# Crowd-Monitoring am Züri Fäscht

Autor(en): **Blanke, Ulf / Wirz, Martin / Tröster, Gerhard**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **104 (2013)**

Heft 10

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-856533

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

**Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

# Crowd-Monitoring am Züri Fäscht

## Höhere Sicherheit auf Grossanlässen mit Smartphones

Besucher von Grossanlässen sind sich oft der potenziellen Gefahren nicht bewusst. Dennoch zeigen zahlreiche Ereignisse – wie die Love Parade 2010 mit über einer Million Besuchern in Duisburg oder das Hindu-Fest Maha Kumbh Mela in Indien 2013 – wie schnell es zu Verletzten oder gar Toten kommen kann. Mit einer Smartphone-App, die den Besuchern nützliche Infos bietet, können die Bewegungen der Anwender mit GPS in Echtzeit erfasst werden. Dies hilft, mögliche Gefahrensituationen schnell zu erkennen.

**Ulf Blanke, Martin Wirz, Gerhard Tröster**

Bei Grossveranstaltungen tragen ein begrenztes bzw. komplexes Festgelände und die Dynamik grosser Menschenmengen ein Risiko mit sich. Durch nicht prognostizierten Massenandrang kommt es immer wieder zu Vorfällen. Eine sorgfältige Planung des Geländes und der Programmpunkte wirkt sich entscheidend auf Besucherdichten und -ströme aus und sorgt implizit für einen geordneten Ablauf. Dennoch können sich Menschen unvorhergesehen verhalten oder Aspekte in der aufwendigen Planung übersehen werden, die erst während des Festes beobachtbar werden. Dann ist eine frühzeitige Erkennung der Situation für ein wirksames Eingreifen entscheidend.

Klassische Überwachungskameras sind weitverbreitet. Obwohl erfasste Daten die Situation 1:1 widerspiegeln können, wird ein Experte benötigt, der die Situation aus den Beobachtungen abschätzen und weiterleiten kann. Das schränkt die Skalierbarkeit in eine übergreifende Überwachung des ganzen Festgebiets deutlich ein [1]. Zudem teilt sich die Aufmerksamkeit über ein verteiltes Multi-Kamera-Netz auf und erschwert eine einheitliche Darstellung der Gesamtsituation.

Ein Team des Wearable Computing Labs der ETH Zürich versuchte mit Smartphones und GPS, das Gruppenverhalten auf einen Blick sichtbar zu machen. Smartphones sind weitverbreitet und führen die notwendige Sensorik mit sich, um relevante Merkmale zu erfassen. Dabei wurden charakteristische Merkmale extrahiert, die für eine frühzeitige Gefahrenerkennung relevant sind und kritische Situationen «sichtbar» machen.

### Bewegungen erfassen

Diverse Studien, die das Verhalten von Besucherbewegungen an Grossveranstaltungen behandeln, zeigen auf, welche Situationen zu panischen Massenbewegungen führen können. Hindernisse (Objekte, Menschenmengen), kreuzende oder entgegengesetzte Besucherströme sind nur einige Beispiele, die Menschenströme behindern und zu Menschenandrängen führen können [2]. Indikatoren wie Besucherdichten (Besucher pro m²) wurden dabei identifiziert, um kritische Situationen zu charakterisieren [3]. Aber auch Richtung und Geschwindigkeit geben Hinweise auf die Dynamik der Menschenmenge.

### Das Smartphone als Tool

Noch vor wenigen Jahren konnte man sich ein Mobilfunkgerät mit GPS-Lokalisierung, Bluetooth-Modul oder gar Inertialsensorik nicht vorstellen. Heute hat fast jedes Smartphone eine Fülle dieser Sensoren, eine hohe Rechenleistung und ist permanent mit dem Internet verbunden. Mit dieser Wahrnehmungs- und Kommunikationsfähigkeit kann Ort und Bewegung des Trägers stets erfasst, vorverarbeitet und weltweit in Echtzeit versandt werden.

