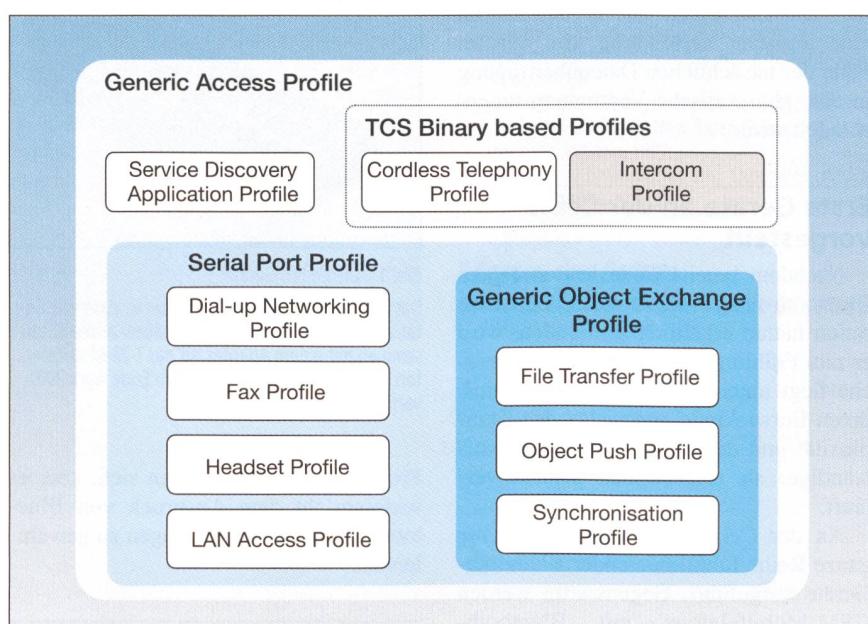


Bild 2 Die Familie der Anwendungsprofile nach der Bluetooth-Spezifikation 1.1

Generic Access Profile (GAP) und Service Discovery Application Profile (SDAP) werden von jedem Bluetooth-Gerät unterstützt. Die TCS-Profile dienen der Sprachübertragung, das Serial Port Profile (SPP) bildet die Basis für jeden Datentransfer. Darauf bauen die höheren Dienste wie LAN-Zugang, Fax, Datensynchronisation und auch die auf TCP/IP basierenden Dienste auf.

Profile	Erläuterung
Generic Access	Beschreibt den Verbindungsaufbau und -status, das Verhalten im Stand-by-Modus, regelt die Verarbeitung weiterer spezifischer Profile und die Sicherheitsprozeduren (z.B.: Austausch PIN).
Discovery Application (SDA)	Legt fest, wie ein Bluetooth-Gerät nach dem gewünschten Service sucht. Wird z.B. eine Audioübertragung angefordert, sucht das SDA-Profil nach allen Bluetooth-Komponenten in Reichweite, die diesen Dienst anbieten können, und stellt eine Verbindung her, die dann von der Anwendung genutzt werden kann.
Cordless Telephony	Audioübertragung, Übertragung von DTMF-Steuersignalen, ein- und abgehende Gespräche, Konferenzschaltung, Anrufer-ID (ISDN).
Intercom	Definiert – teilweise in Ergänzung des Telephony-Protokolls –, wie zwei Bluetooth-Geräte im Intercom-Modus gesteuert werden: z.B. GSM-Mobiltelefone, die ohne Serviceprovider als Walkie-Talkies (Sprechfunkgeräte) genutzt werden sollen.
Serial Port	Emuliert ein serielles Kabel.
Headset	Legt die Funktionen für ein Headset oder eine Freisprecheinrichtung fest, z.B. Audiokanäle und Lautstärkeregelung.
Dial-up Networking	Z.B. Internetzugang oder Remote-Access-Anwendungen, Anwahlprozeduren, AT-Modem-Befehle und Wahlverfahren.
Fax	Senden und Empfangen von Faxen, Weiterleitung der Faxdatei, z.B. vom Mobiltelefon an den Notebook.
LAN Access	LAN-Zugriffe über PPP, IP-Protokoll, PC to PC-Verbindungen (Peer-to-Peer), Netbios-Unterstützung.
Generic Object Exchange	Das generelle Profil für den Austausch von Datenobjekten, z.B. Filetransfer und Synchronisation.
Object Push	Mit diesem Profil sendet ein Bluetooth-Gerät ein (Daten-)Objekt an ein anderes Gerät – z.B. ein Notebook, der einen Termin in die Inbox eines Mobiltelefons stellt.
File Transfer	Austausch von Dateien und Ordner über Bluetooth zwischen zwei Systemen (Notebooks, PDA).
Synchronisation	(Automatische) Synchronisation zwischen Systemen (PC, Notebooks, PDA) und deren Anwendungen (Mail, Kalender, Datenbanken).

