

# LIWOTEV: ZUSAMMENFASSUNG

---

—  
— LUFTQUALITÄT IN WOHNBAUTEN  
— MIT TIEFEM ENERGIEVERBRAUCH  
—



# 1. ZUSAMMENFASSUNG

## VORBEMERKUNG

Bei dem Abschlussbericht handelt es sich um einen angewandten Forschungsbericht. Er stellt eine Momentaufnahme eines Teilaspektes bei der Qualitätssicherung von Gebäuden dar. Die Interpretation, speziell der Schadstoffmessungen, erfordern fachliches Verständnis. Die in dem Abschlussbericht gemachten Empfehlungen sind keine allgemein verwendbaren Planungshilfen für Unternehmer und Planer. Sie sollen den Unternehmern aber als Orientierung dienen und das Verbesserungspotential in ihren Bauten aufzeigen. Es wird zudem empfohlen, dass Merkblatt „Hinweise zur Interpretation der Studie LIWOTEV“ zu konsultieren.

## MESSUMFANG

In achtzehn Bauten in Leichtbauweise wurden Ende Rohbau, Ende Ausbau und in zehn Objekten (inkl. CO<sub>2</sub>-Messungen) im Zeitraum von 39-89 Tage nach Einzug der Bewohner Raumlufmessungen auf chemische Schadstoffe durchgeführt. Während der Nutzung wurden zusätzlich kontinuierliche, einwöchige Klimamessungen (CO<sub>2</sub>, Feuchte, Temperatur) durchgeführt. In verschiedenen Objekten wurde mit Lüftungssimulationen aufgezeigt, wie sich unterschiedliche Lüftungskonzepte auf die Ablüftung der Schadstoffe und die Luftwechselraten resp. auf die allgemeine Raumlufqualität auswirken.

## RESULTATE ALDEHYDE

Die Mehrzahl der gemessenen Objekte wiesen nach Bauende Formaldehydwerte auf, die unter dem Richtwert des Bundesamtes für Gesundheit (BAG) lagen. Nur in einem Fall lag die Konzentration über dem Richtwert des Bundesamtes für Gesundheit (125 µg/m<sup>3</sup>) und in zwei Objekten über dem Richtwert der WHO (100 µg/m<sup>3</sup>). Die höchste Konzentration nach Ende Ausbau von 235 µg/m<sup>3</sup> in einem Objekt senkte sich in der Nutzungsphase auf 85 µg/m<sup>3</sup> (S. 87). Nimmt man einen Zielwert von 60 µg/m<sup>3</sup> für Neubauten als Vergleich (Zielwert des Labels G1 GUTES INNENRAUMKLIMA<sup>®1</sup> und der Stadt Zürich), so liegen 25% der gemessenen Objekte nach Bauende über diesem Wert (S. 87). In einem Objekt lag die Summe der C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>-Aldehyde mit über 1000 µg/m<sup>3</sup> in einem toxikologisch kritischen Bereich, in der Mehrzahl der Objekte wurden raumlufthygienisch auffällige Aldehydfrachten gefunden (S. 81).

Die eingebauten Lüftungssysteme waren im Normalbetrieb nicht in der Lage, die Aldehyd- resp. Formaldehydfrachten kurzfristig abzulüften (S. 82). Während den ersten 39-89 Tagen nach Bauende (Nutzungsphase) stiegen die Formaldehydwerte von 47 µg/m<sup>3</sup> auf 59 µg/m<sup>3</sup> (Median), wobei in Objekten mit Komfortlüftungssystem (KLS) gegenüber Objekten ohne Lüftungsanlagen tendenziell ein steilerer Anstieg zu beobachten war (S. 84). Die Ergebnisse zeigen, dass tendenziell die Formaldehydkonzentration in Objekten mit KLS und Lüftungsraten ≤ 0.3 h<sup>-1</sup> zunehmen und bei Luftwechselraten ≥ 0.3 h<sup>-1</sup> abnehmen.

