

# ARIS

## D 3.2 Sensoranalysebericht

Projekt Referenz FFG Projekt Nr. 845143  
Projekt Akronym ARIS  
Projekt Titel Anwendung nichtlinearer Regelungstechnik und intelligenter Sensorik zur Effizienzsteigerung in Gebäuden  
Programm ENERGIE DER ZUKUNFT  
Ausschreibung SdZ 1. Ausschreibung

Autoren	Name	Organisation
	Thomas Pflügl	E+E Electronics
	Martin Litzenberger	AIT DSS
	Daniel Bauer	AIT DSS



# Inhaltsverzeichnis

ARIS .....	1
D 3.2 Sensoranalysebericht.....	1
1 Einleitung.....	4
1.1 Zweck	4
1.2 Zusammenfassung	4
1.3 Abkürzungen	5
1.4 Referenzen	5
2 Ziele des Arbeitspakets laut Antrag .....	6
3 Analysekonzept und Durchführung.....	7
3.1 Grundsätzliches	7
3.2 Kategorisierung der Sensoren	7
3.3 Informationsquellen für die Recherche	8
3.4 Analytierte Sensor-Parameter	9
3.5 Durchführung	11
3.6 Nicht-Ziele	12
4 Ergebnisse der Recherchen .....	13
4.1 Einleitung	13
4.2 Stand der Technik bei CO <sub>2</sub> Sensoren	13
4.3 Stand der Technik bei Mischgassensoren (VOC-Sensoren)	14
4.4 Präsenzdetektoren	14
4.5 Feuchte und Temperatursensoren	14
4.6 Auflistung der betrachteten Hersteller / Händler	15
4.7 Samplegrößen	17
4.8 Analysen	18
5 Zusammenfassung .....	22
6 Anhang .....	23
6.1 Tabellenwerk	23

# 1 Einleitung

## 1.1 Zweck

Die Ziele des Projekts ARIS, neue Steuer- und Regelkonzepte für die Energieverbrauchsoptimierung bei HKL System zu erforschen, sind maßgeblich von der Verfügbarkeit, Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit der Sensoren abhängig die dynamischen Gebäudedaten liefern. Diese Gebäudedaten, wobei hier im Wesentlichen die aktuellen Daten über die Raumluftqualität betrachtet werden, sind die Grundlage der Steuer- und Regelkonzepte im Projekt.

Zweck des vorliegenden Dokuments ist daher am Markt vorhandene Sensoren für die CO<sub>2</sub>- und Luftqualitätsmessung zu erheben und im Sinne der Fragenstellungen des Projekts, zu vergleichen. Der Schwerpunkt der Analysen liegt auf den technischen Parametern unter Berücksichtigung der Kosten und des Sensor-Energieverbrauchs selbst.

Eine **Marktanalyse** in Sinne der Ermittlung von internen (z.B. Verkaufszahlen, Produktionskosten) oder externen Marktdaten (z.B. ökonomische Trends) ist nicht Zweck dieses Dokuments.

## 1.2 Zusammenfassung

Der Inhalt des vorliegenden Dokuments fasst die Ergebnisse der Sensoranalyse die zu einem Teil aus einer Analyse der Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Technologien, zum anderen Teil aus einer Marktrecherche über unterschiedliche am Markt erhältliche CO<sub>2</sub>-, Mischgas-, Präsenz- und Temperatursensoren zusammen. Eine Auswertung in Bezug auf Preis, drahtlos Reichweite sowie Batterielebensdauer und Energieverbrauch des Sensors wurde durchgeführt. Es wurden insgesamt 106 Datenblätter relevanter Sensoren gesammelt. Eine größere Anzahl der Sensoren musste wegen unvollständiger bzw. inkonsistenter Information in Datenblättern in Bezug auf die projektrelevanten Parameter aus der näheren Analyse ausgeschlossen werden. Wo es möglich war, wurden äquivalente Werte ermittelt (z.B. im Sinne von Spitzenstrom/Spitzenleistung). Sämtliche Parameter die in die Analyse einfließen sind den verfügbaren Datenblättern und Herstellerdokumenten entnommen worden. Sensorkosten wurden auf Händlerportalen ermittelt.

Die Auswertung zeigt den gegenüber "einfachen" Sensoren erkennbar erhöhten mittleren Leistungsbedarf der CO<sub>2</sub> / Luftgüte-Sensorik gegenüber konventionellen, einfachen Präsenzsensoren. Werden diese im Austausch gegen z.B. Präsenzdetektoren benutzt um den Einsatz von Lüftungsanlagen zu optimieren muss mit einem mittleren Leistungsbedarf von zumindest plus 600 mW pro Raum gerechnet werden. Bezogen auf ein Jahr würde sich eine Energiemenge von 5.3 kWh/a pro so ausgestattetem Raum ergeben. Diese müsste also durch zumindest gleichwertige Einsparungen auf der Ebene der Lüftungsoptimierung kompensiert werden können. Werden diese Sensoren nachgerüstet ohne z.B. vorhandene Sensorik zu entfernen würde dieser Betrag auf 7 kWh/a pro Raum steigen. Es ist anzumerken das für die obige Abschätzung lediglich der mittlere Leistungsbedarf herangezogen wurde. Spitzenbedarf wird in den Datenblättern größtenteils sehr uneinheitlich dokumentiert und kann für eine Auswertung des Jahresenergiebedarfs schwer herangezogen werden.

Bei den Kosten muss Faktor 2-3 beim Einsatz von CO<sub>2</sub>- oder VOC Sensoren gegenüber „einfachen“ Präsenzmeldern oder Temperatursensoren angenommen werden, in absoluten Zahlen 150 - 300 EUR pro Sensor.

Der vorliegende Bericht kann als Input in Bezug auf Anschaffungskosten und den Energieverbrauch für den Projektbericht D2.3 Ökonomische Anforderungen genutzt werden.

### 1.3 Abkürzungen

Akronym	Beschreibung
ABC	Automated background calibration
FS	Full Scale
HKL	Heizung/Klima/Lüftung
i.S.v.	Im Sinne von
N/A	Nicht anwendbar
PIR	Passiv-Infrarot
PPM	Parts Per Million
VOC	Volatile Organic Carbon/Compounds (flüchtige organische Stoffe)

### 1.4 Referenzen

- [1] Siemens Building Technology – „Bedarfsgeregelte Lüftung“ [www.siemens.com](http://www.siemens.com) heruntergeladen Mai 2016

## 2 Ziele des Arbeitspakets laut Antrag

Im Task 3.2 „Sensorerhebung und Sensoranalyse“ des Projekts ARIS werden am Markt vorhandene Sensoren für die CO<sub>2</sub> und Luftqualitätsmessung erhoben. Selektierte Sensoren werden auf Robustheit, Preis/Leistung, analysiert und evaluiert. Die Klima-Sensorik und speziell die CO<sub>2</sub> Sensorik hat einen relativ hohen (Spitzen-) Strombedarf, der einen gravierenden Nachteil gegenüber batteriebetriebenen Geräten und Bussystem- versorgten Geräten darstellt. Hier ist die Evaluierung von alternativen Komponenten geplant.

## 3 Analysekonzept und Durchführung

### 3.1 Grundsätzliches

Die Ziele des Projekts ARIS, neue Steuer- und Regelkonzepte für die Energieverbrauchsoptimierung bei HKL System zu erforschen, sind maßgeblich von der Verfügbarkeit, Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit der Sensoren abhängig die dynamischen Gebäudedaten liefern. Diese Gebäudedaten, wobei hier im Wesentlichen die aktuellen Daten über die Raumluftqualität betrachtet werden, sind die Grundlage der Steuer- und Regelkonzepte im Projekt.

Die wesentlichsten Parameter die im direkten Projektzusammenhang stehen sind

- Messung von CO<sub>2</sub>-Konzentrationen
- Energieverbrauch des Sensors selbst
- Nutzung von drahtlosen Schnittstellen für die kosteneffektive Installation in Bestandsgebäuden

Zusätzlich ist es ein Ziel im Projekt die Belegung eines Raumes mit Personen zur Optimierung der Raumlüftung, aus den Daten von „konventionellen“ Sensoren zu schätzen. Daher werden in der Recherche Sensoren für die

- Raumtemperatur
- Luftfeuchte
- Präsenz

ebenfalls betrachtet.

