

School vent cool

Lüftung, passive Kühlung und Strategien
für hochwertige Schulsanierungen

A. Knotzer, D. Venus

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

29/2013

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

School vent cool

Lüftung, passive Kühlung und Strategien
für hochwertige Schulsanierungen

DI Armin Knotzer, DI David Venus
AEE – Institut für Nachhaltige Technologien (AEE INTEC)

Gleisdorf, Mai 2013

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderZukunft.at> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	9
Abstract.....	11
1 Einleitung.....	13
2 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt	16
2.1 Ausgangssituation und Stand der Technik.....	16
2.2 Projekte und Studien - Vorarbeiten zum Thema.....	19
2.2.1 Studienrecherchen	19
2.2.2 Studien parallel und vorbereitende Aktivitäten zu School vent cool	20
2.3 Marktpotenzial, Nutzen und Innovationsgehalt.....	21
2.4 Struktur und verwendete Methoden	22
2.5 Vorgangsweise und Untersuchungen	24
3 Ergebnisse des Projektes	27
3.1 Zur Typologie und zum Zustand unserer Schulgebäude	27
3.1.1 Die Österreichischen Case Studies	27
3.1.2 Erkenntnisse aus den typologischen Analysen	32
3.2 Energetisch hochwertige Schulsanierungsstrategien	33
3.3 Sommer-Komfort und Energieeffizienz in Schulen	37
3.3.1 Status quo der Behaglichkeit in Schulen.....	37
3.3.2 Thermisches Empfinden der SchülerInnen	41
3.3.3 Analysen des Sommerkomforts und Energieeffizienz in Klassenzimmern ...	44
3.3.4 Sonnenschutzlösungen und Tageslichtnutzung in Klassenzimmern	51
3.4 „Lessons learned“ - Demogebäude.....	63
4 Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms.....	70
4.1 Einpassung in das Programm	70
4.2 Beitrag zum Gesamtziel des Programms	71
4.3 Einbeziehung der Zielgruppen und ihrer Bedürfnisse.....	72
4.4 Verbreitungs- bzw. Realisierungspotenzial für die Projektergebnisse	73
5 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen	73
5.1 Erkenntnisse.....	73
5.2 Weitere Arbeiten mit den Ergebnissen.....	74
6 Ausblick und Empfehlungen	76
6.1 Empfehlungen für weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten	77

6.2	Potenzial für Demonstrationsvorhaben	78
7	Literaturverzeichnis	79
8	Danksagung	81
9	Anhang.....	82

Kurzfassung

Ausgangssituation/Motivation

In ganz Europa erfordern neue Erkenntnisse in der Gebäudetechnik und neue Bildungsstandards Anpassungen in unseren Schulgebäuden. Viele dieser Gebäude wurden in den 1960ern, 1970ern und 1980ern errichtet und haben großen Modernisierungsbedarf.

Inhalte und Zielsetzungen

Durch SVC sollte einerseits die Gebäudeenergieeffizienz durch Konzepte für die hochwertige Schulsanierung erhöht und andererseits die Behaglichkeit und Qualität des Raumklimas durch untersuchte und getestete Lösungen für die Lüftung und passive Kühlung in Schulgebäuden der europäischen Partnerländer gesteigert werden. Als eine wichtige Maßnahme dazu sollten der Sonnen- und Blendschutz neben dem Lichtangebot in den Klassenzimmern verbessert werden. Das Projekt sollte ein Fundament für nachhaltige Bildungsstätten bieten.

Methodische Vorgehensweise

Im Projekt wurden auf Basis einer Gebäudetypologie verschiedene Strategien für thermisch-energetisch hochwertige Sanierungen in Workshops und Interaktion der ProjektpartnerInnen entwickelt. Vorfertigung und modulare Bauweise spielten dabei eine wichtige, im Projekt mitentwickelte Rolle. Ursachen für Überwärmung wurden anhand von Typologie, Recherche und Untersuchung relevanter Klassenzimmer identifiziert, Lösungen zum Schutz vor Überhitzung und Blendung getestet und beschrieben. Verschiedene Lüftungssysteme wurden in Feldversuchen getestet, daraus Empfehlungen und neue Lösungen für Lüftungssysteme in Klassenzimmern abgeleitet. Diese Lösungen wurden in die Sanierungskonzepte integriert und in Demonstrationsgebäuden umgesetzt.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Es gibt eine qualitative Schulgebäudetypologie plus darauf aufbauender Strategien für die Vorfertigung von Holzfassaden-Dämmelementen von den Schweizer Projektpartnern. Die „School vent cool“-Methode als Sanierungsstrategie des Schulgebäudeportfolios von SchuleigentümerInnen wurde in der Broschüre „The way towards your cool school“ zusammengefasst und 2012 veröffentlicht. Innovative Lüftungs- und Sonnenschutzsysteme wurden beschrieben und in Demonstrationsgebäuden getestet sowie Ursachen der Überwärmung in Klassenzimmern und die Einschätzung der NutzerInnen dort erhoben. Zur Unterstützung der Planungen von Lüftungssystemen für Schulsanierungen wurde eine „Design Criteria List“ der DTU entwickelt. Zur Verbreitung der Ergebnisse wurden ein SchülerInnenfilm, 10 Artikel inklusive Radiosendung und Videos, mehr als 10 internationale Präsentationen und Workshops abgehalten, sowie Unterlagen auf www.schoolventcool.eu zielgruppenspezifisch bereit gestellt.

Ausblick

Neben den baulichen Notwendigkeiten einer Sanierung auf „nearly zero energy building“ Standard bei Schulen wie auch anderen öffentlichen Gebäuden, kommt schon seit längerem dem Thema „Indoor Environment Quality“ (IEQ) und zunehmend auch dem Sommerkomfort erhöhter Stellenwert zu. Hier sind weitere Forschungen vor allem zu brauchbaren und leistbaren Lösungen notwendig. Auch weitere Forschungen über Anpassungen der Gebäude an Klimaänderungen wären hier sehr interessant.

Was praktisch noch fehlt sind tragfähige Firmencluster oder Firmen, die angepasste Lösungen für nachhaltige Schulsanierungen im Sinne von School vent cool anbieten können. Ziel sollte es daher sein EU-weite Netzwerke zu etablieren, die Informationen und Know-how-Austausch zwischen SchuleigentümerInnen, Forschungsinstitutionen und Bau-Unternehmen schaffen, also Angebot und Nachfrage zusammen bringen. School vent cool lieferte einen Beitrag dazu.

Abstract

Starting point/Motivation

All over Europe energy and education related developments require adaptations of our school buildings. Most of them have been built during the 1960s, 1970s and 1980s, they are now expected to be modernised and renovated.

Contents and Objectives

The project aimed to raise both, energy efficiency by high performance retrofit strategies and thermal comfort plus high indoor air quality by proved simple solutions for ventilation and protection from heat and glare of school buildings in the European partner countries. The project laid the foundation for sustainable educational buildings with best indoor conditions.

Methods

The project developed high performance renovation strategies in workshops and by the interaction of the project partners based on a qualitative school building typology. Pre-fabrication or modular design components have been important parts of these concepts. Reasons for overheating and glare in classrooms were identified by investigations, measurements and interviews in selected classrooms and served as basis for shading solutions and natural cooling requirements to protect from overheating and glare. New and simple ventilation solutions have been developed, investigated, and like cooling requirements integrated into the retrofit concepts, tested in field trials and demonstration projects.

Results

The project School vent cool developed a qualitative school building typology as a basis for replicable prefabricated timber façade elements integrating ventilation and shading systems by the Swiss project partners. The “School vent cool” methodology of renovation strategies for the whole school portfolio of school owners like cities was described in the brochure “Your way towards your cool school” and published in 2012. Innovative ventilation and shading systems have been documented and tested in demonstration buildings. The reasons for overheating in classrooms and the sensation of the users was investigated and in these demonstration classrooms. For planners of ventilation systems for school renovations a design criteria list has been developed by DTU. For dissemination reasons, one video made from pupils, 10 articles including one radio programme and videos, more than 10 international presentations and workshops were done by the project team. The website www.schoolventcool.eu was set-up and prepared for the target groups.

Prospects / Suggestions for future research

Beside constructive requirements of school renovations to reach „nearly zero energy building“-standard for schools and other public buildings, growing interest is coming up on the „Indoor Environment Quality“ (IEQ) and on summer comfort. More research projects and

activities on these topics, first of all on affordable and advanced solutions, would be necessary. Additionally further projects on the climate adaption strategies of buildings by renovations would serve interesting research topics.

All over Europe companies or company clusters which could offer advanced school renovation solutions in the sense of School vent cool are still missing. A main target for the future should be the establishment of an information exchange and know-how transfer network where school owners, researchers and companies share knowledge about promising technologies, bringing together the supply and demand side. School vent cool made a small contribution to these aims.

1 Einleitung

Schulsanierung ist ein bisher eher sprödes Thema, mit dem beispielsweise die Kinder selbst, fragt man sie, was sie darunter verstehen, nichts anfangen können. Das müsste nicht so sein wie sich in der Arbeit mit Jugendlichen im Projekt „School vent cool“ (SVC) gezeigt hat. Vielleicht trägt ja der Umbruch im Bildungssystem dazu bei, solche Themen verstärkt in Projektarbeiten zu behandeln und damit sprichwörtlich wieder verstärkt „Hausverstand“ in die Schulen einkehren zu lassen. Für die Schulgebäude aus den 50er bis 80er Jahren des letzten Jahrhunderts wäre es jedenfalls wünschenswert, wenn sie diese Erneuerung des Bildungssystems gleich mitmachen könnten. Dieser Bericht enthält vor allem Anregungen und Anleitungen für die äußerliche Erneuerung der Schule, auch wenn die innere derzeit wesentlicher erscheint.

Tatsache ist, dass die gut 6.000 Schulgebäude in Österreich (Statistik Austria 2010) etwa zur Hälfte in wirklich schlechtem Zustand sind. Alleine AEE INTEC konnte in einigen Projekten der vergangenen Jahre dokumentieren, wie notwendig es wäre, die Schulgebäude des letzten Jahrhunderts auf neuesten technischen Stand zu bringen. Dieser neue Standard beinhaltet Maßnahmen am Gebäude, die zu erhöhter Energieeffizienz führen sollen, aber auch die Nutzung erneuerbarer Energiequellen, wie von der EU zum Beispiel in der Gebäuderichtlinie beworben. Die Bedingungen in den Klassenzimmern selbst, unter denen die SchülerInnen und LehrerInnen zu arbeiten haben, bedürfen ebenso einer gründlichen Überarbeitung im Rahmen von Schulsanierungen. Viele Studien wie SINPHONIE und SEARCH (siehe Kapitel 2.2) zeigen, dass bei ungünstigen Bedingungen wie hoher CO₂- und Schadstoffkonzentration in den Klassenzimmern die Leistungsfähigkeit und die Gesundheit der Kinder abnehmen.

Nun haben die SkandinavierInnen in den letzten Jahrzehnten gezeigt, dass es möglich ist Schulen mit guter Luft zu versorgen. Die verschiedensten Arten der Be- und Entlüftung sind dort in deren Schulen ganz selbstverständlich in Verwendung. In den Schulen des D-A-CH Raums liegt der Fokus auf guten Dämmstandards bei Schulgebäuden und weniger auf der Raumqualität. Hier sind aber Möglichkeiten der Vorfertigung von ganzen Fassaden- oder Dachteilen schon getestet und in Vorzeigeprojekten bereits in Anwendung. Ein Austausch ist hier wünschenswert.

Generell werden die Herausforderungen speziell für Schulgebäude in den nächsten 50 Jahren, in denen gebäudespezifische Veränderungen wirken, die Raumluftqualität in den Klassenzimmern und der thermische Komfort in der warmen Jahreszeit sein. Es gibt bereits Forschungsaktivitäten in einigen europäischen Ländern, die auf diese Veränderungen - globale und lokale Klimaänderung miteingeschlossen - reagieren, wie das „Design for Future Climate“ Programm in den UK (TSB 2013). Die unangenehm zugigen und kühlen Bedingungen wie sie derzeit noch in vielen Klassenzimmern nicht sanierter Schulen vorherrschen, werden alleine durch die hohen Wärmeschutzstandards aus europäischen gesetzlichen Vorgaben bald der Vergangenheit angehören.

Die gängige Praxis der Schulsanierungen in Österreich ist die, dass auf das äußere Erscheinungsbild viel mehr Wert als auf die Energieeffizienz oder die gute Raumluftqualität gelegt wird. Das Projekt School vent cool, konzipiert bereits Ende 2009, wollte dieser Praxis der Schulsanierungen in den 1990er und 2000er Jahren entgegentreten. Es wurde eine „School vent cool“-Methode entwickelt die Schulsanierungen ganzheitlich, ausgehend vom gesamten Schulbestand beispielsweise einer Stadt weg, erfasst. Es wurden Strategien der Vorfertigung vor allem in Hinblick auf die Integration von Lüftungssystemen entwickelt. Die Möglichkeiten thermischen Komfort und gesunde Raumluft mit verschiedenen Lüftungs- und Sonnenschutzsystemen zu erreichen wurden analysiert und demonstriert. Es wurden aber auch Hintergründe zum thermischen Komfort, volkswirtschaftliche Erkenntnisse bei Steigerung der Raumluftqualität oder die Bedürfnisse der NutzerInnen im Projekt untersucht.

School vent cool wurde im Rahmen des europäischen Netzwerkes „Eracobuild“¹ in der ersten Ausschreibung des thematischen Schwerpunkts "Sustainable Renovation" im Februar 2010 durch AEE INTEC eingereicht und von insgesamt sieben Projektpartnerorganisationen/-instituten getragen:



AEE - Institut für Nachhaltige Technologien (AEE INTEC), Österreich - Koordination



Hochschule Luzern Technik & Architektur (HSLU), Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP), Schweiz



Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW), Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik, Institut Energie am Bau, Schweiz



DTU Technical University of Denmark, Civil Engineering - Building Physics and Services (DTU – BPS), Dänemark



DTU Technical University of Denmark, Civil Engineering - International Center for Indoor Environment and Energy (DTU – ICIEE), Dänemark



Passiefhuis-Platform vzw (PHP), Belgien

¹ Eracobuild war eine europäische Initiative mit dem Ziel der Kooperation nationaler und regionaler F&E Förderprogramme zum Thema nachhaltiger Bau und Betrieb von Gebäuden. Eracobuild basierte auf dem ERA-Net ERABUILD und war im November 2008 mit einer Laufzeit von drei Jahren gestartet worden.



Abbildung 1 Das Projektteam beim Meeting in einer modernisierten Schule in Kopenhagen

Der folgende Bericht gliedert sich vor allem in drei Teile:

- **Hintergrund und Motivation**
- **Ergebnisse**
- **Schlussfolgerungen und Ausblick**

2 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt

2.1 Ausgangssituation und Stand der Technik

Seit etwa 15 Jahren stehen Schadstoff bedingte und physiologische Bedingungen des Umfelds von SchülerInnen und LehrerInnen im Fokus von Forschungsprojekten (siehe auch Kap. 2.2). Diese Forschungsprojekte drehen sich vor allem um das Thema Luftqualität, Lärm und Schadstoffe bzw. deren Einflüsse auf die Gesundheit und Konzentrationsfähigkeit von SchülerInnen im Grundschulalter. Sie haben gezeigt, dass der Aufenthalt in Bildungsstätten und Klassenzimmern in ganz Europa in vielen Fällen gesundheits-gefährdend oder zumindest mit Leistungsabfall für Kinder verbunden sein kann.

SchülerInnen sind nicht nur erhöhten Schadstoffwerten und CO₂-Konzentrationen ausgesetzt. Sie werden in den Schulen - zunehmend ganztags - mit Klassenzimmern konfrontiert, die durch hohe Belegung, hoher Dichte an elektronischen Geräten wie Computer und künstlicher Beleuchtung sowie häufigere Perioden mit überdurchschnittlicher Temperatur zur Überwärmung neigen (vgl. Abbildung 2). Damit sinkt wie bei fehlendem Wärmeschutz im Winter oder Luftaustausch während dem Unterricht die Behaglichkeit weiter ab.

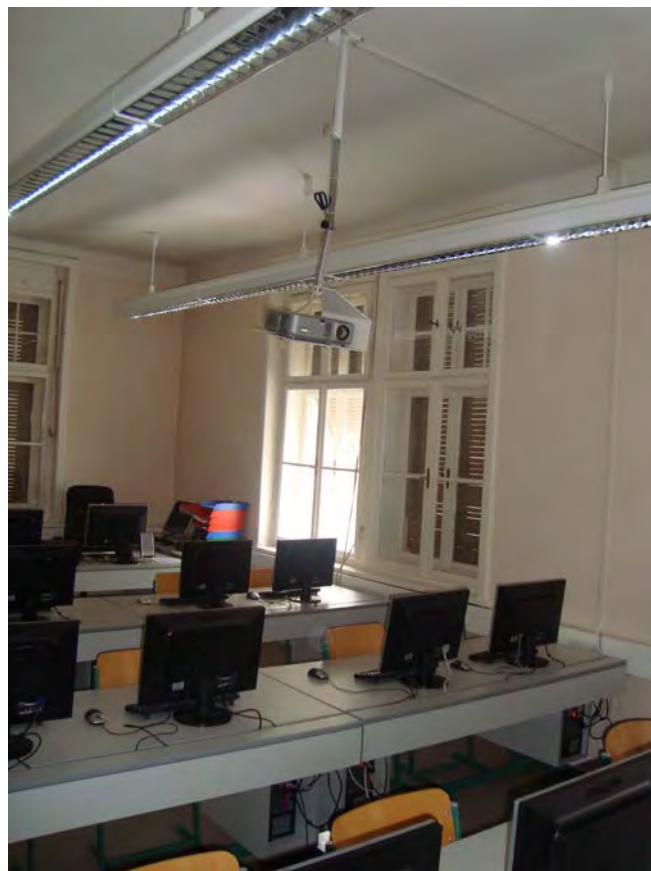


Abbildung 2 Typischer Computerraum in untersuchten Schulen: In hellen Räumen mit dem Zwang zu verdunkeln wegen Blendschutz; dann aber künstliche Beleuchtung wenn gearbeitet wird

Österreich hat sich bisher vor allem der Analyse der Bauphysik und Schadstoffe aber kaum deren Auswirkungen auf NutzerInnen von Bildungseinrichtungen gewidmet. Was weitgehend fehlt sind Projekte, die Konzepte und Lösungen zur Vermeidung oben genannter Mängel anbieten. Untersuchungen über thermische und visuelle Behaglichkeit und deren energetisch optimale Bereitstellung in Klassenzimmern oder ähnlich genutzten Räumen fehlen fast gänzlich, vor allem für Sanierungen. Zwischen den technologischen Möglichkeiten bei Sanierungen, den Erkenntnissen über die Umwelt- und Luftqualität und dem Status Quo der Umsetzung in Schulen klafft eine große Lücke.

So sind in der täglichen Praxis viele Schulsanierungskonzepte und -technologien regional sehr eingeschränkt umgesetzt. Während einige Länder bereits Know-how in der Umsetzung vorgefertigter Elemente besitzen, ist dies in anderen Regionen schon jahrelang für die Klassenzimmerlüftung der Fall (wie z.B. in nordischen Ländern). So stehen Technologien zur Bearbeitung von Schulsanierungen was die Baukonstruktionen und vorgefertigten Sanierungsmodule betreffen meist im D-A-CH Raum erprobt zur Verfügung; in Nordeuropa sind es eher die Technologien zur Erhaltung guter Luftqualität, die erprobt sind. In Süd- und Mitteleuropa liegt ein weiterer Fokus auf der passiven und zunehmend aktiven Kühlung.

In Vorzeigebauten werden neue Konzepte und Technologien für Lüftung, Verschattung und Beleuchtung berücksichtigt. Neue Formen der Schulnutzung inklusive ganztägige Nutzung der Schulen erfordern aber deren bedingungslosen Einsatz. Vor allem aber in der Sanierung des großen Schulbestandes der 50er bis 80er Jahre werden die Möglichkeiten nicht genutzt bzw. hinkt die Ausstattung dem Stand der Technik hinterher. Wie unter anderen im Projekt „ökosan“ dokumentiert (AEE INTEC 2009), werden Schulen wie „gewöhnliche“ Gebäude behandelt, nämlich wärmetechnisch eingepackt, schön gestaltet, erneuerbar beheizt, aber - überspitzt gesagt - auf die NutzerInnen und die Funktionen der Schule in Zukunft kaum Rücksicht genommen.



Abbildung 3 Nicht genutzter weil funktionsuntüchtiger Ventilator in einem Klassenzimmer in Graz

Für Schulgebäude stellt sich die Frage wie Behaglichkeit und hohe Luftqualität in Klassenzimmern ohne hohen Primärenergieaufwand hergestellt werden kann. Aktuell bedeutet Lüften meist unkontrolliertes Öffnen von Fenstern (wenn sie nicht schon wegen Materialschäden fix verschlossen sind) oder Luftaustausch durch selten gewartete und direkt in die Fassade integrierte Ventilatoren (wie in Abbildung 3). Der Sonnenschutz besteht meist aus nicht gewarteten, händisch regelbaren Außenjalousien, der Blendschutz aus innen montierten Stoff-Vorhängen (selbst potenzielle Quelle von Luftschadstoffen). Während direkter Sonneneinstrahlung wird der Sonnenschutz, gleichzeitig aber auch die künstliche Beleuchtung aktiviert. Der Sonnenschutz bleibt dann oft über Tage auch ohne direkte Sonneneinstrahlung aktiv (zumindest über Teilen der Fenster), der Strombedarf steigt unkontrolliert weiter.

Viele Abläufe und Bauweisen die im Neubau erprobt sind, stellen in der Sanierung noch Herausforderungen dar – siehe Luftdichtheit herstellen, Einbindung transparenter Bauteile, Vorfertigung, Einsatz von Holzkonstruktionen. Aus diesen Anforderungen ergibt sich die Notwendigkeit, durch Kooperation von Firmen und Forschung, Vernetzung mit der Zielgruppe und Finanzierung über Projekte Lösungen zu entwickeln und zu ermöglichen.

Ab 2019 müssen nach der EU-Gebäuderichtlinie (EPBD 2010) alle neu gebauten Gebäude, die im öffentlichen Eigentum stehen, Niedrigstenergiegebäude („nearly zero energy buildings“) sein. Für bestehende Gebäude, die einer größeren Sanierung unterzogen werden, soll die öffentlichen Hand Strategien festlegen und ergreifen, um Anreize für den Umbau dieser Gebäude zu Niedrigstenergiegebäuden zu schaffen (EPBD Artikel 9, Absatz 2); dem sollen bestimmte Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz genügen (EPBD Einleitung, Absatz 15). Auch deshalb steht die Sanierung von Schulgebäuden ganz oben auf der Agenda europäischer Kommunen. Die Schulgebäude stellen durch die Signalwirkung an ihre NutzerInnen und an die Bevölkerung wichtige bauliche „Leuchttürme“ dar. Dies ist auch die Idee der EU-Gebäuderichtlinie, die diese öffentlichen Gebäude noch vor den privaten zu Vorzeigebauten machen möchte.

Für Schulsanierungen ist aber generell wenig Geld bei den SchuleigentümerInnen wie Kommunen, Immobiliengesellschaften der Länder, Bund, usw. vorhanden. Meist werden einige wenige Schulen pro Jahr umfassend saniert und umgestaltet. Die Maßnahmen an den verbleibenden, meist nicht weniger sanierungsbedürftigen Schulgebäuden beschränken sich auf unbedingt notwendige oder willkürlich wirkende Einzelmaßnahmen. Dazu kommt aber der Druck vieler europäischer Städte, ihre Schulgebäude zu sanieren, weil erstens die Zahl der Schulpflichtigen steigt und zweitens kein Platz für an gute Infrastruktur angebundene Neubauten vorhanden ist.

Dieser „Druck“, der so auf den SchuleigentümerInnen lastet, muss durch verschiedene Maßnahmen abgebaut werden. Die Vernetzung mit anderen Kommunen, Städten wie sie z.B. in der EU-Smart Cities Initiative gelebt wird, ist ein wichtiges „soziales“ Instrument, neue Ideen, Abläufe und Lösungsansätze zu entwickeln, Schulsanierungen und ähnliche Themen anzugehen. Die Anforderungen und Herausforderungen bei Schulsanierungen sind in ganz Europa ähnlich und können auch gemeinsam gelöst werden.

2.2 Projekte und Studien - Vorarbeiten zum Thema

Für die Erfassung relevanter Aktivitäten wurde am Beginn des Projektes eine Umfeldanalyse und Recherche zu bestehenden Projekten und Studien vor allem im D-A-CH Raum durchgeführt. Darauf aufbauend fanden Treffen mit VertreterInnen nationaler „verwandter“ Projekte statt bzw. wurde ein persönlicher Austausch zu Erfahrungen und Ergebnissen gestartet. Diese Kontakte waren von Beginn weg sehr wertvoll.

2.2.1 Studienrecherchen

Die meisten Studien zu den baulichen und Schadstoff-Bedingungen in Österreichs Schulen und Klassenzimmern wurden in den letzten 15 Jahren durchgeführt. Eine der ersten in Oberösterreich (Land OÖ 2003), wo als Nachfolgestudie zum Projekt 'Gesunde Luft für Oberösterreichs Kinder - Messprogramm in Oberösterreichs Kindergärten' im Zeitraum Oktober 2001 bis Jänner 2003 die Innenraumluftqualität, die akustischen Verhältnisse und die bauphysikalischen Qualitätsfaktoren in Oberösterreichs Pflicht- und Berufsschulen sowie landwirtschaftlichen Fachschulen erhoben und bewertet wurden. Das Projekt konzentrierte sich auf Schadstoffe und Bauphysik, weniger auf energetische Aspekte in Klassenzimmern.

In Deutschland wurde etwa zur selben Zeit das IEA Projekt Annex 36 zur Sanierung von Schulgebäuden durchgeführt (Fraunhofer IBP 2002) und nachfolgend das deutsche Forschungsprogramm Energieeffiziente Schule (EnEff:Schule) gestartet (Fraunhofer IBP 2009). Es hatte zum Ziel, sämtliche Aktivitäten auf dem Gebiet der energieeffizienten Schulsanierung zusammenzuführen und darzustellen. Einen Schwerpunkt stellte die wissenschaftliche Begleitung der im Rahmen von EnEff:Schule durchgeführten Demonstrationsprojekte dar.

Die Protokollbände des „Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser“ wie z.B. Protokollband Nr. 33: Passivhaus-Schulen (PHI 2006) trugen ebenfalls zur Verbreitung technischer Standards im Schulbau vor allem in Deutschland bei.

In der Schweiz starteten ebenfalls Studien wie Komfortuntersuchungen an Schulbauten (Stadt Zürich, 2004) mit Strömungsberechnungen, Messungen und Komfortbewertungen. Weitere Arbeiten wie die komforttechnische Gegenüberstellung von Handlüftung, automatisierte Fensterlüftung und Komfortlüftung in Schulen wurden daran angeschlossen (Stadt Zürich 2009).

In den folgenden Jahren wurden einige weitere Studien zu dem Thema in Österreich durchgeführt, die wichtigsten drei werden im Folgenden angeführt:

In einer Studie über Schullüftungen, an der AEE INTEC selbst mitgewirkt hat (Greml et al. 2008), wurde eine erste Aufstellung der relevanten Schulen und Evaluierung der dort angewandten Arten von Lüftungssystemen bzw. Schwächen und Stärken inkl. Qualitätskriterien der Systeme auch für die Planung beschrieben. Es war eines der Ausgangsprojekte für das Engagement von AEE INTEC im Schulbereich.

Im Projekt „Dem Klassenklima auf der Spur!“ (Schwarzl 2011) untersuchten SchülerInnen, LehrerInnen und WissenschaftlerInnen in Kooperation das Innenraumklima in Schulen auf der Suche nach Zusammenhängen zwischen Hitze und Leistungsfähigkeit. Die Ergebnisse lieferten eines der wenigen fundierten Argumente bisher für die Überhitzungsproblematik in Schulen.

Das Projekt LUKI (UBA 2008) setzte sich vor allem mit dem Zusammenhang von Innenraumfaktoren und der Gesundheit von Kindern auseinander. Insgesamt wurden 252 Parameter in der Luft, im Feinstaub und Hausstaub gemessen. Eine energetische Erhebung wurde nicht durchgeführt, aber wichtige Erkenntnisse bezüglich Schadstoffe im Umfeld der Kinder gewonnen.

2.2.2 Studien parallel und vorbereitende Aktivitäten zu School vent cool

Im Projekt RaBe (LGL 2012) wurden im Schuljahr 2009/10 Daten von 21 Schulklassen der Jahrgangstufe 3 und 4 aus sechs Schulen in Bayern, in denen die Luftzufuhr in den Klassenräumen über eine Raumluftechnische Anlage (RLT) geregelt werden kann, erfasst. Hier ging es vor allem um die Veränderung der Konzentrationsfähigkeit der GrundschülerInnen.

Große internationale Forschungsprojekte wie SINPHONIE – Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe (REC 2010) und SEARCH – School Environment And Respiratory health of Children (REC 2013) laufen noch. Ziele sind die Beurteilung der Zusammenhänge zwischen der SchülerInnengesundheit und ihrer Schulumwelt, und die Erarbeitung von Vorschlägen zur Verbesserung derselben.

Die große „MeineRaumluff-Schulstudie“ der Plattform „meine Raumluff.at“ führte Messungen in österreichischen Klassenzimmern 2012 durch. Die Studie zeigte, dass die Raumluff in der Hälfte der Schulklassen zu warm und zu trocken ist, jede 5. Klasse liegt unter einem Luftfeuchtigkeitswert von 30 %. In Kooperation mit dem Österreichischen Unterrichtsministerium wurde mit der Plattform „MeineRaumluff.at“ daher eine Arbeitsgruppe „Raumluff in Schulen“ installiert, welche Empfehlungen für Schulen erarbeitet, um die Raumluffsituation in Klassenräumen verbessern zu können.

Besonders interessant und gleich ab Beginn als Kooperationsprojekte für School vent cool genannt waren „TES energy façade“ (TU München 2010) und das noch laufende Nachfolgeprojekt „smartTES“. Frank Lattke, der Projektleiter dieser Forschungsprojekte, nahm an einem School vent cool-Workshop und an der Exkursion in Graz im Sept. 2011 im Rahmen des 3. Meetings teil.

Ergebnisse aus vielen Studien zu den Effekten von schlechter Raumluff in Schulen aus dem skandinavischen Raum wurden durch Pawel Wargocki (DTU) als Projektpartner in das Projekt eingebracht. Es wurden Erfahrungen für die Befragungen der SchülerInnen ausgetauscht. Während der Startphase von School vent cool wurde vor allem die Stadt Antwerpen bei der Entscheidung für ein Demonstrationsgebäude unterstützt, das genau durch die Planungsabteilung der Stadt analysiert werden sollte.

2.3 Marktpotenzial, Nutzen und Innovationsgehalt

Für die Steiermark werden derzeit 1.058 Schulen und schulähnliche Bildungseinrichtungen ausgewiesen (schule.at). Die Zahl der klassischen Schultypen in Österreich (Pflichtschulen, berufsbildende und sonstige höhere Schulen) wird mit 6.223 im Schuljahr 2009/10 angegeben (Statistik Austria 2010). Bei diesen Zahlen sind noch keine Kindergärten (ca. 6.000 österreichweit – BMUK u. BMWF 2008), Volkshochschulen (ca. 270 Volkshochschulen in etwa 60 eigenen Gebäuden – VÖV 2011) oder Weiterbildungsinstitute (etwa 163 bfi und 80 WIFI Geschäftsstellen – BFI u. WIFI 2011), und auch nicht alle Gebäude von Universitäten und Fachhochschulen eingerechnet. Werden alle Zahlen dieser Horte, Bildungs- und Ausbildungseinrichtungen summiert, dann ergibt sich eine Summe von etwa 13.000 Bildungseinrichtungen gesamt.

Sollen hier ähnliche jährliche Sanierungsraten wie im Wohnbau erreicht werden, was angesichts der prekären Situation in diesen Gebäuden das absolute Minimum darstellen sollte, dann stünden hier in etwa 390 dieser Einrichtungen (3% von 13.000) jährlich zur Sanierung an. Wenn alleine 390 Gebäude oder zumindest einzelne Räumlichkeiten dieser Einrichtungen jährlich Technologien und Konzepte aus vorliegendem Projekt anwenden würden, und nimmt man an, dass davon 25 Personen (typische Klassengröße) pro Einrichtung profitieren, so ergibt sich für etwa 10.000 Personen mehr pro Jahr ein gesünderes, behaglicheres Lernbetreuungs- und Bildungsumfeld.

Die SchuleigentümerInnen profitier(t)en vor allem durch neue Ideen, die das Projekt bei Lüftung, Sonnenschutz und die Realisierung des Überhitzungsthemas, SchülerInnen- und Schuleinbindung, Sanierungsstrategien und Herangehensweise bei Sanierungen hervor brachte. Die Hauptzielgruppe wie die LIG, aber auch ProfessionistInnen gaben positive Rückmeldungen dazu. Kriterien für Schulsanierungen wie stärkerer Fokus auf Behaglichkeit oder Masterpläne für Sanierungsportfolios wurden durch das Projekt angeregt.

Ein Nutzen aus School vent cool ist der Multiplikatoreffekt „Schule“ für die gesellschaftliche Bewusstseinsänderung hinsichtlich Gebäudesanierung:

- Besseres Raumklima und bessere Bildungsbedingungen
- Mittelfristig höhere Akzeptanz von hochwertigen Gebäudesanierungen durch zukünftige Generationen

Größeres Know-how der Unternehmen wie Holzbau-, Sonnenschutz- und Lüftungsfirmen führt zu optimierter Anwendung in weiteren Sanierungen und damit zu weiteren zufriedenen NutzerInnen. Hier konnte ein Anstoß gegeben werden.

Der Nutzen für die Senkung des Ressourceneinsatzes in Form von Energieverbrauchs- und CO₂-Reduktion durch die Sanierungsmaßnahmen ist ein wichtiger gesellschaftlicher Motor für Sanierungen. Sollten alleine in einzelnen Räumen (ca. 80m² pro Klassenzimmer) die Energieverbräuche um zumindest 50% sinken, dann ergäbe das bei einem durchschnittlichen Energieverbrauch der Schulen um 1950 bis 1980 von etwa 150 kWh/m²a

eine Reduktion von ca. 2.350 MWh jährlich – nur einen(!) Raum pro Einrichtung betreffend. Das würde bei Annahme einer etwa zwei Drittel-Beheizung mit Heizöl in Österreichs Schulen etwa 430 t CO₂ pro Jahr sparen.

In der Steigerung der Behaglichkeit und Luftqualität in Klassenzimmern bei gleichzeitiger Verbesserung der Energieeffizienz von Schulgebäuden bzw. Reduktion des Strombedarfs in den Klassenzimmern liegt das Innovationspotential des Projektes. Praxistaugliche, multiplizierbare Lösungen wurden dafür identifiziert und evaluiert. Die Erkenntnisse werden Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen von Lösungen mit dem Ziel der Steigerung der Behaglichkeit im Zuge der Sanierung von großen Nichtwohngebäuden sein. Innovationen wie z.B. PVC freie Beschattungselemente oder energieeffiziente Regelung von Sonnenschutzsystemen wurden im Projekt getestet.

Ebenso wurden innovative Lösungskonzepte und ihre Wirkung auf SchülerInnen in Klassenzimmern, teilweise auch zur passiven Kühlung von Klassenzimmern nutzbar, in Dänemark getestet:

- Brauchbarkeit natürlicher Fensterlüftung in Zusammenhang mit CO₂-Ampel oder ähnlichen „Warnsignalen“ verbrauchter Luft
- Hybride Lüftungslösungen mit Nutzung vorhandener Bauteilöffnungen mit mechanischer Unterstützung des Luftaustausches
- Mechanische Lüftungslösungen mit Wärmerückgewinnung entweder als dezentrale, „Heizkörperartige“, fassadenintegrierte oder klassenweise Raumgeräte, oder als zentrale Anlagen wie die „Sickerlüftung“, bei der über der abgehängten Decke Frischluft eingeblasen wird und durch die Decke diffundiert bzw. „sickert“

Weiterhin ist das Thema Schulsanierung vor allem für den Gebäude-Firmen- und PlanerInnenmarkt interessant weil sie dadurch die Basis zu den Gemeinden und SchulerhalterInnen stärken können und somit Folgeaufträge bekommen können. Die Politik und die Medien tragen derzeit viel dazu bei, dass das Thema in Kombination mit neuen Bildungsentwicklungen weiterhin aktuell bleibt.

2.4 Struktur und verwendete Methoden

Das Projekt wurde in 7 Arbeitspakete bzw. Work Packages (WP) strukturiert (siehe Abbildung 4). Arbeitspaket 1 (WP1), Management, beinhaltet die Koordination des Projektes, die Projekttreffen und das Verfassen der Berichte.

Im WP2, Building Typology, wurden aus 29 ausgewählten Schulen der Projektpartnerländer 24 Case Studies für die Erstellung der „General Types“ oder Leitmerkmale der Schulgebäudetypologie ausgewählt und analysiert. Dann wurden die Schulgebäude nach den wichtigsten Leitmerkmalen gruppiert (typologisiert). Je General Type wurden verschiedene „Focus Types“, die spezifischen Merkmale, als Voraussetzung für z.B. die Lüftungsleitungsführung oder die Fassaden-Modulentwicklung beschrieben.

Durch Studienrecherchen, ExpertInnengespräche, Analyse von Schulgebäuden aus WP2 mittels Energiebedarfsberechnungen, SchülerInnen- und LehrerInnen-Befragungen, sowie Messungen in je drei verschiedenen Klassenzimmern der Demonstrationsgebäude wurden Ursachen der Überwärmung von Klassenzimmern im WP3, Passive Gains Versus Cooling Requirements, identifiziert. Mittels Simulationsprogramm iDbuild der DTU zur Analyse von Einzelräumen wurden verschiedene Lüftungs- und Beschattungsvarianten für Klassenzimmer berechnet und Lösungskombinationen variiert.

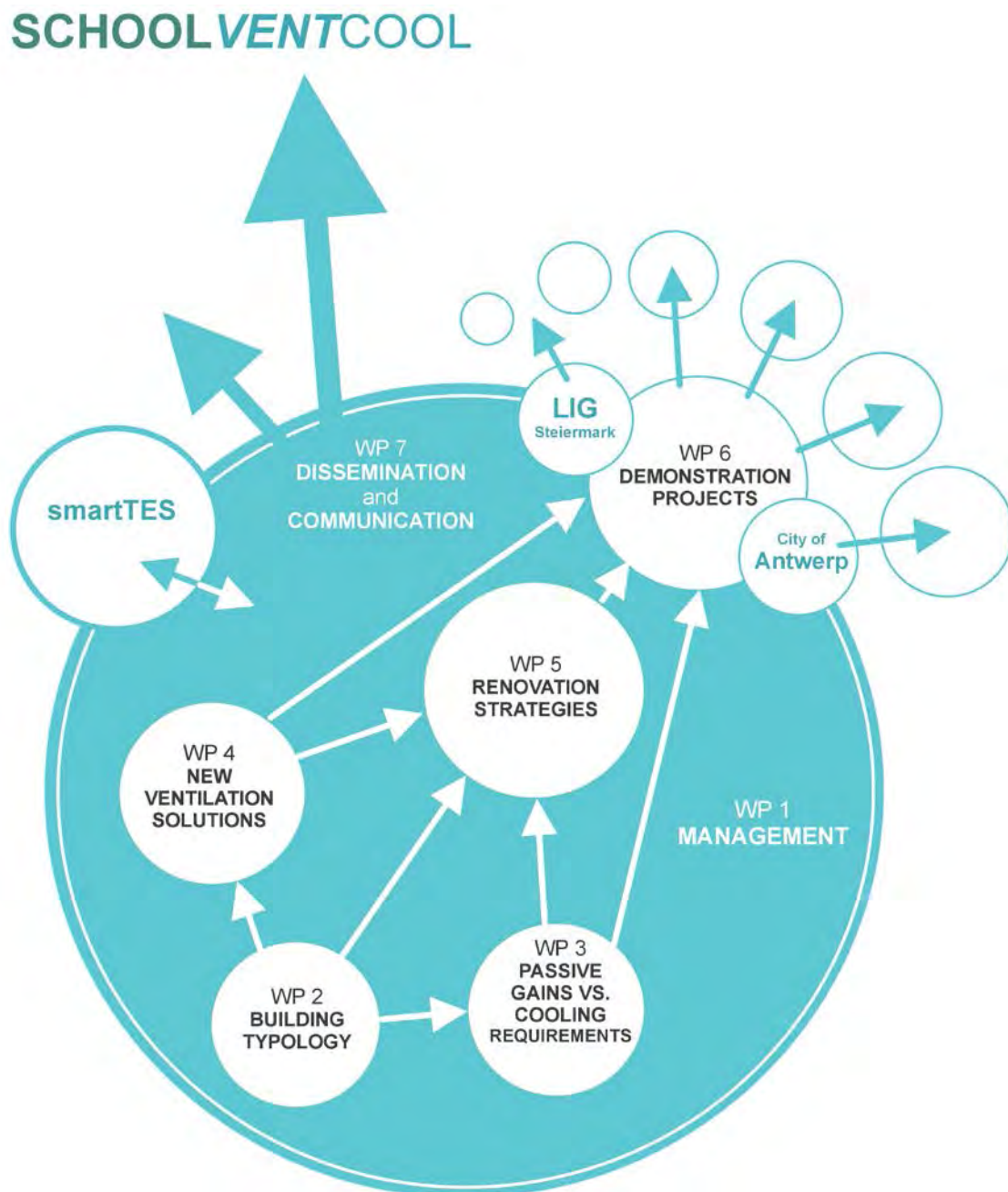


Abbildung 4 Übersicht des Arbeitsprogramms von School vent cool

Parallel wurden nach der Analyse von Klassenzimmern in Hinblick auf die Beleuchtungssituation und mit Hilfe von Tageslichtsimulationen vier verschiedene

Systemlösungen für Sonnen-/Blendschutz inkl. Tageslichtnutzung für ein Demonstrationsgebäude entwickelt und eingebaut.

Die dänischen ProjektpartnerInnen führten im WP4, New Ventilation Solutions, Tests für verschiedene Lüftungslösungen und Befragungen dazu in Klassenzimmern verschiedener Schulen durch. In Klassenzimmer-Paaren wurde eines als Referenzraum, ein zweites mit verschiedenen Systemen getestet. Die verwendeten Lüftungssysteme wurden aus Erfahrung vorangegangener Projekte und teils in Kooperation mit Firmen von der DTU entwickelt.

Das Design und erste Modelle von vorgefertigten Holzelementen inkl. Lüftungsrohren, Fenster und Sonnenschutz für Schulsanierungen wurden von den Schweizer KollegInnen anhand der Typologie (WP2) für das WP5, Renovation Strategies, entwickelt. Diese theoretischen Entwicklungen wurden in einem Demonstrationsbau getestet und Erfahrungen gesammelt. Gemeinsam mit AEE INTEC wurden in Workshops parallel dazu anhand von 9 verschiedenen Case Study-Schulgebäuden aus WP2 (je Partnerland eines, die Stadt Antwerpen sechs) Sanierungsstrategien mit internationalen ExpertInnen diskutiert und erarbeitet (z.B. beim „Case Studies Workshop“ am 27.09.2011 in Graz). Daraus entwickelte sich die „School vent cool“-Methode für Schulsanierungen ausgehend von der Portfolio Analyse bis zu einzelnen Maßnahmen im Gebäude.

Jedes der Projektpartnerländer hatte versucht, Demonstrationsgebäude für Schulsanierungen im WP6, Demonstration Projects, ausgehend von den Case Studies in WP2 auszuwählen. Für diese Gebäude wurden Sanierungsstrategien entwickelt und diskutiert, Sanierungslösungen eingebaut und getestet, Messungen und Berechnungen parallel dazu durchgeführt, und diese Prozesse in unterschiedlicher Weise (Film, Bericht, Präsentation, etc.) dokumentiert.

Im WP7, Dissemination and Communication, wurde ein Plan zur Verbreitung der Ergebnisse erstellt, in Anlehnung an die Deliverables der internationalen Einreichung. Dieser wurde wie die eingerichtete Projektwebsite laufend aktualisiert und bei Projekttreffen präsentiert.

2.5 Vorgangsweise und Untersuchungen

Die Arbeitspakete von School vent cool wurden von den verschiedenen ProjektpartnerInnen nach einem vereinbartem Schlüssel geleitet und unter der Gesamtkoordination von AEE INTEC bearbeitet. Die jeweils anderen ProjektpartnerInnen waren entweder aktiv daran beteiligt oder zumindest informiert (siehe Übersicht in Tabelle 1).