---

<sup>1</sup> [www.innenraumklima.ch](http://www.innenraumklima.ch)

## RESULTATE LÖSEMITTEL

Die Lösemittelkonzentrationen lagen nach Bauende unmittelbar vor Einzug in der Mehrheit der gemessenen Objekte in einem hohen bis sehr hohen Bereich ( $> 3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , maximal  $18'526 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (S. 58/59). Bei diesen Konzentrationen sind gesundheitliche Beschwerden wie Schleimhautreizungen, Kopfschmerzen, Müdigkeit und Unwohlsein nicht mehr auszuschliessen.

Hauptbestandteil waren aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe. Der gesundheitlich begründete Richtwert II für aliphatische Kohlenwasserstoffe ( $\text{C}_9\text{-C}_{14}$ ) wird von mehr als der Hälfte der Objekte nach Ende Ausbau überschritten. Die raumlufthygienische Forderung, dass ein Monat nach Bauende die Gesamtkonzentration von flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC) unter  $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  liegen soll, ist in sechs von acht gemessenen Objekten erfüllt. Während der Nutzungsphase wurde eine 45%-ige TVOC-Reduktion, bezogen auf die Mittelwerte von 6 Objekten mit durchschnittlich 44 Tagen Ablüfzeit, festgestellt. Komfortlüftungssysteme (KLS) waren im Normalbetrieb nicht in der Lage die Lösemittelfrachten abzulüften (S. 59). Während den ersten 39-89 Tagen nach Bauende (Nutzungsphase) senken sich die Werte auf  $2'087 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median). Von den acht mit Abschlussmessungen geprüften Objekten würde keines die Kriterien des Labels GI GUTES INNENRAUMKLIMA<sup>®</sup> erfüllen (S. 115 f).

## SCHADSTOFFQUELLEN

Anhand von Materialabklärungen (S. 103 f) konnten eine Reihe von Schadstoffquellen eruiert werden. Es sind dies lösemittelhaltige Parkettöle, eine Alkydharzfarbe, Kleber, Silikonharzfarben sowie Holzwerkstoffe (OSB-Platten). Es wurden konkrete Materialempfehlungen gemacht. Die anhand von Deklarationen zusätzlich geprüften, eingesetzten Baumaterialien und Produkte waren mehrheitlich in Ordnung. Auffallend war die schlechte Datenlage bei den Holzwerkstoffen: Hier ist nur die Angabe der Formaldehyd-Emissionsklasse (E1) vorhanden. Die konkreten Emissionswerte der Produkte hingegen fehlen, so dass Produkte von höherer Qualität nicht erkennbar sind.

Betrachtet man den Schadstoffeintrag über die verschiedenen Bauphasen, so zeigt der Rohbau holzhauspezifische Belastungen, die für den Eintrag holztypischer Verbindungen wie Aldehyde und Terpene verantwortlich sind. In einigen Objekten wurden nach Abschluss des Rohbaus Belastungen gemessen, die auch in Hinblick auf die Gesamtbelastung nach dem Innenausbau relevant sein können: Bei den Aldehyden werden geruchlich empfohlene Orientierungswerte teilweise deutlich überschritten; für Acetaldehyd wurde in zwei Objekten ein toxikologisch abgeleiteter Richtwert überschritten. Die Quellen sind mit grosser Wahrscheinlichkeit die Holzwerkstoffe.

Der Innenausbau bringt die Hauptlasten an aliphatischen Lösemitteln und durch die Verwendung von trocknenden Ölen eine Reihe von geruchsintensiven und irritierenden Aldehyden. Auch nach Bauende werden in einzelnen Objekten dadurch Konzentrationen an diesen Aldehyden erreicht, die gesundheitlich relevant sind. In der Nutzungsphase nehmen durch die Lüftung mit der Zeit die Konzentrationen an Lösemitteln ab, hingegen nimmt die Konzentration an den Aldehyden teilweise zu oder verharrt auf einem hohen Niveau, so dass raumlufthygienisch empfohlene Orientierungswerte für Aldehyde zur Vermeidung von Geruchsbelästigungen bzw. subjektiven Reizungen in der Mehrheit der Objekte zum Teil deutlich überschritten werden.

