

Wirksamkeit von Bepflanzungen zur Steigerung der Raumluftqualität

M.A. B. Sc. Tatiana Zuchowska, Prof. Dr.-Ing. Susanne Schwickert

Im Laufe ihres Lebens atmen Menschen durchschnittlich 350.000 kg Luft ein, deutlich mehr als sie Nahrungsmittel und Wasser aufnehmen (TAPPLER, o.J.). Darüber hinaus verbringen wir den größten Teil unseres Lebens in Innenräumen. Deshalb ist eine schadstoffarme Atemluft in Innenräumen für die Gesundheit, Leistungsfähigkeit und das Wohlbefinden überaus wichtig.

Bereits im 19. Jahrhundert hat der Mediziner und Wissenschaftler Max von Pettenkofer (1818-1901) das vom Menschen und Lebewesen ständig abgegebene Kohlenstoffdioxid als Indikator für den Grad der Verunreinigung der Raumluft deklariert. Als Grenzwert wurde dabei ein CO₂-Gehalt der Luft von 0,1 Volumenprozent (= 1000 parts per million (ppm); 1 ppm = 1 Teil auf 1 Million Teile) festgelegt (WITTHAUER et al. 1993; 208). Trotz mancher irrtümlichen Interpretationen seiner Untersuchungen ging die sogenannte Pettenkofer-Zahl in Normen und Richtlinien ein und galt lange Zeit als Maßstab zur Bewertung der Innenraumluft.

Ausgehend von einer CO₂-Konzentration von ca. 400 ppm in der Außenluft wird heutzutage durch eine veränderte Nutzung und Einrichtung der Räume (z.B. keine offenen Kaminöfen, die gleichzeitig als Abluftanlage dienten) der Grenzwert von 1.000 ppm in aktuellen DIN-Normen und Richtlinien teilweise erheblich überschritten. Allgemein gelten

jedoch weiterhin höhere CO₂-Konzentrationen der Innenraumluft als 1.000 ppm als Indikator für unzureichende Lüftungsraten (vgl. ASR 3.6 2012; 4).

Als natürlicher Bestandteil der Luft ist Kohlenstoffdioxid als nicht giftig eingestuft worden (KEK 2011; 4). Nichtsdestotrotz kann eine erhöhte Konzentration von CO₂ in der Luft zu Befindlichkeitsstörungen wie z.B. Beeinträchtigung von Leistungsfähigkeit, Konzentration und Kopfschmerzen führen, denn es beeinflusst das gesamte Atemzentrum und die Sauerstoffaufnahme-fähigkeit der roten Blutkörperchen. Eine CO₂-Konzentration in der Luft von über 10% kann zu Bewusstlosigkeit oder sogar zum Tode führen. (EIGA 2011; 2)

Die CO₂-Konzentration in der Luft gilt deshalb als Indikator für die Qualität der Innenraumluft, da sie im Vergleich zu Innenraum-schadstoffen einfach zu erfassen ist. Es ist allgemein davon auszugehen, dass weitere Emissionen und Schadstoffe in der Raumluft proportional zum CO₂-Gehalt steigen.

Bis zum Anfang der 1970er Jahre war man sich der Gefahr von Innenraumschadstoffen nicht bewusst (WITTHAUER et al. 1993; 1). So sind viele ältere Gebäude, aufgrund Emissionen aus Baustoffen, Ausbaumaterialien sowie Möbeln und Einrichtungsgegenständen, noch heute stark belastet und können nur aufwändig saniert

werden. Weiterhin gelangen immer noch zahlreiche Wohngifte unbemerkt in Innenräume, vor allem durch Farben, Bodenbeläge oder Möbel. Um die Schadstoff-Belastung durch Baustoffe und Ausstattung zu minimieren, sollte bereits bei der Planung und Renovierung von Gebäuden darauf geachtet werden, schadstofffreie, umweltfreundliche Materialien zu verwenden sowie vorhandene, belastete Materialien fachkundig zu entfernen.

Richtwerte für die Konzentration von Schadstoffen in der Innenraumluft werden regelmäßig durch den Ausschuss für Innenraumrichtwerte festgelegt und überarbeitet. Das Missachten von erhöhten Schadstoffbelastungen kann nicht nur zu Schäden am Bau führen (z.B. durch Schimmelpilze), sondern meist auch zu schwerwiegenden, lebenslangen Gesundheitsschäden.

