



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Sascha Kluth

Anwendungen 2 – Rechercheergebnisse zu verfügbaren Arbeiten
zum Themengebiet „Photogestütztes System zur
Backcountrynavigation für Wanderer“

Sascha Kluth

Anwendungen 2 – Rechercheergebnisse zu verfügbaren Arbeiten
zum Themengebiet „Photogestütztes System zur
Backcountrynavigation für Wanderer“

Anwendungen 2 Bericht eingereicht im Rahmen des Masterstudiums
im Studiengang Angewandte Informatik
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Betreuender Professor: Prof. Dr. Kai von Luck

Abgegeben am 28. Februar 2009

Sascha Kluth

Anwendungen 2 – Rechercheergebnisse zu verfügbaren Arbeiten zum Themengebiet „Photogestütztes System zur Backcountrynavigation für Wanderer“

Stichworte

Backcountrynavigation, Stitchverfahren, SIFT, SURF, MOPS, Panoramic Viewfinder, Quasistitch, Enkin, Android, Streetview, Pervasive Gaming Framework, Photo Tourism, Phostosynth

Kurzzusammenfassung

Dieser Bericht beschäftigt sich mit vorliegenden Arbeiten zu grafischen Aspekten eines Photogestützten Systems zur Backcountrynavigation für Wanderer. Nach einer Einführung wird in Kapitel 2.1 erläutert, wie Einzelbilder grundsätzlich anhand von Merkmalspunkten zu einem Gesamtbild kombiniert werden können. In Kapitel 2.2.ff werden Algorithmen zur Erkennung dieser Merkmalspunkte in Bildern vorgestellt. Kapitel 2.3.ff beschäftigt sich mit den Aspekten, wie geeignete Bildbereiche für die Weiterverarbeitung ausgewählt werden können. Kapitel 3 stellt dokumentierte Projekte vor, die die in Kapitel 2 vorgestellten Verfahren anwenden.

Darstellungskonventionen

In dieser Arbeit werden folgende Darstellungskonventionen verwendet:

Glossareinträge Das Glossar befindet sich im Anhang, Seite 16

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	6
2 Vorliegende Arbeiten.....	6
2.1 Verfahren zur Komposition von Panoramen aus Einzelbildern - Stitchverfahren.....	6
2.2 Verfahren zur Ermittlung von Merkmalspunkten.....	8
2.2.1 SIFT Scale-invariant feature transform.....	8
2.2.2 SURF Speeded Up Robust Features.....	9
2.2.3 Implementationsvergleich SIFT vs. SURF.....	9
2.2.4 MOPS Multi-Image Matching using Multi-Scale Oriented Patches.....	10
2.3 Bilddatenerfassung.....	10
2.3.1 Aufnahme von Einzelbildern.....	10
2.3.2 Unterstützung zur Auswahl des Aufnahmebereiches von Einzelbildern.....	11
2.3.3 Einzelbilder aus Videostreams.....	11
3 Dokumentierte Projekte / Demos.....	12
3.1 Enkin.....	12
3.2 Android-Streetview-Demo.....	12
3.3 Pervasive Gaming Framework.....	12
3.4 Photo Tourism.....	13
3.5 Phostosynth.....	13
3.6 QuasiStitch.....	13
4 Glossar.....	15
5 Bildnachweis.....	15
6 Quellen.....	16

1 Einleitung

Die Veranstaltungen „Anwendungen 1“, „Anwendungen 2“, „Seminar“ und „Projekt“ im Rahmen des Masterstudiums im Studiengang Angewandte Informatik am Department Informatik der Fakultät Technik und Informatik der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg stehen in engem Zusammenhang. Sie beschäftigen sich mit Teilaspekten einer Projektidee, die in der Erstellung der Masterarbeit zusammengeführt werden sollen. In „Anwendungen 1“ wird eine grundlegende Idee formuliert und im „Seminar“ weiter entwickelt. Der zugehörige Seminarbericht [SEMINAR] gibt detaillierten Einblick in das geplante Vorhaben. Es soll ein System entwickelt werden, das durch die Verwendung von Photos und deren geschickter Darstellung auf einem mobilen Gerät die Navigation von Wanderern unterstützen soll. Daher wird an dieser Stelle auf eine weitere Darstellung des Vorhabens verzichtet. Im Rahmen des „Projekt“ konnte der Autor Vorarbeiten, die im Rahmen der Veranstaltung „Anwendungen 1“ begonnen wurden, weiterführen und im Rahmen eines Softwareprojektes erproben (s. [PROJEKT]). In „Anwendungen 2“ liegt der Fokus auf der Auswertung wissenschaftlicher Arbeiten und Bewertung von Produkten und Projekten, die zu dem gewählten Themengebiet bereits vorliegen. Die Rechercheergebnisse sollen im Folgenden dargestellt werden.