Hier setzt man diese Technologie ein, um zu untersuchen, ob sie für die Erfassung von Indikatoren des Verhaltens von Menschenmengen genutzt werden kann. Dabei wird eine App verwendet, bei der Benutzer Programminfos abrufen und gleichzeitig ihre GPS-Position kontinuierlich an einen zentralen Server versenden können. Der Nutzer kann die aus Datenschutzgründen anonymisiert übertragene Lokalisierung jederzeit abschalten.

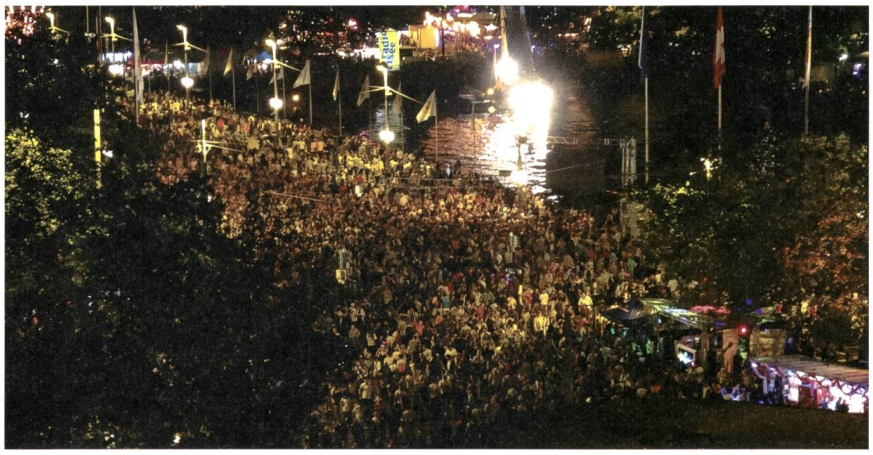
Bei einer Grossveranstaltung wird eine solche App nur von einem kleinen Prozentsatz genutzt, weil nicht alle Besucher das Smartphone nutzen und nicht alle App-Benutzer ihre Position kontinuierlich freigeben. Das führt zu zwei Annahmen:

- Das Verhältnis zwischen App-Nutzern und Besuchern bleibt konstant.
- Die raum-zeitliche Verteilung der App-Benutzer entspricht der Verteilung der tatsächlichen Besucher.

Am Beispiel des Züri Fäschts sieht man, dass selbst eine Stichprobe im unteren Prozentbereich ausreicht, um das Verhalten der Menschenmenge repräsentativ zu erfassen.

### Das Züri Fäscht 2013

Alle drei Jahre findet das grösste Fest der Schweiz in Zürich statt: das Züri Fäscht (Bild 1). Über 2 Mio. Besucherinnen und Besucher verteilen sich an drei



ETH Zürich

**Bild 1** Menschenmengen während des Züri Fäschts.

ETH Zürich

**Bild 2** Für das Züri Fäscht wurde eine speziell zugeschnittene App mit Programmangaben, einer Karte des Festgeländes, einem Friend-Finder sowie einem Spiel entwickelt.

