

Luftqualität in Schulgebäuden

WP4. Messung und Überwachung
Task 4.1 - Definition eines Messprotokolls



Datum: 11.3.2020

Task Leader: Labor für Luftanalysen und Strahlenschutz, Provinz Bozen

Autor: Luca Verdi, Gianmaria Fulici, Clara Peretti

Co-Autoren: Partner

Index

Index.....	2
1. Konzept für Luftqualitätsmaßnahmen in Schulen	2
2. Inspektionen	6
3. Instrumentation	8
4. Messprotokoll.....	9
4.1 Instrumentelle Messungen.....	9
Die Beobachtung-Dauer	9
Messrichtlinien für biologische Analysen	9
Standort der Messgeräte	10
4.2 Subjektive Analysen.....	10
5. Checkliste für zusätzliche Informationen, die von den Schulen verlangt werden können .11	
6. Formular für die Anwesenheit von Schülern/Kindern in Schulen.....	12
7. Analyse und Simulationen mit Software.....	13

1. Konzept für Luftqualitätsmaßnahmen in Schulen

Um die für die Beobachtung zu verwendenden Instrumente und das zugehörige Messprotokoll zu bestimmen, sollten zunächst die Ziele der Beobachtung geklärt werden, indem die zu untersuchenden Fragen und Probleme festgelegt werden, wie anhand der folgenden Beispielen dargestellt wird. Nicht alle Fragen können beantwortet werden. Nach der Phase der Problembestimmung durch die verschiedenen beteiligten Akteure (Eigentümer von Schulgebäuden, Schulleiter, Verwalter, Behörden usw.) sollten die zu beantwortenden Fragen hervorgehoben werden, wobei die Aktionen und die damit verbundenen Maßnahmenansätze detailliert beschrieben werden.

Tabelle 1. QAES Probleme und Fragen

Problem	Frage	Wer	Aktionen, Maßnahmenansatz
Einige Gebäude kosten uns 3.000-4.000 € pro Tag an Energiekosten	Ist es möglich, Energiekosten zu sparen und gleichzeitig die Luftqualität zu erhalten oder zu verbessern?	Öffentliche Einrichtungen	- Verbrauchsmessung und Vor-/Nachbewertung - Energiesimulationen

Einige Gebäude sind überhitzt, aber die verschiedenen Vorschriften (Brandschutz usw.) hindern uns daran, einzugreifen	Ist es möglich, Lösungen zu finden, die den Komfort verbessern und gleichzeitig die Vorschriften einhalten?	Öffentliche Einrichtungen	- Messung der Lufttemperaturen
In einigen Teilen des Gebäudes gibt es Probleme mit zu niedrigen Temperaturen	Was kann getan werden?	Schulleiter	- Messung der Lufttemperaturen
In einem unterirdischen Gebäude empfinden die Schüler die Luftqualität als schlechter als in einem herkömmlichen Gebäude (obwohl letztere tatsächlich schlechter ist)	Was kann getan werden?	Schulleiter	- Messung der IAQ-Parameter + subjektive Analyse (Fragebögen)
Die Luftqualität kann ein subjektiver Parameter sein. Die Anpassung der Personen beeinflusst ihre Wahrnehmung	Es besteht eine Korrelation zwischen instrumentellen und subjektiven Messungen	Partner	- Messung der IAQ-Parameter + subjektive Analyse (Fragebögen)
Eine richtig durchgeführte natürliche Lüftung ist nicht teurer als kontrollierte mechanische Lüftung	Kann dies nachgewiesen werden?	Partner	- Messung der IAQ-Parameter + Massenstrom + Luftgeschwindigkeit - Software-Simulationen
Unkontrollierte kontrollierte mechanische Belüftung verschlechtert mit der Zeit die Luftqualität: Schwerpunkt Wartung	Kann dies nachgewiesen werden?	Partner	- Messung der IAQ-Parameter
Unkontrollierte kontrollierte mechanische Belüftung verschlechtert die Luftqualität mit der	Kann dies nachgewiesen werden?	Partner	- Messung der IAQ-Parameter

