

Arbeitsleistung und Raumluftqualität – über den Nutzen guter Raumluft

Eine gute Raumluftqualität zeichnet sich aus durch die generelle Zufriedenheit einer grossen Mehrheit der Raumnutzenden (>85%) mit der Luft und dem Klima. Eine ungenügende Raumluftqualität führt oft zu Klagen über Reizungen der Schleimhäute (Nase, Hals, Mund), der Haut, der Atemwege und des Nervensystems (Konzentrationsstörungen, Kopfschmerzen etc.). Die Häufung von solchen Symptomen ist auch eine Ursache für häufigere krankheitsbedingte Absenzen. Eine Vielzahl von Studien zeigt, dass bei höherer Zufriedenheit mit der Raumluftqualität weniger Symptome auftreten.

Die Raumluftqualität kann objektiv durch Messungen beurteilt werden, aber auch subjektiv durch Bewertung der Raumnutzenden mit Hilfe von validierten Fragebögen zur wahrgenommenen Luftqualität. In vielen Studien korreliert die wahrgenommene Luftqualität gut mit dem CO₂-Gehalt in der Raumluft (siehe *Kasten 1*).

Arbeitsleistung, Symptome und Lüftung

In den letzten zehn Jahren wurde – neben den gesundheitlichen Aspekten – der Zusammenhang zwischen der Arbeitsleistung und der Luftqualität erforscht. Solche Untersuchungen werden unter kontrollierten Bedingungen¹ oder in Feldstudien an Arbeitsplätzen durchgeführt. Dabei gilt es, weitere Einflussfaktoren – wie z.B. Temperatur, Feuchte oder Schall – möglichst konstant zu halten. Die ersten Feldstudien wurden in Call-Centern durchgeführt. Die Aufgaben in Call-Centern sind anspruchsvoll, da in einer unruhigen Umgebung Kundengespräche geführt und unter Zeitdruck rasch Lösungen für Probleme vorgeschlagen werden müssen. Als Messgrösse für die Leistung diente jeweils die Zeit, die für die Gespräche und für das *Wrap-up*, d.h. das schriftliche Festhalten und Ablegen eines Falls, notwendig war. *Seppänen (2006)*² wies nach, dass bei einer erhöhten Frischluftzufuhr eine signifikante Verbesserung der Leistung erzielt werden konnte (siehe *Grafik 1*). *Fanger (2006)*³ fasste eine Vielzahl weiterer Studien zusammen; diese bestätigten den signifikanten Zusammenhang zwischen verbesserter Arbeitsleistung und erhöhter Luftzufuhr.

In einer anderen Serie von Studien wurde das Lösen von Lernaufgaben bei Studierenden und Schülern untersucht. Die Lernleistung

steigerte sich bei einer Erhöhung der Lüftungsrate von 0,9 auf 17 l/sec und Person signifikant. Weitere Studien fanden ähnliche Zusammenhänge und bestätigten eine Verbesserung der Lernleistung bei grösserer Luftzufuhr. Da an vielen Schulen nur mangelhafte Lüftungsverhältnisse herrschen, ist ein Handlungsbedarf gegeben. Für die Schweiz muss mit ähnlichen Befunden gerechnet werden, da die meisten Schulräume nur über eine Fensterlüftung verfügen und die Räume oft übernutzt sind.

