

Luftqualität in Schulgebäuden

WP3. Stand der Technik und Marktübersicht

Task 3.4 - Kriterien für die Auswahl von Fallstudien



Datum: 30.11.2019

Task Leader: Eurac Research - Institut für Erneuerbare Energie

Autor: Annamaria Belleri

© ALLE RECHTE VORBEHALTEN

Index

1	Einführung	3
2	Auswahlprozess der Fallstudien.....	4
2.1	Datenerhebung über den Schulgebäudebestand.....	4
2.2	Treffen mit öffentlichen Verwaltungen.....	9
2.3	Kriterien für die Auswahl der Fallstudien.....	9
2.4	Inspektionen	11
3	Ausgewählte Fallstudien.....	11
	ANHANG A - Inspektionsformular	12
	ANHANG B - Checkliste für die Datenerhebung.....	14

1 Einführung

An der Auswahl der Fallstudien waren alle Projektpartner beteiligt, die ihre Erfahrungen einbrachten, um repräsentative Fallstudien der in ihrem jeweiligen Gebiet errichteten Schulgebäude zu ermitteln, die für die Zwecke der vorliegenden Studie von Interesse sein könnten:

- **Festlegung von Gestaltungsrichtlinien** (Größe der Klassenzimmer, Belüftungs- und Belichtungsverhältnis, Verwaltung der Lüftungsanlage, Commissioning, Materialien für die Innenverkleidung) auf der Grundlage von Erfahrungen mit renovierten und nicht renovierten Gebäuden;
- Festlegung von **Messprotokollen** zur **Beurteilung der Luftqualität** anhand derer mögliche Luftqualitätsprobleme ermittelt werden können;
- **Vergleich der Leistung** von Gebäuden mit ähnlichen Merkmalen und Nutzungen;
- **Überprüfung der Wirksamkeit weicher** (z. B. Änderung der mechanischen Lüftungssteuerung, regelmäßige Reinigung von Filtern und Kanälen, CO₂-Konzentrations-signale...) **und harter** (z. B. Installation einer dezentralen Lüftungsanlage, Ventilatoren für den Luftaustausch mit den Korridoren, Austausch von Fenstern, Austausch des Öffnungssystems, Austausch der Innenverkleidung durch emissionsarme Materialien...) **Verbesserungsmaßnahmen**.

2 Auswahlprozess der Fallstudien

Der Auswahlprozess der Fallstudien wurde ausgehend von einer Analyse der verfügbaren Daten über den Schulgebäudebestand in den vom Projekt abgedeckten Gebieten vorgenommen. Dank dieser Unterstützung und der Treffen mit den öffentlichen Verwaltungen, bei denen sich herausstellte, dass es notwendig war, in einigen Schulen einzugreifen, wurde eine Liste von Gebäuden erstellt, in denen Inspektionen organisiert wurden, begleitet vom Schulpersonal, das kurz interviewt wurde, um nachzuvollziehen, wie das jeweilige Gebäude verwaltet wird, und die Probleme in Bezug auf Komfort und Luftqualität auszumachen.

Im Anschluss an die Inspektionen wurden die 6 Projektfallstudien in der Region Südtirol in Absprache mit allen Partnern ausgewählt. Bei dieser Auswahl wurden auch die 6 bereits ausgewählten Fallstudien im Tessin berücksichtigt.

