

Forschungsprojekt LUQAS II: Lüftungsampel - Versuch einer einfachen Bewertung von Innenraumlufth mit einem Luftqualitäts- und Feuchtesensor

Gerhard Kopiske

Projektteam: UTEC GmbH, bremer energie institut, Bremer Umweltinstitut

Förderung: BMWA (FKZ 0329795K); Bremer Energiekonsens GmbH (32 005 W)

In dem mit Mitteln des BMWi geförderten Forschungsvorhaben LUQAS II sind insgesamt 5 Teilprojekte zusammengefasst:

- die Entwicklung eines Sensorssystems zur Erfassung und Visualisierung der Luftqualität, Temperatur und Feuchte in Innenräumen (ETR, UST),
- Energieeinsparung durch bedarfsgerechte Steuerung von Raumlufthtechnischen Anlagen (IATK, JCI),
- Optimierung der manuellen Fensterlüftung durch Anzeige der Luftqualität (Lüftungsampel) (UTEC),
- Projektkoordination (STW)

Die Abbildung 1 zeigt das Zusammenspiel der LUQAS II-Projektpartner.

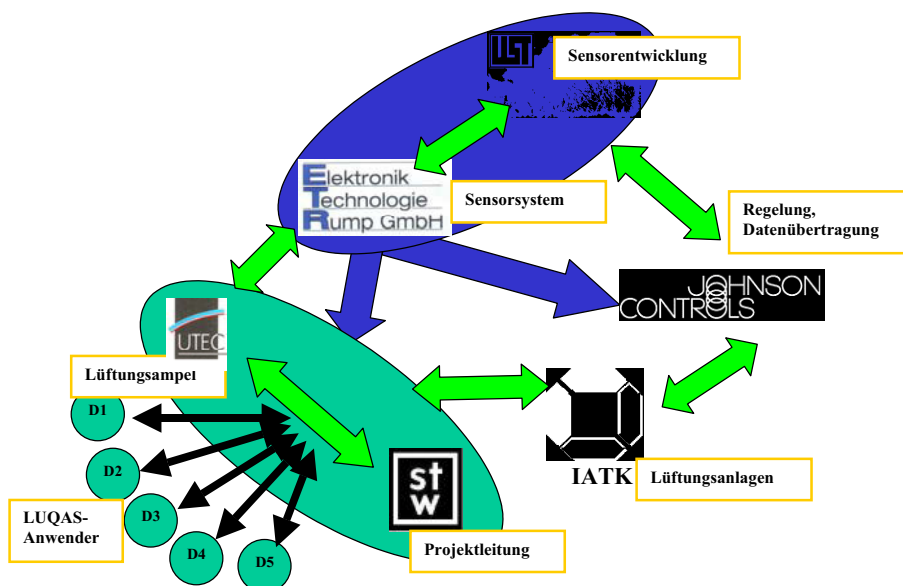


Abbildung 1: LUQAS II-Projektpartner (Quelle: STW)

Ziel des Vorhabens „Lüftungsampel“ ist deren wissenschaftliche Validierung mit den in dem Forschungsvorhaben „LUQAS I“ entwickelten Luftqualitäts- sowie Feuchte-sensoren für das Anwendungsgebiet in Mietwohngebäuden und Schulen.

Mit der Lüftungsampel ist ein Gerät gemeint, mit dessen Hilfe Bewohner über das aktuell sinnvolle Lüftungsverhalten informiert werden. Dabei wird der individuelle und aktuelle Zustand der Innenraumluft analysiert und in eine einfache optisch angezeigte Handlungsempfehlung übersetzt („Lüften erforderlich“, „Luft OK“ und „Lüften beenden“).

Als Ergebnis unseres Vorhabens erwarten wir die Entwicklung des Prototyps hin zur Praxistauglichkeit als wissenschaftlich validierte „Lüftungsampel“ für die Anwendung im Mietwohnungsbau und in Schulen.

Die natürliche Lüftung (freie Fugenlüftung, Fensterlüftung und Schachtlüftung) ist stark abhängig von schwankenden Antriebskräften (Wind, Temperaturunterschiede) sowie von unterschiedlichem Lüftungsbedarf. Eine genau bedarfsgerechte Lüftung (Menge und Dauer) ist ohne technische Hilfsmittel nur zufällig zu erreichen, denn die menschlichen Sinnesorgane sind nicht gut geeignet, um die für die Bauschadensfreiheit und das menschliche Wohlbefinden erforderliche Luftqualität zu beurteilen. Das Lüftungsverhalten orientiert sich deshalb nicht am tatsächlichen Bedarf, sondern am individuellen Empfinden von Gerüchen oder Temperaturen.