Die beiden Testgebäude die im Projekt ARIS untersucht werden (Energy Base, Neubau Bürogebäude E+E) sind bereits vollständig mit relevanter Sensorik für die Raumluftqualität ausgestattet. Die Durchführung einer Testreihe an marktüblichen Sensoren wäre daher ineffizient, da diese Sensoren nicht mehr im Projekt eingesetzt werden würden.

Es wurde eine Internet-Recherche zum Vergleich existierender Sensoren für die Messung der Raumluftqualität durchgeführt.

### 3.2 Kategorisierung der Sensoren

#### 3.2.1 Sensorarten

Verschiedene Sensorarten und Detektionsprinzipien sind geeignet die für die Steuer- und Regelkonzepte notwendigen dynamischen Gebäudedaten zu liefern.

Häufig werden CO<sub>2</sub>, Temperatur und Luftfeuchte-Messung auch in einem Gerät kombinieren. Zumeist sind diese Sensoren als intelligente Geräte mit einer Busanbindung ausgestattet und mit weiteren Funktionen wie z.B. Taupunktermittlung kombiniert. Im Recherchebericht wurden bis zu max. 3 Sensorarten/Detektionsprinzipien je Gerät dokumentiert und ausgewertet.

Die Recherche umfasst die folgenden Sensorarten und Detektionsprinzipien. Die durchgängig benutzen Bezeichnungen für die Sensorart und deren Erklärung sind:

##### 3.2.1.1 CO<sub>2</sub> Sensor

Diese Sensorart umfasst Infrarot-Filterphotometer mit pyro-elektrischem bzw. **thermoelektrischen** Detektor oder foto-akustischem Detektor.

### 3.2.1.2 Luftgütesensor (VOC)

„Mischgasfühler“ für die Ermittlung der „Luftgüte“ durch die Messung der Konzentration flüchtiger, organischen Verbindungen. Mischgasfühler werden eingesetzt, wo geraucht werden darf: Restaurants, Kantinen, Veranstaltungshallen. Das Projekt ARIS konzentriert sich auf Büro- und öffentliche Gebäude, nicht auf Veranstaltungshallen.

### 3.2.1.3 Temperatur

Raumtemperatursensoren

### 3.2.1.4 Feuchte

Sensoren für rel. Luftfeuchte

### 3.2.1.5 Präsenzmelder

Detektion von Anwesenheit von Personen, die üblicherweise durch Bewegungsdetektion mittels passiven thermischen IR (PIR) Sensoren realisiert ist.

## 3.2.2 Projektrelevanz

Beurteilung eines Sensorparameters in Hinblick auf seine Relevanz für das Projekt ARIS. Beantwortet die Frage: Warum ist die Analyse dieses Parameters für das Projekt relevant?

- Funkübertragung
- Integration
- Energieverbrauch
- Preis

### 3.2.2.1 Funkübertragung, Integration

Eine Nachrüstung von Bestandsgebäuden wird oft durch die Notwendigkeit der Nachrüstung von strukturierten Datenkabel/Buskabel erschwert die für die hochwertige Sensorik benötigt wird. Ein Einsatz der im Projekt entwickelter und untersuchter Strategien zu Optimierung der HKL Systeme ist jedoch abhängig von einer solchen Sensorik. Am Markt werden sowohl drahtlose Datenübertragung als auch vollkommen drahtlose Sensoriken mit Batteriebetrieb angeboten.

### 3.2.2.2 Energieverbrauch, Preis

Gegenüber konventionellen, „einfachen“ Sensoren (z.B. Temperatur, Präsenz) ist der mittlere Leistungsbedarf der CO<sub>2</sub> / Luftgüte-Sensorik erhöht. Ein Einsatz der im Projekt entwickelter und untersuchter Strategien zu Optimierung der HKL Systeme ist jedoch abhängig von einer solchen Sensorik. Werden diese im Austausch gegen z.B. Präsenzdetectoren benutzt muss mit einem erhöhten Energiebedarf und Ausstattungspreis für die gesamte Gebäude Sensorik Installation gerechnet werden. Dieser müsste also durch zumindest gleichwertige Einsparungen auf der Ebene der Lüftungsoptimierung kompensiert werden können. Ebenso kommt dem Sensorpreis eine wichtige Rolle bei der Entscheidung einer möglichen Nachrüstung zu.

## 3.3 Informationsquellen für die Recherche

Webrecherche aus verfügbaren, download-baren Datenblättern bzw. auf den Webseiten selbst veröffentlichte Informationen.

Alle Datenblätter wurden lokal kopiert und liegen als Anhang zum Dokument vor.



Die Werte der wichtigsten Parameter, wie sie im folgenden Kapitel aufgelistet sind, wurden in eine Excel Tabelle übertragen die ebenfalls als Anhang zum Dokument verfügbar ist.

Verkaufspreise wurden, wenn nicht auf der Herstellerhomepage verfügbar, auf den Online Plattformen von Händlern ermittelt. Folgende Plattformen wurden durchsucht:

- <http://www.testequipmentdepot.com/>
- <http://www.kele.com/>
- <http://www.digikey.com/>
- <http://geizhals.de/>
- <http://www.distrelec.de/>

### 3.4 Analyisierte Sensor-Parameter

Der Fokus liegt auf technischen Parametern im Sinne des Projekts wobei, soweit wie möglich, der Energiebedarf betrachtet wird.

Die folgenden Parameter wurden zur weiteren Analyse für jeden Sensor, soweit möglich, erhoben. Die unten stehende Tabelle erklärt die Parameter selbst, sowie deren Relevanz aus der Sicht des Projekts.

Parameter [Einheit]	Beschreibung	Projektrelevanz	Kommentar
Hersteller	Firmenname des Herstellers		
Hersteller Homepage	Webadresse des Herstellers zum Recherchezeitpunkt.		
Sensorart / Detektorprinzip {1 2 3}	Kategorie nach Sensortechnology bzw. Art des Sensors bzw. integrierten Funktionen	Raumluftqualität	Siehe Kapitel 3.2
Montageart (Ort)	Art und üblicher Ort der Sensorplatzierung im Einsatz	Integrierbarkeit	„Wand“ <sup>1</sup> „Decke“ „Standgerät“ „Schuko“ <sup>2</sup> „Einbau-UP“ <sup>3</sup>
Herstellerbezeichnung Typennummer	Vollständige Bezeichnung und/oder Nummer die den Sensortyp eines Herstellers eindeutig identifiziert.		
Messbereich min CO <sub>2</sub> [PPM]	Kleinster möglicher Messwert, Herstellerangabe	Raumluftqualität	Mess-Einheit: parts-per-million PPM, Bei VOC Sensoren CO <sub>2</sub> Äquivalent!
Messbereich max CO <sub>2</sub> [PPM]	Größer möglicher Messwert, Herstellerangabe	Raumluftqualität	Mess-Einheit: parts-per-million PPM,

<sup>1</sup> Wandmontage Aufputz

<sup>2</sup> Steckergerät zum direkten Anstecken an Schutzkontakt Dose

<sup>3</sup> Einbaugerät zum Einbau in Unterputz-Dose

Parameter [Einheit]	Beschreibung	Projektrelevanz	Kommentar
			Bei VOC Sensoren CO2 Äquivalent!
Messgenauigkeit CO <sub>2</sub> [+-%]	Genauigkeit der Messung i.S.v. Reproduzierbarkeit, Herstellerangabe (nicht Messauflösung)	Raumluftqualität	
Langzeitstabilität / Drift CO <sub>2</sub>		Raumluftqualität	Einheit: % FS <sup>4</sup> pro Jahr
Temperaturquerempfindlichkeit CO <sub>2</sub>		Raumluftqualität	Einheit: % FS <sup>5</sup> pro °C
Messbereich min Temperatur [°C]	Kleinster möglicher Messwert, Herstellerangabe		Mess-Einheit: Grad-Celsius
Messbereich max Temperatur [°C]	Größer möglicher Messwert, Herstellerangabe		
Messgenauigkeit Temperatur [%]	Genauigkeit der Messung i.S.v. Reproduzierbarkeit, Herstellerangabe (nicht Messauflösung)		
Messbereich min Luftfeuchte [rF%]	Kleinster möglicher Messwert, Herstellerangabe	Raumluftqualität	Mess-Einheit: Prozent relative Luftfeuchte
Messbereich max Luftfeuchte [rF%]	Größer möglicher Messwert, Herstellerangabe	Raumluftqualität	
Messgenauigkeit Luftfeuchte [+-%]	Genauigkeit der Messung i.S.v. Reproduzierbarkeit, Herstellerangabe (nicht Messauflösung)	Raumluftqualität	
Messfrequenz [Hz]	Wiederholfrequenz der Messung. Bei Funkübertragung der Daten ein wesentlicher Einflussfaktor auf die autonome Betriebsdauer ohne Batteriewechsel.	Funkübertragung, Energieverbrauch	Einheit: Anzahl der Messungen pro Sekunde
Messintervall [sec]	Wie oben, alternative Angabe	Funkübertragung, Energieverbrauch	Einheit: Sekunde
Schalt I/O	Vorhandensein eines Schaltkontaktes welcher vom Sensor angesteuert werden kann.	Integrierbarkeit	Wert: Ja/Nein
Bussystem	Typ oder Standard des drahtgebundenen Bussystems	Integrierbarkeit	

