

Universität Konstanz
FB Informatik und Informationswissenschaft
Lehrstuhl Algorithmik

Hybride Navigationshilfen

Student: Xuan Moc, 01/563163
Professor: Prof. Dr. Ulrik Brandes
Betreuer: Hendrik Ziezold

Seminar: Visuelle Navigation
Sommersemester 2008

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation	3
2	Marked-Up Maps	4
2.1	Testergebnisse	5
3	Markerless Tracking (Magic Lens)	5
3.1	Tracking-Algorithmus	6
3.2	Testergebnisse	8
4	Möglichkeiten mit Hybriden Navigationshilfen	9
5	Referenzen	10

Abbildungsverzeichnis

1	Beispiel Geldautomaten	3
2	Beispiel Distanz	3
3	Regelmässig angeordnete RFID-Chips	4
4	Unter interessanten Stellen angeordnete RFID-Chips	4
5	Tracking-Algorithmus	6
6	Referenz-Kartenausschnitt mit neuer Gitterpunktstruktur und Warper	8

1 Motivation

Im Folgenden werden Papierkarten und mobile Endgeräte kombiniert, um die Herausforderungen der Navigation anzugehen. Dieser Ansatz soll die Vorteile beider Medien vereinen, um dadurch eine neue Erfahrung für den Benutzer erschaffen zu können. Es werden jedoch keine neuen Techniken welche die Probleme der Navigation angehen, eingeführt, sondern anhand einfacher Navigationsaufgaben die Möglichkeiten des hybriden Ansatzes diskutiert.

Die Wahl dieser beiden Medien basiert hauptsächlich auf ihren individuellen Stärken. Auf der einen Seite besitzen Papierkarten eine sehr hohe Auflösung, einen großen sichtbaren Ausschnitt, verbrauchen keine zusätzliche Energie und sind auch in der Produktion relativ günstig. Des Weiteren ist die Papierkarte ein *tangibles* Medium und eröffnet dem Benutzer dadurch weitere Interaktions-Möglichkeiten. Eine Art dieser Interaktion wären zum Beispiel direkte Notizen auf die Papierkarte. Zusätzlich muss erwähnt werden, dass Papierkarten schon länger von Menschen für Navigationsaufgaben eingesetzt wurden und damit deren Handhabung relativ intuitiv gestaltet ist.

Auf der anderen Seite werden moderne elektronische Geräte eingesetzt, welche dem Benutzer völlig neue Möglichkeiten anbieten. Im Gegensatz zu den Papierkarten erlauben die elektronischen Geräte personalisierte Anfragen über die vorhandenen Daten, wobei der *level of detail* regulierbar ist. Zusätzlich decken die Informationen ein viel größeres Wissensgebiet ab und befinden sich, wegen der Vernetzungsmöglichkeit, meist auf dem neuesten Stand.

Der hybride Ansatz versucht nun mobile Endgeräte, konkret Handy oder PDA, einzusetzen um zusätzliche Informationen zur Papierkarte anzuzeigen. Die Papierkarte soll dabei den geografischen Bezugspunkt zu den dynamischen Informationen leisten.

Zwei einfache Szenarien sollen den Sachverhalt verdeutlichen:

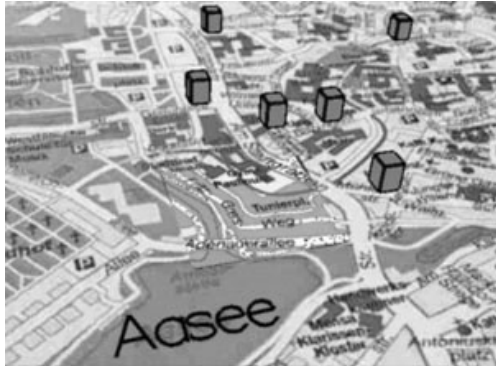


Abbildung 1: Beispiel Geldautomaten



Abbildung 2: Beispiel Distanz

Das erste Szenario stellt einen Benutzer dar, welcher wissen möchte, wo sich der nächste Geldautomat zu seinem aktuellen Standort befindet. Dazu macht er auf der Papierkarte seinen Standort aus und legt dann über den Ort sein mobiles Endgerät und startet die Anfrage, welche zum Standort nahliegende Geldautomaten anzeigen soll. Nach einer erfolgreichen Verarbeitung der Anfrage werden die Geldautomaten auf dem Display seines mobilen Endgeräts angezeigt.