Tabelle I Zusammenstellung der einzelnen definierten Profile

Leistung arbeiten, d.h. für den Einbau in kleine tragbare Geräte wie Mobiltelefone, Freisprecheinrichtungen und Personal Digital Assistants (PDA) geeignet sein.

Frequency Hopping

Bluetooth arbeitet mit dem Frequenzsprung-Spreizbandverfahren, da diese Technik kostengünstige Funkanwendungen bei geringer Sendeleistung gewährleistet. Das Frequenzband wird in verschiedene Teilbänder oder Hop-Kanäle aufgeteilt. Während einer Verbindung springen die Transceiver nach einem pseudozufälligen Muster von einem Kanal zum anderen. Trotz der geringen Momentanbandbreite der einzelnen Sprünge wird gewöhnlich eine Spreizung über das gesamte Frequenzband erreicht. Dies ermöglicht den Einsatz kostengünstiger Schmalband-Transceiver mit äußerst geringer Störanfälligkeit. Ein allfälliger fehlerhafter Empfang in einem Kanal wird durch Verfahren zur Fehlererkennung innerhalb der Verbindung korrigiert.

Kanaldefinition

Bluetooth-Kanäle arbeiten nach einem Zeitduplexschema. Der Kanal ist dabei in

Zeitschlüsse mit einer Länge von jeweils 625 µs aufgeteilt, wobei jedem einzelnen Zeitschlitz eine eigene Sprungfrequenz zugeordnet wird. Hieraus resultiert eine nominale Sprungrate von 1600 Hops/s. In jedem Zeitschlitz kann ein Paket übertragen werden. Aufeinander folgende Zeitschlüsse werden abwechselnd zum Senden und Empfangen benutzt. So ergibt sich ein «Time Division Duplex» (TDD)-Schema.

Piconet

Zwei oder mehr Einheiten innerhalb desselben Kanals bilden ein Piconet, wobei eine Einheit als Master den Verkehr in diesem Piconet steuert und die anderen Einheiten als Slaves arbeiten. Das Teilband wird durch die Sprungsequenz, das heißt die Reihenfolge, in der die einzelnen Hops belegt werden, sowie die Phase innerhalb dieser Sequenz bestimmt. Bei Bluetooth legt die Identität des Piconet-Masters die Sequenz fest, während der Systemtakt der Master-Einheit die Phase vorgibt. Zur Erzeugung des Mastertakts in der Slave-Einheit kann der Slave seinem eigenen internen Takt einen Offset hinzufügen. Das Wiederholintervall der Frequenzsprungsequenz, das sehr lang ist (mehr als 23 Stunden), wird durch den Taktgeber bestimmt.

Adressen und Datenformate

Jedes Bluetooth-Gerät erhält eine eindeutige Adresse von 48 Bit Länge, deren Aufbau nach dem IEEE 802 Standard geregelt ist. Die Adresse ist hardwaremäßig im ROM des Bluetooth-Moduls festgelegt und kann nicht verändert werden. Sobald Bluetooth aktiviert wird, sendet es Suchsignale (Requests) aus, um andere Teilnehmer zu finden. Wenn ein Request beantwortet ist, tauschen die beiden Bluetooth-Systeme ihre Adress-Informationen und so genannte Profile aus, in denen festgelegt ist, welche Funktionen die beiden Endgeräte sich gegenseitig über die Funkverbindung zur Verfügung stellen und welche Daten oder Parameter dafür erforderlich sind.

Profile

Die Interoperabilität zwischen Bluetooth-Geräten verschiedener Hersteller wird durch Profile gewährleistet, die für bestimmte Anwendungsbereiche festgelegt sind. Wenn eine Bluetooth-Verbindung aufgebaut wird, tauschen die Systeme ihre Profile aus und legen damit fest, welche Dienste sie für die jeweiligen anderen Partner zur Verfügung stellen können und welche Daten oder Befehle sie dazu benötigen. Das Head-