<sup>4</sup> Full Scale

<sup>5</sup> Full Scale

Parameter [Einheit]	Beschreibung	Projektrelevanz	Kommentar
Funksystem	Typ oder Standard der drahtlosen Schnittstelle	Funkübertragung	
Funkfrequenz	Funk-Trägerfrequenz der drahtlosen Schnittstelle	Funkübertragung	Einheit: Hertz
Funk-Reichweite [m]	Größte mögliche Entfernung vom Empfänger, Herstellerangabe	Funkübertragung	
Schnittstellen Sonstige		Integrierbarkeit	
Rekalibrierungs-Tausch Intervall			Einheit: Jahre
Batteriebetrieb		Energieverbrauch	Wert: Ja Ja (Solar) Nein
Versorgungsspannung [V]		Energieverbrauch	Einheit: Volt
Stromverbrauch max. [mA]	Größte zu erwartende Stromaufnahme. Spitzenstrom lt. Herstellerangabe	Energieverbrauch	Einheit: Milliampere
Stromverbrauch Mittel [mA]	Mittlere Stromaufnahme lt. Herstellerangabe	Energieverbrauch	Einheit: Milliampere
Leistung lt. Datenblatt [mW]	Herstellerangabe	Energieverbrauch	Einheit: Milliwatt
Leistung Mittel errechnet [mW]	Aus den Herstellerangaben mittl. Versorgungsspannung und mittl. Stromverbrauch errechnet wenn keine Angabe von Leistung im Datenblatt	Energieverbrauch	Einheit: Milliwatt
Batteriewechsel Intervall [Jahre]	Längste mögliche autonome Betriebsdauer ohne Batteriewechsel, Herstellerangabe in Jahren	Energieverbrauch	
Preis [Euro]	Preis zum Recherchezeitpunkt		Quelle div. Onlineportale
Funktopologie		Funkübertragung	(Netz, Stern,...)

## 3.5 Durchführung

### 3.5.1 Zeitraum

Die Recherche wurde im Zeitraum von Februar 2016 bis Juni 2016 durchgeführt. Die in diesem Dokument beschriebenen technischen Daten und Preise repräsentieren den Stand zu diesem Zeitraum.

Es ist zu beachten das Internet Adressen und Quellenangaben (sog. http-„links“ ) sich nach der Recherche geändert haben können.

### 3.5.2 Stichwortkatalog

Wesentliche Suchstichworte für die Recherche waren:

- CO<sub>2</sub> Sensor/en
- Kohlendioxid Sensor/en
- CO<sub>2</sub> Meter
- VOC Sensor/en
- Temperatur-Feuchtesensor/en
- Temperature-Humiditysensor/s
- Luftgütesensor/en
- Luftqualitätssensor/en
- Air Quality Sensor/s
- Air Monitor

kombiniert mit:

- KNX
- Bus
- Wifi
- Wireless
- Funk
- RF
- Netzwerk
- Indoor
- Innenraum

### 3.6 Nicht-Ziele

Der Schwerpunkt der Analyse liegt auf technischen Parametern unter Berücksichtigung des Sensorpreises.

Eine **Marktanalyse** in Sinne der Ermittlung von internen (z.B. Verkaufszahlen, Produktionskosten) oder externen Marktdaten (z.B. ökonomische Trends) war nicht Gegenstand der Recherche.

## 4 Ergebnisse der Recherchen

### 4.1 Einleitung

Alle Analysen beziehen sich speziell auf Gebäude-Sensorik. Die Beschreibungen der Technologien wurden zum Teil aus [1] entnommen.

### 4.2 Stand der Technik bei CO<sub>2</sub> Sensoren

#### 4.2.1 Infrarot-Filterphotometer mit pyroelektrischem bzw. thermoelektrischem Detektor

Das von einer Lichtquelle ausgestrahlte Licht durchquert eine Messkammer und trifft dann durch den optischen Interferenzfilter auf den Detektor. Der Interferenzfilter stellt sicher, dass nur Licht mit der Wellenlänge um 4.26 µm (CO<sub>2</sub> Absorptionslinie) den Detektor erreichen kann. Je höher nun die CO<sub>2</sub> Konzentration in der Messzelle ist, umso weniger Licht kann vom Detektor empfangen werden. Um eine höhere Empfindlichkeit zu erhalten, wird die Messzelle auf der Innenseite oft verspiegelt und man versucht durch Reflexionen die effektive Strahllänge zu vergrößern. Bei diesem Messprinzip wird das größte Ausgangssignal bei der kleinsten CO<sub>2</sub>-Konzentration gemessen (Nullpunkt). Zur Berechnung der aktuellen CO<sub>2</sub>-Konzentration müssen deshalb zwei große Werte von einander subtrahiert werden, nämlich der aktuelle Messwert minus der gespeicherte Wert der Nullpunktkalibration.

Manche Hersteller sind dazu übergegangen, eine automatische Neukalibrierung des Nullpunkts in das Gerät einzubauen (ABC - Automated Background Calibration), wobei dafür angenommen werden muss dass es, für die Rekalibrierung, in allen Gebäuden Zeiten gibt in welchen das Gebäude unbenutzt ist. Dies bildet einen entscheidenden Nachteil des Verfahrens. Einerseits muss für die korrekte Funktion der ABC Logik die Lüftungsanlage auch in unbenutzten Zeiten aktiv sein um eine entsprechende Reduktion des CO<sub>2</sub> Levels zu erreichen. Dies hat naturgemäß einen unwirtschaftlichen Energieverbrauch zur Folge.

Weiters kann selbst bei laufenden Lüftungsanlagen nicht sichergestellt werden, dass die Minimalkonzentration auf den voreingestellten Minimumwert (meist 400ppm) abfällt. Es gibt vor allem in älteren Bestandsgebäuden derart unterdimensionierte Anlagen wo der 400 ppm Wert selbst mit langen Laufzeiten nicht bzw. nur sehr selten erreicht wird. Es sind mittlerweile auch Fälle bekannt und dokumentiert wo die Minimalkonzentration – die grundsätzlich durch die CO<sub>2</sub>-Konzentration der Außenluft vorgegeben ist - durch CO<sub>2</sub>-Absorption von Pflanzen bzw. Beton im Innenraum sogar deutlich unterschritten wird.

Eine deutlich bessere Strategie zur Driftkompensation ist die Bewertung der IR Strahlung in unterschiedlichen Frequenzbereichen (Zweikanalverfahren). Der Aufbau ist grundsätzlich sehr ähnlich einem einkanalen System – es wird lediglich ein zweiter IR-Filter mit anderem Durchlassbereich (z.B. 3,91µm) und ein zusätzlicher IR Detektor verwendet. Der zweite Durchlassbereich des IR-Filters ist dabei so zu wählen, dass er möglichst unempfindlich gegen die Dämpfung (Absorption) durch vorhandene Gase ist. Durch die Auswertung und Verrechnung der CO<sub>2</sub> empfindlichen und CO<sub>2</sub> unempfindlichen Detektorsignale kann hier eine permanente Driftkompensation erreicht werden.