Eine andere Anwendung wird in Abbildung 2 dargestellt. Dort markiert der Benutzer zwei geographische Punkte auf seiner elektronischen Karte und das Gerät errechnet die Luftdistanz zwischen den Punkten. In beiden Fällen wird die Papierkarte nur als geografische Unterstützung für den Bezugspunkt genutzt.

Anhand konkreten Umsetzungen des hybriden Ansatzes wird das Mapping zwischen der Papierkarte und dem elektronischem Gerät diskutiert. Weitere mögliche Anwendungsszenarien werden am Ende des Textes dargestellt.

2 Marked-Up Maps

Das Charakteristikum von den *Marked-Up Maps* ist der Einsatz von RFID-Technologie (*Radio Frequency IDentification*), um die Schnittstelle zwischen Papierkarte und mobilen Endgerät zu implementieren. Ein RFID-System besteht aus einem RFID-Chip und einem RFID-Lesegerät. Der RFID-Chip verwendet einen eingebauten Transponder, um Informationen über elektromagnetische Wellen an ein Lesegerät zu senden. Die Speicherkapazität eines RFID-Chips reicht von 1Bit bis zu mehreren KBytes. Die sogenannten passiven RFID-Chips brauchen keine eigene Energieversorgung, da sie über die Induktion durch das Lesegerät aktiviert und ausgelesen werden. Um den Datentransfer durch Induktion gewährleisten zu können, muss das Lesegerät dementsprechend nahe zum RFID-Chip platziert werden.

Beim *Marked-Up Maps*-Ansatz werden die RFID-Chips auf der Rückseite der Papierkarte befestigt und können dann mit einem RFID-Lesegerät, welches mit einem mobilen Endgerät verbunden ist, ausgelesen werden. Die Informationen kann der Benutzer über das Display des mobilen Endgerätes betrachten. In der Arbeit von D. F. Reilly et al. [1] werden in den RFID-Chips nur URLs zu Informationen gespeichert. Die dazugehörige Information wird auf einem Server gespeichert und kann über die spezifische URL abgerufen werden. Diese Server-Client Implementierung erlaubt es dem Verfahren die Problematik der geringen Speicherkapazität der RFID-Chips zu umgehen.

In einer konkreten Anwendung schwenkt der Benutzer sein mobiles Endgerät, in diesem Fall ein PDA mit daran befestigtem RFID-Lesegerät, über die Karte bis zur Stelle, welche ihn besonders interessiert. Er gibt dem PDA eine Anweisung über einen Klickbefehl, dass er die Stelle gefunden hat und nun zusätzliche Informationen, falls vorhanden, laden möchte. Das PDA schickt den Befehl weiter an das RFID-Lesegerät, welches nun versucht an der Stelle den auf der Rückseite der Karte befestigte RFID-Chip auszulesen. Diese Bedienung durch Zielen und Klicken soll verhindern, dass während dem Schwenken bereits Informationen geladen werden, welche den Benutzer vielleicht nicht interessieren und nur irritieren würden. Sobald das PDA die auf dem RFID-Chip gespeicherte URL empfängt, werden die dazugehörigen Daten über einen herkömmlichen Browser geladen. Der Benutzer kann die angezeigten Information auch als Ausgangsbasis für weitere Suchanfragen verwenden.

Beim Prototyp von D. F. Reilly et al. [1] kommen zwei verschiedene RFID-Chips-Typen zum Einsatz.