Stadtpolizei Zürich

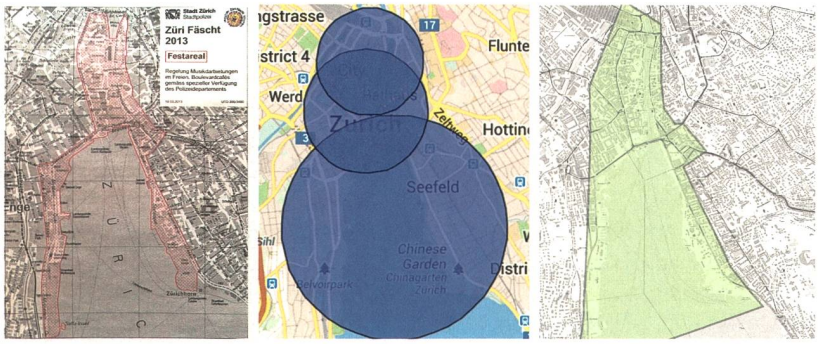



**Bild 3** Das Züri-Fäscht-Festgelände.

Tagen um das Seebecken und die Limmat (Bild 3) und vergnügen sich an 60 Konzertbühnen, 130 Festwirtschaften und 300 Essensständen. Zusammen mit einem vielseitigen Programm, mit stündlich neuen Attraktionen und Shows, entsteht eine komplexe raum-zeitliche Anordnung des Festablaufs. Ein geordneter Ab- und Zulauf zu einzelnen Veranstaltungen ist dabei entscheidend.

## Die offizielle Züri-Fäscht-App

Für das Züri Fäscht wurde an der ETH Zürich eine auf die Situation zugeschnittene App (Bild 2) entwickelt. Neben Programmangaben und einer Karte des Festgeländes enthielt die App auch einen Friend-Finder und ein Spiel. Mit dem Friend-Finder konnten Benutzer ihre Position für Freunde freigeben, die dann diese Position auf einer Karte mitverfolgen konnten. Als spielerisches Element konnten Benutzer Abzeichen gewinnen. Erfüllt man zum Beispiel die Regel «Spaziere 2 km durch das Züri Fäscht» oder «Besuche das Züri Fäscht am ersten Tag», wird ein Abzeichen als Grafik freigeschaltet. So konnten auch die Nutzer direkt von der Lokalisierungsfunktion profitieren. Obwohl in [4] verifiziert wurde, dass Benutzer bereit sind, ihre Position alleine für die eigene Sicherheit zu übermitteln, trifft das nicht unbedingt auf die Mehrheit zu. Das App-Entwicklerteam befragte Benutzer, über welche App-Funktionen sie ihren Freunden erzählten. Lediglich 15 % gaben an, dass die App die Position für ein neues Sicherheitskonzept nutzt. Über 45 % gaben jedoch an, Freunden von dem ebenfalls auf Positionsdaten basierenden Abzeichen-Spiel erzählt zu haben. Die Annahme, dass Benutzer einen unmittelbaren Nutzen bevorzugen, während der Aspekt der Sicherheit für viele Besucher zu abstrakt ist und somit keinen direkten Nutzen darstellt, scheint sich zu bestätigen.

Wie erwähnt besteht eine Herausforderung darin, eine ausreichend repräsentative Menge an Smartphone-Benutzern zu erreichen. Erst dann ist eine Hochrechnung auf das Verhalten einer Menschenmenge möglich. In einem früheren Experiment hat sich gezeigt, dass bereits ein Bruchteil (weniger als 1000 App-Nutzer bei 500 000 Besuchern) ausreicht, um mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,83 [5] die tatsächliche Besucherdichte abschätzen zu können. Die Züri-Fäscht-App wurde 56 000 Mal heruntergeladen. Von 2 Mio. Besuchern haben rund 29 000 Personen die App benutzt. Dieses Verhältnis liegt deutlich höher als bei vergangenen Experimenten.

## Datenerfassung

GPS-Daten werden im optimalen Fall sekündlich auf dem Smartphone erfasst und alle 2 Minuten als Paket an den Server geschickt. Die Lokalisierung war von Freitag, 5. Juli 2013, ab 11.00 Uhr bis Sonntag, 7. Juli 2013, 23.59 Uhr auf dem Festgelände aktiviert (Bild 3). Das Festgelände erstreckte sich auf etwa 1,5 km² (links: rot). Um die Zu- und Abflüsse von Menschenmengen zu erfassen, enthielt das Gebiet der Datenerfassung den Zürcher Hauptbahnhof, den westlich gelegenen Bahnhof Enge und den östlich gelegenen Bahnhof Stadelhofen. Nur innerhalb dieses Gebiets (grüne Fläche) wurden GPS-Daten erfasst.