Der Schwerpunkt der Tätigkeiten von AEE INTEC im Projekt waren die Projektkoordination und die Arbeiten im WP3, vor allem die Untersuchung und Lösungsvorschläge für die Herstellung thermischen Sommerkomforts in Klassenzimmern. Die Projektleitung beinhaltete die Organisation von 5 Projekttreffen in allen Partnerländern, gekoppelt jeweils mit fachlichen Workshops und Exkursionen. Diese waren jedes für sich besonders wertvoll für den jeweiligen Zugang zu Schulsanierungen und technische Lösungen in den

Projektpartnerländern. Vor allem die fachliche und organisatorische Professionalität der beteiligten ProjektpartnerInnen ist besonders hervorzuheben.

Tabelle 1 Übersicht Arbeitspaketaufteilung und -beteiligung der Partnerorganisationen im Projekt School vent cool

SCHOOL VENTCOOL Arbeitsprogramm		Partnerorganisationen						
		AEE INTEC	HSLU	FHNW	DTU-BPS	DTU-ICIEE	PHP	ANT
WP 1	Management	L	P	P	P	P	P	P
WP 2	Building typology	P	L	AC	P	P	P	P
WP 3	Passive gains versus cooling requirements	L		AC	AC	P		
WP 4	New ventilation solutions	AC		AC	L	AC		P
WP 5	Renovation strategies	L	AC	L	P	P	AC	AC
WP 6	Demonstration projects	AC			AC	L	P	AC
WP 7	Dissemination	AC		P	AC	AC	L	P

Interests:

- L** Workpackage **L**eadership
- AC** Workpackage **A**ctive **C**ooperation (very high interest to contribute, key focus)
- P** Workpackage **P**articipation (contribution with less effort, e.g. support the work with national aspects or experiences...)

Der erste Call des Eracobuild-Programms „Sustainable Renovation“, kurz SusRen, in dessen Rahmen School vent cool eingereicht worden war, beinhaltete die Forschungsthemen:

- Business models and new financial instruments
- Policies and tools for promoting Sustainable Renovation
- Technology

Im Rahmen des Programms "Haus der Zukunft Plus" wurden 2010 hauptsächlich Mittel für das dritte dieser Forschungsthemen, Technology, zur Verfügung gestellt. Diese Mittel wurden bei der österreichischen Beteiligung in School vent cool vor allem in der Untersuchung des Sommerkomforts in Schulen und Lösungen zu intelligenten Sonnenschutz-, Lüftungssystemen für Klassenzimmer sowie deren Demonstration verwendet. Diese Arbeiten wurden in enger Kooperation mit der Landes-Immobilien-gesellschaft Steiermark (LIG) und dem Bundesverband Sonnenschutztechnik (BVST) durchgeführt.

Neben Recherchetätigkeit wurden zu Beginn sechs Schulgebäude der LIG in der Steiermark genau untersucht bzw. Daten erhoben und beschrieben. Dies diente dem Schweizer

Projektpartner HSLU gemeinsam mit anderen Schulgebäuden der Partnerländer zur Erstellung einer qualitativen Schultypologie (siehe Kap. 3.1). Auf deren Basis erfolgte die Entwicklung von Strategien für die Vorfertigung bei Schulsanierungen durch die FHNW, auch ein Demonstrationsobjekt dort wurde dafür gefunden².

AEE INTEC hatte aufbauend auf den Schulanalysen, ExpertInnen- und Workshop-Diskussionen die „School vent cool“-Methode für Schulsanierungen ausgehend vom gesamten Bestand z.B. einer Stadt bis zu den einzelnen Maßnahmen in einem einzelnen Gebäude entwickelt. Zur Unterstützung dieser Sanierungsstrategien wurden Lösungen für verbesserte Raumlufte und höhere thermische Qualität auch im Sommer gesucht. Dazu wurden Klassenzimmer ausgewählt, Komfortvarianten berechnet und in der Praxis in mind. drei Klassenzimmern jeweils in Dänemark zur Lüftung und in Österreich zum Sonnenschutz getestet bzw. neue Lösungen demonstriert.

Die Methode, nach der im Projekt vorgegangen wurde, lässt sich am besten mit Abbildung 5 skizzieren.

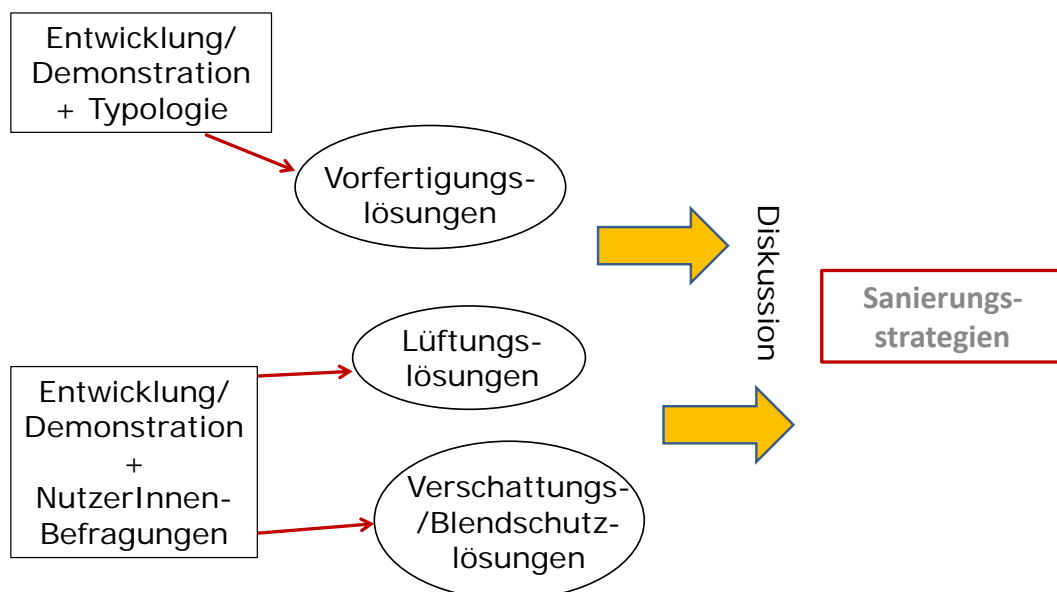


Abbildung 5 Ausgehend von Recherchen, Entwicklung, Demonstration und Befragungen wurden in School vent cool Lösungen untersucht und Strategien erarbeitet

² Die Arbeiten beim Demonstrationsprojekt in Krummbach/Schweiz wurden filmisch dokumentiert. Ein Auszug davon ist auf <http://www.schoolventcool.eu/node/90> zu sehen!

3 Ergebnisse des Projektes


In diesem Kapitel sind vor allem die national gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem Projekt School vent cool dargestellt. Eine Zusammenfassung der Arbeiten und die insgesamt im Projekt gewonnenen Ergebnisse finden sich auch im internationalen Bericht zu „School vent cool“, der gemeinsam von den ProjektpartnerInnen zum Ende des Projektes im März 2013 in Englisch verfasst und verbreitet wurde (siehe Anhang).

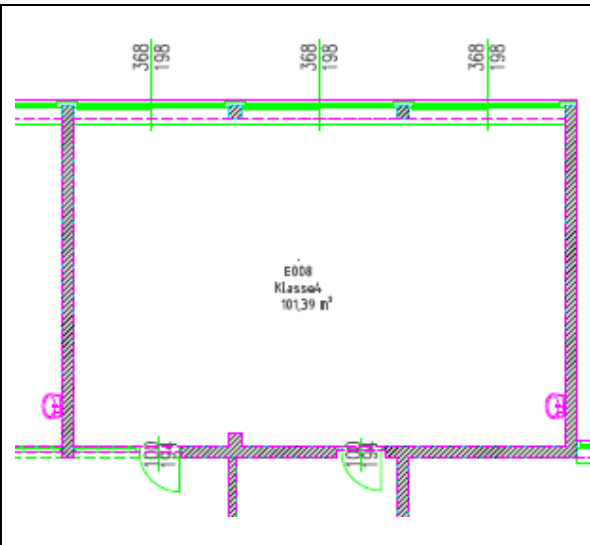
3.1 Zur Typologie und zum Zustand unserer Schulgebäude

Unter Anleitung und Koordination der Schweizer Projektpartner HSLU wurden je Projektpartnerland mindestens sechs typologisch möglichst repräsentative Schulgebäude („Case Study Buildings“) zusammengestellt und analysiert. Jedes der Gebäude wurde zumindest über Pläne, Belegungs-, Energieverbrauchsdaten und eine Begehung plus fotografische Dokumentation vor Ort nach einer Vorlage der HSLU beschrieben. Aus diesem Datenpool wurden die Arbeiten für die qualitative Schulgebäudetypologie mit General- und Focus Types gespeist, auf denen Modelle für die Vorfertigung von Fassadenelementen der Schweizer KollegInnen für die Sanierung beruhen.

3.1.1 Die Österreichischen Case Studies

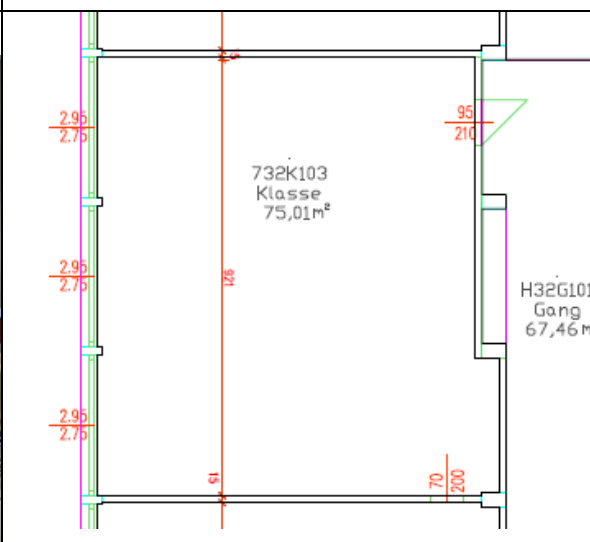
Im Folgenden werden die 6 österreichischen Schulgebäude, Berufsschulen und landwirtschaftliche Fachschulen der Landes-Immobilien-gesellschaft mbH (LIG) der Steiermark, tabellarisch vorgestellt und nach ihren wichtigsten typologischen Merkmalen beschrieben.

Landesberufsschule Gleinstätten	
<p>Baujahre: 1974 – 1977 Keller und 3 Stockwerke 10 Klassenzimmer Fläche Klassenzimmer: 100 m² Bruttogrundfläche (Schulgebäude): 6.253 m² Heizwärmebedarf (berechnet): 100 kWh/m²a Zentralheizung (gespeist durch die Biomasse-Nahwärme Gleinstätten) Fensterlüftung</p>	



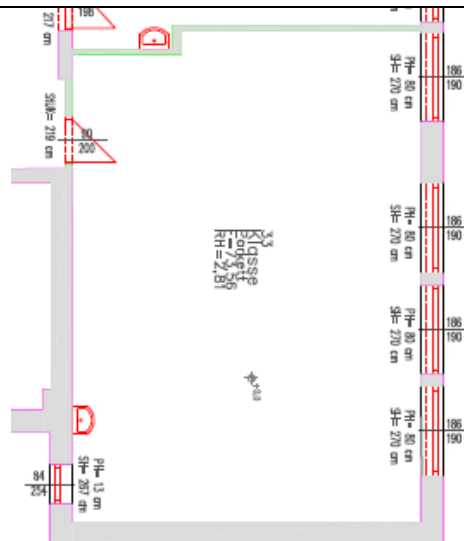
Landesberufsschule Graz St. Peter / Haus 12

Baujahr: 1968
 Keller und 3 Stockwerke
 25 Klassenzimmer
 Fläche Klassenzimmer: 68-75 m²
 Bruttogeschoßfläche: 7.130 m²
 Heizwärmebedarf (berechnet): 117 kWh/m²a
 Endenergieverbrauch Heizung/WW:
 etwa 94 kWh/m²a
 Zentralheizung
 (gespeist von der Grazer Fernwärme)
 Fensterlüftung



Landwirtschaftliche Fachschule Haidegg/Graz

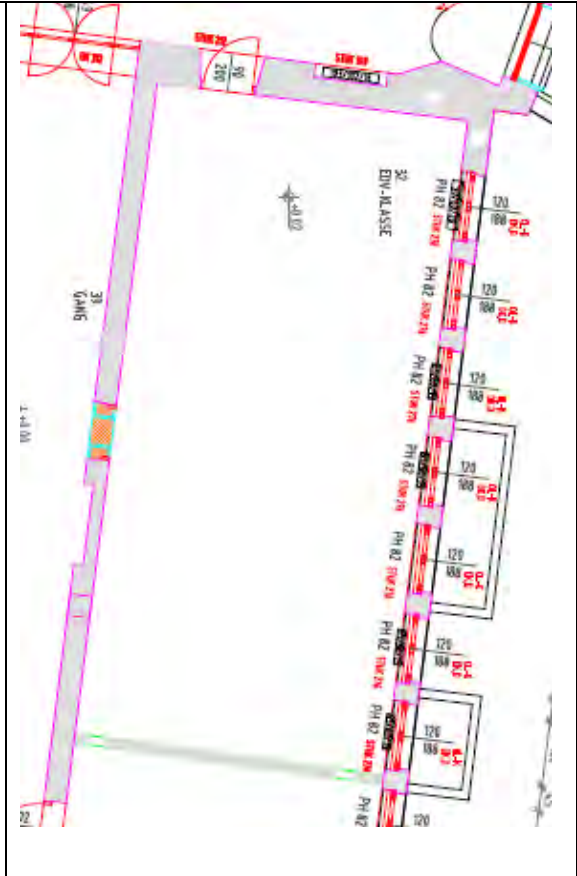
Baujahre: 1966 (1980)
Keller und 2 Stockwerke
4 Klassenzimmer
Bruttogrundfläche: 727 m²
Fläche Klassenzimmer: 60 m²
Heizwärmebedarf: ca. 150 kWh/m²a
Zentralheizung (Energieträger Gas)
Fensterlüftung



Landwirtschaftliche Fachschule Grottenhof-Hardt

Baujahr: 1955
Keller und 3 Stockwerke
4 Klassenzimmer
Fläche Klassenzimmer: 60 m²
Bruttogrundfläche: 3.306 m²
Heizwärmebedarf (berechnet): 157 kWh/m²a
Zentralheizung (Energieträger Hackschnitzel)
Fensterlüftung

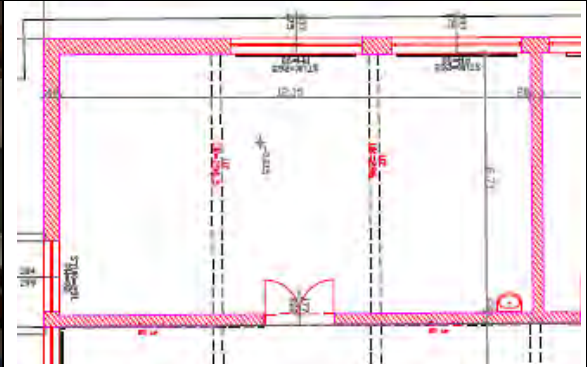




Landwirtschaftliche Fachschule Hatzen Dorf

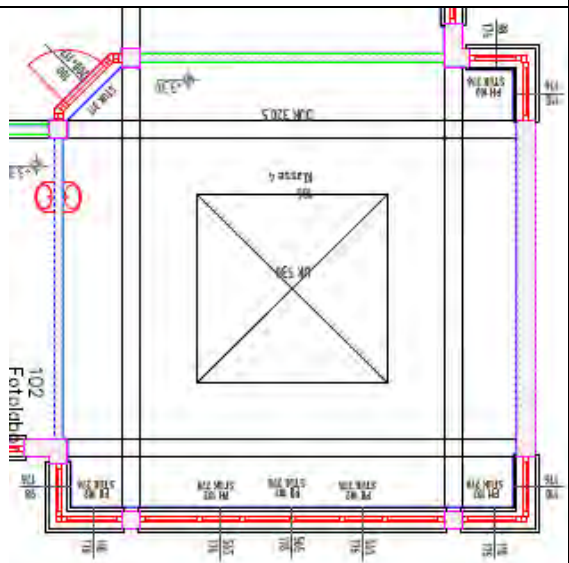
Baujahr: 1966
 Keller und 2 bis 3 Stockwerke
 4 Klassenzimmer
 Fläche Klassenzimmer: 60 m²
 Bruttogrundfläche: 3.250 m²
 Heizwärmebedarf: ca. 120 kWh/m²a
 Zentralheizung
 (gespeist von der Biomasse-Nahwärme
 Hatzen Dorf)
 Fensterlüftung





Landwirtschaftliche Fachschule Kirchberg

Baujahr: 1984
 Keller und 2 Stockwerke
 4 Klassenzimmer
 Fläche Klassenzimmer: 70 m²
 Bruttogrundfläche: 2.300 m²
 Heizwärmebedarf (berechnet): 97 kWh/m²a
 Zentralheizung (Energieträger Hackschnitzel)
 Fensterlüftung



3.1.2 Erkenntnisse aus den typologischen Analysen

Die sechs genauer untersuchten Schulgebäude der LIG wurden mit österreichischen Schulen aus anderen Projekten verglichen. Die zwei analysierten Berufsschulen waren typische Schulgebäude wie sie in Österreich für Hauptschulen oder Gymnasien häufig vorzufinden sind. Die restlichen vier landwirtschaftlichen Fachschulen waren für ihren Schultyp durchaus repräsentativ, vergleichbar aber mit ländlichen Volksschulen.

Zusammenfassend konnte festgehalten werden:

- 3 verschiedene Bruttogrundflächen: ca. 7.000 m², 3.000 m² oder 700 m²
- 2 bis 3 Stockwerke
- Anzahl der Klassenzimmer: 25, 10 oder 4 plus/minus Computerräume
- 3 verschiedene Klassenzimmergrößen: 100 m², 70 m² oder 60 m²
- Alle mit Zentralheizung (am Land Biomasse-gespeist)
- Nur Fensterlüftung, d.h. keine mechanischen Lüftungssysteme
- Fenster an nur einer Fassadenseite meist mit händisch bedienbaren außenliegenden Jalousien und innen Vorhängen vor den Fenstern
- Fensterflächen Klassenzimmer: 60 bis 80% der Fassadenseite mit Fenstern
- Typische Klassenzimmer-Ausstattung: Tische, Sessel, ein Computer, Beamer, Tafel, Waschbecken, Radiatoren unter den Fenstern

Neben diesen typologisch interessanten „Hard Facts“ fanden sich noch einige interessante Aspekte der Analyse bestehender Schulen, die ebenfalls in strategische Überlegungen von Schulsanierungen einfließen sollten:

Etwa die Hälfte aller in School vent cool und ähnlichen Projekten untersuchten Schulgebäude besaßen schon im Eingangsbereich „Barrieren“ in Form von Stiegenhäusern oder engen Gängen (siehe Beispiel in Abbildung 6). Der Ausstattungs-Standard in den PädagogInnenzimmern war immer höher als in den Klassenzimmern, wobei es noch eine Steigerung bei der Ausstattung zugunsten der Schulleitung gab. Die Sanierungsstrategie ist hier, aufbauend auf einer fundierten Gebäudeanalyse, doppelt wichtig; energetisches, hierarchie-abbauendes und offenes Design nötig.

Weiters auffällig war, dass einzeln für die Schulgebäude selbst (ohne Internatbereich) oder etwa für Klassenzimmer brauchbare Energieverbrauchsdaten meist fehlen.

Gesamtverbräuche sind generierbar, aber nicht Details, auf denen realistische Energieeinsparungskosten für Sanierungsmaßnahmen aufgebaut werden könnten. Diese werden meist durch Erfahrungswerte der beteiligten Personen abgeschätzt. Dort wo gute Energieverbrauchsdaten vorhanden sind, liegen diese in allen bisher untersuchten

Schulgebäuden mindestens 20% unter den berechneten Endenergiebedarfszahlen gängiger Programme. Dies ist ebenfalls wichtig zu beachten, wenn Kostensenkungen durch Energieeinsparungen nach Sanierungen berechnet werden.



Abbildung 6 Die „Barrieren“ im Eingangsbereich vieler Schulen. Da, um in der Sanierung abgebaut zu werden

3.2 Energetisch hochwertige Schulsanierungsstrategien

Im Projekt wurden zwei Wege beschritten, Schulsanierungsstrategien zu entwickeln:

Der erste Weg baute auf die Planungs- und Diskussionsarbeit an konkreten Schulgebäuden mit erfahrenen ExpertInnen. Pawel Wargocki meinte zu dieser Strategie: „Invite many people with different expertise to cover all different aspects for an appropriate solution!“ (Wargocki 2011) Aus den Planungs- und Diskussions-Workshops wurde mit Hilfe von zusätzlichen ExpertInnengesprächen die „School vent cool“-Methode als Schulsanierungsstrategie einer Verwaltungseinheit wie Land, Stadt oder LIG entwickelt. Sie wurde in Form einer Broschüre „The way towards your cool school“ verfasst und so der Öffentlichkeit unter anderem in Brüssel auf dem PH-Symposium 2012 präsentiert.³

Die Strategie dieser SVC-Methode geht vom gesamten Schul-Portfolio einer z.B. Stadt aus, baut auf genauer Bestandserhebung auf, wählt bewusst und fundiert prioritäre Schulstandorte für Sanierungen aus und endet erst ganz zum Schluss bei Einzelmaßnahmen (siehe Abbildung 7). In der jetzigen Praxis bei Schulsanierungen wird der

³ Unter <http://www.schoolventcool.eu/node/48> und <http://www.aee-intec.at/0uploads/dateien837.pdf> abrufbar!

Weg oft genau umgekehrt beschriften, sie beginnen mit Einzelmaßnahmen und enden in unkalkulierbaren Portfolios. Die Methode kann in gleicher Form nicht nur auf Schulen, sondern alle Gebäude z.B. einer Gemeinde ausgedehnt werden.

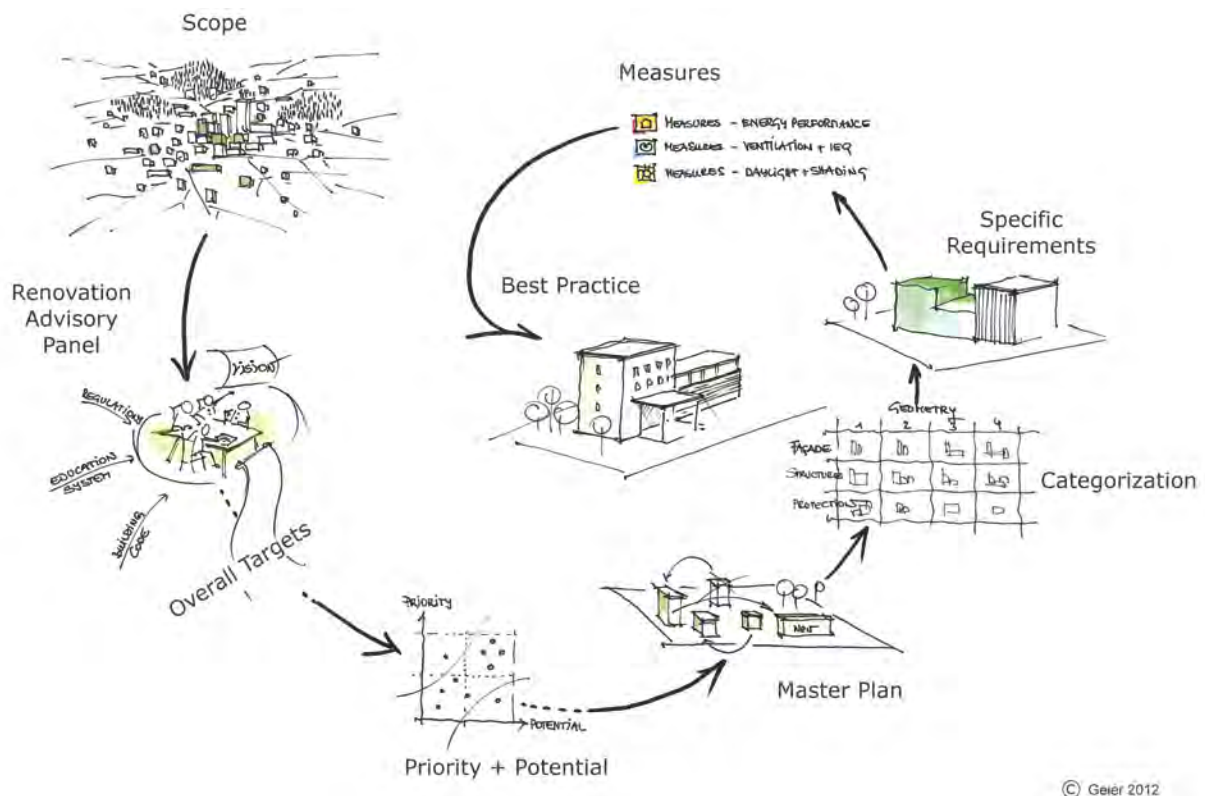


Abbildung 7 Vom Überblick zum Detail – auch bei Schulsanierungen ist das Portfolio der Startpunkt der Gesamtbetrachtung, Einzelgebäude-Maßnahmen der Schlusspunkt guter Beispiele

Der zweite Weg war eine konkret auf möglichst hohe Vorfertigung in der Sanierung der Gebäudehülle und -technik zielende Schulsanierungsstrategie. Sie entwickelte das Design und die Modelle von vorgefertigten, gedämmten und Lüftungsrohr- bzw. Sonnenschutz-integrierenden Holzelementen. Diese Art der Sanierung findet konkret auf der Ebene eines Gebäudes (auf den „General Types“) statt und basiert auf der Analyse der Typologie, genauer Fassadenmaße, Fenstermaßen, Parapethöhen etc. („Focus Types“).

Die Strategie auf Schultypen zu achten und gut zu analysieren bringt höchste Präzision in die Planung, schnelle Arbeitsprozesse auf der Baustelle und geringste Störungen der NutzerInnen dadurch. Abbildung 8 gibt einen Überblick über diese Schulsanierungsstrategie, die die Schweizer ProjektpartnerInnen demnächst in einem langen Bericht auf Deutsch und Englisch veröffentlichen werden.⁴

⁴ Dieser Bericht wird unter <http://www.fhnw.ch/habg/iebau/afue/gruppe-bau/schoolventcool-eracobuild> ab Anfang Juli 2013 abrufbar sein!

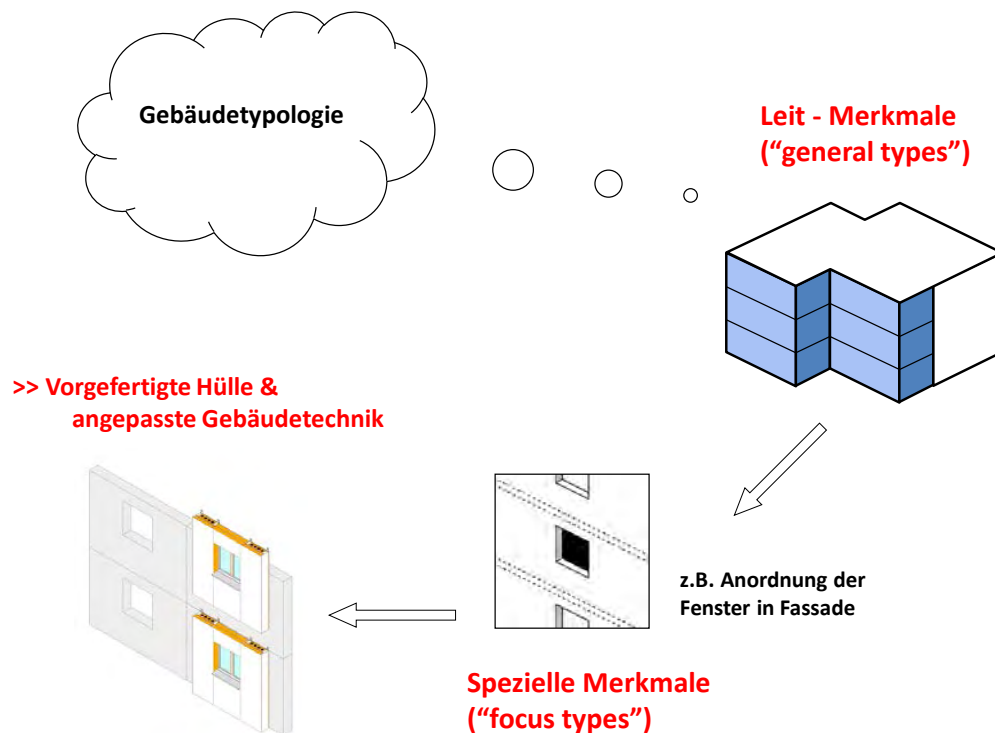


Abbildung 8 Strategie der Kombination Typologie und vorgefertigte Bauteile für Sanierungen (Quelle: HSLU, FHNW)

Ziel war es bei diesen Sanierungsstrategien, hohe Behaglichkeitsstandards, geringe Störung der SchulnutzerInnen und Präzision bzw. Standardisierung durch Vorfertigung der Bauteile für die Sanierung zu erreichen.

Die Varianten für die Vorfertigung von großen Fassaden- oder Dachelementen bei Schulsanierungen wurden ähnlich wie bei Untersuchungen von Wohngebäuden auf Basis der typologischen Merkmale der Schulgebäude entwickelt. Der bestimmende Faktor für die Art und die Dimensionen der vorgefertigten Module sind die Durchmesser der integrierten Lüftungsrohre bzw. Fenstergrößen und -anordnung. Sind die Modelle der Module aber für bestimmte Typologien erstellt, dann ergibt sich ein großes Marktpotenzial für deren Anwendung (siehe auch Abbildung 9).

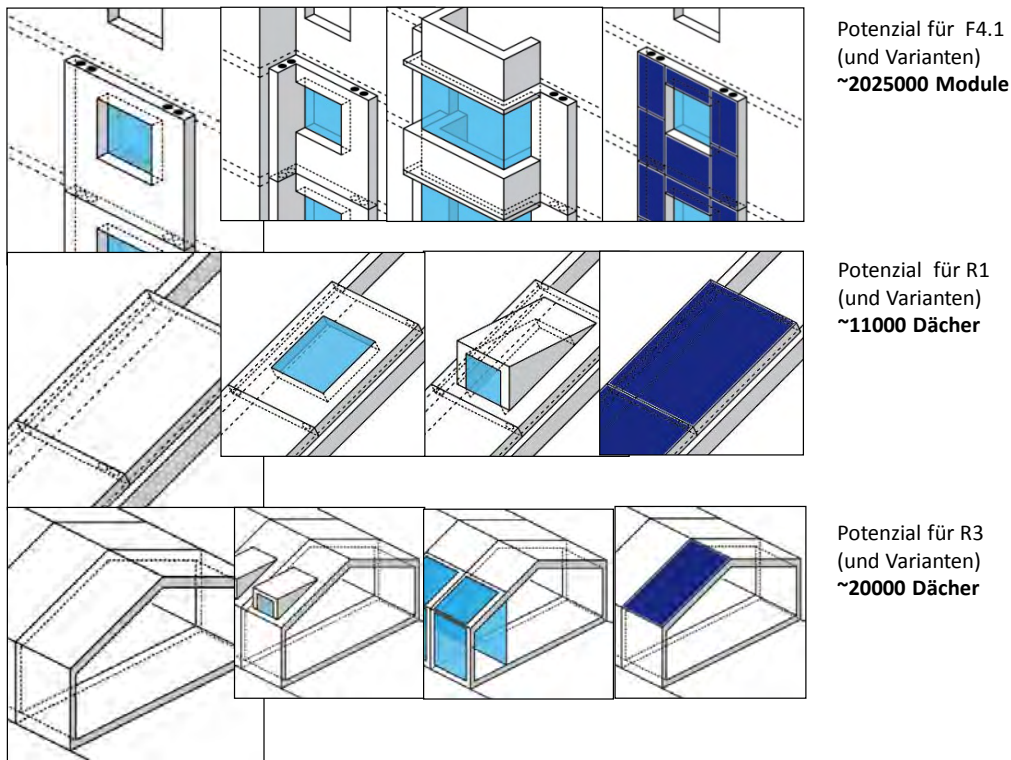


Abbildung 9 Beispiel für die das Marktpotenzial bestimmter Vorfertigungs-Lösungen am Beispiel Schweizer Wohngebäude (Quelle: HSLU, FHNW)

Unabhängig von der Sanierungsstrategie werden zwei Fragen als eminent wichtig erachtet und sollten weit vor konkreter Planung gestellt oder zumindest beachtet werden:

Was brauchen die SchuleigentümerInnen?

→ z.B. Finanzierungskonzepte, Masterpläne, Entscheidungshilfen, andere Nutzungskonzepte, erfahrene PlanerInnen und BeraterInnen, starke KoordinatorInnen im Bauprozess, gute ProfessionistInnen – Firmennetzwerke, etc.

Was wünschen bzw. halten die NutzerInnen wie SchülerInnen für wichtig?

→ z.B. Neue Fenster, neue Waschbecken, große Uhren, verschließbare Abfalleimer, Klimaanlage, bunte Farben, mehr Kästen, bequeme Sessel, keine Veränderungen, etc.

Die Befragungen der SchülerInnen im Rahmen der Komfortanalysen in Klassenzimmern (vgl. Kap. 3.3.2) haben gezeigt, dass SchülerInnen oder PädagogInnen, die noch nie mit dem Thema Schul-, Klassenzimmerumbau, -sanierung zu tun hatten, teilweise völlig andere Vorstellungen davon haben als erwartet wurde. Ein Aufeinander-zu-gehen wäre wünschenswert und ist beispielsweise im Wohnungsbau mit Maßnahmen gut beschrieben.

3.3 Sommer-Komfort und Energieeffizienz in Schulen

3.3.1 Status quo der Behaglichkeit in Schulen

Klimaextreme und höhere interne Lasten in den Klassenzimmern durch Computer und Beleuchtung lassen die Temperaturen in den Klassenzimmern in bestehenden wie auch sanierten Schulen in einem Maß steigen, das für SchülerInnen und LehrerInnen inakzeptabel ist. Wie in einigen Schulen nachgewiesen werden konnte, gibt es außerhalb des Sommers Temperaturmaxima von über 26°C (siehe Abbildung 10).

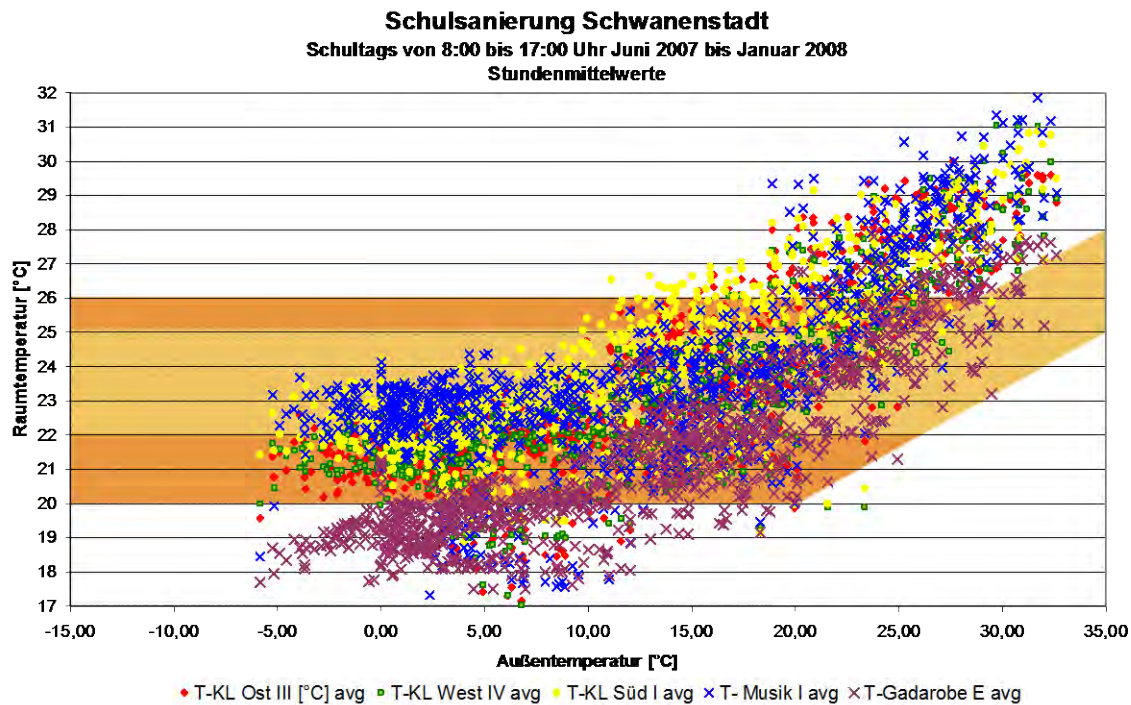


Abbildung 10 In ca. 15% aller Schulstunden im Jahr herrschen Temperaturen über 26°C

Im Zuge von School vent cool wurden zum Vergleich der Aussagen bei den Befragungen der SchülerInnen über Komfortbedingungen Temperaturen, CO₂-Konzentrationen und die relative Luftfeuchtigkeit in einigen Klassenzimmern gemessen. Die nachfolgenden Abbildungen geben einen Eindruck der Ergebnisse dieser Messungen, die vor allem in den Klassenzimmern der LBS Gleinstätten durchgeführt wurden.

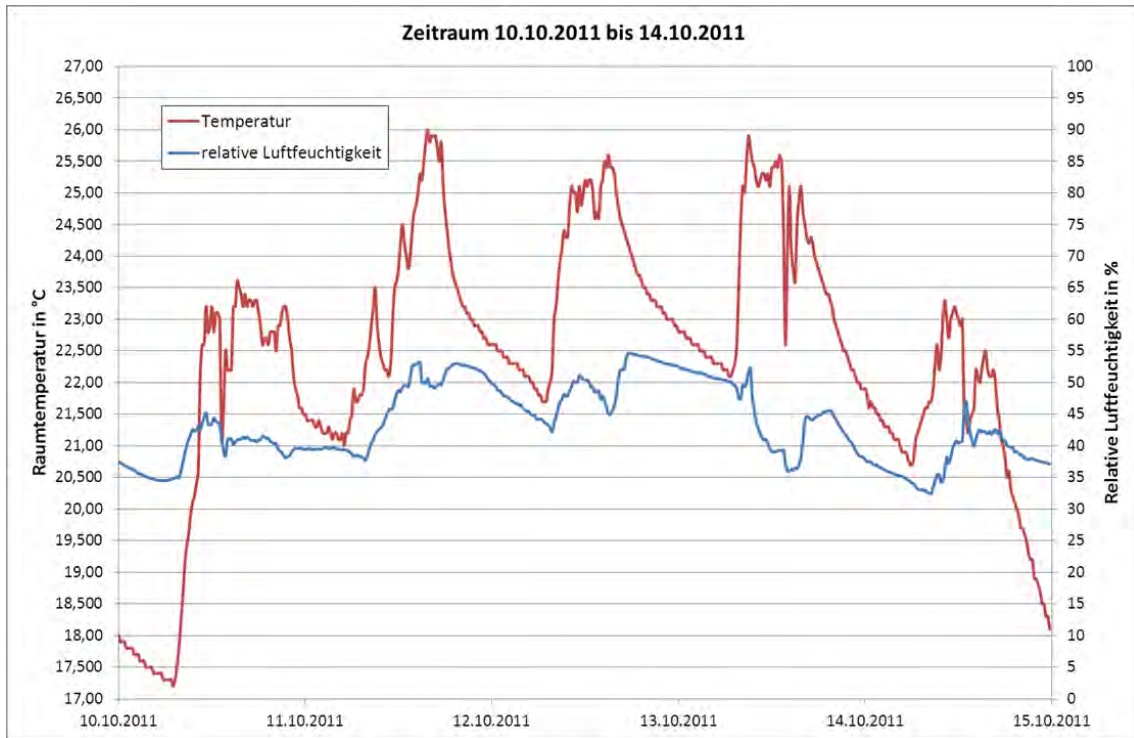


Abbildung 11 Hohe Temperaturen und Temperaturschwankungen in einem Klassenzimmer im Herbst

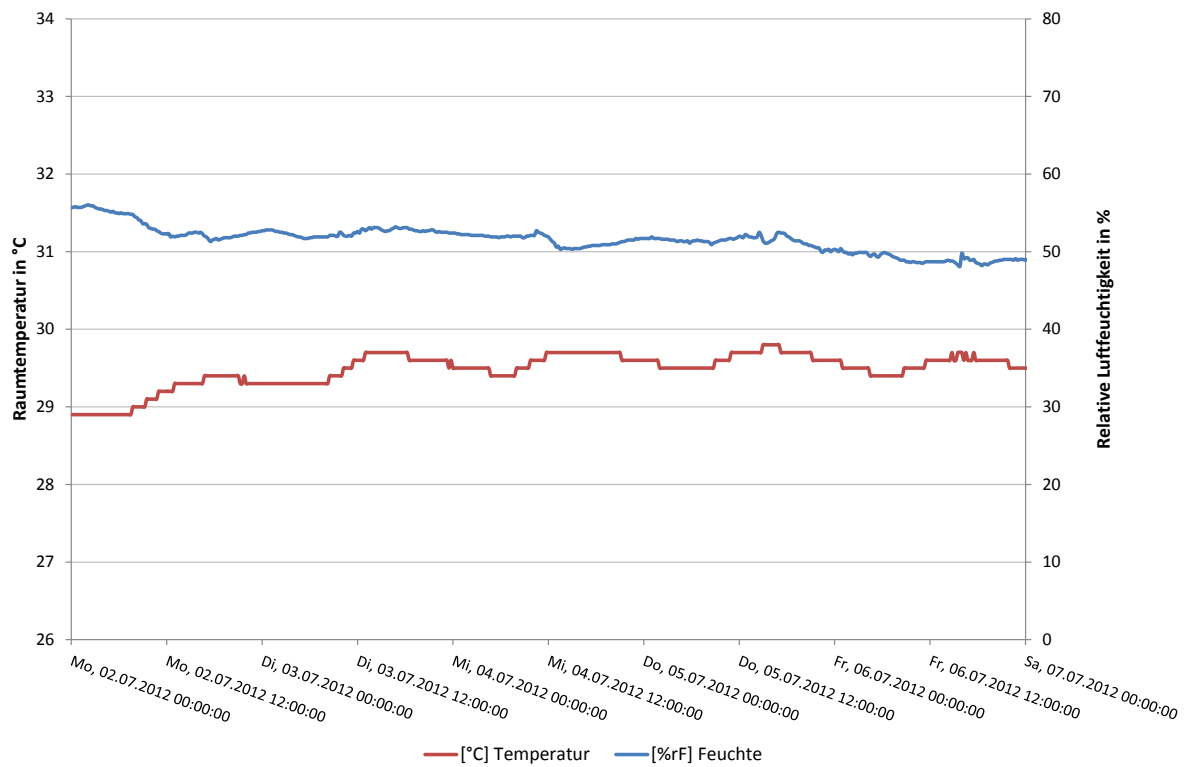


Abbildung 12 Konstant hohe Temperaturen in der letzten Schulwoche – ohne konkrete Maßnahmen im Gebäudebestand