Raumlüftung

Neben der Vermeidung von Schadstoffquellen ist ein regelmäßiger Luftaustausch ein wesentlicher Punkt für gesunde Raumluft. Das Lüften ist sowohl in Wohn- als auch Nichtwohngebäuden aus physikalischen (Vermeidung von Bauschäden durch Kondensatausfall) und hygienischen (Schimmelpilzvermeidung und Herstellung von Behaglichkeit in Innenräumen) Gründen erforderlich. Zu den vordringlichsten Aufgaben der Raumlüftung gehören somit die Schadstoffabfuhr, die

Geruchsabfuhr, die Feuchteabfuhr und die Wärmeabfuhr. Grundsätzlich wird in der Praxis zwischen der freien (natürlichen) Lüftung und der mechanischen Lüftung (über RLT-Anlagen) unterschieden. Doch auch bei geschlossenen Fenstern findet ein gewisser Luftaustausch über Fenster- und Türfugen statt.

Untersuchungen von Zimmerpflanzen

Die allgemeinen luftreinigenden Eigenschaften von Zimmerpflanzen im Hinblick auf die Entfernung von Schadstoffen aus der Raumluft wurden bereits mehrfach belegt (NASA 1989, WOLVERTON 1993). Jede Pflanze besitzt zudem die Fähigkeit, Kohlenstoffdioxid zu fixieren und Sauerstoff zu produzieren, in welchem Maße dies bei Zimmerpflanzen erfolgt, ist jedoch weitestgehend unbekannt.

Im Rahmen einer Studie im Fachgebiet Bauphysik an der Technischen Hochschule Ostwestfalen-Lippe wurde die Wirksamkeit

von Zimmerpflanzen im Hinblick auf die Verbesserung des Innenraumklimas untersucht. Zunächst wurde die Fähigkeit der CO₂-Fixierung von zwölf verschiedenen Zimmerpflanzen untersucht. Anhand von weiteren Messuntersuchungen in einem Büroraum wurde geprüft, inwiefern Zimmerpflanzen das Raumklima verbessern können.

Jede Pflanze, unabhängig davon, ob sie in der freien Natur wächst oder als Zimmerpflanze gehalten wird, produziert Sauerstoff und bindet Kohlenstoffdioxid. In welchem Maße dies erfolgt, kann anhand von Untersuchungen des CO₂-Gehaltes in der Luft festgestellt werden.

Zur Untersuchung der Kohlenstoff-Fixierung von Zimmerpflanzen wurden folgende Arten ausgesucht: Anthurium – Hybriden - Flamingoblume, Chamaedorea elegans - Bergpalme, Chlorophytum comosum – Grünstilbe, Dieffenbachia seguine var. Seguine – Dieffenbachie, Dracaena marginata – Drachenbaum, Epi-

phremnum pinnatum - Efeutute, Ficus benjamina - Birken-Feige, Monstera deliciosa - Fensterblatt, Nephrolepis exalata - Aufrechter Schwertfarn, Phlebodium aureum - Goldtüpfelfarn, Sansevieria trifasciata - Bogenhanf, Spathiphyllum wallisii - Einblatt.

Die Auswahl wurde anhand folgender Kriterien getroffen: sehr gute Entfernung der Chemikalien aus der Raumluft, schnelles Wachstum (da davon ausgegangen wird, dass je schneller eine Pflanze wächst, desto mehr Biomasse produziert wird und damit die Photosyntheserate erhöht ist), geringer Pflegeaufwand und allgemeine Verbreitung als Zimmerpflanze.