Um automatisch zu prüfen, ob sich ein Benutzer auf dem Gelände befindet, wird eine Lokalisierungsmethode benötigt. Eine kontinuierliche Nutzung von GPS

ETH Zürich

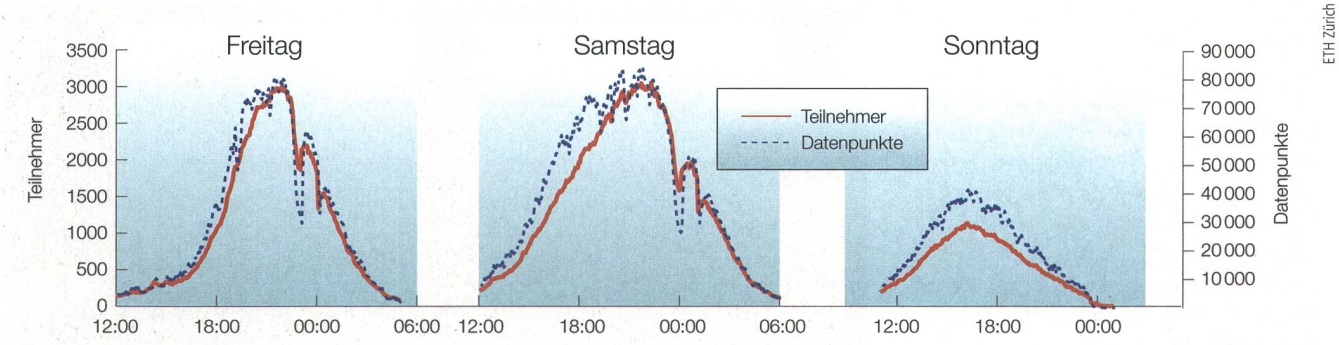



**Bild 4** Gleichzeitige App-Anwender über drei Festtage verteilt. Die Datenpunkte wurden jeweils in einem 4-Minuten-Fenster übertragen.

ETH Zürich

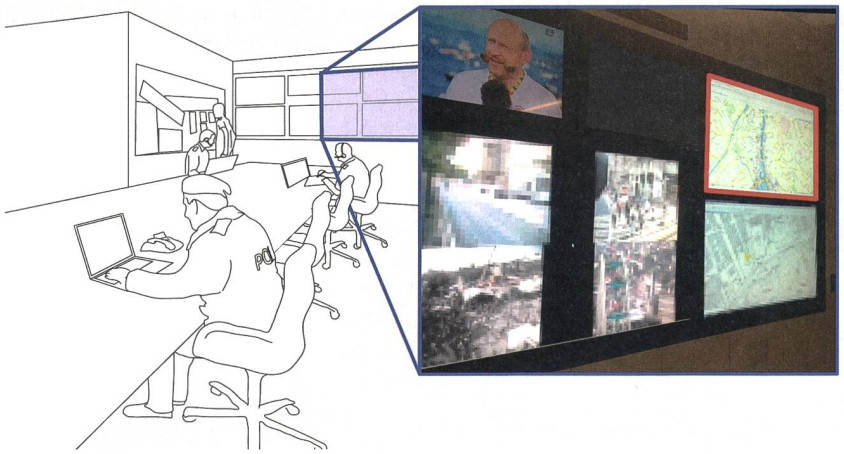


**Bild 5** Visualisierung von Besucherdichten und Kameraansichten des Festgeländes.

zu diesem Zweck würde aber den Akku unnötig belasten. Stattdessen wurde die iPhone «GeoFence»-Funktion von Apple verwendet, die auf einer wesentlich stromsparenderen Lokalisierung über Sendemasten basiert. Sie ist zwar deutlich ungenauer (100–300 m), kann aber genutzt werden, um abzuschätzen, ob der Benutzer ungefähr in Nähe des Festes ist. Überschreitet der Nutzer den «Fence» (blaue Kreise), wird die App aktiviert und mit GPS genauer geprüft, ob sich der Benutzer auf dem Festgelände befindet. Trifft dies zu, werden Lokationsdaten übermittelt. Verlässt der Benutzer das Gebiet und die GeoFence-Zonen, wird die Datenübermittlung gestoppt und die App in einen Schlafmodus versetzt.

