

Raumklimatische Messungen in Grossraumbüros

Christian Monn, Fabian Gerster, René Guldimann
SECO- Arbeit und Gesundheit

16.06.2020

Autorenangaben:

Dr. sc. nat. Christian Monn,

Leiter der Prüfstelle für arbeitshygienische Messungen am Arbeitsplatz.

Staatssekretariat für Wirtschaft SECO

Ressort Grundlagen Arbeit und Gesundheit,

Holzikofenweg 36

CH-3003 Bern.

christian.monn@seco.admin.ch

Raumklimatische Messungen in Grossraumbüros

In der heutigen Bürolandschaft gilt das Großraumbüro («Open-Space») als Standard. Allerdings häufen sich dort negative Rückmeldungen, z.B. über mangelnde Privatsphäre, störenden Lärm (v.a. Gespräche durch andere Personen etc.), Ablenkungen, und ein «ungenügendes» Raumklima. Oft ist es ein Zusammenwirken zwischen arbeitspsychologischen Faktoren und einer subjektiven negativen Wahrnehmung der Umgebungsfaktoren, die zu solchen Beschwerden führen [1]. In dieser Studie wurde abgeklärt, ob das Raumklima den normativen Vorgaben für den Gesundheitsschutz entspricht. Dazu wurden raumklimatische Messungen in sieben Grossraumbüros durchgeführt. Die aufwändigen Messverfahren erlaubten nur Untersuchungen in einer kleinen Anzahl von Objekten. Alle Studienobjekte verfügten über mechanische Lüftungen und Klimatisierungen. Die Büros wurden während einer Winter- und Sommerperiode untersucht. Im Raum wurden jeweils mindestens zwei Messpunkte in Raumzonen mit unterschiedlicher Exposition gegen aussen ausgewählt (z.B. Nord, Süden, Osten, Westen etc.).

Messtechnik, Auswertungen und Bewertung

Die Messungen wurden mit «Standard Messgeräten» (Almemo/Ahlborn) für die Luft- und Raum-(=operative) Temperatur, Strahlungswärme («Globethermometer»), Luftgeschwindigkeit, und CO₂ durchgeführt (siehe Bild 1). Alle Messsonden wurden vorgängig auf ein Standardnormal zurückgeführt (akkreditierte Messstelle). Aus den Messdaten konnte ebenfalls der «vorhergesagte Prozentsatz der Unzufriedenen mit dem thermischen Komfort insgesamt» (PPD/PMV, nach Fanger [2]) berechnet werden. In den hier präsentierten Daten und Auswertungen werden einerseits für den Überblick durchschnittliche Messwerte und andererseits der zeitliche Prozentsatz von Abweichungen von normativen Vorgaben gezeigt. (Grundlagen für die «Präferenzbereiche»: Schweizer Norm SN 546382-1 [3], Norm SN 520180 [4] und Vorgaben den Gesundheitsschutz im Schweizerischen Arbeitsgesetz (ArG), Verordnung 3, Artikel 16 Raumklima) [5]. In der Auswertung wurde nach Jahreszeit, Tageszeit (gesamte Nutzungszeit: 07:00 bis 19:00, Vormittag VM: 07:00 bis 13:00 und Nachmittag NM: 13:00 bis 19:00), sowie nach Platzierung der Messsonden (Exposition der betreffenden Raumzone auf Grund von möglichen, unterschiedlichen tageszeitlichen Sonneneinwirkungen) unterschieden. Die Messungen fanden zwischen Oktober 2017 und Sept 2018 statt.

Resultate

Vergleich der durchschnittlichen Messwerte für Sommer und Winter

Die Abbildungen 2a bis e zeigen die Mittelwerte der Messwerte während der Nutzungszeit 07:00 bis 19:00 für die Raumtemperatur, relative Luftfeuchte, CO₂ (als Maß für die Luftqualität), sowie die berechneten Unzufriedenheitswerte (PPD Predicted Percentage Persons Dissatisfied) jeweils für die Winter- und Sommerperiode.