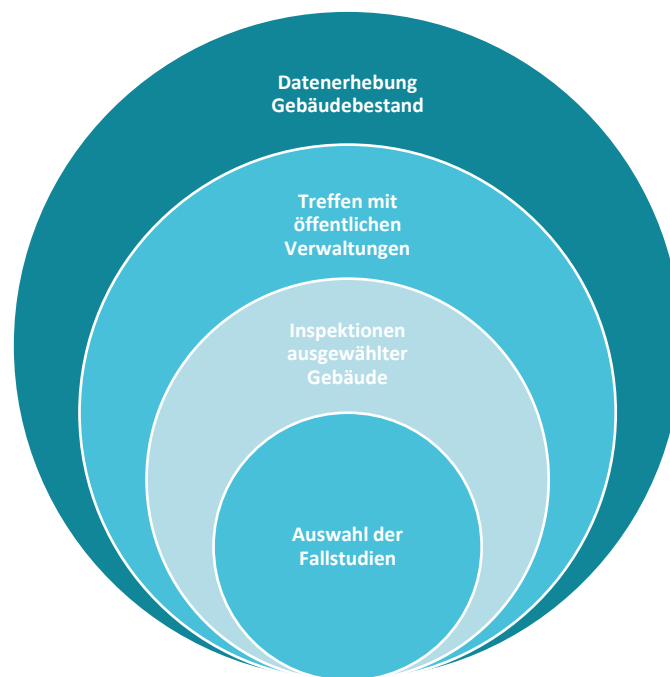


Abbildung 1. Auswahlprozess der Fallstudien.

2.1 Datenerhebung über den Schulgebäudebestand

Der Auswahlprozess der Fallstudien begann ausgehend von einer Sammlung von Daten, die von den Partnern über den Gebäudebestand zur Verfügung gestellt und unter Tabelle 1 zusammengefasst wurden.

Tabelle 1. Den Partnern zur Verfügung gestellte Datenbanken.

Datenbank	Art der Daten
Labor für Luft- und Lärmanalysen - Provinz Bozen	Messdatenbank, ohne direkten Bezug auf die Schule, bei der die Messungen durchgeführt wurden: Bildungsgrad, gemessene Parameter, ermittelte Konzentrationen, Jahr und Monat, in dem die Messung durchgeführt wurde
CasaClima Agentur	Zertifizierte (oder im Zertifizierungsprozess befindliche) CasaClima-Schulgebäude in der Provinz Bozen: Name,

	Adresse, Gesamtenergieklasse, Klasse der Gebäudehülle, Art des Heizungs- und Lüftungssystems, Fläche, Volumen, Verhältnis von Verteilungsfläche/Volumen (A/V), Datum der Zertifizierung,
Cerplan	Alle Oberschulen im Eigentum der Provinz Bozen: Name, Adresse, Baujahr, Jahr der letzten Renovierung, Volumenbereich
Liste der Schulen in der Provinz Bozen ¹ Datenbank der Schulen in Bellinzona Datenbank der Schulen von Mendrisio Datenbank der Schulen der logistischen Sektion und anderer Schulen Minergie Agentur	Schulen in der Gemeinde Bozen Name, Adresse, Gemeinde, Bildungsgrad, Baujahr, Minergie-Zertifikat, Heizungsart, Heizungsverbrauchsdaten, Warmwasser Zertifizierte Gebäude und Art der Zertifizierung (Standard, A, P, Öko)

Obwohl die Daten nicht erschöpfend sind und alle Schulgebäude in den Projektgebieten umfassen, lassen sich aus ihrer Analyse mehrere Schlussfolgerungen ziehen.

In der Provinz Bozen gibt es schätzungsweise 1.000 Schulgebäude, von denen nur 118 über einen CasaClima-Energieausweis verfügen (Abbildung 2). Von den Gebäuden, die einen Energieausweis haben, sind nur 54 in der CasaClima-Klasse B oder höher, 36 sind in der Klasse G (zertifiziert, wahrscheinlich, weil Eingriffe geplant sind). Schätzungsweise bestehen etwa 90 % des Schulgebäudebestands aus energieineffizienten Gebäuden. Darüber hinaus sind etwa 30 % der zertifizierten Schulgebäude auf eine mechanische Lüftung angewiesen, um die Raumluft hygienisch auszutauschen.

Im Kanton Tessin führen die Datenbanken der Gemeinden Bellinzona und Mendrisio und die logistische Sektion insgesamt 180 Schulen an. Tabelle 2 gibt die Anzahl der Sektionen und Schüler in Kindergärten, Grundschulen und Mittelschulen im Kanton Tessin im Schuljahr 2016/2017 wieder.

Tabelle 2. Anzahl der Sektionen und Schüler nach Schulart im Kanton Tessin. Schuljahr 2016/2017.