In neusten Studien an Arbeitsplätzen wurden auch Management-Tätigkeiten – wie z.B. Informationen rasch verarbeiten und Entscheide fällen – unter verschiedenen Lüftungsbedingungen untersucht.⁴ In der Pilotstudie von *Wang (2011)*⁵ konnte zwar eine Verminderung der Symptommhäufigkeit, nicht jedoch ein positiver Einfluss auf die Kreativität und Arbeitsleistung bei Managementaufgaben nachgewiesen werden (Lüftungsrate von 5 l/sec und Person, respektive bei 20 l/sec und Person). In der Studie von *Satish et al. (2011)*⁶ wurden strategische Simulations-Managementaufgaben unter verschiedenen Luftqualitätsszenarien untersucht.⁷ Keine Unterschiede gefunden wurden bei der Aktivität Informationssuche. Signifikante Differenzen ergaben sich jedoch zwischen den Szenarien 600 ppm und 2500 ppm CO₂ bei den Aufgaben Basisaufgaben erledigen, fokussiertes Arbeiten, Initiative ergreifen, Breite des Ansatzes (*Breadth of Approach*), Strategie, Fokussierung und Zielorientierung. Eine gute Luftqualität führte also auch bei Management-Aufgaben zu einer besseren Arbeitsleistung.

Kasten 1

CO₂ als wichtiger Leitparameter der Raumluftqualität

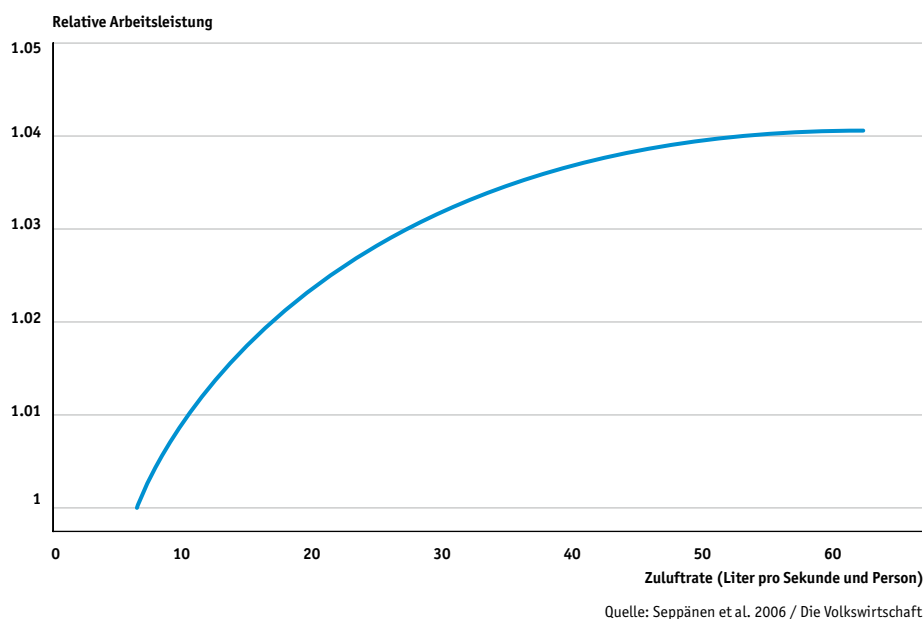
Das CO₂ im Raum stammt primär aus der Ausatemluft des Menschen. Der Anteil der Aussenluft beträgt ca. 430 ppm. Bei ungenügender Lüftung steigt der CO₂-Pegel im Raum rasch auf über 1000 ppm an. Steuerungen von Lüftungsanlagen verwenden daher häufig CO₂-Sensoren. Der Mensch emittiert neben CO₂ auch Ketone, Alkohole und Buttersäure; diese Gesamtbelastung ist letztlich für die Verschlechterung der Luftqualität verantwortlich. In jedem Raum muss eine adäquate Lüftungsmöglichkeit vorhanden sein, und zwar in Form einer natürlichen Fenster- und/oder einer mechanischen Lüftung.



