

# SchulRen+

Innovative Konzepte für Schulsanierungen  
auf Plus-Energie-Niveau

F. Dubisch, S. Geissler, F. Gharakhanzadeh,  
D. Österreicher, B. Sandbichler, T. Selke

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

# 47/2012

**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>

# SchulRen+

Innovative Konzepte für Schulsanierungen

auf Plus-Energie-Niveau

DI (FH) Florian Dubisch, DI Doris Österreicher, MSc, DI Tim Selke  
AIT Austrian Institute of Technology, Energy Department

Mag. Dr. Susanne Geissler  
Ingenieurbüro Dr. Susanne Geissler

DI Arch. Feria Gharakhanzadeh, Mag. Arch. Bruno Sandbichler  
Architekturbüro gharakhanzadeh sandbichler architekten zt gmbh

Wien, Mai 2012

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
1.1 Ausgangssituation und Motivation des Projekts .....	13
1.2 Zielsetzung des Projekts.....	14
2 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt .....	15
2.1 Beschreibung des Standes der Technik.....	15
2.1.1 Lüftung in Schulen.....	16
2.1.2 Lebenszykluskosten-Analyse .....	21
2.2 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema.....	40
2.2.1 Plus-Energie Schulsanierungen .....	40
2.2.2 Lebenszykluskosten-Analyse .....	41
2.3 Beschreibung der Neuerungen sowie ihrer Vorteile gegenüber dem Ist-Stand (Innovationsgehalt des Projekts).....	42
2.4 Verwendete Methoden.....	45
2.4.1 Konzeptentwicklung .....	45
2.4.2 Energetische Bewertung der Sanierungskonzepte .....	45
2.4.3 Vorgangsweise zur Bewertung des Lebenszykluserfolgs .....	48
2.5 Beschreibung der Vorgangsweise und der verwendeten Daten.....	49
2.5.1 Entwicklung der Sanierungskonzepte.....	49
2.5.2 Energetische Bewertung .....	52
2.5.3 Lebenszykluskosten-Analyse für Schulsanierungen .....	57
2.5.4 Bewertung von Sanierungskonzepten .....	78
3 Ergebnisse des Projektes .....	83
3.1 Bewertung der bautechnischen und architektonischen Anwendbarkeit und Realisierbarkeit.....	83
3.1.1 Detaillierte Beschreibung der Sanierungskonzepte und Bewertung der bautechnischen und architektonischen Anwendbarkeit und Realisierbarkeit .....	86
3.1.2 Beschreibung der einzelnen Maßnahmen .....	91
3.2 Wie wird das Plus-Energie Niveau erreicht? .....	106
3.2.1 Primärenergetische Bilanzierung.....	106
3.2.2 Annahmen zur Bilanzierung .....	106

3.2.3 Leitbild „Zukunftsfähige Schulsanierung: 7 Schritte zum Plusenergie-Gebäude“ .....	117
4 Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms .....	120
4.1 Einpassung in das Programm.....	120
4.2 Beitrag zum Gesamtziel des Programms.....	120
4.3 Einbeziehung der Zielgruppen und Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse im Projekt .....	121
4.4 Beschreibung der Umsetzungs-Potenziale (Marktpotenzial, Verbreitungs- bzw. Realisierungspotenzial) für die Projektergebnisse.....	122
5 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen .....	122
6 Ausblick und Empfehlungen .....	123
7 Literatur-/ Abbildungs- / Tabellenverzeichnis .....	124
8 Anhang.....	131



# Kurzfassung

## Ausgangssituation/Motivation

Bund und Länder investieren jährlich mehrere Millionen Euro in Instandhaltungsmaßnahmen an Schulen. Alleine die Stadt Wien hat im Rahmen des „Substanzsanierungsprojekts Schulen Wien“ (SUSA) einen Plan für die Sanierung der Wiener Schulen bis 2017, der insgesamt 570 Millionen Euro für Substanz erhaltende Maßnahmen in 242 Pflichtschulen in Wien vorsieht, erstellt. Durch die geplanten Sanierungen entsteht ein substanzielles Potenzial zur Reduktion treibhausrelevanter Emissionen bei bestehenden Schulen. Zurzeit wird dieses Potenzial jedoch nicht ausgeschöpft, da den Entscheidungsträgern keine umfassenden Konzepte, die auch energetische Kriterien berücksichtigen, vorliegen. Durch eine technische Durchführbarkeitsstudie werden anhand einer typischen in einem Gründerzeitbau (Baujahr 1898) untergebrachten Wiener Schule (Franz Jonas Europaschule, 1210 Wien) innovative Konzepte für eine Plus-Energie-Sanierung wissenschaftlich untersucht.

## Ziele und Methodik

Ziel des Projekts ist es, anhand eines konkreten Beispiels funktional, ökonomisch und energetisch optimierte Plus-Energie-Sanierungskonzepte für Schulbauten zu entwickeln. Die in dieser Studie zu Grunde gelegte Definition von „Plus-Energie“ lautet: im Jahresmittel mehr vor Ort erzeugte als verbrauchte Primärenergie. Die Energiebilanz beinhaltet hierbei die gesamte thermische und elektrische Energie, d.h. Verbräuche für Heizung, Beleuchtung, EDV, etc. werden mit berücksichtigt. Die Kernpunkte des Projektes sind:

- Entwicklung von zukunftsweisenden Sanierungsmodellen für Schulgebäude, die die aktuellen Sanierungsstandards (Sanierung auf Passivhausniveau) deutlich übertreffen
- Entwicklung von innovativen Konzepten mit hoher Signal- und Multiplikationswirkung
- Optimierung des Raumkonzepts, um den geänderten Anforderungen an neue Schulformen (z.B. Ganztagschule) gerecht zu werden
- Detaillierte Analyse der Konzepte durch energetische Bewertung (thermisch-dynamische Simulation) und Bewertung der Lebenszykluskosten
- Unterstützung in der Entscheidungsfindung und Umsetzungen von Schulsanierungsprojekten in Richtung Plus-Energie-Gebäude
- Grundlage für die konkrete Anwendung eines Plus-Energie-Sanierungskonzepts in einem Demonstrationsprojekt

## Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Das Projekt hat durch die Erstellung von innovativen Konzepten und einer umfassenden Analyse aufgezeigt, dass eine Plus-Energie Sanierung eines typischen Wiener (Gründerzeit)-Schulgebäudes aus bautechnischer, räumlich-funktionaler und energetischer Sicht machbar ist. Eine umfassende thermische Sanierung, sowie rund 400 m<sup>2</sup> Photovoltaik und 30 m<sup>2</sup> solarthermische Kollektoren führen zu einer negativen primärenergetischen

Jahresbilanz. Dadurch würden pro Jahr ca. € 50.000 an Energiekosten eingespart werden können. Werden nur die energetisch relevanten Sanierungsmaßnahmen bewertet, ergibt sich eine Amortisationszeit von ca. 16 Jahren, andernfalls ist mit über 30 Jahren zu rechnen.

Nachdem für eine Gesamtsanierung hohe Kosten anfallen, die meist nicht bewältigt werden können ist ein Gesamtkonzept notwendig, welches Maßnahmen darstellt die in modularer Form unabhängig voneinander, in der richtigen Abfolge auf mehrere Jahre verteilt, durchgeführt werden können. Eine Umsetzung des Gesamtkonzepts in einer umfassenden Sanierung kann unter den derzeitigen Rahmenbedingungen (Finanzierung und Abwicklung innerhalb der Stadt Wien, sowie eingeschränkte Fördermöglichkeiten für die öffentliche Hand seitens des Fördergebers) nicht realisiert werden.

## **Ausblick und Empfehlungen**

Um eine Umsetzung von innovativen Schulsanierungsprojekten zu gewährleisten müssen sowohl neue Finanzierungsmodelle (z.B. Private-Public-Partnerships, Contracting oder Intracting) angewendet, als auch die Förderinstrumente und zusätzlichen Finanzierungsmöglichkeiten an die komplexen Strukturen einer Stadtverwaltung angepasst werden. Die hohe Sichtbarkeit sowie Vorbildfunktion der öffentlichen Gebäude bedingen eine innovationsfördernde Finanzierung (z.B. in Form eines Energieeffizienz-Fonds für öffentliche Gebäude). Forschungsbedarf aus bautechnischer bzw. energietechnischer Sicht besteht in erster Linie in der detaillierteren Darstellung von Gesamtkonzepten, klassifiziert nach möglichen Sanierungsvarianten der einzelnen Schulen. Eine Aufgliederung des Schulbaubestands nach Bautyp, Baualter und Bauzustand im Zusammenhang mit energetisch-, ökonomisch als auch funktional-architektonisch ausgearbeiteten Gesamtkonzepten würde eine ganzheitliche Sanierung wesentlich unterstützen.

# Abstract

## Starting point/Motivation

The Austrian government and the federal states invest several Million Euros each year into refurbishment measures regarding schools. The city of Vienna alone has set up a plan which foresees 570 Million Euros for refurbishment measures to be undertaken until 2017 in 242 Viennese Schools in the framework of the „Substanzsanierungsprojekt Schulen Wien“ (SUSA). The planned measures show a substantial potential for reduction of greenhouse gas emissions in existing schools. However at the moment this vast potential is by far not exhausted as there are no comprehensive refurbishment concepts considering energy related criteria available to the relevant decision makers. Through the proposed feasibility study based on a concrete example of a typical school in Vienna (FranzJonasEuropaschule, 1210 Wien) innovative EnergyPositive concepts for refurbishment of schools should be developed.

## Objectives and Methods

The goal of the project is to develop functionally, economically and energetically optimised Energy-Positive Refurbishment concepts for school buildings based on a concrete example. The definition of “Energy-Positive” used in this study is as follows: more on-site produced than consumed annual mean primary energy. The core issues of the project can be summarized as follows:

- Development of future-oriented refurbishment concepts for school buildings which surpass the current refurbishment standards (refurbishment achieving passive house standard)
- Development of innovative concepts with a high signal- and replication factor
- Optimisation of the room layouts to adapt to the changed requirements of new school types (e.g. all-day schools)
- Detailed analysis of the developed concepts through energy and Whole-Life-Cycle Cost (WLC) studies
- Supporting the decision making process in the implementation of School Refurbishment projects towards Energy-Positive buildings.
- Providing the basis for a concrete example of a Energy-Positive concept implemented in a follow-up demonstration building

## Results

On the basis of sound concepts and in-depth analysis, the project demonstrated that an Energy-Positive Refurbishment of a typical Viennese ‘Gründerzeit’-Style School is architecturally, functionally and energetically feasible. A comprehensive thermal refurbishment together with the application of about 400 m<sup>2</sup> photovoltaic and 30 m<sup>2</sup> solar-thermal collectors leads to a negative yearly primary energy balance. This would result in €50.000 savings in energy costs / year with a return of investment (ROI) of 16 years if only the energetically relevant refurbishment measures would be included and a ROI of 30years if

everything else would be included. Since a comprehensive refurbishment results in high investment costs which cannot always be accommodated, it is necessary to develop concepts with clearly defined measures which can be distributed in succession over several years. Based on the current framework conditions (financing and contracting aspects within the City of Vienna as well as limited funding possibilities for the public sector) a comprehensive refurbishment of this project can - at this time - not be pursued.

## **Prospects / Suggestions for future research**

In order to succeed in the implementation of innovative School-refurbishment projects new financing models (e.g. Private-Public-Partnerships, Contracting or Intracting) are needed. In addition it is necessary to adapt funding structures and other potential financing possibilities to cater for the complex structures of a cities' municipality. The high visibility as well as the intrinsic role model function of public buildings necessitate financing models which promote innovation (e.g. through an 'energy-efficiency' funds for public buildings). From an architecturally as well as energetically point of view research must focus on the detailed elaboration of comprehensive concepts which are structured based on potential refurbishment measures in the individual schools. A variation of energetically, economically as well as functionally developed concepts based on different typologies (e.g. type / age / condition of the building) would thus support the deployment of comprehensive refurbishment actions.

