

Ortsbezogene mobile Dienste über heterogene Netze

Teil 2

Michael Angermann • Jens Kammann • Frank Kühndel
Patrick Robertson • Thomas Strang • Kai Wendlandt

Ortsbezogene Mobilfunkdienste haben in den letzten Jahren deutlich an Bedeutung gewonnen. Ihre Entwicklung wird zunehmend durch den Aufbau neuer allgemeiner Dienste-Plattformen unterstützt. Das System Heywow ist eine dieser Plattformen und wird vom DLR zusammen mit anderen Unternehmen und Einrichtungen entwickelt.

Das Heywow-System nutzt vor allem die Programmierbarkeit von Endgeräten und die implizite Ortung durch die Verwendung von Funksystemen wie Bluetooth. Die dabei auftretenden Fragen hinsichtlich der Nutzung heterogener Netze, Bereitstellung kontextbezogener Dienste, Sicherheit und Personalisierung machen den hohen Grad an Forschungsarbeiten in diesem Projekt deutlich. Im ersten Teil des Artikels ging es vor allem um Dienste und Sicherheitsaspekte beim Heywow-System, nun folgt ein Abschnitt über die Verwendung heterogener Netze und über so genannte Local Service Points (LSP) zur Informationsverbreitung in räumlich sehr klei-

nen Gebieten. Im Anschluss wird das Soft-Location-Prinzip zur Kombination verschiedener Positionierungsquellen eingeführt. Insbesondere bei mobilen Anwendungen charakterisiert der momentane Aufenthaltsort die Situation eines Benutzers bereits relativ gut. Eine weitere Steigerung von Komfort und Effizienz lässt sich jedoch durch eine Generalisierung zu so genannten Situation Aware Services erreichen.

Netzaspekte von Heywow

Die große Mobilität der Benutzer, die Vielzahl an Geräten unterschiedlichster Leistungsfähigkeit und eine vorausgesetzte hohe Skalierbarkeit erfordern eine

sorgsame Planung der Netzinfrastruktur. Die Heywow-Netzinfrastruktur lässt sich in Backbone- und Zugangsnetz unterteilen, Bild 3. Im Backbonebereich wird eine konventionelle Internetinfrastruktur benutzt, wie sie bei den meisten Internet-Diensteanbietern bereits vorhanden ist. Dazu gehören neben den Webservern mit Datenbanken auch Javafähige Server. Die Kommunikationsprotokolle im Backbone beruhen somit auf TCP/IP, auf Anwendungsebene werden

Auf einen Blick

Im Heywow-Projekt werden verschiedene neuartige Techniken untersucht, die für die Entwicklung ortsbezogener Mobilfunkdienste benötigt werden. Dazu gehören Aspekte der Programmierbarkeit mobiler Endgeräte, heterogene Netzverbindungen sowie die Bereitstellung kontextsensitiver Dienste.

