

# Mobiltelefone als allgegenwärtige Sensoren zur Erfassung sozialer Strukturen

Davide Spena

ETH Zürich, CH-8092 Zürich, 2008  
spenad@student.ethz.ch

**Zusammenfassung.** In dieser Ausarbeitung wird gezeigt, wie herkömmliche Mobiltelefone als Sensoren benutzt werden können, um die unmittelbare Umgebung zu erfassen. Der unmittelbar gewonnene soziale Kontext ermöglicht es, einerseits das Verhalten eines Menschen zu modellieren und somit Beziehungstypen zwischen Menschen herzuleiten, als auch urbane Dynamiken in Echtzeit zu visualisieren. Charakteristische Umgebungseigenschaften ermöglichen es schlussendlich auch anhand des erfassten sozialen Kontexts neuartige Positionierungsmodelle zu entwickeln.

## 1 Einführung

Das letzte Jahrzehnt war geprägt von einer enorm steigenden Anzahl von verkauften Mobiltelefongeräten. Die Funktionsvielfalt dieser allgegenwärtigen Mobiltelefoninfrastruktur nimmt immer mehr zu. Zusammen mit der enorm steigenden Anzahl von Mobiltelefongeräten steigt auch die Anzahl von Bluetoothgeräten, welche in fast allen Mobiltelefonen heutzutage integriert sind.

Die hohe Menge von Bluetoothgeräten in der näheren Umgebung heutzutage, wie beispielsweise im Bürogebäude oder in der städtischen Umgebung, führen dazu, dass verschiedene Umgebungen spezifische Bluetoothcharakteristiken aufweisen. Im nächsten Abschnitt wird deshalb ein Lokalisierungssystem vorgestellt, welches anhand des sozialen Kontexts (erfasst durch die unmittelbare Umgebung eines Mobiltelefons wie hier dem Bluetoothgerät) den jeweiligen Standort erkennt.

Mobiltelefone stellen in der Gesellschaft persönliche Geräte dar, welche meistens sich am gleichen Ort wie der Benutzer selbst aufhalten. Es wird erläutert, wie das Mobiltelefon anhand der Sensoren Routinen eines Menschen mittels des sozialen Kontexts erkennen kann, sowie darauf aufbauend Freundschaftsbeziehungen zwischen Menschen herleiten kann.

Einerseits können Mobiltelefone direkt als Sensoren eingesetzt werden, andererseits kann man anhand der Mobiltelefoninfrastruktur durch Messung der Bandbreitennutzung einer grossen Anzahl Benutzer, welche die Telefonaktivität widerspiegeln, die urbane Dynamik einer Stadt visualisieren.

Anhand des *Real Time Rome Project* wird zum Schluss noch erläutert, wie durch die Messung der Bandbreitennutzung einer Mobiltelefoninfrastruktur urbane Dynamiken der Stadt Rom wiedergegeben werden können.

## 2 Sensing aus Sicht des Mobiltelefons

Sensing aus Sicht des Mobiltelefons zeigt, wie anhand der Sensoren von herkömmlichen Mobiltelefonen die unmittelbare Umgebung des Mobiltelefonbenutzers wahrgenommen werden kann. Einerseits erlaubt es der erfasste soziale Kontext das Verhalten eines Menschen zu modellieren, andererseits ist es anhand der erfassten unmittelbaren Umgebung auch möglich neuartige Positionierungssysteme zu verwirklichen.

### 2.1 Beaconless Locationing

Indoorpositionierungssysteme beruhen meist auf stationären Basisstationen oder auch Beacons<sup>1</sup>, wobei anhand der Analyse der Funksignale der aktuelle Standort geschätzt werden kann. Die Positionierung erfolgt dann durch bekannte Standorte der Basisstationen oder empirisch gesammelten Signalstärken von Standorten.

Ein anderer Ansatz, welcher anstelle von stationären Basisstationen die beobachtete Bluetoothnachbarschaft als sozialen Kontext zur Lokalisierung benutzt, wird in [1] vorgestellt. Unter der Annahme, dass Menschen, welche bluetoothfähige Geräte bei sich tragen, genügend vorhersehbar sind und sich ausreichend viele Geräte in der Umgebung für eine robuste Schätzung befinden, wird die Hypothese aufgestellt, dass unterschiedliche Standorte charakteristische Bluetoothumgebungen aufweisen, welche der Lokalisierung dienen können.