2 Vorliegende Arbeiten

2.1 Verfahren zur Komposition von Panoramen aus Einzelbildern - Stitchverfahren

Aktuelle Standardaufnahmegeräte, wie Photoapparate und Videokameras, können von Ihrer Umgebung zeitgleich immer nur einen Ausschnitt aufnehmen. Möchte man einen größeren Bereich aufnehmen, so kann man durch die Nutzung spezieller Objektive Weitwinkel-Aufnahmen bis hin zu einer 180°-Ansicht erstellen. Dabei kommt es, je nach Brennweite, zu perspektivischen Verzerrungen.



Abbildung 1: Externe Weitwinkelaufnahme

Mittels sogenannter Stitchverfahren können aus mehreren zusammenhängenden Einzelbildern Panoramen zusammengesetzt werden. Als Basisberechnung hierfür werden Algorithmen benötigt, die die Einzelbilder so anordnen, dass sie sich korrekt aneinander fügen.

Bei (nahezu) identischen Bildbereichen an den Rändern zweier zusammen zu fügender Bilder ist eine Möglichkeit hierzu, sämtliche Bildpunkte in Deckung zu bringen. Dieses Verfahren erfordert ein hohes Maß an Rechenleistung. Durch aufnahmebe-

dingtes Bildrauschen sind nicht alle Pixel zweier identischer Bildbereiche in unterschiedlichen Aufnahmen identisch. Dies lässt sich noch durch die Verwendung von Toleranzen bei der Berechnung ausgleichen. Sobald zwei Einzelaufnahmen, die aus unterschiedlichen Blickwinkeln aufgenommen wurden, überdeckt werden sollen, kommen Unterschiede (s. Abb. 2) in Bildverzerrung, Rotation und Belichtung hinzu, die i.d.R. nicht mehr durch Toleranzen auszugleichen sind.



Abbildung 2: Unterschiede der Bildpunkte im Überlagerungsbereich zweier Einzelbilder
Die Farbe gibt an, wie sehr sich die Bildpunkte der Bilder unterscheiden, weiße Punkte sind identisch.

Eine Lösung dieses Problems ist die Konzentration auf charakteristische Merkmalspunkte in den einzelnen Bildern (s. Abb. 3 & 4), die sich in jeweils zwei zu vergleichenden Einzelbildern wiederfinden. Durch die relative Anordnung solcher Merkmalspunkte zueinander können Muster entdeckt und überdeckt werden. Auch nicht exakt identische Muster, können durch Verzerrungen überdeckt werden. Diese Verzerrungen werden ebenfalls auf die Bildpunkte der unter dem Muster befindlichen Bildfläche angewendet, so dass Bildbereiche entstehen, die exakt überlagert werden können und nahtlos ineinander übergehen.