Bei grösseren Massenveranstaltungen sind Überlastungen des 3G-Netzes zu erwarten. Typischerweise kommt es dabei zu Time-outs bei Sendeversuchen. Um einem Datenverlust vorzubeugen, wurden nicht zugestellte Pakete zwischengespeichert und 60 Minuten später übermittelt, in der Annahme, dass dann das Netz wieder entlastet ist.

Die Daten werden an einen zentralen Server übermittelt. Um mit der grossen Datenmenge auf Serverseite zu skalieren, wurde die Hochleistungs-Datenbank MongoDB aufgesetzt, die auf vier Rechnern parallelisiert wurde. Für den Datenempfang wurde ein Tornado-basierter Webservice eingesetzt. Tornado ist ein Webserver, der für kurze, aber viele zeitgleiche Anfragen optimiert ist und zum Beispiel auch bei Facebook eingesetzt wurde.

### Datenkorpus

Insgesamt wurde die App rund 56 000 Mal (Android und iPhone) heruntergeladen. Rund 29 000 Benutzer hatten die Hintergrund-Lokalisierung aktiviert. Über drei Tage wurden 25 Mio. GPS-Datenpunkte gesammelt. **Bild 4** zeigt die Anzahl der gleichzeitigen Nutzer zu verschiedenen Zeiträumen und die GPS-Punkte, die insgesamt in 4-Minuten-Intervallen versendet wurden. Zu Spitzenzeiten kam es zu knapp 85 000 Datenpunkten, was rund 350 Anfragen pro Sekunde entspricht.

Am Sonntag sieht man einen klaren Nutzerrückgang. Relativ entspricht dies auch der realen Besucherzahl: am Freitag 900 000, am Samstag 1000 000, und am Sonntag 400 000. Während die Maxima vom Freitag und Samstag ungefähr gleich hoch sind, sind am Samstag auch tagsüber mehr Besucher auf dem Fest und verteilen sich über den gesamten Tag.

## Echtzeit-Datenvisualisierung

Die aufgenommenen Daten können in Echtzeit verarbeitet werden. Im 2-Minuten-Intervall wird eine neue Dichteabschätzung berechnet [5] und als 4000 x 4000 p «Heatmap» auf einer Karte visualisiert. **Bild 5** zeigt die Darstellung der Visualisierung in der Einsatzzentrale der Stadtpolizei Zürich. Gleichzeitig hatte das Personal jederzeit Kameraansichten vom Festgelände zur Verfügung, zum Beispiel mit steuerbaren Pan-Tilt-Zoom-Kameras.

## Besucherdichten und -ströme

**Bild 6** zeigt die abgeschätzte Besucherdichte zu verschiedenen Zeitpunkten. Zum Beispiel versammelt sich ein Publikum während der Eröffnung am Münsterhof, bildet sich eine Gruppe während eines Konzerts oder eine Menschentraube während einer Hochspringer-Show auf der Quaibrücke.

Während Ansammlungen vor Bühnen in der Planung zu erwarten sind, können Menschenansammlungen bei Transitpassagen zu Hindernissen führen. Zum Beispiel kann eine Menschentraube an der Ecke beim Hochspringen den Durchgangsverkehr von Süden nach Westen behindern und einen Stau erzeugen.