Zur Überprüfung der Hypothese wurden in einem Bürogebäude Mobiltelefone, welche die Umgebung alle 30 Sekunden auf andere Bluetoothgeräte abtasteten, an vierzehn Versuchspersonen verteilt, wobei die gewonnenen Bluetoothdaten für eine Dauer von 10 Tagen an einen Backendserver über GPRS gesendet wurden. Zusätzlich lieferten 15 passive, stationäre Beacons im Bürogebäude noch die jeweiligen Standorte, anhand welcher das Positionierungsmodell mittels der Maximum-A-Posteriori-Methode<sup>2</sup> und der Annahme, dass die Bluetoothnachbarschaft konstant über die Zeit bleibt, kalibriert wurde.

Tab. 1 zeigt, dass die korrekten Standorte immer mit einer hohen Wahrscheinlichkeit geschätzt wurden. Es wurde festgestellt, dass jeweils der zweitwahrscheinlichste Standort ein Standort in der Nähe des tatsächlichen Standorts ist. Auffallend ist auch, dass Standorte, welche eine hohe Dichte von Bluetoothgeräten aufweisen, wie beispielsweise der Cafeteria, jeweils mit einer ziemlich hohen Wahrscheinlichkeit bestimmt werden können. Daraus kann man schließen, dass eine grosse Anzahl von Bluetoothgeräten in der näheren Umgebung eine Voraussetzung zur Positionierung anhand der beobachteten Bluetoothnachbarschaft ist.

---

<sup>1</sup> Ein *radio beacon* ist ein Sender an einem bestimmten Standort, welcher ein kontinuierliches oder periodisches Funksignal mit begrenztem Informationsgehalt sendet. [2]

<sup>2</sup> Die Maximum-A-Posteriori-Methode bezeichnet in der Statistik ein Schätzverfahren. [3]

Tabelle 1: Standortgenauigkeit

Standort	Beste Schätzung	Zweitbeste Schätzung
a3 coffee	81.1% a3 coffee	11.9% a3 lab
a5 lab	78.9% main entrance	11.4% a5 lab
b5 lab	55.3% b5 lab	35.5% b525
3rd sofas	73.7% 3rd sofas	15.1% a3
a3 lab	99.2% a3 lab	0.2% 7th sofas
cafeteria	98.1% cafeteria	0.8% 1st tables
b525	84.1% b525	13.1% b5 coffee
main entrance	96.5% main entrance	1.7% a3 lab
b5 coffee	70.9% b5 coffee	18.1% 1st tables
7th sofas	55.0% 7th sofas	13.8% 7th offices
7th offices	89.4% 7th offices	9.4% 7th sofas
1st sofas	67.6% 1st sofas	12.4% 1st tables
5th sofas	88.0% 5th sofas	5.8% 7th sofas
1st tables	40.0% 1st sofas	30.0% 1st tables
a3 lab	62.8% a3 lab	19.1% 3rd sofas

## 2.2 Reality Mining Projekt

Reality Mining wird in [5] definiert als die "Sammlung von erfassten Umgebungsdaten durch Maschinen, welche das menschliche soziale Verhalten betreffen."

Die Studie des Reality Mining Projekts, welches am Massachusetts Institute of Technology (MIT) durchgeführt wurde, umfasste 100 Mobiltelefone mit der vorinstallierten Kontextapplikation der University of Helsinki [6]. Alle Mobiltelefone zeichneten jeweils die Call-Logs, Bluetoothnachbarschaften, begegneten Sendemasten, Anwendungsnutzung und Telefonstatus (*idle* oder *charging*) der jeweiligen Benutzer auf. Diese Daten wurden dann in einer anonymen Version zu Forschungszwecken veröffentlicht [5].

**Modellierung des Verhaltens von Menschen.** Das Verhalten eines Menschen ist relativ zufällig, dennoch lassen sich gewisse Tagesabläufe im Alltag jedes Menschen finden. Routinen wie das Aufwachen am Morgen, das Mittagessen, die Heimfahrt nach der Arbeit, sowie das wöchentliche Fussballspiel mit den Freunden, der Besuch der Familie während den Feiertagen finden sich in jedem Menschenleben wieder. Je regelmässiger gewisse Routinen gepflegt werden, desto voraussehbarer ist das Verhalten eines Menschen.