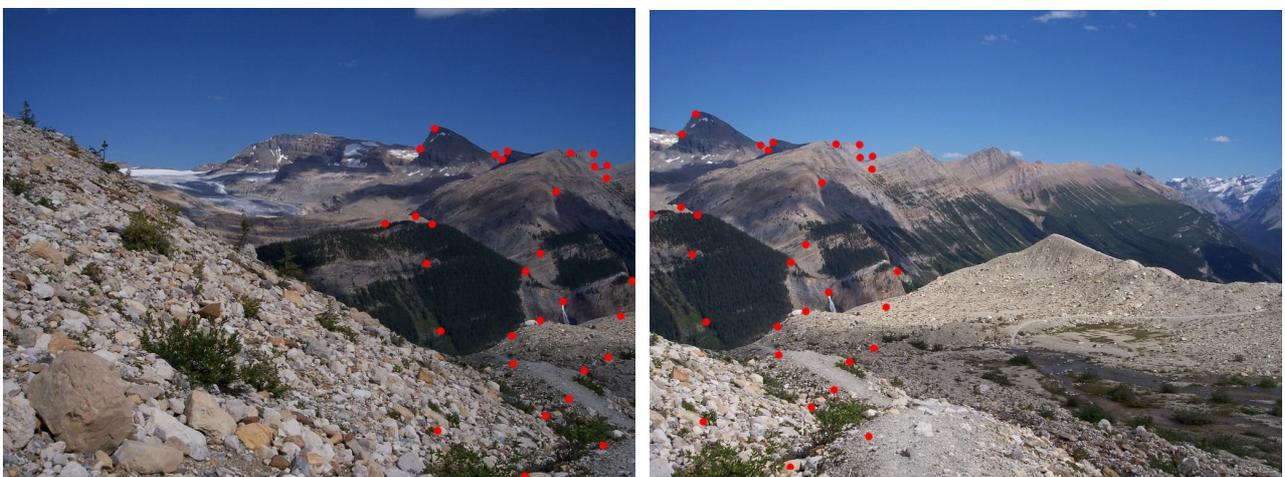


Abbildung 3: Merkmalspunkte in zwei Einzelbildern

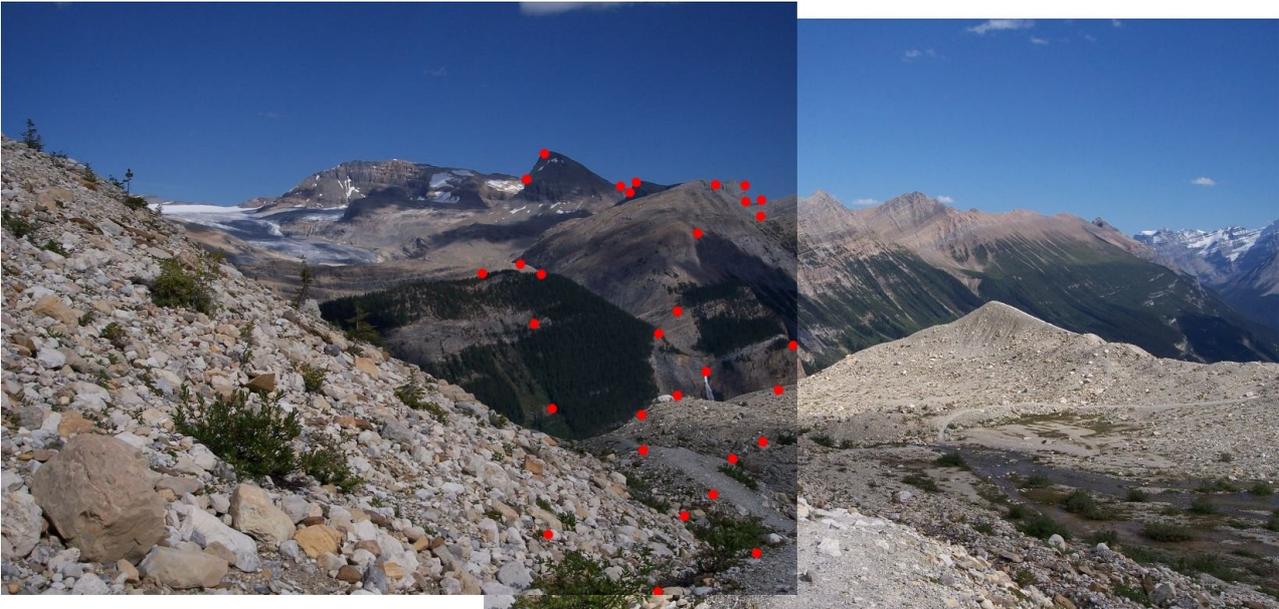


Abbildung 4: Anhand von Merkmalspunkten zusammengefügtes Bild aus zwei Einzelbildern

2.2 Verfahren zur Ermittlung von Merkmalspunkten

Um die oben beschriebenen Merkmalspunkte ermitteln zu können stehen u.a. folgende Verfahren zur Verfügung.

2.2.1 SIFT Scale-invariant feature transform

Der in [SIFT] beschriebene Algorithmus ist in vier Verarbeitungsstufen aufgebaut. Zunächst wird das Eingangsbild mehrfach mittels Gaussfilter [GAUSFILTER] geglättet. Die so entstehenden Bilder werden zu einer sog. Gausspyramide (s. Abb. 5) übereinander gelegt. Aus dem Differenzbild der einzelnen Gausspyramidenebenen ergeben sich Extremwertpunkte, deren Anzahl für die weitere Bearbeitung jedoch zu hoch ist.

Daher werden im zweiten Schritt die lokalen Umgebungen der Extremwertpunkte betrachtet und die Punkte mit einem geringen Kontrast zu ihrer Umgebung von der weiteren Bearbeitung ausgeschlossen. Diese Reduktion ist unproblematisch, da Punkte mit geringem Kontrast zu ihrer Umgebung i.d.R. aus Bildrauschen bei der Aufnahme entstehen.

Im dritten Schritt werden für die verbliebenen Punkte Rotationsinvarianten berechnet, die im vierten Schritt als 360-dimensionaler Vektor abgebildet werden. Jeder dieser Vektoren entspricht einem Merkmalspunkt, der durch die Verwendung der Rotationsinvarianten eindeutig identifizierbar bleibt, selbst wenn in einem zu vergleichendem Bild dieser Merkmalspunkt aus einem anderen Blickwinkel aufgenommen ist.

Eine SIFT-Hardwareimplementation wurde in [SIFTHARDWARE] beschrieben.