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation und Motivation des Projekts

Bund und Länder investieren jährlich mehrere Millionen € in Instandhaltungsmaßnahmen an Schulen. Alleine die Stadt Wien hat im Rahmen des „Substanzsanierungsprojekts Schulen Wien“ (SUSA<sup>1</sup>) einen Plan für die Sanierung der Wiener Schulen bis 2017, der insgesamt 570 Millionen Euro für Substanz erhaltende Maßnahmen in 242 Pflichtschulen in Wien vorsieht, erstellt. Zusätzlich unterstützt die Stadt Wien die Bezirke mit einer Sonderförderung von 40 Prozent der Sanierungskosten. Durch die geplanten Sanierungen entsteht sowohl ein substanzielles Potenzial zur Reduktion treibhausrelevanter Emissionen bei bestehenden Schulen, als auch die Möglichkeit diese Schulen in zukunftstaugliche, energetisch optimierte und innovative Objekte mit erheblicher Signalwirkung umzuwandeln. Zurzeit wird dieses Potenzial jedoch nicht ausgeschöpft, da kein koordinierter Zugang im Bereich Energie stattfindet. Obwohl für ca. 400 Schulen bereits Energieausweise, in denen jeweils zwei Sanierungsvarianten beschrieben werden, vorhanden sind, liegt der Fokus der Sanierung auf der Substanzerhaltung und dem neuesten Stand der Technik bezüglich Barrierefreiheit und Brandschutz.

### **Verbesserung zu bestehenden Lösungen / Vergleich zum Stand der Technik**

Konkrete Fallbeispiele und Vergleiche über innovative Schulsanierungen in Österreich sind kaum in umfassenden und aktuellen Studien erfasst<sup>2</sup>. Die zumeist erwartete Komplexität des Bauvorhabens sowie die, im ersten Schritt, Unklarheit über Investitions- und Amortisationskosten bilden maßgebliche Unsicherheitsfaktoren. Vom Bauzustand sanierungsbedürftige Gebäude werden daher zumeist nur phasenweise saniert; d.h. wenn ein bestimmter Bereich baufällig, nicht mehr der Norm entsprechend oder am Ende der Lebensdauer ist, wird dieser Gebäudeteil bzw. das haustechnische System ausgetauscht. Ist ein Gebäude am Ende seiner ‚Nutzungsdauer‘, fällt die Entscheidung in vielen Fällen Richtung Abriss und Neubau statt einer umfassenden Sanierung, da es einfacher ist, Neubauten entsprechend den erhöhten Anforderungen an geänderte Normen, Innenraumkomfort und Energieeffizienz zu planen. Über die Lebensdauer gesehen entfällt jedoch ein großer Teil des gesamten Energieverbrauchs eines Gebäudes auf die Errichtung. Damit ist eine Sanierung aus energetischer Perspektive oft die energiesparendste Variante. Es mangelt jedoch an umsetzbaren Sanierungskonzepten, die mit simulierten Energie- und Kostendaten hinterlegt sind und umgesetzten Sanierungsprojekten. Die Schule Schwanenstadt<sup>3</sup> zählt mit einer Sanierung auf Passivhausstandard (Fertigstellung 2007) bis dato in Österreich zu den energetisch besten Sanierungen in diesem Bereich. In Deutschland wurde durch das Projekt Eneff:Schule<sup>4</sup> die erste PlusEnergie Schulsanierung an einer 1960 erbauten Schule 2011 abgeschlossen.

---

<sup>1</sup><http://www.wien.gv.at/verwaltung/schulen/schulsanierung.html>

<sup>2</sup> Vgl. IEA Annex 36; Retrofit in educational buildings; 2004

<sup>3</sup> Hauptschule II und der Polytechnischen Schule in Schwanenstadt; Sanierung auf Passivhausstandard; Fertigstellung 2007

<sup>4</sup> [www.eneff-schule.de](http://www.eneff-schule.de)

Zur erhöhten Umsetzung energierelevanter Maßnahmen fehlt es daher an einer Darstellung von funktional, energetisch und ökonomisch optimierten Sanierungskonzepten. Den relevanten Entscheidungsträgern (Bundesimmobiliengesellschaft (BIG), Gemeinden, Planern) fehlt daher am Beginn eines Schulsanierungsprojektes meist die Grundlage an Daten für zentrale Fragen:

- Welche Maßnahmenbündel (architektonische und haustechnische Maßnahmen) führen zu einem Plus-Energie-Gebäude?
- Welche funktionalen Adaptierungen müssen getroffen werden, um den Anforderungen an neue Schulformen gerecht zu werden?
- Welche Kombinationen an innovativen Technologien sind sinnvoll anwendbar?
- Wie viel Energieeinsparung bzw. Energieertrag bringen diese Maßnahmen?
- Wie hoch sind die Lebenszykluskosten bzw. wann amortisieren sich diese Investitionen?

Ergebnis der vorliegenden Studie sind innovative Konzepte, die dazu dienen, die Franz-Jonas-Europaschule auf Plus-Energie-Niveau zu sanieren. Diese werden in einem Maßnahmenkatalog beschrieben, welcher durch einen modularen Aufbau auch eine schrittweise Umsetzung einer Plus-Energie Sanierung, in der richtigen Abfolge auf mehrere Jahre verteilt, erlaubt. Die hohen Kosten einer solch umfassenden Sanierung lassen sich meist nicht mit dem vorhandenen Budget eines Jahres umsetzen. Die einzelnen Maßnahmen sind hinsichtlich bautechnischer und architektonischer Umsetzbarkeit, räumlicher Funktionalität, Umsetzungsrisiko, Lebenszykluskosten und Energiedaten bewertet. Die Konzepte weisen dabei ein hohes Replikationspotenzial auf, um die Anwendbarkeit auf andere Schulen ähnlichen Baualters und Bautyps zu gewährleisten.