## KOHLENDIOXIDMESSUNGEN

Die Überwachung der CO<sub>2</sub>-Konzentration (S. 97 f) während der Nutzungsphase zeigt, dass bei der überwiegenden Anzahl der untersuchten Objekten mit KLS (1 Ausnahme) die Luftqualität bezüglich CO<sub>2</sub> gut war. Im Gegensatz war bei Objekten mit manueller Fensterlüftung die CO<sub>2</sub>-Konzentration generell zu hoch, was auf mangelnde Lüftungshäufigkeit und -intensität schliessen lässt.

## INSPEKTION DER LÜFTUNGSANLAGEN

Sowohl die Messungen der Luftwechsel als auch die Messungen der Zuluft- und Abluftraten zeigten, dass die KLS oftmals nur mangelhaft justiert und die meisten Objekte nur mit ungenügenden Grobfiltern (G4) anstelle von Feinfiltern (F7) ausgerüstet waren. Die Grobfilter waren bereits nach Bauabschluss verschmutzt. In sechs Fällen wurden mit automatischen maschinellen Fensterlüftungssystemen mehrere Lüftungen simuliert (nicht während der tatsächlichen Nutzung). Die hierbei gemessenen Raumlftwechsel werden als ausreichend für die Erlangung einer sehr guten Raumlftqualität bezüglich Kohlendioxid angesehen.

## EMPFEHLUNGEN

Wir empfehlen die Umsetzung bereits bestehender Qualitätssicherungsinstrumente wie z.B. die PLANUNGSLEISTUNG INNENRAUMKLIMA<sup>®</sup> oder MINERGIE-ECO<sup>®</sup> in der Praxis, um die geforderten Ziele zu erreichen. Weiter empfehlen wir Schulungen der am Bauprozess involvierten Parteien. Dabei soll gewerksweise aufgezeigt werden, wie die raumlftthygienischen Vorgaben umgesetzt werden können. Weiter wird vorgeschlagen, dass die Holzwerkstoffindustrie die für Planer und Berater wichtigen Informationen zu Emissionen von Holz- und Holzwerkstoffen in einer öffentlich zugänglichen Datenbank zur Verfügung stellt. Zudem wird empfohlen, die Qualitätssicherung bezüglich Schadstoffbelastung und den installierten HLK-Systemen neu zu organisieren.