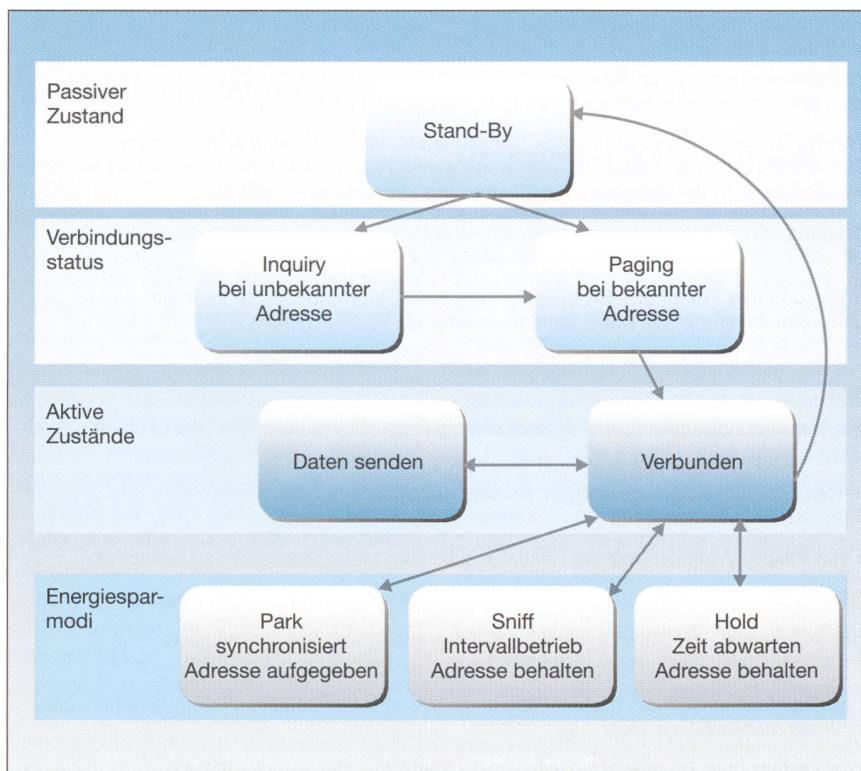


Bild 3 Die Betriebszustände eines Bluetooth-Moduls

Für Anwendungen mit kleinem Datenaufkommen sind vor allem die unten im Bild dargestellten Energiesparzustände von Bedeutung.

set-Profile fordert beispielsweise von einem Bluetooth-kompatiblen Mobiltelefon einen Audiokanal an und steuert über zusätzliche Datenkanäle die Lautstärke-Regelung.

Die Spezifikation 1.1 definiert die in Tabelle I dargestellten Profile.

Alle Bluetooth-Produkte müssen das Generic Access Profile unterstützen, damit die Kommunikation zwischen zwei oder mehr Geräten überhaupt aufgebaut werden kann. Bild 2 zeigt, dass bestimmte Profile andere Grundprofile als Voraussetzung haben. Um ein Fax-Profile starten zu können, muss z.B. das Serial Port Profile aktiviert sein. Zum Übertragen von Dateien über das File Transfer Profile sind das Generic Object Exchange Profile, das Serial Port Profile und das Generic Access Profile notwendig.

Verschlüsselung

Zum Schutz des Benutzers und zur Gewährleistung der Vertraulichkeit der übermittelten Informationen muss das System für den Einsatz einer Peer-Umgebung geeignete Sicherheitsmaßnahmen zur Verfügung stellen, d.h. jede Einheit innerhalb des Bluetooth-Systems muss dieselben Algorithmen zur Identifikationsprüfung und Verschlüsselung verwenden.

Zu diesem Zweck wurden ein Basisverschlüsselungsverfahren sowie ein Algorithmus zur Überprüfung der Benutzeridentität spezifiziert, die als Hardware realisiert werden können. Dieser Algorithmus gewährleistet ein hinreichendes Mass an Sicherheit für Geräte, deren Prozessorkapazität dazu nicht ausreicht. Für zukünftige Geräte ist eine abwärtskompatible Unterstützung von Chiffrier-Algorithmen vorgesehen.

Die wichtigsten Sicherheitsfunktionen sind:

- eine Authentisierungsabfrage- und -antwortfunktion
- eine Datenstrom-Chiffrierung zur Verschlüsselung
- die Generierung von Schlüsseln (Session Keys), die jederzeit im Laufe einer Verbindung geändert werden können

Verbindungsaufbau

Einheiten, die nicht zu den Teilnehmern eines Piconets gehören, gehen in einen Stand-by-Modus, von dem aus sie periodisch überprüfen, ob Suchanfragen für sie vorliegen (Bild 3). Von den insgesamt 79 verfügbaren Hop-Trägern wurde eine Gruppe von 32 als Weckträger definiert. Unter Verwendung dieser Weckträger greift eine Wecksequenz jeweils ein-

mal auf jedes Teilband zu. Die Länge dieser Sequenz beträgt 32 Hops. Nach Ablauf von jeweils 2048 Zeitschlitten (1,28 Sekunden) leiten die im Stand-by-Modus befindlichen Einheiten ihren Weckträger um einen Hop in der Wecksequenz weiter. Während des Abhörintervalls, das sich über 18 Zeitschlitte beziehungsweise 11,25 ms erstreckt, hört die Einheit einen einzigen Weckträger ab und korreliert die ankommenden Signale mit dem von ihrer eigenen Identität abgeleiteten Zugangscode. Spricht der Korrelator an – das geschieht, wenn die Mehrzahl der empfangenen Bits mit dem Zugangscode übereinstimmt – wird die Einheit automatisch aktiviert und leitet eine Prozedur zum Verbindungsaufbau ein. Andernfalls verbleibt die Einheit bis zum Eintreten des nächsten Weckereignisses im Stand-by-Modus.