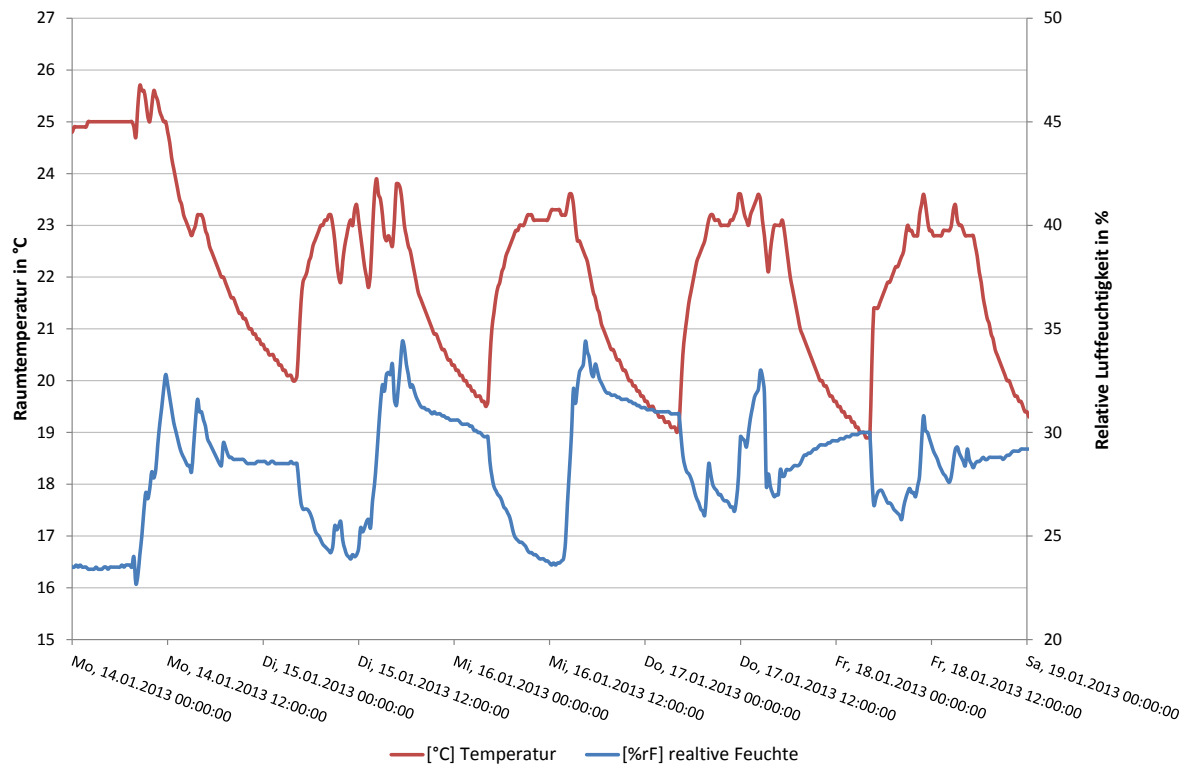


Abbildung 13 Sehr niedrige relative Luftfeuchtigkeit in einer Jännerwoche

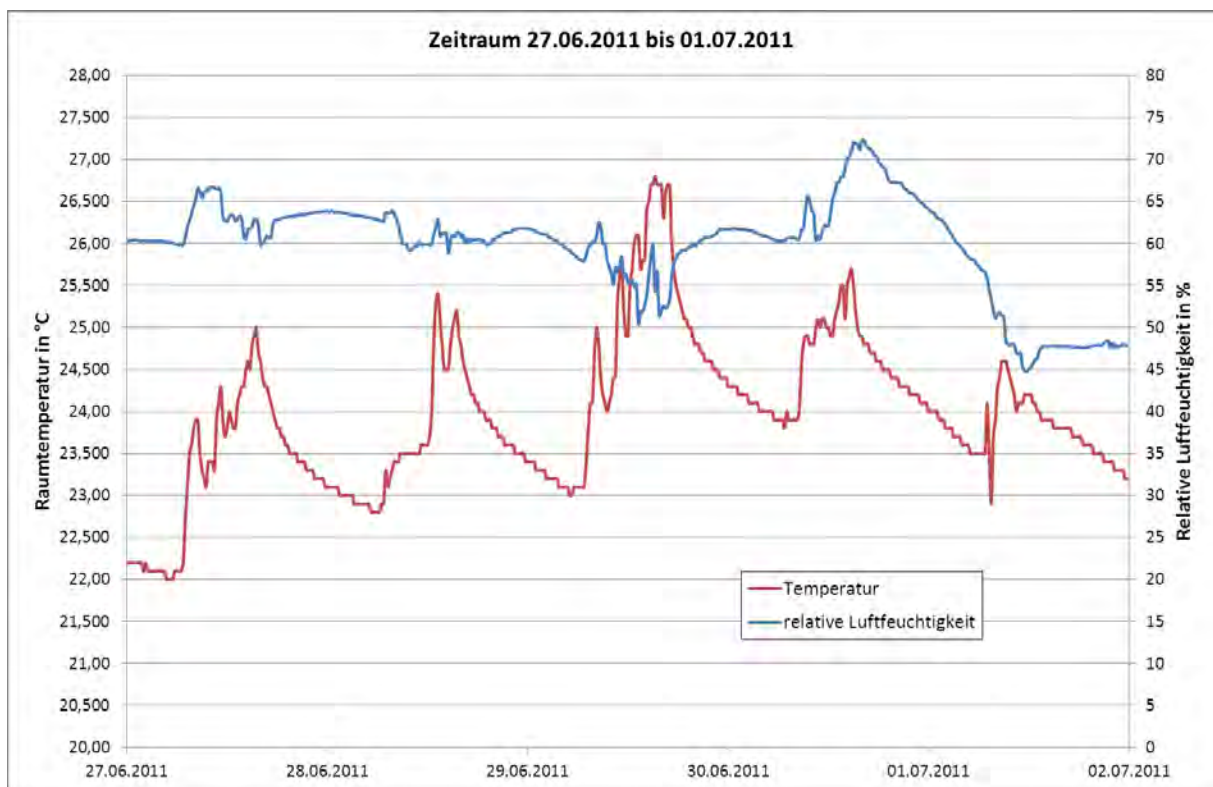


Abbildung 14 Sehr hohe relative Luftfeuchtigkeit im Sommer

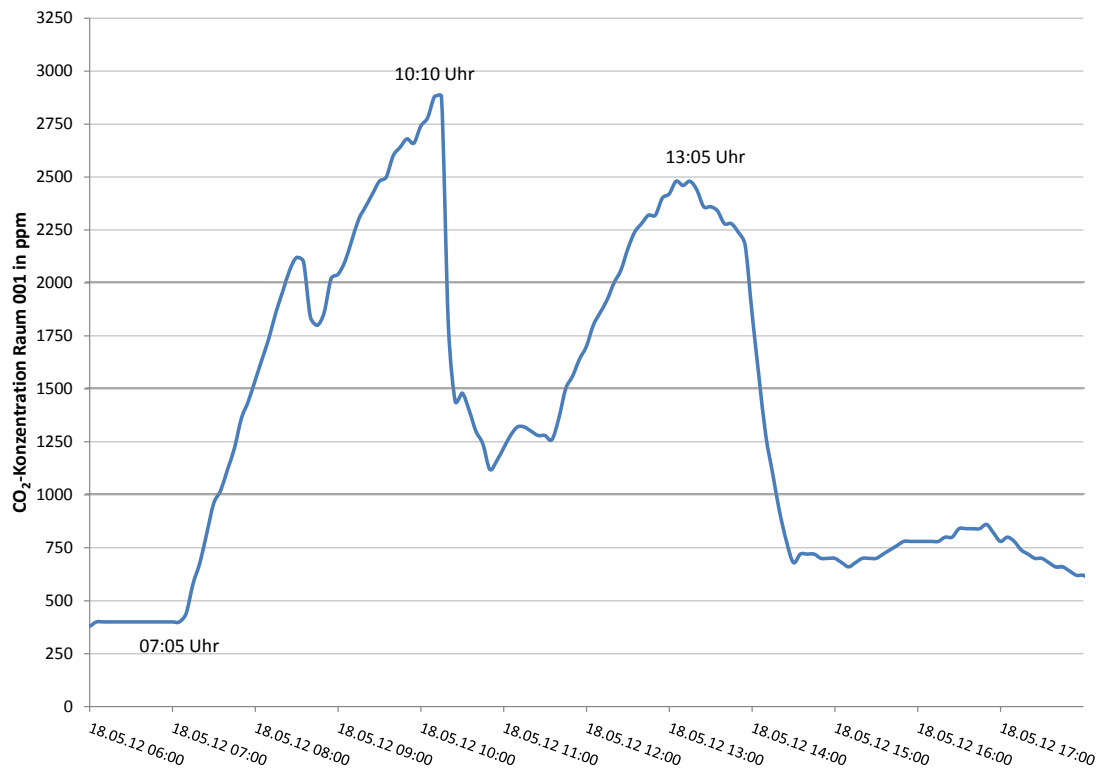


Abbildung 15 CO₂-Konzentration während eines Tages im Winter 2012, max. Belegung 28 SchülerInnen

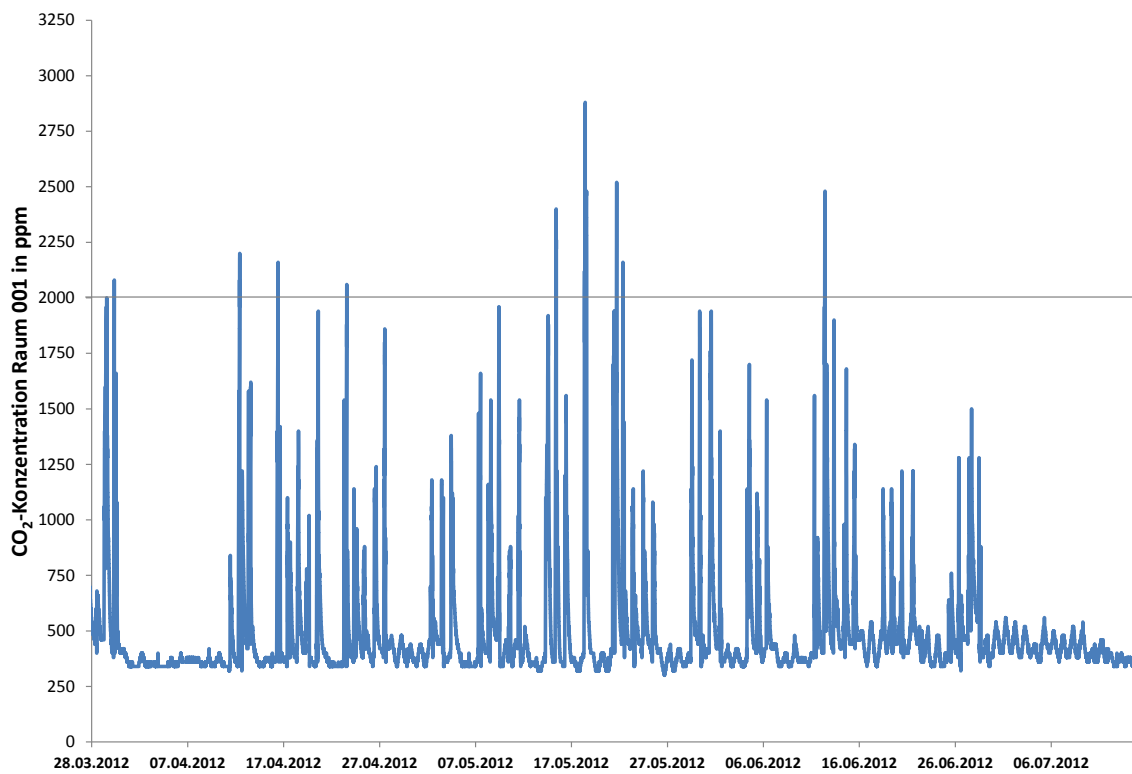


Abbildung 16 Verlauf der CO₂-Konzentrationen während Ende März bis Anfang Juli 2012

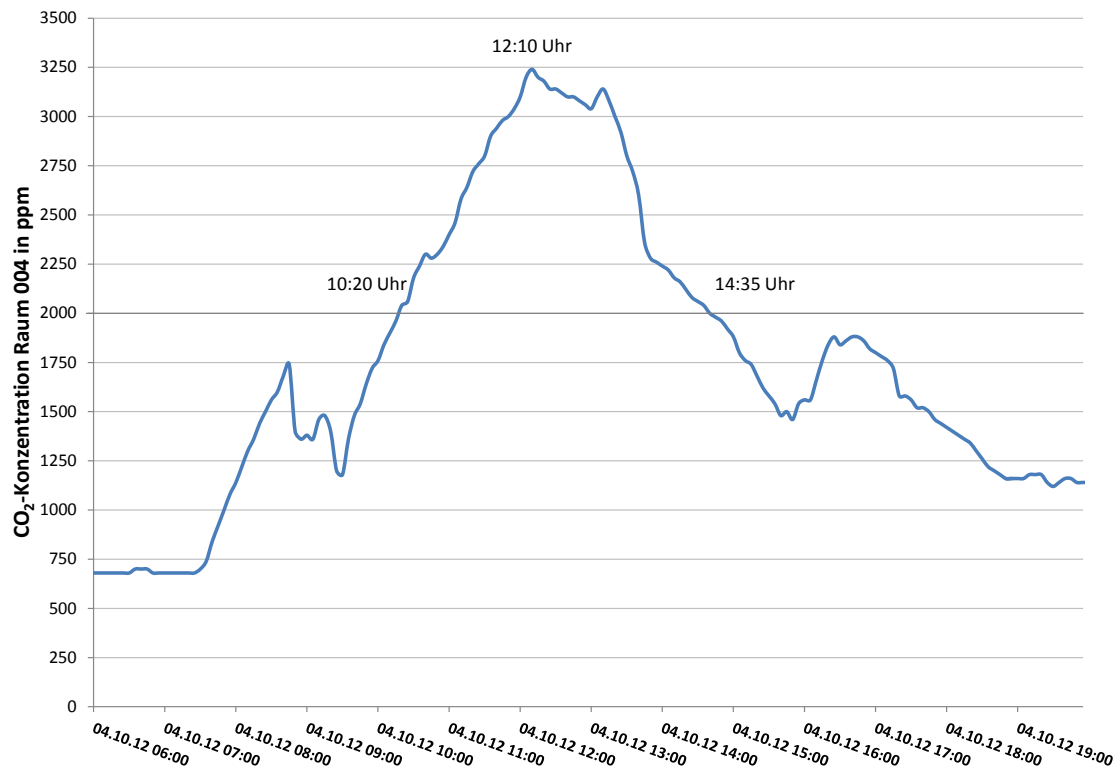


Abbildung 17 Ein Tag im Oktober 2012 mit unterschiedlicher Belegung, max. Belegung 28 SchülerInnen

Zusammenfassend kann gesagt werden: Alle bisher in Studien über Schulen gewonnenen Erkenntnisse zu Komfortbedingungen stimmten auch mit Ergebnissen der in SVC vermessenen Klassenzimmer überein, obwohl die Klassenzimmer der LBS Gleinstätten mit etwa 100 m² Fläche relativ viel Volumen bereit stellen:

Hohe Temperaturschwankungen und -spitzen vor allem in der Übergangs- und warmen Jahreszeit, manchmal gekoppelt mit sehr hoher relativer Luftfeuchtigkeit im Sommer, tiefe relative Luftfeuchtigkeit in den Wintermonaten und hohe CO₂-Konzentrationsspitzen bei hoher Belegung der Klassenzimmer. An diesen Parametern muss für die Sanierungen gearbeitet werden bzw. diese zumindest in der Planung berücksichtigt werden. Aber wie empfinden das die SchulnutzerInnen?

3.3.2 Thermisches Empfinden der SchülerInnen

Im Rahmen von School vent cool wurden SchulnutzerInnenbefragungen durchgeführt um herauszufinden, welche Faktoren für die Erreichung eines hohen Raumkomforts im Klassenzimmer ausschlaggebend sind (Abbildung 18). Weiters sollte in Erfahrung gebracht werden ob gute Raumlufte oder Erhöhung des Tageslichtanteils zu diesem Komfortempfinden wesentlich beitragen könnten. Insgesamt wurden 126 SchülerInnen und LehrerInnen saisonal nach ihrem Empfinden dieser Komfortbedingungen befragt, 105 davon quantitativ ausgewertet.



Abbildung 18 In Befragungen angesprochene Behaglichkeitsparameter, relevant für den Klassenzimmerkomfort

Interessant war, dass vor allem die Temperaturen über alle Jahreszeiten hinweg kritisch empfunden werden, wo hingegen der Geruch bzw. abgestandene Luft trotz hohen gemessenen CO₂-Konzentrationen oder die Tageslichtversorgung trotz tw. sehr dunkler Bedingungen durch Pflanzenbewuchs im Sommer und unkoordiniert geschlossene Außenjalousien kaum negativ empfunden wurden (siehe Abbildung 19).

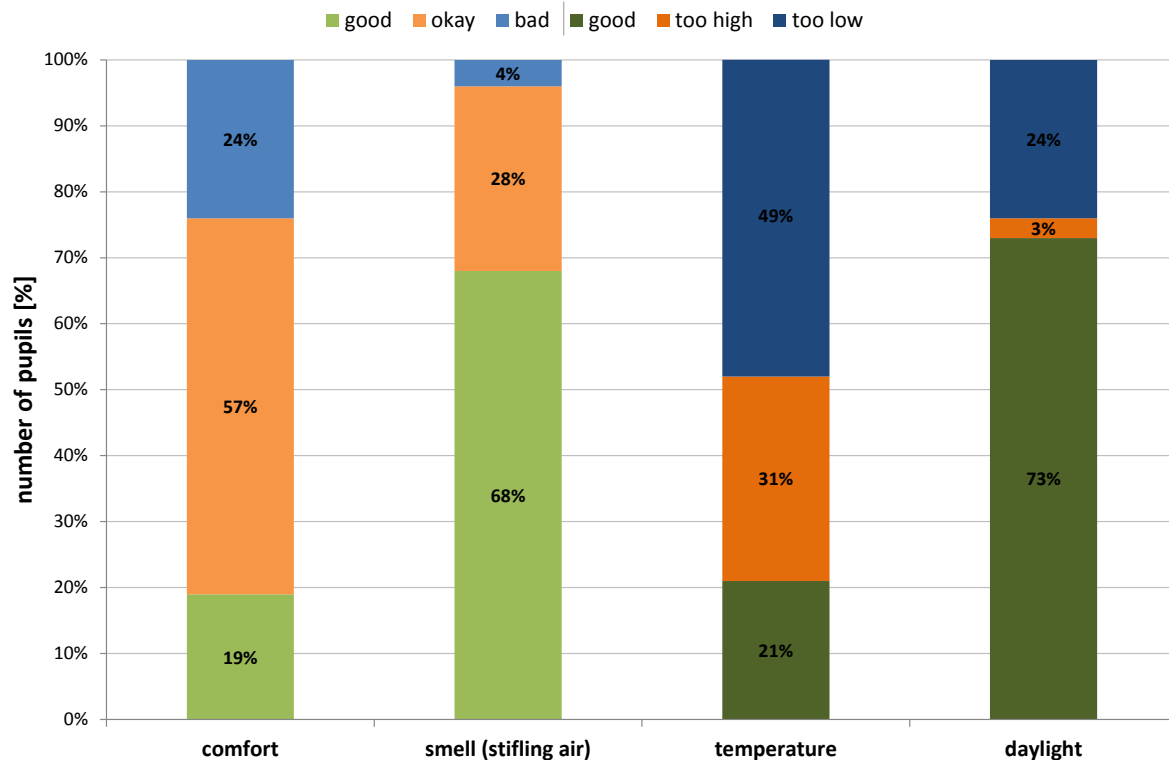


Abbildung 19 Bewertungen des allg. Komforts (linker Balken), über Geruchssituation (stickige Luft) und Temperaturen bis zu Tageslichtversorgung (rechter Balken)

Dass das thermische Empfinden etwa den normierten Grenzwerten (siehe Behaglichkeitsband in Abbildung 10, Kap. 3.3.1) entspricht, zeigten die Vergleiche von Befragungen und Messungen, zumindest was die Raumtemperatur betrifft: Blieben die Temperaturen in einem Bereich von etwa 20 bis 25°C, dann gab es kaum Berichte über thermisches Unbehagen.

Neben vielen interessanten qualitativen Anmerkungen der SchülerInnen zu ihren Gedanken über Schulsanierungen und Behaglichkeit in Klassenzimmern war doch vor allem faktisch interessant, dass eben Faktoren wie Geruch bzw. stickige Luft, Tageslichtversorgung, relative Luftfeuchtigkeit oder die Gestaltung der Räume in viel geringerem Umfang als gedacht zum empfundenen Komfort beitragen. Der einzige Parameter wo das Empfinden der SchülerInnen mit der allgemein empfundenen Behaglichkeit im Klassenzimmer zusammenpasst, ist die Raumtemperatur, die recht eindeutig mit dem generellen Komfort korreliert (siehe Abbildung 20).

Indirekt zu ähnlichen Ergebnissen ist Pawel Wargocki von der DTU im Rahmen von SVC-Studien gekommen, als er das Lüftungs-Verhalten von SchülerInnen im Sommer einmal mit und ohne aktive Kühlung untersuchte. Bei aktiver Kühlung (Temperatur war nie zu hoch) wurde kaum gelüftet, was die Luftqualität senkte, aber die SchülerInnen nicht veranlasste zu öffnen. Ohne Kühlung wurden die Fenster geöffnet, aufgrund des Glaubens dass die Temperatur dadurch gesenkt werden könnte, was nicht eintrat, aber die Luftqualität verbesserte sich.

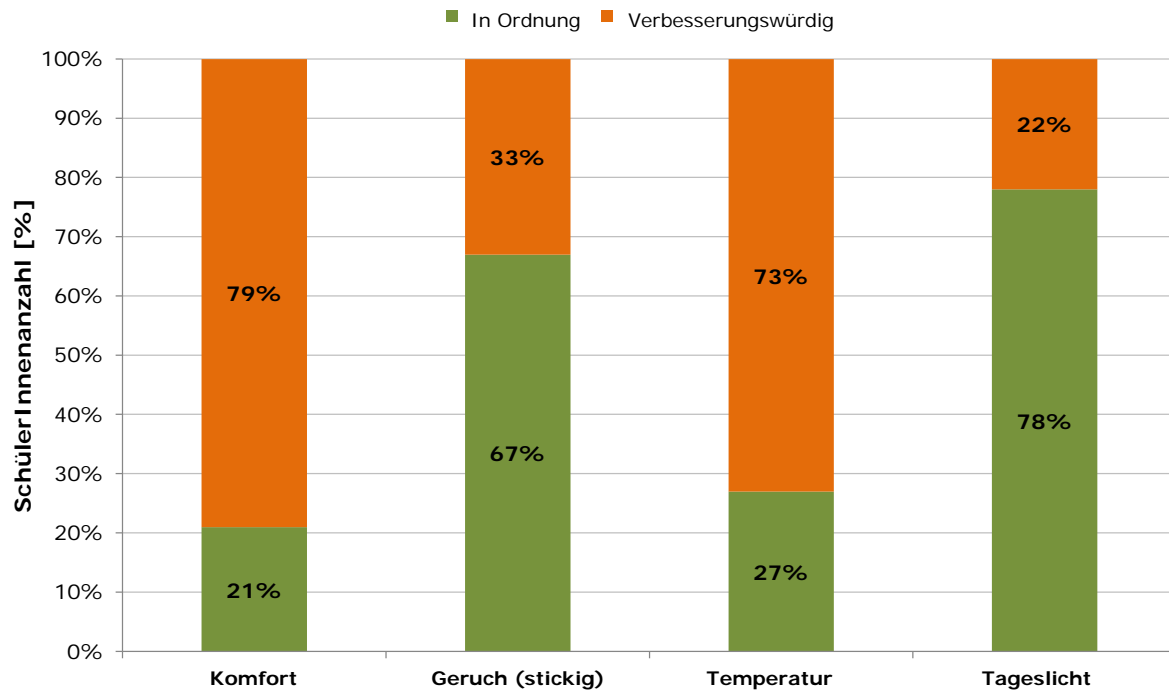


Abbildung 20 Genereller Komfort wird nur in Übereinstimmung mit den Temperaturbedingungen verbesserungswürdig empfunden (Befragungen in Klassenzimmer von bestehendem Schulgebäude)

3.3.3 Analysen des Sommerkomforts und Energieeffizienz in Klassenzimmern

Der hohe spezifische Kühlbedarf bei vielen untersuchten sanierten Schulen und Lösungen zu dessen Reduktion sollten weiter untersucht werden. Die bisher durchgeführten Untersuchungen und Recherchen führten zur Identifikation der Haupt-Einflussfaktoren der Überwärmung in Schulen für typologisch durchschnittlich große Klassenzimmer mit über 50% verglaster Fläche an einer Fassadenlänge:

- Interne Gewinne (Personen, EDV, künstliche Beleuchtung)
- Verwendung der Sonnenschutzsysteme (mechanische oder händische Steuerung)
- Dämmqualitäten (hoher Wärmeschutz ist nicht gleich kühles Klassenzimmer)

Es wurden Simulationen mit dem dänischen iDbuild⁵ und TRNSYS in Zusammenhang mit den Demogebäuden für Ganztagschulnutzung durchgeführt. Die Berechnungen der Bestands- und hochwertigen Sanierungs-Varianten von Klassenzimmern mit iDbuild und TRNSYS (siehe Tabelle 2) wurden aufeinander abgestimmt und in Kombination mit den Lösungen in den Klassenzimmern der Demogebäude definiert. Die Grundvarianten der Klassenzimmerbedingungen wurden vor allem durch Veränderung der Größe der inneren Gewinne und durch Sensitivitätsanalysen ergänzt und für Klassenzimmer verschiedener Ausrichtung berechnet.

⁵ Simulationsprogramm der DTU zur Darstellung von Licht-, Komfortbedingungen und Energiebilanzen von Einzelräumen wie Klassenzimmer, abrufbar unter <http://www.idbuild.dk/index.php/idbuild2>

Tabelle 2 Die Grundvarianten, die für Berechnungen mit TRNSYS und iDbuild verwendet wurden

	Bestand / Sanierung	Raumtemperatur	Personenanzahl	Verschattungssteuerung	Lüftung	verstärkte Nachtlüftung
Variante 1	Bestand	20°C Heizperiode 26°C Sommer	18 - 11 - 0	nach Zeitplan	Fensterlüftung	keine
Variante 2	Bestand	20°C Heizperiode 26°C Sommer	18 - 11 - 0	nach Beleuchtungsstärke / Einstrahlung auf die Fassadenfläche	Fensterlüftung	keine
Variante 3	Bestand	20°C Heizperiode 26°C Sommer	28 - 14 - 0	nach Zeitplan	Fensterlüftung	keine
Variante 4	Bestand	20°C Heizperiode 26°C Sommer	28 - 14 - 0	nach Beleuchtungsstärke / Einstrahlung auf die Fassadenfläche	Fensterlüftung	keine
Variante 5	Sanierung	20°C Heizperiode 26°C Sommer	18 - 11 - 0	nach Beleuchtungsstärke / Einstrahlung auf die Fassadenfläche	Mechanische Lüftung mit WRG	keine
Variante 6	Sanierung	22°C Heizperiode 26°C Sommer	18 - 11 - 0	nach Beleuchtungsstärke / Einstrahlung auf die Fassadenfläche	Mechanische Lüftung mit WRG	keine
Variante 7	Sanierung	20°C Heizperiode 26°C Sommer	18 - 11 - 0	nach Beleuchtungsstärke / Einstrahlung auf die Fassadenfläche	Mechanische Lüftung mit WRG	über Fensterlüftung mit Abluftventilator
Variante 8	Sanierung	20°C Heizperiode 26°C Sommer	18 - 11 - 0	nach Beleuchtungsstärke / Einstrahlung auf die Fassadenfläche	Mechanische Lüftung mit WRG	über mechanische Zu- und Abluftanlage

Bei den gewonnenen Ergebnissen gab es keine Überraschungen hinsichtlich der Energieeffizienz der Varianten: Mit hoher Belegung, großer Computerdichte, mechanischer Be- und Entlüftung mit WRG und Wärmeschutz nahe Passivhausstandard waren ein sehr niedriger Endenergiebedarf und Heizlast gegeben (siehe Abbildung 25 und Abbildung 26). Die Fülle von berechneten Varianten zeigte aber, wie sehr Klassenzimmer von Überhitzung betroffen sind, in bestehenden wie sanierten Gebäuden.

Ein Auszug der Ergebnisse findet sich auf den folgenden Seiten:

Abbildung 21 zeigt die Variantenberechnungen eines typischen Klassenzimmers der LBS Gleinstätten (Ganztagsnutzung) mit iDbuild. Im bestehenden Gebäude sind die meisten Übertemperatur-Schulstunden (553h) bei voller Belegung von 28 SchülerInnen, Fensterlüftung und unkontrolliertem Sonnenschutz zu verzeichnen. Im hochwertig sanierten Gebäude sind die höchsten Übertemperaturstunden bei den Varianten mit Einsatz von PC je SchülerIn, trotz Be- und Entlüftung und kontrollierter Beschattung, zu finden. Massiv senken kann man diese Übertemperaturstunden nur, in dem alle Systeme, kontrollierte Be- und Entlüftung mit WRG und Sommerbypass, erhöhte freie Nachtlüftung, und kontrollierter Sonnenschutz mit max. Tageslichtausbeute, kombiniert werden – nur dann sind „nur“ 95 Stunden über 26°C im gesamten Schuljahr möglich. Diese Ergebnisse sind für alle untersuchten Klassenzimmer sehr ähnlich, deshalb nur wenige Grafiken dazu.

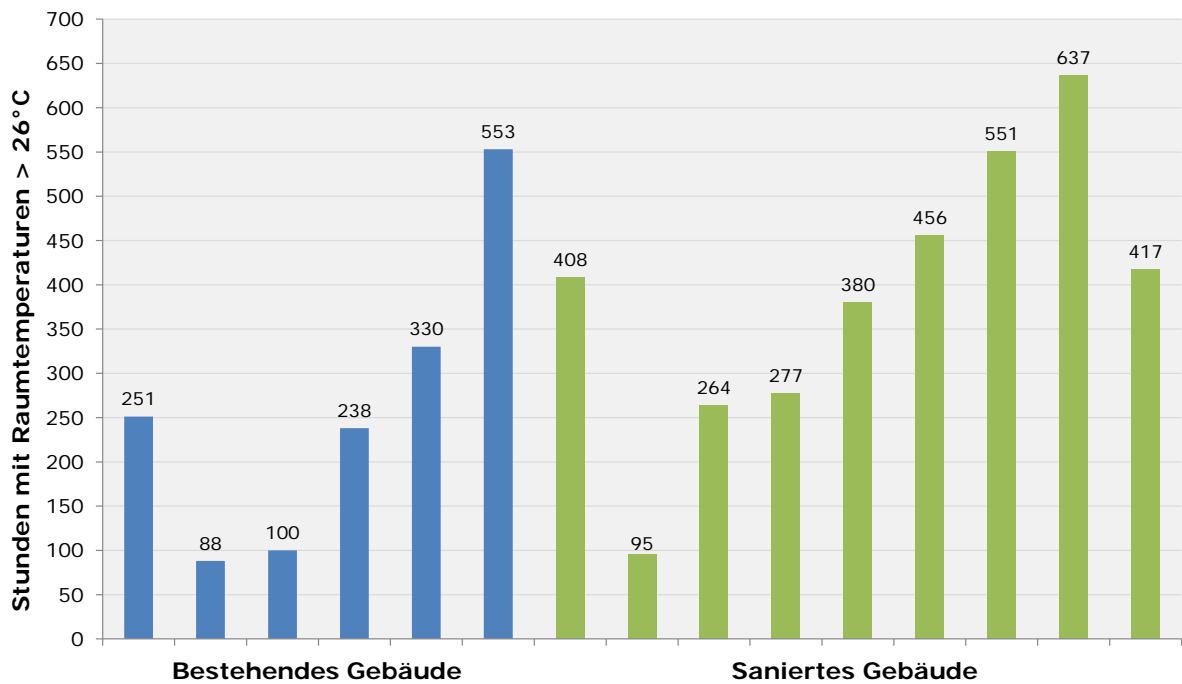


Abbildung 21 Sechs Lüftungs- und Sonnenschutzvarianten im Bestand (links) und nach der Sanierung (rechts) mit unterschiedlicher Belegungs- und Computerdichte und unterschiedlichen Sonnenschutz- und Lüftungs- und Nachtlüftungssystemen; nur Schulstunden

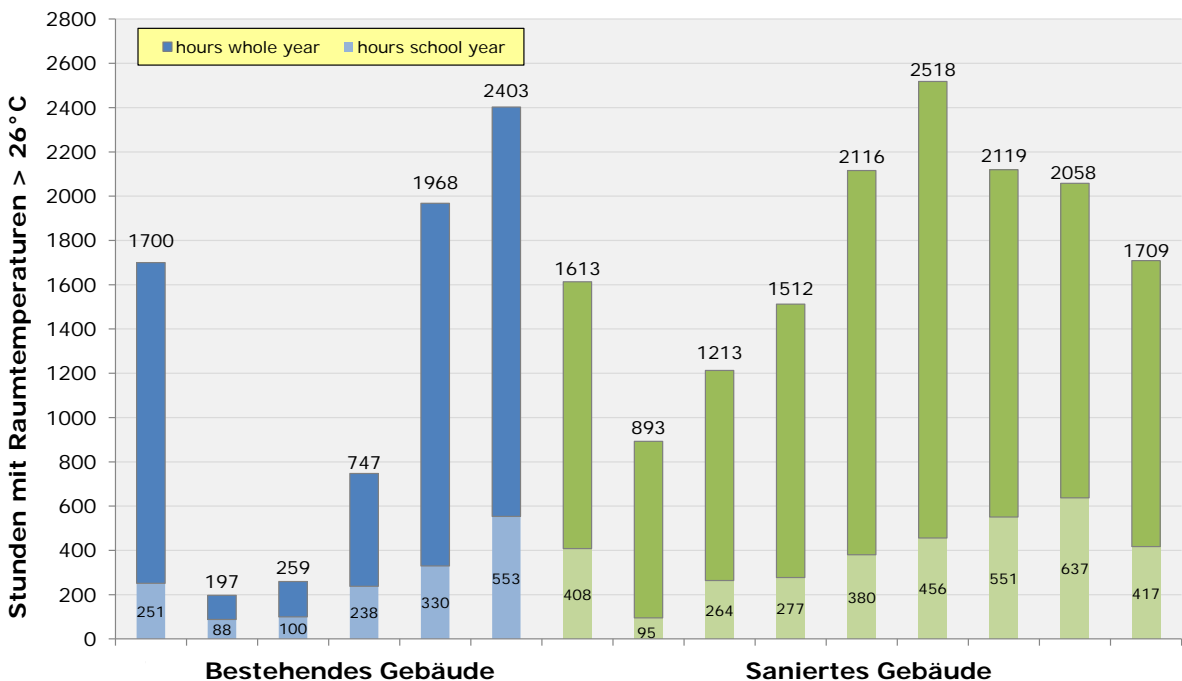


Abbildung 22 Gleiche Darstellung wie Abbildung 21 für das gesamte Jahr inklusive Ferien

Abbildung 22 gibt einen Einblick in Verhältnisse, wenn Schulen bzw. Klassenzimmer das ganze Jahr über den ganzen Tag genutzt werden würden – die Stunden über 26°C steigen in gleicher Relation der Varianten untereinander insgesamt stark an.

Die Ergebnisse der TRNSYS Simulationen geben ein ähnliches Bild wieder, wenn auch Unterschiede zu den einfacheren iDbuild-Simulationen der vorangegangenen Abbildungen

bestehen. Abbildung 23 zeigt die in TRNSYS simulierte Raumtemperaturen einer Süd-orientierten absteigend sortiert und aufgetragen auf die % der Gesamtjahresschulstunden. Durch diese Darstellungsweise können rasch und übersichtlich die Stunden in der Klasse mit Raumtemperaturen über 26°C ermittelt werden.

Als Ergebnis dieser Auswertung zeigt sich, dass im Bestandsgebäude die Raumtemperaturen an 88 Schulstunden über 26°C liegen. Dies entspricht rund 5% der Gesamtjahresschulstunden. Nach der Sanierung steigt dieser Wert auf 242 Stunden an, was rund 14,5% der Gesamtjahresschulstunden entspricht und vergleichbar den Messungen in Schwanenstadt ist (siehe Abbildung 10). Dies bedeutet, dass sich die Stunden mit Raumtemperaturen über 26°C auf Grund der Sanierung fast verdreifachen. Wird nur eine zusätzliche Nachtlüftung mit verstärktem Luftaustausch integriert, so können die Überhitzungsstunden auf 215 Stunden im Schuljahr reduziert und die Temperaturen merkbar gesenkt werden.

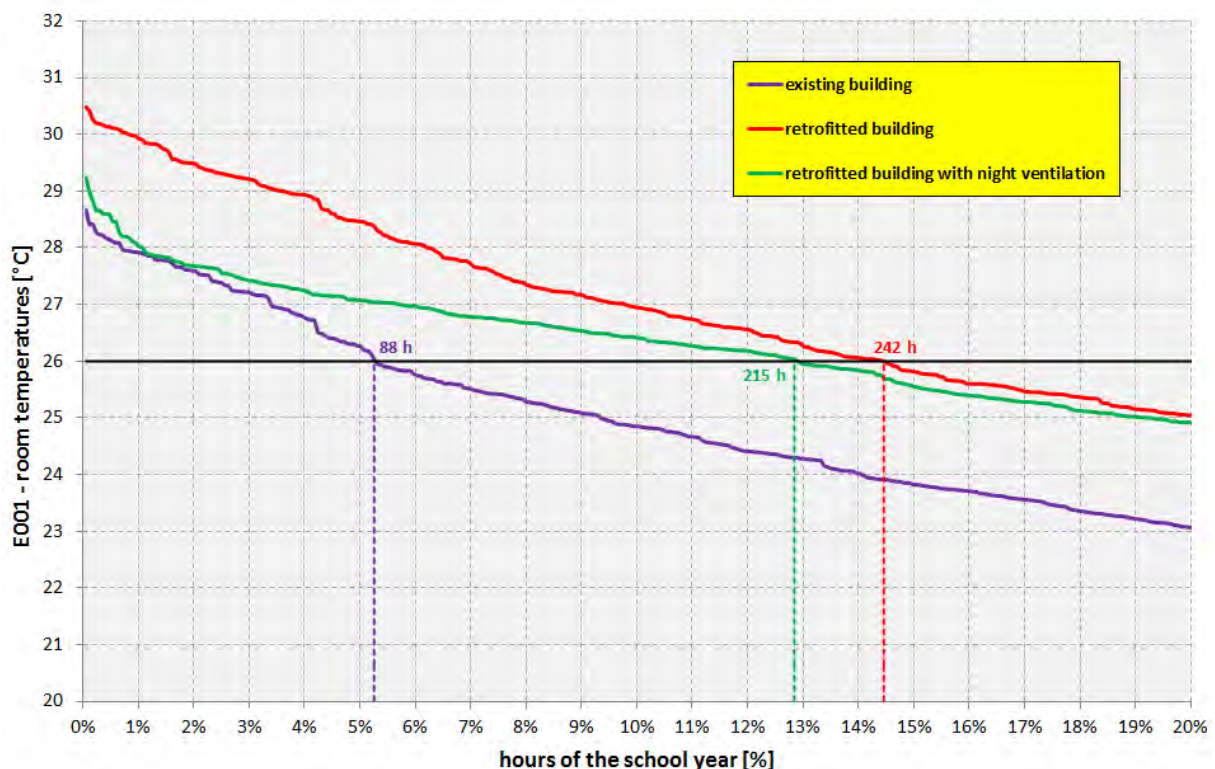


Abbildung 23 mit TRNSYS simulierte Raumtemperaturen - Vergleich Bestand (violett), Sanierung (rot) und Sanierung mit verstärkter Nachtlüftung (grün)

Abbildung 24 zeigt dazu die Ergebnisse einer Nord-orientierten EDV-Klasse. Dabei zeigt sich, dass die Überhitzungsstunden zwischen Bestand und Sanierung noch stärker anwachsen (von 56 auf 299 Stunden) und dass eine zusätzliche Nachtlüftung mit verstärktem Luftwechsel in diesem Klassenzimmer keine große Wirkung zeigt, da die Stunden mit Raumtemperaturen über 26°C nur um elf Stunden im Schuljahr reduziert werden können. Hier würde nur die Senkung der inneren Lasten zum Erfolg führen.

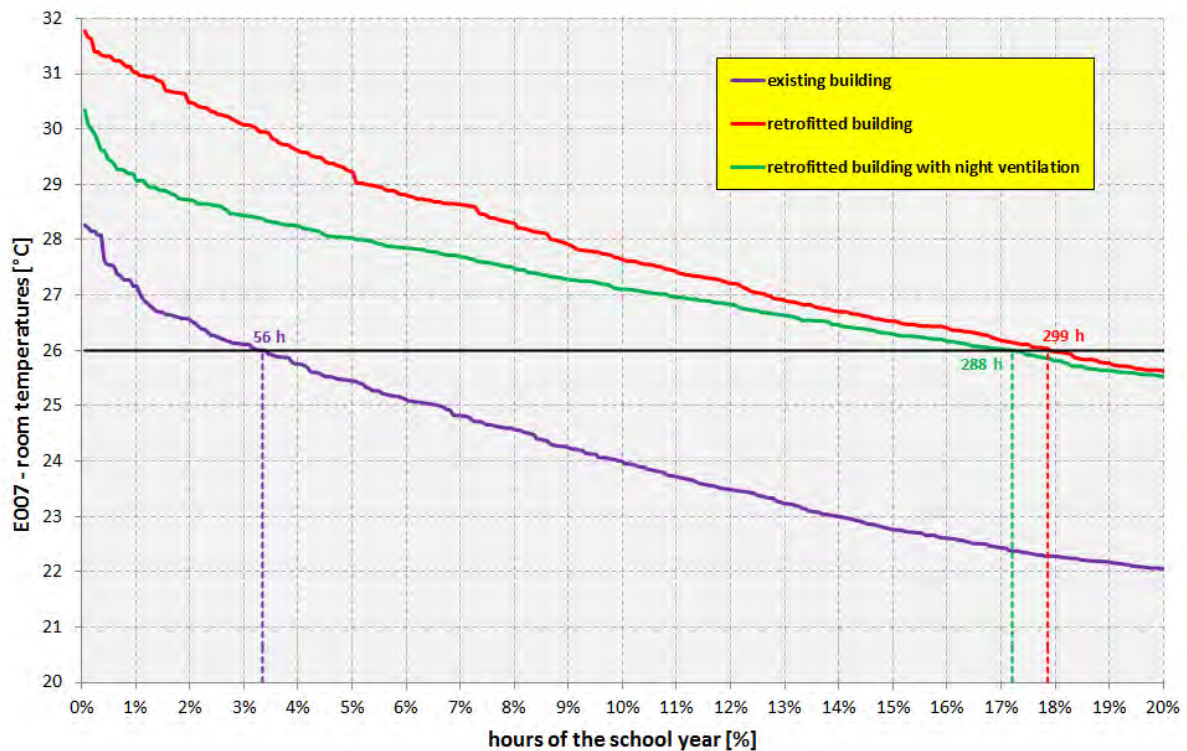


Abbildung 24 mit TRNSYS simulierte Raumtemperaturen - Vergleich Bestand (violett), Sanierung (rot) und Sanierung mit verstärkter Nachtlüftung (grün)

Nachfolgende Abbildung 25 zeigt die in TRNSYS simulierten Heizleistungen eines West-orientierten Klassenzimmers im bestehenden und im sanierten Gebäude, aufgetragen als Stundenwerte und bezogen auf die Gesamtjahresstunden. In beiden Fällen wurden zwei unterschiedliche Varianten definiert, wobei im Bestandsgebäude die Anzahl der SchülerInnen variiert wurde und im sanierten Gebäude der Raumtemperatursollwert geändert wurde.

Die Analyse des Simulationsergebnisses zeigt, dass durch die Sanierung die maximale Heizlast von rund 107 W/m^2 auf knapp 55 W/m^2 im Idealfall reduziert werden kann. Des Weiteren reduzieren sich nicht nur die maximalen Heizlasten, sondern auch die Zeitspanne in der eine Heizleistung überhaupt notwendig ist. Sind dies im bestehenden Gebäude rund 4.380 Stunden, so sind es im sanierten Gebäude nur mehr rund 1.460 Stunden (Reduktion auf rund $1/3$ des Ausgangswertes), d.h. Verkürzung der Heizperiode.

Als weiteres Ergebnis kann festgehalten werden, dass eine Erhöhung der SchülerInnenanzahl im Bestand kaum eine Auswirkung auf den Verlauf der Heizleistungen hat. Eine Erhöhung der Sollwertraumtemperatur um 2°C im sanierten Gebäude erhöht zwar die maximale Heizlast deutlich (von rund 55 W/m^2 auf rund 95 W/m^2), der restliche Verlauf der stündlichen Heizleistungen entspricht aber nahezu der Vergleichsvariante.

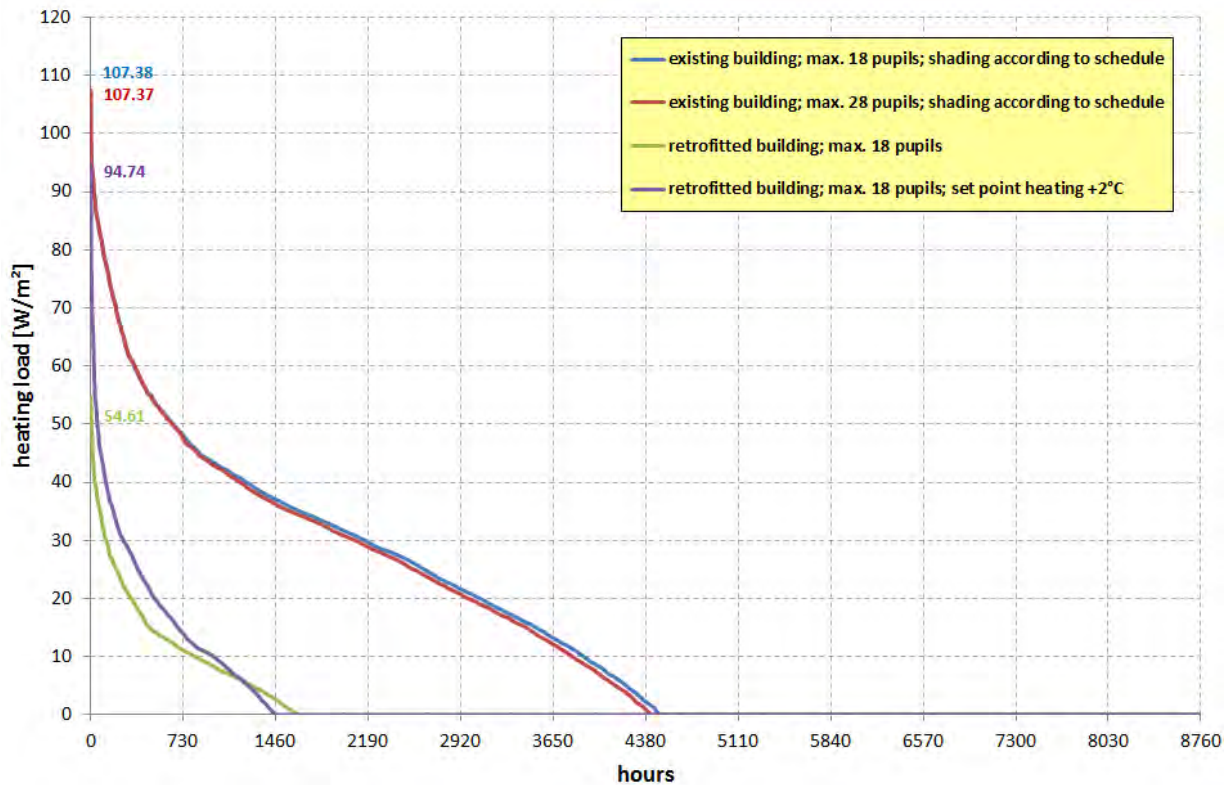


Abbildung 25 mit TRNSYS simulierte Heizleistungen im Klassenzimmer 004 des bestehenden Gebäudes (blau/rot) und des sanierten Gebäudes (grün/violett)

Abbildung 26 zeigt den in TRNSYS simulierten Heizwärmebedarf von drei Klassenzimmern zusammen. Die Ergebnisse wurden sowohl für das bestehende Gebäude, als auch das sanierte Gebäude ermittelt, wobei in beiden Fällen auch unterschiedliche Varianten definiert wurden.