In der Winterperiode lag die durchschnittliche Raumtemperatur zwischen 22.7°C und 24.2°C. Bei der relativen Luftfeuchte ergaben sich Messwerte zwischen 18% und 38% rel. Luftfeuchte. Beim CO₂ lagen alle Werte im Durchschnitt unterhalb 1'000 ppm. Die Unzufriedenheitswerte (PPD) lagen, mit Ausnahme von einem Messobjekt, unterhalb von 10%. Die Luftströmung war mit Ausnahme von drei Objekten im Durchschnitt kleiner als 0.15 m/sec.

In der Sommerperiode lagen die durchschnittlichen Messwerte der Raumtemperatur zwischen 23.8°C und 25.9°C. Die durchschnittliche Luftfeuchte lag zwischen 44% und 57%. Die CO₂ –Konzentration war in allen Objekten unterhalb 1'000 ppm. Alle PPD-Werte lagen (Ausnahme E) unterhalb von 7%. Die mittlere Luftströmung war in den meisten Objekten kleiner als 0.12 m/sec (Ausnahme Messpunkte in Objekt B, E und F).

Vergleich von Abweichungen von Präferenzwerten, vormittags/nachmittags Sommer/Winter

Tabelle 1a zeigt den Prozentsatz der Zeitperioden ausserhalb von in der Tabelle definierten «Präferenzbereichen» für die Winterperiode. Die CO₂-Konzentration war nur in einem Objekt während mehr als 10% der Nutzungszeit oberhalb von 1'000 ppm, in allen anderen Objekten wurden Werte unterhalb 1'000 ppm gemessen. Die Raumtemperatur lag in drei Objekten während mehr als 10% der Nutzungszeit oberhalb von 24.5°C. Bei der relativen Luftfeuchte gab es in mehr als der Hälfte der Objekte während mehr als 50% der Nutzungszeit Messwerte unterhalb von 30% rel. Luftfeuchte, teilweise sogar unterhalb von 20% rel. Lf. Die Luftgeschwindigkeit war an mehreren Messpunkten während mehr als 20% der Nutzungszeit grösser als 0.15 m/sec.

Tabelle 1b zeigt die Auswertung für die Sommerperiode. Insgesamt gab es im Sommer viel weniger Abweichungen von Präferenzwerten im Vergleich zur Winterperiode. Beim CO₂ gab es nur in einem Objekt eine eher geringfügige zeitliche Überschreitung von 1'000 ppm. In einem Objekt (E) gab es markante zeitliche Überschreitungen der Raumtemperatur von 26.5°C - in allen anderen Objekten lagen die Werte innerhalb der Vorgaben für Räume mit

mechanischer Lüftung (26.5°C) [3]. Zeitliche Überschreitungen einer relativen Luftfeuchtigkeit oberhalb von 60% während mehr als 10% der Nutzungszeit gab es in knapp der Hälfte aller Messpunkte. In Bezug auf die Luftgeschwindigkeit war die Situation ebenfalls besser als im Winter; Luftgeschwindigkeiten oberhalb von 0.15 m/sec von mehr als 10% der Nutzungszeit gab es nur an drei Messpunkten.

Diskussion und Schlussfolgerungen

Bei Betrachtung der Durchschnittswerte zeigte sich ein mehrheitlich gutes Bild der raumklimatischen Situation. Die summarische Betrachtung des Prozentsatzes der «Unzufriedenen mit dem thermischen Komfort insgesamt» (PPD) ergibt ebenfalls eine mehrheitlich gute Situation: Mit Ausnahme eines Objekts lag die Vorhersage Unzufriedener unterhalb von 10%. In Bezug auf die Luftqualität (CO₂) waren während des überwiegenden Teils der Nutzungszeit alle Messwerte unterhalb 1'000 ppm.