Scatternetze

Die Benutzer eines Kanals müssen die verfügbare Kapazität miteinander teilen. Obwohl die Breite der Kanäle jeweils 1 MHz beträgt, kann der Durchsatz pro Benutzer bei einer Vielzahl von Teilnehmern schnell auf relativ geringe Datenraten absinken. Darüber hinaus kann trotz einer mittleren verfügbaren Bandbreite von 80 MHz diese Bandbreite nicht effizient ausgenutzt werden, wenn sich sämtliche Einheiten denselben 1-MHz-Hop-Kanal teilen müssen. Aus diesem Grund wurde eine andere Lösung implementiert.

Einheiten, die sich im selben Bereich und innerhalb ihrer jeweiligen Übertragungsreichweiten befinden, können Ad-hoc-Verbindungen zueinander aufbauen. Allerdings teilen sich nur diejenigen Einheiten denselben Kanal (Piconet), die wirklich Informationen miteinander austauschen wollen. Diese Lösung ermöglicht die Einrichtung mehrerer Piconete in überlappenden Versorgungsbereichen. Jedes Piconet arbeitet dabei mit seiner eigenen Sprungsequenz, mit einer pseudozufälligen Folge über die verschiedenen Kanäle des 80-MHz-Bands. Den Benutzern in jedem Piconet steht damit ein 1-MHz-Kanal zur Verfügung.

Eine Gruppe von Piconeten wird als Scatternet bezeichnet. Der gesamte wie auch der individuelle Durchsatz der Benutzer liegt in einem Scatternet weit über der Datenrate, die jeder Benutzer erreichen kann, wenn er in jedem Piconet mit einem 1-Mbit-Kanal teilnimmt. Eine zusätzliche Kapazitätssteigerung wird durch das statistische Multiplexen der Hop-Kanäle sowie die Wiederverwendung von Kanälen ermöglicht.

Layer	Funktion
LC	Link Controller oder Baseband: Befasst sich mit der Steuerung des Radioteils, mit der Fehlerkorrektur, der Adressierung und der Verschlüsselung. Unterhält physische Verbindungen zu anderen Bluetooth-Geräten. Steuert das Frequenz-Hopping.
LMP	Link Manager. Steuert den Verbindungsaufbau, ist zuständig für die Datensicherheit und Identifikation.
L2CAP	Logical Link and Adaption Protocol: Packt die Daten für die Übermittlung und überwacht die Verbindungsqualität.
SDP	Service Discovery Protocol: Dient dazu, angebotene oder vermittelte Dienste eines Bluetooth-Gerätes festzustellen und zu vereinbaren.
RFCOMM	Bietet die Emulation einer seriellen Schnittstelle, angelehnt an Etsi TS 07.10
Obex	Irda Interoperability: Dieses Protokoll ermöglicht, dass bestehende Applikationen sowohl über Irda- wie auch über die Bluetooth-Schnittstelle arbeiten können.

Tabelle II Darstellung der Layer und ihrer Funktionen

Jahr	Weltmarkt in Mrd. US-\$
2000	1,34
2001	1,8
2002	2,34
2003	3,1
2004	3,94
2005	4,36
2006	4,8

Tabelle III Marktpotenzial: Der weltweite Chipmarkt für die drahtlose Vernetzung (Quelle: Frost & Sullivan)

Anwendungsmodelle

Ein wesentliches Merkmal des Bluetooth-Standards ist seine Ausrichtung auf bestimmte Anwendungsmodelle oder Szenarien. Der Aufbau des Bluetooth-Protokollstacks (Bild 4) in seiner vorliegenden Form ist Ausdruck der Konzentration auf bestimmte Szenarien. Nachdem bestimmte Anwendungsfälle identifiziert waren, wurden die nötigen Profile und Protokolle definiert. Realisiert wurden Szenarien für Computer, Peripheriegeräte und Mobiltelefon.

Der kabellose Computer

Obwohl im Standard 1.0 nicht ausdrücklich erwähnt, wird dieses Szenario von den angebotenen Diensten abgedeckt. Es handelt sich hier um die kabellose Verbindung zwischen Computern mit den alltäglichen Peripheriegeräten wie Tastatur, Maus, Joystick, Lautsprecherboxen, Drucker und Scanner. Für die ersten drei erwähnten Geräte ist dies keine besondere Neuerung. Anders sieht es aus für Drucker und Scanner, wo bisher die Installation eines LANs notwendig war oder mit umständlichen Switch-

boxen gearbeitet werden musste, wollte man sich diese Geräte zwischen mehreren Computern teilen.

Schnurlose Freisprechtechnik

Durch den Anschluss einer Bluetooth-Freisprecheinrichtung an einen mobilen PC, ein Mobil- oder ein Festnetztelefon hat der Benutzer die Hände frei für andere Aufgaben. Der Standard erlaubt den Einsatz ein- und derselben Freisprechgarantie abwechselungsweise am Mobiltelefon, als Spracheingabegerät am Computer und am Festnetztelefon.