So wurde im Bestandsgebäude die Verschattungssteuerung und die Anzahl der SchülerInnen pro Klassenzimmer variiert. In der Sanierung wurden der Raumtemperatursollwert, die SchülerInnenanzahl und die Höhe der internen Wärmegewinne verändert.

Als wesentliche Erkenntnis zeigt sich, dass die Orientierung und Lage des Klassenzimmers den größten Einfluss auf den jährlichen Heizwärmebedarf hat. Dies sowohl im Bestand als auch in der Sanierung. Die Änderungen der oben genannten Simulationsparameter bewirkten hingegen eher nur eine geringere Schwankung des jährlichen Heizwärmebedarfs.

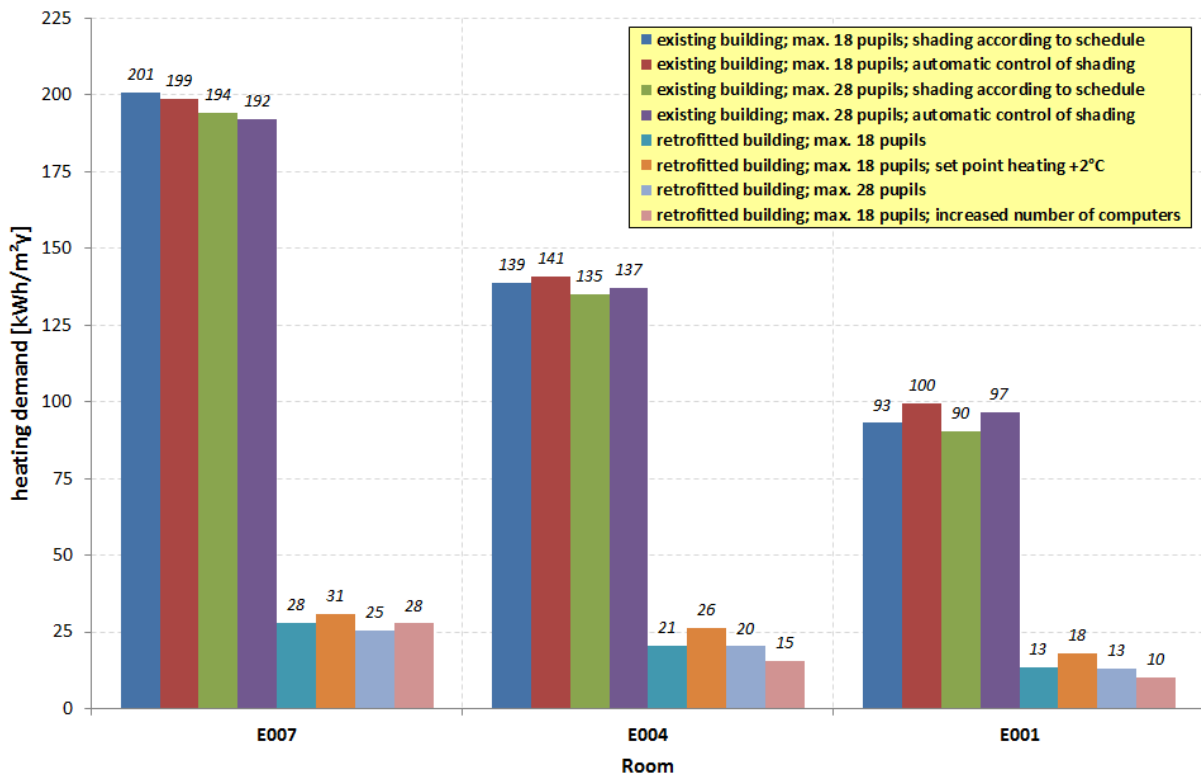


Abbildung 26: in TRNSYS simulierter jährlicher Heizwärmebedarf des bestehenden und des sanierten Gebäudes – Vergleich unterschiedlicher Varianten und Klassenzimmer

Interessant im Zusammenhang mit dem Energieverbrauch ist, dass bei den iBuild-Simulationen bei intelligenter Regelung des Sonnenschutzes und der künstlichen Beleuchtung der Primärenergiebedarf dafür auf ein Achtel des schlechtesten Wertes im Bestand sinken kann (vgl. Abbildung 27).

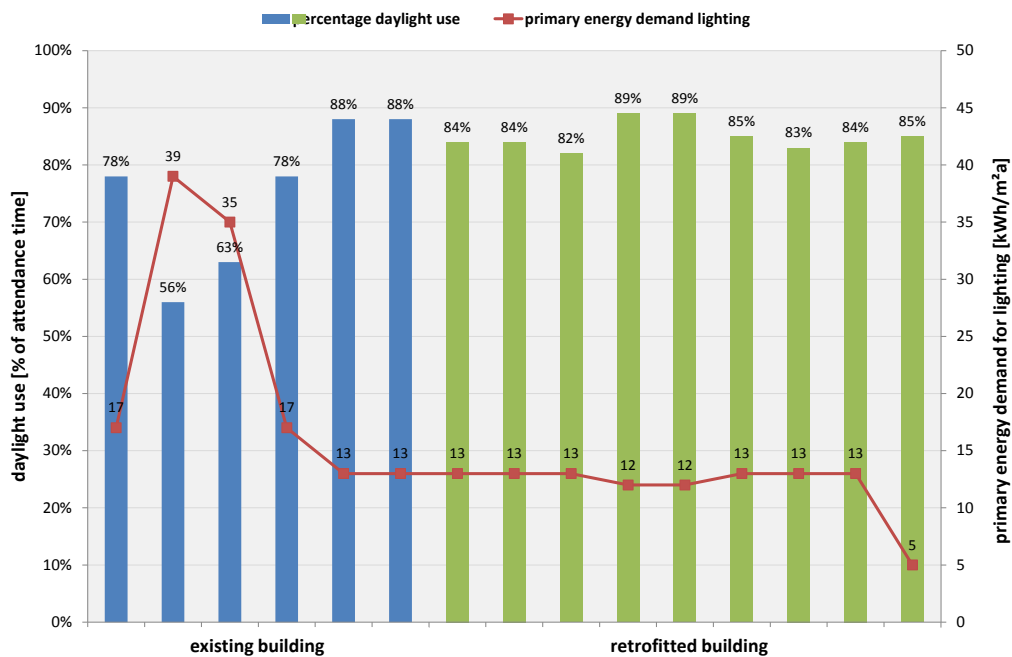


Abbildung 27 Anteile der Tageslichtnutzung und PE-Bedarf der Beleuchtung in unterschiedl. Belegungs- und Sonnenschutz-Regelungs- und Beleuchtungs-Varianten mit iBuild

Es zeigte sich bei Simulationen mit iDbuild außerdem, dass die Hybridlüftungsvarianten beim Heizwärmebedarf natürlich höhere Werte generieren, weil ohne WRG, aber im Endenergiebedarf nahezu gleichauf mit den mechanischen Be- und Entlüftungssystemen mit WRG in Schulen liegen (Abbildung 28).

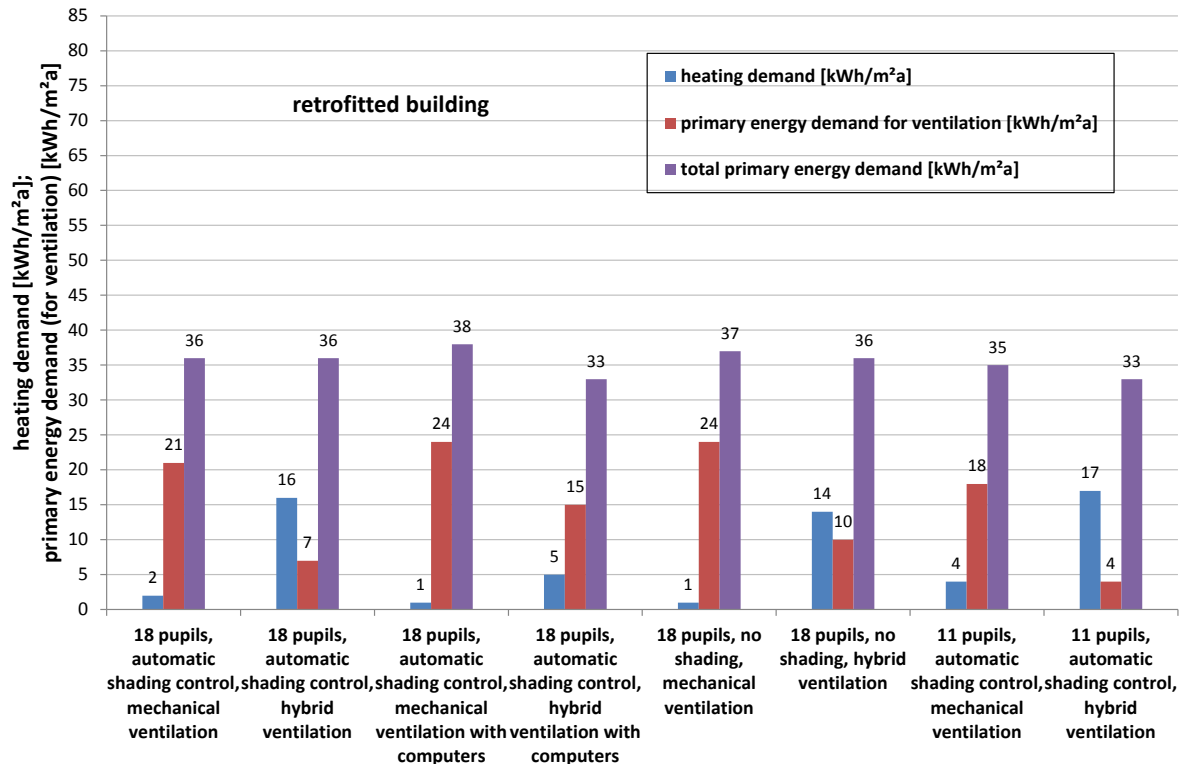


Abbildung 28 Heizwärmebedarf versus Primärenergiebedarf in hochwertig sanierten Schulen mit Hybridlüftung oder mechanischer Be- und Entlüftung mit WRG

Die Ergebnisse der Simulationen sprachen eine eindeutige Sprache: Ohne der Anwendung ALLER machbaren passiven Kühlungsmaßnahmen in Schulen sind mehr als zwei Wochen Überhitzung in den Klassenzimmern in Zukunft normal. Wenn eine Ganzjahresnutzung in Betracht kommt, müssen weitere aktive Kühlmaßnahmen angedacht werden oder die typischen Klassenzimmertypologien (Ausrichtungen, Fenstergrößen, etc.) neu gedacht werden. Die Energieeffizienz ist mit Wärmeschutz und intelligenter Sonnenschutz-Tageslicht-Kunstlichtregelung ein gut beherrschbares Thema.

3.3.4 Sonnenschutzlösungen und Tageslichtnutzung in Klassenzimmern

Ziel der Umsetzung von verschiedenen Lösungen zum Sonnenschutz war es, einzelne neueste Produkte auf dem Markt zu mindestens drei verschiedenen auf örtliche Verhältnisse angepassten Systemlösungen zu verbinden. Zusätzlich zum Sonnenschutz wurden Blendschutz und maximale Tageslichtausbeute in den angepassten Systemen mitabgebildet. Gemeinsam mit der LIG und dem BVST unter Federführung von Johann Gerstmann wurden Sonnenschutzsysteme zur Herstellung von Sommerkomfort dann in vier verschiedenen

Klassenzimmern der LBS Gleinstätten eingebaut und getestet. Gezielt wurden PVC-freie Beschattungselemente und stromarme automatische Regelung des Sonnenschutzes.

Die LehrerInnen und Hausverwaltung der Schule wurden zur Anwendung der Systeme eigens vor Ort gebrieft, auch eine speziell gekürzte und verdichtete Bedienungsanleitung von 2 bis 3 Seiten wurde durch den BVST ausgearbeitet und zur Verfügung gestellt. Im Folgenden wird ein Überblick über die Systeme gebracht.

3.3.4.1 Allgemeine Zielsetzungen

Die Zielsetzungen beim Einsatz von Beschattungslösungen sind vielfältig. Jedenfalls gilt es Sonne und Tageslicht (Himmelslicht) nutzerInnengerecht zu managen. Dabei treten häufig folgende Diskussionspunkte auf:

- Transparenter Bauteil bzw. Fenster führen zwangsläufig zu Zielkonflikten, z. B.:
 - Tageslichtversorgung versus Blendung
 - freier Ausblick versus Sonnenschutz
 - solare Gewinne nutzen versus Überwärmung
 - digitale Medien versus Tageslichtbeleuchtung
- NutzerInnen sollen Eigenverantwortung hinsichtlich ihres thermischen und visuellen Komforts wahrnehmen!
- Biologisches und physiologisches Wohlbefinden ist eine Frage der Qualität - insbesondere jener des natürlichen Lichtes; Ursachen für eine schlechte visuelle Situation hat u. a. mit mangelnder Information aber auch mit Bequemlichkeit zu tun – dies gilt es zu vermitteln!
- Automatikfunktionen reduzieren saisonal das Überwärmungsrisiko (passive Kühlung); sie dürfen jedoch die NutzerInnen nicht entmündigen!
- Visuellen Komfort (Ausblick, Blendschutz, Tageslichtnutzung usw.) ist situationsabhängig und nur sehr beschränkt automatisierbar - er darf und soll von den NutzerInnen verantwortet werden!
- Der Lehrkörper und die SchülerInnen werden aufgefordert, ihren Sonnen- und Blendschutz im eigenen Interesse zu benutzen - auch ein Auto funktioniert nicht, wenn man Kupplung, Schaltung und Lenkung nicht zu bedienen versteht!

Eine optimierte Beschattung muss daher mehrere Funktionen gleichzeitig erfüllen können. Diese sind kurz zusammengefasst:

- Sonnenschutz – Schutz vor Überwärmung durch indirekte Sonneneinstrahlung im Sommer; am wirkungsvollsten vor dem Fenster!

- Blendschutz – temporärer Schutz des Auges vor direkter Sonne - das hat oberste Priorität und ist wichtiger als permanenter, freier Ausblick
Schutz vor zu hohen Kontrasten - Überforderung der visuellen Wahrnehmung (Stress, v. a. bei Bildschirmarbeit)
Die Blendschutzfunktion kann durch einen außen montierten Sonnenschutz oder vor Wind und Wetter geschützt durch ein raumseitig montiertes Blendschutzelement erfüllt werden. Ein starrer Blendschutz ist wegen der permanenten Tageslichtreduktion verboten.
- Tageslichtversorgung – Bei Sonne ist das Lichtangebot 10 Mal höher als bei klarem Himmel. Daher können trotz intelligentem Sonnenschutz (z. B. schräg gestellte Lamellen, gelochte Textilbehänge) die Räume mit Tageslicht versorgt werden. Bei klarem oder bewölktem Himmel wird der Sonnenschutz nicht benötigt - die unbeschatteten bzw. für Blendschutz-Zwecke teilbeschatteten Fenster sorgen für die nötige Tageslichtversorgung.
- Energieversorgung – Sonne liefert vor allem im Winter auf südorientierten Fassaden wertvolle Heizenergie; daher ist es wichtig das der Sonnen- und/oder Blendschutz wegfahrbar sind!
- Wärmedämmung – Sonnenschutz, vor allem aber raumseitiger textiler Blendschutz, kann die Wärmedämmung der Fenster im Winter beträchtlich verbessern und somit den Energiebedarf fürs Heizen senken. Daher sollten Sonnen- und Blendschutz während der Heizperiode nach Unterrichtschluss geschlossen werden!

3.3.4.2 Tageslichtsimulationen

Ein wesentliches Werkzeug zur Optimierung der Tageslichtnutzung und in weiterer Folge auch zu Planung der Beschattungseinrichtung ist die Tageslichtsimulation. Dabei werden die Orientierung des Gebäudes und der zu untersuchenden Räume, das örtliche Wetter sowie die örtliche Besonnung und die Fenstercharakteristik herangezogen, um die Tageslichtausnutzung zu berechnen.

Nachfolgende Abbildung 29 zeigt ein Beispiel dieser Simulation. Oben die IST-Situation mit hohem Verdunkelungsgrad vor allem bei Overhead und Beamerpräsentationen und störendem direkten Sonneneinfall durch die Oberlichte dargestellt. Die untere Abbildung zeigt hingegen die SOLL-Situation, bei der trotz vorhandenem Blendschutz ein Außenbezug hergestellt werden kann, mehr Tageslicht ausgenutzt und die solaren Gewinne ebenso besser genutzt werden können.



Abbildung 29 Beispiel einer Tageslichtsimulation - oben IST-Situation, unten SOLL-Situation
(Quelle: BVST J. Gerstmann)

3.3.4.3 Systembeschreibungen

Auf Basis der festgelegten Ziele und Funktionen einer optimierten Beschattungslösung und mit Hilfe der genannten Tageslichtsimulation wurden im Anschluss für ausgewählte Räume der LBS Gleinstätten neue Beschattungslösungen entworfen, installiert und getestet. Eine Beschreibung der eingesetzten Systeme erfolgt nun an dieser Stelle.

Raum 001

Der Raum 001 besitzt eine SO-Ausrichtung und wird als Schulklasse verwendet, in der auch visuelle Medien wie Beamer und Overhead zum Einsatz kommen. Ursprünglich waren dunkle Raffstoren montiert, die manuell bedienbar waren und für den Sonnen- und Blendschutz genutzt wurden. Diese Raffstoren wurde entfernt und durch neu automatische, klimaabhängig gesteuerte Raffstoren mit Tageslichtfunktion ersetzt, welche ab sofort die Aufgabe des Sonnenschutzes übernehmen. Für den Blendschutz wurden Rollos montiert, die einen Außenbezug ermöglichen. Zur Optimierung der Tageslichtnutzung wurde eine weiße Umlenkdecke montiert.

Das neu installierte System besteht dabei aus folgenden „Einzelteilen“:

Außen: Raffstore 80 mm mit Sonnenstandsnachführung (Warema Typ E 80 A60)

Die Anlage dient als Sonnenschutz außerhalb der Heizperiode und als Tageslichtelement; die Lamellen werden entsprechend dem Sonnenstand automatisch nachgeführt, sodass die direkte Sonne (Wärme) draußen bleibt und das vom klaren oder bewölkten Himmel diffus einstrahlende Tageslicht für Belichtungszwecke genutzt wird.

Bei Beamer-Präsentation kann der Raffstore den oberen Bereich des Fensters (inkl.

Oberlichte) komplett verschatten ohne dass der Behang zur Gänze nach Unten gefahren werden muss. Damit bleiben ein Außenbezug und eine gedimmte Tageslichtversorgung gewahrt.

Während der Heizperiode verhindert die intelligente Klima-Steuerung das Herunterfahren des Sonnenschutzes (die Blendschutzfunktion übernimmt das Innenrollo) und gewährleistet somit solare Gewinne für Heizzwecke.

Innen: Blendschutzrollo (Warema Glasleistenrollo Typ E3.F.09 und 41.S.04)

Die Anlage dient dem Blendschutz - sowohl bei Direktblendung durch Sonne als auch bei Kontrastblendung durch hohe Umgebungsleuchtdichten. Der Blendschutz kann das ganze Jahr über genutzt werden weil er auf Grund seiner Transparenz (dunkles Gittergewebe) und der Witterungsunabhängigkeit jederzeit für optimalen Sehkomfort sorgt. (Bei Bedarf kann die Sonnenschutzraffstore die Blendschutzwirkung bzw. das Abdunkeln des Raumes verstärken).

Die dunkle Innenbeschattung sorgt in der Heizperiode dafür, dass kurzwellige Infrarotstrahlung der Sonne in langwellige Wärmestrahlung umgewandelt wird und den Raum passiv beheizt.

Der Kontakt zur Außenwelt bleibt durch ein Gittergewebe gewahrt.

Tageslichteffizienz: Weiße Deckenpaneele

Lichtausbeute, Belichtungsdauer und Raumausleuchtung - durch Einbau weißer Deckenpaneele wird die Tageslichteffizienz infolge des von den Lamellen an die Decke transportierten Lichtes wesentlich verbessert.

Steuerung: Touch Paneel Typ Climatronic (Warema):

Sonnen/Wind/Regen/Temperatur-Sensoren mit Automatikfunktion.

Bei Sonne (und hoher Außentemperatur) fahren die Behänge automatisch in eine optimale Position - manuelles Nachjustieren (Position und Lamellenwinkel je Behang oder Gruppe) ist über das Bedienpaneel gewährleistet.

Die Automatikfunktion ist abschaltbar.

Abbildung 30 zeigt einen Vergleich der Beschattungs- und Tageslichtsituation im Raum 001 vor (oben) und nach (unten) den Maßnahmen zur Verbesserung des Sonnenschutzes.

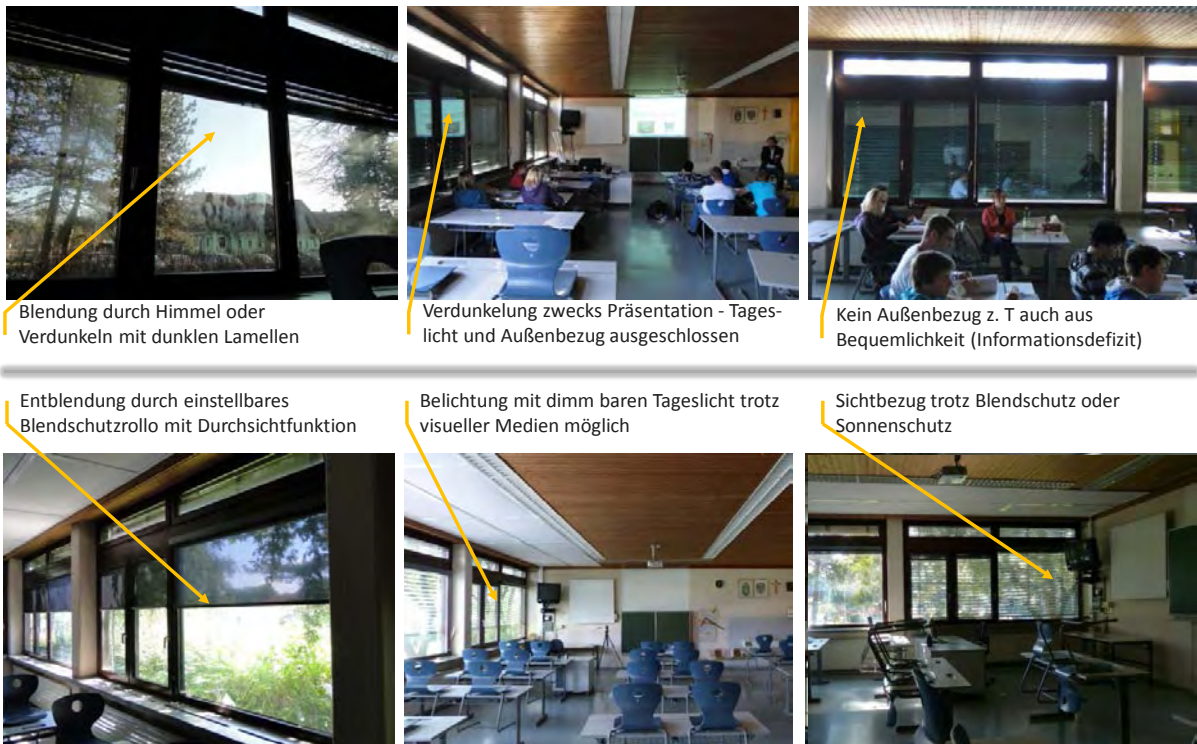


Abbildung 30 Raum 001 - Vergleich vorher (oben) /nachher (unten) (Quelle: BVST J. Gerstmann)

Die dazugehörige Tageslichtsimulation ist in Abbildung 31 ersichtlich, wobei dabei drei unterschiedliche Varianten definiert wurden. Die Definition der Varianten ist ebenfalls in nachfolgender Abbildung ersichtlich (V1a, V1b und V2).

ÖISS fordert min $TQ_{\text{mittel}} 1\%$ (alter Standard aus DIN 5034)
 ÖGNB gibt eine Bandbreite für TQ_{mittel} von 4-7% vor (Ziel 300 – 700 Lux Tageslicht am Arbeitsplatz)
 Grün markierte Werte liegen im Zielbereich, rote Werte liegen außerhalb der Vorgaben

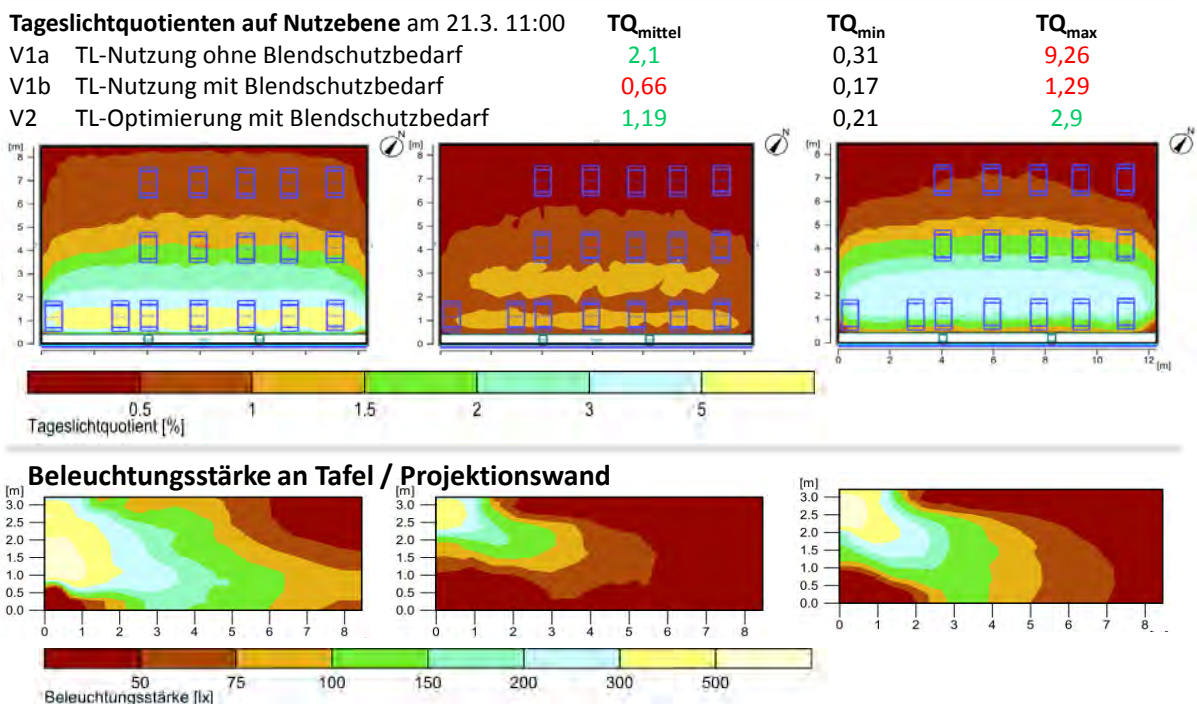


Abbildung 31 Tageslichtsimulation Raum 001 (Quelle: BVST J. Gerstmann)

Raum 004

Der Raum 004 besitzt eine SW-Ausrichtung und wird ebenfalls als Schulklasse verwendet, in der auch visuelle Medien wie Beamer und Overhead zum Einsatz kommen. Ursprünglich waren im Raum 004 auch dunkle Raffstoren montiert, die manuell bedienbar waren und als Sonnen- und Blendschutz genutzt wurden. Diese Raffstoren wurde erneut entfernt und durch neue automatische Raffstoren mit speziellem Tageslichtbehang ersetzt, welche ab sofort die Aufgabe des Sonnenschutzes übernehmen. Der Blendschutz wird mittels Tageslichttraffstoren bewerkstelligt. Zur Optimierung der Tageslichtnutzung wurde wiederum eine weiße Umlenkdecke montiert.

Das in Raum 004 verwendete Beschattungssystem lässt sich folgendermaßen charakterisieren:

Außen: Tageslichttraffstore 80mm (Schlotterer Retrolux 80D)

Die Anlage dient dem Sonnenschutz und dem Blendschutz (Wind- und Wetter ausgesetzt) sowie der Tageslichtnutzung.

Die Besonderheit dieser Raffstore liegt im Verlauf der Lamellenstellung - Oben offen, nach Unten hin zunehmend schließend. Damit bleibt die direkte Sonne (Wärme) zum Großteil draußen und das vom klaren oder bewölkten Himmel diffus einstrahlende Tageslicht wird für Belichtungszwecke genutzt.

Der Außenbezug bleibt durch die leicht geöffneten Lamellen sowie die einstellbare Behanghöhe gewährleistet.

Bei Beamer-Präsentation können die Lamellen vollständig geschlossen werden (auch bei nicht vollständig heruntergefahrenem Behang).

Bei Beamer-Präsentation kann der Raffstore den oberen Bereich des Fensters (inkl. Oberlichte) komplett verschatten ohne dass der Behang zur Gänze nach Unten gefahren werden muss. Damit bleiben ein Außenbezug und eine gedimmte Tageslichtversorgung gewahrt.

Innen:

Vorläufig keine Notwendigkeit, da diese innovative Tageslichttraffstore auch die Funktion des Blendschutzes erfüllen sollte.

Tageslichteffizienz: Weiße Deckenpaneele

Lichtausbeute, Belichtungsdauer und Raumausleuchtung - durch Einbau weißer Deckenpaneele wird die Tageslichteffizienz infolge des von den Lamellen an die Decke transportierten Lichtes wesentlich verbessert.

Steuerung: Funksteuerung Typ Vario Tel 2 (Elero)

Sonnen/Wind/Regenwächter mit Automatikfunktion.

Bei Sonne fahren die Behänge automatisch in eine optimale Position - manuelles Nachjustieren (Position und Lamellenwinkel je Behang oder Gruppe) ist mittels Handsender gewährleistet.

Die Automatikfunktion ist abschaltbar.

Bei Blendschutzbedarf ohne direkte Sonne (hohe Umgebungsleuchtdichten) können die Raffstoren manuell in Position gebracht werden.

Abbildung 32 zeigt den Vergleich der Beschattungs- und Tageslichtsituation vor (oben) und nach der Optimierung (unten).

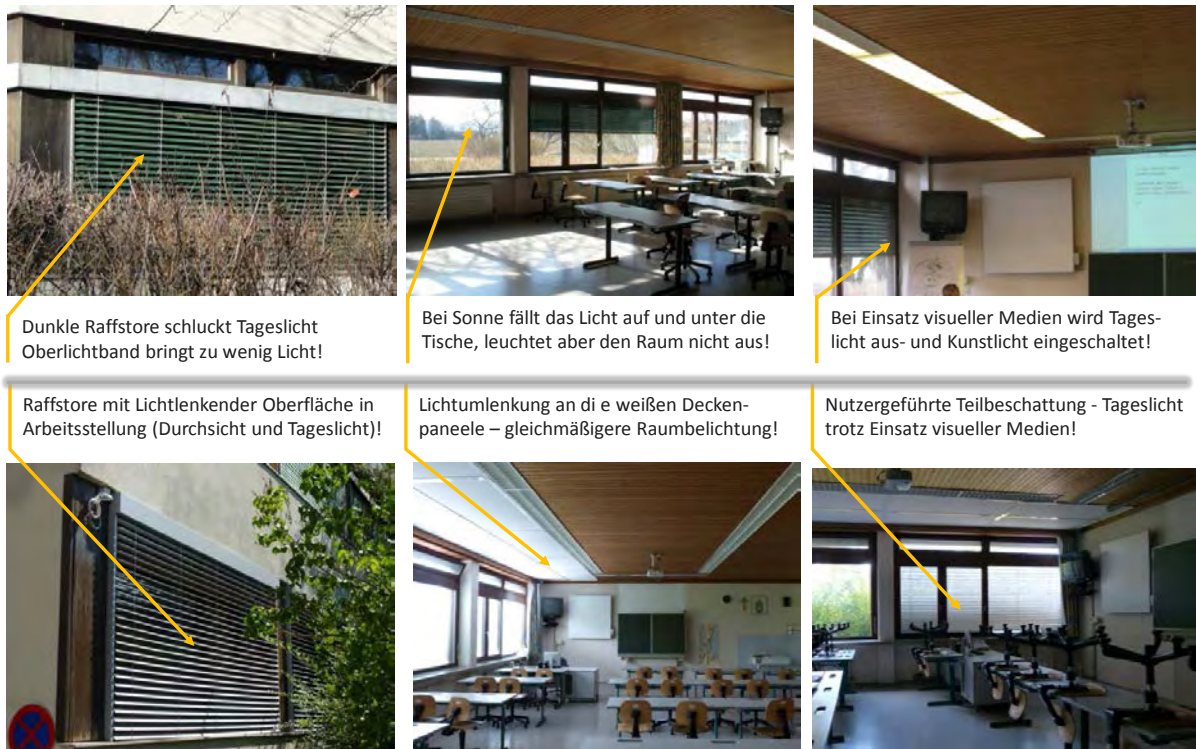


Abbildung 32 Raum 004 - Vergleich vorher (oben) /nachher (unten) (Quelle: BVST J. Gerstmann)

Die dazugehörige Tageslichtsimulation ist in Abbildung 33 ersichtlich.

ÖISS fordert min TQ_{mittel} 1% (alter Standard aus DIN 5034)
ÖGNB gibt eine Bandbreite für TQ_{mittel} von 4-7% vor (Ziel 300 – 700 Lux Tageslicht am Arbeitsplatz)

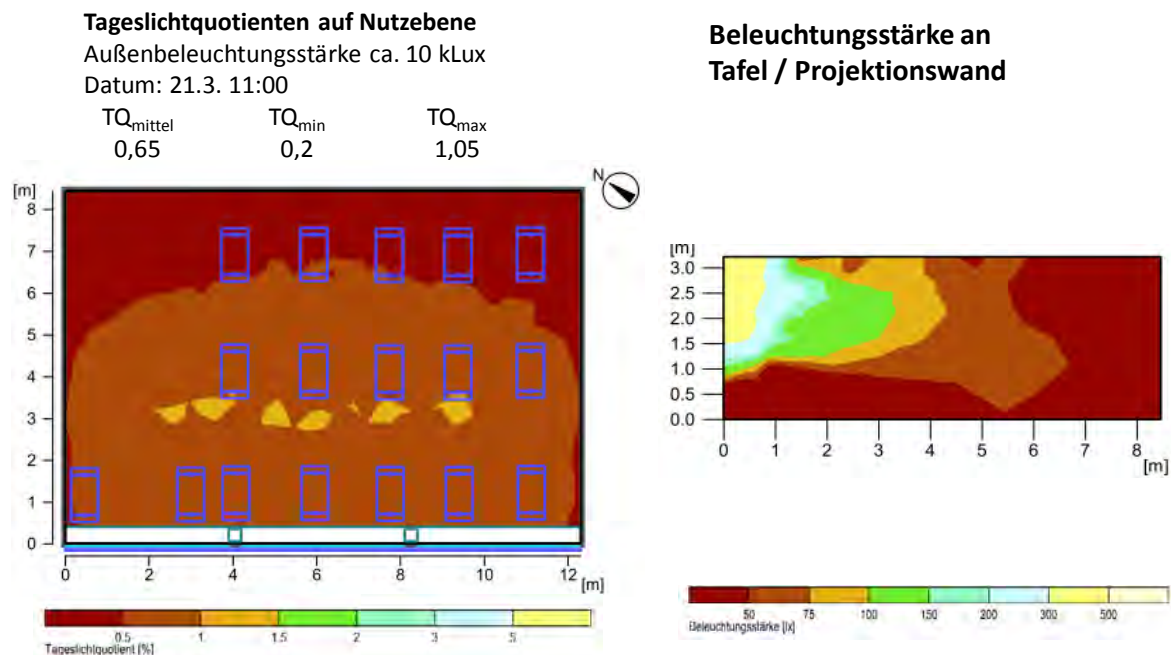


Abbildung 33 Tageslichtsimulation Raum 004 (Quelle: BVST J. Gerstmann)

Raum 007

Raum 007 der LBS Gleinstätten wird als EDV-Klasse genutzt bei der hauptsächlich Bildschirmarbeit und der Einsatz visueller Medien vorherrschend ist. Der Raum besitzt eine NW-Ausrichtung. Im Bestand waren dunkle Raffstoren montiert, die manuell bedienbar waren und vorwiegend als Blendschutz für die Bildschirmarbeit verwendet wurden, da kein Sonnenschutzbedarf auf Grund der Nordorientierung gegeben war. Raumseitig waren ebenso weiße Gardinen montiert. Nach der Umrüstung wird der Blendschutz mittels Innenjalousien hergestellt, wobei diese teilweise eine Tageslichtfunktion besitzen (Umlenkung). Da die Bestandsdecke bereits weiß gestrichen war, konnte diese so belassen werden.

Im Raum 007 ist somit folgendes System im Einsatz:

Außen:

Auf Grund der geringen Besonnungsdauer im Sommer ist kein Überwärmungsrisiko gegeben – die vorhandenen Außenraffstoren wurden deaktiviert.

Innen: Oberlicht Innenjalousie Erfal Midi Line35 mm (Starmann) und Innen Fenster

Innenjalousie Typ Erfal Isodesign 25 mm (Starmann)

Zonierung der Fensterelemente in einen Tageslichtbereich (Oberlichtverglasung und oberer Fensterflügel) und einen Blendschutzbereich mit Durchsicht (unterer Fensterbereich).

Die Oberlichtverglasung wurde mit motorisierten Tageslicht-Innenjalousien bestückt, wobei

die Lamellen zwecks Lichtumlenkung konkav (schüsselförmig) eingelegt werden. Im Bereich der Fensterflügel werden weiße Innenjalousien mit zweigeteiltem Behang eingesetzt.

Die Lamellen des oberen Bereiches sind konkav (lichtumlenkend) gefädelt, und vergrößern quasi das Oberlichtband.

Der untere Behangbereich hat konvex gefädelt hellgraue Lamellen. Um den Außenbezug bei geschlossenen Lamellen nicht zu verlieren, sind die Lamellen perforiert ausgeführt.

Tageslichteffizienz:

Die vorhandene weiße Decke wurde in das Tageslichtkonzept integriert.

Steuerung: Gruppensteuerung verdrahtet Smooove Uno IB (Somfy):

Eine Automatisierung der Anlagen ist auf Grund des nicht erforderlichen Sonnenschutzes gegen sommerliche Überwärmung obsolet!

Die Jalousien des Oberlichtbandes wurden aus naheliegenden Gründen motorisiert.

Die Innenjalousien der Fensterflügel werden manuell eingestellt!

Der Systemvergleich vorher (oben) und nachher (unten) ist in Abbildung 34 verdeutlicht.

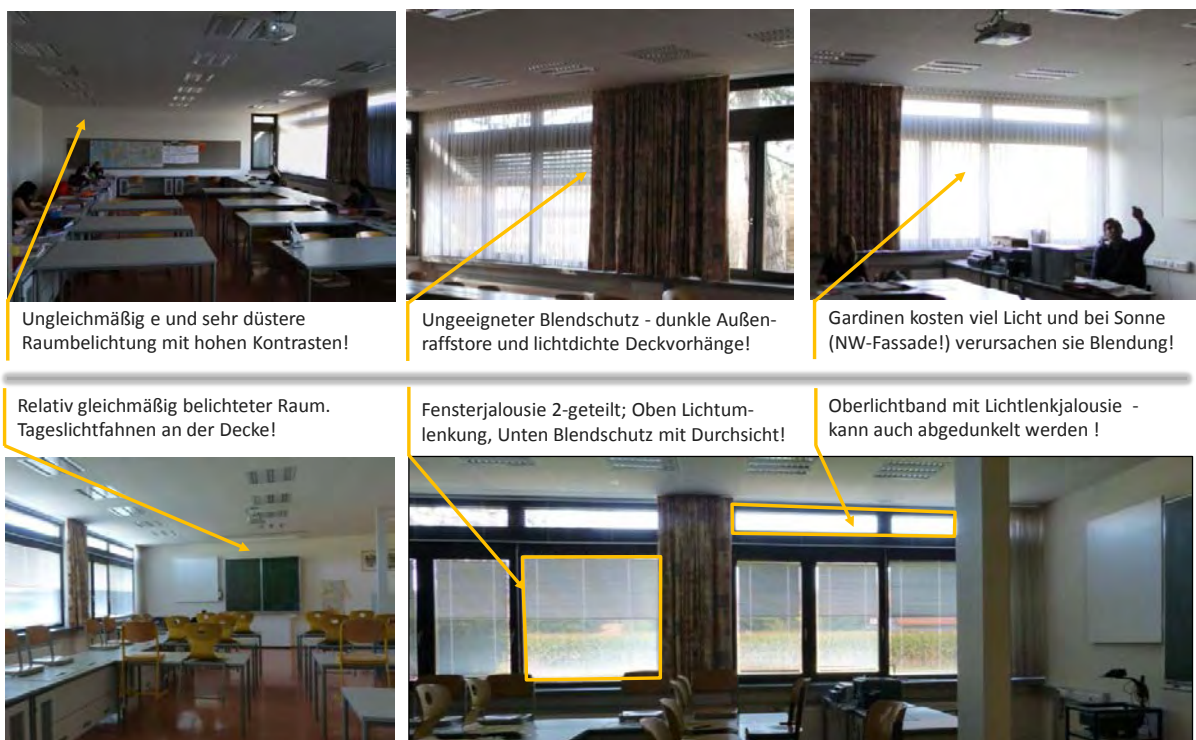


Abbildung 34 Raum 007 - Vergleich vorher (oben) /nachher (unten) (Quelle: BVST J. Gerstmann)

Die Tageslichtsimulation des Raums 007 ist in Abbildung 35 dargestellt, wobei bei der Berechnung zwei verschiedene Varianten (V1 und V2) berücksichtigt wurden (Variantenbeschreibung in nachfolgender Abbildung).

ÖISS fordert min TQ_{mittel} 1% (alter Standard aus DIN 5034)
 ÖGNB gibt eine Bandbreite für TQ_{mittel} von 4-7% vor (Ziel 300 – 700 Lux Tageslicht am Arbeitsplatz)
 Grün markierte Werte liegen im Zielbereich, rote Werte liegen außerhalb der Vorgaben

Tageslichtquotienten auf Nutzebene am 21.3. 11:00		TQ_{mittel}	TQ_{min}	TQ_{max}
V1	Tageslichtnutzung ohne Blendschutz	2,62	0,47	6,81
V2	Tageslichtnutzung mit Blendschutz	1,90	0,32	5,49

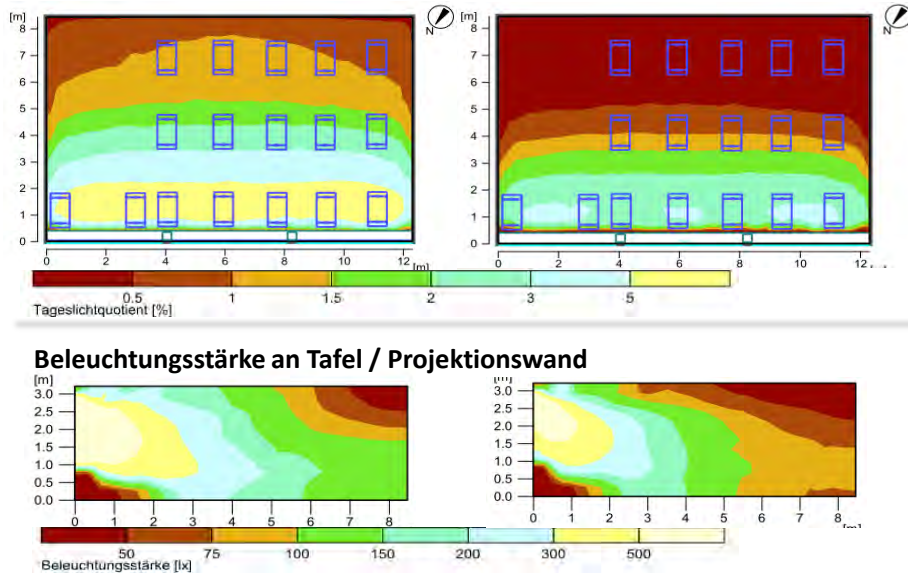


Abbildung 35 Tageslichtsimulation Raum 007 (Quelle: BVST J. Gerstmann)

Raum 0115

Raum 0115 besitzt eine SO-Ausrichtung und wird als CAD-Raum mit Bildschirmarbeit und Einsatz visueller Medien genutzt. Die auskragende Decke sorgte im Bestand für einen (unzureichenden) Sonnenschutz, der Blendschutz wurde mittels grauen, raumseitigen Vertikaljalousien bewerkstelligt. Nachgerüstet wurde dieses System anschließend mit windstabilen vorgesetzten Fassadenmarkisen für den Sonnenschutz. Das restliche bestehende System wurde so belassen.