## 1.2 Zielsetzung des Projekts

Ziel des Projekts war es durch eine technische Durchführbarkeitsstudie anhand eines konkreten Beispiels funktional, ökonomisch und energetisch optimierte PlusEnergie Sanierungskonzepte für Schulbauten zu entwickeln:

- Entwicklung von zukunftsweisenden Sanierungsmodellen für Schulgebäude die die aktuellen Sanierungsstandards (Sanierung auf Passivhaus Niveau) deutlich übertreffen
- Entwicklung von innovativen Konzepten mit hoher Signal- und Multiplikationswirkung
- Optimierung des Raumkonzepts um den geänderten Anforderungen an neue Schulformen gerecht zu werden
- Detaillierte Analyse der Konzepte durch energetische Bewertung (thermisch dynamische Simulation) und Bewertung der Lebenszykluskosten
- Unterstützung in der Entscheidungsfindung und Realisierungen von Schulsanierungsprojekten in Richtung Plus-Energie-Gebäude
- Grundlage für die konkrete Anwendung eines PlusEnergie Sanierungskonzepts in einem Demonstrationsprojekt

Die lebenszyklusorientierte Analyse der Wirtschaftlichkeit der Sanierungskonzepte ist ein wichtiger Bestandteil des Projekts, damit die Realisierbarkeit der Projektergebnisse eingeschätzt werden kann. Wegen der speziellen Rahmenbedingungen bei Schulprojekten (u.a. aufgeteilte Zuständigkeiten) wurde dazu ein Konzept für die Lebenszykluskosten-

Analyse zur Anwendung bei der Sanierung von Schulen entwickelt. Als Grundlage dafür wurden die bestehenden Rahmenbedingungen und zu erwartende Entwicklungen dargestellt und bestehende und in Entwicklung befindliche Tools präsentiert. Abschließend wurde das Konzept für die lebenszyklusorientierte Analyse hinsichtlich Wirtschaftlichkeit der Sanierungskonzepte für eine Schule beschrieben und die im Rahmen von SchulRen+ entwickelten Sanierungskonzepte bewertet. Im Vordergrund stand die Zielsetzung ein replizierbares Modell für die Verbreitung der Schulsanierung in Richtung Plusenergie-Niveau zu entwickeln.

## **2 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt**

Nachfolgend soll der Hintergrund zum Projektinhalt näher beschrieben werden. Es folgt ein Überblick zum Stand der Technik sowie die Beschreibung der verwendeten Methoden zur Erreichung der Projektziele

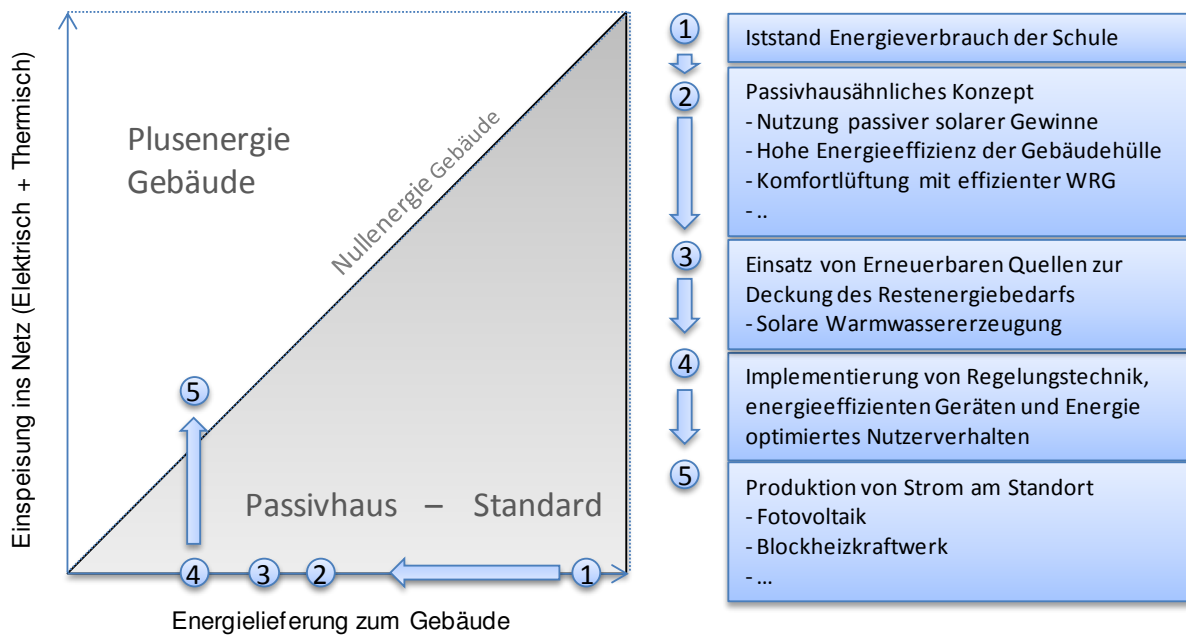
### **2.1 Beschreibung des Standes der Technik**

Zunächst soll das Ergebnis eines Screening themenrelevanter Vorgängerprojekte sowie relevanter Technologien einen Überblick über den Stand der Technik geben. Besonders standen Endberichte diverser „Haus der Zukunft“ Projekte sowie die Veröffentlichungen der „EnEff:Schule-Veranstaltungen“ im Mittelpunkt der Recherche. Das Begleitprojekt zum Forschungsvorhaben "Energieeffiziente Schule (EnEff:Schule)", das vom deutschen Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie im Rahmen des Förderkonzeptes "Energieoptimiertes Bauen (EnOB)" gefördert wird, hat zum Ziel, sämtliche Aktivitäten auf dem Gebiet der Energieeffizienten Schulsanierung zusammenzuführen und darzustellen. Veröffentlichungen zu den Veranstaltungen sind auf der Projekthomepage<sup>5</sup> zusammengetragen. Der Fokus im Rahmen des Technologiescreening zu Projektbeginn lag vor allem auf Technologien und Lösungen für die energieeffiziente Belüftung von Klassenräumen sowie Erneuerbare Energietechnologien, welche in Sanierungsprojekten eingesetzt werden können. Um den Energiebedarf zu minimieren bzw. in weiterer Folge das Ziel des Plus-Energie-Niveaus erreichen zu können, ist u. A. der Einsatz einer energieeffizienten, kontrollierten Belüftung der Klassenräume zwingend erforderlich. Durch den Einsatz kontrollierter Belüftung mit Wärmerückgewinnung werden die thermischen Lüftungsverluste reduziert und zum anderen die Behaglichkeit für SchülerInnen und LehrerInnen gewährleistet. In der vom bmwft geförderten Studie "Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich" aus dem Jahre 2008 wurde bereits treffend resümiert: „Schulneubauten bzw. Schulsanierungen ohne Einbau einer mechanischen Lüftung mit Wärmerückgewinnung sind nicht mehr zeitgemäß“ (Gremel A. 2008).