Als Strahlenquelle werden bei beiden Systemen meist einfache Glühlampen verwendet. Als gemeinsamer Nachteil ist der relativ hohen Spitzenstrom festzustellen der beim Einschalten der kalten Glühlampen entsteht. Dies kann zwar grundsätzlich elektronisch durch entsprechende Puffer bzw. Begrenzungskomponenten reduziert werden, jedoch sind die Kosten dafür sind meist relativ hoch bzw. ist der benötigte Bauraum in vielen Fällen einfach nicht gegeben. Auch die Langzeitstabilität im Sinne von Messperformance bzw. Temperaturabhängigkeit ist bei solchen Begrenzungssystemen völlig ungeklärt. Hier soll der Einsatz von neuartigen z.B. Dünnschichtemittern einen wesentlichen Fortschritt bringen.

#### 4.2.2 Infrarot-Filterphotometer mit foto-akustischem Detektor

Der optische Aufbau des foto-akustischen Detektors gleicht dem pyroelektrischen Detektor. Die Lichtquelle wird jedoch gepulst ausgestrahlt. Trifft der gepulste Lichtstrahl auf CO<sub>2</sub> - Moleküle, so wird ein Teil des Lichtes absorbiert und die CO<sub>2</sub> Moleküle ändern ihren Schwingungszustand. Stößt ein so angeregtes Molekül mit anderen 2 Molekülen wie Stickstoff oder Wasser zusammen, kann es seine Vibrationsenergie an den Stoßpartner abgeben, der dadurch seine Geschwindigkeit erhöht. Diese Geschwindigkeitserhöhung

führt zu einer Druckerhöhung in der Messzelle, die mit dem Mikrofon nachgewiesen werden kann. Ist kein CO<sub>2</sub> in der Messkammer vorhanden, gibt es keine Druckwelle. Somit ist der Nullpunkt immer klar definiert. Das Ausgangssignal ist praktisch linear. Dies stellt entscheidende Vorteile gegenüber den pyroelektrischen Sensoren mit einem Messkanal dar. In der Praxis sind fotoakustische Sensoren jedoch nicht zu finden. Dies dürfte entweder aufgrund von hohen Herstellungskosten oder aufgrund anderer technischer Nachteile z.B. Querempfindlichkeiten gegenüber Druckstößen – die hier nicht untersucht werden können – zustande kommen.

### 4.3 Stand der Technik bei Mischgassensoren (VOC-Sensoren)

Mischgassensoren bestehen im Wesentlichen aus einem Halbleiterrohr mit innenliegenden Heizung. Das hochporöse Halbleiterrohr besteht aus dotiertem Zinndioxid und dient als Katalysator. Gase und Dämpfe, die mit der Sensoroberfläche in Berührung kommen, werden zu CO<sub>2</sub> und Wasserdampf oxidiert. Der zur Oxidation benötigte Sauerstoff wird dabei dem Zinndioxid entzogen. Dabei werden Elektronen frei, was den Widerstand des Halbleiters verändert. Diese Widerstandsänderung kann als Spannungsänderung abgegriffen werden.

Da der Katalysator geheizt werden muss, ist der Energieverbrauch von VOC Sensoren größer als der, auf optischer Basis arbeitenden CO<sub>2</sub> Sensoren und kann im Mittel 1 – 2 Watt erreichen.

Mischgasfühler messen breitbandig, d. h. aufgrund Fühlersignale kann weder auf die Art der Gase noch auf deren Konzentration geschlossen werden. Wegen der sich stets ändernden Zusammensetzung der Raumluft ist es sogar wünschenswert, dass der Fühler zur Erfassung der Raumluftqualität breitbandig misst. Während sowohl CO<sub>2</sub> als auch VOC Sensoren verwendet werden können um die Raumluftqualität zu messen, sind diese Sensortypen nicht gleichwertig.

Im Gegensatz zu einem CO<sub>2</sub>-Sensor kann ein VOC-Sensor nicht die erforderliche Luftwechselrate bestimmen, sondern nur das Niveau von organischen Verbindungen in der Raumluft. Er kann auch nicht unbedingt mit Sicherheit angeben, ob eine schädliche Konzentration von organischen Verbindungen in der Raumluft vorhanden ist. Er kann lediglich eine allgemeine Veränderung in der Konzentration von Verunreinigungen anzeigen. Dies macht solche Luftqualitätssensoren eine Lösung für Anwendungen bei denen ungewöhnliche, nicht direkt personenbezogene Verunreinigungen in der Raumluft auftreten, wie z.B. Zigarettenrauch in Veranstaltungshallen.

Üblicherweise wird ein VOC Wert im Messbereich von 0 – 100 % ausgegeben. Manche Hersteller von VOC Sensoren geben die Messergebnisse der Geräte als „CO<sub>2</sub>-Äquivalente“ in PPM aus, was zu Verwechslungen mit tatsächlichen CO<sub>2</sub> Sensoren führen kann.

### 4.4 Präsenzdetektoren

Die Detektion der Anwesenheit von Personen wird üblicherweise durch Bewegungsdetektion mittels passiven thermischen IR (PIR) Sensoren realisiert ist. Zu beachten ist das diese Sensoren lediglich ein binäres Signal (Personen(n) anwesend/nicht anwesend) ausgeben und nicht die im Projekt auch untersuchte Funktion der Messung oder Schätzung der Personenanzahl ermöglichen.

Im praktischen Einsatz geben PIR Sensoren sogar manchmal kein Anwesenheitssignal ab, wenn sich die im Raum anwesenden Personen nicht oder nur wenig bewegen. So kann es z.B. in Hörsälen oder Arbeitsräumen in welchen die Personen lange Zeit einer sitzenden Tätigkeit nachgehen oder eine Veranstaltung verfolgen, durchaus über gewisse Zeiträume zu einer fehlerhaften Meldung „keine Personen anwesend“ kommen.

### 4.5 Feuchte und Temperatursensoren

Die heute am Markt verfügbaren Feuchtesensoren sind praktisch immer als Sensoren für relative Luftfeuchtesensoren ausgeführt. Da die Temperatur als wichtiger Parameter immer mitgemessen wird, kann

aus diesen Werten direkt auf die absolute Feuchtigkeit bzw. die Taupunkttemperatur als abgeleitete geschlossen werden.

Die im Einsatz befindlichen Primärsensoren sind entweder als resistive Sensoren oder als kapazitive Sensoren mit feuchteempfindlichen Dielektrikum ausgeführt. Je nach Aufbau und Hersteller sind große Unterschiede in der Beständigkeit gegenüber chemischer Kontamination (z.B. durch Reinigungsmittel, Wandfarben,...) oder in der generellen Langzeitstabilität (auch über Temperatur bzw. temporärer Betaung) feststellbar. Die etwas teureren kapazitiven Elemente liefern hier grundsätzlich bessere Ergebnisse wodurch sie für den langjährigen Einsatz in HKL Systemen prädestiniert sind.

Bei den Temperatursensoren werden typischerweise Widerstandssensoren als Primärelemente eingesetzt. Diese zeichnen sich durch hohe Stabilität und ein sehr gutes Preis Leistungsverhältnis (im Sinne des Gesamtsystems) aus.

Aktuell ist ein Trend Richtung aktiver Primärelemente in der HKL Branche erkennbar. Die aktiven Elemente erleichtern durch die im Primärelement integrierte Messschaltung und teilweise auch der integrierten Justageparameter deutlich die Konstruktion eines Messsystems was natürlich zu einem kostengünstigen System führt. Durch die meist sehr kleinen Kapazitätswerte muss die Langzeitstabilität und Robustheit dieser Systeme allerdings erst auf das hohe Niveau der arrivierten, kapazitiven Sensoren kommen um im HKL Bereich bestehen zu können.