Deshalb wurde in [4] der Begriff der *Entropie des Lebens* definiert, welcher die vorhersehbare Struktur eines individuellen Lebens durch ein Entropiemass zu quantifizieren versucht. Dabei wird zwischen einem *low-entropy-subject*, dessen Leben reguläre Muster aufweist und somit gut voraussehbar ist, und einem *high-entropy-subject*, dessen Leben eher abwechslungsreiche Muster aufweist und somit schwer voraussehbar ist, unterschieden.

Abb. 1 stellt die Unterschiede eines *low-entropy-subject* gegenüber eines *high-entropy-subject* dar. Dargestellt werden einerseits die Standortwechsel, welche

anhand von statischen Bluetoothgeräten ermittelt wurden, als auch die Anzahl erfasster Bluetoothgeräte im Januar.

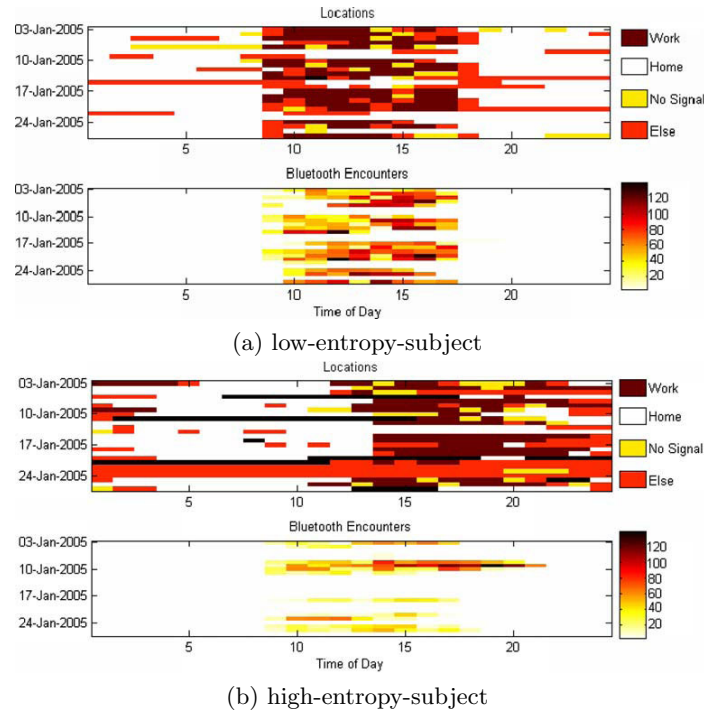


Abb. 1: Entropie des Lebens: a) low-entropy-subject, b) high-entropy-subject (Farben entsprechen den Standorten (oben) bzw. der Anzahl erfasster Bluetoothgeräte (unten)) [4]

Das *low-entropy-subject* erfasst Bluetoothgeräte in der näheren Umgebung nur während den Arbeitszeiten, wobei das *high-entropy-subject* auch während des Abends noch weitere Bluetoothgeräte erkennt. Ausserdem weist das *high-entropy-subject* eine grössere Variabilität des Standortes auf während dem Monat gegenüber dem *low-entropy-subject*, bei welchem man erkennen kann, dass er sich zwischen 8:00 Uhr und 17:00 Uhr mehrheitlich bei der Arbeit befindet.

**Analyse des Gebrauchs von Mobiltelefonanwendungen.** Die Analyse der Anwendungsnutzung eines Mobiltelefons kann Einblicke in das Verhalten von Menschen geben, sowie die einfache Handhabung anhand des Benutzerverhaltens ermöglichen, indem es häufig benutzte Anwendungen in den Vordergrund stellt. In Abb. 2 sind die durchschnittlichen Anwendungsnutzungen von 100 Benutzern an den drei verschiedenen Standorten wiedergegeben. Die x-Achse beschreibt den durchschnittlichen Anteil der jeweiligen Anwendungsnutzung gegenüber der

Telefonbenutzung insgesamt. Der Wecker beispielsweise stellt im Durchschnitt 3% der gesamten Anwendungsdauer dar. Natürlich nimmt das eigentliche Telefonieren im Durchschnitt 80% der Anwendungsnutzung ein. Anwendungen wie der Wecker werden wie erwartet am häufigsten zu Hause benutzt und Anwendungen wie die Kamera eher am Arbeitsplatz. Interessant zu sehen ist, dass beispielsweise der Media Player gleich häufig wie das Spiel Snake im Durchschnitt benutzt wird und somit keinen eigentlichen Beitrag leistet, um Routinen von Menschen besser zu erkennen.