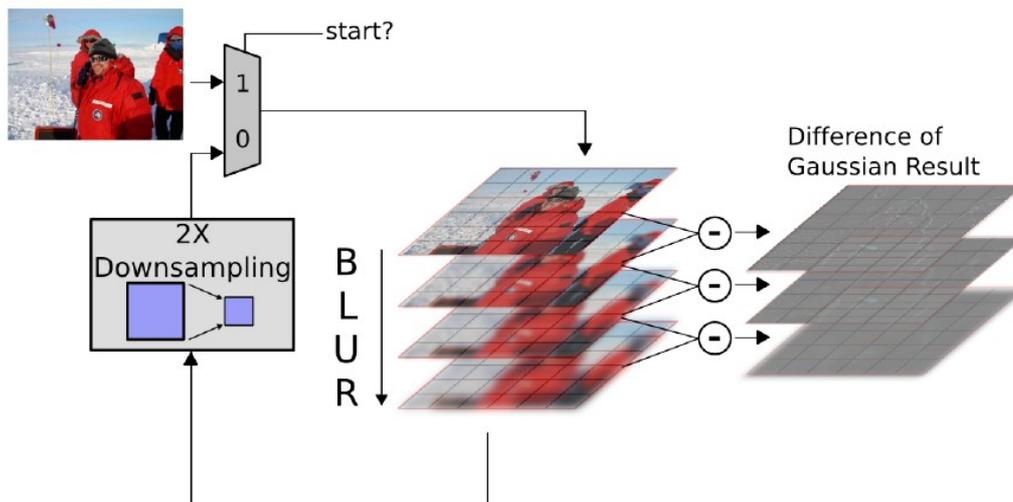


Abbildung 5: Aufbau einer Gausspyramide

Das SIFT-Verfahren eignet sich insbesondere für die Erkennung von Gegenständen in Bildern, bietet bei der Verwendung zur Erstellung von Panoramen aber ebenso den Vorteil, dass die Skalierung, Rotation und Belichtung der Einzelbilder vor der Anwendung des Algorithmus nicht angepasst werden braucht und auch Einzelbilder mehrerer Panoramen in der Eingabemenge korrekt in mehrere Panoramen der Ausgabemenge überführt werden.

2.2.2 SURF Speeded Up Robust Features

Basierend auf dem SIFT-Algorithmus wurde der SURF-Algorithmus entwickelt (s.[SURF]). Primäres Ziel war dabei, die Berechnungszeit der SIFT-Vektoren zu reduzieren. Bei der Ermittlung, ob es sich bei einem Bildbereich um einen charakterisierenden Merkmalspunkt handeln könnte, muss für jede Betrachtung eines Bildbereiches zunächst der Bildbereich selbst bestimmt werden. SURF macht im ersten Schritt davon Gebrauch, dass für die Ermittlung von Merkmalspunkten unterschiedlich große Bildbereiche betrachtet werden. Während SIFT die original Lokalitäten der Bildbereiche verwendet, nutzt SURF die Reduktion mittels sog. „Integral Bilder“, die dank komprimierter Daten deutlich schneller berechnet werden können. So kann der SURF-Algorithmus unter Verwendung einer deutlich schneller berechenbaren 64-dimensionalen Hesse-Matrix optimiert werden. Für die Ermittlung der Rotation fasst SIFT somit im übertragenen Sinne die Vektoren des SIFT-Algorithmus zu Gruppen zusammen. Der Verlust von Präzision wird in [SURF] als akzeptabel eingeschätzt und experimentell belegt.

2.2.3 Implementationsvergleich SIFT vs. SURF

In [SIFTVSSURF] werden SIFT- und SURF-Implementationen in den Eigenschaften Rotation, Skalierungsänderungen, Bildrauschen, Belichtungsänderungen und Änderungen des Blickwinkels verglichen. Grundsätzlich erkennen die SIFT-Implementationen deutlich mehr Merkmalspunkte, als die SURF-Implementationen, die Rate der korrekt erkannten Merkmalspunkte unterscheidet sich jedoch nur in Nuancen. Die Reduzierung der erkannten Merkmalspunkte können die SURF-Implementationen in einen Geschwindigkeitsgewinn vom Faktor zwei bis sechs umsetzen.

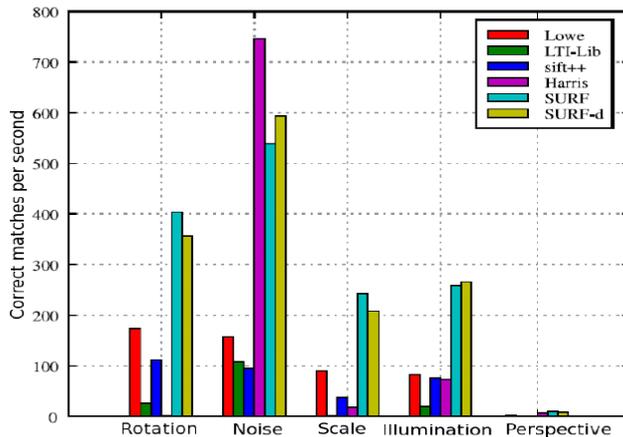


Abbildung 6: Performancevergleich von SIFT- und SURF-Implementationen

2.2.4 MOPS Multi-Image Matching using Multi-Scale Oriented Patches

Auch das in [MOPS] beschriebene Verfahren nutzt Gausspyramiden. Die Merkmalspunkte werden mittels Harrisoperatoren, einem Kantenerkennungsverfahren, extrahiert. Dabei werden Felder von 3x3 Bildpunkten genutzt und aus den Kantenverläufen mittels Integralermittlung Orientierungen errechnet. Die so erhaltenen Daten werden als MOPS „Multi-scale Oriented Patches“ bezeichnet. Je nach betrachteter Ebene der Gausspyramide entstehen so im Verhältnis zum Eingangsbild unterschiedlich dimensionierte MOPS, die als Merkmalspunkte für die Überdeckung der Einzelbilder genutzt werden können. Es sollen zum einen nicht zu viele Merkmalspunkte ermittelt werden, damit später auf ihnen aufsetzende Berechnungen keine zu große Eingabemenge erhalten. Zum anderen ist es für das Überdecken von Einzelbildern relevant, dass die Merkmalspunkte günstig über den Bildbereich verteilt sind. Um sowohl eine Verteilung, als auch eine Reduktion der Merkmalspunkte zu gewährleisten, wurde ein ANMS (Adaptive Non-Maximal Suppression) genanntes Verfahren eingeführt, das die Dichte von Merkmalspunkten in einem Bildbereich berechnet und beim Überschreiten von Schwellwerten Merkmalspunkte löscht, so dass die Dichte der Merkmalspunkte im gesamten Bildbereich angeglichen wird.