#### 4.6 Auflistung der betrachteten Hersteller / Händler

- ABB
- Acme Engineering Prod. Ltd.
- Aeroqual
- AirTest Technologies Inc.
- Amphenol Sensors/Amphenol Sensors Telaire/ Telaire Europe AB
- Arcus-Eds
- Atal
- B.E.G. Luxomat
- Berker
- Bösch
- Building Automation Products, Inc.
- Busch-Jaeger Elektro GmbH
- Carrier
- CBSR d.o.o.
- CO2 Meter, Inc.
- Drexel und Weiss
- E+E Elektronik
- Eap Electric
- Edinburgh Instruments Ltd
- Elgato
- ELKA Elektronik GmbH
- Elsner Elektronik GmbH
- ELT Sensor
- Eltako
- Emerson Climate Technologies
- EnOcean
- eQ-3 AG (HomeMatic)
- Futurlec

- Gas Sensing Solutions
- Gira
- Homee
- Honeywell
- IDEAL INDUSTRIES INC.
- Ion Science
- Johnsoncontrols
- Joventa
- Jumo
- Jung
- Kele
- KNX Gebäudesysteme
- KOREA DIGITAL CO. LTD
- KOREA DIGITAL CO. LTD Sensecube
- Loxone
- Loytec
- MDT technologies GmbH
- Nano Sense
- Netatmo
- OmniSense LLC
- Onset
- Oppermann Regelgeräte
- OptoSense AS
- Pewatron
- Pluggit
- Powercast Corporation
- Pressac
- Pressac Communications Ltd
- PROTRONIX s.r.o.
- S+S Regeltechnik
- Sauter Controls
- Schneider Electric
- Schrack
- Senseair
- SenseAir AB
- Sensorshop24
- Sortec
- Siblik
- Siemens
- Steinel
- Swegon
- SyxthSense Ltd
- Theben
- Thermokon
- Trend Control Systems
- Trotec
- Vaisala GmbH
- Ventilation Control Products Sweden AB



- Veris
- Wiicom
- WiSensys
- Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co. Ltd

## 4.7 Samplegrößen

Es wurden insgesamt 106 Datenblätter relevanter Sensoren gesammelt. Nach der Auswertung der Datenblätter konnten 42 Sensoren in eine engere Analyse mit einbezogen werden. Eine größere Anzahl der Sensoren musste wegen unvollständiger bzw. inkonsistenter Information in Datenblättern in Bezug auf die projektrelevanten Parameter aus der näheren Analyse ausgeschlossen werden. Wo es möglich war, wurden äquivalente Werte ermittelt (z.B. im Sinne von Spitzenstrom/Spitzenleistung).

Sämtliche Parameter die in die Analyse einfließen sind den verfügbaren Datenblättern und Herstellerdokumenten entnommen worden. Sensorkosten wurden auf Händlerportalen ermittelt.

Letztendlich wurde ein Fokus auf die für das Projekt besonders relevanten CO<sub>2</sub> Sensoren und Luftgütesensoren (VOC) gelegt. Hier konnten 19 (bzw. 12) Sensoren ausgewertet werden in den anderen Kategorien Temperaturmessung und Präsenzdetection wurden 5 bzw. 6 Sensoren in die nähere Betrachtung übernommen. Anmerkung zu Kombinationssensoren: Mehrere der ausgewerteten Sensoren bieten eine Kombination aus CO<sub>2</sub>-, Relativer Feuchte- und Temperaturmessung. Diesem Umstand wurde mit dem Auswerteparameter "Anzahl Messmodalitäten" Rechnung getragen. Bei solchen Kombinationssensoren wurde dann die jeweils "höchstwertige" Sensormodalität als Auswertekriterium "Sensorart" übernommen. Aus diesem Grund tritt der Sensorart "Luftfeuchte" in den Auswertung nicht auf da er bei den betrachteten Sensoren immer mit der höherwertigen Funktion CO<sub>2</sub>- Messung bzw. VOC- Messung kombiniert war.

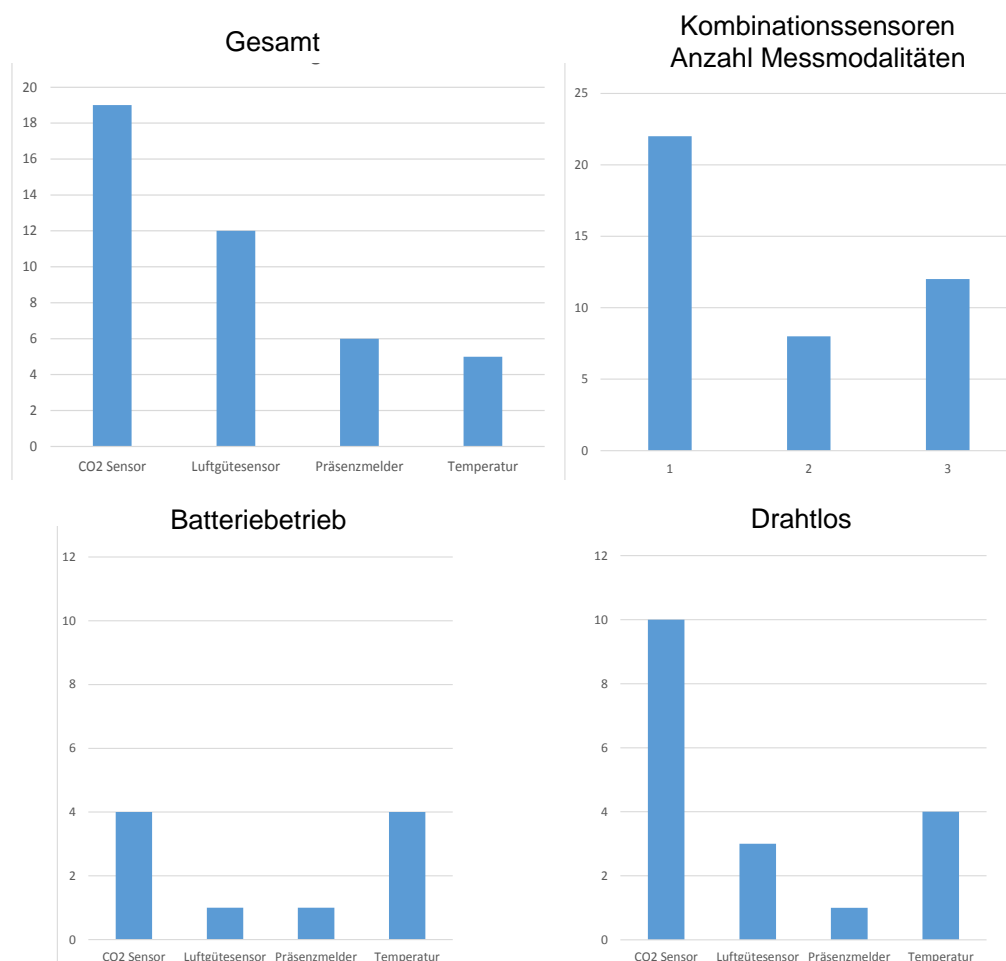


Abbildung 1: Anzahl der analysierten Sensoren aufgeschlüsselt nach Typ, davon Batteriebetrieb bzw. Drahtlos.

## 4.8 Analysen

Ziel der Analyse ist es die erhobenen Sensoren für die CO<sub>2</sub> - und Luftqualitätsmessung im Sinne der Fragenstellungen des Projekts, zu vergleichen. Der Schwerpunkt der Analysen liegt auf den technischen Parametern unter Berücksichtigung der Kosten und des Sensor-Energieverbrauchs selbst.

### 4.8.1 Energieverbrauch, Spitzenstrom und Batteriebetrieb

Der Energieverbrauch der Sensoren stellt für den Betrieb des Gesamtsystems und die möglichen Einsparungen einen wesentlichen Faktor dar. Ein häufiges Batteriewechseln ist ein wesentlicher Kosten- und vor allem „negativer“ Komfortfaktor. Um ein möglichst einfaches Nachrüsten in einem Bestandsgebäude zu ermöglichen, wird hier beispielsweise von einem rein batteriebetriebenen Sensor mit Datenübertragung per Funk bzw. von einem nachrüstbaren Bussystem ausgegangen.

Den größten Anteil des Gesamtenergieverbrauches in einem CO<sub>2</sub> Messsystem hat die IR-Quelle. Die IR-Quelle ist gleichzeitig auch für den größten Spitzenstrom in einem typischen Messsystem verantwortlich. Da der Spitzenstrom bis zu 400 mA je Sensor betragen kann ergibt sich bei einem Busbetrieb von z.B. 20 Sensoren einen Gesamtspitzenstrom von 8A – was für die typischen Busleitungen und die Netzteile deutlich zu hoch ist.

Um hier eine Verbesserung zu erreichen, wurden vor allem neue Betriebsstrategien untersucht und unterschiedliche IR-Quellen evaluiert und getestet.

Anstelle der herkömmlichen Lampen kommen als IR Quelle entweder IR-LED`s mit sehr selektiver Abstrahlcharakteristik im Bereich 4,2 µm oder spezielle Dünnschichtstrahler in Frage.