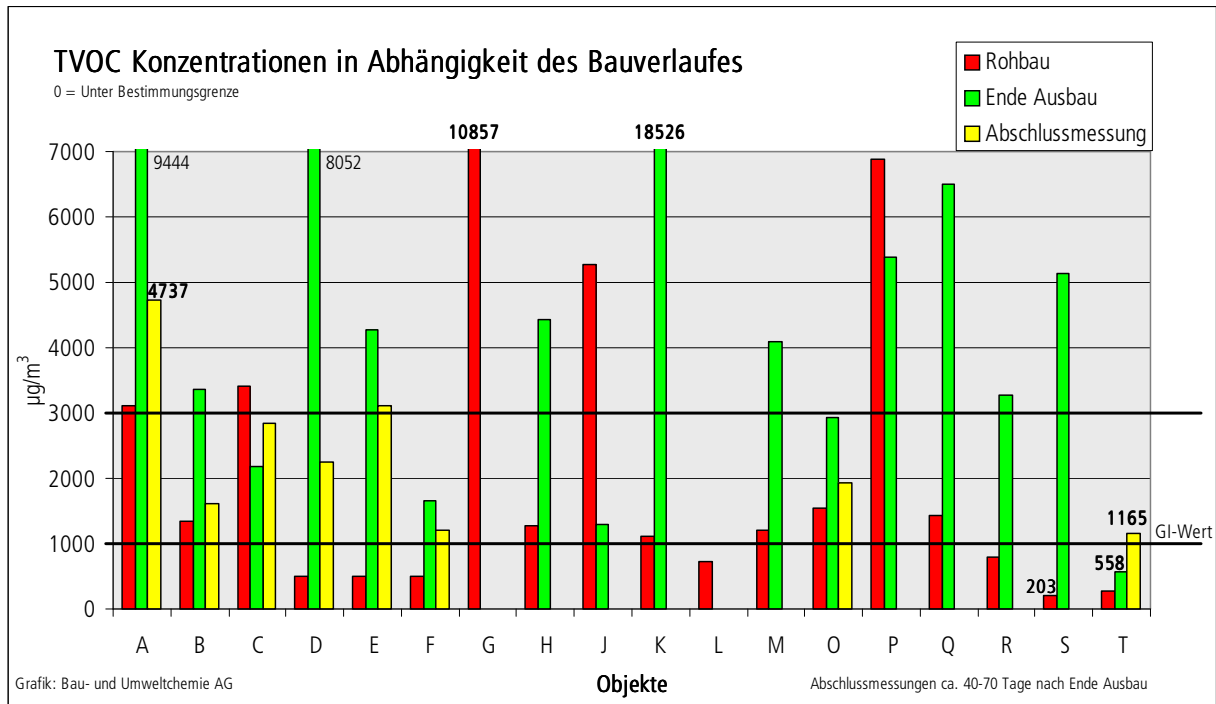
Da es in der Schweiz für die meisten in dieser Arbeit untersuchten Innenraumschadstoffe keine rechtlich verbindlichen Werte gibt, empfehlen wir die Vereinbarung von konkreten Zielwerten, die nach Abschluss der Bauarbeiten zu erreichen sind und eine entsprechende Kontrolle mit Abschlussmessungen. Im Hinblick auf die Raumlftbelastung durch Baustoffe sollten mindestens Zielwerte für die Gesamtbelastung durch VOC (d.h. TVOC-Wert) und für Formaldehyd vereinbart und überprüft werden. Bei den VOC können trotz tiefem TVOC-Wert bestimmte problematische Einzelstoffe in Konzentrationen auftreten, die raumlftthygienisch unerwünscht oder gar toxikologisch kritisch sind. Zudem sollte eine Zielvereinbarung für die Raumlftqualität auch weitere gesundheitlich bedeutsame Belastungen berücksichtigen. Aus diesen Gründen empfehlen wir detailliertere Vorgaben mit Zielwerten zu allen relevanten Einzelstoffen, wie sie zum Beispiel das Label GI GUTES INNENRAUMKLIMA<sup>®</sup> vorgibt. Anhand von detailliert geprüften Vorzeigeprojekten soll der Beweis erbracht werden, dass gesundes und schadstoffarmes Bauen im Holzbau angeboten werden kann.

Wir empfehlen, die in diesem Bericht erarbeiteten Grundlagen in einer vereinfachten Kurzfassung für Planer und Unternehmer zugänglich zu machen.