Die Atmungsaktivität sowie das Photosynthesevermögen einer Pflanze sind keine konstanten Größen. Vielmehr sind sie von mehreren verschiedenen Faktoren abhängig, die zum Teil auch im Verhältnis miteinander stehen. Zu den wichtigsten Einflussfaktoren gehörten der Entwicklungszustand der Pflanze, der Öffnungszustand



Anthurium - Flamingoblume



Phlebodium aureum - Goldtüpfelfarn



Sansevieria trifasciata - Bogenhanf



Spathiphyllum wallisii - Einblatt



Chamaedorea elegans - Bergpalme



Chlorophytum comosum - Grünstilbe



Dieffenbachia seguine var. *Seguine* - Dieffenbachie



Dracaena marginata - Dracheneiche



Epiphyllum pinnatum - Efeutute



Ficus benjamina - Birken-Feige



Monstera deliciosa - Fensterblatt



Nephrolepis exalata - Aufrechter Schwertfarn

der Stomata, der Chlorophyllgehalt, die Licht-, Temperatur und Luftfeuchteverhältnissen sowie die Wasser- und Mineralsalzversorgung. Einige davon konnten bei den Untersuchungen nicht erfasst bzw. gesteuert werden. Auch der sog. Pflanzenstress, unentdeckte Krankheiten sowie Schädlings- oder Pilzbefall können zu einer Beeinträchtigung des Stoffwechsels führen.

Letztendlich hängt die Photosyntheseaktivität stark von individuellem Individuum ab, da sowohl beeinträchtigende als auch begünstigende Faktoren nicht auf jeder Pflanze die gleichen Auswirkungen haben. Daher können sich bei einer erneuten Messung

abweichende Ergebnisse ergeben.

Versuchsaufbau & Auswertung der Ergebnisse

Die Untersuchung der CO₂-Fixierung von Zimmerpflanzen fand in einem nahezu luftdichten Behälter mit einem Gesamtvolumen von ca. 0,25 m³ und den Abmessungen 1,0 m x 0,5 m x 0,5 m statt. Es wurde versucht, ideale Bedingungen für eine hohe Photosynthese-Intensität zu schaffen. Die einzelnen Zimmerpflanzen wurden direkt vor der Messung mit Nährstoffen versorgt (Flüssigdünger) und ausreichend gewässert. Die Lufttemperatur während der Untersuchung betrug im Durchschnitt 21°C, die

relative Luftfeuchte >75 %. Darüber hinaus wurde eine hohe CO₂-Konzentration (zwischen 3.000 bis 4.000 ppm) im Behälter hergestellt.

Für eine ausreichende Versorgung mit Licht wurden die Zimmerpflanzen während der Tag-Perioden mit einer LED-Lampe (Lichtfarbe: kalt-weiß 6.500 K) beleuchtet, welche nahezu das gesamte Spektrum des sichtbaren natürlichen Lichts umfasst. Um die CO₂-Fixier- und -Abgaberate der einzelnen Zimmerpflanzen erfassen zu können, wurde eine Tag- und Nacht-Phase in dem Behälter simuliert. Die einzelnen Messungen dauerten 24 Stunden, die einzelnen Phasen jeweils 12 Stunden.

Nr.	Pflanze	Pflanzengröße Höhe, Breite [cm]	CO ₂ -Fixier- rate Tag [ppm/h]	CO ₂ -Abgabe Nacht [ppm/h]	Abgabe von CO ₂ in der Nacht bezogen auf die CO ₂ - Fixier- rate am Tag [%]
1	<i>Anthurium</i>	45	- 52,729	+ 19,453	+ 37
2	<i>Chamaedorea elegans</i>	35	- 39,042	- 4,2553	- 11
3	<i>Chlorophytum comosum</i>	30	- 31,25	+ 1,5653	+ 5
4	<i>Dieffenbachia</i>	40	- 40,427	+ 40,455	+ 100
5	<i>Dracaena marginata</i>	30	- 8,657	+ 0,571	+ 7
6	<i>Epiphyllum pinnatum</i>	15	- 21,057	+ 0,980	+ 5
7	<i>Ficus benjamina</i>	20	- 30,498	+ 8,1807	+ 27
8	<i>Monstera deliciosa</i>	40	- 35,395	+ 37,053	+ 105
9	<i>Nephrolepis exalata</i>	20	- 30,785	+ 5,275	+ 17
10	<i>Phlebodium aureum</i>	20	- 30,181	+ 6,973	+ 23
11	<i>Sansevieria trifasciata</i>	30	+ 22,109	+ 1,944	+ 9
12	<i>Spathiphyllum wallisii</i>	20	- 29,341	- 0,042	- 0,1

Tabelle 1: Ergebnisse der Messungen von unterschiedlichen Zimmerpflanzen (- als Vorzeichen: CO₂-Assimilation, + als Vorzeichen: CO₂-Abgabe)

Während der Tag-Phase wurden die Pflanzen zusätzlich mit einer LED-Lampe beleuchtet, um möglichst gleiche Lichtverhältnisse zu schaffen. Nach 12 Stunden wurde die Lampe ausgeschaltet und der Behälter wurde für 12 weitere Stunden abgedunkelt. Die CO₂-Konzentration, Luftfeuchte und Temperatur wurden mit Hilfe von einem Daten-Logger erfasst.

