



HSLU: Bachelor-Thesis hinterfragt Vorgaben in der EKAS-Richtlinie 1871 «Labor»

# RLT-Anlagen für Laboratorien im Kontext zur neuen EKAS-Richtlinie

In einer Bachelor-Thesis der Hochschule Luzern HSLU wurde untersucht, ob die Erhöhung der Luftwechselzahl gemäss der neuen EKAS-Richtlinie 1871 «Labor» tatsächlich zu einer höheren Sicherheit führt und welche Auswirkungen dies auf den Energiebedarf hat.

Text und Bilder **Sandro Flurin Raidt**,  
**Andreas Meier**\*

Im Juli 2022 wurde die neue EKAS-Richtlinie «1871 Richtlinie Labor» veröffentlicht. Neu werden minimale Raumluftwechselzahlen gefordert, welche wesentlich höher sind als die bisher verwendeten Planungswerte.

Die Bachelor-Thesis soll neue Erkenntnisse liefern, wie sich die Raumlüftung auf die Personen- und Arbeitssicherheit in typischen Biologie-Laboren auswirkt. Der Fokus liegt auf der Überprüfung und Bewertung der geforderten Luftwechselzahlen der EKAS-Richtlinie «1871 Richtlinie Labor». Es wurde insbesondere untersucht, ob die Sicherheit in Biologie-Laboren auch bei niedrigeren Luftwechselzahlen gewährleistet werden kann. Anhand von realitätsnahen Szenarien wurde die Fragestellung in einem Biologie-Labor an der ETH Zürich auf dem Campus Höggerberg experimentell untersucht.

Die Konditionierung der Luft in Laboren ist schon heute sehr energieintensiv. Die neu geforderten Luftwechselzahlen erhöhen diesen Verbrauch weiter, was auch zu höheren Treibhausgas-Emissionen führt. Zudem steigen der Platzbedarf und die Anlagekosten der Lüftungsanlagen. Angesichts dieser Aspekte stellt sich die Frage, ob eine Erhöhung der Luftwechselzahlen einen sicherheitstechnischen Mehrwert bringt.

## Vorgehen und Methodik

Im Austausch mit der Laborbetreiberin und dem Industriepartner Kalt + Halbeisen Ingenieurbüro AG wurden vier Szenarien für die Freisetzung von Schadstoffemissionen in einem Biologie-Labor definiert. Dabei wurde mit Luftwechseln gemäss der neuen EKAS-Richtlinie, den Standardwerten des beteiligten Industriepartners und

Betriebsart	EKAS	KHI	ETH	Einheit
Stand-by-Betrieb (Nacht)	-	1	-	[LW]
Betrieb mit Belegung min.	3	2	3	[LW]
Betrieb mit Belegung und Geräteschaft	-	4.5	8	[LW]

**Tabelle: Untersuchte Luftwechselzahlen (LW) bei verschiedenen Betriebsarten des Labors. EKAS: «1871 Richtlinie Labor»; KHI: Vom Industriepartner verwendete Werte; ETH: Richtlinie der ETH Zürich.**

Abb. 1: Biologie-Labor mit exemplarischem Versuchsaufbau.

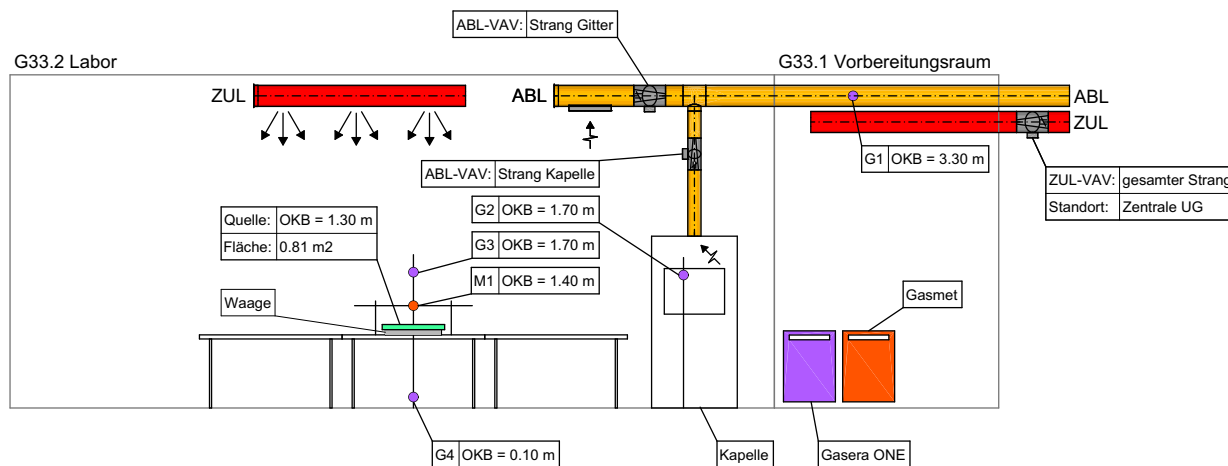


Abb. 2: Schnitt durch das Labor mit schematischem Versuchsaufbau.