#### 4.8.1.1 Test IR-LED

Bei den IR-LED`s gibt es neben den grundsätzlichen kaufmännischen Problem (derzeit sind weltweit nur zwei Hersteller solcher LED`s bekannt, die Preise liegen bei deutlich über 10€ - somit einen Faktor 100 über dem Preis von IR Lampen) gleich mehrere technische Probleme.

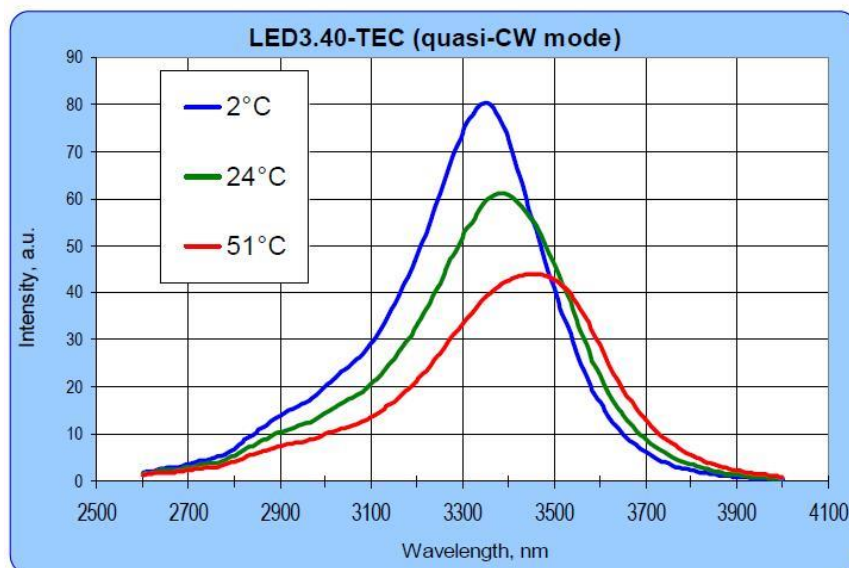


Abbildung 2: Unzureichende Stabilität über die Einsatztemperatur.

Die HKL Sensoren sind häufig an unbeheizten Orten der Klimaanlage (direkt unterm Dach) installiert und müssen daher in einem relativ breiten Temperaturbereich (-20..50°C) zuverlässige Werte liefern. Die LED`s schwanken in diesem Bereich jedoch um über 50% was eine zuverlässige CO<sub>2</sub> Erfassung definitiv verhindert.

Extrem kleines Messsignal:

Die IR-LED`s liefern ein sehr kleines Messsignal im  $\mu\text{V}$  Bereich das nur durch sehr aufwendige LockIn Verstärker aus dem Rauschen herausgefiltert werden kann.



**Abbildung 3: Aufbau CO2-Sensor mit IR-LED und Photodiode mit galvanisch vergoldetes Rohr als Strahlengang**

Ergebnis für LED-Quellen:

Daher sind IR-LED`s der aktuellen Generation für den Einsatz in CO2 Messsystemen ungeeignet.

#### 4.8.1.2 Dünnschichtstrahler:

Dünnschichtstrahler sind auf aus dünnen Siliziummembranen aufgebraute Heizstrahler, die eine sehr kleine Zeitkonstante haben und somit schnelle Impulse ermöglichen. Dadurch kann einerseits die On-Time deutlich reduziert werden, und auch alternative Auswertestrategien können getestet werden. Zusätzlich kann damit der Spitzenstrom um auf etwa 50% und der Dauerstrom auf etwa 80% gegenüber einer IR Lampe gesenkt werden.

Als Nachteil müssen ebenfalls die deutlich höheren Kosten, die etwas geringeren Signale und einen noch nicht ausreichende Langzeitstabilität festgestellt werden.

Ergebnis für Dünnschichtstrahler:

Dünnschichtstrahler zeigen grundsätzlich hohes Potential für die Industrialisierung in CO2 Systemen. Die aktuellen Versionen sind allerdings noch nicht in einem ausreichenden Reifezustand.

#### 4.8.1.3 Energieverbrauch

Der Energieverbrauch der Sensoren wurde im Projektkontext ermittelt um den möglichen Energieeinsparungseffekt (siehe dazu Projektbericht D2.3 ökonomische Anforderungen) durch den Einsatz von CO2 oder Luftqualitätssensoren für die Optimierung der Lüftung abschätzen zu können. Die Auswertung in Abb. zeigt den gegenüber "einfachen" Sensoren erkennbar erhöhten mittleren Leistungsbedarf der CO2 / Luftgüte-Sensorik gegenüber konventionellen, einfachen Präsenzsensoren. Werden diese im Austausch gegen z.B. Präsenzdetectoren benutzt muss mit einem mittleren Leistungsbedarf von zumindest plus 600 mW pro Raum gerechnet werden („best case“ Annahme aus Abb. 6, siehe Präsenzdetectoren gegenüber Lüftungssensoren). Bezogen auf ein Jahr würde sich eine Energiemenge von 5.3 kWh/a pro so ausgestatteten Raum ergeben. Diese müsste also durch zumindest gleichwertige Einsparungen auf der Ebene der Lüftungsoptimierung kompensiert werden können. Werden diese Sensoren nachgerüstet ohne z.B. vorhandene Sensorik zu entfernen würde dieser Betrag auf 7 kWh/a pro Raum steigen. Es ist anzumerken das für die obige Abschätzung lediglich der mittlere Leistungsbedarf herangezogen wurde. Spitzenbedarf wird in den Datenblättern größtenteils sehr uneinheitlich dokumentiert und kann für eine Auswertung des Jahresenergiebedarfs schwer herangezogen werden.

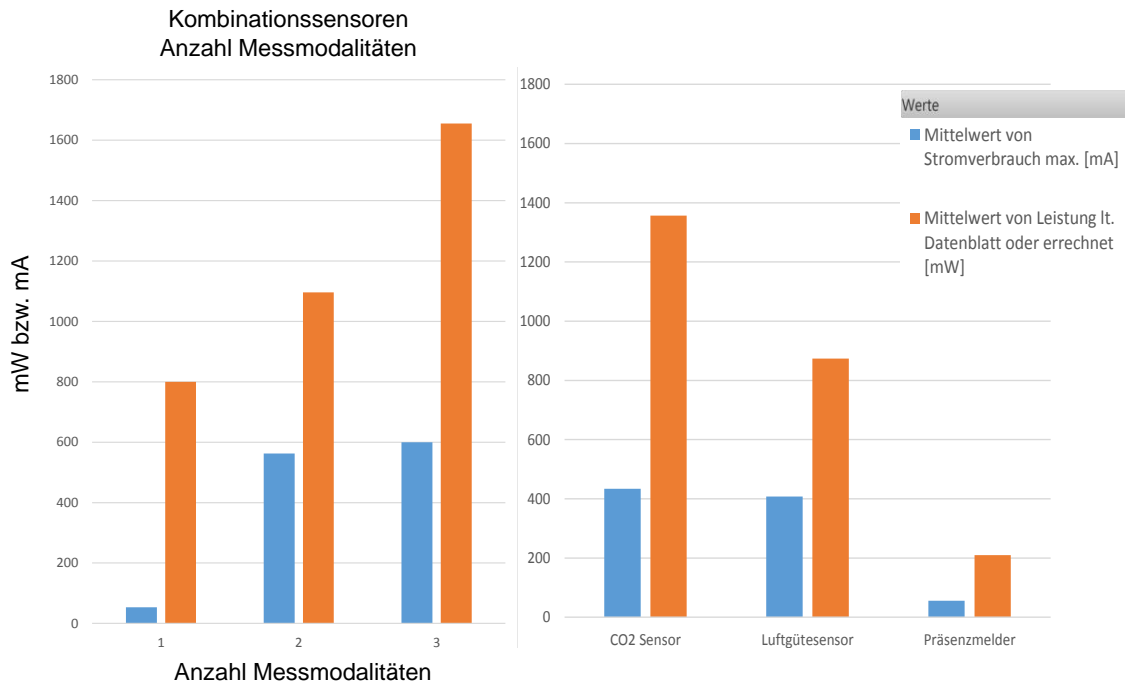


Abbildung 4: Mittlerer max. Stromverbrauch bzw. Leistungsaufnahme aufgeschlüsselt nach Anzahl der Messmodalitäten in Kombinationssensoren und nach Sensorart

#### 4.8.1.4 Drahtlose Datenübertragung

##### Reichweite, Batterielebensdauer

Eine Nachrüstung von Bestandsgebäuden wird oft durch die Notwendigkeit der Nachrüstung von strukturierten Daten-/Buskabel erschwert die für die hochwertige Sensorik benötigt wird. Ein Einsatz der im Projekt entwickelter und untersuchter Strategien zu Optimierung der HKL-Systeme ist jedoch abhängig von einer solchen Sensorik. Am Markt werden sowohl drahtlose Datenübertragung als auch vollkommen drahtlose Sensoriken mit Batteriebetrieb angeboten. Batteriebetriebenen Sensoren, aber mit drahtgebundener Datenübertragung werden aus verständlichen Gründen nicht angeboten (siehe dazu auch Abb. 1). Insgesamt wurden 18 Sensoren ausgewertet die auch eine drahtlose Übertragung der Messwerte ermöglichen. Die Funkreichweiten werden dabei je nach benutzen Funksystem mit zwischen 30 und 100m im Indoor-Bereich angegeben (siehe Abb. 7). Hier fehlt es aber oft an systematischen und vergleichbaren Informationen in den Datenblättern.