Somit kann das verwendete System im Raum 0115 folgendermaßen beschrieben werden:

Außen: Windstabile Fassadenmarkise SOFT TENSION ZIP (Bremetal)

Die SO-Ausrichtung in Verbindung mit der Loggia und dem sehr kleinen CAD-Raum mit hohen internen Lasten führt sehr häufig zu Überwärmung. Um die Hauptwärmequelle – die direkte Sonne – zu reduzieren, werden an die Stirnseite der Loggia Fassadenmarkisen montiert und automatisch angesteuert, ein manueller Eingriff ist für die BenutzerInnen jederzeit möglich.

Die Anlage dient dem Sonnenschutz und dem Blendschutz. Die Besonderheit dieser Markise liegt einerseits bei der extremen Windbeständigkeit von ca. 80 km/h und andererseits in dem besonderen Gittergewebe aus PFC-frei beschichtetem Tuch (Screen), das für den nötigen Außenbezug sorgt.

Innen:

Vorläufig keine Notwendigkeit – die vorhandenen Vertikaljalousien sind als reiner Blendschutz (kein Sonnenschutz) ebenfalls nutzbar, aber auf Grund der Kontraste gerade für CAD-Arbeitsplätze problematischer als die neuinstallierten Markisen!

Steuerung: Sonne/Wind/Regen-Überwachung Typ Soliris und Smoove Uni IB (Somfy)

Sonnen/Wind/Regenwächter mit Automatikfunktion.

Bei Sonne fahren die Behänge automatisch herunter - manuelles Nachjustieren (Positionshöhe) ist mittels Hand-Taster zu jeder Zeit gewährleistet.

Die Automatikfunktion ist auch abschaltbar, wird jedoch nicht empfohlen!

Bei Blendschutzbedarf ohne direkte Sonne (hohe Umgebungsleuchtdichten) können die Markisen manuell in Position gebracht werden.

Abbildung 36 zeigt den Systemvergleich des Raums 0115. Oben die Bestandssituation, unten die optimierte Variante.

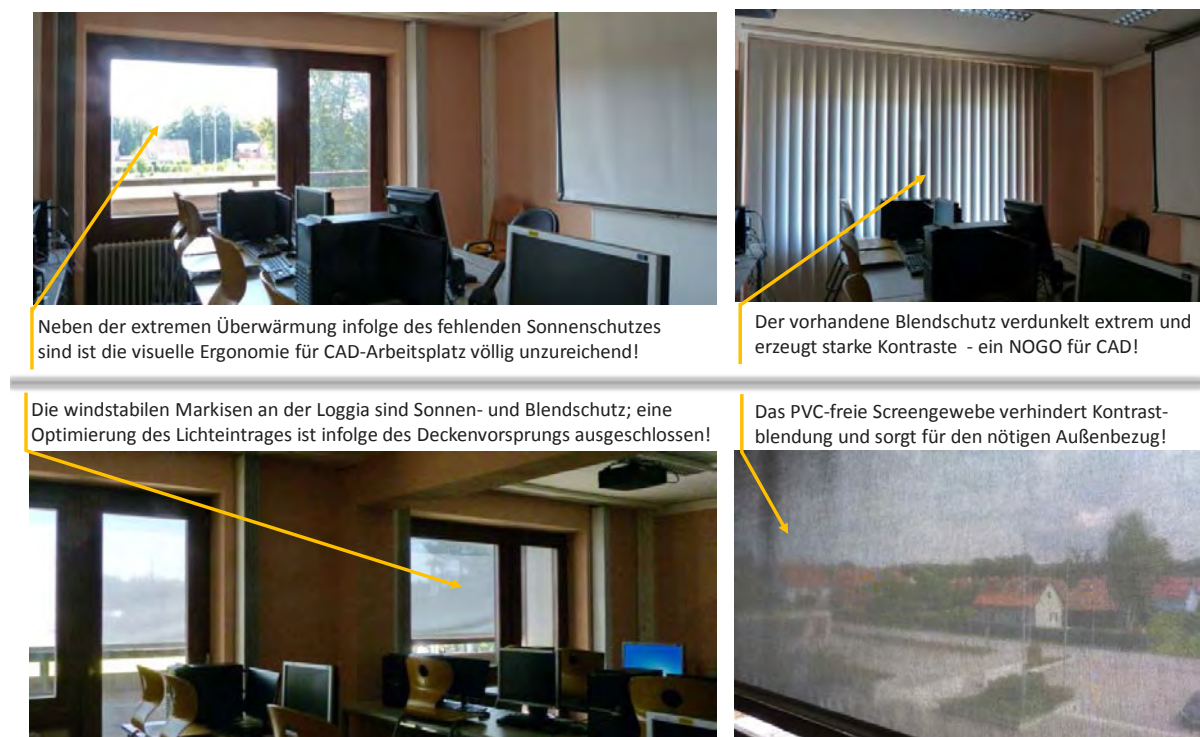


Abbildung 36 Raum 0115 - Vergleich vorher (oben) /nachher (unten) (Quelle: BVST J. Gerstmann)

Die unterschiedlichen Lösungsansätze der Sonnenschutzsysteme brachten nach Installation sehr gute Rückmeldungen der Schulverwaltung und -direktion. Jedes System für sich brachte wertvolle Erkenntnisse über den praktischen Einbau-Test in der Schule. Bei den SchülerInnenbefragungen nach Einbau des neuen Sonnenschutzes änderte sich wenig an den prinzipiellen Ergebnissen, dass die Lichtverhältnisse weniger wahrgenommen werden als die Temperatur. Der Stromverbrauch für die künstliche Beleuchtung nach den Sonnenschutzmaßnahmen konnte nach einer Optimierungsphase in allen drei

Klassenzimmern deutlich gesenkt werden; er liegt bei 1,16 bis 4 kWh/Klassenzimmer und Tag.

3.4 „Lessons learned“ - Demogebäude

Mit Hilfe der LIG wurden in der Steiermark zwei Schulgebäude zu Demonstrationszwecken gefunden. Das erste war das „Haus 12“ der Landesberufsschule (LBS) Graz St. Peter, das derzeit FriseurInnen- über BuchdruckerInnen- bis zu Medienfachfrau/-mann-Lehrlinge beherbergt. Das zweite war die LBS Gleinstätten, die die Lehrberufe KonditorInnen über StickerInnen bis zu BekleidungsgestalterInnen beherbergt.



Abbildung 37 Das Haus 12 der LBS Graz St. Peter in Nordwest (links) und Südansicht (rechts)

Nach den vor Ort Begehungen in den Gebäuden und zwei Gesprächen mit der technischen Leitung der LIG war klar, dass das „Haus 12“ das Demonstrationsprojekt für die Entwicklung einer Schulsanierungsstrategie in School vent cool in Österreich sein würde (siehe Abbildung 37). Das Gebäude war in höchster „Not“ saniert zu werden und hier hatte es des öfteren Anläufe zu seiner Sanierung gegeben – ein neuer Versuch sollte gestartet werden.

Das Gebäude wurde 1968 erbaut und bekam 1993 ein neues Dach aufgesetzt, da das alte undicht geworden war. Diese Maßnahme war aber nicht von Erfolg geprägt, da inzwischen durch die Last des neuen Daches vor allem die Innenwände bis hinunter in den Kellerbereich und die aufliegende Deckenkonstruktion im Dachbereich Risse zeigten (siehe Abbildung 38).



Abbildung 38 Risse in den Decken- und Wandbereichen des Dachgeschoßes (links) und im Kellerbereich (rechts)

Es bestanden schon in den 1990er Jahren Pläne, das Gebäude zu sanieren, ja sogar abzureißen; es wurden Masterpläne für alle Gebäude der LBS St. Peter erstellt. 2005 wurden bauphysikalische Untersuchungen (Wärmeschutz, Schallschutz, Luftqualität!) zur Vorbereitung von Maßnahmen durchgeführt sowie Pläne und Skizzen (Fassadenstudien) für die Sanierung verfasst – siehe dazu die folgenden Abbildungen. Es gab sogar einen Architekturwettbewerb mit Plänen zur Umgestaltung des Geländes inkl. „Haus 12“, der nicht gut dokumentiert wurde. Es gab aber damals keine Entscheidung für Neubau oder Sanierung, das Gebäude blieb unverändert bis jetzt.



Abbildung 39 Kellerdeckenbohrungen zur Analyse des Bauteil-Aufbaus am 25.10.2005 (Quelle: Arch. Windbichler, LIG)

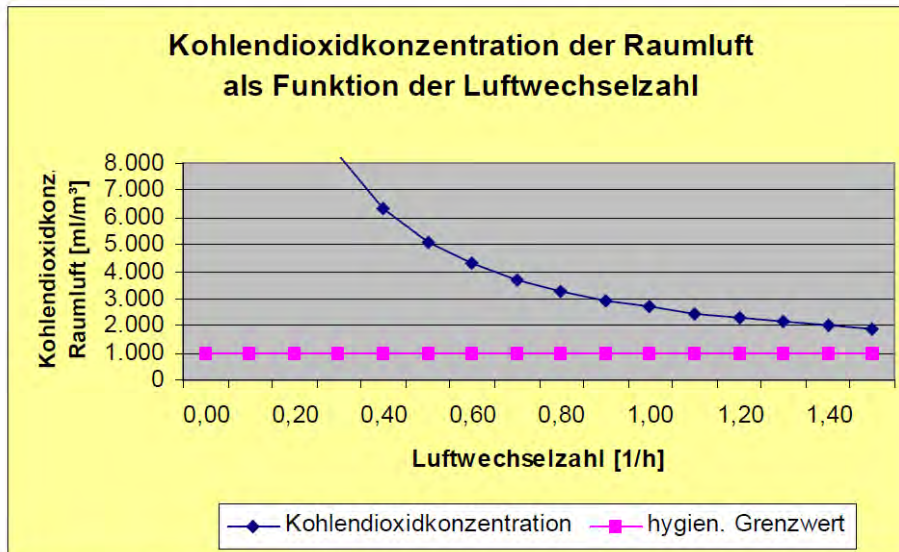


Bild 1: Kohlendioxidgehalt der Raumluft in einem Klassenzimmer (Volumen 210 [m³], 25 Personen im Raum, Kohlendioxidkonzentration Außenluft 0,3 [Vol %])

Abbildung 40 Auszug aus einer Luftqualitätsstudie für LBS St. Peter, Haus 12, aus 2005; der Pettenkofer-Grenzwert für gute Luftqualität (1.000 ppm CO₂-Konz.) wäre erst mit einer Luftwechselzahl von 6,3 l/h zu schaffen (Quelle: TB Leiler, LIG)

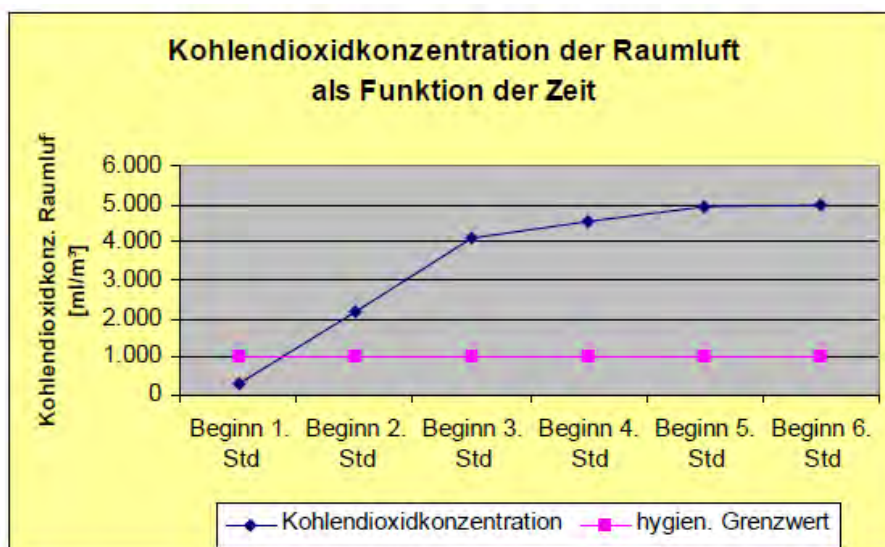


Bild 2: Kohlendioxidgehalt in der Raumluft eines Klassenzimmers (Volumen 210 [m³], 25 Personen im Raum, Kohlendioxidgehalt der Außenluft 0,03 [Vol %]) in Abhängigkeit der Zeit

Abbildung 41 Auszug aus einer Luftqualitätsstudie für LBS St. Peter, Haus 12, 2005; die Abbildung zeigt die CO₂-Konzentrationen nach x Stunden, wenn nur in den Pausen Fenster geöffnet werden und dazwischen der natürliche Luftwechsel 1/h beträgt (Quelle: TB Leiler, LIG)



Abbildung 42 Vorentwurfpläne Fassaden-Ansichten, Haus 12, 2005 (Quelle: Arch. Windbichler, LIG)



Abbildung 43 Auszug aus Plänen eines Architekturwettbewerbs – mit Neubau „Haus 12“ (Quelle: LIG)

School vent cool bildete einen guten Rahmen, das Gebäude für eine Sanierung neu aufzurollen und einen Anlauf mit der LIG zu machen. Die Schulleitung wurde informiert, dass Befragungen und Messungen durchgeführt werden würden. Die Zeit schien günstig, da die Landespolitik der Steiermark im Jahr 2010 42,4 Mio. Euro für die Sanierung von Berufsschulen und Heimen mit Start im Jahr 2011 versprochen hatte (derstandard.at 2010).

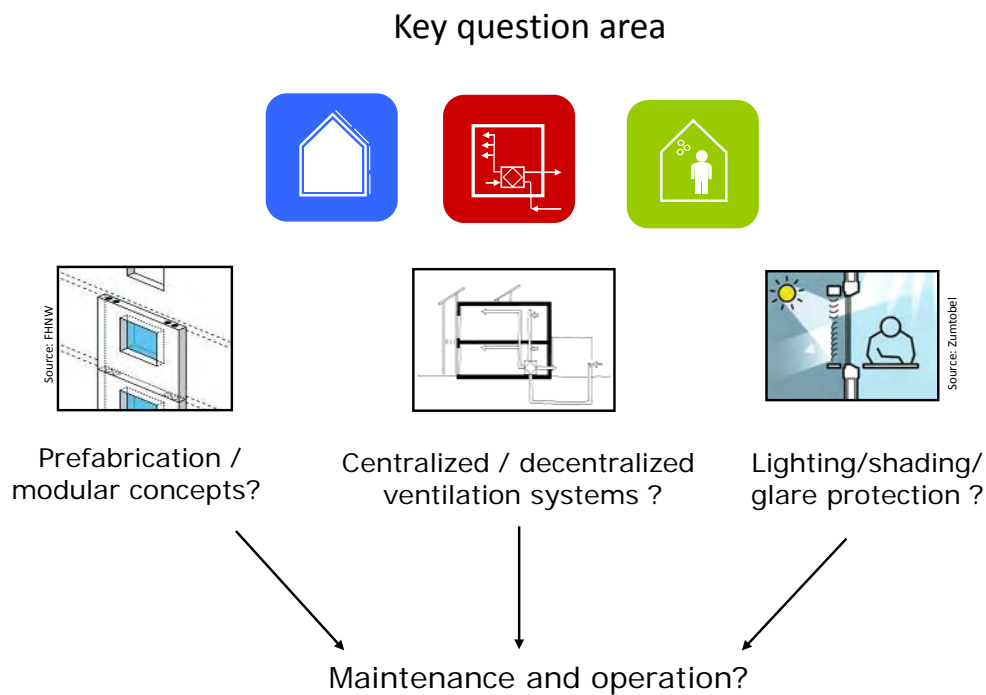


Abbildung 44 Überblick über den Fokus zu Beginn der Diskussionen über Schulsanierungsstrategien bei Demonstrationsgebäuden (Quelle: AEE INTEC)

In mehreren Projekt-Workshops mit internationalen ExpertInnen, unter andern am 27.09.2011 in Graz, wurden Ziele für die Sanierung der Demonstrationsgebäude definiert und zentrale Fragen für Diskussionen vorbereitet (siehe Abbildung 44). Für das „Haus 12“ wurden spezielle Fragen gemeinsam mit der LIG formuliert und behandelt – einen Überblick gibt Abbildung 45.

Das Ergebnis dieser ExpertInnendiskussionen war für die LIG ähnlich wie für die Stadt Antwerpen, die ebenfalls möglichst viele Gebäude genau mit einer Einzelgebäudestrategie „ausstatten“ wollte: Es fehlt ein übergeordneter Masterplan, der LBS St. Peter Graz als Gesamtkonzept von Schul-, Internats- und Werkstättegebäuden abbildet und funktionale Zonen wie Energieanforderungen definiert. Dass das Gebäude eine erhaltenswerte Struktur aufweist, eine Sanierung mit vorgestellten Fassadenelementen, die die Dachlasten

mitabtragen, möglich wäre, aber vor dieser Entscheidung eine Life Cycle Analyse notwendig wäre, um Sanierung oder Abriss argumentieren zu können, ging dabei nahezu völlig unter.

Austria

Provincial trade school St. Peter - GRAZ



- Renovation of thermal envelope within 3 months?
- Centralized or decentralized solution?
- Shading/ lighting/ glare protection – optimized solution?
- How to check performance of thermal renovation measures?

Abbildung 45 Spezielle Fragen zum Gebäude „Haus 12“ St. Peter Graz, die internationale ExpertInnen diskutierten

Nach diesen Ergebnissen und weiteren Gesprächen mit der LIG begann erneut eine „Geschichte des Scheiterns“ für die Sanierung des „Haus 12“ in St. Peter, Graz:

- Der politische Rückhalt über die Sanierungsmillionen für die Berufsschulsanierungen dauerte nur etwa ein Jahr, dann „versandete“ diese Initiative wieder und mit der Diskussion über Schulzusammenlegungen und Standortfragen wurden Entscheidungen weiter verzögert.
- Den Ernst der Lage im Gebäude selbst wurde zwar von der LIG, nicht aber von EntscheidungsträgerInnen erkannt, die Budgets freigeben.
- Die Ideen aus den ExpertInnengesprächen und Workshops landeten bald in der Schublade. Anfängliches Interesse an einer LC- und LCC-Analyse des Gebäudes ebenso.

- Die Schulleitungen der LBS 7 und 8, die das „Haus 12“ beherbergte, waren nicht gemeinsam mit der Leitung der Schulverwaltung der LBS St. Peter dahinter, Druck zu machen. Eine gemeinsame „Starke“ Stimme für Veränderungen fehlte.
- Zwischendurch gab es Probleme durch fehlende Messgeräte der LIG in den Klassenzimmern, was zum Unmut derselben beitrug.
- Es gab massive praktische personelle Probleme, da genau im SVC-Begleitungszeitraum des Gebäudes die Leitung der LBS 8 wechselte und die Leiterin der Hausverwaltung tragisch verstarb.
- Als letzte Puzzlestein im Scheitern wurde zu Ende des Projektes beschlossen, die LIG aufzulösen und wieder in die Landesverwaltung der Steiermark einzugliedern. Das verzögerte Entscheidungen auf Jahre hinaus weiter.

Soviel zur Praxis von Sanierungsstrategien für Schulgebäude und als Beispiel, warum die „School vent cool“-Methode zur Portfolio-Planung ganz brisant und eminent wichtig ist, damit es fundierte Prioritäten gibt und finanziert werden können, auch wenn tagespolitisch aktuelle Umbrüche das Geschehen durcheinander bringen, aber die fachliche Basis stimmt.

4 Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms

4.1 Einpassung in das Programm

Das ERA-NET Eracobuild besteht aus einem Netzwerk von nationalen Forschungs- und Entwicklungsprogrammen. Es konzentriert sich auf nachhaltige Gebäudeentwicklung und zielt auf die Schaffung von Synergien zwischen nationalen Programmen ab.

Die Hauptziele wurden so definiert (Eracobuild Joint Call vom 10.12.2009, Seite 1):

“The overall goal with Eracobuild Sustainable Renovation program is to support research and innovation for balanced and sustainable development within the built environment and sustainable economic growth of society. The research area *Sustainable Renovation* covers a wide scope of technological, environmental, social, cultural, economic and institutional aspects. The proposals should take the users’ need as a starting point and when possible take a life-cycle-perspective on sustainable renovation.

The objectives of this call are:

- to support research and innovation in order to make the existing built environment more sustainable
- to promote sustainable renovation activities for the building stock in Europe”

Diese Ziele sind nahezu ident mit denen des Haus der Zukunft Plus Programms des BMVIT, in dessen Rahmen das Projekt School vent cool auch finanziert wurde. Der Fokus lag natürlich auf Sanierung, nicht Neubau.

Die Aktivitäten in School vent cool wurden genau auf die erwähnten Ziele abgestimmt:

- Grundlagenarbeit und Forschung in den Bereichen Schulgebäudetypologie, Vorfertigungslösungen mit nachhaltigen Baumaterialien, Sommerkomfort und Lüftungssysteme
- Entwicklung von Strategien für Schulsanierungsabläufe und Aktivitäten zur Umsetzung, Verbreitung und Anwendung verschiedener Sanierungstechnologien und Lösungen für Schulen (Workshops, Newsletter, Präsentationen, Broschüre und Film)
- Dabei wurde auf die Bedürfnisse der NutzerInnen der Gebäude über Befragungen und Einbindung in die Anwendung neuer Technologien (z.B. über eigens gestaltete Bedienungsanleitungen für Sonnenschutzlösungen in LBS Gleinstätten) geachtet.

4.2 Beitrag zum Gesamtziel des Programms

Aus der Beschreibung des Programms „Haus der Zukunft Plus“ der FFG⁶:

„Im Fokus von Haus der Zukunft Plus steht die Entwicklung und Markteinführung wirtschaftlich umsetzbarer, innovativer technischer und organisatorischer Lösungen im Sinne eines CO₂-neutralen Gebäudesektors. Damit soll bis 2020 ein signifikanter Beitrag zur Sicherheit zukünftiger Energieversorgung und zur Reduktion der treibhausrelevanten Emissionen im Gebäudesektor geleistet werden. Mit Haus der Zukunft Plus wird das Ziel verfolgt, jene technologischen Voraussetzungen zu schaffen, die die Herstellung von Gebäuden ermöglichen, die nicht Energie verbrauchen, sondern Energie erzeugen.

Folgende Anliegen werden im Programm vorrangig verfolgt:

A. Schaffung der technologischen Basis für das Gebäude der Zukunft, insbesondere das Plus-Energie-Haus. Das Programm setzt einen weiteren Schwerpunkt auf Büro- und Betriebsgebäude sowie auf Gebäudemodernisierung

B. Überleitung innovativer Technologien und Produkte zur Serien- bzw. industriellen Fertigung

C. Initiierung von Demonstrationsprojekten (Gebäude, Siedlungen, Netze ...), um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten

D. Unterstützung der internationalen Vernetzung der österreichischen KompetenzträgerInnen, Verstärkung des internationalen Know-how-Transfers sowie Aufbau von Humanressourcen und Integration vorhandenen Wissens in entsprechende Ausbildungsangebote“

Ad A. Mit School vent cool wurde besonders die Gebäudemodernisierung und deren technologische Basis als wichtigster Hebel für die Verbesserung der Energieeffizienz im Gebäudesektor angesprochen.

Ad B. Vorbereitungen zur Vorfertigung von Fassadenelementen speziell für Bildungsgebäude wurden in School vent cool erarbeitet. Bei Lüftungs- und Sonnenschutzlösungen innovative Produkte zu neuen Systemlösungen kombiniert und getestet.

Ad C. Demonstrationsprojekte wurden in allen teilnehmenden Ländern initiiert. In Belgien und der Schweiz eine Schulsanierung mit Vorfertigung, wobei die BelgierInnen erst das Gebäude ausgewählt haben und die in Krummbach in der Schweiz bereits fertiggestellt ist. In Dänemark für „Diffuse Ceiling Ventilation“ – zu beiden Demonstrationsobjekten (Schweiz und Dänemark) gibt es Kurzvideos auf www.schoolventcool.eu. In Österreich sind zu

⁶ Unter <http://www.ffg.at/haus-der-zukunft-plus-das-programm>, abgerufen am 28. Mai 2013, 14:00

Demonstrationszwecken vier Klassenzimmer in der LBS Gleinstätten mit intelligenten Sonnenschutzsystemen ausgestattet worden.

Ad D. Das Projekt selbst ist ein Beispiel internationaler Vernetzung und Know-how-Transfers

4.3 Einbeziehung der Zielgruppen und ihrer Bedürfnisse

Von Beginn weg war die Einbeziehung der Zielgruppen in das Projekt nicht nur Ziel sondern auch gelebte Praxis. Die Stadt Antwerpen als Schuleigentümerin hatte sich die Teilnahme am Projekt selbst finanziert und die LIG Steiermark als Kooperationspartnerin von AEE INTEC im Projekt hat ebenfalls viel Zeit und Material wie Montagearbeiten in LBS Gleinstätten in das Projekt gesteckt. Firmenorganisationen wie der Bundesverband Sonnenschutztechnik Austria (BVST) haben insgesamt etwa EURO 37.000,- in das Projekt School vent cool investiert, was einzigartig für die Branche bisher war.

Im Laufe des Projektes gab es einige Aktivitäten wie Workshops, persönliche Kontakte und Arbeitstreffen, in denen die Zielgruppen SchulgebäudeeignerInnen wie BIG, PlanerInnen wie Arch. DI Kopeinig und Firmen wie Schüco eingebunden waren und nach ihren Wünschen, Ideen und Produkten für Schulsanierungen befragt wurden. Die Ergebnisse dieser Gespräche sind direkt in die Arbeit des Projektes eingeflossen. Als Reaktion auf die unterschiedlichen Zielgruppen der SchuleigentümerInnen und Professionistinnen und die der SchulnutzerInnen und interessierte Laien wurde der Einstieg in die Homepage www.schoolventcool.eu auf diese beiden Zielgruppen hin angepasst (siehe dort).

Ein Schwerpunkt in den Demonstrationsschulen von School vent cool, vor allem in Dänemark und Österreich, war es, die SchülerInnen und LehrerInnen in die Aktivitäten mit einzubeziehen. Dadurch stieg ihr Bewusstsein für Sanierungsaktivitäten und innovative Technologien und sie lernten z.B. über die Projektarbeit mit dem Thema umzugehen, wie die LBS Gleinstätten mit der Erarbeitung eines Films vorgezeigt hatte⁷. Wie angesprochen (siehe Kap.2.2) sind einige Projekte zur Erhebung des verbesserungswürdigen Status quo von Bildungsstätten in ganz Europa am Laufen bzw. abgeschlossen – jetzt muss die Phase der Umsetzung dieses Grundlagenwissens zu Ideen und Lösungen für die Zielgruppe im Gebäude(sanierungs)bereich beginnen.

Viele SchulgebäudeeignerInnen haben keinen Platz mehr, neue Schulen zu bauen und sind daher auf Gebäudesanierungslösungen angewiesen bzw. nehmen diese dankbar auf oder passen diese weiter für ihre Anwendungen an wie die Stadt Antwerpen während des Projektes (siehe Kap. 5.2). Die Wirtschaftlichkeit von einzelnen Sanierungs-Lösungen muss mit steigender Zahl an Anwendungen noch auf den Weg gebracht werden. Das ist Ziel für zukünftige Projekte mit den Zielgruppen – Kap 6.1.

⁷ Der Film ist unter <http://www.youtube.com/watch?v=LaAEGfSYh4I&feature=youtu.be> zu sehen, abgerufen am 28. Mai 2013, 12:30

4.4 Verbreitungs- bzw. Realisierungspotenzial für die Projektergebnisse

Sieht man von den etwa 6.000 derzeit in Österreich bestehenden Schulen ab (siehe Kap. 2.3), dann ist der Markt für die Ergebnisse aus diesem Projekt insofern sehr groß, als dass es mindestens das 4 bis 5 fache an ähnlichen Anwendungen alleine in Österreich gibt. Nämlich Lösungen rund um den Wärmeschutz, die passive oder aktive Lüftung, passive Kühlung bzw. Sonnen- und Blendschutz sowie Beleuchtung großer Gebäude oder Gebäudeteile, in denen es Räume mit temporär größerer Personenbelegung gibt. Hier kommen Teile großer Bürogebäude ebenso in Frage wie die Vielzahl an „traditionellen“ Bildungshäusern, Vereinslokalen und ähnliches.

5 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

5.1 Erkenntnisse

School vent cool hat Einblicke in den bestehenden Schulgebäudebestand gegeben. Es hat aufgezeigt, wie wichtig ein ganzheitlicher Ansatz bei Sanierungsstrategien ist, um Ressourcen optimal einzusetzen. Es wurde im Projekt klar gemacht, welche großen Dimensionen außen liegende Luftleitungen bei Sanierungen in Schulen mit vorgefertigten Fassadenelementen bedingen, um die Luftqualität hoch zu halten – Beispiel für eine praktische Erkenntnis aus der typologischen Untersuchung der Gebäude.

SVC hat versucht alle AkteurInnen, auch die NutzerInnen einzubinden. Dabei ist sichtbar geworden, dass es für SchülerInnen einen „wahrnehmbaren“ Komfortparameter, nämlich die Raumtemperatur gibt, aber auch „unsichtbare“ Parameter die nachgewiesenermaßen den Komfort und die Gesundheit beeinflussen, aber von der „Masse“ der SchülerInnen nicht wahrgenommen werden, wie Raumluftqualität bzw. CO₂-Konzentration, Tageslichtqualität oder relative Feuchte. Auf diese Aspekte muss bei Schulsanierungen ebenfalls eingegangen werden.

Egal ob im Star Trek Klassenzimmer (derstandard.at 2012) oder im Rahmen der Waldpädagogik, wo das Gebäude für die Kinder in den Hintergrund tritt, gewisse Merkmale müssen Schulgebäude nach der Sanierung aufweisen:

- Hohe Energetische Qualität
- Hohe Luft- und gesundheitliche Qualität
- Hohe Gestalterische Qualität

Die hohe thermisch-energetische Qualität wird über den Passivhaus- oder auch klima:aktiv-Standard (Fellner, Lipp 2012) für Schulgebäude definiert. Hohe Luft- und gesundheitliche Qualität erfordern:

- **Visuellen Komfort** (Sonnen-/Blendschutz, Tageslichtquotient, Sicht nach draußen, Farbwahl, Gestaltung)
- **Thermischen Komfort** (Winter UND Sommer)
- **Hygrischen Komfort** (nicht unter 30% rel. Luftfeuchtigkeit)
- **Olfaktorischen Komfort** (z.B. CO₂-Konzentration <1.000ppm, Schadstofffreiheit, Luftionen-Konzentration)

Die gestalterische Qualität liegt sowohl in der Raumgestaltung, die Erholung und pädagogische Funktionen in Abstimmung mit den NutzerInnen einschließt. Sie wirkt natürlich auch im äußerlichen Erscheinungsbild und im Design des Gebäudes.

Alle diese Merkmale hängen von der Funktion des Schulgebäudes und den pädagogischen Zielen der Schule ab und müssen jedenfalls Thema in den Sanierungsprozessen sein.

5.2 Weitere Arbeiten mit den Ergebnissen

In allen Partnerländerorganisationen wird das Thema Schulsanierung bzw. Sanierungslösungen weiter Thema bleiben. Die DTU in Dänemark untersucht weiterhin Lüftungssysteme und -möglichkeiten sowie die Bedingungen, unter denen SchülerInnen in Klassenzimmern arbeiten sollten. Energetische Sanierungsmaßnahmen sollten nicht so sein „... that energy conservation is allowed to create conditions that are worse than what is stipulated by the relevant standards and building codes“ (Wargocki 2013, Seite 19), das heißt die Verbindung von Energieeffizienz mit maximaler Indoor Environment Quality (IEQ) ist sehr wichtig.

In Belgien wurde von der Stadt Antwerpen ein Masterplan für die Schulsanierungen erarbeitet und mit PHP nach einem Demonstrationsobjekt für die Umsetzung von Vorfertigungslösungen gesucht. Weitere Projekte wurden dort national eingereicht. „Der Masterplan ist mittlerweile zu einem Tool entwickelt worden nach welchem Umbau, Renovierungsarbeiten und Neubau strukturiert und umgesetzt werden je nachdem welche Budgets zur Verfügung stehen.“ (Bandelow 2013)

Die Schweizer Projektpartner HSLU und FHNW werden im Bereich Typologie und Haustechnik wie Lüftungssysteme und Wärmepumpentechnologien weitere Projekte bearbeiten, wenn auch nicht speziell auf Schulbauten bezogen.

Seitens AEE INTEC wurden viele Aktivitäten gesetzt, um weiter an den Ergebnissen und Erkenntnissen zu arbeiten. Hier eine Auswahl davon:

- Einreichung „school_vent.demo“ bei 5. Ausschreibung von Neue Energien 2020 – Kooperation von LIG, BVST und FH Pinkafeld war geplant um Lösungen für Lüftung, passive Kühlung und Komfort weiter zu beforschen – wurde im Dezember 2011 abgelehnt.

- Einreichung „sustain_school_net“ – Schulsanierungsnetzwerk bei 4. Ausschreibung von Haus der Zukunft Plus im Februar 2013, um die Vernetzung der SchuleigentümerInnen und Firmen, die Lösungen anbieten, zu fördern.
- Einreichung „RENEW SCHOOL - Sustainable school building renovation promoting timber prefabrication, indoor environment quality and active use of renewables“ beim IEE Call 2013 des Intelligent Energy Europe Programms der EU zur Förderung der Verbreitung intelligenter Schulsanierungsmaßnahmen wie vorgefertigte Holzelemente und ihrer Markteinführung.
- Einbringen der Erfahrungen aus School vent cool im IEE-Projekt AIDA, in dessen Rahmen AEE INTEC Gemeinden Hilfestellung zur Errichtung und Sanierung auf nZEB Niveau gibt.

Projekte wie School vent cool haben das Thema Schulsanierung in den letzten Jahren auf internationaler und nationaler Ebene ins bewusst sein gerückt, was weiters finanzierte wie School of the future (FP7-Projekt im Februar 2011 gestartet – Fraunhofer IBP 2013) oder ZEMEDS (IEE-Projekt im April 2013 gestartet) zeigen.

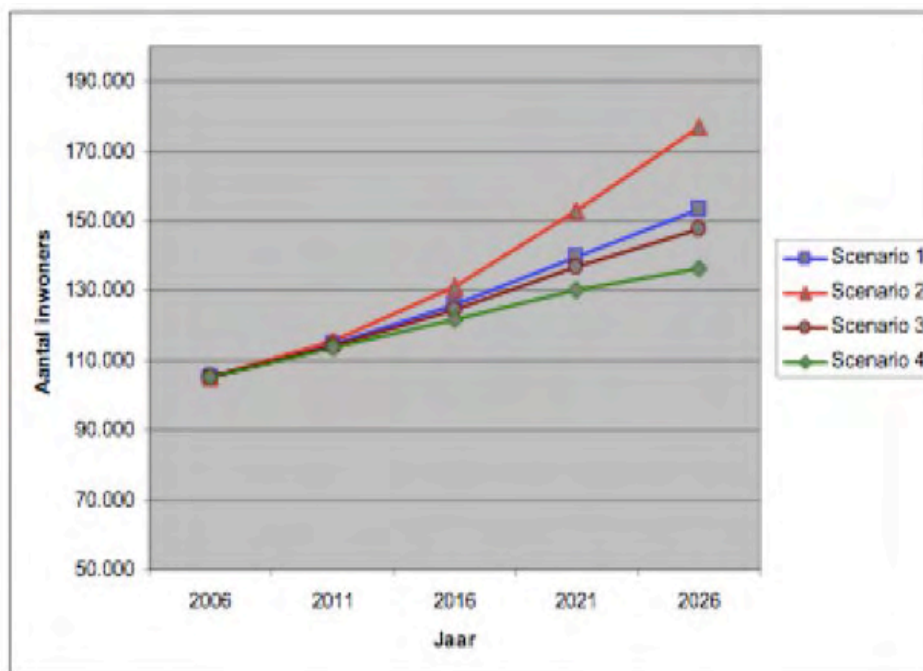


Abbildung 46 Bevölkerungsentwicklung der unter 20-jährigen in Antwerpen, Belgien (Quelle: Stad Antwerpen)

Vor allem für Städte wie Antwerpen oder Graz, wo die Anzahl der Kinder und Jugendlichen in den letzten Jahren stetig steigt (siehe Abbildung 46), sind die Ergebnisse des Projektes interessant und werden für Schulsanierungen verwendet. „Etliche wirklich neue Erkenntnisse versuchen wir im Rahmen unserer zurzeit sehr beschränkten Mittel auch bei unseren Bauprojekten zu berücksichtigen.“ Dieses Zitat eines Mitarbeiters der LIG vom 28. Februar 2013, fasst zwei wichtige Punkte zusammen:

- Es gibt viele neue Entwicklungen bei Lüftungssystemen und Sonnenschutz-/ Tageslichtlenkungssystemen, die es wert sind, in die Praxis umgesetzt zu werden, weil sie vielversprechende Ergebnisse in der Demonstration lieferten.
- Die derzeit beschränkten Mittel bei öffentlichen Bauprojekten, Sanierung wie Neubau, infolge „leerer“ d.h. budgetgekürzter Kassen werfen eine wichtige Frage auf: Wie kommt die Öffentliche Hand zu vernünftigen Budgets für energetisch ganzheitliche und funktional angepasste Sanierungsmaßnahmen von vor allem Gebäuden öffentlichen Interesses?

Die Ergebnisse dieses Projektes und dieser Bericht adressiert alle SchuleigentümerInnen, damit in Zusammenhang stehenden GeneralunternehmerInnen, PlanerInnen und ArchitektInnen, aber auch SchulnutzerInnen wie SchülerInnen, DirektorInnen und LehrerInnen. Jede/r dieser ZielgruppenvertreterInnen wird einzelne Ergebnisse und Erkenntnisse weiter verwenden und in eigene Projekte einbauen können.

6 Ausblick und Empfehlungen

SchulträgerInnen und Schulgebäudeverwaltungen wie Städte, Gemeinden und Immobiliengesellschaften tun sich zunehmend schwer, umfassende Schulsanierungen zu finanzieren. Umso wichtiger ist es, Ihnen gute Beispiele, aber auch neue Technologien und Finanzierungsmöglichkeiten im Bereich hochwertige Sanierungen als Entscheidungshilfen anzubieten. Neben den baulichen Notwendigkeiten einer Sanierung auf „nearly zero energy building“ Standard bei Schulen wie auch anderen öffentlichen Gebäuden, kommt schon seit längerem dem Thema „Indoor Environment Quality (IEQ)“ und zunehmend auch dem Sommerkomfort erhöhter Stellenwert zu. Hier sind weitere Forschungen vor allem zu brauchbaren und leistbaren Lösungen notwendig. Auch weitere Forschungen über Anpassungen der Gebäude an Klimaänderungen wären hier sehr interessant.

Was praktisch fehlt sind tragfähige Firmencluster, die technische Lösungen zu den wichtigen Themen bei großen Gebäudesanierungen anbieten können, und zwar ganzheitlich unter Beachtung dieser IEQ, die die User der Gebäude selbst mehr interessiert als die Energieeffizienz. Vor allem im D-A-CH-Raum sind die Standards bei Sanierungen schon sehr hoch, es ist aber auch kaum „Massenware“ für hochwertige Sanierungen großvolumiger Gebäude wie Schulen zu bekommen. Noch immer sind diese eine sehr individuelle, Gebäude-spezifische Angelegenheit. Sanierungslösungen wären reif, sich anhand von Gebäudetypologien in größeren Vorfertigungschargen gewerblich zum Beispiel im Holzbau niederzuschlagen. Gerade der Holzbau hätte bei der Vorfertigung, der gesundheitlich und ökologisch interessanten Baustoffwahl, der Recyclingfähigkeit und (noch) guter Rohstoffbasis in Europa eine gute Ausgangsposition, Sanierungen in großem Stile anzubieten, diese sind aber kaum realisiert. Weitere Demonstrationsprojekte wären hier hilfreich und erwünscht.

Ziel sollte es daher sein EU-weite Netzwerke zu etablieren, die Informationen und Know-how-Austausch zwischen SchuleigentümerInnen/-verwaltung, InteressensvertreterInnen, Forschungsinstitutionen, Bau-Unternehmen und SchulnutzerInnen schaffen. Diese Netzwerke sollten Ideen, Bedürfnisse und Anforderungen formulieren, Kriterien für Schulsanierungen (-förderungen) abstimmen und Aktivitäten für Bewusstseinsbildung und Weiterbildungsinhalte nicht nur für die Schulen selbst, sondern auch für die Wirtschaft setzen. Zielgruppen könnten alle mit der Sanierung von Schulen und Bildungsstätten sowie ähnlichen Gebäuden befassten Verantwortlichen (Bund, Länder, Städte, Gemeinden, ArchitektInnen/PlanerInnen, Bauindustrie, Gewerbe,...) sein.

6.1 Empfehlungen für weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten

Mögliche Themen für weitere Forschungsprojekte zum Thema Schulsanierung wären:

- Sanierung oder Abriss – Life Cycle Analysen von Schul- und ähnlichen Gebäuden als Entscheidungshilfen welche Typologien und Bestandsformen von Schulen erhalten und welche besser durch neue ersetzt werden sollten
- Praxistests und Monitoring von verschiedenen Lüftungssystemen inkl. Nachtlüftungsvarianten in Schulgebäuden mit Schwerpunkt Energieeffizienz, Brandschutz, Lärmentwicklung, Raumluftqualität und Kühlungspotenziale
- Energieeinsparungen durch bestmögliche Tageslichtnutzung und intelligentem Sonnenschutz in Schulgebäuden – ev. spezielle Fensterentwicklungen zur Regulierung von Überhitzung und Tageslichtnutzung u.ä.
- Volkswirtschaftliche Studien über Konzentrationssteigerungen und weniger Krankheitstage von LehrerInnen und SchülerInnen durch gute Raumluft, Begrenzung der Temperaturen, erhöhtes Tageslichtangebot und ähnliche Komfortsteigerung in Schulen
- Ökonomische, energetische und volkswirtschaftliche Studien über die Effekte einer gesteigerten Nutzung von Schulgebäuden für andere Zwecke – mögliche Einnahmequellen für SchuleigentümerInnen, rechtliche Bedenken, energetisch flexible Planungen etc.
- Technologie- und Marktaufbereitung sowie Wirtschaftlichkeit von nachhaltigen Sanierungsmethoden wie Vorfertigung von Elementen für Gebäude, die wie Schulen stark frequentiert sind und temporär eine hohe Dichte von Personen beherbergen
- Praxistests und Monitoring von verschiedenen Sonnenschutzsystemen inkl. Blendschutz- und Tageslichtnutzungsvarianten in Klassenzimmern mit Schwerpunkt Energieeffizienz Steuerung, Beleuchtung und Kühlungspotenziale

6.2 Potenzial für Demonstrationsvorhaben

Die energetisch hochwertige Sanierung von Nichtwohngebäuden, gekoppelt mit der Anwendung angepasster nachhaltiger Effizienz-Technologien wie Be- und Entlüftung mit WRG oder vorgefertigte Sanierungselemente bietet genug Potenzial zur Umsetzung weiterer Demonstrationsprojekte. Diese sollten im Siedlungsverband integriert geplant und umgesetzt werden. Das heißt das Schul- oder öffentliche Gebäude als Teil der gemeinschaftlichen Aktivitäten einer Gemeinde oder Stadt und im energetischen wie gesellschaftlichen Austausch mit seiner Umgebung, in die es optimal integriert ist. Passt gut zur „Stadt der Zukunft“ – Thematik der nächsten Ausschreibungen.