Schule	Anzahl der Sektionen	Anzahl der Schüler
Kindergarten	412	8.167
Grundschule	822	15.009
Mittelschule	584	11.960

Eine qualitative Analyse der Bautypologie der Tessiner Schulen ergab folgende Aspekte:

- Kindergärten haben sehr unterschiedliche Gebäudetypen, aber viele sind massive Gebäude, die von der Verwaltung zur Schule umfunktioniert wurden
- Die Grundschulen sind größer und in der Regel neueren Datums, hauptsächlich in den 1960er-Jahren gebaut

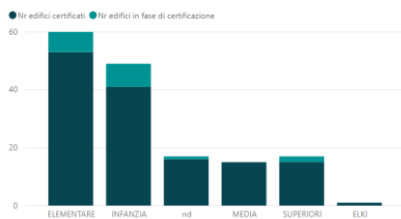
¹ <http://www.provincia.bz.it/formazione-lingue/scuola-italiana/sistema-scolastico-italiano.asp>;
http://www.provincia.bz.it/formazione-lingue/scuole-infanzia/tutte-le-scuole-dell-infanzia.asp?news_cate_id=21830

- Mittelschulen sind Betonfertigteile aus den 1960er-Jahren

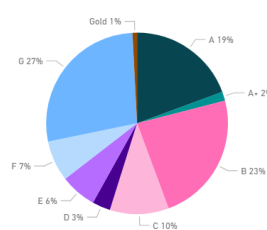
Die Minergie-Datenbank listet 54 zertifizierte oder im Zertifizierungsprozess befindliche Schulen im Kanton Tessin auf (Abbildung 3). Zu den Anforderungen der Minergie-Zertifizierung gehört der kontrollierte Luftaustausch.

In der Gemeinde Bozen (Abbildung 4) gibt es insgesamt 53 Schulen, davon 20 Kindergärten, 21 Grundschulen, 12 Mittelschulen und 20 Gymnasien. Die Gymnasien sind Eigentum der Provinz Bozen, während die Schulen der Unterstufe von der Gemeinde Bozen betrieben werden. Von den 53 Schulen in der Gemeinde wurden 20 mit dem CasaClima-Zertifikat ausgezeichnet, aber nur 6 von ihnen haben die Energieklasse B oder höher.

Anzahl der zertifizierten Gebäude pro Schultyp



Anzahl der zertifizierten Gebäude pro Gebäudehülleneffizienzklasse



Anzahl der zertifizierten Gebäude nach Art der Belüftung

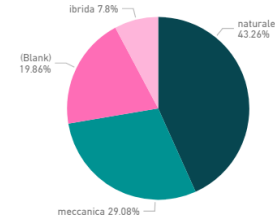
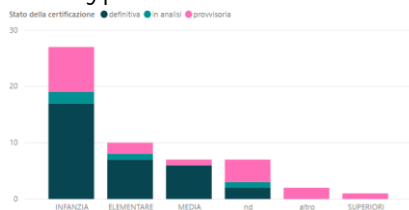


Abbildung 2. Anzahl der Schulgebäude in der Provinz Bozen, die mit CasaClima zertifiziert sind (oder sich im Zertifizierungsprozess befinden), aufgeschlüsselt nach Bildungsgrad, Effizienzklasse der Gebäudehülle und Lüftungart. Quelle: Datenbank der CasaClima Agentur

Anzahl der zertifizierten Gebäude pro Schultyp



Anzahl der nach Minergie-Standard zertifizierten Gebäude

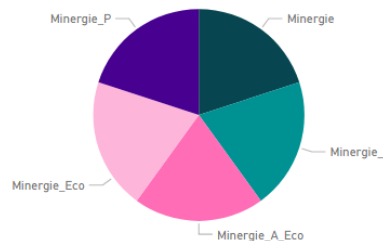
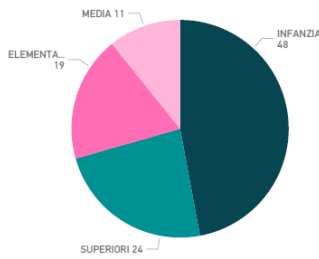
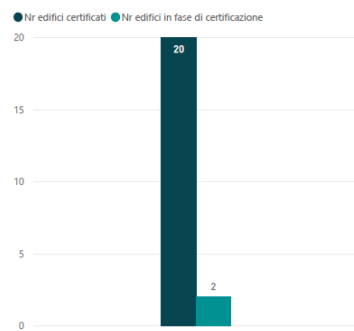