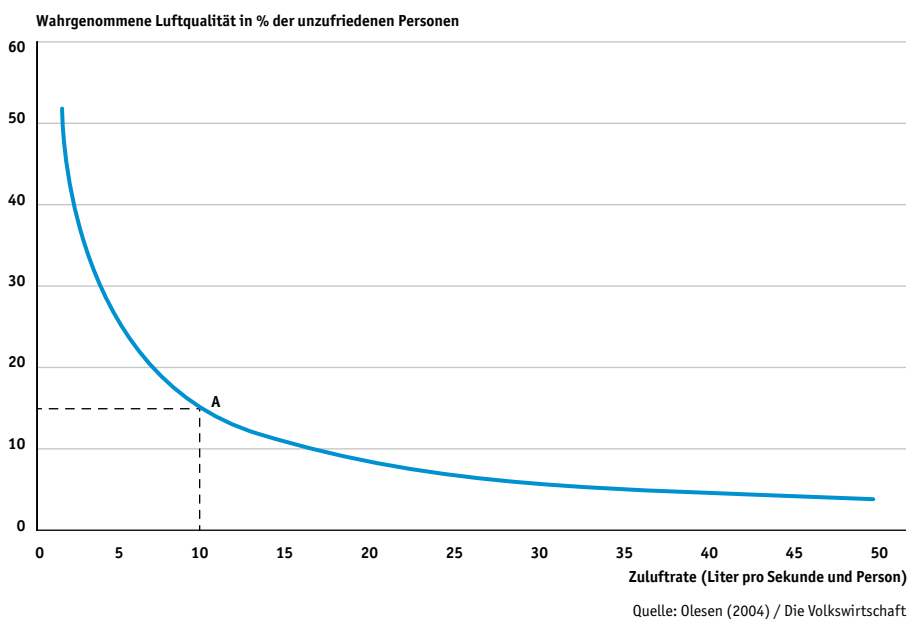
Dr. Christian Monn
Ressort Arbeit und
Gesundheit, Staats-
sekretariat für
Wirtschaft SECO, Bern

Grafik 1

Zusammenhang von Lüftung und Arbeitsleistung bei Büroarbeit



Grafik 2

Anteil Unzufriedener in Abhängigkeit der Lüftungsrate
(bewertet durch geschulte Personen)

Neben der direkten Beeinflussung der individuellen Arbeitsleistung führt eine schlechte Raumluftqualität auch zu weiteren Produktivitätseinbußen, indem gesundheitliche Symptome häufiger auftreten und Absenzen zunehmen. *Fisk et al. (2009)*⁸ fasste eine Vielzahl von Studien zusammen, die den Zusammenhang zwischen gesundheitlichen Symptomen (*Sick Building Syndrom, SBS*) und der Ventilationsrate aufzeigten. Bei einer Verminderung der Lüftungsrate von 10 l/sec und Person auf 5 l/sec und Person erhöhte sich die Symptomrate um 23%. Eine Erhöhung der Luftzufuhr auf 25 l/sec und Person dagegen verminderte die Symptomrate um 29%.

Die zitierten Feld- und die kontrollierten Studien zeigen den positiven Einfluss einer erhöhten Lüftungsrate und somit einer guten Raumluftqualität auf die Arbeitsleistung und Gesundheit auf. In einer Gesamtbetrachtung sind weitere Einflussgrößen – wie ergonomische und arbeitsorganisatorische Faktoren, das Raumklima (u.a. Temperatur) und die Raumakustik – zu beachten.

Sicherstellung einer guten Raumluftqualität in der Praxis

Dass ein zu hoher CO₂-Gehalt – und damit eine ungenügende Raumluftqualität – zu mehr gesundheitlichen Symptomen und zu einer Verschlechterung der Arbeitsleistung führt, wurde durch eine Vielzahl von Studien bestätigt. Je grösser die Zufuhr frischer Aussenluft ist, desto besser wird die Situation beurteilt. Allerdings ergeben sich bei zu hohen Aussenluft-Volumenströmen in der Realität finanzielle und technische Grenzen. In den Normen der Schweiz und anderer Länder⁹ liegen die Vorgaben für Aussenluft-Volumenströme in mechanisch belüfteten Büroräumen bei 10 l/sec und Person (respektive 36 m³/h und Person). Bei diesen Volumenströmen kann der CO₂-Gehalt in der Raumluft unterhalb von ca. 1000 ppm und damit in einem guten Bereich gehalten werden. Der Übersichtsartikel von *Olesen (2004)*¹⁰ zeigt den Zusammenhang auf zwischen Lüftungen und der Zufriedenheit der Nutzenden mit der Luftqualität (siehe *Grafik 2*). Eine Mehrheit der Nutzenden (>85%) ist bei einer Luftzufuhr von 10 l/min und Person zufrieden. Die Vorgaben für die Aussenluftströme bei mechanischer Lüftung und der Einbezug von CO₂ als Leitparameter beziehen sich primär auf die Erneuerung einer ausschliesslich durch den Menschen verunreinigten Luft (CO₂, Gerüche usw.). Emissionen aus Baumaterialien und Einrichtungen – z.B. flüchtige organische Verbindungen VOC – müssen möglichst gering gehalten werden, da diese