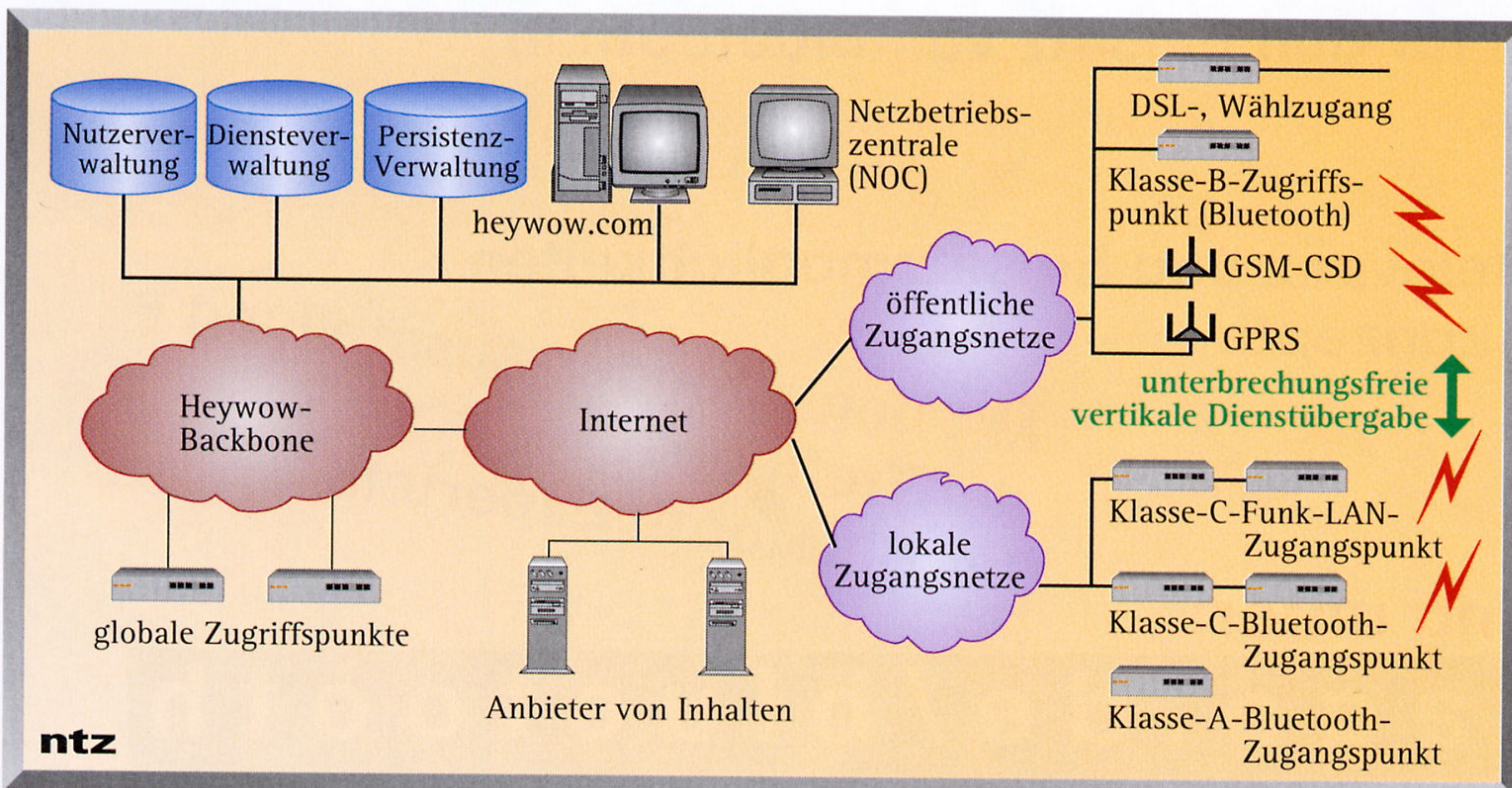


Bild 3. Netzarchitektur für das Heywow-System

XML oder serialisierte Java-Objekte über HTTP verwendet. Nutzer- und Dienstverwaltung findet in einem abgesicherten Heywow-Backbone statt, der u. a. die Persistenz der Daten gewährleistet. Dies ist vor allem bei Benutzern mit mehreren Endgeräten notwendig, da z. B. am PC konfigurierte Dienste auch unterwegs verwendet werden können, ohne dabei im ständigen Kontakt mit einem zentralen Server stehen zu müssen.

Das Zugangsnetz umfasst sowohl Wählleitungen im Festnetz als auch die von den Mobilfunkanbietern betriebenen Internetzugänge per GSM-CSD (Circuit Switched Data) bzw. HSCSD und GPRS. Außerdem wird eine lokale Infrastruktur über Funk-LAN und Blue-

tooth unterstützt, **Tabelle 2.** Zur Bereitstellung ortsbezogener Dienste (LBS, Location Based Services) wird sowohl auf die Lokalisierungsinformation der GSM-Betreiber zurückgegriffen als auch auf die inhärente Positionierung durch lokale Netze mit kleinen Zellen.

So genannte Zugriffspunkte (Service Points) stellen das Bindeglied zwischen Backbone und Zugangsnetz dar. Lokale Zugriffspunkte (LSP, Local Service Points) werden hierbei in drei Klassen unterschieden: Lokale Zugriffspunkte der Klasse A sind nicht an einen Backbone angebunden und senden daher nur Informationen aus, die selten geändert werden müssen. Lokale Zugriffspunkte der Klasse B verfügen nur über temporäre Verbindungen mit geringer Bandbreite für gelegentliche Aktualisierungen der Daten, während lokale Zugriffspunkte der Klasse C als vollständiges Gateway zum Heywow-Backbone dienen.

