



Projektbericht

Hans-Peter Sieg

Urban Storytelling

Case: Air

- Aufbauprojekt -

Hans-Peter Sieg

Urban Storytelling

Case: Air

- Aufbauprojekt -

Projektbericht eingereicht im Rahmen des Aufbauprojektes
im Studiengang Next Media
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Prof. Dr. Kai von Luck

Abgegeben am 29.2.2016

Hans-Peter Sieg

Thema

Urban Storytelling, Case: Air

Stichworte

**Urban Storytelling, Datenrecherche, Knowledge Discovery in Databases (KDD),
Luftqualität, Schadstoffemission, Umweltdaten, open government data, Datenvisualisierung,
Freedom of Information, Arduino**

Kurzzusammenfassung

**Der Projektbericht beschreibt den KDD-Prozess der Datenbeschaffung, -aufbereitung und der
dabei auftretenden Probleme am Beispiel von Luftqualitätsdaten**

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Knowledge Discovery in Databases (KDD)	5
2.1	Hintergrundwissen.....	6
2.2	Ziele der Datenfindung.....	7
2.3	Datenauswahl (Selection).....	7
2.4	Datenbereinigung (Preprocessing).....	8
2.5	Datenreduktion (Transformation).....	8
2.6	Datamining.....	8
2.7	Modellauswahl (Patterns).....	9
2.7.1	Air	9
2.7.2	Deutschlandkarte.....	9
2.7.3	Comparing.....	10
3	Interpretation/Fazit.....	10
4	Literatur	12

1 Einleitung

Was heißt es, urbane Geschichten zu erzählen und womit können solche Geschichten anders erzählt werden? Diese Fragen, die uns in unserer Projektgruppe bereits im vergangenen Semester beschäftigten, haben wir in der Projektarbeit in diesem Semester weiterentwickelt und konkretisiert.

Am Ende des vergangenen Semesters sind wir bereits auf das Thema Umweltdaten gestoßen. Angesichts der vom 30. November bis 1. Dezember 2015 stattgefundenen UN-Klimakonferenz¹ war für uns dieses Thema sowohl von hoher politischer als auch von hoher inhaltlicher Relevanz.

Die bisherigen Darstellungs- und Kommunikationsformen zum Thema Luftqualität erscheinen uns als unzureichend. Unser Projekt hatte das Ziel einen Prototyps zu entwickeln, um abstrakte Daten einerseits in eine sinnlich erfahrbare Form zu bringen, andererseits die interpersonelle Kommunikation mithilfe dieses Prototypen zu erhöhen.

Bereits in der Anfangsphase des Projekts haben wir eine Aufgabenteilung innerhalb der Gruppe vereinbart. Moritz Recke hat sich mit Open Government Data, Knowledge Discovery in Databases sowie der Konzeption von Ansätzen für die Datennarration beschäftigt. Jessica Broscheit hat sich mit dem Design Thinking Prozess im Rahmen des Projektes und die konzeptionelle Ausgestaltung des entwickelten Prototypen auseinandergesetzt. Mein Schwerpunkt und somit auch Thema dieses Projektberichtes sind die Details zur Datenbeschaffung, -aufbereitung und eine Bewertung der Open Government Data-Ansätze.

2 Knowledge Discovery in Databases (KDD)

Ein zielführendes Verfahren, um aus großen Datenmengen sinnvolle Erkenntnisse zu ziehen, ist das von Gregory Piatetsky-Shapiro und anderen entwickelten Konzepts des *Knowledge Discovery in Databases* (KDD).²