7 Literaturverzeichnis

STATISTIK AUSTRIA: Schulstatistik, erstellt am 29.11.2010

Technology Strategy Board (TSB), UK: Competition "Design for future climate; adapting buildings", Informationen unter <https://connect.innovateuk.org/web/design-for-future-climate/projects-outputs>, abgerufen am 23.05.2013, 15:30

AEE INTEC (Hrsg.): „ökosan – die Modernisierungsinitiative Oststeiermark“, Bericht; Gleisdorf 2009

EU - RICHTLINIE 2010/31/EU vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung), veröffentlicht am 18.06.2010 im Amtsblatt der Europäischen Union

Land Oberösterreich, Abt. Umwelt- und Anlagentechnik, Umwelttechnik – Strahlenschutz: Innenraumsituation in OÖ. Pflichtschulen, Berufsschulen und Landwirtschaftlichen Fachschulen - Erhebungs- und Messprogramm, Endbericht, Linz im April 2003

Fraunhofer-Institut für Bauphysik: Retrofitting of Educational Buildings – REDUCE, IEA Annex 36, fertig gestellt 2002; Ergebnisse unter <http://www.annex36.de/>, abgerufen am 6. Mai 2013, 20:50

Fraunhofer-Institut für Bauphysik: BMWi-Begleitforschung Energieeffiziente Schulen (EnEff:Schule), gefördert vom Deutschen Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie im Rahmen des Förderkonzeptes "Energieoptimiertes Bauen (EnOB)", 2009; Ergebnisse unter <http://www.eneff-schule.de/>, abgerufen am 6. Mai 2013, 21:00

PassivHaus Institut, Feist W.: Passivhaus-Schulen, Protokollband Nr. 33, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Darmstadt 2006

Stadt Zürich: Komfortuntersuchungen an Schulbauten mit hohem Glasanteil, Projekt im Auftrag des Amtes für Hochbauten der Stadt Zürich, 2004

Stadt Zürich, Hochbaudepartment: Luftaustausch – Technik für die 2000-Watt-Gesellschaft, Zürich, Themenkreis „Raumluftströmung in Schulräumen und Bettenzimmern“; November 2009

A. Greml, E. Blümel, A. Gössler, R. Kapferer, W. Leitzinger, J. Suschek-Berger, P. Tappler: Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich und Erstellung eines Planungsleitfadens, BMVIT - Berichte aus Energie- und Umweltforschung Nr. 14/2008

Schwarzl I. et al: Dem Klassenklima auf der Spur! Forschungsprojekt im Rahmen der ersten Ausschreibung des Programms „sparkling science“ des BMWF, Endbericht, Wien 2011

Umweltbundesamt GmbH: LUKI – LUft und Kinder, Einfluss der Innenraumluft auf die Gesundheit von Kindern in Ganztagschulen, Endbericht Langfassung; diese Publikation wurde im Auftrag des Lebensministeriums (Abt. V/2, V/4, V/5) sowie des Amtes der Kärntner Landesregierung (Abt. 12) erstellt. Wien 2008

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL): Raumlufqualität in Schulen und das Befinden von Kindern (RABE), im Auftrag der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Kurzbericht; München 2012

Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe (REC): SINPHONIE - the Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe, implemented under a European Commission service contract of the DG Sanco, supporting Children's Environment and Health Action Plan for Europe (CEHAPE); 2010-laufend

Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe (REC): SEARCH – School Environment And Respiratory health of Children, supported by the EU Action Plan on Environment and Health and the World Health Organization's Children's Environment and Health Action Plan for Europe; financed by the Italian Ministry for the Environment, Land and Sea (IMELS), 2006-2013

MeineRaumluf, Unabhängige Plattform für gesunde Luft in Innenräumen:
Hintergrundinformation Raumlufqualität in Schulen - Ergebnisse der Einzelwerte, publiziert in Wien, November 2012

TU München, Lattke F. et al.: TES EnergyFaçade – prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope, finanziert aus dem transnational ERA-NET WoodWisdom-NET Research Programme. final project report 2010; Ergebnisse und weiterführende Projekte unter <http://www.tesenergyfacade.com/>, abgerufen am 7. Mai, 18:00

schule.at - Österreichs Schulportal: Schulführer für Österreichs, unter <http://www.schule.at/index.php?startseite=&url=schule&modul=&kthid=&suchtext=&typ=SO&land=6&bkz=&text=>, abgerufen am 30.08.2011, 15:40

BMUK in Kooperation mit BMWF (Hrsg.): Bildungsentwicklung in Österreich 2004 – 2007, Wien 2008, Seite 22

Verband österreichischer Volkshochschulen (VÖV): Struktur und Statistik - <http://www.vhs.or.at/109/>, abgerufen am 30.08.2011, 16:45

BFI: Kennzahlen bfi unter http://www.bfi.at/ueber_uns/kennzahlen/, abgerufen am 30.08.2011, 16:50

WIFI: Das WIFI in Österreich unter <http://www.wifi.at/DE/%C3%9Cber%20uns/Das%20WIFI%20in%20%C3%96sterreich/WIFI+%C3%96sterreich.aspx>, abgerufen am 30.08.2011, 16:55

Wargocki P.: Zitat bei der Präsentation der dänischen Workshopergebnisse des „Case Study Workshops“ in Graz am 27.09.2011

derstandard.at: 42,4 Mio. Euro für Sanierung Berufsschulen und Heime, Artikel vom 8. Februar 2010, 14:34

derstandard.at: Willkommen im Star-Trek-Klassenzimmer, Artikel vom 23. November 2012, 01:00, unter <http://derstandard.at/1353207041948/Willkommen-im-Star-Trek-Klassenzimmer>, abgerufen am 26. November 2012, 9:12

Fellner M., Lipp B.: klima:aktiv Bauen und Sanieren, Kriterienkatalog Bildungseinrichtungen Sanierung, im Auftrag von Lebensministerium, BMVIT und ÖGUT, Version 1.0.1, Wien September 2012

Wargocki P., DTU: Zitat aus „School vent cool, Internatinal Report“, March 2013, Seite 19, Kap. 4.2.1

Bandelow F., Stedelijk Onderwijs Antwerpen: Zitat aus einer e-mail vom 17. Jänner 2013, 12:34

Fraunhofer-Institut für Bauphysik: School of the future - Towards Zero Emission with High Performance Indoor Environment, gestartet 2011; Ziele und Ergebnisse unter <http://www.school-of-the-future.eu/>, abgerufen am 6. Mai 2013, 21:15

8 Danksagung

Namentlich wurde im Projekt mit Alfred Scharl und Harald Reichl, beide LIG, mit Hannes Gerstmann vom BVST, mit Arch. DI Gerhard Kopeinig sowie mit Dir. Michaela Vörös-Achleitner (LBS Gleinstätten) auf beste Art und Weise zusammen gearbeitet. Sie alle haben einen wesentlichen Beitrag zum Erfolg des Projektes. Ihnen gilt besonderer Dank.



Abbildung 47 Best Practice Schulsanierung Naturparkschule Grebenzen in Neumarkt/Steiermark (Arch. DI Gerhard Kopeinig)

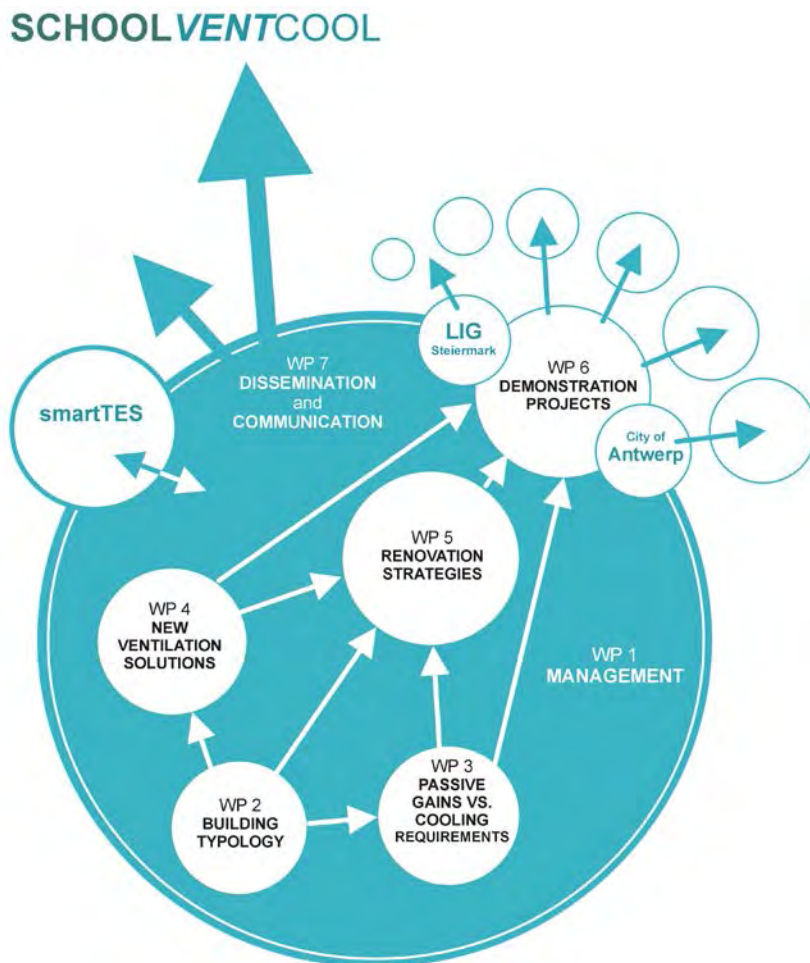
School Vent Cool - "Ventilation, cooling and strategies for high performance school renovations"

SCHOOLVENTCOOL

<http://www.schoolventcool.eu>

International Report

15th March 2013



Introduction

All over Europe both energy and education related developments require adaptations of our school buildings. Most of them have been built during the 1960s, 1970s and 1980s, they are now expected to be modernised and renovated. Comprehensive school (building) renovation concerns the whole system and meets the technical and educational needs of the future. The central point from the technical point of view is the optimized operation of the building services, a high quality of building construction and a surplus value for the user's indoor comfort. This surplus can only be achieved, when new methods and technologies are developed further.

The project "schoolventcool" aimed to raise both energy efficiency by high performance retrofit strategies and thermal comfort by proved solutions for ventilation and protection from heat of school buildings in the European partner countries. The project lays the foundation for sustainable educational buildings promoting energy efficiency with high indoor environmental quality and excellent educational conditions.

This report covers activities undertaken and results achieved by the project partners of "schoolventcool", a European ERACOBUILD-project, during the period of September 2010 to February 2013. All publications and deliverables are made publicly available from the project website: <http://www.schoolventcool.eu>

The Consortium:



Coordinator

AEE - Institute for Sustainable Technologies (AEE INTEC), Austria



Hochschule Luzern Technik & Architektur (HSLU), Competence Centre of Typology and Foresight in Architecture (CCTP), Switzerland



Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW), Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik, Institute of Energy in Building, Switzerland



DTU Technical University of Denmark, Civil Engineering - Building Physics and Services (DTU – BPS), Denmark



DTU Technical University of Denmark, Civil Engineering - International Center for Indoor Environment and Energy (DTU – ICIEE), Denmark



Passiefhuis-Platform vzw (PHP), Belgium



City of Antwerp, Cabinet vice mayor for education, work & economy, City of Antwerp - Stedelijk onderwijs, Belgium

Content

1	Project Aim & Objectives	86
2	School Building Typology	87
	2.1 Objective and Research Approach	87
	2.2 Results & conclusions	87
	2.3 Literature	92
	2.4 Deliverables	92
3	Passive gains versus cooling requirements	93
	3.1 Objective and Research Approach	93
	3.2 Results & conclusions	93
	3.3 Literature	98
	3.4 Deliverables	99
4	IAQ and school renovation studies - New ventilation solutions	100
	4.1 The costs and economic benefits from ventilation upgrades in classrooms	100
	4.2 The performance of different ventilation strategies on indoor air quality and temperatures	103
	4.3 Diffuse ventilation ceilings	107
	4.4 Free cooling potential by diffuse ceiling ventilation	109
5	Renovation Strategies	112
	5.1 Objective and Research Approach	112
	5.2 Results & conclusions	112
	5.3 Conclusion	117
	5.4 Literature	117
	5.5 Deliverables	118
6	Design criteria for implementing ventilation in existing schools	119
	6.1 Justification	119
	6.2 Objective	119
	6.3 Research approach	119
	6.4 Deliverables	124
7	How to disseminate and communicate school renovation?	125
	7.1 Objective	125
	7.2 The three international workshops – highlights	125
	7.3 The three most important presentations	127

7.4 The best three videos.....	127
7.5 The three most important papers.....	127
7.6 The schoolventcool Brochure	128
7.7 Last but not least:.....	129

1 Project Aim & Objectives

Based on a building typology, the project developed different high performance renovation concepts. Prefabrication or modular design components are important parts of these concepts. New solutions for ventilation systems and natural cooling requirements to protect from overheating have been investigated, integrated into the concepts and tested in field trials and demonstration projects.

The European collaboration should prove the adaptation for other countries and ensure that new components and findings improve the system. The project partners exchanged their knowledge on new technologies to set up new solutions particularly for ventilation, thermal comfort and prefabrication.

Detailed Objectives:

- Development of a qualitative school building typology
- High performance renovation strategies that reduce the primary energy use down to 20% or more
- Solution sets for prefabrication and modular design, for ventilation systems and natural cooling requirements
- Impart knowledge to pupils about renovation and related technologies plus launch learning from them
- Improvement of the air quality of classrooms to enhance the performance of pupils and teachers
- Analyses of light supply in classrooms regarding protection from heat and glare

Very special thing on school building renovation is the fact that they need short construction times, especially to be able to retrofit schools without having to close them, even during holidays ("broad" school use). So planning stage and construction time exactly predefined and short on site are the most important parameters for school renovations so far.



Figure 1 The consortium members in Copenhagen, spring 2012

2 School Building Typology

HSLU, Switzerland

2.1 Objective and Research Approach

The aim of the Swiss team, consisting of typology (HSLU - CCTP), construction (FHNW - IEBau) and HVAC (FHNW - IEBau), is to share the existing knowledge of IEA ECBCS Annex 50 [1] on typology and prefabrication for the renewal of multifamily houses and to further develop it for school buildings with an orientation on real case studies in the frame of ERACOBUILD. The intended solutions focus on buildings, where prefabricated façade modules are mounted from the outside and ventilation is an integrated part.

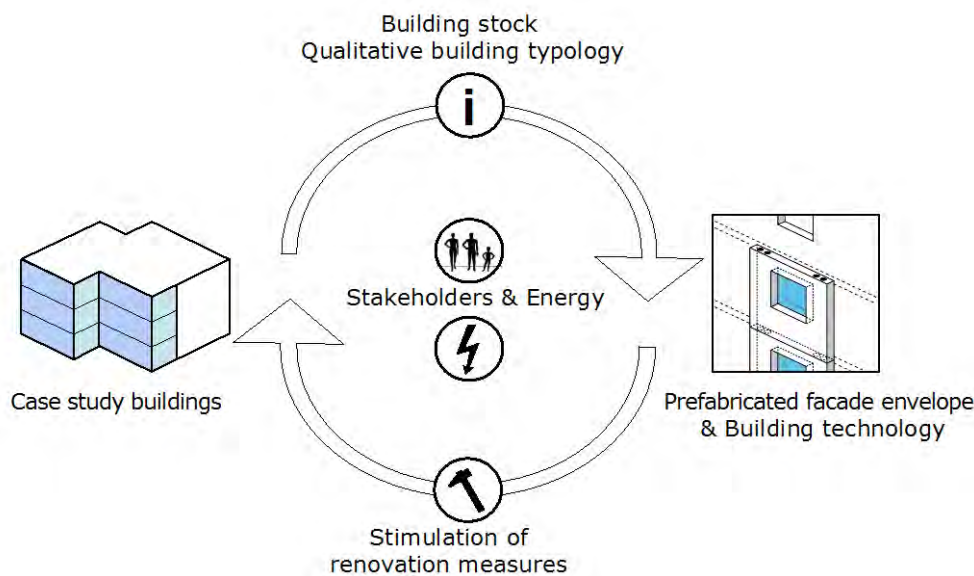


Figure 2 Case study buildings serve as basis for the qualitative building typology

The fundamentals for the adaption of school buildings are based on the boundary conditions derived from typology and on the specific technical requirements of school buildings. A typological analysis serves as a basis to derive guidelines for the technical development of modules and the optimisation of construction processes.

2.2 Results & conclusions

The building features for school buildings are summed up in a feature catalogue, which contains a collection of relevant characteristics of school buildings for renewal [2]. More than 70 building features are included in this catalogue and divided into four focus areas: school complex, school building, classroom and building technology. Focus areas are functional and interrelated parts of the building (e.g. building envelope, building surrounding, provisions of services). Each focus area is characterised by a selection of features that are relevant for the renewal with prefabricated façade modules [3]. The building features are divided into key and focus features.

2.2.1 Key features and general types

In the project the key features type of façade, number of floors and position in construction are analysed for the provided case studies. The type of façade feature characterises the construction of the outside wall that is a relevant feature for the prefabricated module type, the absorption of loads and the ventilation within the modules.

The feature number of floors provides information on the size and the type of the school building. The feature position in construction represents the ability for delivery and mounting of the prefabricated modules. The key features are restricted to three simple and easy to determine criteria to secure a quick classification of the school buildings. By combining the characteristics of key features general types can be derived, representing a categorisation of buildings in the sense of the original objective. General types are used to get an overview of the building stock. Furthermore, frequently occurring building types with a high multiplication potential for renewal can be identified and described with the help of characteristic examples. Theoretically, 27 general types could be defined by the combination of three key features each with 9 variants (Figure 3, [4]).


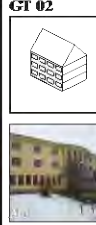
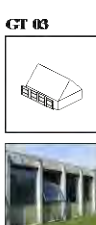
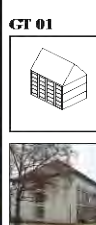

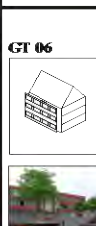

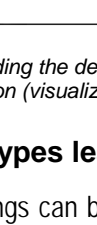
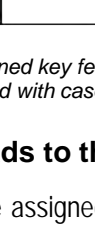
		Position in construction								
		End structure			Freestanding structure			Middle structure		
		Storeys			Storeys			Storeys		
		1	2-3	3+	1	2-3	3+	1	2-3	3+
Type of façade	Punctuated façade				GT 05 	GT 02 				
	Skeleton façade			GT 09 	GT 03 	GT 01 	GT 07 		GT 08 	
	Banded façade					GT 06 	GT 04 			

Figure 3 Categorisation of general types regarding the defined key features type of façade, number of floors and position in construction (visualized with case study buildings)

2.2.2 The evaluation of general types leads to the following conclusions:

Façade type: The façades of school buildings can be assigned to skeleton structures in more than 50% of the analysed case study buildings (16 out of 28 case study buildings). This basically means, concerning centralised ventilation, a disadvantage because of small riser zones between the windows. The disadvantage can be neglected if the prefabricated modules can be mounted in front of the vertical skeleton structure (change in appearance of the new façade needs to be accepted). With this measure thermal bridges can be minimised and air tightness can be improved. Considering the façade structure this type of school building has the highest thermal saving potential within the building envelope. Figures 4 - 6 show the identified façade types on the example of the case study school buildings:

- Punctuated façades
- Element based façades (precast)
- Skeleton façades



Figure 4 Punctuated façades on the example of the case study buildings A03 (left - AEE INTEC), A05 (middle - AEE INTEC) and CH04 (right - CCTP)



Figure 5 Element based façades on the example of the case study buildings CH05 (left - CCTP), CH07 (middle - CCTP) und DK02 (right - DTU)



Figure 6 Skeleton façades on the example of the case study buildings A02 (left - AEE INTEC), CH01 (middle - CCTP) und CH08 (right - CCTP)

Position in construction: The access for delivery, mounting and storage of the prefabricated façade modules during the time of construction are important criteria to optimise the building process. School buildings are mostly detached as or planned as a part of a school building complex (26 out of 28 case study buildings). These are good preconditions for the access and the mounting of prefabricated façade modules, as well for the use as storage space. One school building is situated within a block structure and one school building defines the end of a block structure.

Number of storeys: The analysed school buildings have mostly 2-3 storeys over ground level (17 out of 28 case study buildings). In contrast to high-rise buildings this fact favours a ventilation distribution because a little number of classrooms needs to be supported with air through a vertical riser zone. With an increasing number of storeys the centralised air distribution is a challenge because of the increasing cross sections of the air pipes, hence the vertical riser zones (e.g. between windows) offer a limited capacity.

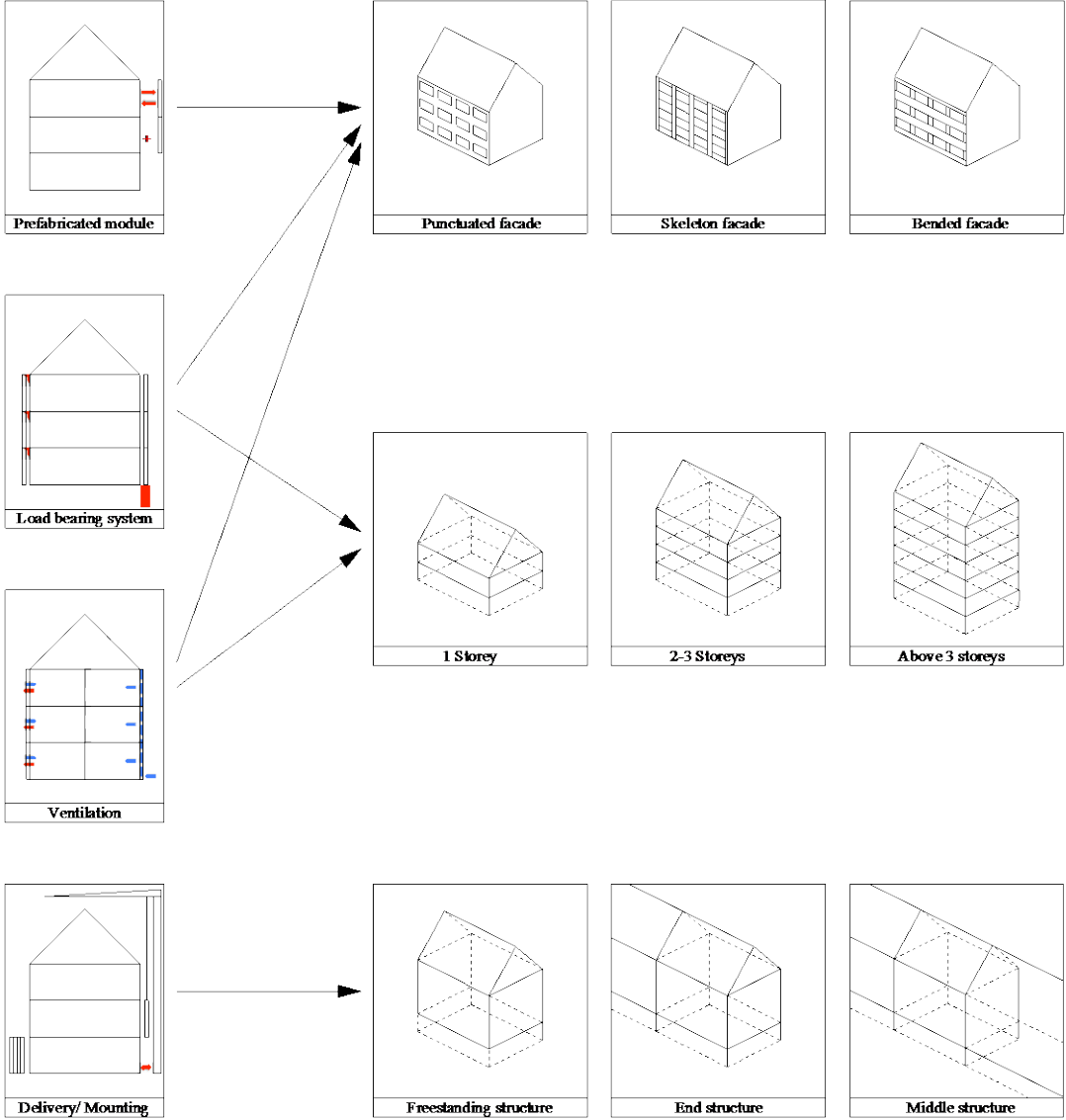


Figure 7 Measures of prefabricated façade modules linked to relevant features (key features)

2.2.3 Focus features and focus types

Focus features describe the relevant building elements of the existing building stock for the technological development of prefabricated façade modules. These include the characterisation of the parapet and the lintel situation, façade openings as well as the geometry of typical classrooms.

The parapet and lintel situation describes the available space for ventilation distribution integrated in the outside wall, whereas the construction of the wall defines the possibility of penetration. The evaluation of façade openings collects information on the type of façade and the position of the façade openings to each other and to the outer edges of the building. The analysis of the room geometry evaluates the room length along the façade to determine the available space for decentralised ventilation units. The height of the classroom provides

information whether the existing space can be equipped with a suspended ceiling for ventilation distribution (see Chapter 6).

Focus types, which represent specific categories of building parts, can be deduced from combinations of the characteristics of the parapet- and lintel height, as well as the distance between windows. Hence focus types allow first assessments for the substitutability of the building substance, load bearing concepts, as well as ventilation systems- and distribution (for further information see chapter of renovation strategies).

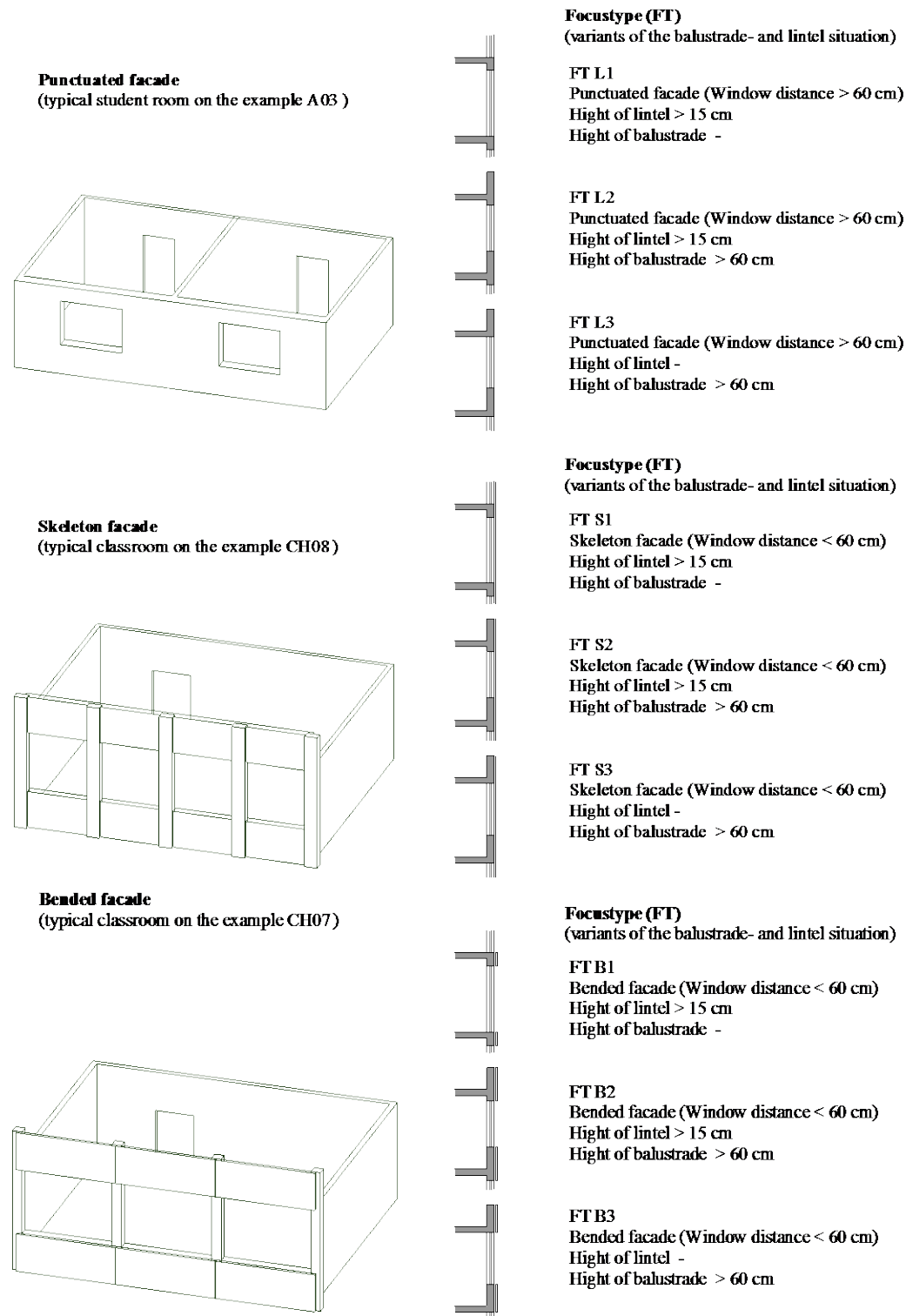


Figure 8: Façade types and derived focus types to assess the substitutability of the building substance, load bearing concepts, as well as ventilation systems- and distribution

2.2.4 Procedure for module selection during planning

Depending on the construction of the external walls the prefabricated façade modules are mounted onto the existing façade, especially for massive construction load-bearing exterior walls (i.e. punctuated masonry façade). For skeleton constructions with non-load-bearing exterior walls (e.g. curtain wall façade elements) the existing elements are replaced with the prefabricated new façade modules. Figure 35 shows schematically a guide for the selection of suitable façade modules during the planning phase of a specific building project.

2.3 Literature

- [1] "IEA ECBCS Annex 50 – Retrofit Module Design Guide – Part A"; Kobler R.L., Binz A., Steinke G.; Institute of Energy in Building – FHNW; Muttenz 2011, see also [23]
- [2] "ERACOBUILD SchoolVentCool - Energetische und raumluftechnische Erneuerung von Schulgebäuden"; Dott R., Heim T., Kobler R.L.; Institute of Energy in Building – FHNW and Competence Centre Typology & Planning in Architecture – CCTP, internal report 2013
- [3] „Building Typology and Morphology of Swiss Multi-Family Homes 1919-1990“; Fischer R., Schwehr P.; Hochschule Luzern, Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP); Horw 2010
- [4] „Schulhauserneuerung – Typologie und Vorfabrikation, Tagungsband Ökosan 2011“; Heim T., Fischer R., Schwehr P.; AEE-INTEC – Institut für Nachhaltige Technologien; Gleisdorf 2011

2.4 Deliverables

Deliverables and reports are available: www.bfe.admin.ch

3 Passive gains versus cooling requirements

AEE INTEC, Austria

3.1 Objective and Research Approach

As there are very low thermal loads in modernized buildings the importance of the heating demand shifts towards the cooling demand of the buildings. Measures like passive cooling (night ventilation, air ground heat exchanger, etc.) or “intelligent” external and internal blinds including control systems will be analyzed and focused to three practicable solutions.

Therefore it is crucial to investigate the thermal dynamics of (class)rooms concerning the influence and effects of the following two parameters:

1. Passive gains: Thermal performance (g-value, U-value), area and orientation of the windows; number of pupils, duration and activity of schoolwork (amount of internal gains)
2. Cooling requirements: External shadowing like blinds (with or without daylight use, protection from glare), external insulation (U-values), heat storage mass, ventilation rate, etc.

This was done by calculations, measurements and evaluations in Austrian case study schools. Detailed simulations were made in different oriented classrooms of two different school buildings. Qualitative interviews of teachers, pupils and school managers and study investigations completed the results.

3.2 Results & conclusions

When studying the present research in the field of overheating – causes, effects on humans and strategies to overcome - it was very surprising that there is a lot of work around the causes and strategies to overcome, but mainly for residential cases. A very low number of studies refer to the effects of high temperatures in rooms on humans and generally low numbers of studies in the field of school renovation. Research on school renovations is mostly done by technically analysing single demonstration projects. So the focus during the project turned more to the situation and sensation of the users in relation to calculations and measurements, to give planning advice for renovations.

In Austria a lot of big-volume low energy and passive house buildings were monitored by energy and comfort related measurements during the last 10 years. The results have been very similar: The energy consumption for heating fits quite good to the planned values, it is very different for hot water and often too high for electricity. The room temperatures are mostly higher than expected, even in winter. Also during the summer season the temperatures are around 15% too high (Figure 9 [5]). This is especially relevant for school and educational buildings with crowded rooms. Due to the high indoor temperatures it is expected that the ability to concentrate during lessons decreases.[6]

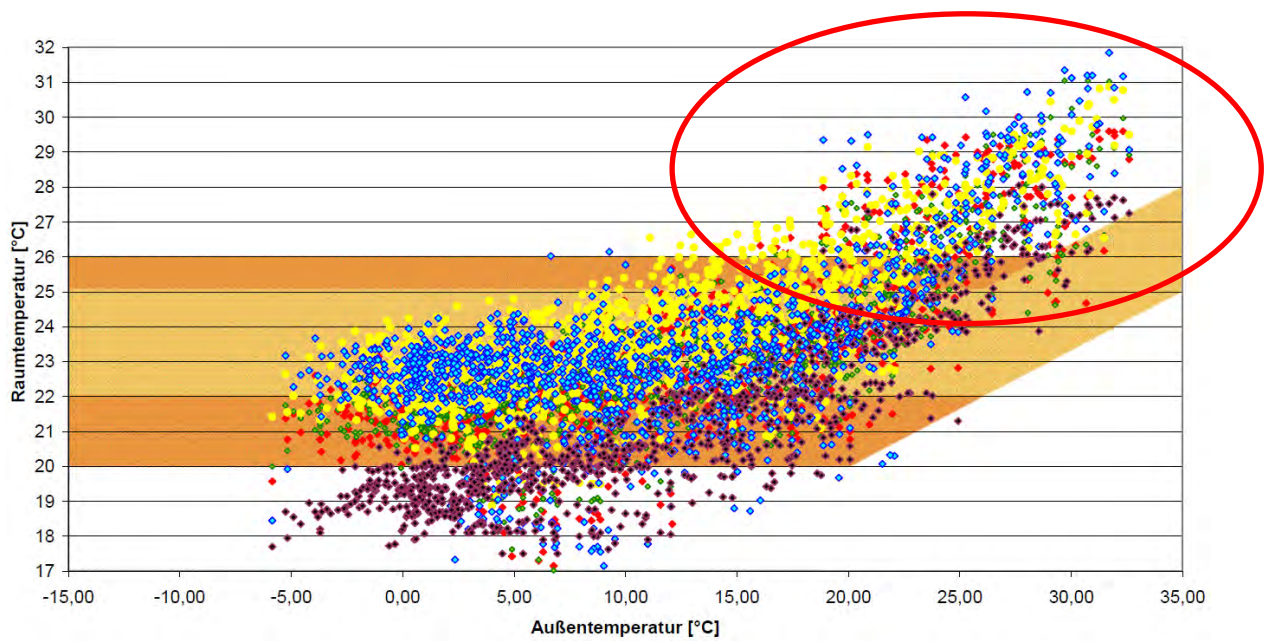


Figure 9 Measured room temperatures during school time, depicted as average hourly values over one year in a high performance renovated Austrian school building [5]

AEE INTEC investigated 15 school buildings during the project. As one interesting result based on energy performance calculations it was found, that classrooms in passive house and nearly zero energy buildings seem to have higher cooling demand and higher risk for overheating than ones in low energy buildings. This is surprising because it has been expected that better insulation leads to both protection from cold and heat. There should be more research and simulation on that point to understand the parameters behind.

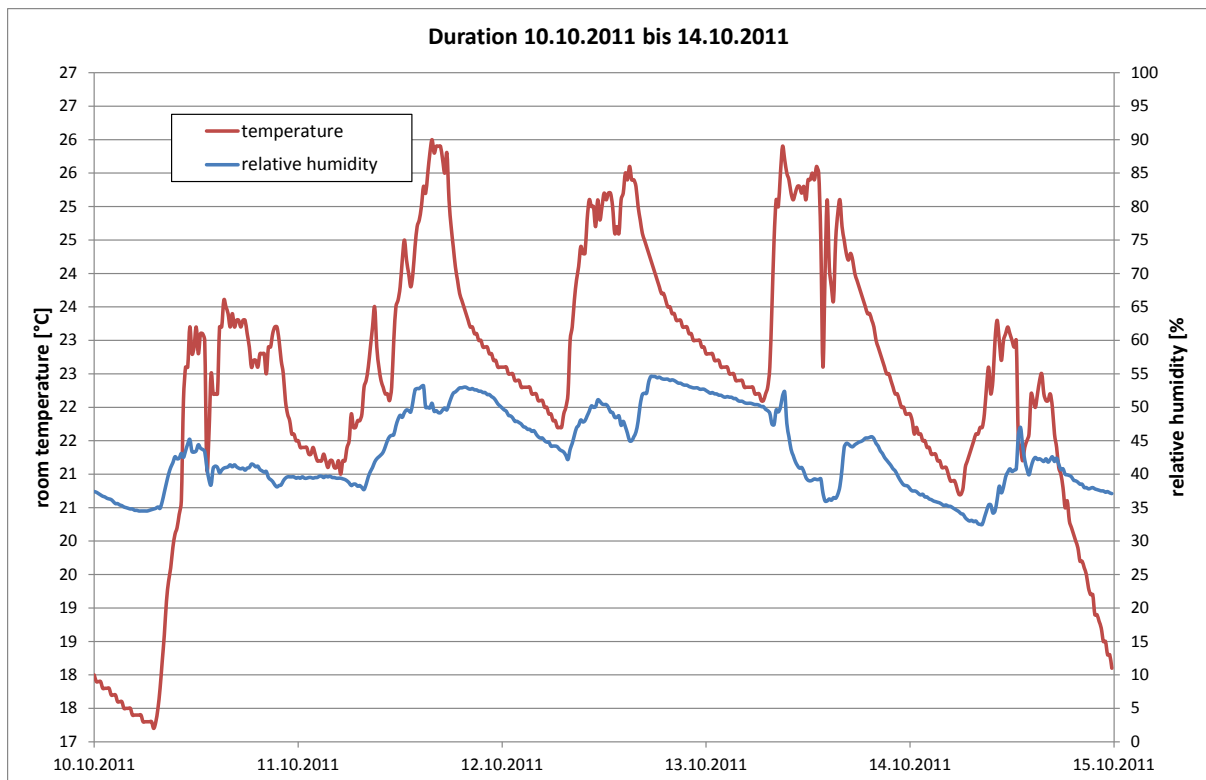


Figure 10 Typical trend of the temperature in one west oriented classroom during one week of transitional season, interesting are the very high temperature differences in a short time

Six classrooms in two different non-renovated schools were analysed in more detail. The sensors for humidity, temperature and CO₂-measurements had been installed there for around one and a half year. It was interesting that in one school in the city of Graz it was very difficult to do measurements because the sensors often disappeared or were damaged. The experience with measurements, communication and cooperation in another school at the countryside has been much better. Continuous monitoring values could be collected there (as in Figure 10).

Interviews with pupils, teachers in all six classrooms based on specially developed questionnaires were made in parallel to verify if calculations, measurements and interviews talk the same language. The work should show where pupils have their highest sensation regarding comfort as one important parameter influencing their ability to concentrate and learn.

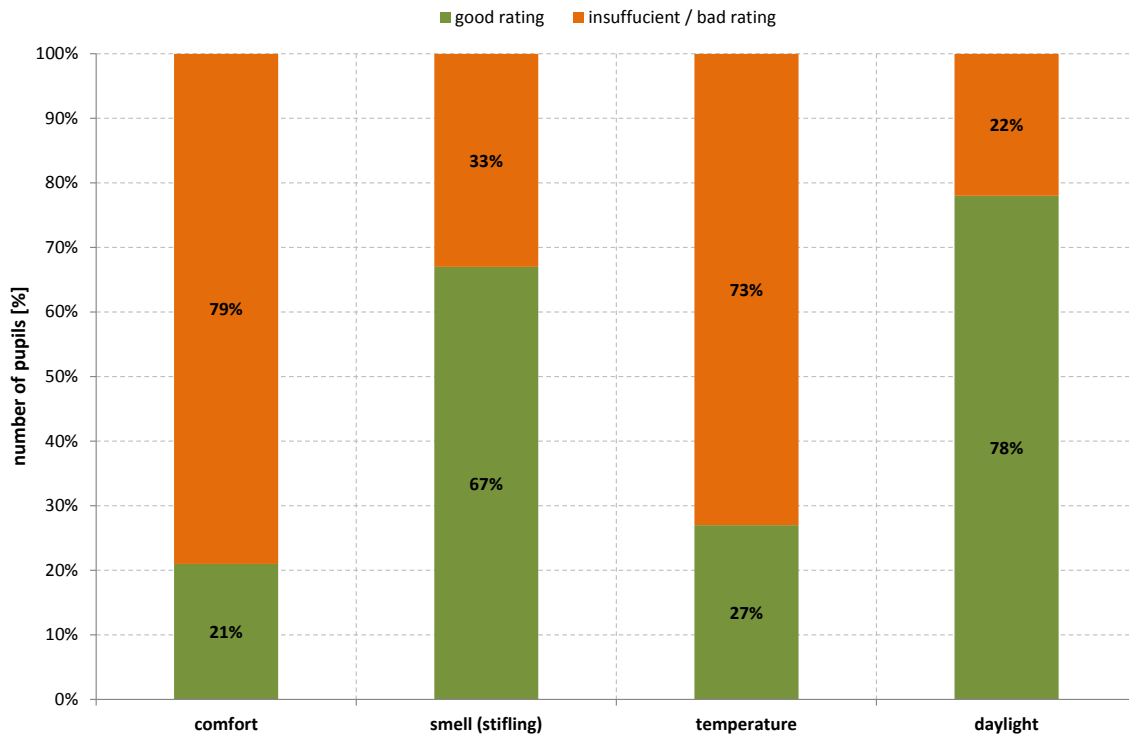


Figure 11 While the comfort of the classrooms is assessed not sufficient in interviews, the same happens only with the room temperature, other objective comfort qualities like smell (fresh air), daylight or humidity got mainly good rating or are unnoticed so far

Calculations and simulations (TRNSYS, iDbuild⁸) were made on different overheating scenarios, by variations of renovation strategies changing shading, ventilation and control systems in different occupied and equipped classrooms. The results verified the thesis that overheating is a serious challenge in future (see Figure 12), first of all in crowded and computerized rooms. After all the key parameters influencing the load of an „average“-classroom⁹ could be described like this:

- Internal gains (computers/e.devices, lighting, persons)
- Use of the shading system (mechanically or manually control)
- Ventilation strategy (including night ventilation or not)

⁸ “iDbuild” is a hourly-based building simulation tool ideal for generating design advice for use in a goal-oriented design processes, developed by the Technical University of Denmark:

<http://www.idbuild.dk/>

⁹ We assumed that also the renovated school buildings are equipped with similar window areas and they have average temperatures around 20°C; quality of windows and insulation is very high.

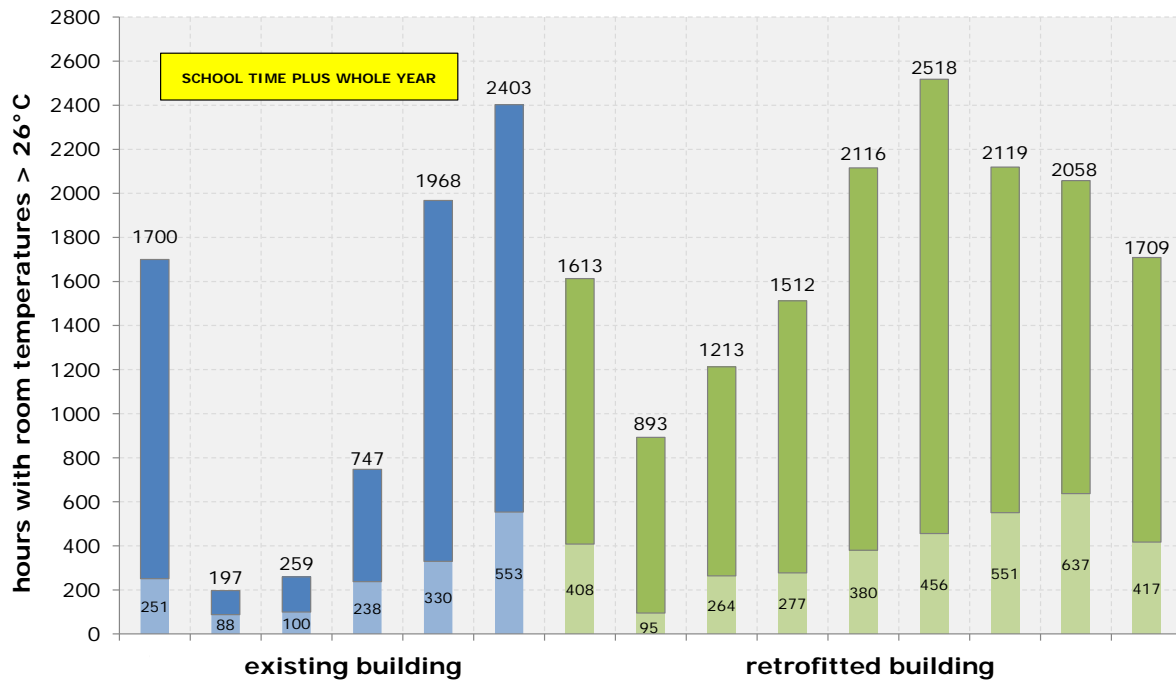


Figure 12 Variations of shading, ventilation, control systems, occupancy and equipment in one typical classroom, performed with iDbuild calculations. The graph shows the hours with room temperatures higher than 26°C for the different variations in an existing compared to a retrofitted school building; the lower numbers in the bars are hours during school time, the higher ones on the top of the bars represent hours of the whole year including summer and holidays

The question in the end is the one about solutions to overcome overheating. As mentioned internal gains should be kept on a very low level (very energy efficient lighting and computers only if necessary in south-, east-, west-rooms), ventilation and most important night-ventilation is crucial for comfortable summer conditions.