Lokale Zugriffspunkte kommunizieren mit einem Endgerät (WID, Wireless Information Device) – entweder über Funk-LAN (IEEE 802.11) oder Bluetooth, wobei letzteres wegen der geringeren Stückkosten und deutlich geringerem Stromverbrauch besonders bei batteriebetriebenen Endgeräten wie Mobilfunkgeräten und PDA zu finden sein wird. Da sich der Ausbau von Funk-LAN bzw. Bluetooth auch in Zukunft nur auf stark frequentierte Orte (Hot Spots) beschränken wird, ist eine alternative Anbindung über GSM, GPRS und später auch UMTS unerlässlich. Bei Fehlen einer kostengünstigen lokalen Verbindung läuft die Kommunikation dann über die öffentlichen Mobilfunknetze mit so genannten globalen Zugriffspunkten (GSP, Global Service Points), die die entsprechenden Aufgaben der LSP übernehmen und darüber hinaus z. B. die unterschiedlichen Lokalisierungstechniken der öffentlichen Netze vereinheitlichen.

Die Zugriffspunkte unterstützen eine Dienstübergabe innerhalb eines Zugangsnetzes (horizontaler Handover) sowie zwischen unterschiedlichen Zugangsnetzen (vertikaler Handover). Während ein horizontaler Handover bei GSM bereits auf Netzebene spezifiziert ist, fehlen bei Funk-LAN oder Bluetooth solche Spezifikationen noch. Ein Handover zwischen UMTS und -Funk-LAN ist zwar in Planung, wird aber voraussichtlich von den UMTS-Netzbetreibern nur ungern unterstützt werden. Auch beim derzeitigen GSM-Netz macht ein Handover zwischen GPRS und (HS)CSD Sinn: Die volumenabhängigen Preise für GPRS sind bei vielen Netzbetreibern um ein Vielfaches höher als die vergleichbaren Kosten für Wählverbindungen. Gerade beim Download großer Dateien könnte daher ein vom Benutzer unbemerkter Wechsel zu CSD gewünscht sein.

Damit ein mobiler Webzugang ohne Benutzerinteraktion vom automatischen Handover profitieren kann, ist die Installation eines lokalen Proxies auf dem Endgerät des Anwenders notwendig, der direkt mit lokalen und globalen Zugriffspunkten kommuniziert und somit z. B. Nachbarlisten bzw. alternative Zugangsmöglichkeiten erhält [4]. Im Fall einer Netzunterbrechung übernehmen diese auch die Speicherung und Wiedervorlage der Daten. Viele Endgeräte werden darüber hinaus auch selbstorganisierende Ad-hoc-Netze erlauben, bei denen die Endgeräte direkt oder indirekt miteinander ohne Inanspruchnahme öffentlicher Netzinfrastruktur kommunizieren.

Das Soft-Location-Konzept

Bei ortsabhängigen Diensten sind Ortung und Navigation innerhalb und außerhalb von Gebäuden von großer Bedeutung. Mit ihrer Hilfe kann beispielsweise die Position und der Weg zu ört-

