

Untersuchungen der Einsetzbarkeit von Smartphone-Applikationen zur Messung von Arbeitsumweltfaktoren am Beispiel Klima

Michael SPITZHIRN¹, Torsten MERKEL², Angelika C. BULLINGER¹

- 1) *Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement, Technische Universität Chemnitz, Erfenschlager Straße 73, D-09125 Chemnitz*
- 2) *Professur Arbeitswissenschaft, Westsächsische Hochschule Zwickau, Äußere Schneeberger Straße 13-18, D-08056 Zwickau*

Kurzfassung: Der Einsatz von Smartphones hat nicht nur im Alltag, sondern auch im industriellen Kontext in den letzten Jahren stark zugenommen. Die eingebaute Sensorik in Smartphones bietet Potential für vielfältige Anwendungen. Ein mögliches Einsatzgebiet stellt die Messung von Arbeitsumweltfaktoren wie Lärm, Klima und Beleuchtung dar.

Hierzu wurde sich u.a. mit der Fragestellung beschäftigt, inwiefern mit Applikationen auf Smartphones arbeitswissenschaftliche Messungen des Arbeitsumweltfaktors Klima möglich sind. Im Ergebnis kann festgehalten werden, dass einzelne Applikationen für orientierende Messungen herangezogen werden können. Zwischen verschiedenen Applikationen sind jedoch größere Messabweichungen feststellbar. Dies bedingt eine geeignete Vorauswahl. Der nachfolgende Beitrag stellt ausgewählte Ergebnisse der durchgeführten Klimamessungen mittels Smartphones vor.

Schlüsselwörter: Applikationen (Apps), Arbeitsumweltfaktoren, Klimamessung

1. Einführung

Arbeitsumweltfaktoren, wie bspw. Lärm, Klima oder Beleuchtung, können sich sowohl auf die Gesundheit, die Leistungserbringung wie auch auf das Wohlbefinden einer Arbeitskraft auswirken. So können zu hohe oder niedrige Temperaturen zu einem zweistelligen Leistungsabfall führen (Seppänen, Fisk, Faulkner, 2003). Weiterhin können ungünstige Lärmexpositionen langfristig zu einer Lärmschwerhörigkeit nach BK 2301 führen und sich negativ auf die Leistungserbringung auswirken (Sust, 1987). Um negative Folgen zu verhindern, ist eine Gestaltung der Arbeitsumwelt vorzunehmen. Für eine entsprechende Bewertung und anschließende Beurteilung sind Messungen maßgeblich.

Hierbei ist bei der Messung und Beurteilung von Arbeitsumweltfaktoren im Unternehmen ein verstärkter Einsatz von Smartphones als universelles Messmittel zu beobachten. Um eine ausreichende Messgenauigkeit für arbeitswissenschaftliche Untersuchungen zu erreichen, müssen Messgeräte mit einer angemessenen Messgenauigkeit verwendet werden. So wird nach der ASR3.5 eine Messgenauigkeit bei der Temperaturmessung von $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ gefordert. Einfache Klimamessgeräte weichen von dieser Vorgabe bezüglich der Temperatur mit bis zu $\pm 2-3^{\circ}\text{C}$ und für die Luftfeuchtigkeit mit bis zu $\pm 10-15\%$ ab (Bux, 2006).

Bei der Erfassung von klimatischen Daten sind bereits Anwendungen in Verbindung mit Smartphones vorhanden. So sammelte die Forschungsgruppe um Aart Overeem von der Wageningen University in den Niederlanden mit Hilfe von Smartphones über 1,3 Millionen Temperaturdatensätze in 8 Städten weltweit.

Messabweichungen aufgrund der Nutzung des Smartphones konnten hierbei durch ein selbstentwickeltes Heat-Transfer Model aus den Messdaten zuteilen herausgerechnet werden. Im Ergebnis wurden durchschnittliche Messabweichungen von 1,5°C erzielt. (Overeem et al. 2013; mbe, 2013)

Im Rahmen der hier vorgestellten Studie wird sich mit der Fragestellung der Einsatzfähigkeit von Applikationen auf Smartphones für arbeitswissenschaftliche Untersuchungen auseinandergesetzt. Die ermittelten Ergebnisse sollen auszugsweise am Beispiel des Arbeitsumweltfaktors Klima vorgestellt werden.

2. Vorbetrachtung

Für eine arbeitswissenschaftliche Bewertung und anschließende Beurteilung der Wirkung klimatischer Bedingungen sind folgende Faktoren einzubeziehen: (BAuA, 2004)

- Lufttemperatur,
- Luftfeuchtigkeit,
- Luftgeschwindigkeit,
- Wärmestrahlung von Objekten wie bspw. Maschinen sowie
- personenbezogene Größen, wie energetische Arbeitsbelastung und Bekleidung.