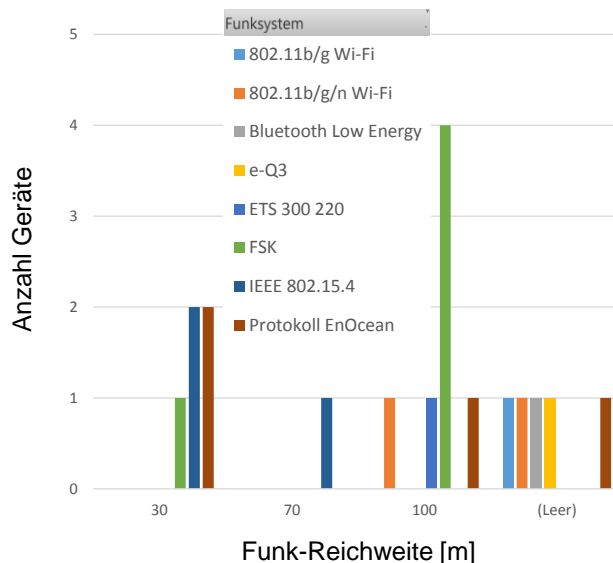


Abbildung 5: Vergleich von Funk-Reichweiten laut Datenblättern für Drahtlose Sensoren. (Leer) bedeutet keine Angabe im Datenblatt.

Bei batteriebetriebenen Sensoren ist die Batterielebensdauer ein entscheidender Faktor für die tatsächliche Einsetzbarkeit in der Gebäudetechnik. Abb. 8 zeigt die, in den Datenblättern angegebene, Lebensdauern im Vergleich für unterschiedliche Sensorarten. Es werden Lebensdauern von 1 bis 15 Jahren angegeben. Es fällt auf, dass die Batterielebensdauer bei CO<sub>2</sub> Sensoren, zumindest laut den Datenblattangaben, mit 1 bis 15 Jahren eine große Bandbreite haben und sehr uneinheitlich sind. Die Lebensdauern der Batterien bei reinen Temperatursensoren sind jedoch im Mittel über die betrachteten Geräte erkennbar länger.

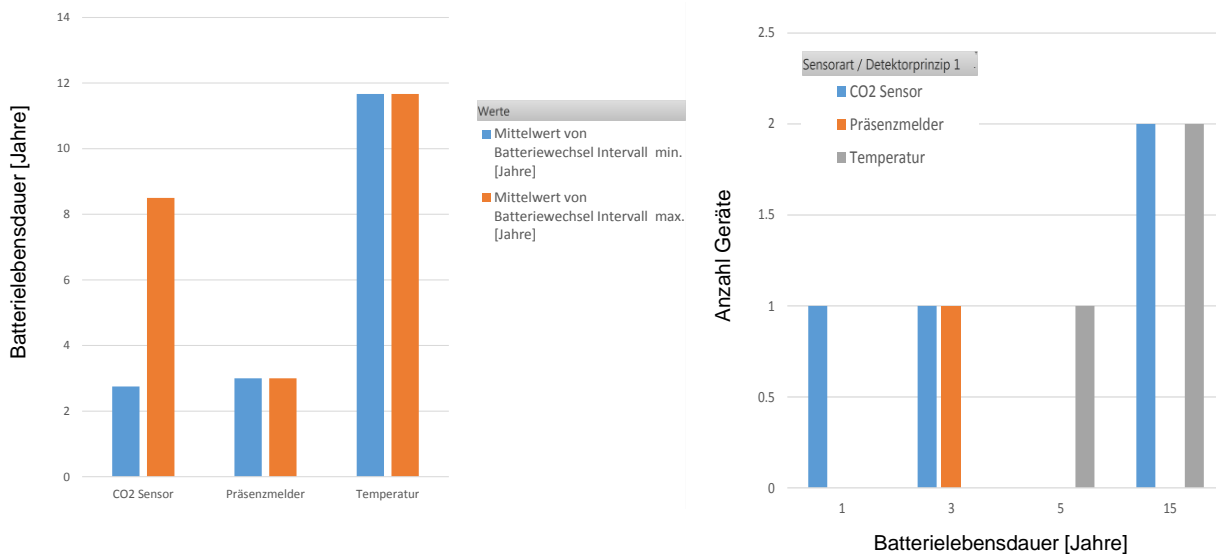


Abbildung 6: Vergleich von Batterielebensdauer lt. Datenblatt für unterschiedliche Sensoren

#### 4.8.1.5 Preis

Beim Neueinsatz hochwertiger Sensorik oder beim Nachrüsten von Bestandsgebäuden ist der Kostenfaktor eine wesentliche Entscheidungsgrundlage. Ein Einsatz der im Projekt entwickelter und untersuchter Strategien zur Optimierung der HKL-Systeme ist jedoch abhängig von einer solchen Sensorik. Die mittleren Kaufpreise für die unterschiedlichen Sensorarten sind, in Drahtlose und Drahtgebundene Kommunikation aufgeschlüsselt, in der Abb. 8 gezeigt. Ein Faktor 2-3 muss beim Einsatz von CO<sub>2</sub>- oder VOC Sensoren gegenüber „einfachen“ Präsenzmeldern oder Temperatursensoren angenommen werden, in absoluten Zahlen 150 - 300 EUR.

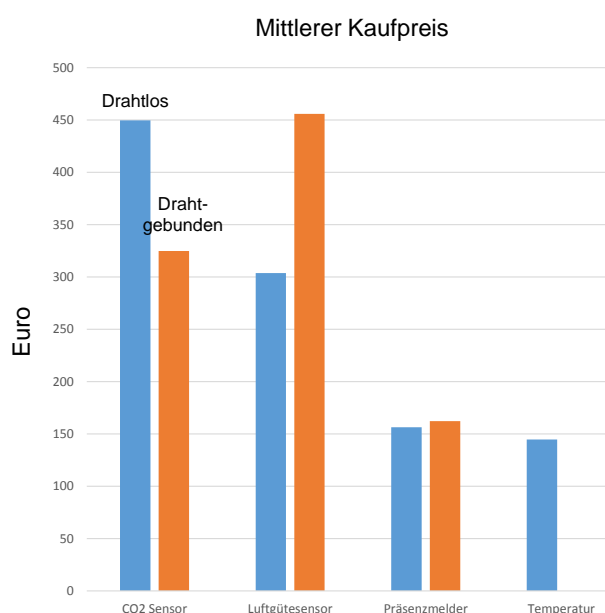


Abbildung 7: Mittlere Preise von CO<sub>2</sub>-, Luftgüte-, Präsenzmelder- und Temperatursensoren

## 5 Zusammenfassung

In Bezug auf einen wichtigsten Aspekten dieses Projekts, die Energieoptimierung des HKL-Gesamtsystems, zeigt die Auswertung den gegenüber "einfachen" Sensoren einen erkennbar erhöhten mittleren Leistungsbedarf der CO<sub>2</sub> / Luftgüte-Sensorik gegenüber konventionellen, einfachen Präsenzsensoren. Werden diese im Austausch gegen z.B. Präsenzdetektoren benutzt um den Einsatz von Lüftungsanlagen zu optimieren muss mit einem mittleren Leistungsbedarf von zumindest plus 600 mW pro Raum gerechnet werden. Bezogen auf ein Jahr würde sich eine Energiemenge von 5.3 kWh/a pro so ausgestatteten Raum ergeben. Diese müsste also durch zumindest gleichwertige Einsparungen auf der Ebene der Lüftungsoptimierung kompensiert werden können. Werden diese Sensoren nachgerüstet ohne z.B. vorhandene Sensorik zu entfernen würde dieser Betrag auf 7 kWh/a pro Raum steigen.