Die nachfolgende Grafik (Abbildung 1) zeigt sehr anschaulich, wie ein Plus-Energie-Konzept in fünf Schritten zum Erfolg führt. Auf diesem Ansatz basieren die im Projekt erarbeiteten Sanierungskonzepte.

---

<sup>5</sup><http://www.eneff-schule.de/index.php/Veranstaltung/Veranstaltung-Allgemein/veranstaltungen.html>



**Abbildung 1: 5 Schritte vom Bestand zum Plus-Energie-Niveau (adaptiert nach (Voss 2011))**

Um also ein Bestandsgebäude in Richtung Plusenergie zu sanieren muss zunächst der Energieverbrauch massiv reduziert werden (Schritte 1 bis 4). Nur so ist es möglich mit vertretbarem Aufwand die Nullenergiegrenze zu überschreiten (Schritt 5) und eine positive Energiebilanz über das Jahr zu erreichen.

In Richtung Passivhausanierung gibt es in Österreich bereits zahlreiche erfolgreich umgesetzte Projekte. Laut einer internetbasierten Datenbank<sup>6</sup> gibt es in Österreich insgesamt 24 Schulgebäude in Passiv-Bauweise– 11 Neubauten, zwei Erweiterungen und 11 Altbausanierungen. Wesentliche Kennzahlen der Passivhaus-Schulen wurden anhand des Passivhausnachweises erfasst. Für die sanierten Altbauten sind wesentliche Kennzahlen in Anhang 1 aufgelistet.

### 2.1.1 Lüftung in Schulen

Bedingt durch die hohe Belegungsdichte von Personen in Klassenräumen werden hohe Luftwechselraten benötigt, wenn der hygienische Mindestluftwechsel eingehalten werden soll. Wird für die Frischluftbereitstellung einzig eine Fensterlüftung verwendet führt dies zu erheblichen Lüftungswärmeverlusten, welche es zu vermeiden gilt. Daher besteht die Notwendigkeit, eine mechanische, kontrollierte Lüftung einzusetzen, welche entweder eine konstante Menge an Frischluft zur Verfügung stellt oder bedarfsabhängig über z.B. Luftqualitätsfühler (CO<sub>2</sub>, Feuchte, VOC) die Luftmenge automatisch regelt (Amann C. 2010). Da das Thema Lüftung in Schulen von großer Bedeutung ist, sowohl aus energetischer Sicht, als auch hinsichtlich des Komforts, wird im Folgenden näher auf die Anforderungen und Technologien eingegangen.

Zahlreiche Studien weisen auf eine mangelnde Luftqualität in Schulen hin. Greml et al. (2008, S.47ff) zeigen, dass mit Fensterlüftung auch im optimalen Fall (Querlüftung während der Pausen) keine ausreichende Luftqualität gewährleistet werden kann. Es müsste während des Unterrichts gelüftet werden (ständige Kipplüftung oder Stoßlüftung ca. alle 15 Minuten), was aus verschiedenen Gründen (z.B. Straßenlärm, gesundheitliche Beeinträchtigung der

<sup>6</sup>[www.passivehousedatabase.eu](http://www.passivehousedatabase.eu)



Kinder, die sich im Winter in der Nähe der Fenster aufhalten müssen) nicht möglich ist (Grenl A. 2008).

Untersuchungen in Deutschland kommen zu einem ähnlichen Ergebnis: Bundesweite Messreihen in Deutschland belegen, dass in Unterrichtsräumen nicht selten CO<sub>2</sub>-Konzentrationen von über 2.000 ppm bis 5.000 ppm auftreten. Die Höhe der CO<sub>2</sub>-Belastung ist u.a. abhängig von den baulichen Bedingungen, dem Außenklima, der Unterrichtsorganisation und dem Lüftungsverhalten. Es gilt als erwiesen, dass in den meisten Fällen der Richtwert von 1.000 ppm allein mit regelmäßiger Pausenlüftung nicht durchgehend eingehalten werden kann (Bremen 2009).

Gemäß einer dänischen Studie führen erhöhte Lüftungsraten bei 70 % der durchgeführten Tests zu einem signifikanten Effekt bei der Leistungsfähigkeit (Schnelligkeit und Fehlerfreiheit), wobei eine Verdoppelung der Luftzufuhr die Leistungsfähigkeit um ca. 8 – 14 % verbesserte. Die Effekte waren bei Kindern größer als bei Erwachsenen (Wargocki P. 2006).