Abbildung 3. Anzahl der zertifizierten (oder im Zertifizierungsprozess befindlichen) Schulgebäude im Kanton Tessin nach Bildungsgrad und Minergie-Standard. Quelle: Datenbank der Minergie Agentur.

SCUOLE NEL COMUNE DI BOLZANO by TIPOLOGIA SCUOLA



Nr edifici certificati and Nr edifici in fase di certificazione



Nr edifici certificati by Klasse KlimaHaus

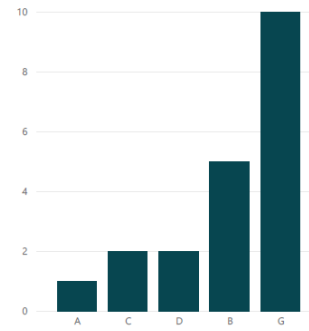


Abbildung 4. Anzahl der Schulgebäude in der Gemeinde Bozen nach Bildungsgrad und Anzahl der zertifizierten Schulgebäude in der Gemeinde Bozen und Energieklasse. Quelle: Datenbank der CasaClima Agentur

Die Provinz Bozen verwaltet die Gebäude der Oberschulen, insgesamt 93 mit einer durchschnittlichen Fläche von ca. 6.000 m² (Tabelle 3). 90 % der Gebäude in der Provinz wurden vor dem Jahr 2000 gebaut und müssen in den kommenden Jahren renoviert werden (Abbildung 5). Im Kanton Tessin (Abbildung 6) ist die Situation ähnlich.

Tabelle 3. Anzahl der von der Provinz Bozen verwalteten Oberschulen. Quelle: Cerplan

Classificazione	Sup. netta media	Volumetria media	nr edifici provincia
Edifici scolastici	6,231.34	26,868.00	66
Scuole di musica	12,500.00	37,500.00	1
Scuole professionali	6,952.22	25,783.00	26
Total	6,478.07	26,781.74	93

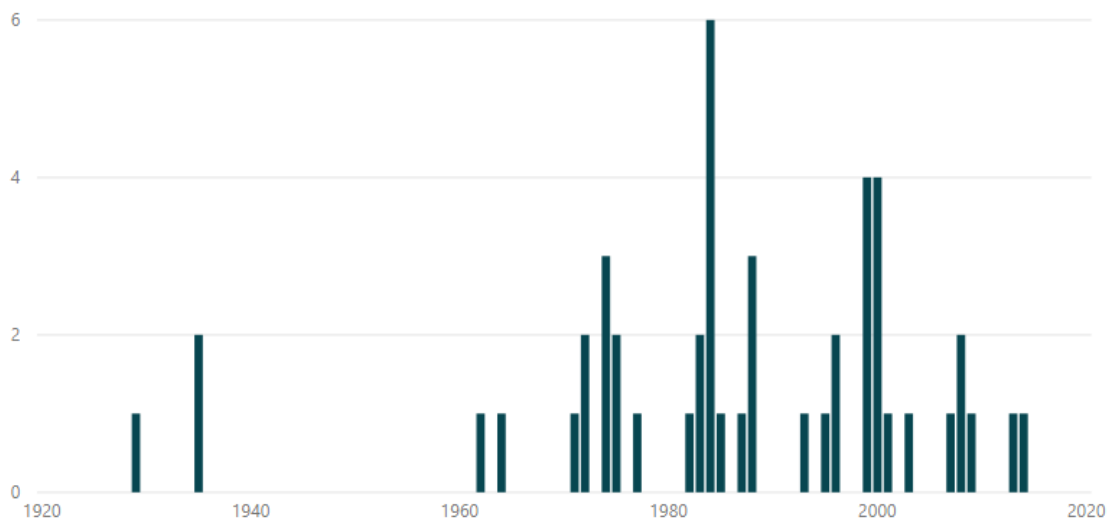


Abbildung 5. Anzahl der Schulgebäude in der Provinz Bozen nach Baujahr. Quelle: Cerplan