Für vorgenannte Fragestellung wird eine Eingrenzung auf die zwei Parameter Lufttemperatur und -feuchtigkeit vorgenommen.

Zur Erfassung der Klimawerte gibt es eine Vielzahl von verfügbaren Applikationen. Um die Anzahl an zu untersuchenden Applikationen einzuschränken, wird sich auf Anwendungen mit einem hohen Ranking in Bezug auf die Nutzerbewertung und Downloadzahl konzentriert.

Bei der Erfassung der Lufttemperatur und -feuchtigkeit konnten drei interne in Smartphones eingesetzte Ansätze recherchiert werden. So nutzen bestimmte Applikationen Klimadaten von Wetterdiensten. Es handelt sich dabei um eine ausschließliche Übernahme von Klimawerten. Zwar sind allgemeine Aussagen über das Wetter mit guter Genauigkeit möglich (Chip, 2012), spezifische ortsgebundene Bedingungen können jedoch nicht in die Betrachtung einbezogen werden. Andere Applikationen verwenden Informationen des in der Hauptplatine eingebauten Thermometers. Dieses soll die eingebauten Akkus vor Überhitzung schützen. Wie Untersuchungen belegen, können bei umfangreichen Datenreihen Genauigkeiten bei der Temperaturmessung von ca. 1,5°C erreicht werden (Overeem et al. 2013). Die Aufnahme von großen Datenmengen wie in den Untersuchungen von Overeem et al. (2013) sind für arbeitswissenschaftliche Fragestellungen insbesondere in Unternehmen nicht praktikabel. Als weitere Datenquelle für das Erfassen von klimatischen Daten stehen in ausgewählten Smartphones spezielle Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensoren zur Verfügung. Im Rahmen der Studie wurde sich mit dieser Art von Datenerfassung auseinandergesetzt. Hierbei stand zum Zeitpunkt der Studie nur ein Smartphone-Modell zur Verfügung, wodurch die Allgemeingültigkeit eingeschränkt ist.

3. Durchführung und Ergebnisse zu Klimamessungsapplikationen

3.1 Versuchsgegenstand

Ziel ist die Untersuchung der Messabweichungen. Dazu werden für die klimatischen Faktoren Lufttemperatur und -feuchtigkeit folgende vier Messversuche durchgeführt:

- *K1*: Klimamessung mittels internen Sensoren bei konstanten Bedingungen im geschlossenen Raum
- *K2*: Klimamessung mittels internen Sensoren bei wechselnden Bedingungen
- *K3*: Klimamessung mittels externen Sensoren (Klimastation) bei konstanten Bedingungen im geschlossenen Raum

Als Referenzmessgerät wird das Testo 435 (Temperatur-Messgenauigkeit: $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$; Luftfeuchtigkeit: $\pm 2\%$) verwendet.

3.2 Charakteristika der Klimaapplikationen

Neben der Erfassung der Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit sowie dem Luftdruck liefern ausgewählte Applikationen eine Beurteilung der Messdaten in Form von Farbcodierungen. Die Speicherung der Daten ist nur in wenigen Fällen möglich.

3.3. Versuchsergebnisse

Versuch K1 – Klimamessung mit int. Sensoren bei konstanten Bedingungen

In Abbildung 1 sind aus Versuch K1 die Temperaturmessabweichungen bei konstanten Klimabedingungen ($T=23^{\circ}\text{C}$, $r.F=35\%$) für 12 Applikationen (A bis L-Applikation) zum Zeitpunkt $t = 0$ Sekunden sowie nach $t = 60$ Sekunden abgetragen.