2.3 Bilddatenerfassung

Bei der Aufnahme von Einzelbildern, die später mit Hilfe der oben beschriebenen Verfahren zu einem Panorama zusammengerechnet werden sollen, ist darauf zu achten, dass

sich Bildbereiche überlappen, damit die oben dargestellten Verfahren Merkmalspunkte in den Bildern finden können, die sich zur Deckung bringen lassen.

2.3.1 Aufnahme von Einzelbildern

Ein mögliches Vorgehen ist: Der Benutzer photographiert ein Bild, merkt sich den belichteten Bildausschnitt und wählt für das nächste Photo einen angrenzenden Bildausschnitt, der sich ausreichend mit dem vorherigen überdeckt.

Hierbei ergeben sich mehrere Probleme. Der Benutzer kann u.U. nicht abschätzen, wie weit sich die Bildbereiche überlappen müssen, damit ausreichend markante Merkmalspunkte vom Stitchalgorithmus gefunden werden können. Hier spielen auch Faktoren wie z.B. die unterschiedliche Verzerrung der Kameraoptik eine Rolle. Das Merken mag noch noch funktionieren, wenn man ein einfaches Panoramabild photographiert, aber wenn man ein horizontal 360° umspannendes Bild in mehreren vertikalen Ebenen aufnimmt, müsste für jede Ebene zusätzlich die vertikale Überlappung zur vorher aufgenommenen Ebene gemerkt werden. Z.B. bei einer Brennweite von 50mm ergäben sich ca. 20 Einzelbilder in drei bis vier Ebenen, deren Überlappungen manuell zu merken wären.

2.3.2 Unterstützung zur Auswahl des Aufnahmebereiches von Einzelbildern

Baudisch hat mit Panoramic Viewfinder [VIEWFINDER] ein System vorgestellt, bei dem das Aufnahmegerät auf einem Display das bereits aufgenommene Panorama zeigt und mit Hilfe eines Rahmens die Position des aktuell über die Kameraoptik wahrnehmbaren Bildbereich darstellt (s. Abb. 7).

Dieses System könnte so erweitert werden, dass dem Benutzer über einen weiteren Rahmen der nächste aufzunehmende Bildbereich vorgeschlagen wird.

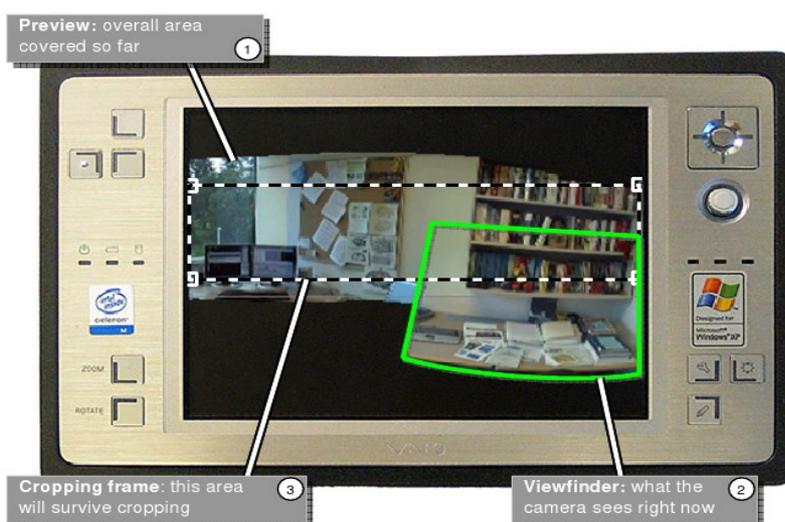


Abbildung 7: Baudisch: Panoramic Viewfinder

2.3.3 Einzelbilder aus Videostreams

Eine weitere Möglichkeit ist, nicht einzelne Aufnahmen als Ausgangsdaten für den Stitchalgorithmus zu verwenden, sondern die Einzelbilder eines Videostreams. Hier gibt es bei der Aufnahme, z.B. eines 360°-Schwenks, eine sehr hohe Überlappung der Einzelbilder, was es dem Stitchalgorithmus erheblich einfacher macht, die Einzelbilder zusammenzurechnen. Szeliski beschreibt dieses Vorgehen in [ALIGNESTITCH]. Dieses Verfahren benötigt auf Grund der vielen zu verarbeitenden Bilddaten jedoch eine hohe Systemleistung.

3 Dokumentierte Projekte / Demos

Es gibt bereits bestehende Projekte, die auf den Ergebnissen der oben kurz vorgestellten Arbeiten aufsetzen, auf deren Dokumentationen zum Teil zurückgegriffen werden kann.