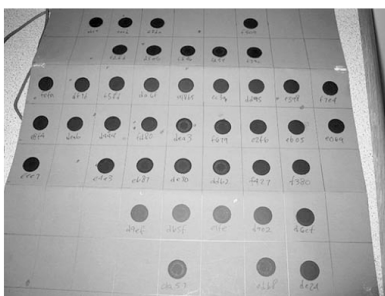


Abbildung 3: Regelmässig angeordnete RFID-Chips

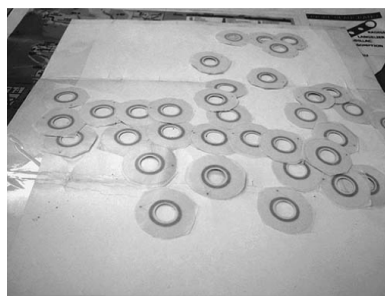


Abbildung 4: Unter interessanten Stellen angeordnete RFID-Chips

In Abbildung 3 werden passive RFID-Chips vom Typ EM4102 eingesetzt. Das sind steife, dünne, 20mm im Durchmesser große und Epoxy-beschichtete Chips. Sie besitzen nur eine Lesereichweite von einigen Zentimetern und um Lesefehler zu vermeiden, müssen sie mindestens 1cm voneinan-

der entfernt platziert werden. Deshalb sind sie in diesem Fall in einem regelmäßigen Gittermuster angeordnet.

In Abbildung 4 wird ein biegbarer und mit 50mm Durchmesser großer RFID-Chip verwendet. Obwohl der Durchmesser 50mm beträgt, lässt sich die aktive Region auf 20mm einschränken und erlaubt damit eine Überlappung der einzelnen RFID-Chips bis zur aktiven Region ohne den Lesevorgang negativ zu beeinflussen. Auch ist die maximale Lesedistanz zwischen dem RFID-Chip und dem Lesegerät mit 10cm um einige Zentimeter größer als beim erst genannten Typ. Die Chips werden diesmal direkt unterhalb von möglichen interessanten Stellen platziert.

Diese technischen Besonderheiten schränken natürlich die Auflösung der markierten Stellen ein. Eine höhere Auflösung könnte in näherer Zukunft sicher erreicht werden, da die RFID-Chips heute schon eine Größe von 0,05mm x 0,05mm aufweisen können. Trotzdem bleibt das Problem, dass an vielen Stellen keine Markierungen nötig sind und an anderen Stellen viele Markierungen gleichzeitig auf engem Raum platziert werden müssen.

Jedenfalls war die Auflösung für die Anwendungen des Prototypen ausreichend.

2.1 Testergebnisse

Die Benutzertests, welche anhand des Prototypen durchgeführt wurden, basieren auf einfachen Aufgabenstellungen, wie zum Beispiel das Auffinden aller Bars in der Nähe einer bestimmten Metro-Haltestelle. Details über die Benutzertests sind in der Arbeit [1] dokumentiert. Um die Aufgaben lösen zu können, musste der Benutzer natürlich beide Medien einsetzen. Daraus folgen nun die Ergebnisse der *Marked-Up Maps*.

Der Ansatz der *Marked-Up Maps* erlaubt den Einsatz von beliebigen Karten. Mit den Markierungen lassen sich, unabhängig vom gedruckten Karteninhalt, zusätzliche Informationen speichern. Hinzu kommt, dass die RFID-Chips ziemlich günstig in der Herstellung sind und damit die Kosten einer Karte gering gehalten werden können. Die Anwendung basiert auf einer einfachen Server-Client Implementation, sodass auf dem mobilen Endgerät keine zusätzlichen Informationen über die Karte gespeichert werden müssen.