Die Lüftungswärmeverluste sollten minimiert werden: Bei bestimmten Bedingungen (viel Wind, hohe Temperaturdifferenz innen/außen, erheblichen Undichtigkeiten der Gebäudehülle, geringer Bedarf an frischer Außenluft) wird durchaus zuviel gelüftet. Nicht selten ist die unangepasste Lüftung wesentlicher Grund für einen zu hohen Energieverbrauch, aber auch für Bauschäden, insbesondere durch Feuchte und Schimmelpilzbildung.

Daneben schadet auch eine zu geringe Lüftung, weil die Raumluft durch eine Vielzahl von Emissionen aus Baustoffen, Ausstattungsmaterialien, Putz - und Reinigungsmittel und anderem mehr negativ beeinflusst wird und das gesundheitliche Wohlbefinden massiv beeinträchtigen kann.

Richtig lüften ist schwierig. "So viel lüften wie nötig, so wenig wie möglich" heißt der Leitsatz. Da der Mensch nicht selbst über eine umfassende Sensorik verfügt, ist ein Hilfsmittel sinnvoll.

Die wissenschaftliche Begleitung umfasst sowohl technische als auch nichttechnische Aspekte. Dieses sind unter anderen:

- Auswahl und Entscheidung über sinnvolle Messparameter,
- Erkenntnisse über die baulichen und hygienischen Grundlagen in den untersuchten Räumen,
- Aussagen unterschiedlicher Raumluftbelastung in Abhängigkeit von den Nutzergruppen,
- Einsatzmöglichkeit des Luqas-Luftqualitätsfühlers,
- Aussagen über eine ggf. sinnvolle Kombination von Sensorkpaketen,
- Aussagen über sinnvolle Anordnung der Sensoren im Raum,
- Aussagen über geeignete Bauform der Anzeigeeinheit.
- Als im wesentlichen nichttechnische Aspekte werden erarbeitet:
- Einschätzung der Akzeptanz der Wohnungsnutzer,

- Unterschiede der Interessen einzelnen Nutzergruppen,
- Belastung der Nutzer durch den Installationsaufwand,
- Rahmenbedingungen für eine individuell optimierte Luftqualität,
- Einsatz der Sensoren in einem oder mehreren Räumen,
- Veränderung des Nutzerverhaltens aufgrund der Ampel,
- Bereitschaft zum Einsatz der Lüftungsampel im Dauerbetrieb,
- Investitionsbereitschaft von Nutzern.

Ein international besetzter Workshop hat den wissenschaftlichen Hintergrund einer Raumlufbelastung und damit die Grundlagen für die Bewertung der Sensorsignale „Luftqualität“ als einheitenfreies Summensignal und „Feuchte“ diskutiert, deren Einschränkungen benannt und deren Eignung zur Bemessung der Luftqualität im wesentlichen bestätigt.

Der eingesetzte LUQAS-Sensor ist ein MOS-Sensor. Er reagiert undifferenziert auf die Summe aller oxidierbaren Stoffe in der Raumluf und kann deshalb keine Toxizitätsbewertung. Mehr zu den Details der Messtechnik und Begleitanalytik folgt im nächsten Kapitel. An dieser Stelle soll nur beispielhaft eine Messkurve des LUQAS-Sensors in einem Kinderzimmer dargestellt werden (Abbildung 5).

Werden die Messkurven des LUQAS-Sensors und die geführten Mitschriften gemeinsam betrachtet, so lassen sich gemeinsame Charakteristika finden.

So bewegen sich die Kurven um eine für jeden Raum variierende Grundbelastung. Diese liegt in einem für jeden Raum jeweils ähnliche Abstand über den lokalen Minima. Diese Minima, oft als starke Kurveneinbrüche zu erkennen, treten während des Lüftens auf und können ein grober Anhaltspunkt für die Frischluftqualität sein.