1 In Klimakammern mit kontrollierbarem Luftwechsel, CO₂, Temperatur, Strahlung, Luftfeuchtigkeit etc.

2 Vgl. Seppänen O. et al. (2006). Ventilation and Performance in Office Work, *Indoor Air*, 16, 28–36.

3 Vgl. Fanger O., P. (2006). What is IAQ?, *Indoor Air*, 16, 328–334.

4 Vgl. Wang, 2011, Satish et al. (2011).

5 Wang J. et al. (2011). A Pilot Study on the Effects of Ventilation Rate on Creativity Performance. *Indoor Air Indoor Air Conference*, Austin TX., Paper 161.

6 Satish U. et al., (2011). Impact of CO₂ on Human Decision Making and Productivity. 2011 *Indoor Air Indoor Air Conference*, Austin TX., Paper 161.

7 Gute Luftqualität (600 ppm CO₂), mittlere Luftqualität (1000 ppm) und ungenügende/schlechte Luftqualität (2500 ppm).

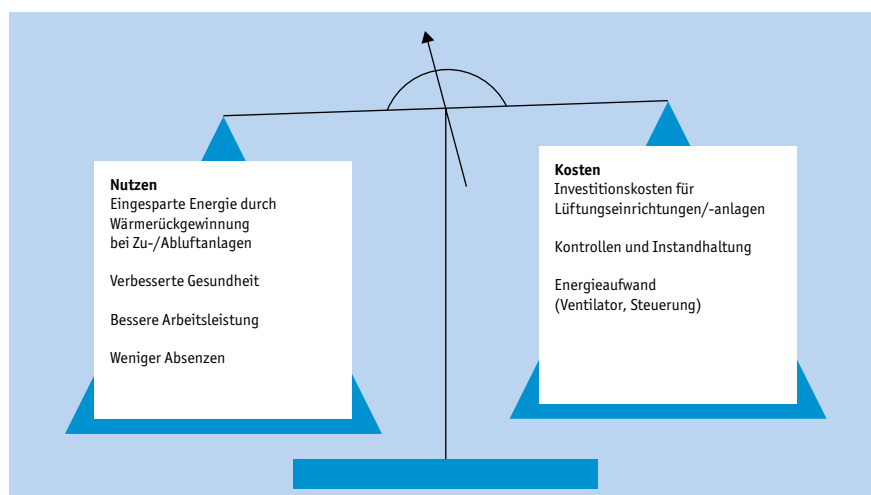
8 Vgl. Fisk WJ. et al., (2009). Quantitative Relationship of Sick Building Syndrome Symptoms with Ventilation Rates, *Indoor Air*, 19, 159–165.

9 SIA, 2007, ASHRAE, 2010, Wegleitung zur Verordnung 3 zum Arbeitsgesetz.

10 Vgl. Olesen BW. (2004). International Standards for the indoor environment. 14 (Suppl 7) 18–26.

Grafik 3

Faktoren für eine Kosten/Nutzen-Rechnung einer verbesserten Lüftung von Räumen



Quelle: Monn / Die Volkswirtschaft

Stoffe weitere gesundheitliche Folgen nach sich ziehen können. Weiter sollte die zugeführte Luft möglichst wenig belastet sein. In urbanen Regionen mit hoher Luftbelastung – z.B. Partikel (PM₁₀, PM_{2,5}, ultrafeine Partikel), NO₂, Ozon – erfordert dies die Einhaltung von technischen Vorgaben für die Filtration und allfällige Aufbereitung der Luft.