In der Winterperiode gab es häufiger Abweichungen von den Präferenzbereichen als in der Sommerperiode. Die häufigsten Abweichungen betrafen die relative Luftfeuchte. Oft war die Luft in der Winterperiode zu trocken, mit Messwerten unterhalb 30% oder sogar 20%. Gemäß der zitierten Normen können solche Abweichungen während 10% der jährlichen Nutzungszeit toleriert werden. Länger andauernde zu niedrige relative Luftfeuchtigkeit ist jedoch aus gesundheitlicher Sicht zu vermeiden. Die relative Luftfeuchte muss auch in Zusammenhang mit der Raumtemperatur betrachtet werden: im Winter waren die durchschnittlichen Raumtemperaturen eher etwas hoch (24.5°C). Durch Absenken der Raumtemperatur kann die relative Luftfeuchte erhöht werden. In der Schweiz empfehlen die Lüftungstechnischen Fachgruppen, sowie die Energiefachstellen keine Befeuchtung [6] (Gründe: zu hoher Energieverbrauch, allfällige Probleme durch ungenügende Instandhaltung etc.). Bei guter Luftqualität (v.a. niedrigem Partikelgehalt in der Luft) kann eine bestimmte trockene Zeitperiode toleriert werden. Durch eine zeitweise Senkung der Aussenluftfrate während kalten Perioden im Winter, kann die Luftfeuchtigkeit ebenfalls erhöht werden. Die guten CO₂- Messwerte - fast alle Werte unterhalb 1'000 ppm - zeigen einen gewissen Spielraum für die Reduktion der Aussenluftfraten im Winter auf (dies ist N.B. auch in der Norm so vorgesehen). Zu beachten ist auch die Nutzung der Räume: durch Home-Office, Aussendienst etc. waren viele Büros nicht vollständig belegt. Im Sommer gab es einige Situationen mit einer relativen Luftfeuchte oberhalb 60%. Bei erhöhten Temperaturen (ab ca. 26°C) kann dabei ein Schwülegefühl auftreten. Beachtet werden muss, dass auch Kondensationen an kühlen Oberflächen verhindert werden müssen. Die Problematik der Luftgeschwindigkeit (Zugluft) muss jeweils in jedem Objekt individuell betrachtet und gelöst werden. Beschwerden durch Zugluft müssen ernst genommen werden und Lösungen

müssen gesucht werden (technisch oder durch Umplatzierung von Personen). Die unterschiedliche Empfindlichkeit von Personen ist zu respektieren.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass diese Studie keinen Anspruch einer breiten Repräsentativität für «Grossraumbüros» erhebt. Sie zeigt jedoch gewisse Tendenzen auf (Luftfeuchte im Winter, Zugluft), die sicher in anderen Objekten so vorgefunden werden können.

Nachbemerkung

Diese Studie und die Auswertungen erfolgten alle vor der Sars-CoV-2 Pandemie. Diese zeigt auf, dass ein hoher Standard von Lüftungsanlagen und eine korrekte Umsetzung der normativen Vorgaben für die Gesundheit entscheidend ist. Innenräume zählen zu den Hautorten für mögliche Ansteckungen. Die Vorgaben der REHVA sind deshalb zu berücksichtigen. Die Einhaltung der Aussenluftstraten (und Luftwechselraten) sind für die Reduzierung des Risikos in der Raumluft entscheidend, insofern sind die Aussagen über Aussenluftstraten/Feuchte im Winter in der Publikation etwas zu relativieren. Wie sich die «Bürolandschaft» in der Nach-Covid Periode entwickelt, wird sich zeigen. Sicherlich werden Formen wie Home-Office etc. zunehmen und Belegungspläne sowie Layouts für «open space» müssen überdacht und angepasst werden (Abstände, Luftströmungen, Personendichte etc.). Die Lüftungsbranche ist gefordert, gute Lüftungstechnische Lösungen anzubieten und sie kann mithelfen, durch hohe Standards für einen guten Gesundheitsschutz zu sorgen.