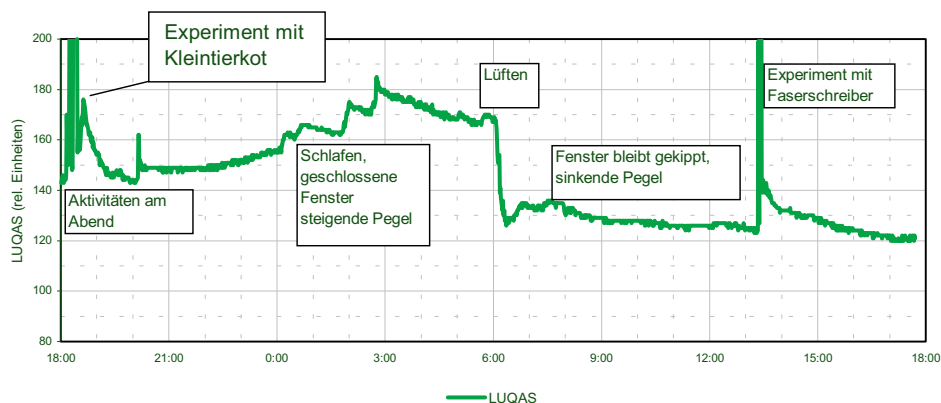


Abbildung 2 Exemplarische Messung in einem Kinderzimmer

Um diese Grundbelastung herum schwanken die Messwerte in Abhängigkeit von den Aktivitäten der Benutzer.

Sind Bewohner abwesend, fallen die Pegel aufgrund eines Grundluftwechsels bei Kipp-lüftung oder bleiben etwa konstant bei geschlossenen Fenstern.

Sind die Bewohner anwesend, ruhen oder verharren ohne größere Aktivität, dann steigen die Pegel leicht aber gleichmäßig, wie dies z.B. in Schlafzimmern zu finden ist. Dort hängt die Messkurve nur wenig von der Individualität der Bewohner ab.

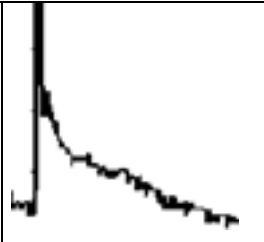


Die Eigenheiten verschiedener Nutzertypen, also deren unterschiedliche Aktivitäten lassen sich jedoch in Wohnräumen oder Küchen recht eindeutig erkennen. Normal aktive Bewohner mit dem gesamten Spektrum an alltäglichen Aktivitäten verursachen sehr unterschiedliche Messkurven mit z.T. großer Dynamik. So schwanken die LUQAS-Signale an manchen Tagen um bis zu 80 Einheiten und mehr. Die weit häufigste Erscheinung eines derart belebten Raumes sind stetig fallende Kurven, die immer wieder durch kurze Spitzen angehoben werden, wie dies in Messungen von Küchen und Wohnzimmer zu beobachten ist.

Kurze und starke Lüftungsaktivitäten lassen sich als steile, aber nur kurze Kurveneinbrüche erkennen. Diese Art der Lüftung ist nicht geeignet um die Luftqualität nachhaltig zu verbessern, das LUQAS-Signal also dauerhaft niedrig zu halten.

Durch die vorgenommenen Messungen konnten - wie beabsichtigt - typische Lastkurven der Luftqualität verschiedener Wohnräume gewonnen werden. Es lassen sich die in der Tabelle 1 dargestellten Kurvenelemente extrahieren.

Die Belastung der Raumluft mit Schadstoffen ist für den hier zu bewertenden Einsatzfall als gleichverteilt anzunehmen. Mögliche Konzentrationsschwankungen sind unerheblich.

Die Bewertung einer in Raummitte gemessenen Luftfeuchte für die Bauschadensvermeidung ist nur indirekt möglich. Bei gleicher absoluter Feuchte im Raum ist es wichtig, die Oberflächentemperatur der Außenwand direkt zu messen, um die lokal vorhandene relative Luftfeuchte berechnen und bewerten zu können. Ist eine Messung der Oberflächentemperatur nicht möglich, so muss ersatzweise eine zu erwartende Temperatur angenommen werden.

A1	Kurzzeitige Spitze	Starke, aber kurze Emission Pegel sinkt durch Vermischung mit Raumluft oder Ablüften sehr schnell auf den Pegel vor dem Schadstoffeintrag	
A2	kontinuierlicher Anstieg	eher schwache, aber dauerhafte Emission; detektiert wird durchmischte Raumluft	
A3	Starker Anstieg nach lokalem Minimum	tritt nach kurzen Lüftungsphasen auf Anstieg weist auf Ausgleichseffekte der Raumbooberflächen hin	




A4	Sprung auf lokales Maximum, langsam abfallend	Messkurve verschiebt sich sprunghaft nach oben, häufiger Effekt Ursache unbekannt, vermutlich antropogen	
B1	Sprung	Starker Luftaustausch (Hinweis auf Lüftung), führt zu lokalem Minimum	
B2	Kontinuierlich, langsam abfallend	Quelle ist schwächer als die Schadstoffabfuhr: schwacher Luftaustausch durch z.B. Innenluftwechsel oder Kipplüftung, Mischlüftung	