Zeit: Schwerpunkt Anlage			
Es gibt verschiedene Lüftungstechnologien: einzelner Raum, zentralisiert, ... und verschiedene Arten von Wärmerückgewinnern (Querstrom, Keramik, ...)	Wie wirken sich unterschiedliche Lüftungstechnologien auf die Luftqualität aus?	Partner	- Messung der IAQ- und Mikroklimaparameter (T und RH) vor/nach der Installation der Systeme
Lüftungs- und Steuerungssysteme in neuen Gebäuden sind sowohl in der Nutzung als auch in der Wartung komplex	Ist es möglich, das Personal in Betrieb und Wartung zu schulen? Wer sollte dies tun? Wann? Wie?	Schulleiter	- Analyse der aktuellen Strukturen, Bewertung von Änderungseingriffen
Eine kontinuierliche Beobachtung der Luftqualität ermöglicht es, rechtzeitig zu erkennen, wann Probleme auftreten und somit einzugreifen	Kann dies nachgewiesen werden?	Partner	- kontinuierliche Messung der IAQ-Parameter
Es gibt ein kostengünstiges System zur Beobachtung der Luftqualität. Wenn ja, von welcher Größenordnung der Kosten ist die Rede?	Kann dies nachgewiesen werden?	Partner	- Kontinuierliche Messung der IAQ-Parameter
Im Inneren von Gebäuden befinden sich Substanzen, die kaum bekannt und unerforscht sind und die gesundheitsschädlich sein können	Kann dies nachgewiesen werden?	Andere Einrichtungen	- Messung wenig bekannter Substanzen
Die Luftqualität eines Gebäudes der Klasse „A“ ist besser als die eines Gebäudes der Klasse „B“	Kann dies nachgewiesen werden?		- Messung der IAQ-Parameter - IAQ-Simulationen - Energiesimulationen

Erkranken Schüler in Schulen mit VMC weniger als in Schulen ohne VMC?	Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Luftqualität und der Abwesenheitsquote von Schülern?	Partner	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse der Abwesenheitsquote der Schüler - Messung der IAQ-Parameter - Fragebögen
Die Anzeige des IAQ-Wertes in einem Klassenzimmer schärft das Bewusstsein der Personen und erhöht die Qualität	Ist es möglich/ausreichend, Schüler und Lehrer anzuweisen, Öffnungen durch IAQ-Bildschirme zu verwalten?	Partner	<ul style="list-style-type: none"> - Vergleich von Klassenzimmern mit und ohne CO₂-Monitor
Die Größe und der Standort der Fenster beeinflussen die IAQ	Wie kann dies quantifiziert werden? Wie variiert die IAQ je nach Größe, Lage und Öffnungsart der Fenster?	Partner	<ul style="list-style-type: none"> - Messung der IAQ-Parameter - IAQ-Simulationen - Energiesimulationen
Luftdichtere Gebäude haben eine schlechtere IAQ	Wie kann dies nachgewiesen werden und welche Schritte können dagegen unternommen werden?	Kindergarten	<ul style="list-style-type: none"> - Messung der IAQ-Parameter und Vergleich vor und nach dem Fensterumbau
IAQ und IEQ sind miteinander verbunden	Gibt es einen Zusammenhang zwischen Temperatur- und Feuchtigkeitsparametern und der IAQ?	Partner	<ul style="list-style-type: none"> - Messung von IAQ-Parametern und mikroklimatischen Parametern

2. Inspektionen

Um Informationen über die Nutzung der beobachteten Schulen zu erhalten, wird im Folgenden ein Formular für Schulinspektionen bereitgestellt.

QAES - Formular für die Schulinspektion

Datum	
Anwesende Personen	
Formular ausgefüllt von	

Name der Schule,	
EGID (Gebäudeidentifikator)	
Adresse/Nummer	
Anzahl der Stockwerke (oberirdisch/unterirdisch)	
Kontaktdaten des Verantwortlichen	
Nützliche Telefonnummern für die Kontaktaufnahme mit der Einrichtung	

Nutzung, Räume und Struktur (für jedes Gebäude - Gebäudekörper/Schule/Nutzungsbestimmung)

Nutzungsstunden	
Anzahl der Klassen	
Anzahl der Schüler	
Kantine	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
Turnhalle	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
Werkstätten	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
Andere Räumlichkeiten	
Besondere Räumlichkeiten	
Wartung	
Schulgebäudereinigung	(Uhrzeiten, Reinigungsservice, ...)
Wireless verfügbar	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>

Merkmale der Klassenzimmer (für jedes Gebäude - Gebäudekörper/Schule/Nutzungsbestimmung)

Höhe der Klassenzimmer	
Fenster (beschreiben)	
Einrichtung	
Ausstattung	

Gebäudemerkmale

Baujahr	
Renovierungsjahr	
Gebäudeumgebung	Ländlich <input type="checkbox"/> städtisch <input type="checkbox"/> Stadtzentrum <input type="checkbox"/> leichter Verkehr <input type="checkbox"/> starker Verkehr <input type="checkbox"/> Industriegebiet <input type="checkbox"/>
Ausrichtung	Norden <input type="checkbox"/> Süden <input type="checkbox"/> Westen <input type="checkbox"/> Osten <input type="checkbox"/>