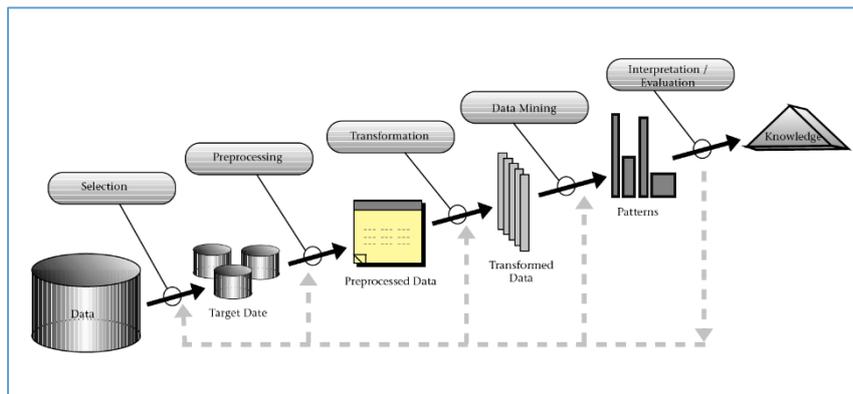
Der Prozess wird beschrieben als: „Knowledge Discovery in Databases is the process of searching for hidden knowledge in the massive amounts of data that we are technically capable of generating and storing. Data, in its raw form, is simply a collection of elements, from which little knowledge can be gleaned. With the development of data discovery techniques the value of the data is significantly improved.“³

¹ <http://www.cop21.gouv.fr/>, Abruf 30.11.2015

² Usama Fayyad and Ramasamy Uthurusamy. 1996. Data mining and knowledge discovery in databases. *Commun. ACM* 39, 11 (November 1996), 24-26. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/240455.240463>

³ <http://www.cise.ufl.edu/~ddd/cap6635/Fall-97/Short-papers/KDD3.htm>, Abruf 30.11.2015

KDD-Prozess:



4

- Bereitstellung von Hintergrundwissen für den jeweiligen Fachbereich
 - Definition der Ziele der Wissensfindung
1. Datenauswahl (Selection)
 2. Datenbereinigung (Preprocessing)
 3. Datenreduktion (Transformation)
 4. Data-Mining
 5. Auswahl eines Modells, in dem das gefundene Wissen repräsentiert werden soll (Patterns)
- Interpretation der gewonnenen Erkenntnisse (Interpretation/Evaluation)

Nach dieser Struktur werde ich im Folgenden meine Arbeit in der Projektgruppe beschreiben und dabei jeweils die Erkenntnisse oder auch Probleme aufzeigen.

2.1 Hintergrundwissen

Luftqualität wird in zwei Bewertungsmaßstäben kategorisiert.

Die Bewertung der *aktuellen* Luftqualität erfolgt auf der Grundlage folgender Messwerte: Schwefeldioxid (SO₂), Kohlenstoffmonoxid (CO), Stickstoffdioxid (NO₂), Ozon (O₃), Feinstaub (PM 10 und PM 2,5).⁵

Für eine *Gesamtbewertung* der Luftqualität werden noch weitere Schadstoffgruppen hinzugezogen, wie z.B.: Emissionen persistenter organischer Schadstoffe (also Pflanzenschutzmittel oder Industriechemikalien),⁶ oder auch Schwermetallemissionen (z.B.: Cadmium, Blei oder Quecksilber).⁷ Außer im Katastrophenfall werden diese Schadstoffgruppen zur Bewertung der aktuellen Luftqualität nicht herangezogen.

Die Messungen erfolgen in Deutschland sowohl durch die jeweiligen Umweltlandesämter als auch durch das Umweltbundesamt. Die rechtlichen Grundlagen sind im Bundesimmissionsschutzgesetz und dessen Durchführungsverordnungen national geregelt und diese sind in internationale Übereinkommen eingebettet. „Wichtige Elemente sind dabei Grenzwerte, Zielwerte und nationale Emissionshöchstmengen für Luftschadstoffe sowie Regelungen zur Emissionsbegrenzung an der einzelnen Quelle.“⁸

Die Messungen in anderen Staaten sind in den jeweiligen Umweltschutzgesetzgebungen geregelt.