Ein Telefon für jeden Einsatzort (drei in einem)

Zu Hause kommt das Telefon als Schnurlostelefon zum Festnetztarif zum Einsatz. Unterwegs ist es ein normales Mobiltelefon, bei dem die Mobilfunkge-

bühren berechnet werden. Bei Verwendung im Büro arbeitet das Gerät für interne Verbindungen direkt über die Bluetooth-Schnittstelle als gebührenfreier Anschluss.

Die Internet-Bridge

Über seinen tragbaren PC kann der Benutzer an jedem beliebigen Ort im Internet surfen, und zwar unabhängig davon, ob die Verbindung über ein Mobiltelefon, über einen Festnetzanschluss (PSTN, ISDN, xDSL) oder über ein LAN erfolgt. Der Bluetooth-fähige PC stellt automatisch das Vorhandensein eines Bluetooth-Zugangsknotens zum Firmennetzwerk fest und veranlasst die Verbindungsannahme. Wenn kein LAN erreichbar ist, sucht das Gerät nach einem Bluetooth-fähigen Mobiltelefon oder Modem und nimmt bei Bedarf Verbindung zum voreingestellten Provider auf.

Die interaktive Konferenz

In Besprechungen und auf Konferenzen können Informationen (Visitenkarten, Präsentationsdaten, Dokumente usw.) sofort mit jedem anderen Teilnehmer ausgetauscht werden. Darüber hinaus werden zum Beispiel Dokumente drahtlos zum Drucker oder zu einem Projektor gesendet.

Automatische Synchronisation

Bluetooth ermöglicht den automatischen Abgleich der Daten zwischen Desktop-PC, Laptop, Notebook, Organizer und Mobiltelefon des Benutzers. Beim Betreten des Büros werden automatisch die im Notebook gespeicherten

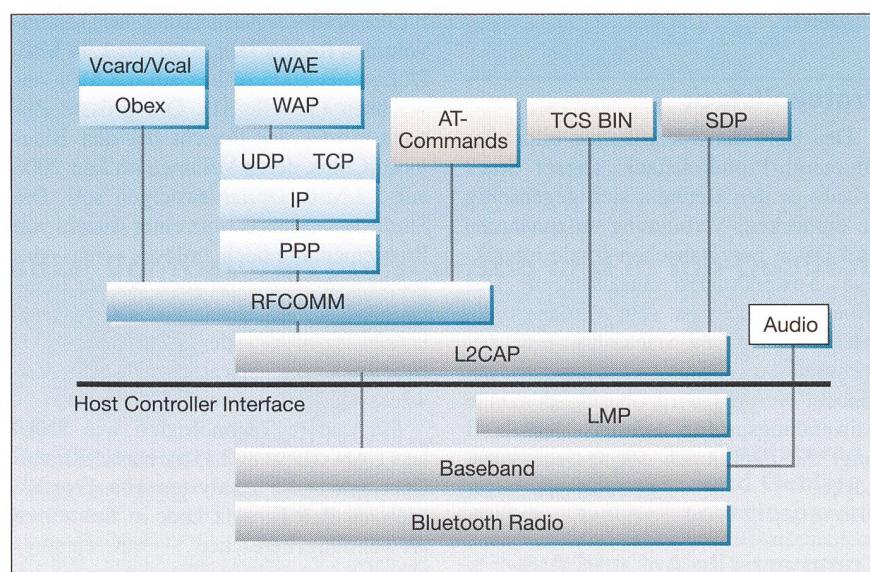


Bild 4 Der Bluetooth-Protokollstack

Er bietet Dienste an, welche Verbindungen nach den gängigsten Standards über die Bluetooth-Strecke ermöglichen (unter anderem: TCP/IP, Obex, die Infrarot-Protokolle für Synchronisation und Datentransfer, Wählverbindungen)