A cooperation with the Austrian Solar Shading Organisation (BVST) and the Styrian "Landes-Immobilien-gesellschaft mbH" (LIG) made it possible to test three different mechanically and manually controlled shading systems including daylight management and solutions of protection from glare. They should replace the bad shading and daylight conditions in three measured classrooms of the vocational school LBS Gleinstätten in the Styrian countryside. This school was chosen, because of the good cooperation and the typical classroom situations there (Figure 13, Figure 14).



Figure 13: Dark ceiling and shaded disregarded windows lower the incidence of daylight



Figure 14: Bright ceiling but unchecked shading devices inside and outside the window also lower daylight use

The best solution in the sense of managing load and daylight was the one which was not assessed comfortably best by the pupils and teachers (Figure 15, Figure 16): automatically controlled by the direct solar radiation on the facade. Half of the users felt too much disturbance by the blinds automatically going up and down, feeling to have no influence on that. In contrast to that in the interviews before, they assessed the daylight situation as generally not important or properly. After implementing shading pupils and teachers were much more aware of the topic and more critical. The other two shading solutions in other classrooms worked half automatically and full manually – still “unnoticed” (like before their installation). It seemed the shading system should be deliberately disturbing, the only chance to indicate changes.



Figure 15: West-oriented classroom without shading control (Source: Johannes Gerstmann, BVST)



Figure 16: The same classroom after changing outside blinds to bright and mechanically controlled ones (Source: Johannes Gerstmann, BVST)

3.3 Literature

- [5] M. Spörk-Dür, W. Wagner, F. Mauthner, K.-P. Felberbauer: Energietechnische und baubiologische Begleituntersuchung der Bauprojekte HdZ, Endbericht für Haus der Zukunft, BMVIT. Gleisdorf, 2010
- [6] I. Schwarzl: Überhitzung im Klassenraum und Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit, Ergebnisse von Messungen in verschiedenen Schulen. Presentation at „ökosan'11“ conference, 29.09.2011 in Graz

3.4 Deliverables

National deliverables, products and reports (partly to come in spring 2013):
www.aee-intec.at, www.hausderzukunft.at

4 IAQ and school renovation studies - New ventilation solutions

DTU, Denmark

4.1 The costs and economic benefits from ventilation upgrades in classrooms

4.1.1 Justification

Elevated classroom temperatures and poor ventilation can negatively affect the learning process by lowering the performance of typical schoolwork, the academic achievements of children and increasing absenteeism. It is therefore essential that the environmental conditions in classrooms are such that they promote rather than hinder learning and avoid negative consequences for the proper development of young people. Consequently the potentially negative impacts on future generations are avoided as well as increased societal and economic costs.

4.1.2 Objective

The present demonstrations were made to estimate the costs of school renovations comprising also ventilation upgrades and to compare these costs with the potential economic benefits resulting from the improved performance of schoolwork by children.

4.1.3 Research Approach

To examine the costs of school renovations three prototypical schools in Denmark were selected with and w/o mechanical ventilation systems. These schools were selected among the schools used to describe the school typology in Denmark, a part of the schoolventcool project. The costs of different renovation measures applied singly and/or in combination were estimated; the pay-back times of the investment costs were estimated. The renovations included the installation of the triple-glazed windows with an automatic solar shading system, upgrade of ventilation to meet the requirements of the Danish Building Code, addition of insulation in roof and cellar and installation of a new light facade with better insulation properties. The costs of renovations were compared with the estimated reduction of energy use as well as with the potential economic benefits of improved conditions promoting better learning.

Socio-economic consequences of better air quality in primary schools in Denmark were also estimated. Research results showing that improving classroom air quality can improve the performance of pupils for typical math and language based tasks [11] were used to estimate the effect of improving ventilation rate on learning as measured by PISA, a Programme for International Student Assessment. The estimated improvement of PISA score was associated with the higher productivity and income in the adult life following the reports of [7]. The higher PISA score was also used to estimate the proportion of students taking the 10-year long primary education instead of a 9-year long primary education and the associated costs (in Denmark the elementary education can be 9 or 10 years depending on the level of education and grading; in case of poor grades the pupils are recommended to take the 10th grade). Additionally, using the research results showing that better air quality will result in a lower absence rate [8] the benefits of upgrading the ventilation in schools for the sick-leave of teachers were estimated. In all estimations it was assumed that the ventilation rates in primary schools are improved from the levels

currently prescribed by the Danish Building Code to the levels prescribed by the Swedish Building Code; this corresponds to about 40% increase in outdoor air supply rate. It was thus assumed that ventilation in all Danish schools do meet Building Code, which is only partially true as many Danish schools have inadequate ventilation [10]. The estimated benefits are thus conservative. Economic DREAM model (Danish Rational Economic Agent Model) was used to perform the socio-economic estimations of the benefits both for the Danish Gross Domestic Product (GDP) and public expenses. DREAM is a public financed model and used by many different organizations for economic calculations.

4.1.4 Results & conclusions

Figure 17 shows that the different renovation measures undertaken to improve indoor environmental quality in schools and the energy efficiency can be quite costly, particularly when more than one renovation is implemented. The estimated pay-back time of different investments is quite long ranging from 10-20 years up to 50 years and even more. From the economic point of view these renovations may thus not be considered as profitable. However, if the investment costs are compared with the potential benefits from savings due to lower running costs (energy saving) and improved classroom environmental conditions (better control of temperatures and air quality resulting in higher performance of students) the investments are becoming economically attractive. This is illustrated in Figure 18 which shows that assuming that renovations will reduce the expenses needed to cover the teachers' salaries by 5% (due to reduced overtime, extra teaching hours etc. as a result of improved indoor environmental quality in classrooms and consequently higher performance and learning ability of pupils) then there is net benefit of about 10 Eurocents per child per day. The 5% estimate is quite conservative as the results from different research studies suggest that improving classroom conditions can result in up to a 25% higher performance of students [11]; thus if there were proportional relationship the time spend by teachers could be reduced by as much as 25%. In the example presented in Figure 18, the break-even (i.e. equal investment costs and savings) would occur if the renovations had reduced the expenses needed to cover the salaries of teachers by about 3%. Figure 18 shows also that if the cost of investment is expressed per child attending the school the daily cost of investment will be about 20 Eurocents which is far less than the cost of an ordinary lunch box for a child.

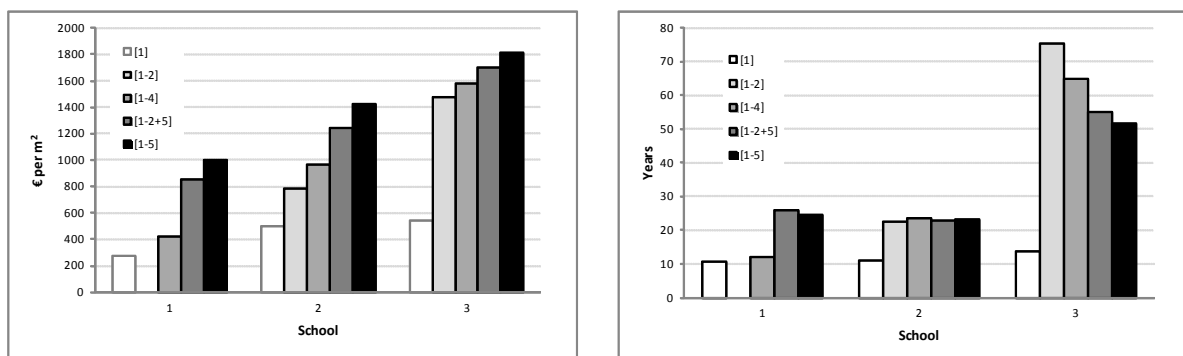


Figure 17: The costs (in €/m² floor) and payback time (in years) of different renovation measures as follows: 1-installation of the 3-glazed windows with an automatic solar shading system, 2-upgrade of ventilation system (or its installation in case of naturally ventilated school), 3-additional insulation of roof, 4-additional insulation of the flooring in the cellar, and 5-installation of the new light façade with extra insulation.

The results of macroeconomic calculations reconfirm the importance of improving the indoor environmental quality, suggesting the long-term benefits of school renovations (Table 1). These results should be treated with caution as they are based on many assumptions which need corroboration by research results. The estimations

suggest that the annual macro-economic benefit would be at the level of 1‰ of the Danish GDP which amounted €240 billion in 2011. The benefits are seen both for public expenses and GDP. The benefits for public expenses included lower teaching costs due to more pupils leaving the school after a 9-year long education, and due to reduced absence rate of teachers. They also included increased income from the improved productivity (higher salary of the public officers and thus higher tax incomes following the reports of [7]). The benefits for GDP included again more pupils taking shorter elementary education as well as more productive workforce.

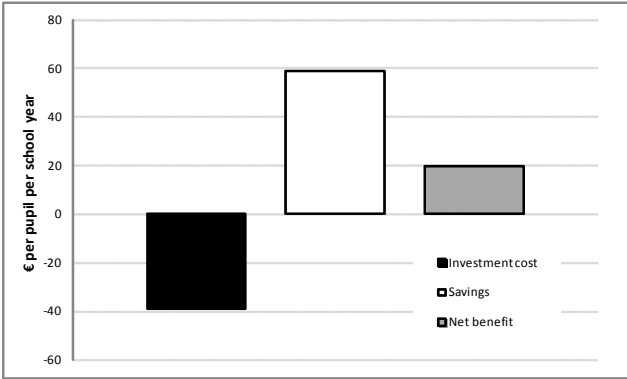


Figure 18: Summary of the annual costs and benefits (in € per pupil attending a school) of the implemented renovation measures; school year in Denmark is 200 school days.

Table 1: Macro-economic effects of improving the indoor environment in Danish schools

	Average annual effect
Public primary balance - total	€37 million
– a) increased productivity	€16 million
– b) fewer pupils in Tenth Class	€15 million
– c) lower teacher sick leave	€6 million
GDP total	€170 million
– a) increased productivity	€104million.
– b) fewer pupils in Tenth Class	€67 million
– c) lower teacher sick leave	None

In conclusion:

School renovations are quite costly but the present estimations demonstrated that the renovations resulting in improved indoor environmental conditions in the classrooms can provide the immediate and long-term revenues not only in form of the benefit for the nation-wide economy as well local-community economy but also because of the general improvement of learning conditions for the young population and thereby the improvement of quality of life and the elevation of the education level.

4.1.5 Literature

[7] Chetty R, Friedman, J.N., Hilger, N., Saez, E., Schanzenbach, D.W., and Yagan, D. (2010) "How Does Your Kindergarten Classroom Affect Your Earnings? Evidence from Project Star (September 2010)", NBER Working Paper Series, Vol. w16381.

- [8] Milton, D., Glencross, P. and Walters, M. (2000) "Risk of sick-leave associated with outdoor air supply rate, humidification and occupants complaints", *Indoor Air*, 10, 212-221.
- [9] Shendell, D.G., Prill, R., Fisk, W.J., Apte, M.G., Blake, D. and Faulkner, D. (2004) "Associations between classroom CO₂ concentrations and student attendance in Washington and Idaho", *Indoor Air*, 14, 333-341.
- [10] Toftum, J., Wargocki, P., and Geo Clausen (2011) "Indeklima i skoler – status og konsekvenser" (Indoor Environment in Schools – Status and Implications), in Danish, FOA Report
- [11] Wargocki, P., and Wyon, D.P. (2013) "Providing better thermal and air quality conditions in school classrooms would be cost-effective", *Building and Environment*, 59, 581-589.

4.1.6 Deliverables

Marxen, C., Knorborg, R.B., Hviid, C.A., and Wargocki, P. (2011) "Hvad koster et godt indeklima på folkeskoler?" (What is the cost of good indoor climate in primary schools? in Danish), *HVAC Magasinet*, 9, pp. 40-49.

Slotsholm (2012) "Socio-economic consequences of better air quality in primary schools", Report prepared by Slotsholm A/S in collaboration with Velux A/S and the Technical University of Denmark.

4.2 The performance of different ventilation strategies on indoor air quality and temperatures

4.2.1 Justification

Many studies have shown that the environmental conditions in elementary schools are often inadequate. The main reasons for this situation are inadequate financial resources for the maintenance and upgrade of school buildings, and an overemphasis on energy conservation. Consequently, classroom temperatures are allowed to drift above the recommended range of 20-22°C in warm weather and outdoor air supply rates are allowed to remain so low that carbon dioxide (CO₂) levels regularly exceed 1.000 ppm during school hours, i.e. that energy conservation is allowed to create conditions that are worse than what is stipulated by the relevant standards and building codes.

4.2.2 Objective

The present study was designed to investigate how different ventilation strategies would affect classroom indoor air quality and temperatures during different seasons of the year.

4.2.3 Research approach

To study different ventilation strategies two series of experiments were carried out in two different schools in Denmark.

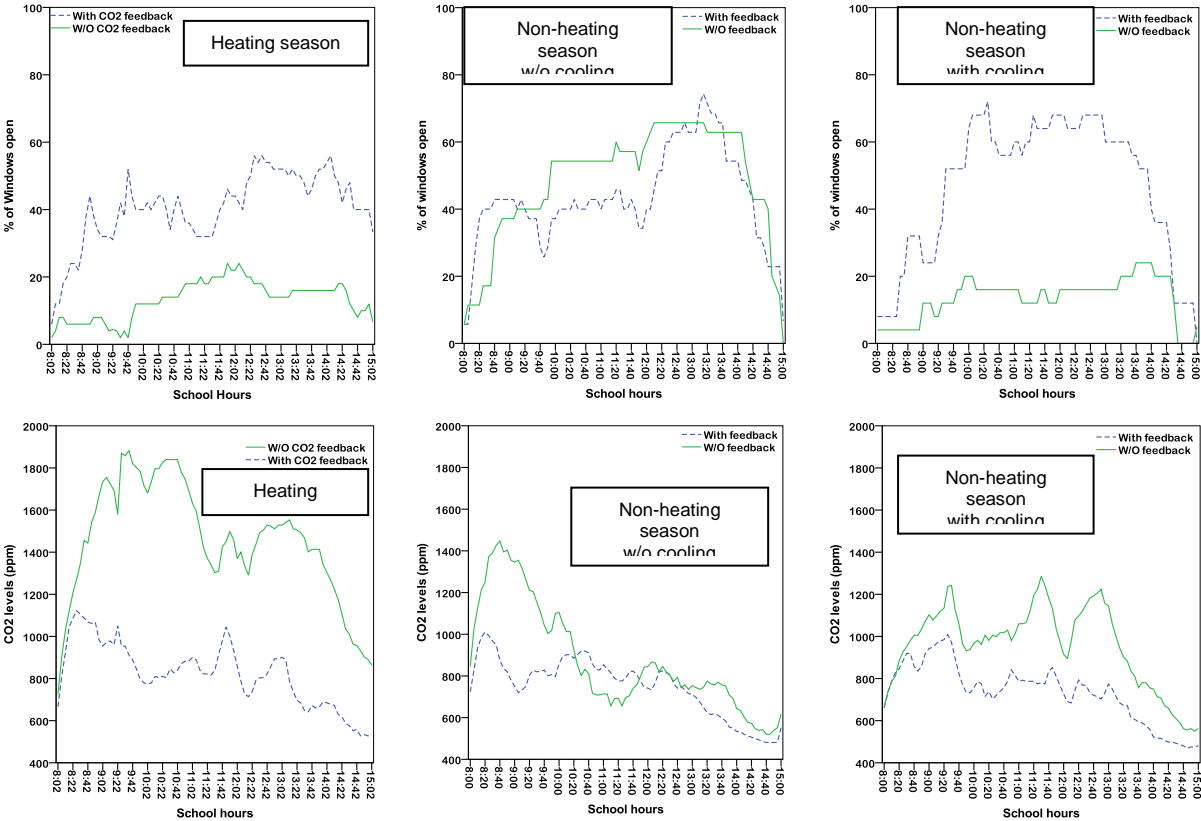
In the first series CO₂ sensors that provide a green/yellow/red visual indication were installed in pairs of naturally ventilated classrooms during normal school operation. During a two-week period in the heating and the non-heating season, teachers and students were instructed to open the windows in response to the CO₂ feedback in one week and open them as they would normally do, without feedback, in the other week. In the non-heating season, two pairs of classrooms were monitored, one pair with split cooling in operation and the other pair with no cooling. The resulting indoor environmental conditions in these classrooms and window opening behaviour were monitored. [14]

In the second series of experiments the conditions in the classrooms with different ventilation strategies were monitored for the period of one month in the heating season and for one month in the non-heating season. Four classrooms were selected in one school. One classroom had the mechanical balanced ventilation system and all others had the designed mixed mode ventilation system in which the air was supplied by automatically operable windows and exhausted by the exhaust fan installed in each of the classrooms. In two classrooms selected randomly the systems were modified by idling the exhaust fan to create the conditions corresponding to the naturally ventilated classroom with automatically operable windows, and in another one by idling both the exhaust fan and automatic operation of windows to simulate naturally ventilated classroom with manually operable windows. Similarly as in the first series of experiments described above, the temperature, classroom CO₂, relative humidity and window opening behaviour were continuously measured to compare the performance of the different ventilation systems. [12] [13]

In both series of experiments the pupils were asked to report their perceptions and the acute health symptoms often referred to as the Sick Building Syndrome (SBS) symptoms or Building Related symptoms (BRs).

4.2.4 Results & conclusions

Providing CO₂ feedback in the first series of experiments caused that more windows were opened and this reduced CO₂ levels in the classroom especially in the heating season (Figure 19). Operation of split-cooling in the non-heating season reduced on the other hand the frequency of window opening when no CO₂ feedback was present (Figure 19), suggesting that classroom temperature is the driving factor for this behavioural response. Children generally liked CO₂ feedback; their perceptions and symptoms were somewhat improved with CO₂ feedback, although many of these changes did not reach formal statistical significance.



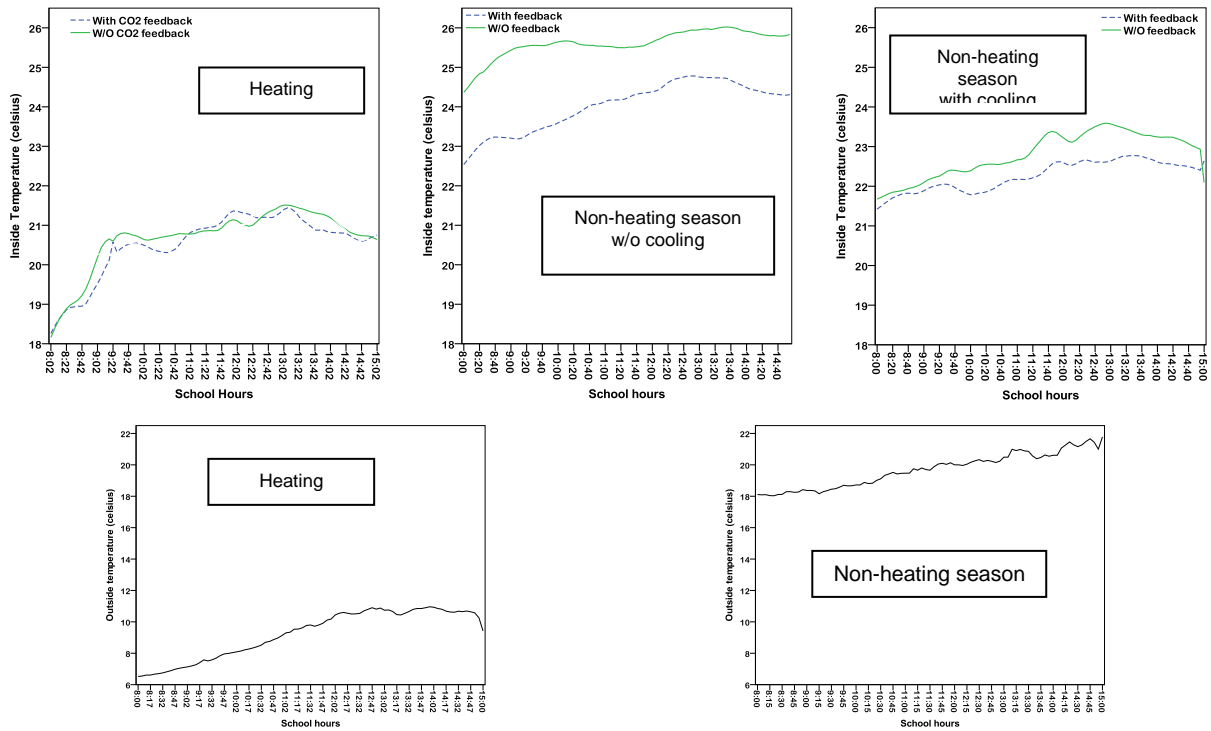
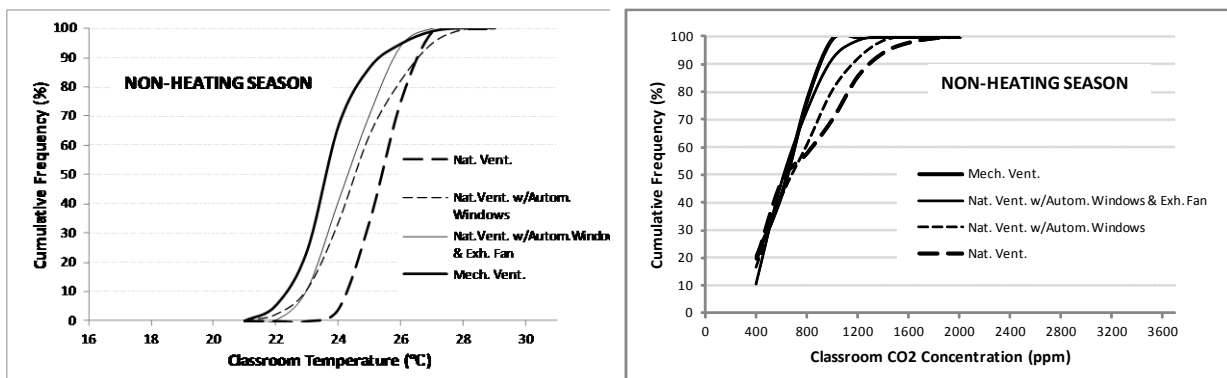


Figure 19: Time-weighted average of % windows opening, CO₂ concentrations and classroom temperature during school hours with and without CO₂ feedback; the last row shows the time-weighted average values of the outdoor temperatures registered during the experiments

The results of the monthly long measuring campaigns performed in the second series of experiments both during the heating season (with average outdoor temperatures of ca. 2°C) and during the non-heating season (with average outdoor temperatures of about 16°C) are shown in Figure 20. They suggest that conditions in the classroom with natural ventilation where windows were opened manually were slightly inferior compared with the conditions in classrooms which had other types of ventilation. Natural ventilation was not able to maintain comfortable indoor temperatures in the non-heating season, leading to elevated classroom temperatures and overheating, and adequate ventilation in the heating season as indicated by high CO₂ levels. The conditions in classroom with mechanical ventilation can be judged as better than in other classrooms except the classroom ventilated by the hybrid system i.e. by automatically operable windows with exhaust fan. In this classroom the conditions can be considered as comparable with the conditions in classroom with mechanical ventilation system.



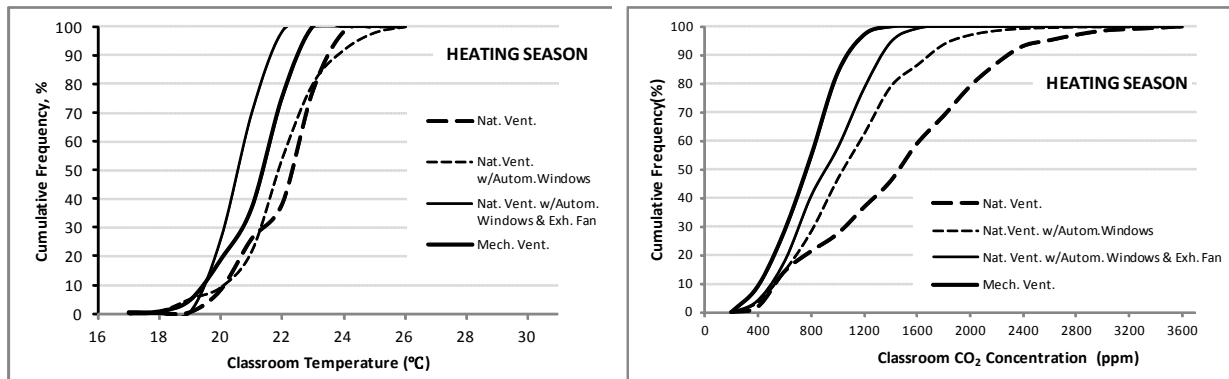


Figure 20: Cumulative frequencies of temperatures and carbon dioxide levels during heating and non-heating seasons in classrooms with different types of ventilation

The measurements performed in the second series of experiments showed additionally that windows were frequently opened in the non-heating season independently of the type of ventilation in the classroom and nearly equally as much in different classrooms (Figure 21). The windows were opened very seldom in the heating season (Figure 21). This suggests that outdoor climate and the season may have the impact on this behavioural response.

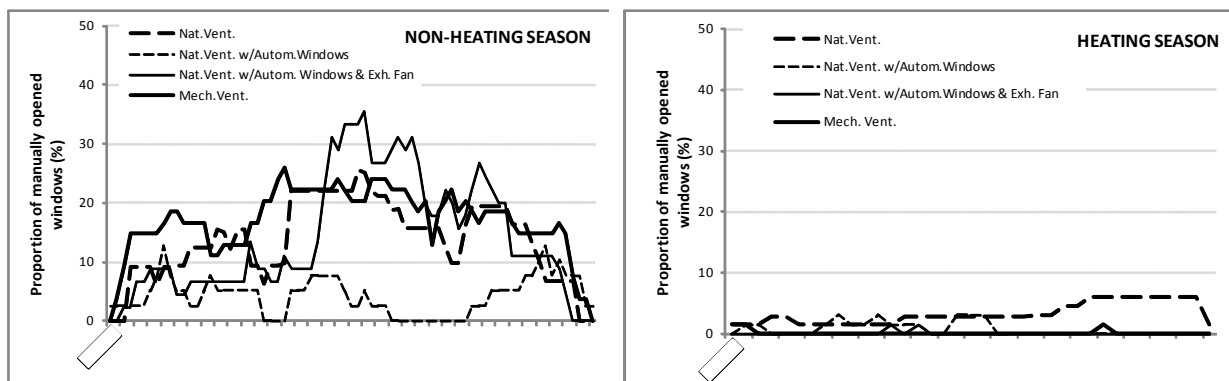


Figure 21: Time-weighted proportion of manually opened windows during heating and non-heating season in classrooms with different types of ventilation

The following can be concluded using the results obtained in the described two series of experiments:

- In temperate climates hybrid ventilation systems seem to provide classroom conditions comparable with the conditions achieved using mechanical ventilation system.
- Airing classrooms by the manual opening of windows is not able to create the adequate conditions in the classrooms as regards indoor temperatures and indoor air quality for the entire school year when building is located in the area with moderate and cold climate. This is true if only no feedback is given to pupils and teachers to indicate when windows should be opened.
- The use of CO₂ feedback may be recommended as a feasible solution for controlling classroom air quality in rural schools with natural ventilation when ambient climate conditions are fairly mild and where ambient air is of a good quality.
- Classroom temperature and the season seem to be the main factors affecting window opening. Cooling of naturally ventilated classrooms may be counter-productive as it will have a negative effect on this behavioural response and may result in poor classroom air quality. During cold winter days windows are opened very seldom probably to avoid cold draughts.

4.2.5 Literature and Deliverables

- [12] Gao, J., and Wargocki, P. (2013a) "Impact of Ventilation Modes on Indoor Temperatures and CO₂ Concentrations in Danish Classrooms" Proc. CLIMA 2013, Prague, Czech Republic, accepted for publication.
- [13] Gao, J., Wargocki, P., and Wang, Y. (2013b) "Ventilation system type and the resulting classroom environmental quality and perception", Proc. of ISHVAC 2013: Future of HVAC, Xi'An, China, accepted for publication.
- [14] Wargocki, P., and Silva, N.A. (2012) "Use of CO₂ feedback as a retrofit solution for improving air quality in naturally ventilated classrooms", Proceedings Healthy Buildings 2012, Brisbane Australia, July 2012.

4.3 Diffuse ventilation ceilings

4.3.1 Justification

School classrooms are characterized by high occupancy and high thermal load. Consequently high ventilation rates are required which can be difficult to fulfil with conventional inlet diffusers without causing draught.

Development of new concepts to ventilate school classrooms is therefore relevant and one promising solution is diffuse ventilation air inlet. The concept is commonly used in livestock buildings [15] and in the clean room industry [16], yet it is increasingly employed in comfort ventilation. [17] [18] [19] The principle of diffuse air inlet in comfort ventilation is to inject the supply air into a pressure chamber above a standard suspended acoustic ceiling. The air is distributed to the room below through cracks and perforations. The flow velocity is very small and irregular, hence the term diffuse.

4.3.2 Objective

The objective was to validate how diffuse ceiling inlet performs in practise and to document the applicability of diffuse ceiling ventilation in classrooms.

4.3.3 Research Approach

A diffuse ceiling was installed in a classroom at Vallensbæk primary school. The investigation encompassed several elements to document the thermal comfort and to map the air distribution in a class room with diffuse ventilation air inlet, including: local comfort by air temperature and air velocity, air change efficiency, and radiant asymmetry.

The present study was designed to investigate the performance of diffuse ceiling inlet under real conditions in a classroom.

4.3.4 Results and conclusions

Four scenarios of measurements were performed at airflow rates of 500 m³/h and 1000 m³/h and inlet temperatures of 10 and 17°C. The airflows correspond approximately to indoor environment category 3 and 1 in the European Standard 15251. The classroom is usually occupied by 24 pupils in 6th grade (age 11-12).

The measurements were performed in 8 points evenly distributed and placed close to tables in the occupied zone of the room.

At each point the air velocity and temperature was measured at heights of 0.1 m and 1.1 m corresponding to ankle and neck level of a sitting person as specified in CR1752 and each measurement was averaged over 3 minutes.

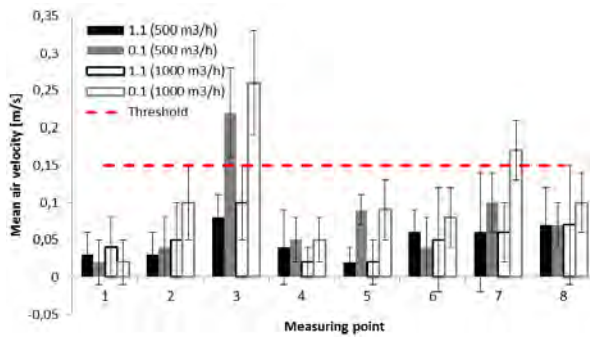


Figure 22: Measured air velocities at flow rates of 500 and 1.000 m³/h with a supply temperature of 17°C

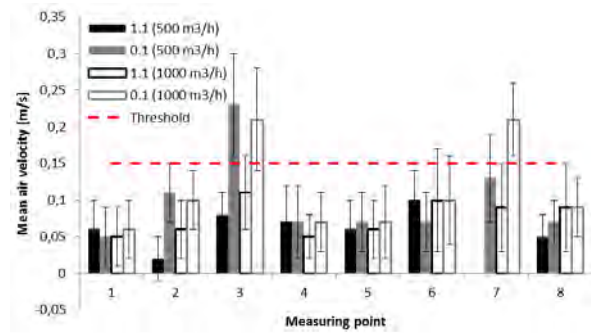


Figure 23: Measured air velocities at flow rates of 500 and 1.000 m³/h with a supply temperature of 10 °C

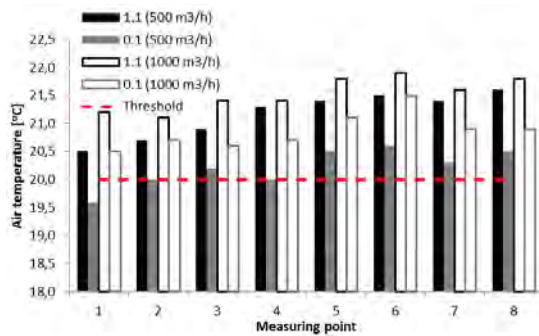


Figure 24: Measured air temperatures at 0.1 and 1.1 m above the floor and flow rates of 500 and 1.000 m³/h with a supply temperature of 17°C

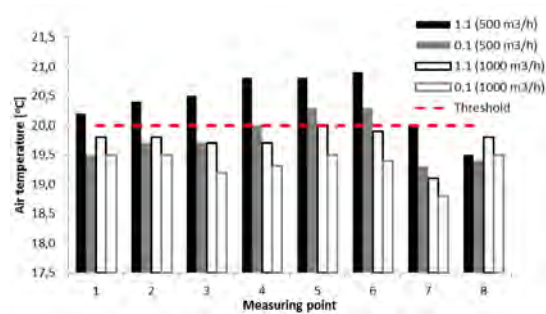


Figure 25: Measured air temperatures at 0.1 and 1.1 m above floor and flow rates of 500 and 1.000 m³/h with a supply temperature of 10°C

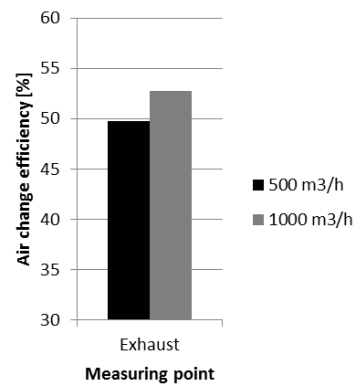
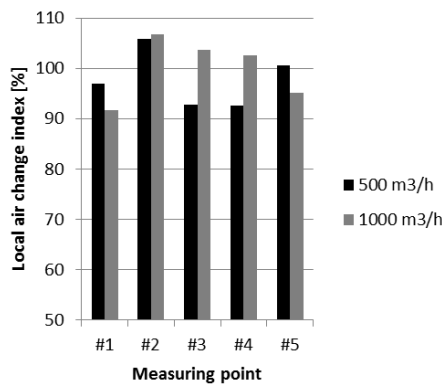


Figure 26: Left: Local air change index at sampling points. Right: Air change efficiency. 50 % corresponds to perfect mixing ventilation

The objective of the work in this paper was to validate the performance of diffuse ceiling ventilation in practise and document its applicability in school classrooms. Based on the investigation the following can be concluded on diffuse ceiling ventilation.

- The experimental results are in good agreement with previous results from test facilities and simulations.
- Virtually no risk of draught at low or high flow rates.
- Uniform airflow field with little difference between ankle and head height.
- Uniform temperature distribution with little difference between ankle and head height at both high and low flow rates.
- Negligible radiant asymmetry
- Perfect air mixing throughout the room independent of airflow rate.

Overall the results are positive and no negative aspects were detected. It is therefore concluded that diffuse ceiling ventilation in the studied form is applicable for use in school classrooms.

4.3.5 Literature

- [15] Jacobsen, L, Nielsen, P.V. and Morsing, S. (2004). "Prediction of indoor airflow patterns in livestock buildings ventilated through a diffuse ceiling". Proceedings of the 9th International Conference on Air Distribution in Rooms – Roomvent, Coimbra, Portugal
- [16] Chow, T.T. and Yang, X.Y. (2004). "Ventilation performance in operating theatres against airborne infection: Review of research activities and practical guidance". J. Hospital Infection 56, 2, 85-92.
- [17] Nielsen, P.V. and Jakubowska, E. (2008). "The performance of diffuse ceiling inlet and other room air distribution systems". Proceedings of Cold Climate HVAC, Sisimiut, Greenland
- [18] Hviid, C.A. and Svendsen, S. (2013). Experimental study of perforated suspended ceilings as diffuse ventilation air inlets, Energy and Buildings 56, 160-168
- [19] Jacobs, P., van Oeffelen, E.C., Knoll, B. (2008). Diffuse ceiling ventilation, a new concept for healthy and productive classrooms, in: Proceedings of Indoor Air, paperID#3, Copenhagen, Denmark.

4.3.6 Deliverables

Hviid, C.A. and Terkildsen, S. (2012). "Experimental study of diffuse ceiling ventilation in a classroom". Proceedings of AIVC 2012, Copenhagen, October 10-11

4.4 Free cooling potential by diffuse ceiling ventilation

4.4.1 Justification

Distributing the supplied air via the plenum allows for a continuous direct contact between the room air and the thermal mass of the concrete slab in the (internal) ceiling. The effect of more exposed concrete on excessive temperatures and free night cooling has been quantified by a large number of simulations and experiments. [20] [21] [22] However, in practice the thermal mass of the concrete slab in the (internal) ceiling is often encapsulated by a suspended ceiling. This inhibits significantly the free cooling potential of the room which was demonstrated by [22] by removing the suspended ceiling. But removing the suspended ceiling does not address the matter of acoustics – especially in class rooms.

4.4.2 Objective

The study was designed to investigate the effect of supplying air to the room through an upper plenum between the room and the concrete slab.

4.4.3 Research approach

The free cooling potential of diffuse ceiling ventilation has been numerically investigated when the cooling air is supplied above the suspended ceiling. A dynamic building simulation tool is employed to quantify the potential as the consequence on thermal indoor environment quality. In order to model the heat transfer at the internal surfaces in the plenum correctly, a computational fluid dynamics tool is employed.

The potential is illustrated by comparing the simulated thermal indoor environment quality of two ventilation scenarios for a classroom with conventional mixing ventilation and diffuse ceiling ventilation.

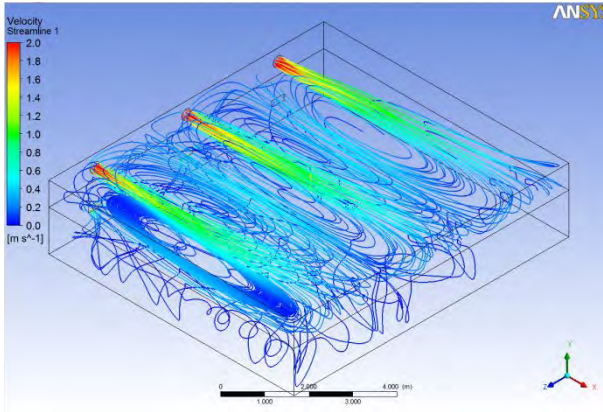


Figure 27: Streamline jets from inlets in plenum

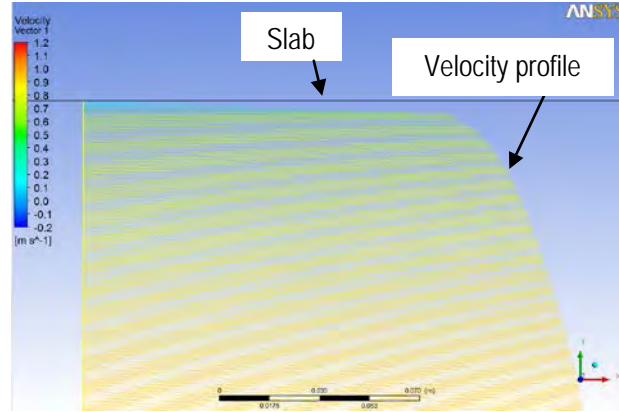


Figure 28: Logarithmic velocity profile of jet near concrete slab surface

4.4.4 Results & conclusions

The free cooling potential is illustrated by comparing the simulated thermal indoor environment of the two ventilation scenarios for a class room, 1) mixing ventilation and 2) diffuse ceiling ventilation. The thermal indoor classes I-IV introduced with EN15251 (EN15251 2007) are designated with the colours white, green, yellow and red and show the amount of time the operative temperature is within a certain comfort range. It is clear from the figure that the percentage of time with overheating (class III and IV) is significantly reduced from 19% to 6% on a yearly basis. However, it is notable that excess overheating occurs even in winter. This is due to the high internal heat gain in the classroom which creates overheating even in winter. This period in particular gains from the extra free cooling potential as overheating is reduced from 22% to 0%.

The number of hours in comfort range I and II shifts from I to II moving from mixing to diffuse ventilation. This is because the overall indoor temperature is lower in the diffuse situation and temperatures below the lower comfort limit in class I are more prevalent.

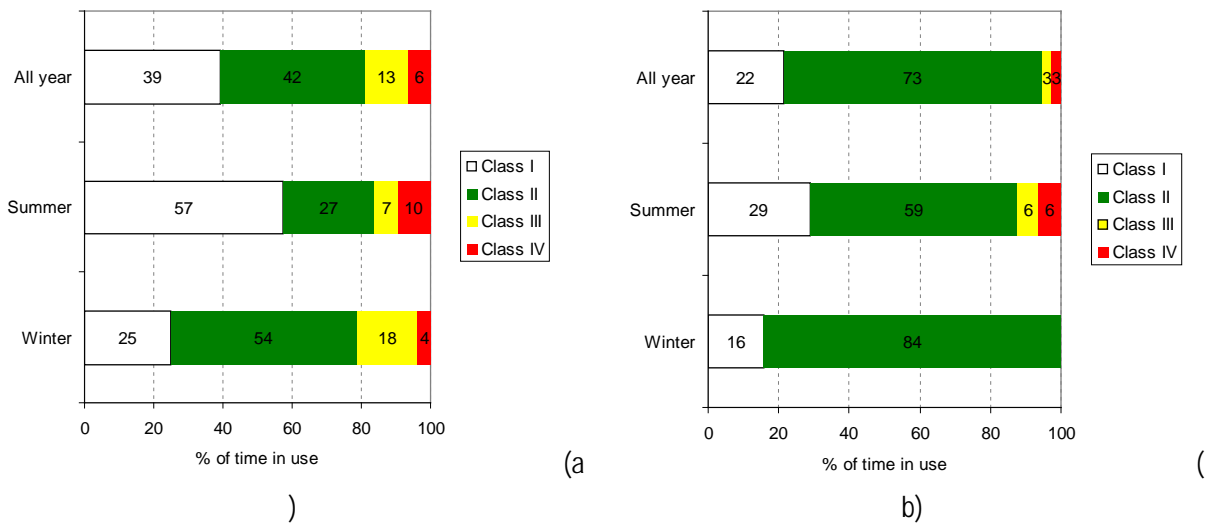


Figure 29: Thermal comfort during occupancy with mixing ventilation (a) and diffuse ceiling ventilation (b). Green and white colours are within normal comfort range.

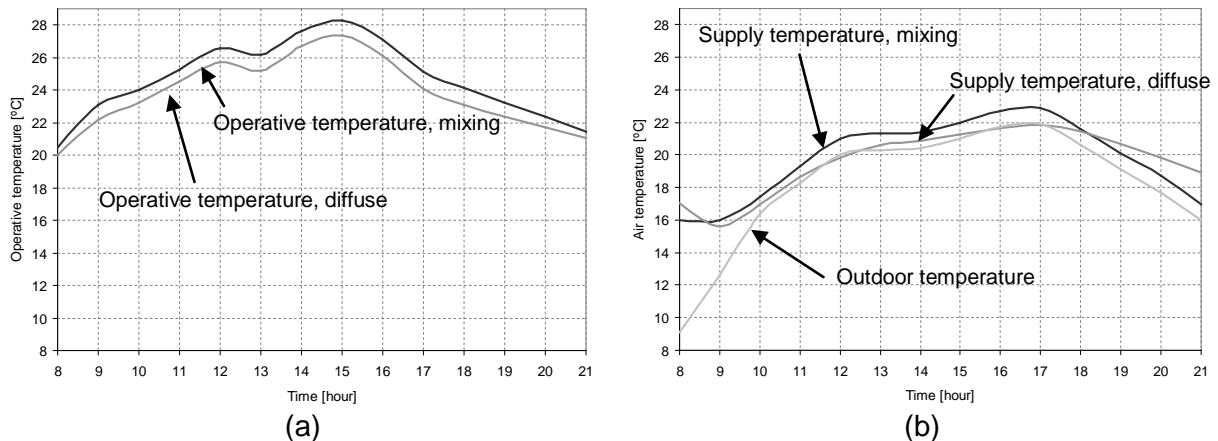


Figure 30: Operative temperatures in classroom (a) and ventilation supply temperatures (b) on example date May 3 with mixing and diffuse ceiling ventilation

The concept sketched here raises some issues regarding the optimal control strategy. Ideally the concrete slab is cooled at night by outside air to a temperature where the cooling capacity is sufficient for the entire next day. However, if the slab is cooled too much, the supply air from the plenum will be too cold the next day thus requiring heating energy. Furthermore, the inlet air should be controlled with respect to outdoor humidity to prevent condensation in air ducts and plenum. An optimal control of temperature as well as humidity might include the use of weather forecasts and other predictions together with building simulations.