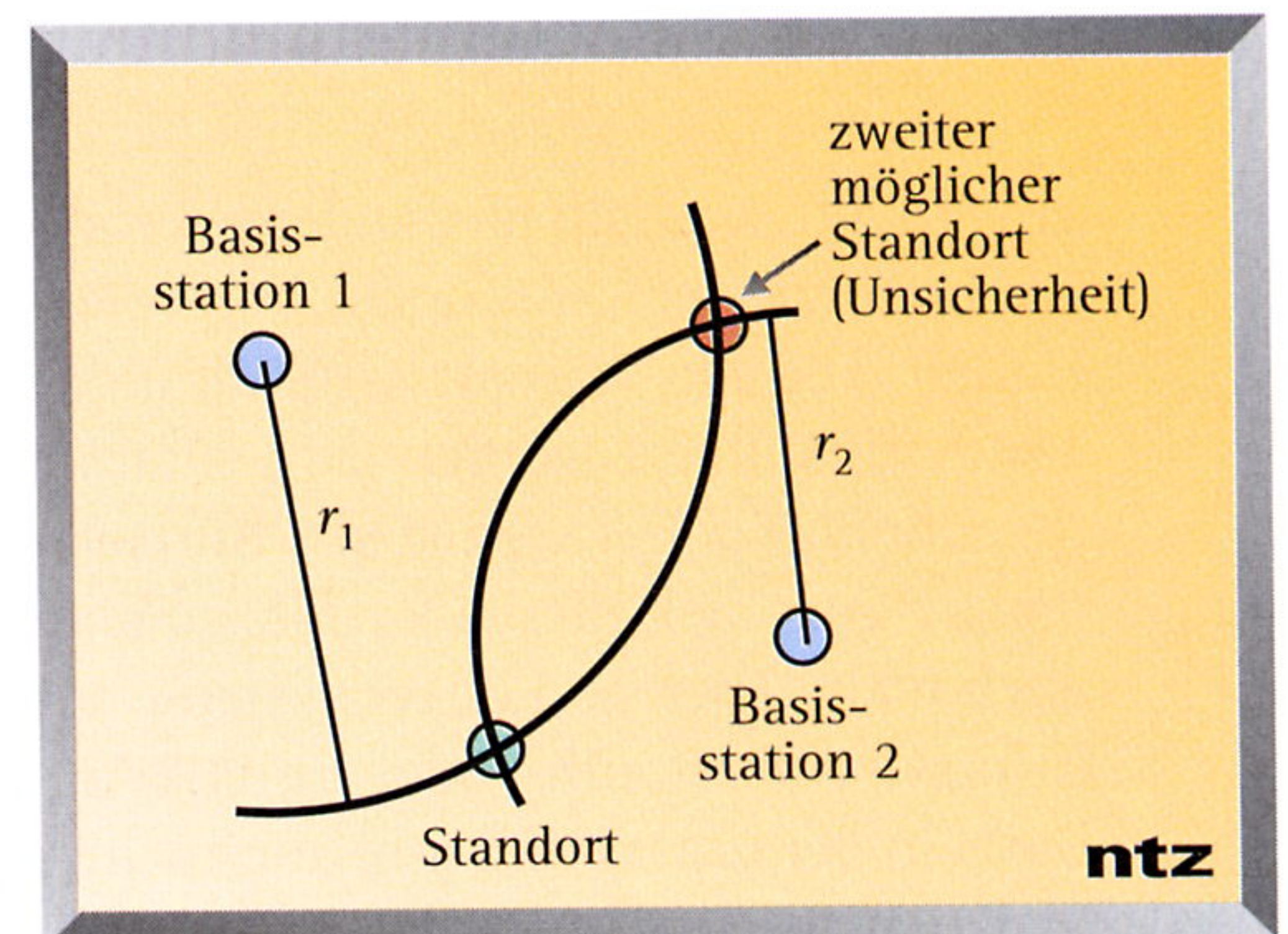


Bild 4. Ortung durch Laufzeitmessungen beim Mobilfunk

lich nahen Einrichtungen wie dem nächsten Fahrkartenautomaten angezeigt werden. Zur Personennavigation, so wie sie auch im Heywow-System angestrebt wird, ist immer eine möglichst genaue und aktuelle Lokalisierungsinformation notwendig. Diese ist entweder der Kommunikationsinfrastruktur bekannt (z. B. im Mobilfunknetz), oder das mobile Endgerät der Person berechnet seine Position selbst. Letzteres ist aus Datenschutzgründen meist zu bevorzugen, aber nicht überall zu realisieren.

Als Verfahren zur Bestimmung der Position werden in Mobilfunknetzen die Zellenidentität und Laufzeitverfahren verwendet [5]. Eine eindeutige Aussage über die Position ist bei diesen Verfahren im Allgemeinen nur möglich, wenn mehrere Basisstationen an der Messung beteiligt sind und wenn möglich auch eine Sichtverbindung (LOS, Line of Sight) zur Mobilstation besteht, **Bild 4** [5]. Dazu werden die Signallaufzeiten zwischen Basis- und Mobilstation in Entfernungen umgerechnet und mit geometrischen Verfahren Schnittpunkte ermittelt, wobei jedoch auch Mehrdeutigkeiten entstehen können. Auch die Empfangsstärke des Signals (RSS, Received Signal Strength) kann je nach Funksystem zur Bestimmung mit herangezogen werden. Ferner sind Systeme in der Erprobung, die bei Mehrwegeausbreitung mit charakteristischen Empfangssignalen (fingerprints) arbeiten.

Das bekannteste Verfahren zur absoluten Positionsbestimmung ist das Global Positioning System (GPS). Es erlaubt dem Nutzer mit Hilfe von Satellitentechnik eine Bestimmung der eigenen Position mit einer Abweichung in der Größenordnung von 10 m bis 50 m. In der Umgebung von hohen Gebäuden und insbesondere innerhalb von Gebäuden funktioniert GPS allerdings nur sehr ein-

| | Funk-LAN | Bluetooth |
|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Frequenz | 2 400 MHz bis 2 483,5 MHz (ISM) | |
| Modulation | DQPSK/CCK | GFSK |
| Übertragungsrate | 2 Mbit/s bis 11 Mbit/s | 723 kbit/s |
| Reichweite | 30 m bis 100 m | Class 3: 10 m Class 1: 100 m |
| Übertragungsart | verbindungslos | verbindungsorientiert |