Aufgrund von unterschiedlich

großen Exemplaren wurde die Abgabe von CO₂ in der Nacht bezogen auf die CO₂-Fixierrate am Tag (siehe Tabelle 1) in Prozent ausgerechnet, um einen größenunabhängigen Vergleich zu schaffen.

Beim Betrachten der CO₂-Fixierrate und der CO₂-Abgabe sind trotz aller Ungenauigkeiten und unbekannter Faktoren einige Parallelen zu finden. Pflanzen Nr. 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12 weisen

mit ungefähr 22 – 39 ppm/h eine relativ hohe CO₂-Fixierrate und mit max. 7 ppm/h eine vergleichsweise niedrige CO₂-Abgabe auf.

Insgesamt gehören die Bergpalme und das Einblatt mit Abstand zu den effektivsten Pflanzen im Hinblick auf die CO₂-Fixierung. Des Weiteren besitzen sie hervorragende luftreinigende Eigenschaften sowie eine hohe Toleranz gegenüber Pflegefehlern.

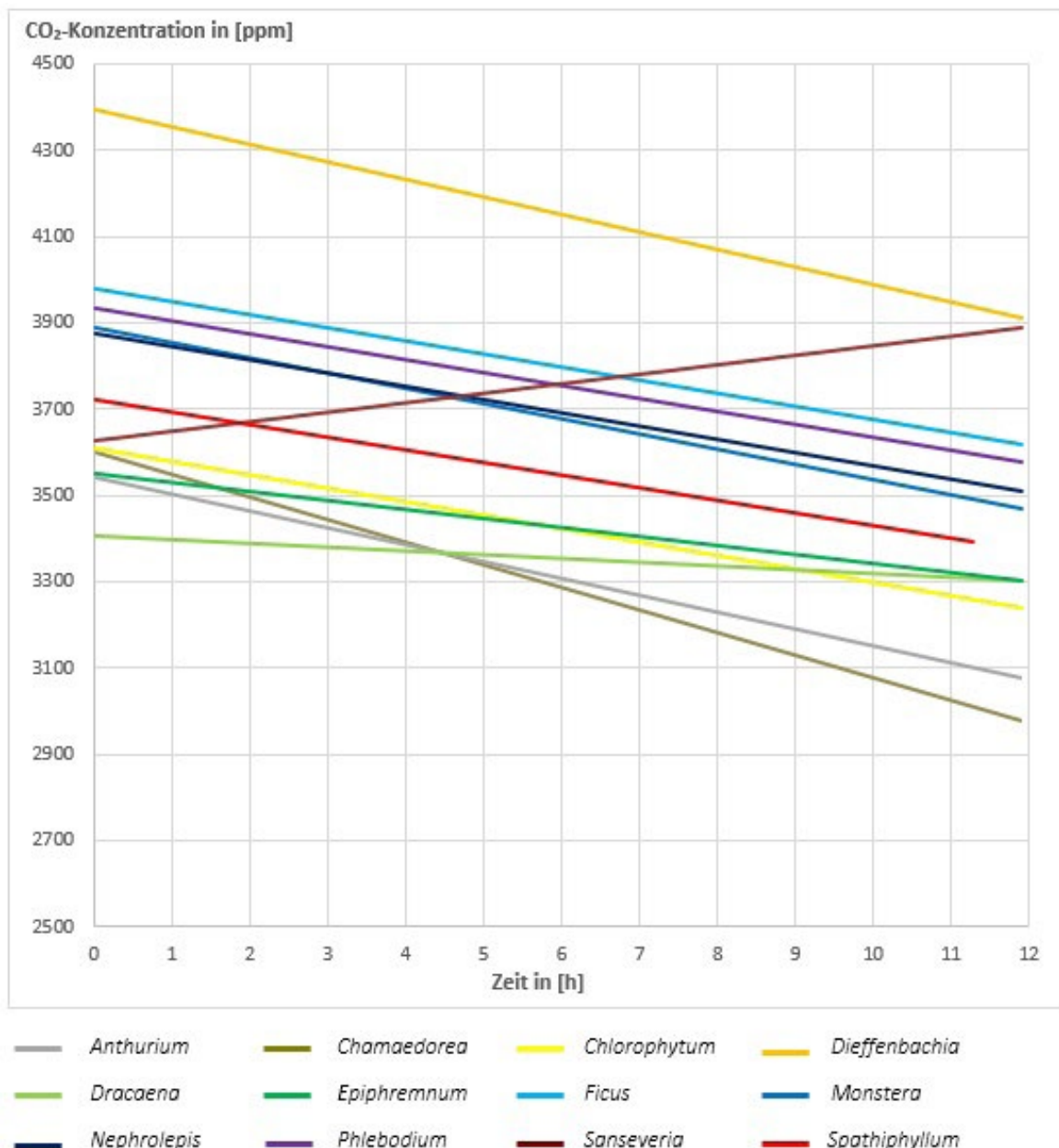


Tabelle 2: CO₂-Fixierrate einzelner Zimmerpflanzen während der Tag-Periode