Verfahren	Erläuterung
Irda	Basierend auf Infrarot-Technologie. Einsatz für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen. Übertragungsrate max. 4 Mbit/s (bei max. 1,5 m Reichweite). Direkte Sichtverbindung zwischen den kommunizierenden Geräten nötig (Zielwinkelabweichung um Mittelachse <15°). Bereits in über 50 Mio. Endgeräten installiert, aber nicht durchgesetzt. Gründe: Einschränkungen bei Reichweite und Zielwinkel, teilweise schwierige Handhabung und Konfiguration der Treibersoftware.
Dect	Verbreitetste Standard für drahtlose digitale Telefone in Europa. Kann in mancherlei Hinsicht als Vorgänger zu Bluetooth betrachtet werden. Schwerpunkt ursprünglich bei Sprachübertragung. Die Anzahl der Anbieter von Dect-Datenlösungen ist begrenzt. Weiterentwicklung als Datenstandard unwahrscheinlich (direkte Konkurrenz zum Wireless LAN nach IEEE 802.11b).
Home-RF	Diese Arbeitsgruppe, angeführt von Compaq, Ericsson, Hewlett-Packard, IBM, Intel, Microsoft, Motorola, Philips, Proxim und Symbionics, entwickelt derzeit das Shared Wireless Access Protocol (Swap). Als Wireless LAN konzipiert, nutzt Home-RF auch das 2,4-GHz-Band, unterstützt Datenraten bis 2 Mbit/s (Ziel: 10 Mbit/s). Reichweite bis zu 100 m. Wird wegen der verwendeten Technologie (von IEEE 802.11 abgeleitet) tendenziell teurer als Bluetooth bleiben und schwieriger zu implementieren sein. Einige Home-RF-Entwickler sind auch Mitglieder der Bluetooth-SIG und versuchen, die Interoperabilität zwischen den beiden Standards mittelfristig herzustellen.
IEEE 802.11b	Wireless Ethernet Compatibility Alliance (Weca) gegründet von: 3Com, Aironet, Intersil, Lucent, Nokia und Symbol Technology. Zielmarkt: professionelle Anwender. Ziel: Definition eines Netzwerkstandards, der bis zu 11 MB Übertragungsrate und 100 m Reichweite bietet. 11 MB sind allerdings nur in relativer Nähe (10 m) zum Access Point (Übergang in das verdrahtete Netz) möglich. Bei grossen Entferungen kann die Datenrate unter 1 MB fallen. Der 802.11b-Standard spezifiziert keine Sprachübertragung und verbraucht zuviel Leistung, um in Mobiltelefonen integriert werden zu können. Arbeitet im 2,4-GHz-Frequenzbereich. Die Kosten für einen Access-Point werden etwa USD 600 betragen; für Radiomodule, mit denen Endgeräte ausgerüstet werden können (z.B. PC-Cards), etwa USD 200–300.
Hiperlan2	Bosch, Dell, Ericsson, Nokia, Telia und Texas Instruments entwickeln teilweise als Weiterentwicklung und als Konkurrenz zum 802.11b-Standard die Hiperlan2-Technologie. Sie soll mit G3-GSM-Standards als WAN und Bluetooth als PAN (Personal Area Network) zusammenarbeiten und damit das drahtlose Netzwerk vervollständigen. Hiperlan2 nutzt das lizenzierte 5-GHz-Band, hat Übertragungsraten bis zu 54 Mbit/s und eine Reichweite von 150 m. Wie bei der 802.11b Technologie wird auch Hiperlan2 Access Points benutzen, um Punkt-zu-Punkt- oder Multipunkt-Verbindungen herzustellen. Durch die Bandbreite eignet sich Hiperlan2 neben der Übertragung von Sprache und Daten auch für multimediale Inhalte und Videos. Erste Hiperlan2 kompatible Produkte werden für das Jahr 2002 erwartet.

Tabelle IV Verschiedene Verfahren zur Kommunikation im Nahbereich

Adressen, Termine und Aufgaben mit den auf dem Desktop-PC abgelegten Daten synchronisiert, zu Hause die privaten Termine mit den geschäftlichen abgeglichen. Diese Vorgänge werden ermöglicht durch die Fähigkeit der Bluetooth-Geräte, die Anwesenheit von entsprechenden Partnergeräten festzustellen und darauf zu reagieren.

Protokollstack

Den Kern der Spezifikation bildet der Bluetooth-Protokollstack. Dieser Stack erlaubt es den Geräten, sich gegenseitig zu entdecken, Verbindung aufzunehmen und Daten auszutauschen sowie interaktive Anwendungen auszuführen. Der Bluetooth-Stack ist sehr umfangreich. Welche Teile des Stacks für eine bestimmte Anwendung tatsächlich gebraucht werden, wird über so genannte Anwendungsprofile definiert. Tabelle II zeigt die Funktionen der verschiedenen Layer.

Kommerzielle An- und Ausichten

Die Marktentwicklung

Frühe Schätzungen prognostizierten für das Jahr 2002 mehr als 100 Mio.

Mobiltelefone und Millionen von PC und mobilen Geräten, die Bluetooth-Technologie zur Standardausrüstung haben. Diese Erwartung hat sich inzwischen als zu hoch erwiesen.

Das Marktforschungsunternehmen Frost & Sullivan [1] beziffert in einer Studie über die Entwicklung von Chips für die drahtlose Vernetzung das Gesamtvolumen für das Jahr 2000 mit 1,34 Mrd. Dollar; bis 2006 soll es auf 4,8 Mrd. anwachsen (Tabelle III). Die grösste Zunahme erwartet der Bericht bei den Bluetooth-Chips, deren Volumen im Jahr 2006 auf 2,3 Mrd. Dollar ansteigen soll. Die Studie besagt, dass trotz einer Anzahl von Problemen, die noch zu lösen seien – darunter Startschwierigkeiten bei der Interoperabilität, gegenseitige Störreinflüsse, Unklarheiten bei der Zertifizierung – Bluetooth die erwarteten hohen Zuwachsraten zeigen werde.