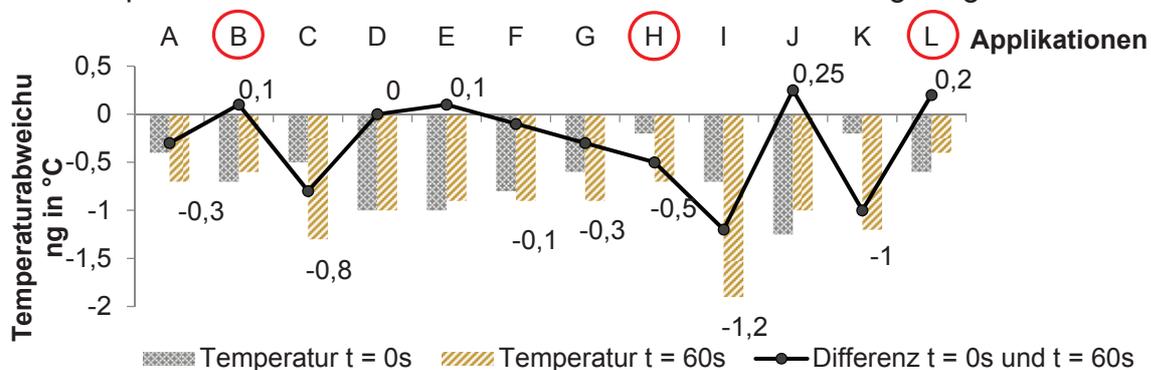


Abbildung 1: Messabweichungen Endgerät 1 zum Referenzmessgerät

Die Anforderung nach ASR3.5 von $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ wird bei $t = 0\text{s}$ von fünf Applikationen eingehalten. Nach einer Messzeit von 60 s erhöht sich bei der Mehrzahl der Applikationen die negative Messabweichung. Die absoluten Abweichungen liegen bei $t = 0\text{ s}$ zwischen $-0,2^{\circ}\text{C}$ und $-1,2^{\circ}\text{C}$ und steigen nach $t = 60\text{ s}$ auf $-0,4^{\circ}\text{C}$ bis $-1,8^{\circ}\text{C}$ an.

Bei der Messung der Luftfeuchtigkeitsabweichung ist kein einheitliches Bild feststellbar. Es gibt sowohl Applikationen, die niedrigere wie auch höhere Messwerte in Bezug zum Referenzmessgerät ausgeben.

Die absoluten Messabweichungen der Applikationen liegen bei $t = 0\text{s}$ zwischen 0,7% und 3,3%. Die Abweichungen nehmen innerhalb einer Messzeit von 60 Sekunden mehrheitlich ab. Dies geht mit einem Rückgang der gemessenen Luftfeuchtigkeit bei den Applikationen einher. Die absoluten Messabweichungen betragen nach 60 Sekunden zwischen -1,1% bis 3,5%.

Die Applikationen B, H und L weisen im Test die geringsten Messabweichungen für die Temperatur- wie auch Luftfeuchtigkeitserfassung auf.

Versuch K2 – Klimamessung mit int. Sensoren bei wechselnden Bedingungen

Die im Versuch K1 festgestellten Ergebnisse können durch Versuch K2 bestätigt werden. Generell neigen die Applikationen im geschlossenen Raum zur Angabe einer niedrigeren Temperatur im Vergleich zum Referenzmessgerät. Bei wechselnden Bedingungen sind höhere Messschwankungen zu beobachten, wie Abbildung 2 für die Temperaturmessunterschiede am Beispiel der Applikation B zum Referenzmessgerät zu entnehmen ist.

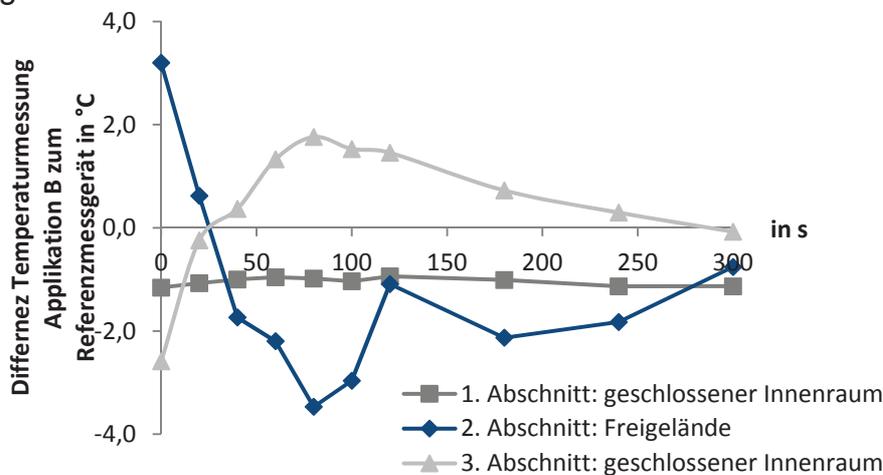


Abbildung 2: K2: Temperaturmessabweichung bei wechselnden klimat. Bedingungen App. B

Hierbei spielt die Trägheit der eingebauten Sensorik eine wesentliche Rolle. Dieses gilt es bei der Messung unter wechselnden Bedingungen zu beachten.

Versuch K3 – Klimamessung mit ext. Sensoren bei konstanten Bedingungen

Als Alternative für eine klimatechnische Bewertung von Arbeitsplätzen stellen sich für das Smartphone ergänzende externe Messeinheiten dar. Für einen entsprechenden Test kam eine für alle mobilen Betriebssysteme angebotene Wetter- und Klimastation zum Einsatz, welche mit der Bestimmung von CO_2 -Werten und dem Schallpegel zusätzliche Informationen bereitstellt.