Tabelle 2. Charakteristika von Funk-LAN und Bluetooth

geschränkt, weshalb hier andere Verfahren benutzt werden müssen. In großen Hallen können eigene GPS-ähnliche Sender installiert werden (so genannte „pseudolites“). Für verzweigte Bürosysteme eignet sich dieses Verfahren aber auch nicht. Hier sind Bakensysteme auf Infrarot-, Bluetooth- oder Funk-LAN-Basis in der Erprobung und auch schon im Gebrauch [6, 7]. Bei diesen Systemen werden die beschränkte Reichweite der entsprechenden Funksysteme bzw. die

über die Etage in einem Gebäude von einem anderen Sensor geliefert werden.

Um die Vorteile dieser verschiedenen Quellen zur Positionsbestimmung nutzen zu können, müssen sie geeignet miteinander kombiniert werden. Bei Nutzung mehrerer Quellen werden außerdem die Genauigkeit und Verfügbarkeit größer. Das Konzept der „Soft Location“ (SoLo) [9] verfolgt genau diesen Weg und definiert darüber hinaus eine Schnittstelle, um die Positionsinformationen geeignet verarbeiten zu können.

Die Grundidee bei diesem Verfahren ist, die Daten von Lokalisierungssensoren als zwei- oder dreidimensionale Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen (WDF) darzustellen. Diese WDF lässt sich z. B. aus einfachen Grundfunktionen (Gaußfunktion, Kreise, Rechteckregionen, u. ä.) zusammensetzen. Die WDF beinhaltet implizit eine Aussage über die Genauigkeiten der jeweiligen Ortungsverfahren. So lässt sich beispielsweise der Abstrahlbereich von sektorisierten Mobilfunkantennen oder eine Nachbildung der Gebäudestrukturen als WDF des Orts des Endgeräts über das Ortskoordinatensystem repräsentieren. Entsprechend kann sich ein Endgerät nur mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit außerhalb von Räumen oder Fluren eines Gebäudes befinden. **Bild 5 a** stellt beispielsweise zwei sich kreuzende Korridore als WDF dar. Der Laufzeitparameter einer GSM-Verbindung kann durch eine WDF wie in **Bild 5 b** modelliert werden. Liegen von unabhängig arbeitenden Sensoren die Verteilungsdichten vor, so können diese durch einfache Multiplikation kombiniert werden [9]. Im Heywow-System werden diese WDF objektorientiert in

Java implementiert und können somit unabhängig von der verwendeten Hardwareplattform ausgetauscht werden. Das Bestimmen des Orts aus der WDF ist nach dem Multiplizieren und Normieren aller WDF im Endgerät möglich.

Situationsabhängige Dienste

Mehrzahl der heute verfügbaren Dienste im festen und mobilen Internet sind – selbst unter Verwendung von Ortsinformationen – noch weit von den Fähigkeiten eines menschlichen Assistenten entfernt. Ein guter menschlicher Assistent ist häufig in der Lage, mit nur minimaler Kommunikation die Bedürfnisse seines Vorgesetzten zu erfüllen, zukünftige Anforderungen zu errahnen und dafür Vorbereitungen zu treffen. Voraussetzung für diese Dienste sind sowohl die Fähigkeit, eine gerade aktuelle Situation zu erkennen, als auch auf Basis der durch Beobachtungen erworbenen Erfahrungen über Abfolgen von Situationen, auf den weiteren Verlauf und die möglichen Konsequenzen zu schließen.

Sollen die von Computern erbrachten Dienste tatsächlich zu einer komfortablen und nutzbringenden Bereicherung des täglichen Lebens werden, so ist es hilfreich, einen Teil der Vorgehensweise des menschlichen Assistenten zu imitieren. Insbesondere die Erfassung und Verwendung der aktuellen Situation steht hier im Vordergrund. Um in einem technischen System eine Verwendung der Situation zu ermöglichen, ist zunächst eine möglichst klare Beschreibung einiger Begriffe sinnvoll. Eine Situation wird hier als Punkt bzw. Menge von Punkten eines Situationsraums verstanden. Ein Situationsraum wird von den

Michael Angermann, Jens Kammann, Frank Kühndel, Patrick Robertson, Thomas Strang und Kai Wendlandt sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Kommunikation und Navigation des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Oberpfaffenhofen.

Richtungsabhängigkeit des Infrarotlichts ausgenutzt, um eine inhärente Lokalisierungsinformation zu erhalten.