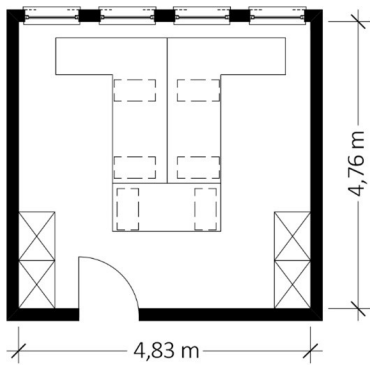


Abb. 1: Grundriss Büro

Messungen im Büroraum

Die Messungen wurden in einem Büroraum der Technischen Hochschule Ostwestfalen-Lippe vorgenommen, welche eine Größe von 23 m² und ein Volumen von 73,5 m³ aufweist. Um das Lüftungsverhalten erfassen zu können, wurden an zwei Fenstern Reedkontakte angebracht, die das Öffnen und Schließen der Fenster genau dokumentieren. Die CO₂-Konzentration sowie die Raum-

lufttemperatur wurden von zwei Daten-Loggern im Intervall von einer Minute erfasst.

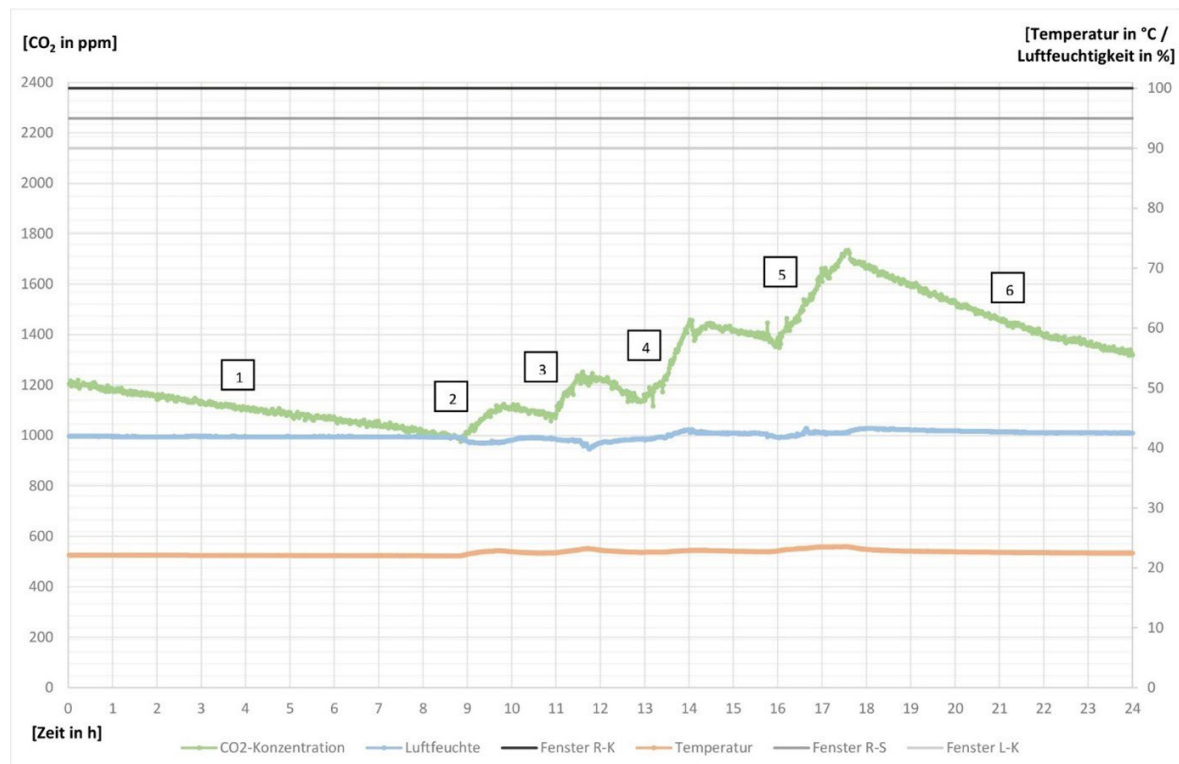
Es wurden zwei Messreihen mit einer Dauer von jeweils 7 Tagen durchgeführt. Bei der ersten Messreihe waren keine Zimmerpflanzen im Raum vorhanden, bei der zweiten Messreihen befanden sich dreizehn mittelgroße Zimmerpflanzen im Raum. Das Nutzerverhalten (z.B. Lüftungsverhalten) sollte während der Messperioden nicht verändert werden, um möglichst realitätsnahe Ergebnisse erhalten zu können.