Tabelle 1: CO<sub>2</sub>-Konzentrationen der Umgebungsluft (0,035 Vol % entsprechen 350 ppm)

CO <sub>2</sub> -Konzentration in parts per million (ppm)	Beschreibung der Luftqualität
260 ppm	Außenluft in vorindustrieller Zeit
350 ppm	Derzeitige reine Außenluft
700 ppm	Stadtluft, im Freien: für Aufenthaltsräume empfohlen
< 1000 ppm	Hygienisch unbedenklich
1000 ppm	Pettenkofer Maximalwert (Lufthygienisch akzeptabler Wert)
1400 ppm	Luft in schlecht gelüfteten Wohnungen (beeinträchtigt Wohlbefinden)
> 2000 ppm	Hygienisch inakzeptabel
3.500 ppm	Maximalwert im Klassenzimmer nach einer Unterrichtsstunde
4.300 ppm	Maximalwerte im Schlafzimmer, zwei Personen
5.000 ppm	Maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK-Wert) (gravierende Müdigkeit)
7.000 ppm	Maximalwerte im Kino, nach einer Vorstellung
40.000 ppm	Ausatmungsluft (Kopfschmerzen, Schwindel)

Quelle: Sonderdruck aus SENSOR MAGAZIN 1/2005, FGK Status Report 22 (2011)

Ein Außenluftvolumenstrom >54 m<sup>3</sup>/h pro SchülerIn gewährleistet eine hohe Raumlufqualität. Damit bleibt die Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration gegenüber der Außenluft <400 ppm. Eine niedrige Raumlufqualität besteht bei einem Außenluftvolumenstrom <22 m<sup>3</sup>/h pro SchülerIn, was eine Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration gegenüber der Außenluft >1000 ppm bedeutet. Die mittlere Raumlufqualität erfordert einen Außenluftvolumenstrom zwischen 36 und 54 m<sup>3</sup>/h pro SchülerIn. (DIN EN 13779, zitiert in (FGK 2011))

Im Sommer wirkt eine Nachtkühlung hohen Temperaturen entgegen. Diese kann über mechanische Klappen, Lüftungsfenster mit feststehenden Lamellen oder mit Hilfe der Lüftungsanlage erfolgen.

## Arten von mechanischen Lüftungssystemen

**Zentrale Lüftungssysteme** versorgen die Räume von einem Hauptleitungsstrang und einem zentralen Lüftungsgerät, das in einem Technikraum untergebracht ist (Klassenzimmerlüftung über eine zentrale Lüftungsanlage für das gesamte Gebäude oder für Gebäudeabschnitte).

**Dezentrale Lüftungssysteme** sind in die Außenhaut eines Gebäudes integrierte schallgedämmte Lüftungsgeräte, welche die Zuluft auf kürzestem Weg in den Raum und /oder die Abluft aus dem Raum transportieren (Klassenzimmerlüftung über dezentrale Lüftungsanlagen in jedem einzelnen Klassenzimmer).

Die Klassenzimmerlüftung über eine **semizentrale Lüftungsanlage** für das gesamte Gebäude oder für Gebäudeabschnitte stellt eine Zwischenstufe dar.

Neben zentralen und dezentralen Lüftungsanlagen gibt es mit der **hybriden Lüftung** ein weiteres Konzept: hier wird die Fensterlüftung mit der mechanischen Lüftung kombiniert. Bei hybrider Lüftung kann in einem System auf zwei Betriebsweisen zurückgegriffen werden: die natürliche und mechanische Lüftung. Hybride Lüftung benötigt eine intelligente Steuerung, die zwischen natürlicher und mechanischer Lüftung umschaltet, um den Energieverbrauch zu minimieren. Die Nutzerakzeptanz ist hoch, weil mit der natürlichen Lüftung die Möglichkeit der individuellen Regelung des Raumklimas eingeschlossen ist. (Grundmann, et al. 2004)

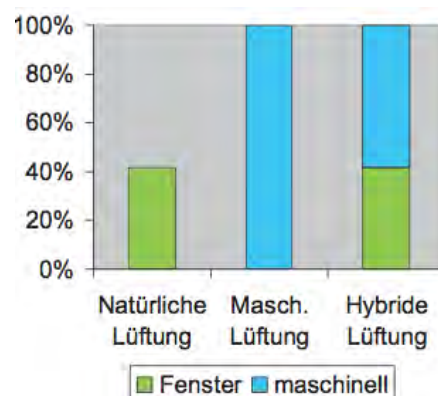


Abbildung 2: Deckungsgrad der Lüftung (Müller 2010)

Dezentrale Lüftungssysteme sind häufig die einzige Möglichkeit eine mechanische Lüftung im Rahmen einer Sanierung zu realisieren. Sie ist jedoch nicht möglich bei geforderter Konstanzhaltung der relativen Luftfeuchte, Reinräumen, Räumen mit hohem Personenaufkommen und geringer Fassadenfläche, innenliegenden Räumen und Räumen mit Raumtiefen > 6m. (Grabbert 2009)

Dezentrale Systeme können mit Fensterlüftung zu hybriden Systemen kombiniert werden und zeigen eine verbesserte Energiebilanz: Die Abschätzung des Jahres-Primärenergiebedarfs für die Lüftung eines Schulraumes auf Basis dynamischer Computersimulationen in der folgenden Abbildung zeigt, dass eine dezentrale hybride Lüftung gegenüber einer zentralen mechanischen Lüftung (Maschinell I; dezentrale Lüftung: Maschinell II) einen um etwa 20% reduzierten Energiebedarf aufweist. (I. BINE 2010)

Die hybride Lüftung kommt auch den Nutzeranforderungen entgegen, die außerhalb der Heizperiode eine natürliche Lüftung bevorzugen. Während der Heizperiode hingegen wird vorwiegend kontrolliert be- und entlüftet.

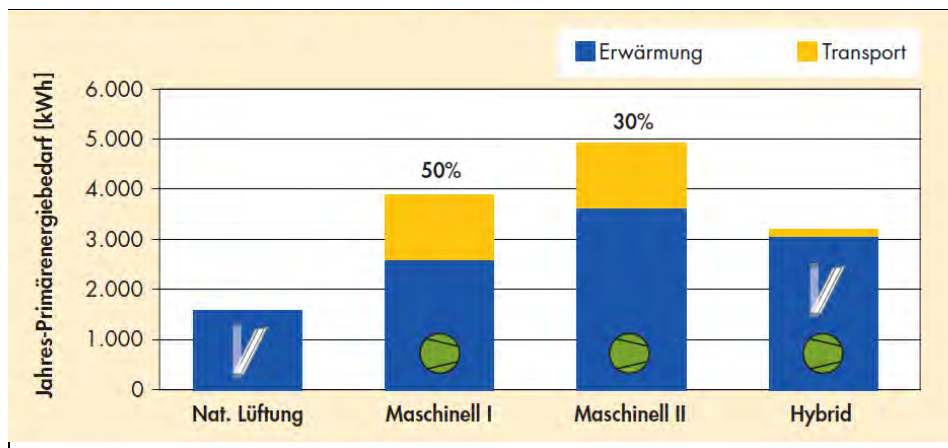


Abbildung 3: Primärenergiebedarf von Lüftungssystemen (I. BINE 2010)