⁴ dFayyad et al., 1996

⁵ <http://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung#strap1>, Abruf 30.11.2015

⁶ <http://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/luftschaedstoff-emissionen-in-deutschland/emissionen-persistenter-organischer-schadstoffe>, Abruf 30.11.2015

⁷ <http://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/luftschaedstoff-emissionen-in-deutschland/schwermetall-emissionen>, Abruf 30.11.2015

⁸ <http://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung#strap1>, Abruf 30.11.2015

Alle ermittelten Daten müssen in Deutschland auf der Grundlage des Informationsfreiheitsgesetzes bzw. der jeweiligen Gesetzgebungen der Bundesländer der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden.⁹ In anderen Staaten existieren ähnliche „Freedom of Information“-Regelungen.¹⁰ Als Beispiele nenne ich hier Schweden, dass seit 1766 mit ihrem in der Verfassung verankerten „Offentlighetsprincipen“ (Das Prinzip der Öffentlichkeit)¹¹ oder auch die Vereinigten Staaten mit dem seit 1967 gültigen „Freedom of Information Act (FOIA)“.¹² Aber auch in Ländern wie China existiert ein Gesetz zur „Regulierung zur Publizität von Regierungs-Informationen“ (政府信息公开条例).¹³

2.2 Ziele der Datenfindung

Das Ziel des Projektes ist, Luftdaten weltweit vergleichbar zu machen und in einem konkreten Prototyp zu visualisieren und eine interpersonelle Kommunikation zu ermöglichen; zunächst basierend auf archivierten Daten, in einem weiteren Schritt soll dies auch mit Livedaten geschehen.

2.3 Datenauswahl (Selection)

In Deutschland gibt es offene Daten, z. B. beim *Transparenzportal der Stadt Hamburg*¹⁴ oder auch beim Portal der *Open Knowledge Foundation Deutschland*.¹⁵ Klima- bzw. Wetterdaten über lange Zeiträume sind beim *Deutschen Wetterdienst*, spezielle Daten zu Schadstoffbelastung beim *Umweltbundesamt* zugänglich. Für Hamburg sind aktuelle und archivierte Luftdaten auf dem Luftmessnetzportal (*HaLm*) des Hamburger Landesinstituts für Lebensmittelsicherheit, Gesundheitsschutz und Umweltuntersuchung zugänglich. Weltweite aktuelle Luftdaten sind z.B. beim Portal „*aqicn.org*“ vorhanden.

Bei intensiverer Beschäftigung mit diesen Datenquellen ergaben sich diverse Problemstellungen. Daten aus EU-Staaten sind nicht direkt mit denen aus den USA oder China vergleichbar. Die Messeinheiten der Schadstoffmessungen sind unterschiedlich. In der EU erfolgen die Messungen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in den USA und China in ppm (bzw. ppb).¹⁶

Ein weiteres Problem tat sich beim Vergleich der Seiten des HaLm mit der Seite von aqicn.org auf. Das HaLm ermittelt für die Hamburger Luftmessstationen einen Luftqualitätsindex (LQI),¹⁷ ¹⁸ auf der Seite aqicn.org wird für Hamburger Stationen ein Air Quality Index (AQI)¹⁹ ermittelt. Auf Nachfrage dazu antwortete das HaLm: „Die Indizes, die auf der chinesischen Seite für Hamburg angegeben sind, sind jedenfalls für uns aufgrund unserer eigenen Daten nicht wirklich nachvollziehbar... Es gibt keinerlei Kontakt zu den Produzenten dieses Indexes, von daher können wir zu deren Veröffentlichungen nichts sagen.“²⁰

Ein weiteres Problem fand sich auf der Seite aqicn.org, dort sind keine archivierten Daten abrufbar.

⁹ <http://www.gesetze-im-internet.de/ifg/>, Abruf 30.11.2015

¹⁰ Im September 2013 existierten in 95 Staaten solche Regelungen, <http://right2info.org/access-to-information-laws>, Abruf 30.11.2015

¹¹ Gustaf Petré: *Die Aktenöffentlichkeit in Schweden*. In: *VermArch*. 1958, S. 323–333

¹² <http://www.foia.gov/>, Abruf 30.11.2015

¹³ <https://irights.info/artikel/transparenz-auf-chinesisch/10712>, Abruf 30.11.2015

¹⁴ <http://transparenz.hamburg.de/open-data/>, Abruf 30.11.2015

¹⁵ <https://offenedaten.de/>, Abruf 30.11.2015

¹⁶ Trotz der Empfehlung des amerikanischen [sic] National Institute for Standards and Technology (NIST): „In keeping with Ref. [4: ISO 31-0], this Guide takes the position that the language-dependent terms part per million, part per billion, and part per trillion, and their respective abbreviations “ppm,” “ppb,” and “ppt” (and similar terms and abbreviations), are not acceptable for use with the SI to express the values of quantities.“, <http://physics.nist.gov/cuu/pdf/sp811.pdf> part 7.10.3, Abruf 30.11.2015