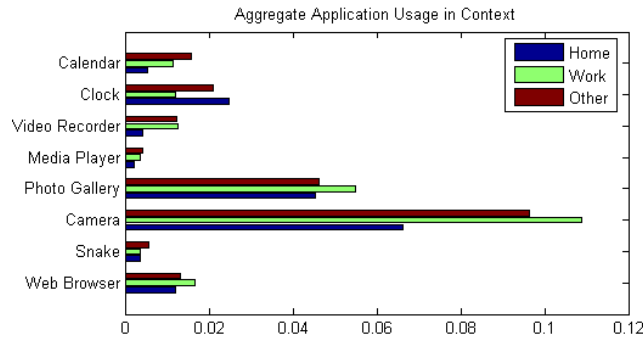


Abb. 2: Durchschnittliche Anwendungsnutzung verschiedener Anwendungen anhand des Standorts (Home, Work, Else) [4]

**Rückschluss auf den Beziehungstyp der Menschen.** Anhand des gemeinsamen Kontexts zweier Menschen, wie beispielsweise den gemeinsamen Standort, die gemeinsame Bluetoothnachbarschaft oder die Zeit, kann ein bestimmter Beziehungstyp hergeleitet werden. Die Begegnung einer anderen Person vor der Kaffeemaschine am Nachmittag hat eine ganz andere Bedeutung als die Begegnung dieser Person am Abend an der lokalen Bar. In Abb. 3 wird gezeigt wie die Erfassung der Bluetoothnachbarschaften das zugrundeliegende Freundschaftsnetz visualisieren, jedoch für die Herleitung der Freundschaftsbeziehung schlussendlich zusätzliche Information über den Kontext wie Ort und Zeit der näheren Umgebung nötig sind. Auf der linken Seite in Abb. 3 ist das Freundschaftsnetz dargestellt, welches mittels einer Umfrage bestimmt wurde. Auf der rechten Seite in Abb. 3 sieht man die Bluetoothnachbarschaft während eines Tages.

Mittels eines Klassifizierungsalgorithmus<sup>3</sup> wurden anhand des geschätzten Ortes (durch statische Bluetoothgeräte), der näheren Umgebung (Messung der Bluetoothnachbarschaften) und der Tageszeit Klassen von Beziehungstypen hergeleitet, wobei schlussendlich bei der Überprüfung durch eine Umfrage festge-

<sup>3</sup> Gaussian Mixture Model

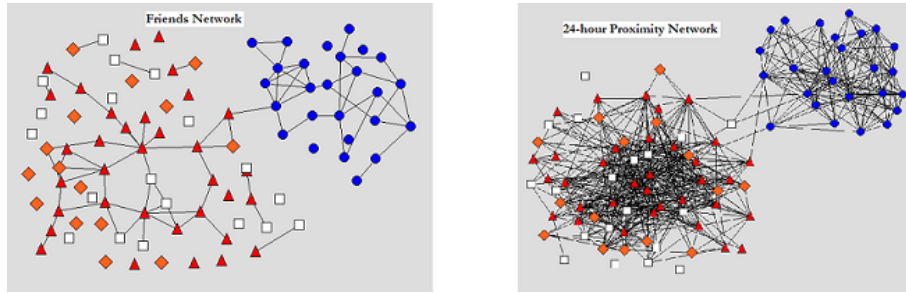


Abb. 3: "Kreise repräsentieren *incoming sloan business students*. Dreiecke, Diamanten und Quadrate jeweils *senior students*, *incoming students* und *faculty/staff/freshman* im Media Lab" [4].

stellt wurde, dass Arbeitskollegen sowie Freunde mit einer Genauigkeit von über 90% richtig klassifiziert wurden. Diese Genauigkeit könnte durch Einbeziehung von Kommunikationsprotokollen beträchtlich gesteigert werden.