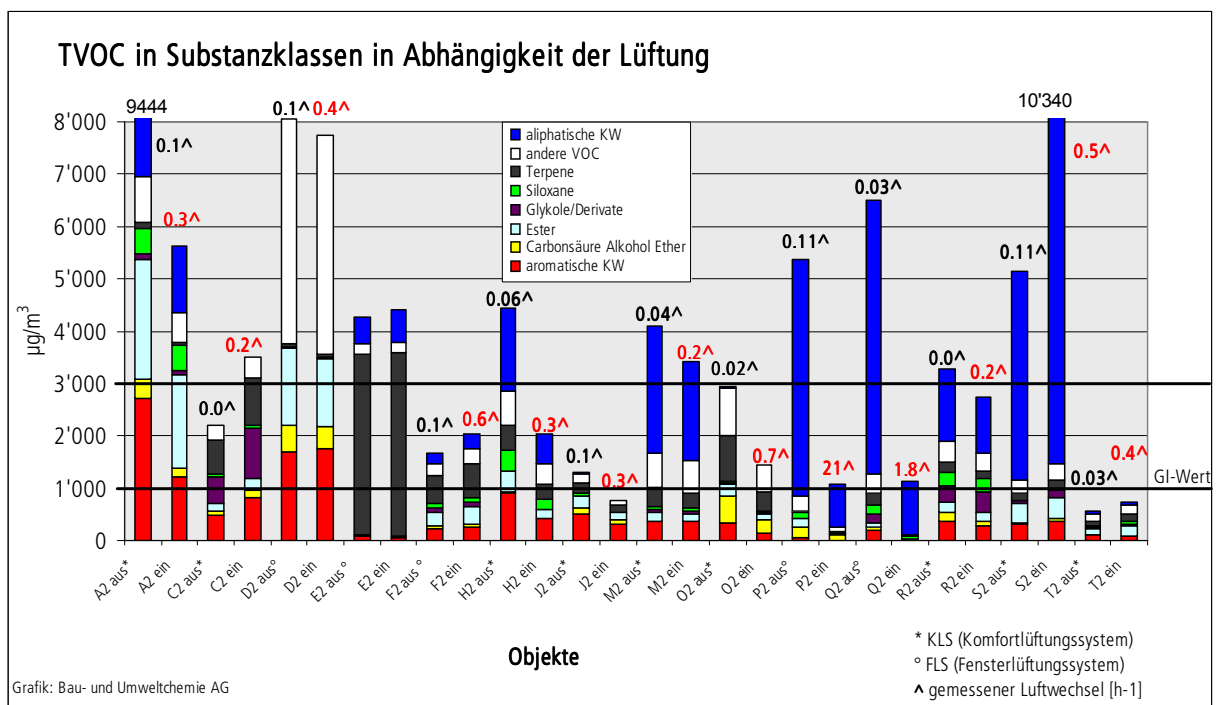
Bezüglich der Herkunft der Quellen der Aldehyde im Rohbau und der Beurteilung der dadurch entstehenden Belastungen der Innenraumlft besteht weiterer Forschungsbedarf.

AUSGEWÄHLTE GRAFIKEN

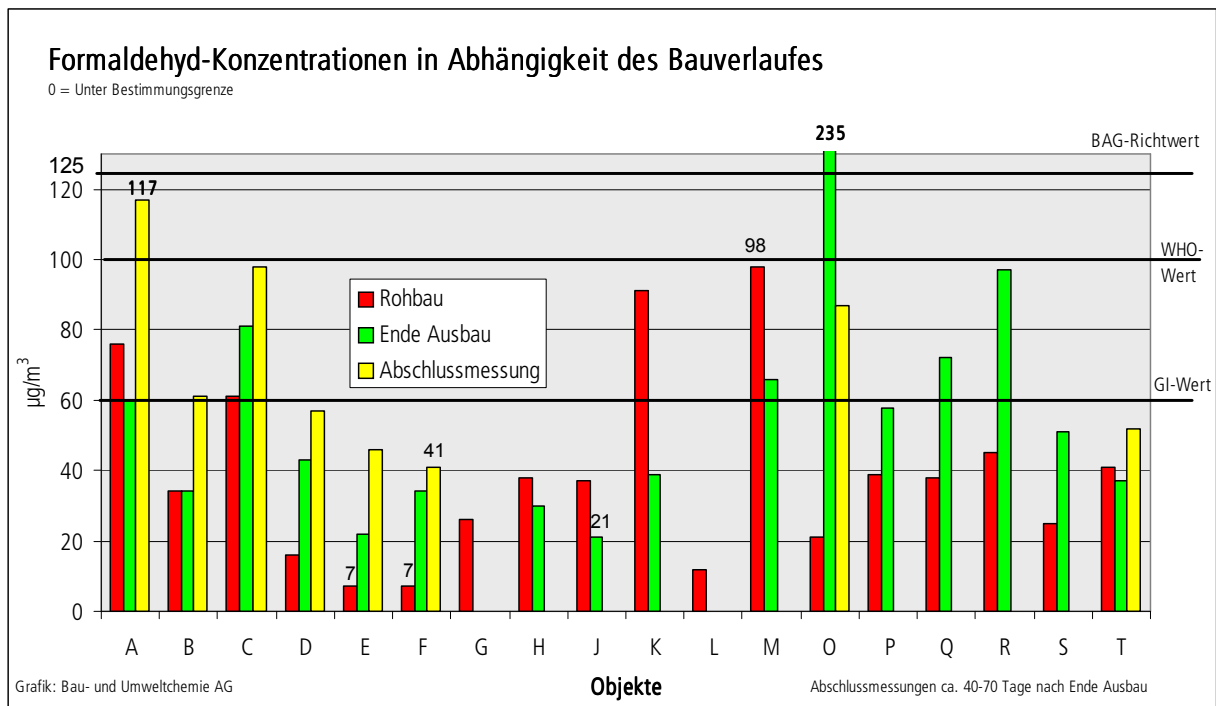
Übersicht über die Lösemittelbelastungen während des Bauverlaufes in den Objekten A bis T. Ab  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird von hygienisch auffälligen Werten gesprochen. Er gilt als Zielwert für die Abschlussmessungen.