¹⁷ <http://luft.hamburg.de/>, Abruf 30.11.2015

¹⁸ Zur Kritik an der Ermittlung des LQI durch das HaLm siehe meine Ausarbeitung „Lügen Daten? Eine Odyssee durch den Datendschungel“

¹⁹ <http://aqicn.org/city/hamburg/>, Abruf 30.11.2015

²⁰ Zitat aus der Antwort der HaLm vom 26.10.2015

2.4 Datenbereinigung (Preprocessing)

Aufgrund der aufgetauchten Probleme, haben wir eine Anpassung unserer Ziele machen müssen und uns für dieses Projekt auf die Daten aus Deutschland beschränkt und als Datengrundlage die des Umweltbundesamtes benutzt, da sich als weiteres Problem herausstellte, dass die Datengrundlagen der einzelnen Landesumweltämter nicht einem einheitlichen Standard entsprechen, um sie ohne sehr großen Aufwand in eine verarbeitbare Form bringen zu können.

Zur Bewertung der Luftqualität haben wir den AQI als Grundlage genommen, um einerseits das Ziel einer weltweiten Vergleichbarkeit bereits im Projektansatz einfließen zu lassen, andererseits ist die Kenntlichkeit der Luftqualität durch die kleinteiligere Skalenbildung aus unserer Sicht deutlicher.

Air Quality Index (AQI) Values	Levels of Health Concern
When the AQI is in this range:	..air quality conditions are:
0 to 50	Good
51 to 100	Moderate
101 to 150	Unhealthy for Sensitive Groups
151 to 200	Unhealthy
201 to 300	Very Unhealthy
301 to 500	Hazardous

21

LQI FARBSKALA

Note 1 (sehr gut)
Note 2 (gut)
Note 3 (befriedigend)
Note 4 (ausreichend)
Note 5 (mangelhaft)
Note 6 (ungenügend)

22

2.5 Datenreduktion (Transformation)

a) Zunächst wurden die Daten des Umweltbundesamtes in die für die Ermittlung des AQI zugrunde liegenden Messgrößen transformiert, also normierte Massenkonzentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) \rightarrow Stoffmengenbrüche (ppm (ppb)).²³

$$\text{Concentration} \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \right) = \text{Concentration (ppb)} \times \frac{\text{Molecular mass} \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)}{\text{Molecular volume (L)}}$$

b) Nicht alle Luftmessstationen erfassen alle zur Ermittlung des AQI notwendigen Schadstoffe. Wenn an einer Station ein Wert nicht erfasst wird, ist es demnach nicht möglich, die gesamte Station zur Ermittlung des AQI heranzuziehen.²⁴

2.6 Datamining

Beim Umweltbundesamt liegen archivierte Messwerte aller Stationen in Deutschland für die letzten drei Monate als sofort downloadbare CSV-Daten vor.²⁵

Es wurden für das Projekt die Daten von Berlin, Dresden, Frankfurt am Main, Hamburg, Hannover, Köln, München, Ruhrgebiet-Mitte, Ruhrgebiet-Ost, Stuttgart und Weimar für den Zeitraum vom 1. bis 31. Oktober 2015 benutzt.

Die Daten wurden mit Hilfe von Excel-Tabellen nach den Maßgaben der im vorherigen Kapitel beschriebenen Transformation bearbeitet und in einem weiteren Schritt der im Kapitel 2.4 genannte Air-Quality Index errechnet.