Abb. 4 zeigt wie die Information der näheren Umgebung dazu benutzt werden kann, um Rückschlüsse auf eine Freundschaftsbeziehung herzuleiten. Man sieht, dass Bürobekanschaften häufig in der Arbeitswelt anzutreffen sind, aber selten ausserhalb des Arbeitsplatzes. Umgekehrt sind Freunde oft ausserhalb des Arbeitsplatzes anzutreffen, auch wenn es sich um Mitarbeiter handelt.

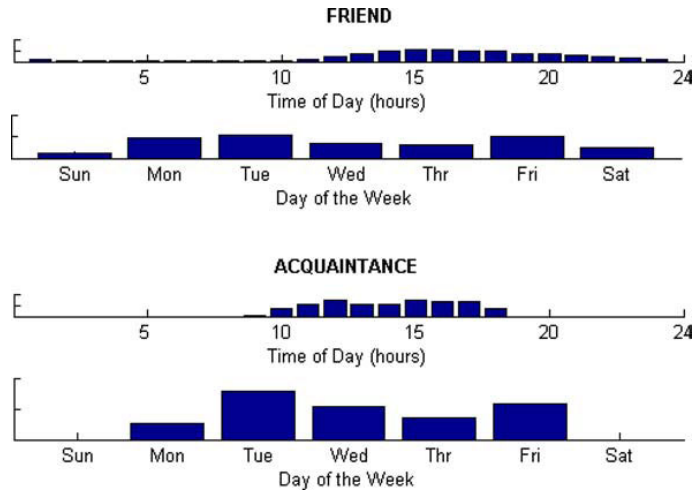


Abb. 4: Darstellung der Häufigkeit mit welcher ein Subjekt ein anderes Subjekt trifft, welches er als Freund (oben) bzw. Mitarbeiter (unten) markiert hat anhand der Tageszeit und des Wochentages. [4]

### 3 Sensing aus Sicht des Mobilfunkbetreibers

Sensing aus Sicht des Mobilfunkbetreibers zeigt, wie anhand der Messung der Telefonaktivität bzw. Bandbreitennutzung bei den Sendemasten Rückschlüsse auf die Aktivität von grösseren Gruppen gemacht werden können.

Traditionelle Datenerhebungsmethoden wie Umfragen tragen zum Verständnis städtischer Systeme bei, sind jedoch schwierig aktuell zu halten und bieten keine Momentaufnahme der Situation.

#### 3.1 The Real Time Rome Platform

Die Einrichtung der Real Time Rome Platform, welche eine Zusammenarbeit von Telecom Italia (TI) und MIT war, umfasste sowohl die Echtzeit- und historische Visualisierung der Handynutzung im Zentrum von Rom im Herbst 2006. Die Architektur des Systems, welche die Datenerfassung, -übertragung und -verarbeitung beinhaltet, wird in [8] detailliert beschrieben.

TI lieferte als Datentyp das *Erlang*<sup>4</sup>, welches ein Mass für die Nutzung der Netzbandsbreite darstellt. Da ein Erlang einer Personenstunde Mobiltelefongebrauch entspricht, was also sowohl einer Person welche 1 Stunde lang telefoniert entspricht, als auch 30 Leuten welche jeweils nur zwei Minuten telefonieren, kann man aus Erlangdaten keine individuelle Nutzer herleiten, da diese aggregiert und anonym sind.

Das Zentrum von Rom wurde wie in Abb. 5 dargestellt in 1600  $m^2$  Pixel unterteilt, wobei um spezielle Ereignisse im Datenset zu beheben jeweils jede 15 Minuten der durchschnittliche Erlangwert über eine Dauer von 90 Tagen an sechs ausgewählten Standorten, bei welchen man eine deutlich unterschiedliche Bandbreitennutzungssignaturen erwartet, ermittelt wurde. Innerhalb eines Pixels wurde anhand einer Exponentialverteilung<sup>5</sup> bezüglich der Distanz der umgebenden Sendemasten der Erlangwert bestimmt.

Obwohl Erlangdaten nicht direkt mit einem individuellen Teilnehmer verknüpft werden können, sind sie dennoch attraktiv für die Stadtforschung. Erlangdaten liefern einen Blick auf den städtischen Raum in Anbetracht des Netzbandsbreitenverbrauchs und indirekt einen Einblick in die räumliche und zeitliche Dynamik des städtischen Lebens.