Im Gegensatz zu mechanisch belüfteten Räumen ist es in natürlich belüfteten Räumen schwieriger, gute Verhältnisse zu erzielen, da die Möglichkeit der Lüftung stark von den Aussenbedingungen (Schall, Temperatur etc.) abhängt. In der kalten Jahreszeit oder an Standorten mit starker Lärmbelastung kann daher häufig nur ungenügend gelüftet werden.

Was bringt die Zukunft?

In Zukunft sind wir darauf angewiesen, sparsamer mit Energie umzugehen (Strom, fossile Brennstoffe usw.). Der Energiebedarf eines Gebäudes sowie der Energiekonsum innerhalb des Gebäudes muss daher minimiert werden. Eine bessere Isolation der Gebäudehülle führt zu einem geringeren Energieverlust, die bessere Abdichtung von Bauteilanschlüssen, Fenstern und Türen vermindert aber auch den Luftaustausch, so dass sich Belastungen im Raum akkumulieren können. Moderne Gebäude sind daher in den meisten Fällen mit einer mechanischen Lüftung ausgestattet. Allerdings können dadurch Akzeptanzprobleme bei den Nutzenden entstehen, da wir in unseren Breitengraden an die traditionelle Fensterlüftung gewöhnt sind. Die Unmöglichkeit, gewisse Bedingungen selber steuern zu können (z.B.

Lüftung, Jalousien), erhöht die Unzufriedenheit bei den Nutzenden. Insofern ist bei gemischter Fenster- und mechanischer Lüftung oder bei individuell einstellbaren Raumlüftungen eine bessere Akzeptanz zu erwarten.

Dieser Artikel verzichtet darauf, exakte monetäre Kosten/Nutzenrechnungen durchzuführen. Ein Beispiel für eine solche Berechnung wird von *Fisk et al. (2011)*¹¹ aufgezeigt: Bei der Renovation des gesamten Büro-Gebäudeparks in den USA (Anpassung der Lüfraten auf 10 l/sec und Person, Raumtemperatur nicht über 23°C im Winter und weitere technische Massnahmen) entsteht ein geschätzter jährlicher Nutzen von ca. 17–26 Mrd. US-Dollar. Der Nutzen schliesst auch eine bessere Arbeitsleistung, weniger Symptome und weniger Absenzen ein.

Die verschiedenen Faktoren, die bei einer Verbesserung der Lüftungssituation – z.B. beim Einbau einer mechanischen Lüftung – entstehen, müssen in Einklang gebracht werden. *Grafik 3* listet einige dieser Faktoren auf. Neben den technischen Faktoren sollen auch die Faktoren Arbeitsleistung, Gesundheit und Absenzen einbezogen werden. Aktuelle Beispiele solcher Berechnungen stammen aus Japan. Im Rahmen der *Coolbiz-Strategie* werden Berechnungen unter Einbezug der Ökoeffizienz, der Kosten für Kühlsysteme und der Arbeitsleistung durchgeführt, um optimale Bedingungen und Systeme auswählen zu können.

Kasten 2

Projekt zur Qualität von nachhaltigen Gebäuden

In einem Projekt der ETH Zürich und der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) wird die Qualität von nachhaltigen Gebäuden untersucht (Prof. H. Wallbaum). Dabei werden neben energetischen Aspekten auch das Verhalten der Nutzenden sowie die Häufigkeit von gesundheitlichen Symptomen und die Leistungsfähigkeit in verschiedenen Gebäuden untersucht.

¹¹ Fisk WJ. et al. (2011). Benefit and Costs of Improved IEQ in U.S. Offices. *Indoor Air*, 21 357–367.