Im Folgenden werden die grafisch aufbereiteten Datensätzen von zwei exemplarischen Messtagen abgebildet (Diagramm 1).

Während der Raum den gesamten Tag über nicht gelüftet wurde, stieg die CO₂-Konzentration

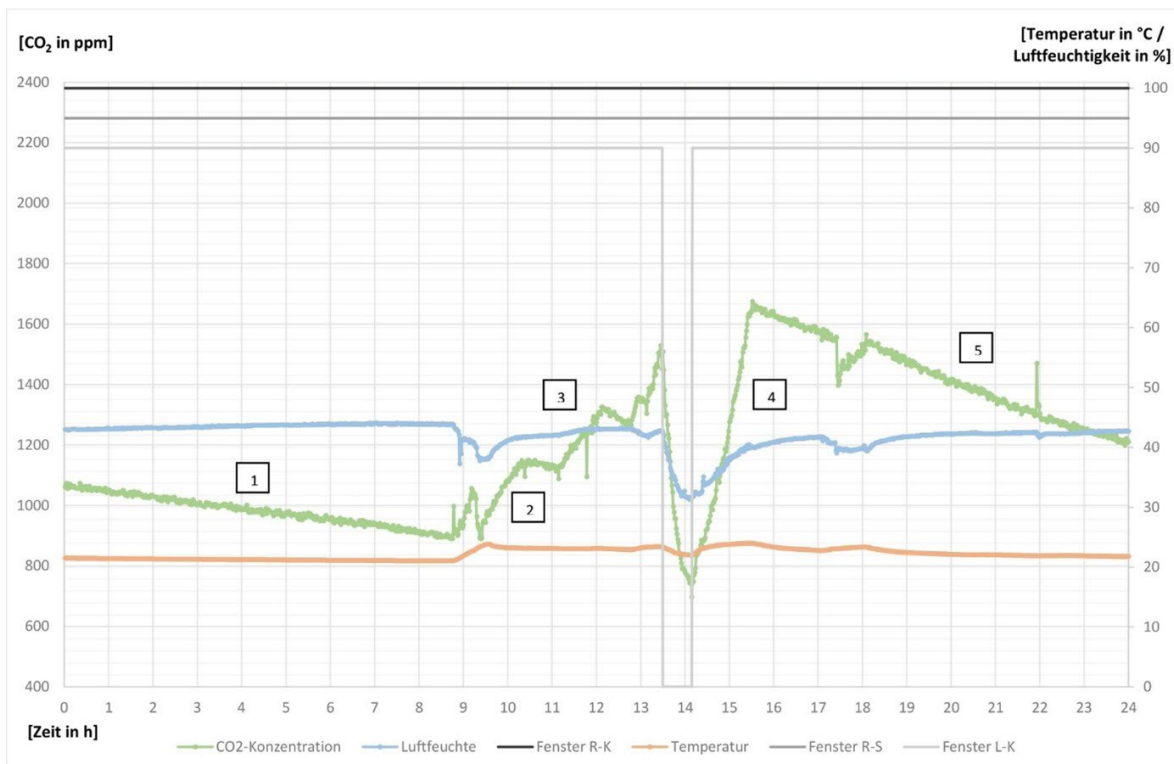
schrittweise um 2,59 [2], 3,89 [3], 5,13 [4] und 4,34 [5] ppm/min an bis auf einen Maximum-Wert von 1.735 ppm. Es ist anzunehmen, dass der Raum während des Anstiegs der CO₂-Konzentration belegt war. Zwischendurch nahm die CO₂-Konzentration geringfügig ab, mit etwa der gleichen Rate wie in der Nacht, woraus anzunehmen ist, dass der Raum in diesen Zeiträumen nicht besetzt war.