#### 3.2 Analyse der Erlangdaten

Wie Abb. 6 zeigt sind die Erlangwerte am Wochenende deutlich tiefer. An Wochentagen verhalten sich diese mehr oder weniger ähnlich, wobei am Freitag

---

<sup>4</sup> Der in der Telekommunikation gebräuchliche Begriff *Erlang* wurde innerhalb der Real Time Rome Platform neu definiert.

<sup>5</sup> Konkret wurde also zur Bestimmung des Erlangwertes für einen jeweiligen Pixel die Telefonaktivität jedes umgebenden Sendemastes vom Zentrum von Rom anhand einer Exponentialverteilung bezüglich der Distanz zu den Sendemasten miteinbezogen.

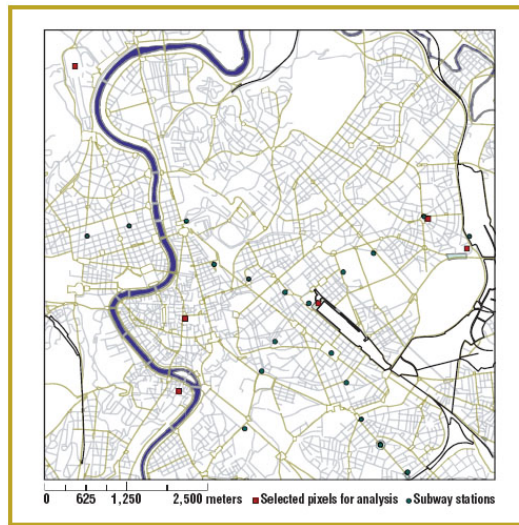


Abb. 5: Standorte [7]

Nachmittag ein kleiner Rückgang der Aktivität ersichtlich ist, was auf einen Übergang auf das Wochenende hinweist. Deshalb wurde in [7] vorgeschlagen, die Wochentag- und Wochenenddaten separat zu behandeln.

Weiterhin wurde festgestellt, dass einheimische Bereiche wie die Piazza Bologna und Tiburtina eine geringere Tag-zu-Tag Erlangvarianz aufweisen als Bereiche mit stark schwankender Bevölkerung (wie Pendler und Touristen) in den Gegenden wie Termini und dem Pantheon. Deshalb kann man davon ausgehen, dass je grösser der Fluss der Menschen an einer Örtlichkeit ist, desto grösser ist die Varianz des Erlangsignals. Lokale bzw. residente Bereiche weisen konstantere Routinen bzw. Tätigkeiten und somit weniger Unterschiede der Bandbreitennutzung zwischen den Tagen auf.

Trotz der Unterschiede zwischen Wochentagen, Freitagen und dem Wochenende zeigen alle sechs Standorte einen weitgehend vergleichbaren Rhythmus, nämlich eine rasch aufsteigende Telekommunikationsaktivität zwischen 6 und 10 Uhr an Wochentagen und eine deutlich tiefere Telekommunikationsaktivität am Wochenende. Abgesehen vom Stadio Olimpico, wo die Rhythmen von Konzerten und Fussballspielen deutlich erkennbar sind, sind die Muster ziemlich einheitlich und zeigen einen klaren Unterschied zwischen Wochentag- und Wochenendaktivität.

**Clusteranalyse.** Die jeweiligen Merkmale von einheimischen Wohngebieten, Pendlerbereichen wie der Bahnhofstation sowie nächtliche Freizeitgelegenheiten wurden anhand der Analyse der Erlangdaten beschrieben.