Tabelle 1 charakteristische Kurvenverläufe des Schadstoffverlaufs

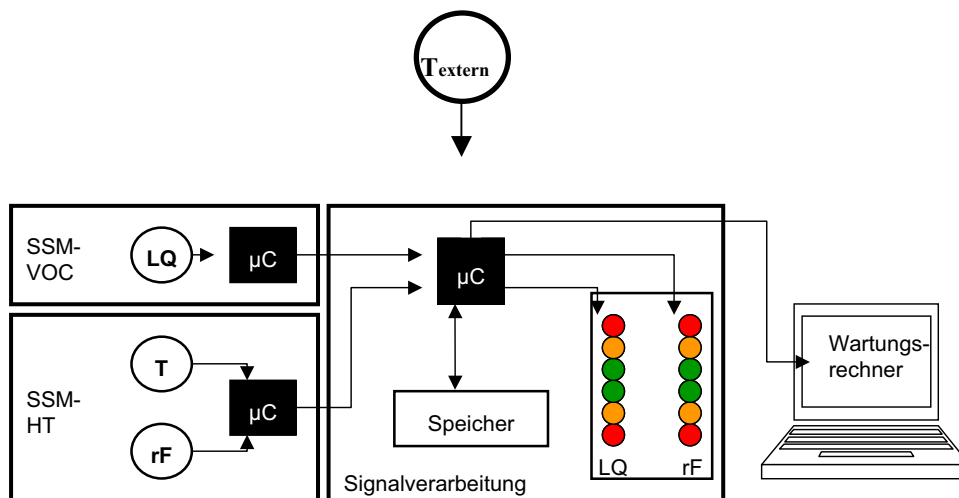


Abbildung 3: Funktionsprinzip der Lüftungsampel, Serie 1

Die Umsetzung der theoretischen Anforderungen in eine technische Lösung erfordert weitestgehende Freiheitsgrade für Datenerfassung und Verarbeitung. In der Abbildung 3 werden die sich aus den grundsätzlichen Anforderungen heraus ergebende Konstellation für die Realisierung der Lüftungsampel dargestellt.

In der Skizze werden links die beiden LUQAS- und HT-Smart-Sensor-Module (SSM) für Luftqualitäts- und Temperatur-/Feuchtemessung dargestellt. Die Signale der ver-

schiedenen Messumformer durchlaufen eine Datenvorverarbeitung (μC) zur Kompensation und Digitalisierung der Signale.

Im Prozessorbaustein werden die Anzeige angesteuert und Daten gespeichert. Im Prozessor sind die Funktionsvorschriften zur Umsetzung der einkommenden Signale auf die Anzeige enthalten. Die Kommunikation mit dem PC erfolgt über eine serielle Schnittstelle.

Auf der Vorderseite der Lüftungsampel sind zwei Lichtleisten als Anzeigen angeordnet. Die linke ist mit „Luftbelastung“ beschriftet, die rechte mit „Luftfeuchte“. Sie zeigen Ihnen die Handlungsempfehlung zum Lüften aufgrund der ausgewerteten Messwerte an. Jede der Lichtleisten kann eine der nachfolgend dargestellten Anzeige aufweisen. Dabei gilt grundsätzlich:

Zeigt die Anzeige zwei grüne Leuchten, so ist die Luftqualität in Ordnung. Handlungsempfehlung: Bitte Fenster schließen bzw. geschlossen halten!

Je mehr Leuchten „über Grün“ in Richtung „AUF“ anzeigen, um so mehr Lüftungsbedarf besteht: Handlungsempfehlung: bitte Fenster „AUF“!

Je mehr Leuchten „unter Grün“ in Richtung „ZU“ anzeigen, um so weniger Lüftungsbedarf besteht: Handlungsempfehlung: bitte Fenster „ZU“ bzw. geschlossen halten!

Sollten beide Lichtleisten eine unterschiedliche Handlungsempfehlung geben, so gilt die mit der Empfehlung zum Lüften.