Literatur

[1] Janser, Marcel; Monn, Christian; Leiblein, Thomas; Hofmann, Thomas; Schäfer-Cui, Ying Ying; Wallbaum, Holger; Windlinger Inversini, Lukas, 2017. *Komfort, Gesundheit und Arbeitsleistung in Bürogebäuden. Illustrierte Zeitschrift für Sicherheit und Gesundheit* S. 18-20

[2] EN ISO 7730 Ergonomie der thermischen Umgebung- Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit (nach Fanger)

[3] Norm SN 546382-11: 2014 (Schweizer Norm). Lüftungs- und Klimaanlageanlagen - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen.

[4] Norm SN 520180: 2014 (Schweizer Norm). Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden.

[5] Wegleitung zum Arbeitsgesetz (Schweiz), Verordnung 3, Artikel. 16 Raumklima

[6] Bundesamt für Energie (BFE) (Schweiz): Merkblatt Luftbefeuchtung, Bestellung BBL Artikelnummer 805.162.1D.

Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen

Tabelle 1a: Zeitliche Abweichung (Prozent der Nutzungszeit) von Vorgaben für das Raumklima - Winterperiode: Okt. 2017- März 2018
(ab 10% für die Übersicht, fett gedruckt)

Tabelle 1b) Zeitliche Abweichung (Prozent der Nutzungszeit) von Vorgaben für das Raumklima - Sommerperiode: April- Sept. 2018). (ab 10% für die Übersicht, fett gedruckt)

Abbildung 1: Messeinrichtung für die Messung des Raumklimas: Schwarze Kugel = «Globe thermometer», CO₂-Sensor, Temperaturfühler, Luftgeschwindigkeitsmessgerät (alle Messgeräte/Sonden von Ahlborn)

Abbildungen 2a, b, c, d, e: Mittelwerte (während Nutzungszeit 07:00 bis 19:00 Uhr) für die Raumtemperatur (2a), relative Luftfeuchte (2b), Luftqualität CO₂ (2c) PPD (2d) und Luftgeschwindigkeit (2e).

Erklärung der Codierung: A, B ... G= Studienobjekt; M1, M2: Messpunkt im Raum Nr. 1, Nr.2 etc.; O, N, W, etc.: räumliche Exposition der Raumzone: östlich, nördlich, westlich, südlich etc.

Tabelle 1a: Zeitliche Abweichung (Prozent der Nutzungszeit) von Vorgaben für das Raumklima - Winterperiode: Okt. 2017- März 2018
 (0-10%, 11-30%, 31-50%, 51-70%, 71-90%)