²¹ <http://aqicn.org>, Abruf 30.11.2015

²² <http://luft.hamburg.de/wir-ueber-uns/4242598/hamburger-luftqualitaetsindex/>, Abruf 30.11.2015

²³ <http://www.markes.com/Resources/Frequently-asked-questions/How-do-I-convert-units.aspx>, Abruf 30.11.2015

²⁴ Das HaLm errechnet den LQI für diese Stationen dennoch; Zur genauen Errechnungemethode des LQI und zur Kritik an der Vorgehensweise des HaLm, siehe meine Ausarbeitung „Lügen Daten? Eine Odyssee durch den Datenschlingel“

²⁵ Ältere Daten sind auf Nachfrage verfügbar

2.7 Modellauswahl (Patterns)

Auf die Modellauswahl gehe ich hier nur kurz ein, eine genauere Beschreibung dazu finden sich in den Projektausarbeitungen von Jessica Broscheit und Moritz Recke.

2.7.1 Air

Es wurde eine Atemmaske mithilfe von LilyPad-Arduino entwickelt, die die AQI-Werte in veränderlichen Licht-Farbwerten anzeigt. Über die Form und den Aufbau der Maske ist eine visuelle interpersonelle Kommunikation auf einfache und anschauliche Weise gegeben.

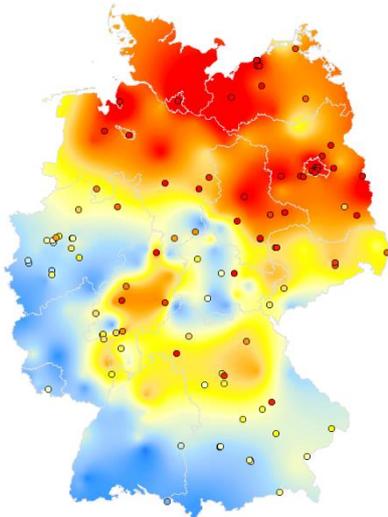


26



27

2.7.2 Deutschlandkarte



28

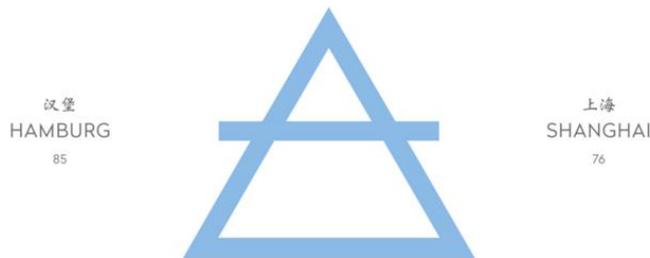
Mit den ermittelten AQI-Werten wurde eine animierte Deutschlandkarte erstellt. Eine ähnliche Karte existiert auf der Seite des Umweltbundesamtes, allerdings nur für die jeweils einzelnen Werte, eine Übersicht über die Gesamtbelastung gibt es nicht.

²⁶ Jessica Broscheit 2015, Maske Prototyp

²⁷ Jessica Broscheit 2015, Maske Prototyp

²⁸ Umwelt Bundesamt 2015: Aktuelle Luftdaten, Online <http://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/aktuelle-luftdaten> Abruf: 30.11.2015, Abruf 30.11.2015

2.7.3 Comparing



AQI – OCT. 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

29

Da die Daten des deutschen Umweltbundesamtes durch den (in Kap 2.5 erläuterten) Transformationsprozess mit Daten aus China vergleichbar sind, wurde eine Animation erstellt, die es ermöglicht die Farbskala der ermittelten AQI-Werte von Hamburg und mit denen der Partnerstadt Shanghai visuell anschaulich zu machen und so ein einfach erfassbarer Vergleich möglich ist. Ebenfalls ist damit ein erster Schritt hin zu einer internationalen Vergleichbarkeit getan.

3 Interpretation/Fazit

Die Datenrecherche und Aufbereitung zum Thema Luftqualität hat sich als sehr komplex herausgestellt. Es gibt keine internationalen Standards bei der Schadstoffmessung, eine international einheitliche Bewertungsskala von Luftqualität existiert ebenfalls nicht (s. Kap. 2.3). Die Datengrundlagen sind selbst innerhalb Deutschlands nicht standardisiert (s. Kap 2.4). Der vom HaLm ermittelte Luftqualitätsindex (LQI) beruht auf Arbeiten des Forschungs- und Beratungsinstituts Gefahrstoffe GmbH im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg aus den Jahren 2000 und 2001.³⁰ Er wird bundesweit nicht oder nicht einheitlich angewandt: „Kurzzeit-Luftqualitätsindizes in gleicher oder ähnlicher [sic!] Weise werden beispielsweise auch von Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen, Sachsen und Thüringen veröffentlicht.“³¹