Mit Loran-C gibt es ein weiteres (jedoch schon älteres) System, das auch innerhalb von Gebäuden verwendbar ist. Die benutzte niedrige Trägerfrequenz hat den Vorteil, dass kaum Absorption durch Hauswände stattfindet und somit das Signal auch in Gebäuden ausgewertet werden kann. Die Fehler liegen im Bereich um 100 m, mit speziellen aufwendigen Verfahren konnte dies aber noch deutlich gesteigert werden [8].

Während GPS bei mindestens vier empfangbaren Satelliten auch eine Höheninformation liefert, kann darüber in Loran-C Systemen keine Aussage getroffen werden. So muss z. B. die Information

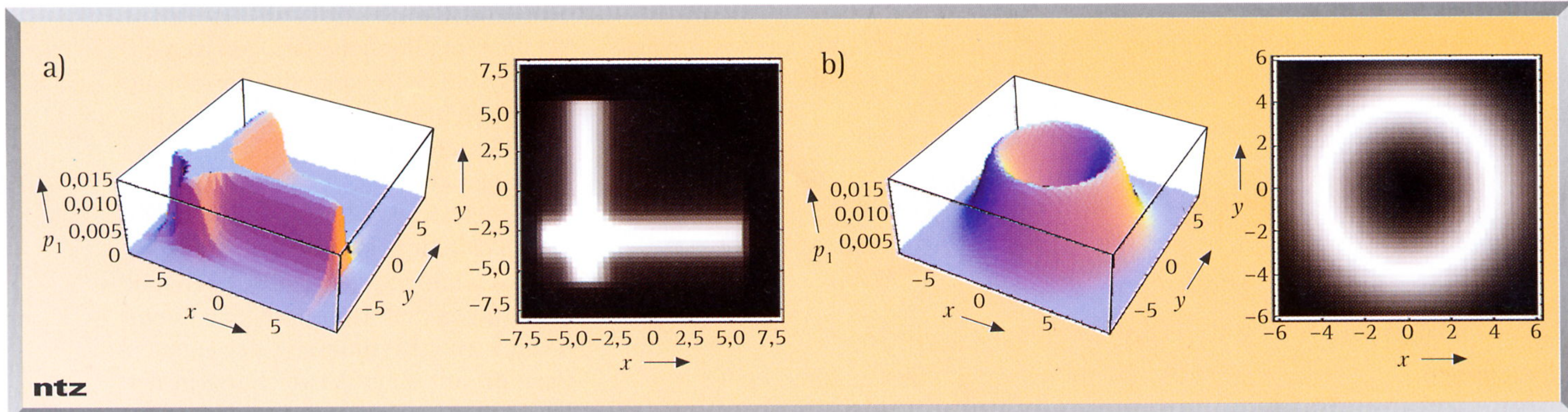


Bild 5. Beispiele zweier Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen für das Soft-Location-Prinzip

a) Darstellung der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion für eine Kreuzung zweier Korridore

b) Darstellung der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen bei einer Ortsbestimmung mit einer Mobilfunk-Laufzeitmessung