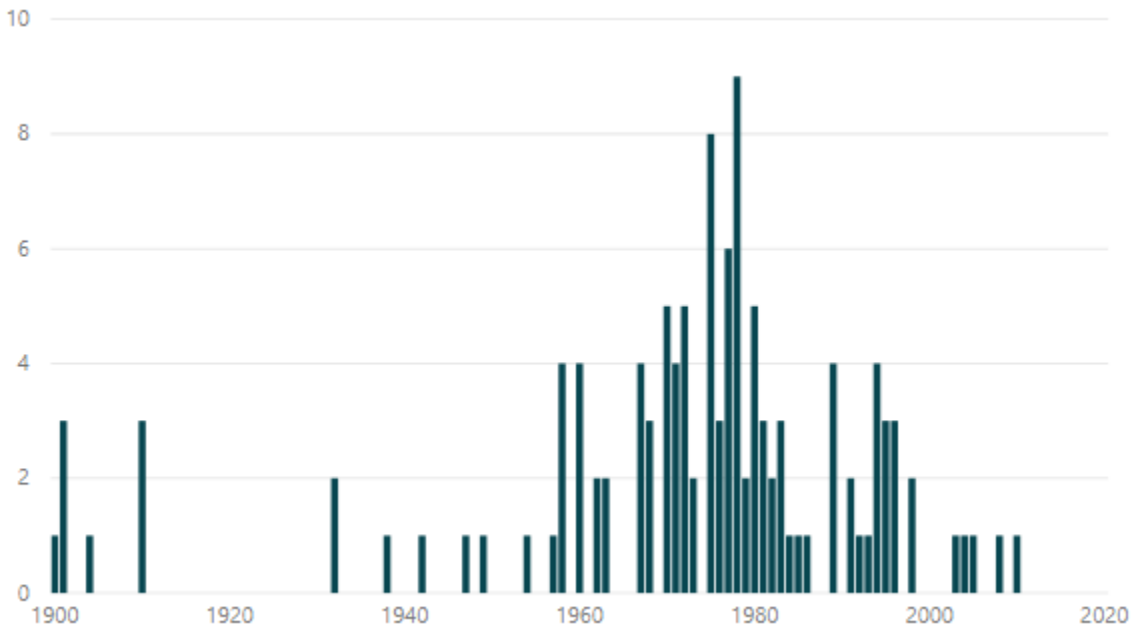


Abbildung 6. Anzahl der Schulhäuser im Kanton Tessin nach Baujahr. Quelle: Datenbank der Schulen von Bellinzona, Mendrisio und Abteilung Schullogistik

Das Labor für Luft- und Lärmanalysen des Landesumweltamtes hat in der Vergangenheit mehrere chemische und physikalische Analysen in Schulumgebungen durchgeführt. Die Grafik in Abbildung 7 zeigt die Anzahl der Messungen pro Parameter. In den letzten 10 Jahren wurden Interventionen bei 84 Schulen durchgeführt, darunter 29 Grundschulen, 19 Kindergärten, 17 Mittelschulen und 14 Oberschulen. Die wichtigsten gemessenen Parameter sind Formaldehyd, CO₂ und VOC. Die meisten Messungen wurden in Schulen mit manuell gesteuerter natürlicher Belüftung durchgeführt.