Energieklasse	
Wände	Dämmung: ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
Fenster	PVC Holz <input type="checkbox"/> Aluminium <input type="checkbox"/> Installationsdatum: Glas: einfach <input type="checkbox"/> doppelt <input type="checkbox"/> dreifach <input type="checkbox"/>

Anlagen

Brennstoff	Erdgas LPG Dieselkraftstoff Biomasse
Erneuerbare Energien	Photovoltaik Solarthermie
Heizung	
Kühlung	
Wärmeerzeugung	Heizung Wärmepumpenheizung Fernwärme Neu datiert
Ergänzende Heizung	(Öfen, Holzöfen, Pelletöfen, ...)
Kälteerzeugung	Wärmepumpenheizung Kältemaschine Neu datiert
Warmwasserbereitung	Kesselwiderstand Heizung Wärmepumpenheizung Fernwärme
Emissionen	Heizkörper (Radiatoren) <input type="checkbox"/> Fußbodenheizung <input type="checkbox"/> Deckenstrahlungssystem <input type="checkbox"/> Gebläsekonvektoren <input type="checkbox"/> Kanalsystem <input type="checkbox"/>
Einstellung	
VMC	Zentralisiert <input type="checkbox"/> einzelner Raum <input type="checkbox"/>
VMC - Wärmerückgewinnung	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
Verbrauch (Rechnungen)	Hohe Ausgaben <input type="checkbox"/> niedrige Ausgaben <input type="checkbox"/>
Aufzug	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
Nutzungszeiträume	Heizung Kühlung VMC

Endbearbeitungen

Wände Klassenzimmer	Verputzt verkleidet mit...
Wände andere Räume	Verputzt verkleidet mit...
Wände ...	Verputzt verkleidet mit...
Fußböden Klassenzimmer	In Holz Keramik/Feinsteinzeug PVC ...
Fußböden andere Räume	
Fußböden ...	

Probleme der letzten Jahre

Schimmelpilz	(Wo?)
Abgestandene Luft	(Wo?)
Gerüche	
Trockene Augen	
Unbehagen	
Temperaturen	(niedrig/hoch)
Radon	
Formaldehyd	
Hoher CO ₂ -Gehalt	
Sonstiges	

Wurden bereits Beobachtungen und Analysen durchgeführt?

--	--

Fotografieren von: Grundrissen (Brandschutz), Klassenzimmern, Gemeinschaftsräumen, Gebäudehülle, Anlagen

Erforderliche Instrumentation: Laserentfernungsmessung, Kamera.

Anzufordernde Unterlagen: Wartung der Anlagen.

3. Instrumentation

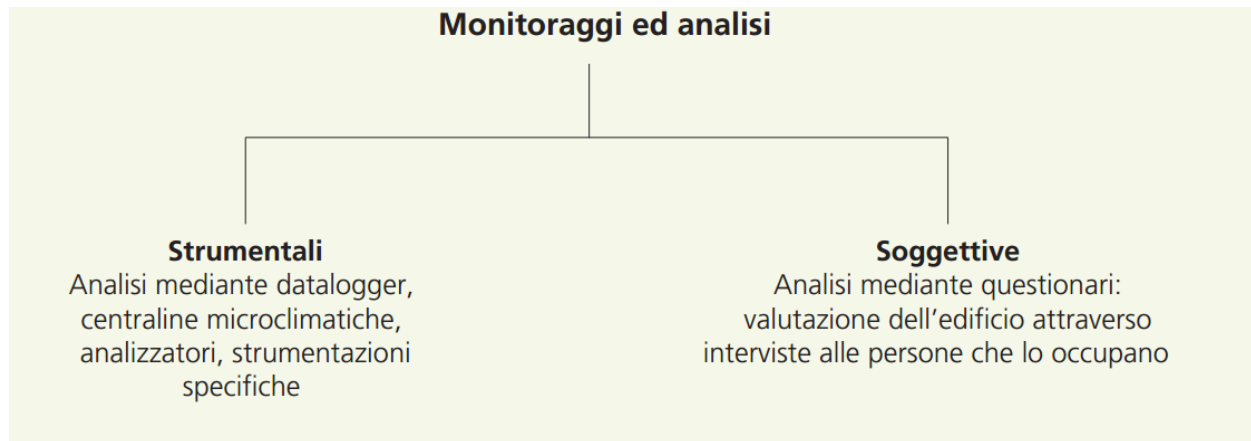
Die Instrumente für Luftqualitätserhebungen und ihre Merkmale sind nachstehend aufgeführt. Die in den verschiedenen Messkampagnen/Schulen zu verwendenden Instrumente können je nach den Zielen (siehe Tabelle unter Punkt 1), der Verfügbarkeit von Messzeit und Ressourcen sowie der Verfügbarkeit von Schulleitern/Lehrern ausgewählt werden.