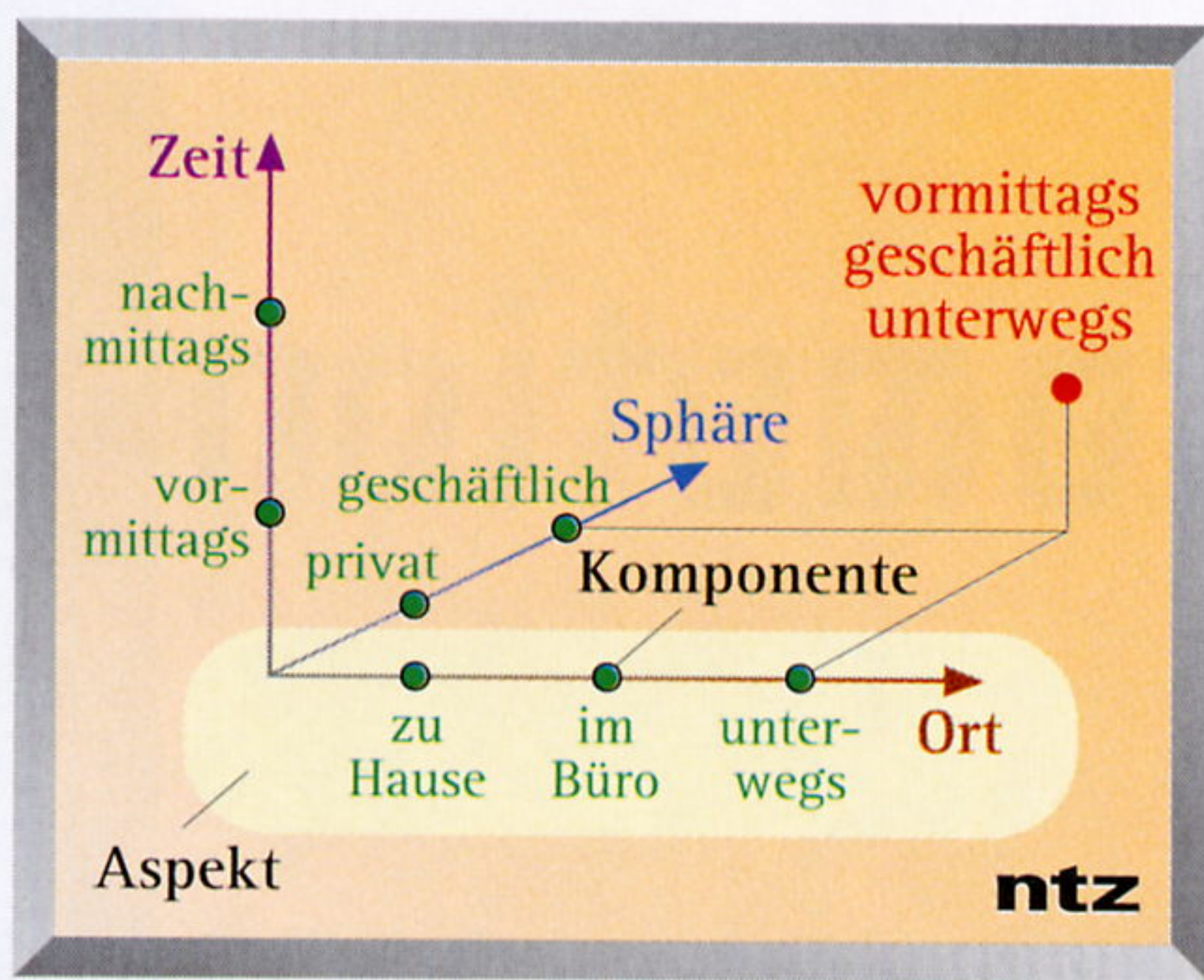


Bild 6. Beispiel eines einfachen Situationsraums

Aspekten aufgespannt, deren Elemente als Komponenten bezeichnet werden. Im abgebildeten Beispiel, Bild 6, sind also „Zu Hause“, „Büro“ und „unterwegs“ Komponenten des Aspekts „Ort“. Der Situationsraum wird durch die Aspekte „Ort“, „Sphäre“ und „Zeit“ aufgespannt. Eine mögliche Situation ist z. B. „am Vormittag geschäftlich unterwegs“.

Bei einem ortsabhängigen Dienst bestehen die Aspekte aus den Achsen des geometrischen Raums. Werden z. B. tageszeitabhängige Auskünfte gegeben, so kommt noch die Zeit als weiterer Aspekt hinzu. Die Verwendung dieser und weiterer Aspekte kann durch die hier eingeführte Systematik in einer durchgängigen Weise realisiert werden und führt daher zu situationsabhängigen Diensten (SAS, Situation Aware Services).

Um die Kenntnis der aktuellen Situation zur Vorhersage zukünftiger Ereignisse zu verwenden, ist es erforderlich, eine Metrik zu finden, die es ermöglicht, die Nähe einer Situation zu einer anderen zu erfassen. Wird die Situation z. B. ausschließlich durch den geografischen Ort bestimmt, so kann die tatsächliche geometrische Distanz zwischen den Orten die Grundlage für eine Metrik sein. Da in Heywow die Situation jedoch sehr viel allgemeiner verstanden wird, ist eine Metrik geeigneter, die die Distanz zwischen allgemeinen Situationen ausdrücken kann. Die Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen Situationen erscheinen hierfür geeignet. Durch die Beobachtung der Übergänge von Situationen können diese Wahrscheinlichkeiten anhand der relativen Häufigkeiten geschätzt werden. Durch die Verwendung von Übergangswahrscheinlichkeiten können aus der Wahrscheinlichkeitstheorie bekannte Verfahren zur Analyse von Markovprozessen genutzt werden.