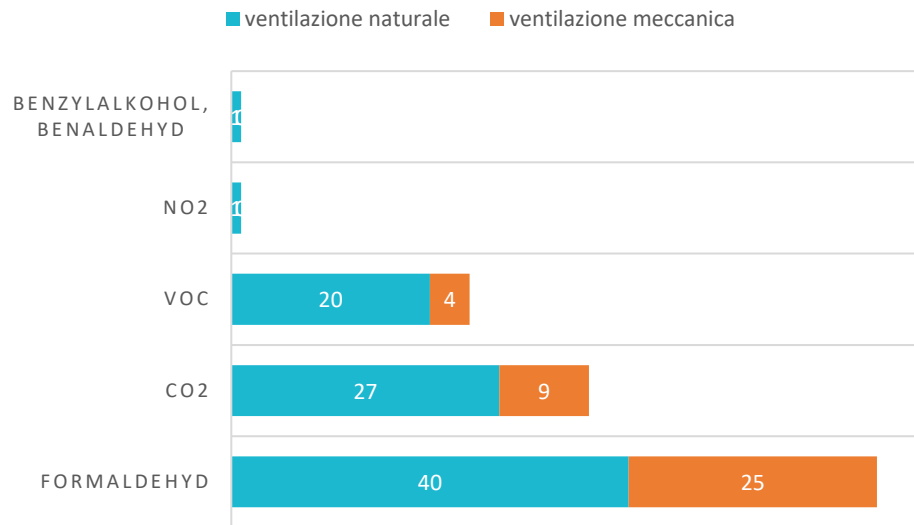


Abbildung 7. Anzahl der vom Labor durchgeführten Messungen. Analyse der Luft- und Lärmbelastung in den Schulen der Provinz Bozen zwischen 2009 und 2019, aufgeschlüsselt nach Art der Messung und Belüftung der Schulen. Quelle: Labor für Luft- und Lärmanalyse

2.2 Treffen mit öffentlichen Verwaltungen

Zusätzlich zu den gesammelten Daten lassen sich die von den Gebäudeverwaltern (Gemeinden und Provinzen) gemeldeten Erfahrungen und die Probleme, die bei den im Laufe der Jahre vom Labor für Luft- und Lärmanalysen der Provinz Bozen durchgeführten Messkampagnen aufgetreten sind, wie folgt zusammenfassen:

- In 90 % der Südtiroler Schulen, in denen Messkampagnen durchgeführt wurden, wurden hohe CO₂-Konzentrationen festgestellt;
- Die Ursachen für eine schlechte Luftqualität liegen vor allem in einer unzureichenden Belüftung;
- Bei einigen Materialien, die für die akustische Sanierung (nach dem Erlass von 2009) verwendet wurden, wurden gefährliche Formaldehydkonzentrationen festgestellt, die durch Überhitzung im Sommer noch verstärkt werden;
- Bei Gebäuden mit einer Lüftungsanlage traten Probleme bei der Wartung und Verwaltung auf.

2.3 Kriterien für die Auswahl der Fallstudien

Bei der Auswahl der Fallstudien wurden die folgenden Kriterien je nach ihrer Bedeutung berücksichtigt:

- Bildungsgrad: Kindergarten, Grundschule, Mittelschule und Oberschule
- Jahr der Errichtung/Renovierung/letzten Maßnahme

- Vom Amt für Bau- und Kunstdenkmäler geschütztes Gebäude
- Energieklasse
- Art der Belüftung (natürlich, mechanisch, hybrid)
- Art der vorhandenen Verkleidungsmaterialien, Einrichtung und Endbearbeitungen
- Interventionsprogramm vonseiten der Gemeinde und Provinz
- Etwaige Probleme, die von der Schulleitung oder dem Gebäudeverwalter festgestellt wurden
- Anzahl der Klassen und Anzahl der Schüler pro Klasse
- Städtischer Kontext
- Radon-Risikogebiet
- In Aussicht gestellte Sanierungsmaßnahmen vonseiten der Verwaltungen

Das wichtigste Auswahlkriterium für Kindergärten ist mit der Notwendigkeit verbunden, die Luftqualität in einer Schule, die nach der aktuellen Baupraxis (CasaClima A/B mit oder ohne mechanische Lüftung, Minergie-Standard) gebaut wurde, mit der einer anderen Schule desselben Typs zu vergleichen, die nach veralteten Standards gebaut wurde und die für den übrigen Schulgebäudebestand repräsentativ ist.