3.1 Enkin

Als ihren Beitrag zum Google Android Developer Challenge [GOOGLEWETTBEWERB] haben zwei Studenten, ein Navigationskonzept namens „enkin“ [ENKIN] auf Basis des Android-Emulators [ANDROID] implementiert, das sich im Teilbereich der Bilddatenerfassung mit der vom Autor [AW1] beschriebenen Vision stark ähnelt.

Bei „enkin“ wurden eine USB-Kamera und ein USB-Kompassmodul an den Emulator angebunden, so dass es möglich wurde, in einer Android-Anwendung ein Livebild der Kamera mit Ortsangaben zu anotieren. Dabei wurde basierend auf GPS- und Kompassdaten errechnet, in welchem Bildbereich des Kamerabildes die Anotationen dargestellt werden sollen.

3.2 Android-Streetview-Demo

Google zeigt in einem Demovideo zu seinem Produkt „Streetview“ [MAPSANDROID] einen Entwickler, der ein Android-Gerät vor sich hält. Dabei hält er das Gerät mit dem Display zu sich und dreht sich um die eigene Achse. Im Abgleich zu seiner Drehung wird die Streetview-Darstellung so rotiert, dass der Eindruck entsteht man würde durch das Display des Gerätes auf den Ort der Streetview-Darstellung schauen. Es werden bereits zuvor erstellte Bilder verwendet, so dass Ansichten beliebiger Stätten ohne Ortsbindung betrachtet werden können.

3.3 Pervasive Gaming Framework

Am Projekt „Pervasive Gaming Framework“ [PROJEKT] hat der Autor selbst teilgenommen. Im Rahmen seiner Projektstätigkeit hat der Autor Module für eine Androidanwendung konzeptioniert und erstellt, die u.a. die Anbindung eines Kreiselkompasses erlauben. Abhängig von den Kompassdaten zur Ausrichtung einer Kamera im Raum ermöglichen die Module, ein Videobild in der Anwendung darzustellen, das mit aktuellen Raumdaten anotiert ist. Dadurch kann das Videobild vor der Darstellung entsprechend gedreht werden, so dass eine zur Horizontalen korrigierte Darstellung möglich ist. Auf dieser korrigierten Darstellung könnte ein zu erstellendes Aufnahmemodul direkt aufsetzen.

3.4 Photo Tourism

In [PHOTOTOURISM] wird ein System zur Darstellung von touristisch interessanten Orten beschrieben bei dem die Darstellung aus einer Vielzahl nicht zusammenhängend aufgenommener Einzelbilder zusammengesetzt wird. Dazu werden mittels des SIFT-Verfahrens (s.o.) Merkmalspunkte extrahiert. Sofern vorhanden werden EXIF-Daten genutzt, um Kameradaten und GPS-Informationen der Einzelbilder zu gewinnen. Da diese Daten aber i.d.R. nicht vorliegen, werden Daten zur Linsenverzerrung, Fokussierung u.ä. aus den Bild-daten algorithmisch approximiert, um anschließend eine Einordnung der Einzelaufnahmen in eine 3D-Szene vorzunehmen. Ist das Motiv der Aufnahmen bekannt, wird basierend auf Google-Earth-Daten [GOOGLEEARTH] versucht, die 3D-Szene in das Höhenmodell von Google-Earth einzubetten und die einzelnen Aufnahmen in ihrer Lokalisation zu präzisieren.

Für die Darstellung in der 3D-Szene können die Einzelaufnahmen direkt verwendet werden, sofern der Standpunkt des Betrachters dem Aufnahmepunkt des Bildes und die jeweiligen Blickwinkel übereinstimmen. Unterscheiden sich Standpunkt oder Blickwinkel des Betrachters jedoch, so wird ein Zwischenbild zwischen den beiden nächstliegenden Aufnahmen mittels eines Morphing-Algorithmus errechnet und dargestellt.

Auf einem Pentium 4, 3,4 GHz-System benötigt das beschriebene System laut [PHOTOTOURISM] für die Rekonstruktion einer Szene auf Basis von ca. 2500 Bildern ca. zwei Wochen.

3.5 Phostosynth

Basierend auf Photo Tourism hat Microsoft Research zwischenzeitlich eine Weiterentwicklung namens Phostosynth [PHOTOSYNTH] veröffentlicht. Eine Dokumentation, die beschreibt, wie Phostosynth intern arbeitet, liegt dem Autor nicht vor. Es ist zu vermuten, dass Microsoft Research nicht die Daten von Google Earth, sondern von MS-LifeMaps [MSMAPS] nutzt und zur Merkmalerkennung nicht das SIFT-, sondern das MOPS-Verfahren verwendet.

Eigene Experimente des Autors für die Rekonstruktion einer Szene auf Basis von ca. 2500 Bildern, auf einem Pentium 4, 3,4 GHz-System, ergaben eine Berechnungszeit von ca. 32 Stunden. Dies entspricht ungefähr einem Faktor 1:10 im Verhältnis zu Photo Tourism.