It is also important to ensure a sufficient cooling capacity of the concrete slab and room constructions because mechanical cooling, in the event that free cooling is insufficient, can become particularly energy expensive with this concept as the concrete in the plenum must be cooled first. Also the penetration depth of low temperatures within the concrete slab, and consequently the surface temperature on the upper floor, should be given consideration in the control strategy, particularly during winter season.

Extra free cooling potential can be made available by activating the thermal mass of the concrete slab in the plenum of ceiling ventilation. The simulations included investigations of two scenarios with a building simulation tool with CFD-derived surface heat transfer coefficients of the concrete slab. The results showed clearly the effect of the extra exposed thermal mass by overall lower operative temperatures in the classroom in both summer and winter situations. Also peak temperatures were lower.

4.4.5 Literature

- [20] Kolokotroni, M. (1998) "Summer cooling with night ventilation for office buildings in moderate climates". *Energy and Buildings*, Vol. 27, No. 3, 231-237
- [21] Kolokotroni, M. and Aronis, A. (1999) "Cooling-energy reduction in air-conditioned offices by using night ventilation". *Applied Energy*, Vol. 63, No. 4, 241-253
- [22] Høseggen, R., Mathisen, H.M. and Hanssen, S.O. (2009) "The effect of suspended ceilings on energy performance and thermal comfort". *Energy and Buildings*, Vol. 41, No. 2, 234-245.

4.4.6 Deliverables

Hviid, C.A. and Petersen, S. (2011) "Integrated ventilation and night cooling in classrooms with diffuse ceiling ventilation". *Proceedings of ökosan'11 conference, Graz*

5 Renovation Strategies

FHNW, Switzerland

5.1 Objective and Research Approach

The fundamentals for the adaptation of school buildings are based on the boundary conditions derived from typology and on the specific technical requirements of school buildings. With the international cooperation, the school renovation concepts should also be applicable and adaptable to other countries and furthermore incorporate new findings into the own solution.

The Swiss part of the schoolventcool project regarding renovation strategies consists of four objectives:

1. Knowhow transfer between the IEA ECBCS Annex 50 and the ERACOBUILD research partners to align the level of knowledge
2. Typological analysis, case studies and deriving of guidelines for the technical development of modules and optimisation of construction processes
3. Adaption and further development of facade and roof modules from IEA ECBCS Annex 50 [23] to the specific requirements of school buildings
4. Synthesis report

General delimitation:

The concept of the IEA ECBCS Annex 50 is entirely based on external insulation. In this project, no solutions with internal insulation are investigated. The focus of this project is only non-protected buildings and facilities. This project adapts the typological method and the prefabricated building envelope systems for multifamily houses of IEA ECBCS Annex 50 to school buildings. Further building types are not investigated.

5.2 Results & conclusions

The results were derived by exchange and in cooperation with the participating countries. Cross discipline, institutionalised international exchange with key personnel in Switzerland and abroad led to the findings described in the following.

5.2.1 Fresh air demand

The starting point for the design of prefabricated façade modules with integrated ventilation is based on solutions for multifamily houses as described in [23]. School buildings differ significantly in the amount of required fresh air. This is for classrooms 25 to 30 m³/h/person [24], where a mixed air flow in the room has to be assumed. Typical sizes of classes with 20 to 26 children plus one to two teachers result in a fresh air demand of 525 – 840 m³/h. Assuming a classroom of 10 m facade length with 7 m of room depth leads to a specific fresh air demand of 7.5 - 12 m³/h/m²_{floorsurface} or of 53 - 84 m³/h/m_{façade-length}.

5.2.2 Adaption of façade modules from multifamily houses to school buildings

The approach of façade integrated ventilation ductwork leads, for school buildings with big necessary pipe diameters in the range of 0.2 - 0.3 m, to a stronger impact on the architectural appearance of the building. The

areas of vertical ductwork dominate the appearance of the façade so strong, that these can hardly be valid solutions.

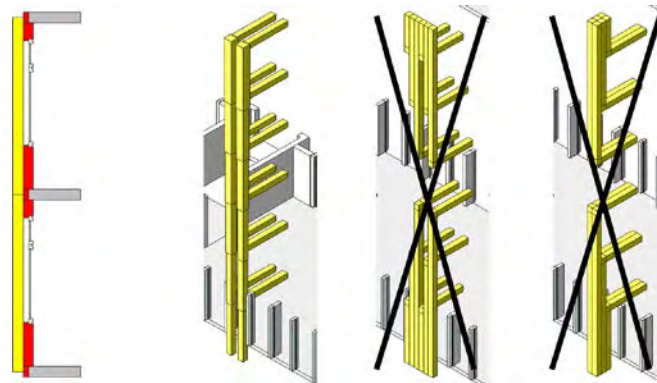


Figure 31 left: façade intersection with additionally mounted modules, right: discussed ventilation ductwork inside the façade elements

One limitation is that these pipe dimensions cover too much window area especially for multiflorous buildings. The ratio between masonry and window is too often unfavourable. Even with greater insulation thicknesses it is only under very limited conditions possible to place the ductwork inside the façade invisible to the outside. Figure 31 depicts discussed piping concepts inside the façade and their effect schematically. In deviation to the individual vertical piping per room like in the multifamily modules, the situation may be somewhat mitigated by common distribution ductwork, taking into account the special fire prevention rules.

Due to the limited transferability, a new approach for the supply of fresh air to classrooms from the façade was addressed. Figure 32 shows a schematic representation of the subsequently selected way-of-thinking. The central issue is how much fresh air demand can be satisfied by a limited façade area considering occupation density or room depth.

With these basic considerations now correlations between typological and constructive criteria were sought.



Figure 32: Ability of a façade area to satisfy a necessary fresh air demand

5.2.3 Ventilation concept and module construction

Centralised ventilation with vertical ductwork

The limiting criterion for the use of a central ventilation unit with vertical distribution ductwork in the façade modules, as shown in Figure 32, is the required space in vertical direction in the façade as well as the parapet and lintel situation. Hence, rooms located behind a banded façade cannot be served directly from the outside wall with the vertical distribution concept. This ventilation type is therefore suitable for buildings of solid construction with punctuated façades under the condition that the distance between the windows allows a vertical ventilation distribution.

Centralised ventilation with vertical and horizontal ductwork

The relevant features of a combined vertical and horizontal ventilation supply correspond to the central ventilation system with only vertical distribution system. Closely spaced or contiguous façade openings that block vertical distribution can be solved in combination with horizontal distribution (e.g. buildings with skeleton structure and banded façade). For the horizontal distribution especially parapet and lintel heights are relevant, and because of the duct dimension an installation of the ductwork without crossing. Figure 33 shows two schematic solutions for horizontal air distribution and access to the room.

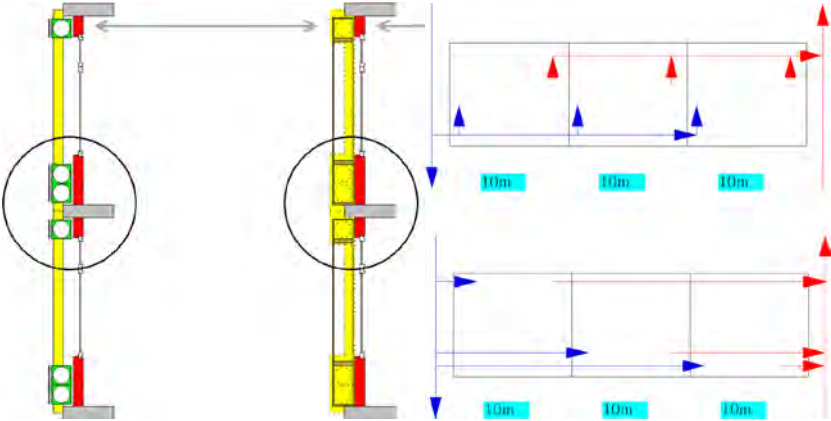


Figure 33 Central ventilation with horizontal air distribution and smaller effect on architecture; Left: Cross section of two façade-Stores; Right: Elevation of two façade-stores with horizontal ductwork

Decentralised ventilation per room

Decentralised ventilation units serving single rooms can be placed in the lintel or parapet area. Therein the height of the units and the construction of outside wall are the limiting criteria (c.f. Figure 34). Decentralised ventilation units are more suitable for non-load-bearing exterior than for massive wall constructions since they are located in the field of load-bearing building parts for supporting exterior walls [25]. Especially with decentralised ventilation units one has to pay attention to avoidance of shortcuts between supply and return and to sound emissions.

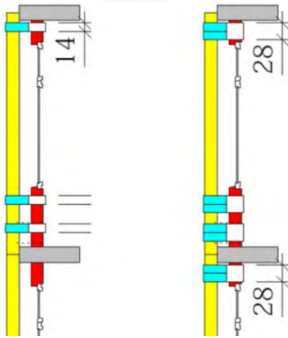


Figure 34: Decentralised ventilation with façade integrated ventilation units

5.2.4 Procedure of module selection during planning

Depending on the construction of the external walls the prefabricated façade modules are mounted onto the existing façade, especially for massive construction load-bearing exterior walls (i.e. punctuated masonry façade). For skeleton constructions with non-load-bearing exterior walls (e.g. curtain wall façade elements) the existing elements are replaced with the prefabricated new façade modules. Figure 35 shows schematically a guide for the selection of suitable façade modules during the planning phase of a specific building project.

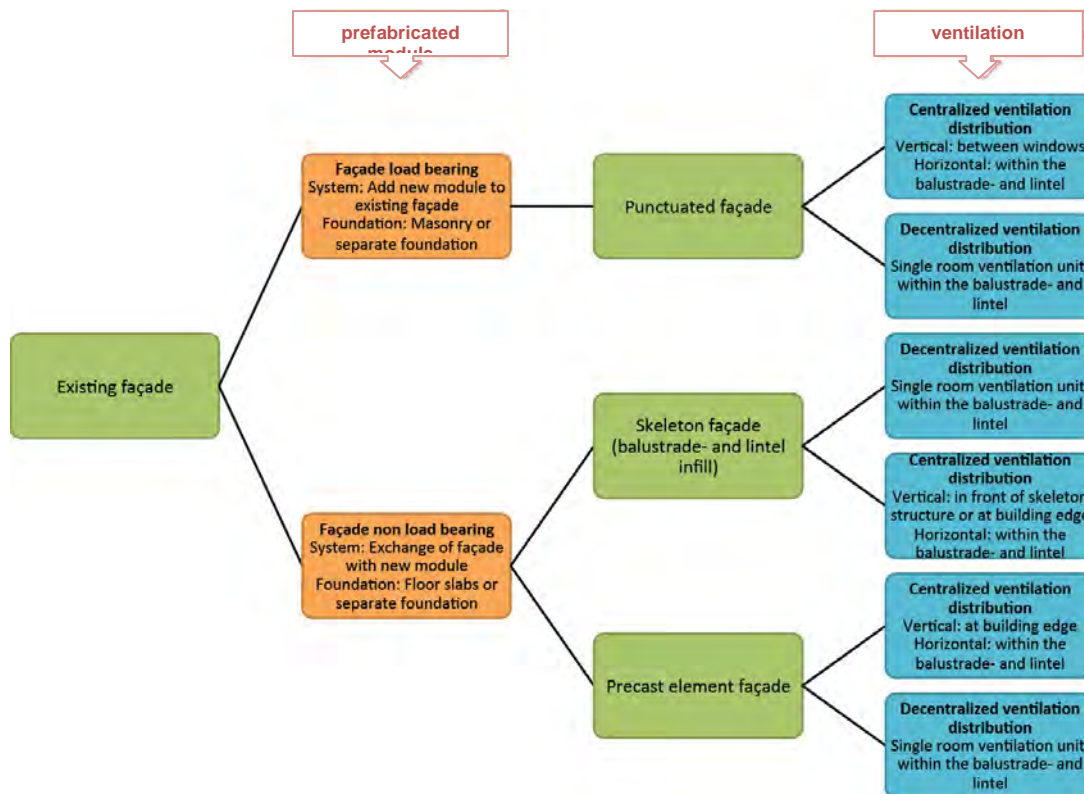


Figure 35 Link between typology and construction/ventilation in the planning phase

5.2.5 Krumbach dwelling and school building

The project is located in the open countryside between the two municipalities Krumbach and Geuensee (CH) on 700 m above sea level. The two-storey building (c.f. Figure 36) with a total of 572 m² energy reference area consists of two connected wings, a residential and a school wing. The Krumbach School was taken out of service in 2003. The building was no longer used and stood empty for several years. 2009, the new owner acquired the building with the intent to occupy the residential part and to use the school wing for adult education in the communicative, creative field. In 2010, the architectural design was started. In February 2011, the construction company was defined by the client. In the beginning, the owner only wanted to achieve the legal requirements of energetic quality and it was provided no mechanical ventilation with heat recovery. The connection to the research project "CCEM advanced retrofit" [26] was made in spring 2011 and led to enhancements like façade-integrated ventilation, a slight enhancement of the thermal insulation and the use of renewable energy in the form of photovoltaic on the roof. The intended energy labels were Minergie-P, Minergie-ECO and Minergie-A and are likely to be achieved. The prefabricated façade modules were mounted on

September 12th/13th and have been produced the week before. The entire building was completed in late 2011. The project is suitable for the observation of the building process in practice in terms of planning and construction of prefabricated façade modules with integrated ventilation ducts. Furthermore, first insights into the transformation of the modules for the renovation of school buildings could be gained.



Figure 36 View of the Krumbach building at the begin of renewal (left) and before finishing (right)

The analysis of ventilation ducts in prefabricated façade elements is so demanding and decisive that they got the status of “the critical path” (see detailed explanation in chapter 2.2.4 of [23]). The architectural preparations were already completed before the decision for modules with integrated ventilation ducts was taken. Thus, the additional finding of changing to a system with integrated ventilation shortly before production without big additional effort in this case could have been made along the way. However, it should be noted that the design of the ventilation ducts was rather easy in this case. Lower air change rates than in typical schools could be assumed since the owner expects a maximum occupancy of 10 persons per classroom. Thus, supply and return air duct can provide a sufficient amount of fresh air with two tubes of 80 mm diameter for each direction. The positioning of the ventilation units and the installation of the ductwork are depicted in Figure 37.

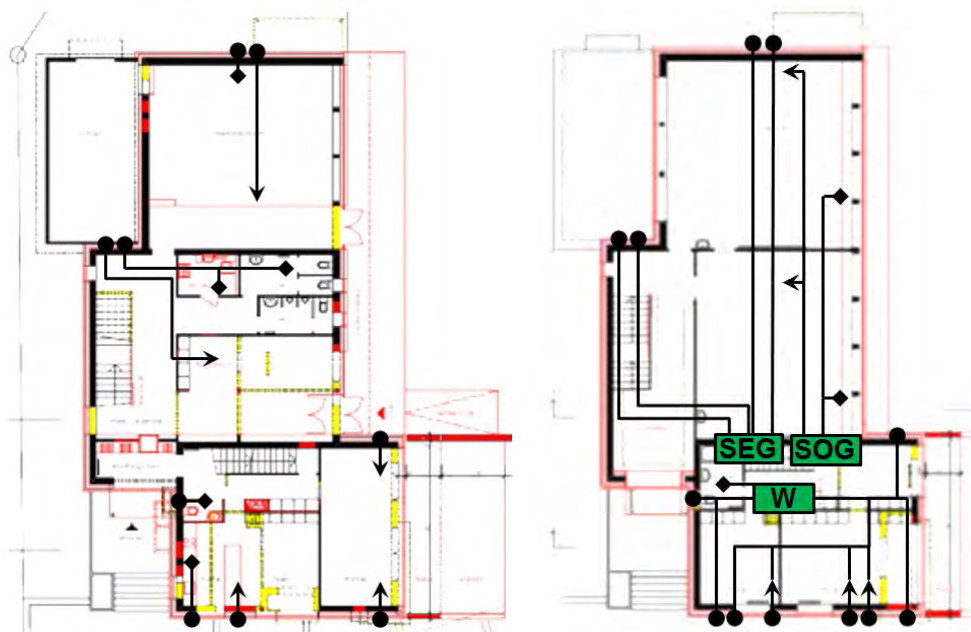


Figure 37 Floor plans of the Krumbach-building – left: ground floor / right: first floor
 Legend: SEG: Ventilation unit for groundfloor of school wing / SOG: Ventilation unit for upper floor of school wing / W: ventilation unit dwelling / →: supply air / ←: return air / ●: vertical ventilation duct inside the facade

During the planning of the façade modules, the ventilation ductwork with insulating and fixing half-shells (called “Flumroc”-half-shells) of 140x140mm give clear measures for intersections in the façade modules. For smaller

school buildings also slightly bigger half-shells with bigger ducts are still conceivable. The half-shells have slots for the exact positioning and fixation of the ventilation tubes. In the factory-made cut-outs at defined positions with accurate measure the half-shells are introduced. With exact measure compliance sufficient pressure arises from the half-shell on the metal ventilation tube, so that a falling out is prevented during assembly.



Figure 38 left: Detail of a ventilation duct during production of the facade modules in the factory
right: Joining of two modules during assembly with ventilation ducts at the building site

In Figure 38 left, the upper half-shell still has to be inserted. The geometric requirements force the planner and the craftsman to a common planning before the module production begins. Figure 38 right shows the joining of two façade modules during assembly at the building site. The lower module is already fixed and duct connectors are inserted. The upper façade module is now lowered just above the lower one, so that the connectors can be plugged into the upper module, and then completely settled on the lower one.

5.3 Conclusion

The principle of planning for prefabricated modules with integrated ventilation for school buildings is based on the “critical path of ventilation”. The significantly thicker ventilation ducts for school buildings (with centralised ventilation) result in the fact that a one-to-one transfer of multifamily building modules cannot always be applied. A solution “in between” like in Krumbach should however not be underestimated since there are many smaller school buildings where the solution could still be suitable. The prefabrication of façade modules requires an appropriate knowledge in the local timber construction industry and a sufficient level of necessary experience which both has to be set-up soon in the most European countries.

5.4 Literature

- [23] “IEA ECBCS Annex 50 – Retrofit Module Design Guide – Part A”; Kobler R.L., Binz A., Steinke G.; Institute of Energy in Building – FHNW; Muttenz 2011 (available at <http://www.empa-ren.ch/A50.htm>)
- [24] „Classroom ventilation must be improved for better health and learning”; Wyon D.P., Wargocki P.A., Toftum J., Clausen G.; REHVA-Journal 47-4 S.35-39; ICIEE-DTU; Copenhagen 2010
- [25] „Schulhauserneuerung – Typologie und Vorfabrikation, Tagungsband Ökosan 2011”; Heim T., Fischer R., Schwehr P.; AEE-INTEC – Institut für Nachhaltige Technologien; Gleisdorf 2011
- [26] „CCEM Retrofit - Advanced Low Energy Renovation of Buildings”; <http://www.empa-ren.ch/ccem-retrofit.htm>, accessed on 14th March 2013

5.5 Deliverables

Deliverables and reports are available (partly to come in spring 2013) from:

National Weblink: <http://www.fhnw.ch/habq/iebau/afue/gruppe-bau/schoolventcool-eracobuild>

Swiss Government: www.bfe.admin.ch

Schoolventcool brochure: see Chapter 7.6!

6 Design criteria for implementing ventilation in existing schools

DTU, Denmark

6.1 Justification

The appropriate ventilation solution for an existing school is primarily constrained by the existing conditions (service space, load-bearing elements, room height, location etc.) and secondarily by trade-offs between initial costs, running costs, desired indoor climate quality, expected energy use and aesthetics. The task of determining a ventilation solution for classrooms is therefore a complex task where various interrelated performance variables need to come together as a whole.

6.2 Objective

In this study, a criteria list in the form of design charts for natural, mechanical and mixed solutions is generated. The aim is to enable designers to determine the most appropriate type of ventilation for any existing school, which currently has no ventilation, in an easy and quick way.

6.3 Research approach

In this study we seek to facilitate this complex task by decomposing the problem complex into manageable variables and assign best-practice values to them. The Figure 39 shows the aspects of ventilation that is linked to the design of ventilation in classrooms. Each category can be divided into many more subcategories, e.g.:

- energy consumption is a function of heat exchange efficiency and air transport efficiency
- building characteristics are a function of internal and external structural elements
- initial costs are dependent on the challenges/compromises that proper ventilation implementation causes to the structural integrity of the building
- running costs are a function of maintenance, salary, and energy costs
- comfort is dependent on many factors, e.g. the air quality (ventilation rate), the temperatures, filtration, noise, the ability to use energy-efficient night cooling

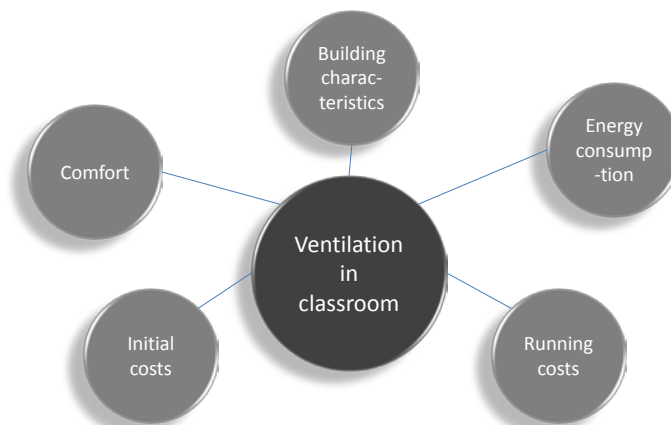


Figure 39: The aspects of ventilation that the designer of classroom ventilation must relate to during the design process.

6.3.1 Building typology

The structure in some schools comprises load-bearing outer and inner walls while others are built from columns and beams with light façade elements and partitions. Ventilation requires space and penetration of structural elements is, if possible, financially expensive. Consequently, building characteristics that restrain certain ventilation solutions are important to register.

In order to identify the appropriate ventilation type for a certain school building, we need to know the building characteristics. In a European perspective schools can be categorized by the external and/or internal structures:

- The outer façade construction mostly restrains how local room-size ventilation solutions can be implemented, e.g. natural ventilation or decentral compact units.
- The internal structures affect mostly vertical and horizontal routing of ducted ventilation solutions. In practice, in order to design ducted ventilation systems with high performance, room height requirements, height to slab, and height below beams are of greatest interest to the ductwork designer.

The Figure 40 states the parameters of different school building typologies that have significant influence on ventilation solution located in the façade.



Façade structures	Punctuated façade	Façade elements
Façade type		
Characteristics	Massive structures perforated with windows	Skeleton structures with light facade elements
Structural elements	Monolithic load-bearing external walls	Load-bearing columns in façade or behind façade. Sometimes horizontal beam in façade restricts window size
Glazed façade	Small area	Large area

Figure 40: Structural elements in the façades which influences on the ventilation solution.

Drawings courtesy of: Sonja Geier, AEE INTEC

The Figure 41 below analyses the structural system - different building typologies and consequently the effective height of classroom and corridor. The corridor height is crucial to the space requirements of ducted ventilation and is determined by height to either slab or crossing beam, which is lowest. The room height is crucial to the room supply principle which in classrooms can be either mixing from central ceiling diffuser or mixing from side wall supply grille. Low room height effectively eliminates the side wall supply because of draught risk.

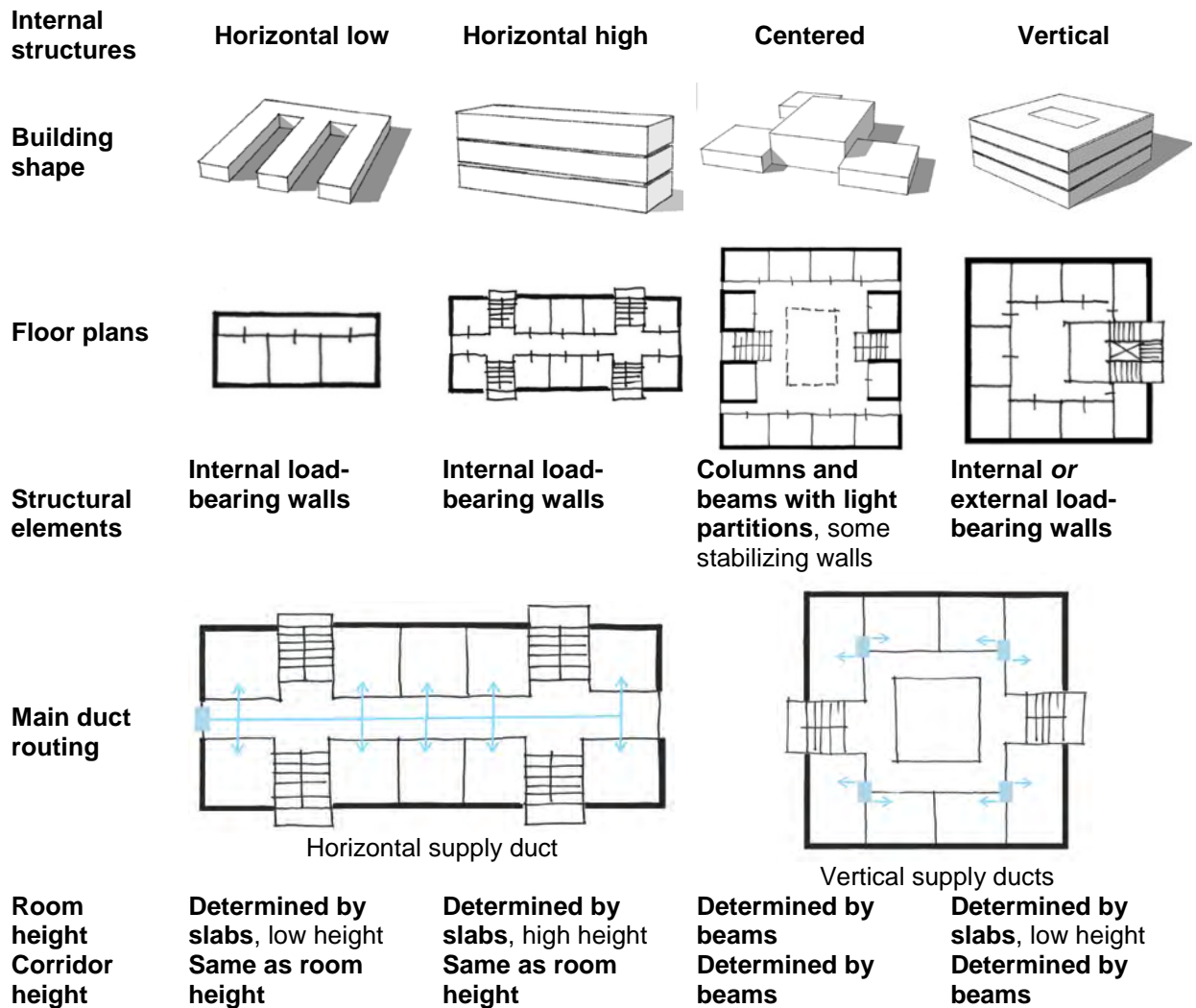


Figure 41: Different school geometries and typical constructions
 Drawings courtesy of Sonja Geier, AEE INTEC and Michela Pentericci, DTU Byg.

6.3.2 Solutions

The investigation ventilation solutions included principles based on natural ventilation as shown in Figure 42 and on different kinds of mechanical systems as shown in Figure 43 to Figure 45.

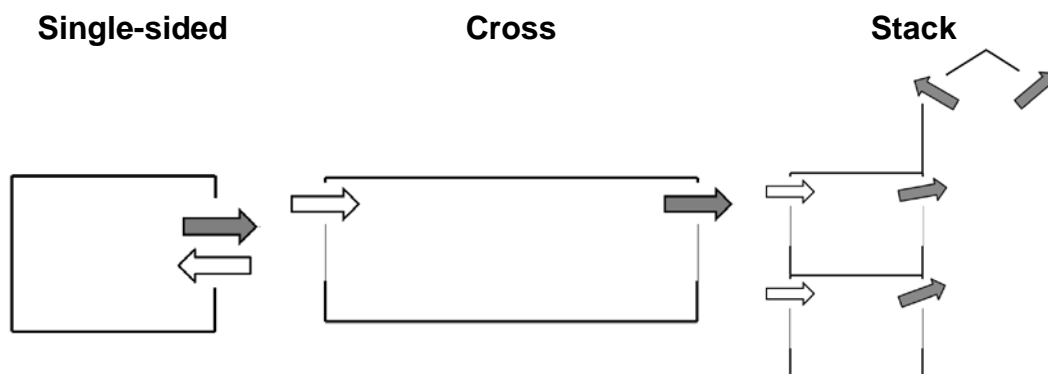


Figure 42: The three main principles of natural ventilation. Other variants of especially stack ventilation are possible.

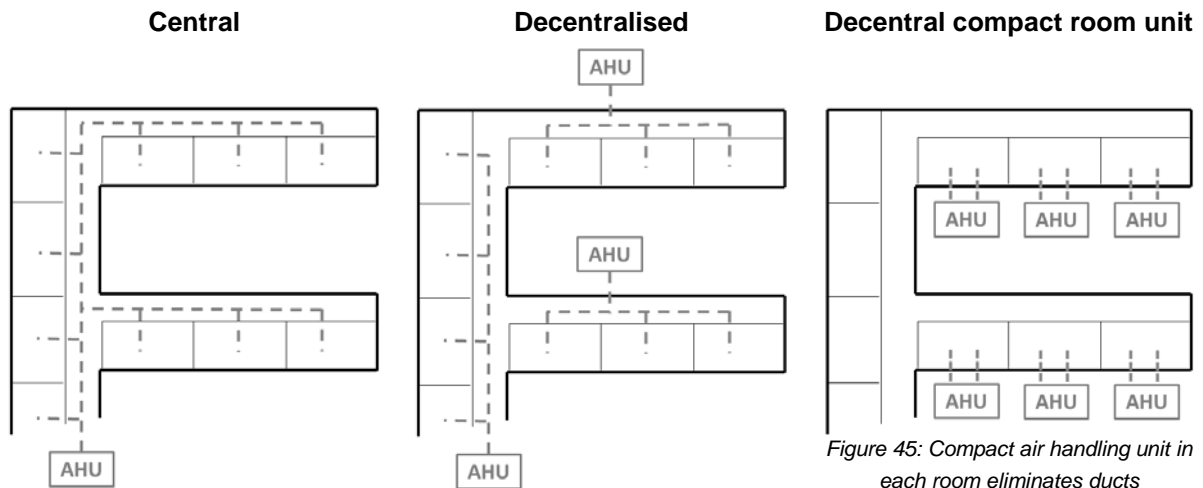


Figure 43: One air handling unit and large ducts ventilate large areas

Figure 44: Multiple air handling units and smaller ducts for smaller areas

Figure 45: Compact air handling unit in each room eliminates ducts

6.3.3 Design charts

Implementation of ventilation in existing schools entails changes to the constructions of the building. Changes that compromise structural stability are, of course, financially expensive to implement. The installation cost of different ventilation solutions in different building categories in different European countries is beyond the scope of schoolventcool. However, we assume that structural building changes and installation costs are proportional.

The design charts illustrate prioritized and best-practice ventilation solutions in terms of comfort, energy, building implementation and running costs.

The charts are generated with the priority that the ventilation solution 1) fits the internal and external structure to minimize construction costs and 2) is able to perform adequately on air quality and heat recovery.

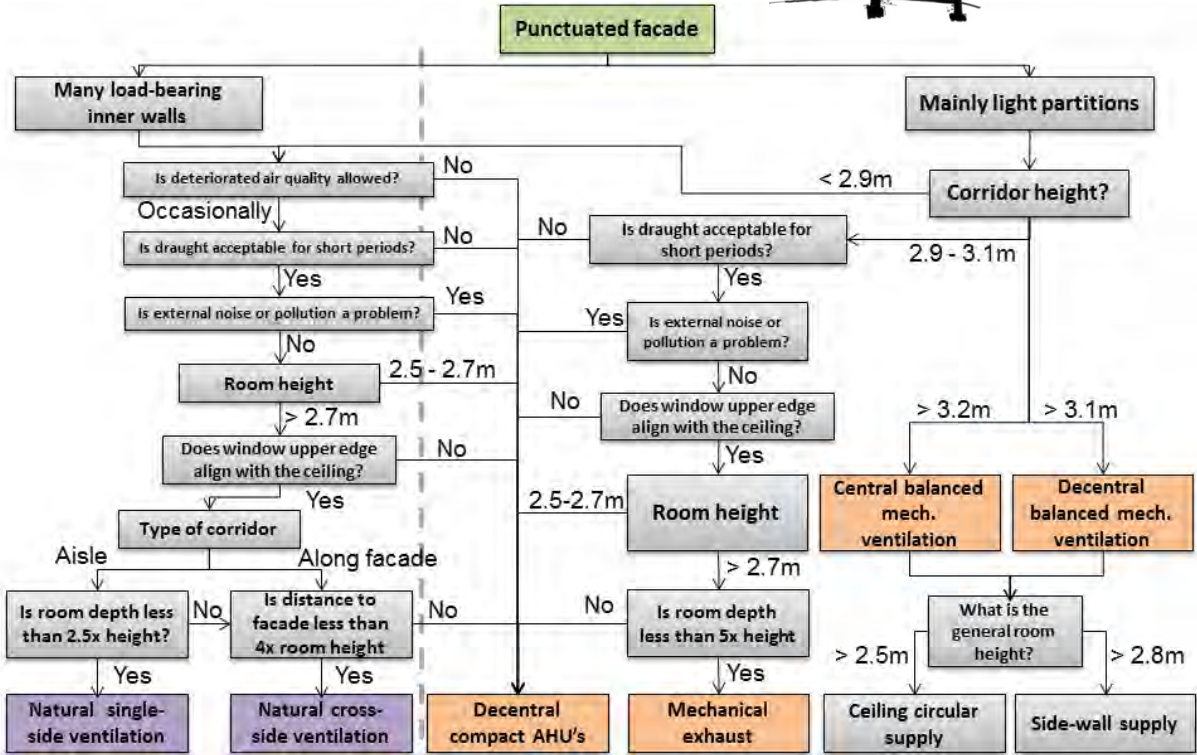
Once the façade typology of a building has been determined, either punctuated façade or element façade, the ventilation solutions are prioritized according to this list:

- Central or decentral balanced mechanical with either side wall or central ceiling room supply
- Decentral compact units
- Mechanical exhaust with intake through façade openings
- Stack ventilation (natural)
- Cross ventilation (natural)
- Single-side ventilation (natural)

The design chart is a visualization of the criteria that each solution must fulfil in order to be the recommended solution for a given building typology.

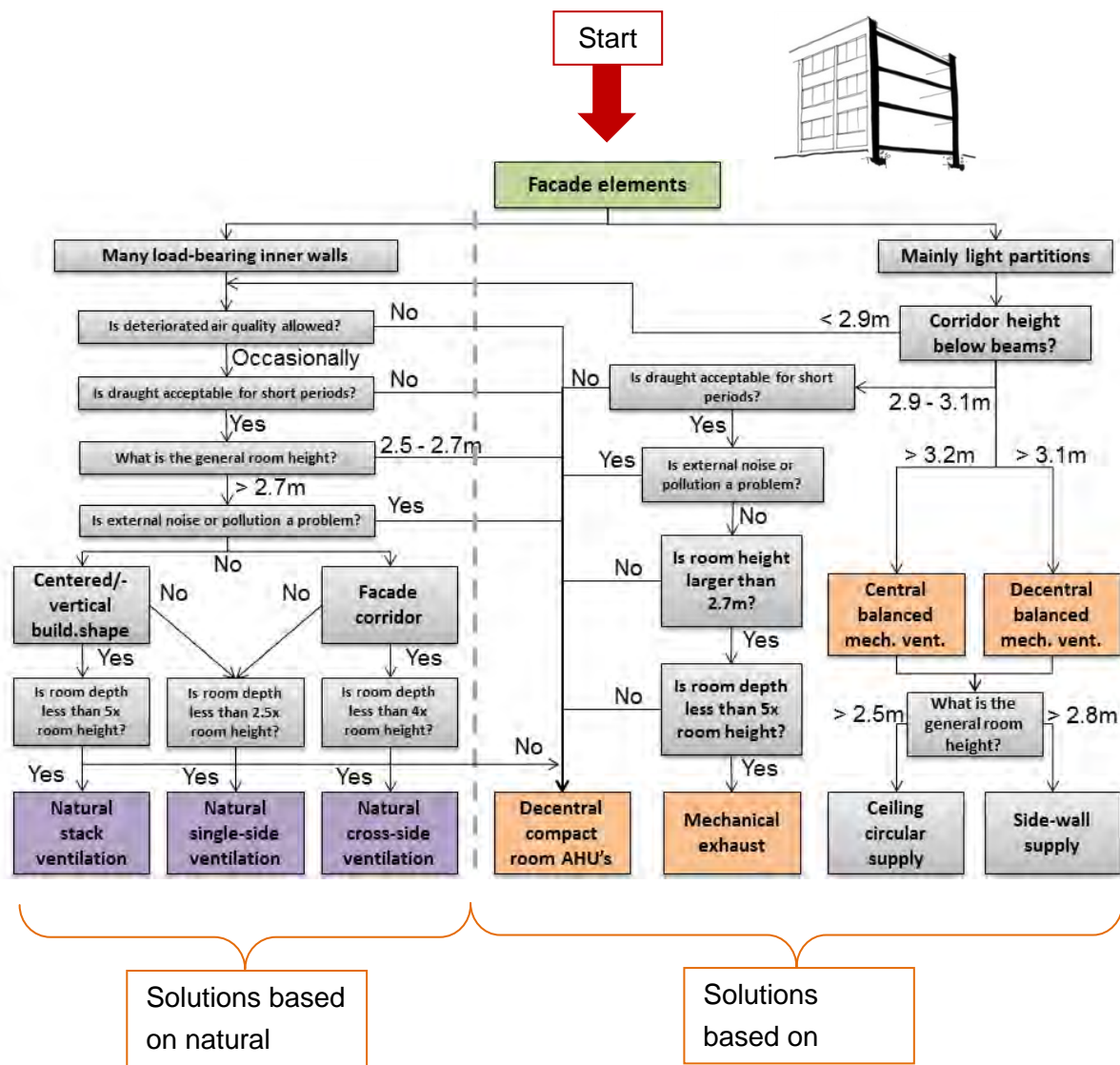
It is also possible to go backwards in the charts, i.e. to start with a ventilation system and move backwards taking the shortest path following the arrows.

Start



Solutions based on natural

Solutions based on mechanical



6.4 Deliverables

Hviid, C.A., Petersen, S. (2012). "Implementation of ventilation in existing schools – a design criteria list towards passive schools". Passive House Symposium, Bruxelles, Oct. 5th

7 How to disseminate and communicate school renovation?

PHP, Belgium

7.1 Objective

The main objective is to coordinate and manage all project dissemination and knowledge transfer, and to promote and communicate activities and results of the project to the stakeholders of the target groups of schoolventcool.

The two target groups are:

1. Architects, building contractors, installers, energy advisors and school building owners, public authorities.
2. School building users: pupils, teachers, school managers.

7.2 The three international workshops – highlights

During the course of the project three international workshops took place:

1st international experts workshop: 14th October 2010 in Antwerp, Belgium. The experts group of School Vent Cool gave its opinion on potential of building on “Disguinlei 33, Antwerp” for renovation with modular prefabrication. Statement of the expert group paper was produced.



Figure 46 Experts at the workshop, October 14th 2010, Antwerp, Belgium.

2nd international experts workshop: 25th March, 2011 Liestal, Switzerland with focus on developing renovation strategies for school buildings renovation. The participants were split into four groups; each consisted of an expert within the fields of building/architecture, ventilation/HVAC and one generalist. Key focus areas of each group were:

- Group A: envelope; indoor space;
- Group B: Requirements; Software tool schoolventcool: process-driven strategy

- Group C: Important determinants for every renovation strategy
- Group D: Requirements, flexibility within usage; flexibility within public service systems; user comfort; zoning.

These results were summarized in a Blue Sheet that was disseminated to the key stakeholders of the target groups in the partner countries and via the SVC website.



Figure 47 Workshop sessions, 25th March 2011, Liestal Switzerland

3rd international experts workshop: 27th September 2011, Franciscan monastery of Graz, Austria:

Focus on development of renovation strategies for selected demonstration buildings in the Denmark, Switzerland and Austria, and strategies for renovation of school typologies in City of Antwerp, Belgium. Participants: 30 experts (multi-disciplinary) from Denmark, Belgium, Switzerland, Germany and Austria. Blue Sheet was produced resulting from this workshop that was disseminated to the key stakeholders of the target groups in the partner countries and via the SVC website.



Figure 48 Workshop discussion, September 27th 2011, Franciscan Monastery, Graz, Austria

7.3 The three most important presentations

Info session sustainable buildings: schoolventcool, organized by Voka (Chamber of Commerce) - Kamer van Koophandel Antwerpen-Waasland, Stad Antwerpen and the Vlaamse Confederatie Bouw23rd January 2012.

[Presentation at "Themenworkshop: Zukunftsfähige Gebäudesanierung – Konzepte und praktische Erfahrungen" of the programme "Building of Tomorrow" with the title "schoolventcool – Sanierungskonzepte für Schulen", Armin Knotzer, AEE INTEC, held on 13th June 2012, Vienna.](#)

[Nine minutes-contribution to the radio programme "Dimensionen – die Welt der Wissenschaft" \(http://oe1.orf.at/dimensionen\) of the famous Austrian quality radio station "Ö1" on 30th September 2011.](http://oe1.orf.at/dimensionen)

7.4 The best three videos

Video "SchülerInnenprojekt schoolventcool"

The Austrian partner of schoolventcool AEE INTEC asked pupils from the trade school "LBS Gleinstätten" in Styria, Austria to make a film about their own ideas to school renovation topics in the frame of the SVC project. Aim was to raise awareness (bottom up) with pupils and teachers.

The video is available from: <http://www.schoolventcool.eu/node/84>

Video "Smoke tests of ventilation system in a school"

The Danish partner of schoolventcool the dept. of Civil Engineering, Technical University of Denmark (DTU), made a video of diffuse-ventilation smoke-tests in two different demonstration classrooms.

The video is available from: <http://www.schoolventcool.eu/node/83>

Video "Demonstration project Krummbach"

The Swiss partners of schoolventcool FHNW made a video showing an on-site installation of modular prefabricated façade elements including ventilation.

The video is available from: <http://www.schoolventcool.eu/node/90>

7.5 The three most important papers

Paper "School renovation with modular prefabricated facade elements including ventilation solutions". Presented and in the proceedings of the Passive House Symposium 2012, 5th October 2012 Brussels. Authors: René L. Kobler¹, Ralf Dott¹, Thomas Heim²

¹ University of Applied Sciences and Arts Northwestern Switzerland, Institute of Energy in Building

² Lucerne University of Applied Sciences and Arts, Competence Centre of Typology and Foresight in Architecture.

This paper can be downloaded from:

<http://www.schoolventcool.eu/node/87>

Paper "School renovation to passive house standard – a methodical approach and a realized success story".

Presented and in the proceedings of the Passive House Symposium 2012, 5th October 2012 Brussels.

Authors: Sonja Geier (architect Austria) & Gerhard Kopeinig (ARCH+More ZT GmbH, Austria)

This paper can be downloaded from:

<http://www.schoolventcool.eu/node/80>

Paper "Implementation of ventilation in existing schools - a design criteria list towards passive schools".

Presented and in the proceedings of the Passive House Symposium 2012, 5th October 2012 Brussels.

Authors: Christian Anker Hviid Dept. of Civil Engineering, Technical University of Denmark & Steffen Petersen, Aarhus School of Engineering, Aarhus University,

This paper can be downloaded from:

<http://www.schoolventcool.eu/node/82>

7.6 The schoolventcool Brochure

A School Vent Cool Brochure "The Way towards Your Cool School" A guideline to high performance school renovation in Europe was produced (available to download at: <http://www.schoolventcool.eu/node/48>).



Figure 49 Cover page of the Brochure

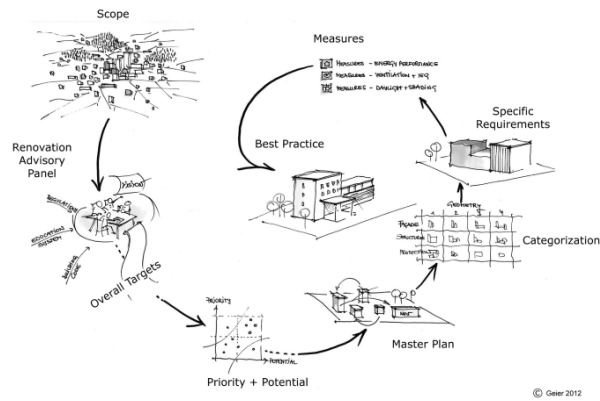


Figure 50 schoolventcool methodology diagram (Sonja Geier, AEE INTEC)

7.7 Last but not least:

The continuously updated SVC website: <http://www.schoolventcool.eu>