Die Probleme der *Marked-Up Maps* zeigten sich besonders bei der Anwendung in einem realen Umfeld. Kleinigkeiten, wie zum Beispiel das gleichzeitige Benutzen einer Papierkarte und einem mobilen Endgerät im Stehen, bereiteten dem Benutzer Schwierigkeiten. Auch das Scannen der markierten Positionen mit dem Lesegerät erweist sich als unpraktisch. Denn sobald der Benutzer das Gerät über die interessante Stelle hält, wird gleichzeitig der Inhalt der Papierkarte durch das Gerät verdeckt. Leider traten auch Ungenauigkeiten beim Auslesen der vermeintlich markierten Stellen auf. Auf der Papierkarte selbst ist die Position des RFID-Chips nicht ersichtlich. Der Benutzer muss raten, wo in etwa sich der RFID-Chip befindet, um dann mit dem Lesegerät darauf zielen zu können. Doch ohne Zielvorrichtung erweist sich selbst das Zielen als eine schwierige Aufgabe.

Das größte Manko der *Marked-Up Maps* bleibt trotz allem die niedrige Auflösung, welche sich dann auf den virtuellen Informationsgehalt auswirkt.

3 Markerless Tracking (Magic Lens)

Der *Markerless Tracking*-Ansatz versucht Kartenausschnitte anhand Kameraaufnahmen zu identifizieren. Dazu wird beim mobilen Endgerät die integrierte Kamera eingesetzt, welche den fokussierten Kartenausschnitt erkennt und darauf die zusätzlichen Informationen zu der Karte auf

dem Display einblenden kann. Um aufgezeichnete Kartenausschnitte in Echtzeit identifizieren zu können, wird der Videostrom des mobilen Endgerätes anhand eines Tracking-Algorithmus analysiert. Um den aktuellen Kartenausschnitt erfolgreich identifizieren zu können, müssen alle möglichen Kartenausschnitte der Karte auf dem mobilen Endgerät gespeichert sein. Der Tracking-Algorithmus vergleicht den Kartenausschnitt des Videostroms mit den gespeicherten Kartenausschnitten und bestimmt dann den bestmöglichen Treffer (vgl. Abbildung 5). Sobald eine Identifikation des Kartenausschnittes stattgefunden hat, können nun die gewünschten virtuellen Informationen eingeblendet werden.

Für den Prototyp aus [2] wird als mobiles Endgerät das Nokia N80, ein handelsübliches Mobiltelefon, eingesetzt. Die Wahl eines solchen Gerätes bringt natürlich einige Einschränkung in der Rechenleistung mit. Deswegen muss der Tracking-Algorithmus so einfach wie möglich gehalten werden. Um eine gewisse effiziente Anwendung zu garantieren, wurden die Karten für die Tests mit speziellen Kartenausschnitt-Eckpunkten versehen, was die Identifikation der Kartenausschnitte erheblich vereinfachte.

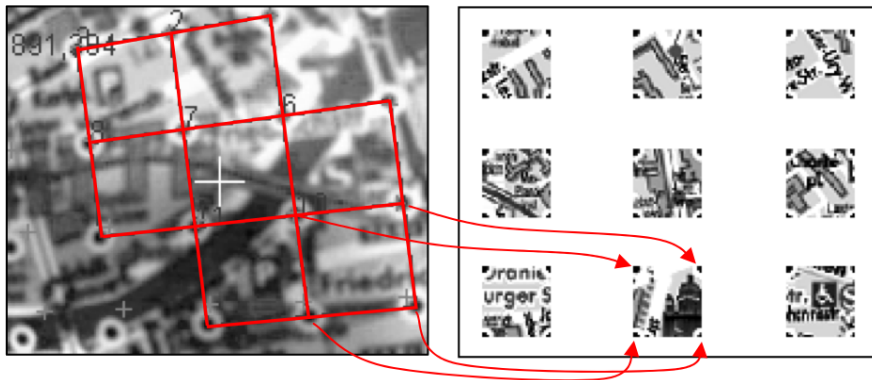


Abbildung 5: Tracking-Algorithmus

3.1 Tracking-Algorithmus

1. Ermitteln der Gitterpunktkandidaten:

Um mögliche Gitterpunkte zu ermitteln, wird zuerst ein Schwarzweiss-Bild anhand einer *threshold*-Methode aus dem farbigen Kamerabild erzeugt. Damit werden nur die künstlich auf der Karte eingefügten Punkte ermittelt.