3.6 QuasiStitch

Das vom Autor in [AW1] vorgestellte Verfahren sieht vor, dass die aufgenommenen Einzelbilder lediglich anhand der anotierten GPS- & Kompassdaten räumlich angeordnet werden, so dass sich eine Darstellung wie in Abbildung 8 ergibt. Dieses Verfahren wurde verfeinert und wird in [SEMINAR] ausführlich beschrieben.

Die Verfeinerung beruht im Wesentlichen auf der Nutzung einer Vielzahl von stark über-

lappenden Einzelbildern, von denen lediglich zentrale Bildspalten genutzt werden. Daraus ergibt sich eine Darstellung bei der kameraoptikbedingte Verzerrungsfehler minimiert und über die gesamte Darstellung verteilt werden, so dass sich ein Bild ohne Kanten innerhalb der Bildfläche ergibt (s.Abb. 9).

So kann eine ähnlich wie von Photo Tourism bzw. Photosynth erzeugte Szene dargestellt werden ohne langwierige Berechnungen für die Lokalisation der Einzelbilder vornehmen zu müssen. Somit gelangt man zu einem System, dass potentiell auch auf portablen Geräten ausführbar ist.

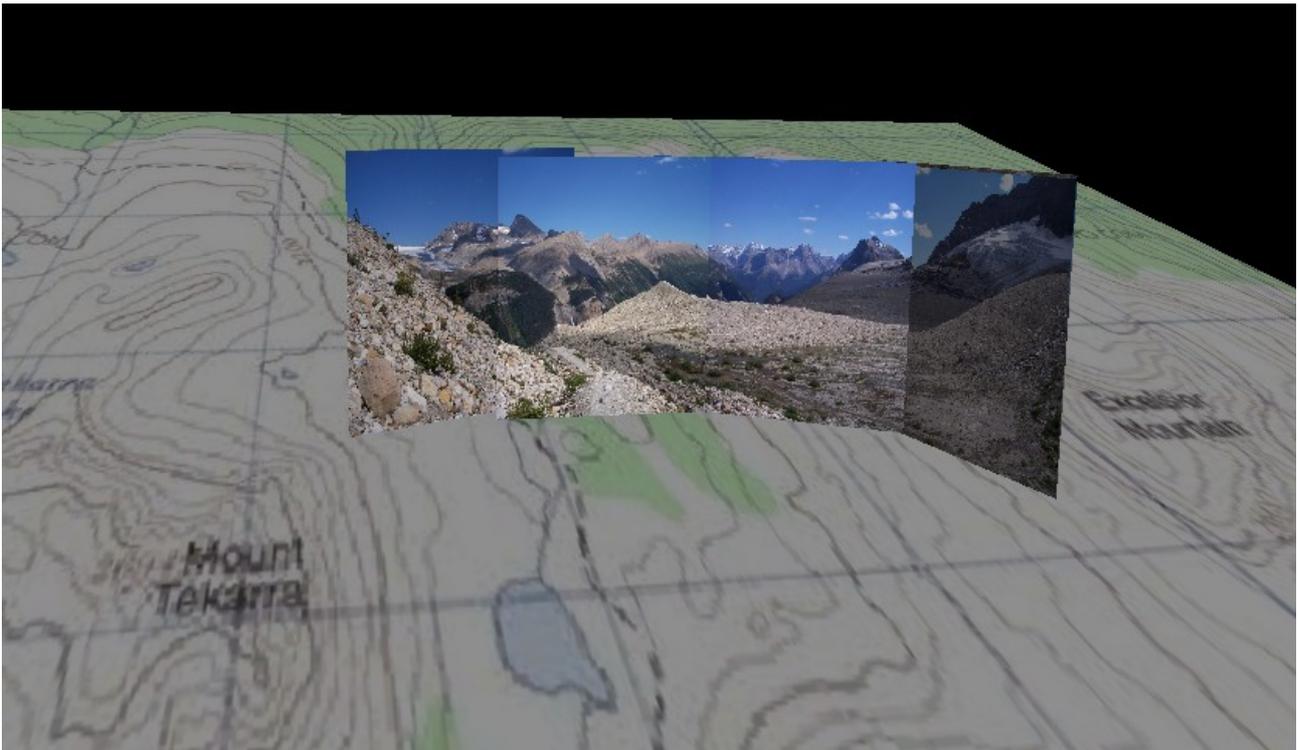


Abbildung 8: Screenshot eines explorativen Prototypen



Abbildung 9: Screenshot eines explorativen Prototypen

4 Glossar

GPS - Das **Global Positioning System** ist ein Satellitengestütztes Navigationssystem, dass die Position von Navigationsgeräten anhand der Laufzeitunterschiede synchronisierter Satellitensignale ermittelt.

Merkmalspunkt - Ein, für ein auf einem Bild dargestelltes Objekt, charakteristischer Punkt mit dessen Hilfe Objekte auf Bildern erkannt werden können.