Bei den anderen Schularten stützte sich das Definitionskriterium hingegen vor allem auf die in den vergangenen Jahren aufgetretenen Probleme und den Handlungsbedarf der lokalen Verwaltungen sowie auf mögliche Synergien mit anderen laufenden Forschungsprojekten (z. B. EFRE-Projekt PlanFenster).

Bei den Oberschulen wurden Schulen bevorzugt, die vor kurzem erweitert wurden, sodass sich die Leistungen von zwei verschiedenen Gebäudetypen und Anlagensystemen am selben Standort und mit ähnlichen Nutzungsmustern leichter vergleichen lassen.

Darüber hinaus wurden aus logistischen und organisatorischen Gründen der Messkampagnen Fallstudien bevorzugt, die näher an der Stadt Bozen liegen.



Abbildung 8. Kriterien für die Auswahl der Fallstudien.

2.4 Inspektionen

Nach der Erhebung und Analyse von Daten über den Schulgebäudebestand, Treffen mit öffentlichen Verwaltungen und einer ersten Auswahl möglicher Fallstudien auf der Grundlage der im Abschnitt 2.3 angeführten Kriterien wurden in acht Schulen der Provinz Bozen Inspektionen durchgeführt.

Durch persönliche Gespräche mit Schulleitern und Gebäudeverwaltern wurden grundlegende Informationen über:

- Nutzung des Gebäudes
- Art der Klassen
- Charakterisierung des Gebäudes und der Heizungs- und Lüftungsanlagen
- Alle in den letzten Jahren aufgetretenen Probleme

gesammelt.

Diese Informationen wurden in einem Datenblatt festgehalten. Anhang A enthält die Vorlage für das in den Umfragen verwendete Formular.

3 Ausgewählte Fallstudien

Insgesamt wurden 12 Fallstudien in der Provinz Bozen und im Kanton Tessin ausgewählt, die wie folgt aufgeteilt sind:

- 5 Kindergärten
- 3 Grundschulen
- 2 Mittelschulen
- 2 Oberschulen

Aus den ersten Rückmeldungen von Gebäudeverwaltern geht hervor, dass eines der Hauptprobleme in einigen Schulen die Überhitzung in den Frühjahrs- und Sommermonaten ist. Um diese Probleme anzugehen und somit eine gute Luftqualität in Innenräumen zu gewährleisten, wird eine Reihe von Konstruktionslösungen ins Auge gefasst, die je nach den im Einzelfall ermittelten Bedürfnissen angewendet werden können.

ANHANG A - Inspektionsformular

QAES - Formular für die Schulinspektion

Datum	
Anwesende Personen	
Formular ausgefüllt von	

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

Nutzung, Räume und Struktur

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	
Wireless verfügbar	

Merkmale der Klassenzimmer

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

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"/>
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?

--	--

ANHANG B - Checkliste für die Datenerhebung

- Architekturprojekt: Pläne, Ansichten und Schnitte des Ist-Zustandes
- Lüftungs- und climatechnisches Projekt
- Anlagenheft
- Übersicht über den Stromverbrauch oder die Stromrechnungen
- Beobachtung-Daten zu den Umweltbedingungen in den Innenräumen
- Wartungsplan
- Anlagenverwaltungsmodalitäten (Überwachungsart, Sensoren-Standort und Kontrollthermostate usw.)
- Gegebenenfalls Konfigurationsangaben für den Wireless-Zugang (IP-Adresse, Passwort)
- Kontakt und Verfügbarkeit des Architekten, Wärmeplaners und Wartungsingenieurs
- Architekturprojekt: Pläne, Ansichten und Schnitte des Ist-Zustandes
- Lüftungs- und climatechnisches Projekt
- Anlagenheft
- Übersicht über den Stromverbrauch oder die Stromrechnungen
- Beobachtung-Daten zu den Umweltbedingungen in den Innenräumen
- Wartungsplan
- Anlagenverwaltungsmodalitäten (Überwachungsart, Sensoren-Standort und Kontrollthermostate usw.)
- Gegebenenfalls Konfigurationsangaben für den Wireless-Zugang (IP-Adresse, Passwort)
- Kontakt und Verfügbarkeit des Architekten, Wärmeplaners und Wartungsingenieurs