| | | morgens 07:00-13:00 Uhr | | | | | | | nachmittags 13:00-19:00 Uhr | | | | | | |
|--------|-----------|-------------------------|---------------------|-------|----------------------|-----|-----------------------------|------|-----------------------------|---------------------|-------|----------------------|-----|-----------------------------|------|
| Winter | | CO2 [ppm] | Raumtemperatur [°C] | | rel. Luftfeuchte [%] | | Luftgeschwindigkeit [m/sec] | | CO2 [ppm] | Raumtemperatur [°C] | | rel. Luftfeuchte [%] | | Luftgeschwindigkeit [m/sec] | |
| Objekt | Messpunkt | >1000 | >24.5 | <20.5 | 20-30 | <20 | >0.15-0.2 | >0.2 | >1000 | >24.5 | <20.5 | 20-30 | <20 | >0.15-0.2 | >0.2 |
| A | M1-O | 2% | 3% | | | | 25% | 64% | | | | 5% | | 24% | 67% |
| A | M2-N | | | | | | 27% | 57% | | | | 15% | | 32% | 52% |
| A | M3-W | | | | 2% | | 1% | | | | | 8% | | 2% | |
| A | M4-O | | | | 6% | | 5% | | | | | 10% | | 3% | 1% |
| B | M1-W | | | | | | 11% | 3% | | | | | | 9% | 3% |
| B | M2-S | | 1% | 2% | | | 5% | | | 1% | | | | 4% | |
| B | M3-O | | | | | | 28% | 18% | | | | | | 23% | 26% |
| C | M1-N | | | | 58% | 3% | 4% | | 1% | | | 56% | 8% | 2% | 1% |
| C | M2-S | | 13% | | 56% | 4% | | 1% | | 8% | | 63% | 8% | | |
| D | M1-S | | | | | | 1% | | | | | | | 4% | |
| D | M2-N | | | | 2% | | 1% | 1% | | | | | | 1% | 1% |
| E | M1-O | | 2% | | 83% | 17% | | | | | | 83% | 17% | | |
| E | M2-W | | 26% | | 84% | 16% | 23% | 36% | | 21% | | 73% | 27% | 32% | 16% |
| F | M1-NO | | 3% | | 58% | 21% | 4% | 1% | 27% | | | 51% | 32% | 6% | |
| F | M2-SO | | 21% | | 56% | 22% | 11% | 17% | 8% | 2% | | 53% | 16% | 8% | 12% |
| G | M1-S | | | | 52% | | 1% | | | | | 70% | | | |
| G | M2-N | | | | 35% | | 13% | 2% | | | | 61% | | 11% | |

Tabelle 1b) Zeitliche Abweichung (Prozent der Nutzungszeit) von Vorgaben für das Raumklima - Sommerperiode: April- Sept. 2018).
 (0-10%, 11-30%, 31-50%, 51-70%, 71-90%)

| Sommer | | morgens 07:00-13:00 Uhr | | | | | | | nachmittags 13:00-19:00 Uhr | | | | | | |
|--------|-----------|-------------------------|---------------------|-------|----------------------|-------|-----------------------------|------|-----------------------------|---------------------|-------|----------------------|-------|-----------------------------|------|
| | | CO2 [ppm] | Raumtemperatur [°C] | | rel. Luftfeuchte [%] | | Luftgeschwindigkeit [m/sec] | | CO2 [ppm] | Raumtemperatur [°C] | | rel. Luftfeuchte [%] | | Luftgeschwindigkeit [m/sec] | |
| Objekt | Messpunkt | >1000 | >26.5 | <20.5 | >60 | 20-30 | >0.15-0.2 | >0.2 | > 1000 | >26.5 | <20.5 | >60 | 20-30 | >0.15-0.2 | >0.2 |
| A | M1-O | | | | 19% | | 1% | 1% | | | | 13% | | 2% | 2% |
| A | M3-W | 4% | | | 16% | | | | 1% | | | 13% | | 1% | |
| B | M1-W | | | | | 2% | | 1% | | | 1% | | 7% | 1% | |
| B | M2-S | | | | | | 1 | | | | | | | 1% | |
| B | M3-O | | | | | | 23% | 15% | | | | | | 30% | 13% |
| C | M1-N | | | | | | | | | | | 5% | | | |
| C | M2-S | | | | 3% | | 1% | | | | | 13% | | | |
| D | M2-N | | | | 24% | | 1% | 1% | | | | 32% | | 1% | |
| D | M3-S | | | | 10% | | | | | | | 13% | | | |
| E | M1-O | | | | 11% | | 10% | 6% | | 23% | | | 3% | 12% | 6% |
| E | M2-W | | 12% | 2% | 22% | | 12% | 22% | | 74% | | | 3% | 10% | 21% |
| F | M1-NO | | | | 2% | | 2% | 3% | | | | | | 1% | 1% |
| F | M2-SO | | | | | | 25% | 31% | | 3% | | | | 22% | 10% |
| G | M1-S | | | | 1% | | | | | | | 1% | | | |
| G | M2-N | | | | | | | | | | | 1% | | | |