Für andere Technologien wie Wireless LAN (IEEE 802.11b), Home-RF und Dect sehen die Analysten von Frost & Sullivan den Einsatz eher in limitierten Anwendungsbereichen – mit entsprechend beschränkten Zuwachsraten. Im Fall von Dect wird sogar eine Stagnation mit abnehmenden Profiten angenommen, da die Preise von Dect-Chips wegen der Konkurrenz durch tenden-

ziell günstigere Bluetooth-Chips sinken werden.

Der Vergleich mit konkurrierenden und ergänzenden Technologien

Bluetooth ist nicht die einzige anwendbare Technologie. Andere marktrelevante drahtlose Übertragungstechnologien sind in Tabelle IV dargestellt.

Von der 3-Chip- zur Single-Chip-Lösung

Bis Mitte des Jahres 2001 werden die meisten Bluetooth-Produkte als 3-Chip-Lösung konzipiert, für die zweite Jahreshälfte ist dann mit der Verfügbarkeit von Single-Chip-Systemen zu rechnen, die Baseband und Bluetooth-Radio in einem



Bild 5 Das Bluetooth-Logo

Das Logo ist gleichzeitig Erkennungszeichen und Gütesiegel der Bluetooth-fähigen Geräte. Das blaue Emblem besteht aus den Runenzeichen H und B für Harald Blåtand. Die Rechte am Bluetooth-Markenzeichen werden von Ericsson gehalten und in Lizenz an Hersteller für Geräte vergeben, welche die Qualitätsprüfungen bestanden haben.

elektronischen Baustein bieten, der kleiner als eine Münze ist. Die Investitionen für die Entwicklung eines Bluetooth-Chips belaufen sich in der Grössenordnung von einigen Hundert Mio. US-\$, so dass neben den Global Playern der Chip-Industrie (Intel, Lucent, Ericsson, Siemens/Infineon) nur wenige Start-up-Unternehmungen in dieses riskante Geschäft einsteigen.

Das Bluetooth-Logo als Markenzeichen

Das Bluetooth-Logo (Bild 5) ist als Erkennungszeichen für die eingesetzte Technologie und als Gütesiegel gedacht. Die Verleihung des Logos für ein bestimmtes Produkt erfolgt ausschliesslich

im Zusammenhang mit dem erfolgreichen Bestehen eines Qualifikationsprozesses. Die Tests durch das «Bluetooth Qualification Program» sind unabhängig von den ohnehin durch den jeweiligen Gesetzgeber geforderten Zulassungstests. Diese wiederum variieren nach Art und Umfang ganz erheblich im internationalen Bereich. In Europa gelten beispielsweise innerhalb der Cept-Staaten⁴ die ETS 300328⁵ und ETS 300628 (HF- und EMC-Aspekte von RLAN⁶), oder auch ETS 300440 und ETS 300638 (HF- und EMC-Aspekte). Weitere Prüfungen stehen an, wenn Bluetooth-Produkte digitalisierte Sprache übertragen oder ans Telefon-Festnetz angeschlossen werden. Die BQTF-Institute⁷ bieten in zunehmendem Masse einen Service an, der auch die Prü-

fung nach den jeweils anwendbaren nationalen oder internationalen Normen mit abdeckt.

Referenz

[1] www.frost.com

Literatur

Brent A. Miller, Chatschik Bisdikian: *Bluetooth Revealed*, Prentice Hall, 2001.
Gil Held: *Data Over Wireless Networks*, McGraw-Hill, 2001.
Nathan J. Muller: *Bluetooth Demystified*, McGraw-Hill, 2001.
Jaap Haartsen, *The Universal Radio Interface for Ad Hoc, Wireless Connectivity*.
Bluetooth Whitepaper, www.rfi.de

Adresse des Autors

Fachhochschule Solothurn Nordwestschweiz, Bittertenstrasse 15, 4702 Oensingen: Daniel Binggeli, Dipl.-Ing. HTL, daniel.binggeli@fhs.ch

¹ Der Name «Bluetooth» oder zu Deutsch Blauzahn geht zurück auf den Wikinger König Harald Blåtand, der im zehnten Jahrhundert die Gebiete von Dänemark und Norwegen zu einem einzigen Königreich vereinte.

² Dongles sind kleine Geräte, die ohne Kabel an eine Schnittstelle des PC oder Notebooks angesteckt werden können.

³ ISM = Industrial, Scientific, Medical. Ein im Bereich von 2,45 GHz betriebenes Band mit weltweiter Bandbreite zwischen 2400,0 MHz und 2483,5 MHz. Die Bluetooth-Spezifikation sieht zusätzlich einen eingeschränkten Frequenzbereich für die wenigen Länder vor, die (noch) nicht das ganze ISM-Band zur Anwendung freigegeben haben.

⁴ Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications (Europäische Fernmeldeunion).