den internen Richtlinien der ETH Zürich gearbeitet (siehe Tabelle). Mit den beiden typischen Arbeitsstoffen Ethanol und Aceton wurde experimentell erforscht, ob sich gesundheitsgefährdende Stoffkonzentrationen im Raum bilden.

Um die Luftwechselzahlen im Raum zu ermitteln, wurde die Methode der konstanten Aufdosierung mit dem Tracergas HFO-1234yf und anschließender Auswertung der Abklümmethode angewendet.

Für die Messungen im Labor wurden die Gasanalysegeräte Gasera ONE und Gasmeter DX4015 eingesetzt. Zur Erfassung der Stoffkonzentration wurden insgesamt fünf Messpunkte (M1/G1/G2/G3/G4) festgelegt, die im Schema des Versuchsaufbaus (Abb. 2) eingetragen sind.

Für die vier Szenarien wurde ein Messsetting verwendet, bei dem lediglich die Art und Position der Quelle variiert. Im Szenario «offene Flasche» befand sich der zu untersuchende Arbeitsstoff in einer Glasflasche mit einer offenen Fläche von 0,00071 m<sup>2</sup> (Flaschenöffnung) in der Mitte des Labors. Für die Szenarien «Ausschüttung Tisch», «Ausschüttung Boden» und «Raumvolumen Betrachtung» wurde die Quelle in zwei Blechwannen mit einer Gesamtfläche von 0,81 m<sup>2</sup> einerseits auf dem Tisch und andererseits auf dem Boden positioniert (siehe Abb. 3). Dabei wurden ein Liter Aceton oder Ethanol in den

Wannen ausgeschüttet und über einen Zeitraum von einer Stunde durch Verdunstung freigesetzt.

**Messresultate**

Die Messresultate zeigen, dass für die untersuchten Szenarien die neu geforderte minimale Raumluftwechselzahl von drei zu hoch ist. Ein einfacher Raumluftwechsel ist ausreichend, da sich schon hier keine gesundheitsgefährdenden Stoffkonzentrationen bilden. Um die Resultate zu validieren und die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, wurden die Messungen mehrfach wiederholt.

Der MAK-Wert wurde bei allen Szenarien mit einer Versuchsdauer von einer Stunde nicht überschritten. Daher wurde ein zusätzlicher Langzeitversuch mit einer Messdauer von vier Stunden durchgeführt, der in Abb. 4 illustriert ist. Dabei wurde der



Abb. 3: Szenarien für die Versuche.

**BA03 – Havarie «Ausschüttung Boden», Aceton, 1-facher LW, Langzeitversuch**

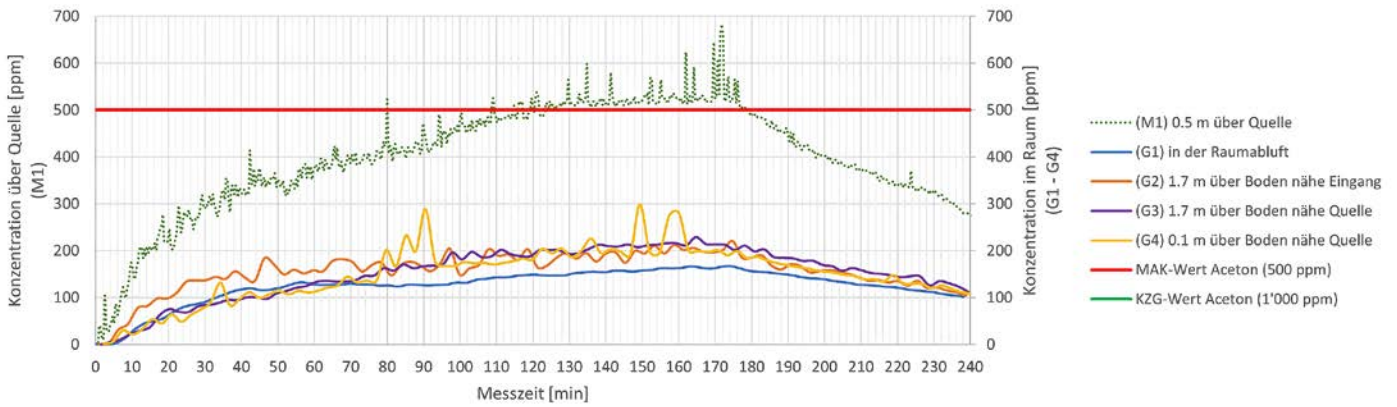


Abb. 4: Versuch BA03, 1-facher Luftwechsel, Ausschüttung von Aceton, Langzeitversuch.