2. Ermitteln der Kanten:

Anhand der Gitterpunktkandidaten wird ein vollständiger Graph erzeugt. Die Kanten werden dann als horizontal ($\Delta x > \Delta y$) oder vertikal ($\Delta x \leq \Delta y$) klassifiziert. Zusätzlich wird die Rolle der Gitterpunktkandidaten ($role = \{0 = \text{left}, 1 = \text{right}, 2 = \text{top}, 3 = \text{bottom}\}$) mitgeführt. Danach wird jede Kante zweimal in eine Hashtabelle H gespeichert. Und zwar einmal mit der left/top und einmal mit der right/bottom Eckpunkt-Rolle: v_{lt} und v_{rb} (*left/top vertex und right/bottom vertex*) unter der Verwendung des Hashwerts: $k_{lt} = 4v_{lt}^{index} + v_{lt}^{role}$ und $k_{rb} = 4v_{rb}^{index} + v_{rb}^{role}$.

Diese Art der Speicherung sollte später ein effizientes Auslesen der Kanten garantieren.

3. Ermitteln der Kartenausschnitte:

Ein valider Kartenausschnitt wird als die Fläche zwischen vier Gitterpunkten, welche keinen zusätzlichen Gitterpunkt enthält, definiert. Der Algorithmus iteriert durch die Hash-tabelle H und sucht nach vier alternierenden Kanten (h, v, h, v) .

Wenn ein Gitterpunkt mit dem Index $i, i \in 0, \dots, v-1$ und Rolle $r, r \in 0, \dots, 3$ gegeben ist, dann ist der jeweilige Hashwert für die Kanten $k = 4i + r$. Der Iterationsalgorithmus beginnt bei der linken Ecke einer horizontalen Kante mit dem Hashwert $k = 4i + 0$. Damit wäre für ein erstes Set von Kanten die Kandidaten $e_{top} = H(k)$. Die darauffolgenden Kanten werden mit den folgenden Hashwerten gespeichert:

$$e_{right} = H(4e_{top} \cdot v_{rb}^{index+2}), e_{bottom} = H(4e_{right} \cdot v_{rb}^{index+1}), e_{left} = H(4e_{bottom} \cdot v_{lt}^{index+3})$$

4. Ermitteln von Referenz-Pixel aus Kartenausschnitten (*sampling*):

Für jeden ermittelten Kartenausschnitt wird ein projektives Abbild der Grösse $s = 32px \cdot 32px$ erstellt. Aus dem Abbild s werden in gleichmässigen Abständen Pixel mit Grauwerten als Sample-Werte entnommen.

5. Korrelation zwischen Kartenausschnitten anhand der Referenz-Pixel errechnen:

Um die Korrelation zwischen den ermittelten Kamera-Kartenausschnitten I und den gespeicherten Kartenausschnitten M zu messen, wird folgender Korrelationskoeffizient verwendet:

Mit den ausgewählten Pixel: $i_j, m_j, j \in \{1, \dots, s\}$ folgt

$$r(I, M) = \frac{\sum_{j=1}^s (i_j - \bar{i})(m_j - \bar{m})}{\sqrt{\left(\sum_{j=1}^s (i_j - \bar{i})^2\right) \left(\sum_{j=1}^s (m_j - \bar{m})^2\right)}}$$

mit

$$\bar{i} = \frac{1}{s} \sum_{j=1}^s i_j, \bar{m} = \frac{1}{s} \sum_{j=1}^s m_j$$

6. Erzeugung eines geeigneten Korrelationsindex:

Für jeden Kamera-Kartenausschnitt $I_j, j \in \{1, \dots, n\}$ wird der mit der höchsten Korrelation auf dem Mobilgerät gespeicherte Kartenausschnitt $M_k, k \in \{1, \dots, m\}$ ermittelt. Der Korrelationsindex stellt dann eine Liste von korrelierenden Kartenausschnittspaaren (I_j, M_k) dar.