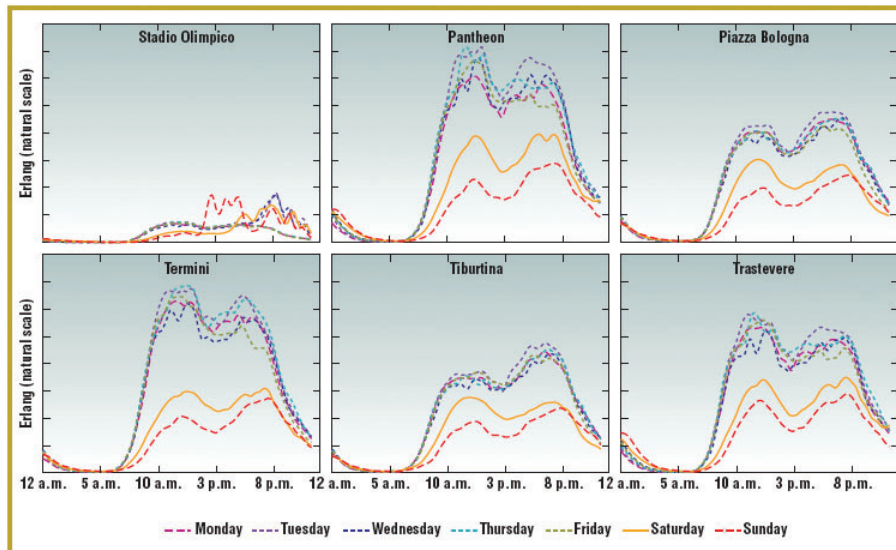


Abb. 6: Erlangdaten der sechs Standorte anhand des Tages der Woche. (Alle Standorte teilen auf der y-Achse dieselbe Erlangskala) [7]

Anhand der Clusteranalyse<sup>6</sup> wurde versucht, wie in Abb. 7 dargestellt, die gewonnenen Bandbreitennutzungssignaturen anhand des Ähnlichkeitsgrades zu gruppieren und somit Aussagen über die gemeinsamen städtischen Aktivitäten in den jeweiligen Klassen zu erhalten.

Die Gewichtung der Klassen wurde anhand von zwei ganz besonderen Arten der Telekommunikationssignatur vorgenommen, nämlich die Nutzung am Morgen, welche das Pendlerverhalten widerspiegelt und die Nutzung im Verlauf des Abends, welche die nächtliche Freizeitaktivität widerspiegelt. Die rotmarkierten nächtlichen Freizeitcluster in Abb. 7 a) verweisen auf zwei räumliche Gruppierungen, welche interessanterweise gerade mit bekannten Bereichen der Freizeitaktivität übereinstimmen, nämlich Trastevere, das Gebiet zwischen dem Westen und Süden der Piazza Navona, und der Umgebung der Piazza Spagna. Auch in Abb. 7 b) stimmen die rotmarkierten Pendlercluster erstaunlich mit den wichtigsten Eingangspunkten, welche man via Auto oder Zug erreichen kann, überein, nämlich dem Bahnhof Termini, Tiburtina, das Ende des Corso d'Italia, die Porta Maggiore und die Porta San Giovanni.

<sup>6</sup> Unter Clusteranalyse versteht man ein strukturentdeckendes, multivariates Analyseverfahren zur Ermittlung von Gruppen (Clustern) von Objekten, deren Eigenschaften oder Eigenschaftsausprägungen bestimmte Ähnlichkeiten (bzw. Unähnlichkeiten) aufweisen. [9]

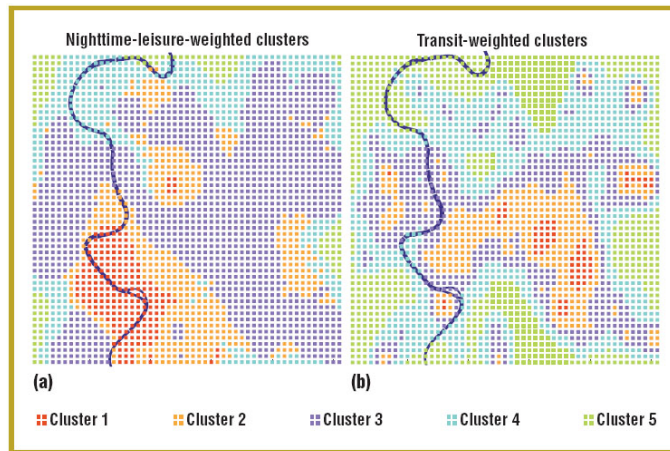


Abb. 7: Clusteranalyse anhand zwei besonderer Arten der Telekommunikations-signatur: a) Nutzung im Verlauf des Abends b) Nutzung am Morgen. [7]

## 4 Fazit

*Beaconless Positioning* basiert auf der Annahme, dass das Verhalten von Menschen vorhersehbar ist, sonst könnte man keine prototypischen Muster von Standorten herleiten. Ich denke, dass bezüglich der Privatsphäre allgemein Leute kein Problem hätten die Bluetooth-ID zu veröffentlichen, da man ja nicht direkt den Benutzer zurückverfolgen kann. Die letzte Annahme bezüglich der konstanten Bluetoothnachbarschaft über die Zeit sei jedoch dahin gestellt.