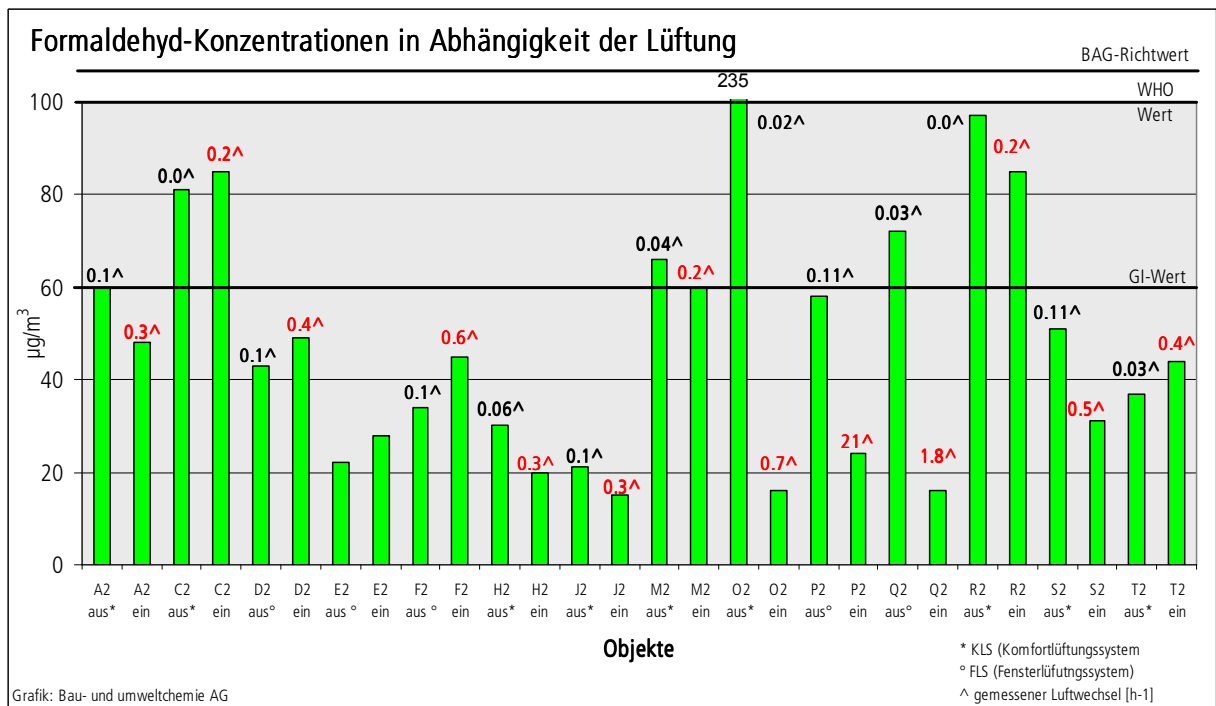
Einfluss des Luftwechsels auf die Lösemittelkonzentrationen nach Bauende



Der Wert von 60 µg/m<sup>3</sup> gilt als Zielwert für Abschlussmessungen.



Einfluss des Luftwechsels auf die Formaldehydkonzentration



Bei fachlichen Fragen steht Ihnen der Projektleiter Reto Coutalides von der Firma BAU- UND UMWELTCHEMIE AG in Zürich zur Verfügung.