MAK-Wert kurzzeitig für etwa 50 Minuten überschritten. Dabei ist zu beachten, dass der MAK-Wert als höchstzulässige Durchschnittskonzentration über eine Arbeitszeit von acht Stunden definiert ist. Im vierstündigen Versuch mit Aceton und einem 1-fachen Luftwechsel lag die gemessene Durchschnittskonzentration von rund 400 ppm unter dem MAK-Wert von 500 ppm.

Diese Untersuchung zeigt, dass selbst bei einer längeren Freisetzung der gewählten Arbeitsstoffe aufgrund von Fehlmanipulationen keine gesundheitsgefährdenden Stoffkonzentrationen im Raum entstehen.

Die durchgeführten Messungen mit den Arbeitsstoffen Ethanol und Aceton zeigen, dass bei der Verwendung von Chemikalien mit einer Verdunstungszahl grösser als 2.1 (entspricht Aceton) gemäss den getesteten Szenarien keine Gefahr für die Nutzer besteht.

**Energieberechnung**

Für die Energiebetrachtung wurden drei verschiedene Betriebsprofile mit unterschiedlichen Luftwechselzahlen und Raumhöhen erstellt. Dabei wird für das Referenzobjekt ETH Zürich der erforderliche Energiebedarf durch die höheren Raumluftwechselzahlen mit dem IST-Zustand und dem Planungswert verglichen. Die Auswertung der Resultate zeigt auf, dass der Fall «EKAS-/ETH-Richtlinie» im Vergleich zu dem «IST-Zustand/ETH Labor» mehr als doppelt so viel Energie für die Lüftungsaufbereitung benötigt. Auf-

grund der neu geforderten Raumluftwechselzahlen ist insgesamt 140 % mehr thermische und elektrische Energie erforderlich. Dies führt im gleichen Mass zu einem Anstieg der Treibhausgasemissionen und Energiekosten. Als anschaulicher Vergleich weist der Fall «EKAS-/ETH-Richtlinie» für das ganze Laborgebäude ETH HPL einen jährlichen Mehrverbrauch von 2100 MWh aus, was einem Jahresenergiebedarf von etwa 510 modernen Einfamilienhäusern entspricht.

**Schlussfolgerung**

Die Messresultate zeigen, dass bei den Rahmenbedingungen der Untersuchungen ein einfacher stündlicher Raumluftwechsel die Sicherheit bei der Nutzerschaft gewährleistet. Es werden keine kritischen Grenzwerte überschritten und es bilden sich keine gesundheitsgefährdenden Stoffkonzentrationen im Raum. Die Untersuchungen legen nahe, dass Labore mit niedrigeren Luftwechselraten als die in der EKAS-Richtlinie vorgegebenen minimalen Werte betrieben werden können. Die exemplarische Analyse des Energiebedarfs hat gezeigt, dass eine reduzierte Luftwechselrate zu erheblichen Einsparungen bei den Treibhausgasemissionen und den Betriebskosten führt.

Aus diesen Gründen wird empfohlen, die Luftwechselraten für Labore sorgfältig zu evaluieren und kritisch mit Vorgabedokumenten umzugehen. Wie die Ergebnisse der Bachelorarbeit zeigen, führt eine Erhöhung der Luftraten längst nicht immer zu einem Mehrnutzen bei der Sicherheit,

dafür aber immer zu einem höheren Energieverbrauch. Aus Sicht des Umweltschutzes, eines ökonomisch sinnvollen Energieeinsatzes, aber auch wegen der Erstellungs- und Betriebskosten der Labore ist die Festlegung von angemessenen Luftraten eine wichtige Aufgabe für die Bestellerseite und die Planenden. ■

Autoren

\* Sandro Flurin Raidt, Andreas Meier, HSLU-Studiengang Gebäudetechnik und Energie 2023  
Dozierende HSLU: Prof. Heinrich Huber, Frank Gubser  
Industriepartner: Andreas Häfeli, Kalt + Halbeisen Ingenieurbüro AG



Abb. 5: EKAS-Richtlinie Nr. 1871 «Labor». Herausgeber: EKAS, Eidgenössische Koordinationskommission für Arbeitssicherheit, 7. Juli 2022.