Aus der Messung Diagramm 2 ist aufgrund einer starken Verringerung der CO₂-Konzentration deutlich zu erkennen, dass der Raum gegen 13.30 Uhr gelüftet wurde. Während in der ersten Tageshälfte die CO₂-Konzentration um 2,89 [2] und 3,11 [3] ppm/min auf 1.550 ppm ansteigt, sinkt sie während des Lüftungsvorgangs (Kipp-Stellung) auf 700 ppm.



[1] - 0,4371 [2] + 2,5953 [3] + 3,8927 [4] + 5,1393 [5] + 4,34 [6] - 0,9615 [ppm CO₂/min]

Diagramm 1: Messreihe A – Messtag 7



[1] - 0,314 [2] + 2,8921 [3] + 3,1102 [4] + 11,351 [5] - 0,92795 [ppm CO₂/min]

Diagramm 2: Messreihe B – Messtag 1

Auswirkungen von Zimmerpflanzen auf das Innenraumklima

Die Auswirkungen von Zimmerpflanzen auf das Innenraumklima lassen sich nur in geringem Maße anhand der Messergebnisse erläutern.

Grund dafür sind zahlreiche unbekannte Faktoren (ähnlich wie bei den Untersuchungen von Zimmerpflanzen zur CO₂-Fixierung), die einen Einfluss auf die Messdaten hatten, jedoch mit der verwendeten Messausrüstung nicht erfasst werden konnten.

Die aussagekräftigsten Vergleiche resultieren an Messtagen mit relativ gleichen Bedingungen. Da das Lüftungs- und Nutzungsverhalten sich täglich änderte und nicht alle Faktoren erfasst werden konnten, war es in diesem Fall sinnvoll, zwei aneinander folgende Messtage, an denen das Büro nicht besetzt war, zu vergleichen. Anhand des folgenden Diagramms ist zu erkennen, dass die CO₂-Konzentration während der beiden Messtage mit Zimmerpflanzen schneller gesunken ist (Diagramm 3). Somit konnte eine positive Wirkung von Zimmerpflanzen in Bezug auf die CO₂-Fixierung nachgewiesen werden.

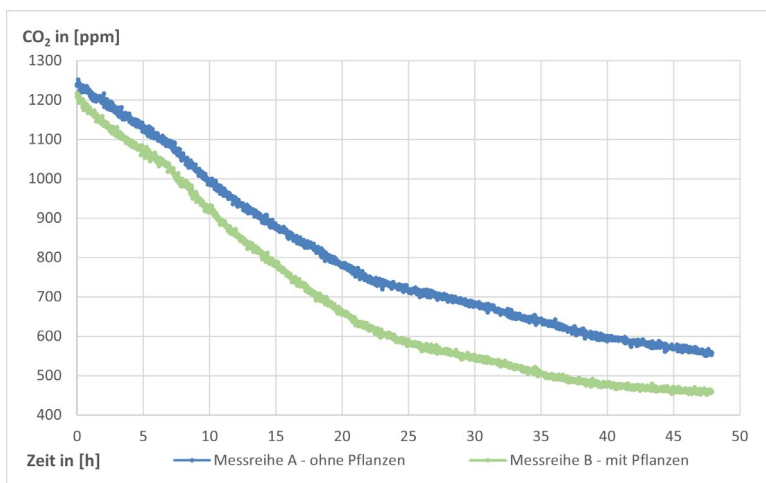


Diagramm 3: Vergleich beider Messreihen über einen Zeitraum von 48 Stunden

Zusammenfassend lassen sich folgende Aussagen in Bezug auf die CO₂-Konzentration treffen:

- Nach der Lüftung steigt die CO₂-Konzentration etwas schneller an, da im gesamten Raum ein Gasausgleich stattfindet (Inhomogenität)
- Zimmerpflanzen reduzieren die CO₂-Konzentration in der Raumluft, jedoch nur in einem geringen Maße
- Es ist keine erhöhte CO₂-Konzentration durch den Gasaustausch von Zimmerpflanzen in den Morgenstunden zu erwarten
- Zimmerpflanzen können als CO₂-Pufferspeicher betrachtet werden: am Tag nehmen sie CO₂ auf, in der Nacht geben sie einen Teil wieder ab
- Während der Messraum nicht belegt war, verringerte sich die CO₂-Konzentration konstant, da ein Gasaustausch durch Undichtigkeiten (z.B. in Tür- und Fensterfugen) stattgefunden hat

Zusammenfassung

Wie die durchgeführten Untersuchungen an Zimmerpflanzen gezeigt haben, können diese in geringem Maße CO₂ sowie Schadstoffe aus der Luft aufnehmen und somit zur Verbesserung der Raumluftqualität beitragen. Durch Messungen in einem Büroraum konnte ein positiver Einfluss von Zimmerpflanzen auf die CO₂-Konzentration nach-

gewiesen werden. Dieser reicht für sich jedoch nicht aus, um ein gesundes Innenraumklima herzustellen. Grund dafür ist ein übersteigender Eintrag von CO₂ durch den Raumnutzer. Der größte Einflussfaktor bleibt ein angepasstes Lüftungsverhalten. Das Lüften hat somit sowohl in mit Pflanzen ausgestatteten Räumen, als auch in solchen ohne Pflanzen oberste Priorität.

Gleichwohl belegen Studien renommierter Wissenschaftler die psychologische Wirkung von Zimmerpflanzen. Neben einem ästhetischen Mehrwert können Zimmerpflanzen sich positiv auf das Wohlbefinden und die Konzentrationsfähigkeit von Raumnutzern auswirken. Zudem wirken Zimmerpflanzen mit üppigem Blattwerk als natürliche Schalldämpfer und können als raumtrennende oder sichtschtzbietende Elemente eingesetzt werden.

Quellen

EIGA (2011): Physiologische Gefahren durch Kohlendioxid (CO₂). „Nicht nur erstickend“. Online verfügbar unter: <http://www.oeigv.at/PDFs/EIGA-IGV-SI24-11-D.pdf>, 17.11.2018.

KEK (2011): Sicherheitsdatenblatt, Kohlendioxid. Online verfügbar unter: https://apolog.shg-kliniken.de/fileadmin/user_upload_apolog/Sicherheitsdatenblaetter/Kohlendioxid.pdf, 09.11.2018.

NASA (1989): Clean Air Study. IN-

TERIOR LANDSCAPE PLANTS FOR INDOOR AIR POLLUTION ABATEMENT. Science and Technology Laboratory Stennis Space Center. USA - Mississippi.

TAPPLER, PETER (o.J.): Innenraumluft-Info - Innenluftqualität und Gesundheit. Online verfügbar unter: <http://raumluft.linux47.webhome.at/gesunde-raumluft/>, 21.12.2018.

WITTHAUER, JÜRGEN; HORN, HERWARTH; BISCHOF, WOLFGANG (1993): Raumluftqualität. Belastung, Bewertung, Beeinflussung. Karlsruhe: Müller

WOLVERTON, BILL & WOLVERTON, JOHN (1993): Plant and Soil Microorganisms: Removal of Formaldehyde, Xylene and Ammonia from the Indoor Environment. USA - Mississippi. Wolverton Environmental Services