Bei den Kosten muss Faktor 2-3 beim Einsatz von CO<sub>2</sub>- oder VOC Sensoren gegenüber „einfachen“ Präsenzmeldern oder Temperatursensoren angenommen werden, in absoluten Zahlen 150 - 300 EUR pro Sensor.

## 6 Anhang

### 6.1 Tabellenwerk

#### 6.1.1 Drahtlose Sensoren

Hersteller	Hersteller Homepage	Herstellerbezeichnung Typennummer	Sensorart / Detektorprinzip 1	Sensorart / Detektorprinzip 2	Sensorart / Detektorprinzip 3
OmniSense LLC	<a href="https://shop.omnisense.com">https://shop.omnisense.com</a>	S-1 Wireless T, %RH, WME Sensor	Temperatur	Feuchte	
Powercast Corporation	<a href="http://www.powercast-sensors.com">http://www.powercast-sensors.com</a>	WSN-1101-THD	Temperatur	Feuchte	
S+S Regeltechnik	<a href="http://www.spluss.eu">http://www.spluss.eu</a>	Kymasgard RTF 2-FSE	Temperatur	Feuchte	
KotoLabs	<a href="https://koto.io/">https://koto.io/</a>	Koto Air	Luftgütesensor	Temperatur	Feuchte
AirTest Technologies Inc.	<a href="http://www.airtest.com">http://www.airtest.com</a>	TR9299-WiFi	CO2 Sensor	Temperatur	
E+E Elektronik	<a href="http://www.epluse.com">http://www.epluse.com</a>	EE245	CO2 Sensor	Temperatur	Feuchte
Netatmo	<a href="https://www.netatmo.com">https://www.netatmo.com</a>	Indoor Module	CO2 Sensor	Temperatur	Feuchte
WiSensys	<a href="http://www.wisensys.com">http://www.wisensys.com</a>	WS-DLC	CO2 Sensor	Temperatur	Feuchte
Siemens	<a href="http://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/en/buildingautomation-hvac/hvac-products/hvac-sensors/Pages/sensors.aspx">http://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/en/buildingautomation-hvac/hvac-products/hvac-sensors/Pages/sensors.aspx</a>	QAX95.4	Temperatur		
SyxthSense Ltd	<a href="http://www.syxthsense.com">http://www.syxthsense.com</a>	LA-FL	Präsenzmelder		
SyxthSense Ltd	<a href="http://www.syxthsense.com">http://www.syxthsense.com</a>	HDH-FL-RH	Luftgütesensor		
Wiicom	<a href="http://www.wiicom.it">http://www.wiicom.it</a>	Sol-TH-CO2-B1-S01-S	Luftgütesensor		
AFRISO-EURO-INDEX GmbH	<a href="http://www.afriso.de">http://www.afriso.de</a>	CO2 Sensor F	CO2 Sensor		
eQ-3 AG (HomeMatic)	<a href="http://www.eq-3.de">http://www.eq-3.de</a>	HM-CC-SCD	CO2 Sensor		
Omnia (AWAG)	<a href="http://www.awag.ch">http://www.awag.ch</a>	CO2-RW	CO2 Sensor		
OmniSense LLC	<a href="https://shop.omnisense.com">https://shop.omnisense.com</a>	S-19 Wireless CO2 Sensor	CO2 Sensor		
Powercast Corporation	<a href="http://www.idealwirelessensors.com">http://www.idealwirelessensors.com</a>	Wireless Sensor 58-N-1102-CO2-R	CO2 Sensor		
Powercast Corporation	<a href="http://www.powercast-sensors.com">http://www.powercast-sensors.com</a>	WSN-1102-CO2-R	CO2 Sensor		

## 6.1.2 Drahtgebundene Sensoren

Hersteller	Hersteller Homepage	Herstellerbezeichnung Typennummer	Sensorart / Detektorprinzip 1	Sensorart / Detektorprinzip 2	Sensorart / Detektorprinzip 3
S+S Regeltechnik	<a href="http://www.spluss.eu">http://www.spluss.eu</a>	RFTF-Modbus-PT5L	Temperatur	Feuchte	
Aeroqual	<a href="http://www.aeroqual.com">http://www.aeroqual.com</a>	S900	Luftgütesensor	Temperatur	Feuchte
Arcus-Eds	<a href="https://www.arcus-eds.de">https://www.arcus-eds.de</a>	SK30-TC-VOC	Luftgütesensor	Temperatur	
ABB	<a href="http://www.abb.de/eib">http://www.abb.de/eib</a>	ABB LGS/A1.1	CO2 Sensor	Temperatur	Feuchte
Amphenol Sensors	<a href="http://www.amphenol-sensors.com">http://www.amphenol-sensors.com</a>	T8100-R	CO2 Sensor	Temperatur	
Amphenol Sensors Telaire	<a href="http://www.amphenol-sensors.com/en/products/co2">http://www.amphenol-sensors.com/en/products/co2</a>	T8300-DB-BAC	CO2 Sensor	Temperatur	Feuchte
Arcus-Eds	<a href="https://www.arcus-eds.de">https://www.arcus-eds.de</a>	AE-S8-CO2-TF	CO2 Sensor	Temperatur	Feuchte
Arcus-Eds	<a href="https://www.arcus-eds.de">https://www.arcus-eds.de</a>	SK04-S8-CO2-TF	CO2 Sensor	Temperatur	Feuchte
CO2 Meter, Inc.	<a href="http://www.co2meter.com">http://www.co2meter.com</a>	tSense Touch Screen CO2 + RH/T	CO2 Sensor	Temperatur	Feuchte
CO2 Meter, Inc.	<a href="http://www.co2meter.com">http://www.co2meter.com</a>	aSENSE	CO2 Sensor	Temperatur	
E+E Elektronik	<a href="http://www.epluse.com">http://www.epluse.com</a>	EE800	CO2 Sensor	Temperatur	Feuchte
Rotronic Instruments	<a href="http://rotronic.co.uk/">http://rotronic.co.uk/</a>	CO2-DISPLAY	CO2 Sensor	Temperatur	Feuchte
ABB	<a href="http://www.abb.de/eib">http://www.abb.de/eib</a>	ABB PM/A 1.22.1.1 KNX	Präsenzmelder		
B.E.G. Luxomat	<a href="http://www.beg-luxomat.com">www.beg-luxomat.com</a>	Luxomat 92880 PD2-KNX-AP- weiß	Präsenzmelder		
B.E.G. Luxomat	<a href="http://www.beg-luxomat.com">www.beg-luxomat.com</a>	Luxomat 92884 PD4-KNX-DE- weiß	Präsenzmelder		
Berker	<a href="http://www.berker.de">http://www.berker.de</a>	Berker 75241004	Präsenzmelder		
Theben	<a href="http://www.theben.de">http://www.theben.de</a>	thePrema P360 KNX UP	Präsenzmelder		
Elsner Elektronik GmbH	<a href="http://www.elsner-elektronik.de">http://www.elsner-elektronik.de</a>	Sensor KNX AQS/TH-B-UP	Luftgütesensor		
Elsner Elektronik GmbH	<a href="http://www.elsner-elektronik.de">http://www.elsner-elektronik.de</a>	Sensor KNX Sewi AQS/TH-D	Luftgütesensor		
MDT technologies GmbH	<a href="http://www.mdt.de">http://www.mdt.de</a>	SCN-MGSUP.01	Luftgütesensor		
SyxtSense Ltd	<a href="http://www.syxtsense.com">http://www.syxtsense.com</a>	HDH-M-RH-N	Luftgütesensor		
Theben	<a href="http://www.theben.de">http://www.theben.de</a>	AMUN 716 KNX	Luftgütesensor		
Veris	<a href="http://www.veris.com">http://www.veris.com</a>	CWLPHT33 CW Protocol Series	Luftgütesensor		