Die zu der jeweiligen Anzeige gehörigen aktuellen Bedingungen und Parameter wurden für den Feldtest wie folgt implementiert:

Fenster auf	Luft ist ok, Fenster zu	Fenster zu
LQ > 50 über Minimum (Außenluft)		LQ = Minimum (AL)
LQ fällt dauerhaft		
LQ > 30 über 4h-Mittelwert		LQ > 30 unter 4h-Mittelwert
aF > 13 g/m ³		aF > 6 g/m ³
rF > 80 %	< 75 %	

LQ: Luftbelastung als LUQAS-Messwert in relativen Einheiten; aF, rF: absolute und relative Feuchte

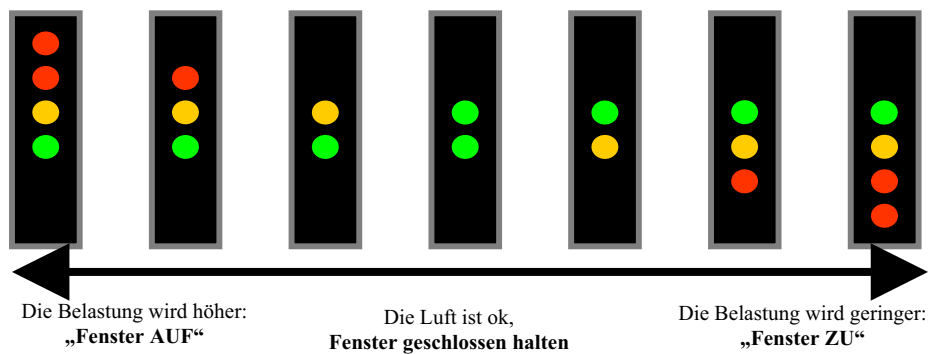


Abbildung 4: Systematik der Anzeige der Lüftungsampel

Im Sommer 2003 wurden die Lüftungsampeln aus den bis dahin vorliegenden Erkenntnissen entwickelt und insgesamt 35 Prototypen hergestellt und die Software geschrieben, mit der die Sensorsignale des LUQAS- und Feuchtesensors parametrierbar auf die getrennten Anzeigen gegeben werden. Diese ist in der Abbildung 5 dargestellt.

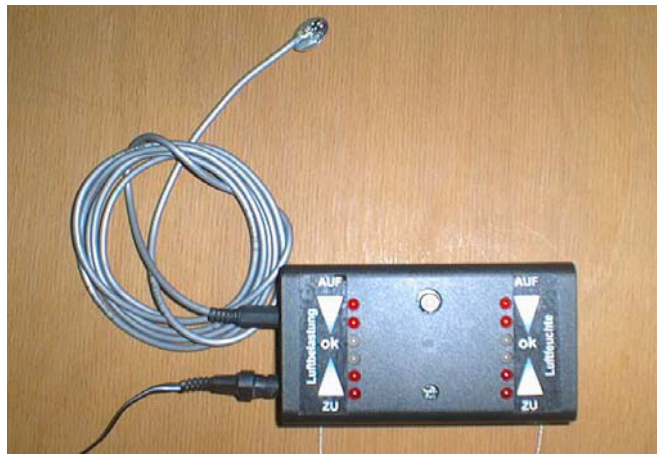


Abbildung 5: Prototyp der Lüftungsampel mit Oberflächenfühler

In der Heizsaison 2003/2004 wurden die Lüftungsampeln in insgesamt 15 Wohnungen und 5 Schulräumen auf deren Praxistauglichkeit geprüft. Dazu wurden in jeden Raum der zu untersuchenden Wohnung Lüftungsampeln aufgestellt und eine Messphase ohne Anzeige für ca. 2 Wochen begonnen, um das übliche Nutzerverhalten aufzunehmen. Es schloss sich eine einwöchige intensive Messphase mit dem photoakustischen Monitor an. In der Mitte dieser Woche wurde die Anzeige der Lüftungsampeln aktiviert und die Bewohner gebeten, sich an die Handlungsempfehlungen zu halten. Nach weiteren 3 Wochen wurden die Lüftungsampeln wieder abgeholt und die Messergebnisse ausgewertet.



Abbildung 6: Einsatz der Lüftungsampel im Feldversuch, hier: Küche, Oberflächen-Temperaturfühler an der Außenwand

Die Praxistests wurden intensiv mit Protokollführung, konventioneller Analytik, mit Blower-Door-Tests und Interviews begleitet. Sie werden im März 04 abgeschlossen sein und erste Ergebnisse zur Verfügung stehen.

Erste Ergebnisse zeigen, dass es lange brauchte, um die technischen Unzulänglichkeiten zu eliminieren: die Parametrierung der Anzeige führte noch nicht zu einer korrekten Handlungsempfehlung der Lüftungsampel zum Lüftungsverhalten. Sie musste immer wieder angepasst werden, so dass bis Mitte Januar keine längerfristigen Erfahrungswerte vorlagen.