Das Thema Luft hat eine sehr hohe Relevanz: „...die Europäische Kommission hat die Bundesrepublik Deutschland wegen anhaltender Überschreitung der Stickoxidgrenzwerte u. a. in Hamburg im Juni letzten Jahres[2015] abgemahnt.“³²

²⁹ Jessica Broscheit, 2015

³⁰ P. Griem, F. Kalberlah, FoBiG Freiburg und J. Rost, H. Mayer, Meteorologisches Institut der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg: „Ableitung eines tages- und wirkungsbezogenen Luftqualitätsindex“, September 2000; P. Griem, U. Schumacher-Wolz, F. Kalberlah, FoBiG Freiburg: „Anpassung des abgeleiteten tages- und wirkungsbezogenen Luftqualitätsindex an die Tochterrichtlinien der EU-Rahmenrichtlinie 96/62/EG vom 27.9.1996“, April 2001

³¹ http://www.umwelt.niedersachsen.de/luft/LUEN/hinweise/info_zum_luftqualitaetsindex/info-zum-luftqualitaetsindex-8446.html, Abruf 30.11.2015

³² [http://bund-hamburg.bund.net/nc/presse/pressemitteilungen_hamburg/detail/artikel/luftschaedstoffe-bund-stellt-antrag-auf-zwangsgeld-gegen-hamburger-senat/?tx_ttnews\[backPid\]=4655&cHash=9c8eefac63f6f84547a15e1cc1dff87a](http://bund-hamburg.bund.net/nc/presse/pressemitteilungen_hamburg/detail/artikel/luftschaedstoffe-bund-stellt-antrag-auf-zwangsgeld-gegen-hamburger-senat/?tx_ttnews[backPid]=4655&cHash=9c8eefac63f6f84547a15e1cc1dff87a), Abruf 30.11.2015

Ein auf unserer Basis weiter zu entwickelnder einheitlicher deutscher Luftqualitätsindex hätte einen maßgeblichen Einfluss auf die weitere gesellschaftliche Diskussion über das Thema Luftqualität. Der von uns entwickelte Prototyp kann die gesellschaftspolitische Diskussion befördern, und durch den im Prototyp angelegten interpersonellen Austausch könnte „die demokratische Meinungs- und Willensbildung [gefördert]“ werden.³³

Die Arbeit mit dem Prozess des KDD war hochspannend und durch die Zusammenarbeit in der Gruppe, konnten wir neue Erkenntnisse über den realen Zustand von *open government data* gewinnen und mögliche Lösungsansätze entwickeln.