EXIF - Exchangeable Image File Format bezeichnet ein Datenformat, in dem neben den eigentlichen Bilddaten Metadaten von Digitalbildern gespeichert werden können. (<http://www.exif.org/specifications.html>)

Panorama - wird im Rahmen dieses Dokumentes als Synonym für aus Einzelbildern erstellten Kompositionsbildern verwendet.

Stitching - bezeichnet in der Fotografie das Erstellen einer großen Fotografie aus verschiedenen kleineren Einzelaufnahmen. Der Begriff stitch bedeutet übersetzt aus dem Englischen „nähen“ oder „zusammenheften“ (to stitch together). (Wikipedia.de)

5 Bildnachweis

Abbildung 1: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b4/Fisheye_photo.jpg/180px-Fisheye_photo.jpg – Zugriffsdatum: 23.2.2009

Abbildung 5: [SIFTHARDWARE]

Abbildung 6: [SIFTVSSURF]

Abbildung 7: [VIEWFINDER]

Sämtliche weiteren Bilder wurden vom Autor erstellt.

6 Quellen

[ANDROID] Google Inc.; Google Android Webseite, <http://code.google.com/intl/de-DE/android/> Zugriffsdatum: 23.02.2009

[ANLIGNESTITCH] Szeliski; Microsoft Research; „Image Alignment and Stitching“; <http://research.microsoft.com/research/vision/VisionBasedModeling/Publications/Szeliski-FnT06.pdf?0sr=p> – Zugriffsdatum: 23.02.2009

[AW1] Kluth Sascha; HAW; 2008; „Anwendungen 1 – Bericht Backcountrynavigation für Wanderer“; <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2008/kluth/bericht.pdf> – Zugriffsdatum: 23.02.2009

[ENKIN] Enkin: <http://www.enkin.net/> – Zugriffsdatum: 03.06.2008

[GAUSFILTER] Wikipedia.org; „Gaussian filter“; http://en.wikipedia.org/wiki/Gaussian_filter – Zugriffsdatum: 23.02.2009

[GOOGLEADC] Google Inc.; Google Android Developer Challenge; <http://code.google.com/intl/de-DE/android/adc.html> – Zugriffsdatum: 23.02.2009

[GOOGLEEARTH] Google Inc., Google Earth, <http://maps.google.de/> – Zugriffsdatum: 03.06.2008

[MSMAPS] Microsoft Inc.: Live Search Maps <http://maps.live.com> – Zugriffsdatum: 03.06.2008

[MAPSANDROID] Google Inc.; „Google Maps on Android“, Demovideo; http://www.youtube.com/watch?v=_YFw9p0TjT8 Zugriffsdatum: 23.2.2009

[MOPS] Brown, Department of Computer Science University of British Columbia, Szeliski, Winder, Vision Technology Group Microsoft Research; „MOPS Multi-Image Matching using Multi-Scale Oriented Patches“; 2005; <http://research.microsoft.com/research/vision/VisionBasedModeling/Publications/Brown-cvpr05.pdf?0sr=p> – Zugriffsdatum: 23.02.2009

[PHOTOSYNTH] Microsoft Live Labs; Photosynth; <http://livelabs.com/photosynth/> – Zugriffsdatum: 02.01.2009

[PHOTOTOURISM] Snavely, Seitz, Szeliski; SIGGRAPH Conference Proceedings; “Photo tourism: Exploring photo collections in 3D“; 2006; ISBN 1-59593-364-6

[PROJEKT] Kluth Sascha; HAW; 2009; „Tätigkeitsbericht im Projekt Pervasive Gaming Framework“

[SEMINAR] Kluth Sascha; HAW; 2009; „Seminar – Weiterentwickelte Ideen zum Themengebiet „Backcountrynavigation für Wanderer““; <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2009/kluth/bericht.pdf> – Zugriffsdatum: 23.02.2009

[SIFT] „SIFT Object recognition from local scale-invariant features“ Computer Vision, 1999. The Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Volume 2; <http://doi.ieeecs.org/10.1109/ICCV.1999.790410> – Zugriffsdatum: 23.02.2009

[SIFTHARDWARE] Blair, Murphy; „Difference of Gaussian Scale Space Pyramids for SIFT Feature Detection“; 2007; http://www.chrismurf.com/file_download/9 - Zugriffsdatum: 23.02.2009

[SIFTVSSURF] Bauer,Sünderhauf,Protzel; Comparing several implementations of two recently published feature detectors; Chemnitz University of Technology; 2007; <http://www.tu-chemnitz.de/etit/proaut/rsrsrc/iav07-surf.pdf> – Zugriffsdatum: 23.02.2009

[SURF] Bay,Tuytelaars, Van Goo; ETH Zurich; "SURF: Speeded Up Robust Features"; 2006; <http://www.vision.ee.ethz.ch/~surf/eccv06.pdf> – Zugriffsdatum: 23.02.2009

[VIEWFINDER] Baudisch, Tan, Steedly, Rudolph, Uyttendaele, Pal, Szeliski; Microsoft Research; „PANORAMIC VIEWFINDER“; 2005; <http://research.microsoft.com/research/vision/VisionBasedModeling/Publications/Baudisch-OZCHI05.pdf?0sr=p> – Zugriffsdatum: 23.02.2009