Abkürzungen

| | |
|--------------|---|
| CSD | Circuit Switched Data, verbindungsorientierte Datenübertragung, je nach Mobilfunknetz auch Kanalbündelung (HSCSD, High Speed Circuit Switched Data) |
| GPRS | General Packet Radio Service, paketorientierte Datenübertragung im GSM |
| GPS | Global Positioning System, satellitengestütztes Navigationssystem |
| GSP | Global Service Point, übernimmt die Funktion eines LSP für den Fall, dass der Benutzer per Festnetz oder Mobilfunk auf Heywow-Dienste zugreift. |
| HSCSD | High Speed Circuit Switched Data, schnelle verbindungsorientierte Datenübertragung im GSM-Dienst mit Kanalbündelung |
| LBS | Location Based Services, ortsabhängige (Informations-)Dienste |
| LOS | Line of Sight, Sichtverbindung z. B. im Mobilfunk zwischen Basisstation und Endgerät |
| LSP | Local Service Point, stellt lokal relevante Dienste über Bluetooth oder Funk-LAN zur Verfügung, je nach Konfiguration auch als Gateway zum HeywowNet. |
| PDA | Personal Digital Assistent, handlicher Kleincomputer zur mobilen Nutzung |
| PDF | Probability Density Function, Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion |
| RSS | Received Signal Strength, Empfangssignalstärke; Verfahren zur Ortung unter Verwendung der Feldstärke eines Mobilfunksignals |
| SARA | Situation Assisted Ressource Allocation, situationsgestützte Ressourcenvergabe |
| SAS | Situation Aware Services, situationsabhängige Dienste |
| SAUI | Situation Assisted User Interface, situationsgestützte Bedienschnittstelle |
| SoLo | Soft Location, Kombination verschiedener Ortsinformationen |
| TOA | Time Of Arrival, Verfahren zur Ortung unter Verwendung der Laufzeit eines Mobilfunksignals |
| WDF | Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion |
| WID | Wireless Information Device, mobiles Endgerät mit Funkschnittstelle(n) |

Damit das technische System Kenntnisse über die aktuelle Situation erhalten kann, sind geeignete Sensoren notwendig. Hierunter werden nicht nur klassische Messgeber (z. B. können auch Blutdruck oder Pulsfrequenz als nutzbringender Aspekt repräsentiert werden) verstanden, sondern auch Informationsquellen wie Benutzerschnittstellen, Lokalisierungsverfahren oder auch Zeitpläne.

Die Kenntnisse über die Situation finden zwei Hauptanwendungen: Erstens kann die Kommunikation zwischen Benutzer und Dienst effizienter gestaltet werden. So muss bereits Bekanntes nicht erneut abgefragt oder es können Auswahlmöglichkeiten entsprechend der Auswahlwahrscheinlichkeit sortiert werden. Diese Anwendung wird als situationsgestützte Bedienschnittstelle (SAUI, Situation Assisted User Interface) – bezeichnet.

Zweitens kann die Ressourcenvergabe innerhalb des technischen Systems optimiert werden. So lassen sich beispielsweise mit hoher Wahrscheinlichkeit in der Zukunft benötigte Daten über das Netz transportieren, bevor sie überhaupt angefordert werden. Auf diese Weise können Wartezeiten verkürzt bzw. günstigere Verbindungsmöglichkeiten ausgenutzt werden. Diese Anwendung wird als situationsgestützte Ressourcenver-

gabe (SARA, Situation Assisted Ressource Allocation) bezeichnet.

Die Integration der verschiedenen vorgestellten Aspekte (kontextsensitive Dienste auf mobilen Endgeräten, heterogene Netzverbindungen, Sicherheitsanforderungen sowie der Übergang von orts- zu situationsbezogenen Diensten) stellt einen notwendigen Schritt in Richtung einer gemeinsamen Plattform dar. Somit ist ein großer Teil der Voraussetzung für die Entwicklung zukünftiger, „intelligenter“, nutzbringender und einfach zu bedienender Dienste in Heywow gegeben.

Literatur

- [4] Kammann, J.: Proposal for a Mobile Service Control Protocol. PDCS 2001, Anaheim
- [5] Angermann, M.: Navigation capabilities of future mobile communication systems – Will global navigation satellite systems become obsolete? Proc. GNSS '99, Genf, 1999
- [6] Angermann, M.; Robertson, P.; Steingab, A.: Integration of Navigation and Communication Services for Personal Travel Assistance using JINI and JAVA Based Architecture. GNSS'99, Genf, 1999
- [7] www.eyed.com; www.ekahau.com
- [8] Steinemann, R.: Indoor Navigation with Loran-C. Indoornav2001
- [9] Angermann, M.; Kammann, J.; Robertson, P.; Steingab, A.; Strang, T.: Software Representation for Heterogeneous Location Data Sources Using Probability Density Functions. Locellus2001, München