³³ Hamburgisches Transparenzgesetz (HmbTG), §1, Abs. 1

4 Literatur

- Antonelli et al. 2014. Antonelli, Fabrizio: City Sensing: Visualising Mobile and Social Data about a City Scale Event. AVP'14, May 27-30, 2014, Como, Italy. ACM 978-1-4503-2775-6/14/05.
- aqicn.org 2015: Worldwide Air Quality, Online: aqicn.org/, Abruf: 30.11.2015
- arteTV 2015: Klimapolitik: Wann, Wenn nicht jetzt?, Online: <http://www.arte.tv/guide/de/053437-000-A/klimapolitik-wann-wenn-nicht-jetzt> Abruf: 30.11.2015
- Baluini. et al. 2015. Baluini, Marco: CitySensing: Fusing City Data for Visual Storytelling. Published by the IEEE Computer Society. IEEE 2015
- Bateman et al. 2010. Bateman, Scott: Useful Junk? The Effects of Visual Embellishment on Comprehension and Memorability of Charts. CHI 2010, April 10–15, 2010, Atlanta, Georgia, USA
- Buechley 2013. Buechley, Leah: Textile Messages: Dispatches From the World of E-Textiles and Education. Peter Lang Publishing Inc. 2013
- Devarakonda, Srinivas, Parveen Sevusu, Hongzhang Liu, Ruilin Liu, Liviu Iftode, Badri Nath , Real-time Air Quality Monitoring Through Mobile Sensing in Metropolitan Areas, In *Proceedings of the 2nd ACM SIGKDD International Workshop on Urban Computing (UrbComp '13)*. ACM, New York, NY, USA, , Article 15 , 8 pages. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2505821.2505834>
- Doering, Michael. 2011. High-resolution large-scale air pollution monitoring: approaches and challenges. In *Proceedings of the 3rd ACM international workshop on MobiArch (HotPlanet '11)*. ACM, New York, NY, USA, 5-10. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2000172.2000177>
- Doran et al. 2013. Doran, Derek: Human Sensing for Smart Cities. ASONAM'13, August 25-29, 2013, Niagara, Ontario, CAN. ACM 978-1-4503-2240-9 /13/08
- Fayyad, et al. 1996. Fayyad, Usama et al.: From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases. AI Magazine Volume 17 Number 3, (1996)
- Goldsmith, Crawford 2014. Goldsmith, Stephen; Crawford, Susan: The Responsive City - Engaging Communities Through Data-Smart Governance. Jossey-Bass, San Francisco 2014
- Greenpeace 2015. Reduce Air Pollution, Online: <http://www.greenpeace.org/eastasia/airpollution/> Abruf: 30.11.2015
- Hedgecock, W., P. Völgyesi, A. Ledeczki, X. Koutsoukos, A. Aldroubi, A. Szalay, and A. Terzis. 2010. Mobile air pollution monitoring network. In *Proceedings of the 2010 ACM Symposium on Applied Computing (SAC '10)*. ACM, New York, NY, USA, 795-796. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1774088.1774253>
- Hu, Ke, Timothy Davison, Ashfaqur Rahman, and Vijay Sivaraman. 2014. Air Pollution Exposure Estimation and Finding Association with Human Activity using Wearable Sensor Network. In *Proceedings of the MLSDA 2014 2nd Workshop on Machine Learning for Sensory Data Analysis (MLSDA'14)*, Ashfaqur Rahman, Jeremiah Deng, and Jiuyong Li (Eds.). ACM, New York, NY, USA, , Pages 48 , 8 pages. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2689746.2689749>
- Klein, A. and W. Lehner. 2009. Representing Data Quality in Sensor Data Streaming Environments. *J. Data and Information Quality* 1, 2, Article 10 (September 2009), 28 pages. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1577840.1577845>
- Kuznetsov, Stacey, Scott E. Hudson, and Eric Paulos. 2014. A low-tech sensing system for particulate pollution. In *Proceedings of the 8th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction (TEI '14)*. ACM, New York, NY, USA, 259-266. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2540930.2540955>
- Umwelt Bundesamt 2015. Aktuelle Luftdaten, Online <http://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/aktuelle-luftdaten> Abruf: 30.11.2015
- United Nations - Framework Convention on Climate Change: Paris Climate Change Conference - November 2015, Online: http://unfccc.int/meetings/paris_nov_2015/meeting/8926.php Abruf: 30.11.2015
- United States Environmental Protection Agency: Guidelines for the Reporting of Daily Air Quality - the Air Quality Index (AQI), Online: <http://www3.epa.gov/ttn/oarpg/t1/memoranda/rg701.pdf> Abruf: 30.11.2015
- ZEIT ONLINE 2014. Zu viel Feinstaub - EU droht Deutschland mit Klage, Online: <http://www.zeit.de/wissen/umwelt/2014-11/feinstaub-belastung-deutschland-eu-ruege> Abruf: 30.11.2015
- Zheng, Yu, Furuo Liu, and Hsun-Ping Hsieh. 2013. U-Air: when urban air quality inference meets big data. In *Proceedings of the 19th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining (KDD '13)*, Inderjit S. Dhillon, Yehuda Koren, Rayid Ghani, Ted E. Senator, Paul Bradley, Rajesh Parekh, Jingrui He, Robert L. Grossman, and Ramasamy Uthrusamy (Eds.). ACM, New York, NY, USA, 1436-1444. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2487575.2488188>

Versicherung über Selbstständigkeit

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Hamburg, den 28. Februar 2016

Hans-Peter Sieg