**Bild 7** zeigt die Bewegungsrichtung der Besucher in verschiedenen Farben an. Eine rote Einfärbung bedeutet beispielsweise eine Bewegung in Richtung Süden, während blau und gelb eine Bewegung in Richtung Westen respektive Osten andeutet. **Bild 8** zeigt die korrespondierenden Bewegungsgeschwindigkeiten. Die Bilder zeigen jeweils den Verlauf während des Feuerwerks, das um 22.30 vom Zürichsee gestartet und um 23.00 beendet wurde. Um 22.25 (links) zeigt sich auf allen Strassen eine deutliche Bewegung in Richtung südlich gelegenes Seebecken. Man sieht an den niedrigen Geschwindigkeiten, dass die ersten Zuschauer bereits am Seebe-

ETH Zürich

**Bild 6** Raum-zeitliche Abbildung von Besucherdichten während verschiedenen Programmpunkten.

ETH Zürich

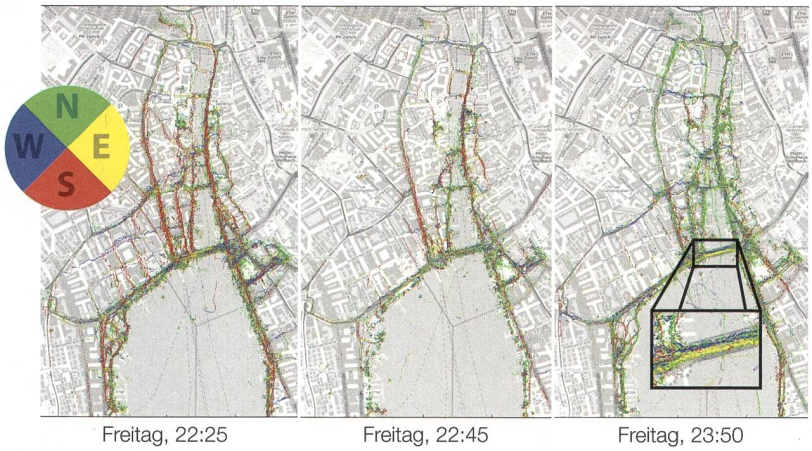



**Bild 7** Farbkodierte Bewegungsrichtung. Rot stellt beispielsweise eine Bewegung Richtung Süden dar.

ETH Zürich

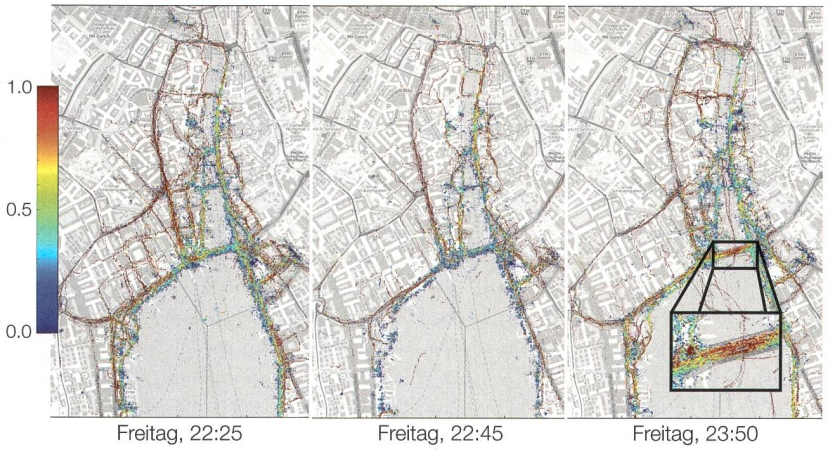



**Bild 8** Geschwindigkeiten zu verschiedenen Zeitpunkten.

cken stehen, während an der Peripherie noch die besten Sichtplätze gesucht werden. Um 22.45 kommt die Besuchermenge zum Stillstand und die meisten Besucher verfolgen das Feuerwerk sowohl am Seebecken als auch von der Münsterbrücke (zweite Brücke vom See aus gesehen). Nach dem Feuerwerk (22.50) zieht es die meisten wieder auf das nördlich gelegene Festgelände. Auf der Quaibrücke ist ein geordneter Rechtsverkehr erkennbar, der einen zügigen Ablauf ermöglicht. Lediglich an Kreuzungen kommen Menschenströme aus verschiedenen Richtungen zusammen und können sich gegenseitig behindern – gut sichtbar an der zentral gelegenen T-Kreuzung, wo sich die Ströme deutlich verlangsamen.