Im Ergebnis weichen die ermittelten Messwerte der Wetter/Klima-Station bei der Temperaturmessung zwischen $0,7^\circ\text{C}$ und $0,9^\circ\text{C}$ und bei der Luftfeuchtigkeitsmessung zwischen 3,5% und 10% von den Referenzwerten ab. Diese Werte liegen über den geforderten Messabweichungen nach ASR3.5. Positiv ist in diesem Zusammenhang hervorzuheben, dass sich tendenzielle Änderungen des Raumklimas gut verfolgen lassen. Durch die Einbindung der Station über ein lokales WLAN in das Internet kann dies sogar standortunabhängig erfolgen..

4. Ergebniszusammenfassung und Ausblick

Ziel der Untersuchung war die Überprüfung der Einsetzbarkeit von Applikationen zum Messen des Arbeitsumweltfaktors Klima. Im Gesamtfazit kann festgehalten werden, dass bestimmte auf den Smartphones installierte Applikationen für orientierende Messungen verwendet werden können. Hierbei ist eine fachliche Auswahl von geeigneten Applikationen aus der Vielzahl verfügbarer Applikationen notwendig.

So sind bei konstanten Bedingungen geringe Messabweichungen bei der Temperatur sowie bei der Luftfeuchtigkeit erfassbar. Bei wechselnden Rahmenbedingungen steigen die messbaren Abweichungen an. Hierbei spielt die Reaktionszeit der Applikation und des Smartphones eine wesentliche Rolle. Durch das Verknüpfen von Smartphones mit externen Sensoren können Smartphones ohne integrierten Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensor auch für eine Klimamessung genutzt werden.

Die hier vorgestellten Messergebnisse sind durch eine Erweiterung der eingesetzten Smartphones sowie externer Messeinheiten abzurunden, um eine allgemeingültige Aussage über den Einsatz von auf Smartphones installierten Applikationen zur Klimamessung geben zu können.

Zukünftig könnte durch die Weiterentwicklung von Applikationen und den Einsatz geeigneter interner / externer Sensorik in Verbindung mit Smartphones, diese zu Messsysteme zur Arbeitssystembeurteilung mit integrierter Anleitung entwickelt werden. Dies würde es vor allem ermöglichen nicht nur korrekt zu messen, sondern die Ergebnisse unter arbeitswissenschaftlichen Gesichtspunkten richtig zu interpretieren und einzuordnen.

5. Literatur

- ASR A3.5: Technische Regeln für Arbeitsstätten – Raumtemperatur. Online unter: <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Arbeitsstaetten/ASR/ASR-A3-5.htm>.
- BAuA (2004). Ratgeber zur Ermittlung gefährdungsbezogener Arbeitsschutzmaßnahmen im Betrieb – Handbuch für Arbeitsschutzfachleute, 4.aktualisierte Auflage, Dortmund/Berlin
- Bux, K. (2006). Klima am Arbeitsplatz, Stand arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse – Bedarf für weitere Forschungen- Forschung Projekt F1987. Hrg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin [BAuA]. Dortmund/Berlin/Dresden.
- DIN EN ISO 9612:2009 Akustik - Bestimmung der Lärmexposition am Arbeitsplatz-Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 (Ingenieurverfahren) (ISO 9612:2009); Deutsche Fassung EN ISO 9612.
- Mbe (2013). Temperaturmessung: Wettervorhersage mit Smartphone-Batterie. Online unter: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/technik/temperaturmessung-smartphone-batterien-sollen-wetter-vorhersagen-a-916625.html>
- Mattgey, R.; Von Brockedorff, S. (2012). Was taugen Internet-Wetterdienste. Online unter: http://www.chip.de/artikel/Die-besten-Wetter-Apps-und-Online-Wetterdienste-im-Test_55968168.html
- Overeem, A., J. C. R. Robinson, H. Leijnse, G. J. Steeneveld, B. K. P. Horn, and R. Uijlenhoet (2013), Crowdsourcing urban air temperatures from smartphone battery temperatures, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 4081–4085, doi:10.1002/grl.50786.
- Seppanen, O.; Fisk, W.; Faulkner, D. (2003) Cost benefit analysis of the night-time ventilative cooling in office building. Conference: Healthy Buildings 2003, Singapur. Online unter: <http://www.osti.gov/scitech/biblio/813396>
- Sust, C.(1987) Geräusche mittlerer Intensität – Bestandsaufnahme ihrer Auswirkung. Forschungsbericht Fb 497. In Schriftenreihe Bundesanstalt für Arbeitsschutz (Hrsg), Dortmund, Bremerhaven, Wirtschaftsverlag NW, ISBN 3-88314-604-8.