Messparameter	Instrumentierung/Details
Formaldehyd	Kontinuierlicher Zähler
	Punktmessung (DNPH-Fläschchen)
CO ₂	Kontinuierliche Messung
VOC	Punktuelle Füllstandsmessung mit Kanister
TVOC	Kontinuierliche Messung
Radon	Kontinuierliche Messung
	Punktmessung (Dosimeter - 1 Jahr Messung)
Feinstäube (PM _x)	Kontinuierliche Messung
	Punktmessung
Temperatur Relative Luftfeuchtigkeit	Kontinuierliche Messung
Biologische Analysen	Mikrobiologischer Probenehmer, Punktmessung
Wärmebildkamera	Messung von Oberflächentemperaturen (Punktmessung)
Anemometer	Kontinuierliche/punktuelle Messung
Belüftungsrate	Blower-Door-Test
Luftstrom durch Lüftungskanäle	Balometer
Oberflächentemperaturmessgerät (Strahlungssysteme/Radiatoren)	Kontaktsensor IR-Sensor
Gerät zum Messen der Öffnung/Schließung von Fenstern	Magnetische Kontaktsensoren

4. Messprotokoll

Das Messprotokoll sieht zwei Arten von Analysen vor:

- Instrumentelle Messungen
- Subjektive Messungen durch Fragebögen



4.1 Instrumentelle Messungen

Jedes Gebäude hat andere Merkmale in Bezug auf die Hülle, die Verwaltung der Anlagen und die Nutzung. Das Messprotokoll wird angepasst und durch zusätzliche Messungen ergänzt, die auf der Grundlage des bestehenden Gebäudezustands ermittelt werden.

Die Beobachtung-Dauer

Die Beobachtung-Dauer kann je nach den Zielen und den Messgeräten variieren. Um die jahreszeitlichen Aspekte zu bestimmen, muss die Beobachtung während der kältesten und der wärmsten Jahreszeit durchgeführt werden.

Die kontinuierliche Beobachtung dauert mindestens eine Woche und höchstens die gesamte Saison (durchschnittliche Dauer: ein Monat). Das Messintervall für die verschiedenen Größen kann je nach Zeitraum und Eigenschaften des Gerätespeichers gewählt werden (das Messintervall kann 1 Minute/5 Minuten/10 Minuten betragen).

Messrichtlinien für biologische Analysen

Im Folgenden finden Sie einige operative Leitlinien für die biologischen Analysen.

- Die Analyse besteht darin, dass Luft mit einer bestimmten Durchflussrate (siehe unten) auf Petrischalen mit zwei Arten von Medien angesaugt wird: PCA und DRBC. Für PCA-Medien wird die Inkubation bei 22°C und 36°C durchgeführt.
- Der Luftansaugvolumenstrom beträgt 200 Liter. Jede Messung dauert 2 Minuten und wird in doppelter Ausführung durchgeführt (zwei Geräte nebeneinander in einem Abstand von 1 m und 1,25 m vom Boden).

Standort der Messgeräte

Damit der Sensor korrekte, d. h. nicht durch Einstrahlung und andere Phänomene verfälschte Daten erfassen kann, müssen bestimmte Positionierungsrichtlinien eingehalten werden:

- Die Sensoren müssen vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt werden (ohne Sonnenschutz würde das Thermometer z. B. nicht die tatsächliche Lufttemperatur anzeigen, sondern die des Thermometers selbst, das durch direkte Absorption der Sonneneinstrahlung erwärmt wird).
- Die Sonneneinstrahlung kann die Wände und Dächer von Gebäuden überhitzen: wenn sie auf der Außenhülle angebracht sind, können die Sensoren falsche Temperaturen anzeigen.
- Die Platzierung der Instrumente in den Klassenzimmern muss (in Übereinstimmung mit den verfügbaren Möglichkeiten) den folgenden Richtlinien entsprechen: sie müssen in einer Höhe von 1-1,5 m über dem Boden angebracht werden, an einem Punkt, der für die Bedingungen der gesamten Klasse repräsentativ ist, und sie müssen Störungen vermeiden (Türen, Fenster, Wärmequellen, ...)
- Ein optimaler Standort für die externen Parametermessgeräte ist auf der NORD-Seite.
- Die Windsensoren sollten in einer Höhe und in einem Abstand angebracht werden, der Hindernisse und Turbulenzen vermeidet.
- Die Geräte müssen gereinigt und regelmäßig kalibriert werden.