Im Projekt der RWTH Aachen (Feldversuch bis März 2011) zur hybriden Lüftung wurde die automatisierte Fensterlüftung mit einer maschinellen Lüftung kombiniert. Dafür wurde ein komplettes Fassadenelement entwickelt, das aus einem Oberlicht und einem Drehkippenfenster besteht, die sich automatisiert öffnen lassen, sowie einem dezentralen Lüftungsgerät mit einer integrierten Wärmerückgewinnung im Brüstungsbereich. Als Ergebnis einer dynamischen Simulation wurde ein Regelungskonzept entwickelt. Aufbauend auf den Ergebnissen eines Laborteststandes fand ein Feldversuch an zwei benachbarten Klassenräumen des Oberstufenzentrums Energietechnik II in Berlin statt.



Abbildung 4: Ergebnisse des Feldversuches mit hybrider Lüftungstechnik (Eggers, Müller und Matthes 2010)

Argumente für und gegen zentrale und dezentrale Systeme sind in mehreren Studien zu finden, u.a. in:

- Kah, O.; Schulz, T.; Winkel, S.; Schnieders, J.; Bastian, Z.; Kaufmann, B. (2010): Leitfaden für energieeffiziente Bildungsgebäude. Passivhaus Institut, im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und mit Mitteln des EU-Fonds (EFRE)
- Greml, A.; Blümel, E.; Gössler, A.; Kapferer, R.; Leitzinger, W.; Suschek-Berger, J.; Tappler, P. (2008): Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich und

### Beispiele für unterschiedliche Lüftungskonzepte

In Baiersdorf wurde in einer Grundschule ein dezentrales Lüftungskonzept installiert. Hinter einer Vorwand ist jeweils ein Lüftungsgerät für zwei nebeneinanderliegende Unterrichtsräume untergebracht. In Abbildung 5 ist das Konzept dargestellt. Der türkise Pfeil gibt die Ansaugstelle der Außenluft an und die grünen Kanäle und Pfeile stellen das Verteilnetz und die Auslässe der Zuluft dar. Die Abluftansaugung erfolgt bei den gelben Pfeilen und wird als Fortluft, oranger Pfeil, an die Umwelt abgegeben.



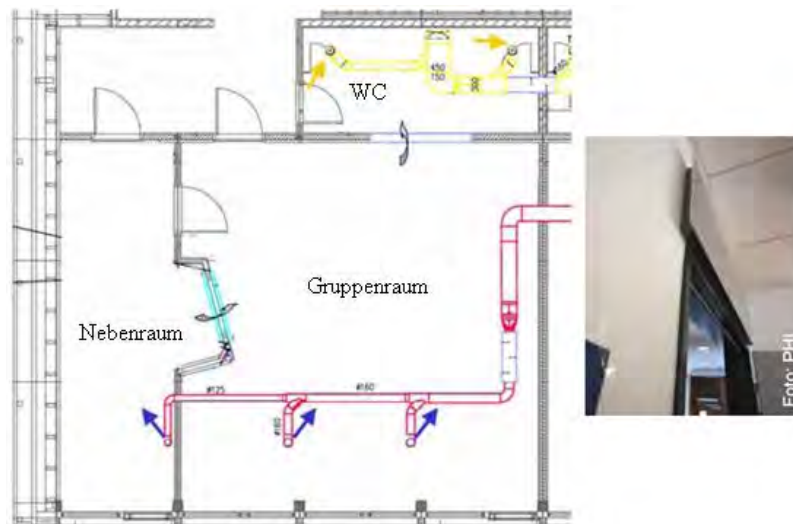
Abbildung 5: dezentrales Lüftungskonzept. Quelle verändert nach (Kah, et al. 2010)

Ein Beispiel für ein dezentrales Gerät ist in Abbildung 6 dargestellt. Das Lüftungssystem „LiLu“ beinhaltet ein integriertes Gerät im Fensterrahmen mit Wärmerückgewinnung, Filter und Schalldämpfer. Die Außenluft wird oben angesaugt und tritt über den oberen Teil des Fensters ein. Im unteren Teil des Fensters wird die Abluft abgesaugt. Bei diesem System könnte es zu einem Kurzschluss von Außen- und Fortluft kommen, da die Ansaugung oberhalb des Austritts der verbrauchten Luft erfolgt.



Abbildung 6: Lüftungssystem „LiLu“ (Kah, et al. 2010)

Das Prinzip der gerichteten Strömung wird zum Beispiel in der Kindertagesstätte in Schwanheim angewandt. Neben- und Gruppenraum dienen als Zuluftbereiche. Die Luft wird mittels Überströmungselementen in den Sanitärraum geführt, wo die verbrauchte Luft dann ins Freie abgegeben wird (Abbildung 7).



**Abbildung 7: Prinzip der gerichteten Durchströmung angewandt in der Kindertagesstätte Schwanheim (links) und ein Überströmungselement (rechts) Quelle verändert nach (Kah, et al. 2010)**

In Abbildung 8 wird eine Nachtkühlung über Öffnungsklappen einer Schule, mit Passivhaus-Niveau, dargestellt. Die Klappen der Klassenräume, der Dachlaterne und die Türen werden in der Nacht geöffnet, damit die Luft von den Aufenthaltsräumen über das zentrale Treppenhaus strömt. Aufgrund des Höhenunterschiedes der Klappen wird der natürliche Auftrieb durch den thermischen Auftrieb verstärkt.