Die Bereitstellung einer Datenmenge wie es im *Reality Mining Projekt* erwähnt wird, welche Nachbarschaftsmuster sowie deren Beziehungen innerhalb von Gruppen verkörpert, kann nützlich für die Epidemiologiegemeinschaft<sup>7</sup> als auch für die Modellierung des Informationsflusses am Arbeitsplatz sein.

Aus Sicht des Mobilfunkbetreibers wurde gezeigt, wie die Mobiltelefoninfrastruktur anhand der Analyse der Bandbreitennutzung es ermöglicht, eine Echtzeitdarstellung der Dynamik einer Stadt zu liefern. Dieser Ansatz könnte ergänzend zu den heutigen traditionellen Umfragen, welche meistens veraltet sind, relevant für die öffentliche Sicherheitsplanung sowie Transportplanung sein. Natürlich müsste diese Hypothese durch zusätzliche Validierung innerhalb von anderen Städten überprüft werden. Weitere Problematiken der Echtzeitdarstellung der Dynamik einer Stadt stellen auch die erfassten Erlangwerte dar, welche keine genaue Rekonstruktion der städtischen Dynamik aus Privatsphärengründen sowie aufgrund von irregulär verteilten Sendemasten erlauben.

<sup>7</sup> Die Epidemiologie ist jene wissenschaftliche Disziplin, die sich mit den Ursachen und Folgen sowie der Verbreitung von gesundheitsbezogenen Zuständen und Ereignissen in Populationen beschäftigt. [10]

## Literatur

1. Hermersdorf, M., Nyholm, H., Salminen, J., Tirri, H., Perkiö, J., Tuulos, V.: Sensing in Rich Bluetooth Environments. WSW06 at SenSys06, October 31, 2006, Boulder, Colorado, USA.
2. Electric beacon. In: Wikipedia, Die freie Enzyklopedie. Bearbeitungsstand: 21. April 2008, 01:32 UTC. URL: [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Electric\\_beacon&oldid=206639780](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Electric_beacon&oldid=206639780) (Abgerufen: 21. April 2008, 10:02 UTC)
3. Artikel Maximum a posteriori. In: Wikipedia, Die freie Enzyklopedie. Bearbeitungsstand: 20. Mrz 2008, 03:35 UTC. URL: [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Maximum\\_a\\_posteriori&oldid=43914918](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Maximum_a_posteriori&oldid=43914918) (Abgerufen: 21. April 2008, 01:51 UTC)
4. Eagle, N. and Pentland, A.: "Reality Mining: Sensing Complex Social Systems", *J. of Personal and Ubiquitous Computing*. June 2005.
5. Reality Mining Projekt. <http://reality.media.mit.edu/download.php>. Retrieved 14 April 2008.
6. Raento, M., Oulasvirta, A., Petit, R., Toivonen, H.: ContextPhone A prototyping platform for context-aware mobile applications". IEEE Pervasive Computer. April 2005.
7. J. Reades, F. Calabrese, A. Sevtsuk and C. Ratti, Cellular Census: Explorations in Urban Data Collection. Published by the IEEE Computer Society, 2007.
8. Calabrese, F. and Ratti, C.: "Real Time Rome," *Networks and Communications Studies*, vol. 20, nos.3 & 4, 2006, pp. 247-258
9. Artikel Clusteranalyse. In: Wikipedia, Die freie Enzyklopedie. Bearbeitungsstand: 11. April 2008, 19:01 UTC. URL: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Clusteranalyse&oldid=44791193> (Abgerufen: 21. April 2008, 10:02 UTC)
10. Artikel Epidemiologie. In: Wikipedia, Die freie Enzyklopedie. Bearbeitungsstand: 11. April 2008, 19:49 UTC. URL: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Epidemiologie&oldid=44792965> (Abgerufen: 21. April 2008, 10:18 UTC)