4.2 Subjektive Analysen

Die Vervollständigung der instrumentellen Messungen durch subjektive Analysen (Gespräche und Fragebögen) kann die Qualität der Analyseergebnisse verbessern, da sie Aspekte aus früheren Gebäudephasen berücksichtigt, die aus der Beobachtung oft nicht hervorgehen.

Die subjektiven Erhebungen können auch als Grundlage für die Bewertung der Anpassung des Messprotokolls der instrumentellen Analysen dienen: von den Personen angegebene Unannehmlichkeiten oder Störungen werden umfassend untersucht.

5. Checkliste für zusätzliche Informationen, die von den Schulen verlangt werden können

Um die Maßnahmen durch Informationen über Verwendung, Reinigung, Probleme usw. zu vervollständigen, werden die einzuholenden Informationen im Folgenden aufgeführt.

Nutzung der Klassenzimmer	Zeiten
Beschreibung des Tagesablaufs (Raumnutzung, Snackzeiten, Pause, Mittagessen, ...)	
Reinigungsdienst	Welche Produkte werden verwendet? Welche Häufigkeit? Details und Zeiten
Einrichtung	Produktbeschreibung, Jahr
In Schulen verwendete Materialien	Beschreibung von Typen und Details (z. B. Farbe, ...)

6. Formular für die Anwesenheit von Schülern/Kindern in Schulen

QAES – Beobachtung der Schule

Klasse:

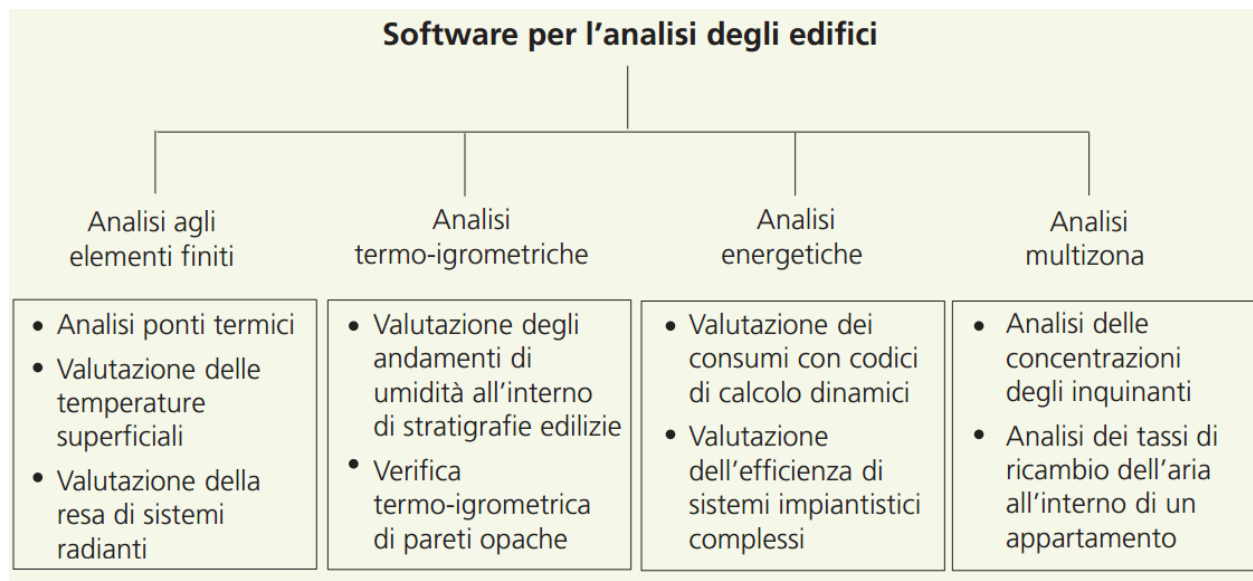
Datum	Anzahl der Kinder	Gesamtzahl der Personen	Art der Tätigkeit	Öffnung der Fenster

7. Analyse und Simulationen mit Software

Software-Simulationen unterstützen instrumentelle Erhebungen. Eine Analyse kann bei verschiedenen Arten von Ansätzen als vollständig definiert werden, wie z. B.:

- Instrumentelle Messungen + Simulationen;
- Subjektive Erhebungen + Simulationen.

Softwaresimulationen können verschiedene Aspekte von Gebäuden abdecken, wie im Folgenden ausgeführt wird.



Bozen, 11. März 2020.