7. Identifizierung von zuverlässig erfassten Kartenausschnitten

Das Ziel dieses Schrittes ist die Bestimmung des am zuverlässigsten erfassten Kartenausschnitts. Das heisst, die Ermittlung des Kartenausschnitts dessen Eckpunkte auf dem Display am besten auf die vorgegeben Karten-Eckpunkte passt. Diese einfache Berechnung soll mögliche Verzerrungen in den erfassten Bildern erkennen. Dazu werden die Ecken der Kartenausschnitte aus der ermittelten Liste der Kartenausschnittspaare (I, M) betrachtet. Anhand der Ecken wird der Mittelpunkt des jeweiligen Kartenausschnitts errechnet. Das Kartenausschnittspaar bei welchem der jeweils errechnete Mittelpunkt am nächsten beieinander liegt, wird dann als Referenz-Kartenausschnitt verwendet. Falls zwei verschiedene Abbildungen (I_j, M_k) und $(I_{j'}, M_{k'})$ dieselbe Verlässlichkeit aufweisen, dann können beide Paare als Referenzen für die Weiterverarbeitung eingesetzt werden. Um mögliche Verzerrungen auszugleichen, wird anhand des Referenz-Kartenausschnitts ein neues virtuelles Gitter aufgespannt. In diese neue Gitterstruktur werden die virtuelle Informationen projiziert (vgl. Abbildung 6).

Falls der Kartenausschnitt zu klein erscheint, müssen weitere Schritte zur Stabilisierung des Verfahrens durchgeführt werden.

8. Verfeinerungs- und Abschluss-Schritt:

In diesem Schritt werden alle Eckpunkte betrachtet, welche am nächsten zu den Display-cken liegen. Diese Eckpunkte definieren das Feld, in welches die Informationen projiziert werden (vgl. Abbildung 6).



Abbildung 6: Referenz-Kartenausschnitt mit neuer Gitterpunktstruktur und Warper

3.2 Testergebnisse

Dieser beschriebene *Markerless Tracking*-Ansatz wurde auf einer modifizierten Berliner Stadtkarte mit $16 \times 12 = 192$ Kartenausschnitten getestet. Die eingefügten schwarzen Gitterpunkte haben einen Durchmesser von 3mm mit einem weißen Aussenkreis von 1mm. Mit einer Displaygröße von 176×144 px konnten die Kartenausschnitte erfolgreich ermittelt werden. Diese Tests wurden auf drei weiteren Karten durchgeführt welche Dimensionen bis zu 386 Kartenausschnitten besaßen. Mit dem Nokia N80 konnten 1 bis 5 Frames pro Sekunde ausgewertet werden. Die Verarbeitungsgeschwindigkeit ist abhängig von der Anzahl gefundener Kartenausschnitte pro Frame.

Die Tests zeigten bald, dass die Methode stark von der visuellen Erscheinung der Papierkarte abhängig ist. Je nachdem wie ähnlich sich die Kartenausschnitte sind, umso schwieriger sind sie zu identifizieren. Zusätzlich spielen die Lichtverhältnisse eine Rolle, da die Kamera des mobilen Endgerätes nicht mit allen Umgebungsvariablen gleich gut zu Recht kommt. Ein weiterer Nachteil dieser Methode ist der Speicheraufwand der mobilen Endgeräte. Die Kartenausschnitte einer zu verarbeitender Karte müssen im Voraus im Speicher vorhanden sein.