## Wie weiter?

Am Beispiel des Züri Fäschts sieht man, dass eine App-basierte Instrumentierung zur detaillierten Beobachtung des Verhaltens von Menschenmassen geeignet ist. Selbst mit einer Stichprobe konnten aktive Veranstaltungspunkte und das makroskopische Dynamikverhalten sichtbar gemacht werden. Damit steht Veranstaltern und Sicherheitspersonal ein neues Werkzeug zur Verfügung, mit dem sie einerseits die Festaktivität in Echtzeit und ganzheitlich beobachten können und andererseits Daten erhalten, die für die Analyse und zukünftige Planung von Programm und Gelände nützlich sind.

Während momentan ein Ist-Zustand in Echtzeit angezeigt werden kann, könnte eine Vorhersage von Dichten und Menschenansammlungen entscheidend für ein rechtzeitiges Eingreifen sein. Mit der Erfassung von Bewegungsrichtungen und Geschwindigkeiten wird nun untersucht, inwieweit sich Situationen bei Grossevents verlässlich prognostizieren lassen.

## Referenzen

[1] S. Gong, C. C. Loy, and T. Xiang, «Security and surveillance», in Visual Analysis of Humans, 2011, 455–472. Springer London.
[2] Dirk Helbing, Anders Johansson, and Habib Zein Al-Abideen. «Dynamics of crowd disasters: An empirical study», Physical review E 75.4, 2007, 046109.
[3] C.E. Nicholson, B. Roebuck, «The investigation of the Hillsborough disaster by the Health and Safety Executive», Safety science, 1995, 18(4), 249–259.
[4] M. Wirz, D. Roggen, G. Troster, «User acceptance study of a mobile system for assistance during emergency situations at large-scale events», 3rd International Conference on Human-Centric Computing (HumanCom), 2010, 1–6.
[5] M. Wirz, T. Franke, D. Roggen, E. Mitleton-Kelly, P. Lukowicz, and G. Tröster, «Probing crowd density through smartphones in city-scale mass gatherings», EPJ Data Science, 2013.

## Links

- www.coenosense.com
- www.wearable.ethz.ch

## Angaben zu den Autoren

Dr. **Ulf Blanke** ist Senior Researcher an der ETH und arbeitet an menschlicher Aktivitätserkennung mit Hilfe tragbarer Sensoren.
**ETH Zürich, 8092 Zürich, blankeu@ethz.ch**

Dr. **Martin Wirz** ist Produktmanager bei Sensirion. Während seiner Dissertation forschte er an mobilen Technologien für den Einsatz im Crowd Management.
**Sensirion AG, 8712 Stäfa, martin.wirz@sensirion.com**

Prof. **Gerhard Tröster** leitet das Electronics Laboratory der ETH Zürich. 1997 gründete er die U-Blox AG mit, mit heute über 400 Mitarbeitern.
**ETH Zürich, 8092 Zürich, troester@ife.ee.ethz.ch**

**Résumé**

**La surveillance des foules lors de la Züri Fäscht**

**Les smartphones permettent de renforcer la sécurité lors de grands événements**

Les grandes manifestations qui rassemblent plusieurs centaines de milliers de personnes comportent des risques en termes de sécurité. Des mouvements et rassemblements de personnes bien ordonnés sont indispensables pour que ce type d'événement puisse se dérouler en toute sécurité. C'est précisément afin de remplir un tel objectif que l'utilisation d'une application pour smartphones a fait l'objet d'une analyse. Outre la représentation d'informations classiques relatives à la manifestation, cette application est également en mesure de localiser le smartphone par GPS. Une multitude d'utilisateurs permet d'estimer les densités et les flux de visiteurs et par conséquent d'observer les comportements des foules en temps réel et de façon « holistique ». Les foyers de risque deviennent alors visibles suffisamment tôt. L'exemple de la Züri Fäscht démontre à quel point il est possible d'identifier et de visualiser en détail le comportement de deux millions de visiteurs à partir d'un échantillon de 29 000 utilisateurs de l'application.

No