⁵ Technische Richtlinie der Europäischen Normierungsbehörde (Etsi).

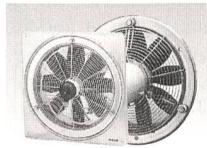
⁶ Radio Local Area Network (Datenfunknetz)

⁷ Bluetooth Qualification Test Facilities: Institutionen, welche Geräte und Software nach einem definierten Prozess prüfen und abnehmen und nach bestandener Prüfung das Bluetooth-Logo verleihen.

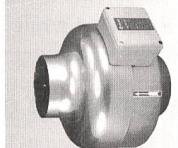
Bluetooth: Transmission sans fil

La technologie Bluetooth est une spécification pour une technique radio à courte distance utilisable dans le monde entier. Elle permet l'échange de données sans fil entre différents appareils comme des ordinateurs portables, des imprimantes ou des téléphones mobiles. Cela supprime les deux principaux obstacles limitant actuellement la convivialité: les câbles spécifiques à des marques et les réglages nécessaires à la communication. Sans le moindre câble, la technologie Bluetooth permet de communiquer avec pratiquement n'importe quelle unité stationnaire ou mobile et est ainsi en passe de révolutionner le marché des télécommunications. Chaque appareil compatible Bluetooth peut communiquer avec plusieurs autres dans un petit réseau sans fil, ou picoréseau. Les appareils entretiennent une liaison logique qui n'est convertie en liaison physique qu'en cas de transmission effective de données.

ANSON liefert Axial- und Radial-Ventilatoren preisgünstig und in Top-Qualität:



ANSON
Hochleistungs-
ventilatoren
mit Flanschplatten oder
Wandring. 400–25000
m³/h. Alle Stromarten.
Auch Ex-geschützt.



Rohr-
ventilatoren
für direkten Rohrana-
schluss 10–50 cm Ø.
150–15000 m³/h. Auch
Ex-geschützt. Dazu
Rohre, Aussengitter,
Schalter. Kurzfristig.

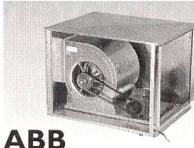


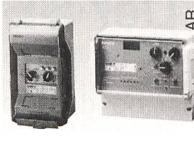
ABB
Ventilatoren
Kastenform
Top-Qualität. Auch
super-schallgedämmt.
125–800 mm Ø. Bis
20000 m³/h 600 Pa.
Offerte wird überzeugen!
Kurzfristig!



Radial-Gebläse
für Abluft, Apparate-
bau, Spezialanwendun-
gen. Alle Spannungen.
Alle Stromarten.
Auch Ex-geschützt.
200–6000 m³/h. Kon-
kurrenzlos günstig
vom Spezialisten.



**Mitteldruckge-
bläse, die besten**
bezüglich Leistung,
Qualität und Zuverläs-
sigkeit. Bis 4000 m³/h.
Bis 12 kPa. Alle Strom-
arten. Verlangen Sie
Beratung von ANSON

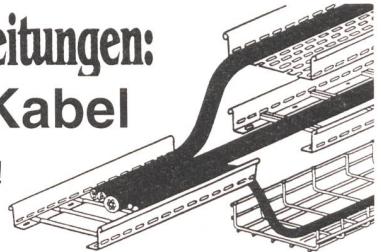


Ventilatoren
und Gebläse
energiesparend
betreiben mit modern-
sten Steuerungen von
ANSON. Manuell,
zeit-, druck-, tempera-
turabhängig.

Besuch und Offerte: ANSON 01/461 11 11

Statt Gitterbahnen und Kabelpritschen und Kabelbahnen und Steigleitungen: Lanz Multibahn – eine Bahn für alle Kabel

- Lanz Multibahnen vereinfachen Planung, Ausmass und Abrechnung!
- Sie verringern den Dispositions-, Lager- und Montageaufwand!
- Sie schaffen Kundennutzen: Beste Kabelbelüftung.
- Jederzeitige Umnutzung. Kostengünstig. CE- und SN SEV 1000/3-konform.



Verlangen Sie Beratung, Offerte und preisgünstige Lieferung vom Elektro-Grossisten und



lanz oensingen ag
CH-4702 Oensingen • Tel. ++41 062/388 21 21

KT 01



NIS-Verordnung



Neuanlagen – Umbauten – Modernisierungen: Der SEV unterstützt Sie kompetent ...

... bei der Projektierung, damit bei Ihren elektrischen Anlagen die Emissionswerte gemäss NISV eingehalten werden.

- Wir erstellen für Sie das Standort-Datenblatt
- Wir führen Messungen in Ihrer Anlage durch
- Wir berechnen den optimalen Layout

Ihr Ansprechpartner:

Willi Berger, Leiter Inspektionen / Beratung, Tel. 01 956 12 50
Fax 01 956 12 04, E-Mail willi.berger@sev.ch



Akkreditierte
Inspektionsstelle
SIS 010