Viele der genannten Restriktionen lassen sich mit besserer Technologie überwinden, während andere sich mit einer effektiveren Implementation beseitigen lassen. Zum Beispiel könnten die vorgedruckten Gitterpunkte durch bereits vorgegebene, regelmäßige Merkmale auf der Papierkarte ersetzt werden. Denn diese künstlich eingeführten Gitterpunkte benötigen ziemlich viel Platz auf der Karte. Ein solches Merkmal würden die oft schon vorhandenen Gitterlinien, welche zur Unterstützung für das Auffinden von Kartenausschnitten dienen sollen, darstellen. Eine andere Idee wäre eine Verbesserung des Tracking-Algorithmus. Momentan werden die erfassten Kartenausschnitte mit allen gespeicherten Ausschnitten verglichen. Diese Suche könnte schneller durchgeführt werden, falls die vorherigen identifizierten Ausschnitte als mögliche Nachbarn in den Algorithmus miteinbezogen werden. Damit könnte der Suchraum eingeschränkt werden.

4 Möglichkeiten mit Hybriden Navigationshilfen

Zum Abschluss sollen noch die Möglichkeiten der hybriden Navigationshilfen diskutiert werden. Die Arbeiten [1] und [2], welche die beiden Technologien eingeführt haben, beschäftigten sich nur gering mit den Herausforderungen der Navigation. Dazu sollen an dieser Stelle die Themen aus dem Papier [4] in die Diskussion einfließen. Dort wird die Aufgabenstellung der Navigation auf die Themen Navigation, Orientierung und Situierung aufgeteilt.

Die Frage, welche sich aufdrängt, lautet also: "Wie können die Herausforderungen der Navigation anhand der hybriden Navigationshilfen angegangen werden?"

Die Herausforderungen der Navigation haben sich seit Jahrtausenden, trotz stetiger Einführung neuer Technik, nicht geändert. Daraus kann geschlossen werden, dass die hybriden Navigationshilfen die Problematik nicht von ihrer Natur aus lösen können. Es sind bestimmte Methodiken welche die Probleme einzeln angehen. Deshalb sollte der hybride Ansatz für eine Methode, welche die Herausforderungen der Navigation anzugehen vermag, eingesetzt werden, sofern diese mit dem Ansatz elegant implementiert werden kann.

Eine Methoden-Art wäre diejenige, welche Karten mit geographisch korrekten Positionen zusammen mit schematischen Plänen vereint. Daraus könnte sich folgendes Szenario ergeben:

Der Benutzer der hybriden Navigationshilfe steht vor einer schematischen U-Bahn-Karte mit dem Ziel die Station zu finden, welche die kürzeste Entfernung zu einem Stadtpark aufweist. Jetzt könnte er sein mobiles Endgerät über der U-Bahn-Karte einsetzen um eine reale Karte als visuelle Überlagerung zu erhalten. Damit kann der Benutzer die geographische korrekte Position der U-Bahn-Station ermitteln und findet mit der realen Karte möglicherweise auch den gesuchten Stadtpark.

Es lassen sich bestimmt noch andere Methoden finden, welche mit den hybriden Navigationshilfen effektiv umgesetzt werden können. Doch der Mehrwert von hybriden Navigationshilfen bleibt von dessen Anwendungskontext abhängig.

5 Referenzen

1. D. F. Reilly, M. E. Rodgers, R. Argue, M. Nunes, and K. Inkpen. Marked-up maps: combining paper maps and electronic information resources. *Personal and Ubiquitous Computing*, pages 215-226, 2006
2. B. Hecht, M. Rohs, J. Schöning, and A. Krüger. Wikeye - using magic lenses to explore georeferenced Wikipedia content. In *Proceedings of the 3rd International Workshop on Pervasive Mobile Interaction Devices (PERMID)*, 2007.
3. M. Rohs, J. Schöning, A. Krüger, and B. Hecht. Towards real-time markerless tracking of magic lenses on paper maps. In *Adjunct Proceedings of the 5th Intl. Conference on Pervasive Computing (Pervasive), Late Breaking Results*, pages 69-72, 2007
4. S. Bogen, U. Brandes, and H. Ziezold. Visual Navigation with Schematic Maps.
5. <http://de.wikipedia.org/wiki/RFID>, 5. Juni 2008