**Abbildung 8: natürliche Nachtlüftung mit Hilfe von Klappen (Kah, et al. 2010)**

## 2.1.2 Lebenszykluskosten-Analyse

### 2.1.2.1 Begriffsklärung

Der Begriff Lebenszykluskosten-Analyse ist ein Sammelbegriff für phasenübergreifende Kostenbetrachtungen. Phasenübergreifende Kostenbetrachtungen sind ein wichtiges Instrument für die Realisierung von nachhaltigen Gebäudekonzepten, weil sie den Investor-Nutzer-Konflikt thematisieren und zu seiner Auflösung beitragen.

Während das Konzept der Lebenszykluskosten-Analyse tatsächlich ausschließlich Kosten in Betracht zieht, werden bei der so genannten „Whole Life Cost“ Analyse auch Einkünfte und

externe Kosten berücksichtigt (ISO 2008). Dem entspricht im deutschen Sprachraum der Begriff „Analyse des Lebenszykluserfolgs“. (IFMA 2011)

Die Entwicklung des Gebäudesektors in Richtung Plusenergie-Gebäude erfordert die methodische Erweiterung von der reinen lebenszyklusbezogenen Kostenbetrachtung auf die Berücksichtigung von Kosten und Erträgen. Die Entwicklungen im Bereich CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktion (Emissionshandel und Kyoto-Protokoll) machen deutlich, dass auch die Integration externer Kosten in die Kostenbewertung erforderlich ist: in der Bewertung des Lebenszykluserfolgs können auch Treibhausgasemissionen, zumindest aber CO<sub>2</sub>-Emissionen, ausgewiesen und mit Kosten belegt werden.

### 2.1.2.2 Rahmenbedingungen der Schulsanierung

Nachfolgend werden die Ergebnisse einer Umfeldanalyse zum Thema Schulsanierung in Österreich aufgeführt.

#### Schulverwaltung in Österreich

Die Zuständigkeit für Investitionskosten und Betriebskosten ist in unterschiedlichen Verwaltungseinheiten angesiedelt. Es liegt damit eine dem Investor-Nutzer-Konflikt vergleichbare Situation vor, und Lebenszykluskosten-Bewertungen können zur Optimierung beitragen.

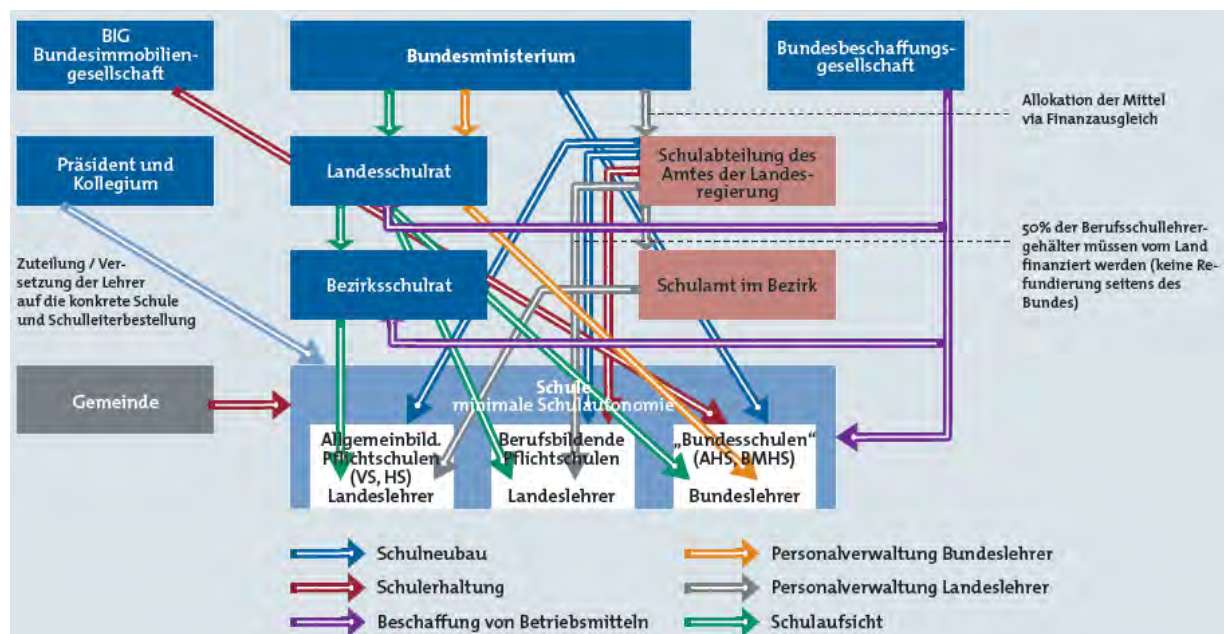


Abbildung 9: Schulverwaltung in Österreich (Schmid, Mayr und Ascher 2009)

In den letzten Jahren werden Reformen des Schulsystems verstärkt diskutiert. Seit 2007 wurden mehrere Analysen vorgelegt, die alle zu dem Ergebnis kommen, dass das über viele Jahre gewachsene System der Schulverwaltung den Anforderungen nicht mehr entspricht und aufgrund von Doppelgleisigkeiten und zersplitterter Kompetenzverteilung hohe Einsparungspotenziale aufweist.

Das Institut für Höhere Studien (Lassnigg, et al. 2007) kommt zu dem Schluss, dass für die österreichische Schulgovernance unter anderem folgende Befunde charakteristisch sind:

„Zersplitterte Kompetenzverteilung: Geringe Übereinstimmung von Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortlichkeiten der Akteure (alle drei Gebietskörperschaften sowie die Bezirksebene sind involviert). Dies wird u.a. von der Aufgabenreformkommission, vom Rechnungshof und von wissenschaftlichen Studien moniert:

„...nehmen sich die Kasuistik der verfassungsrechtlichen Kompetenzverteilung, der Parteienproporz in verfassungsrechtlichen Sonderbehörden, die Zentralisierung der Entscheidungszuständigkeiten, die Diskrepanz von Entscheidungszuständigkeit und Leistungsverantwortung sowie die Behäbigkeit der umständlichen Entscheidungsabläufe als gewaltige Anachronismen aus.“ (Bericht der Aufgabenreformkommission 2001) Weiters plädiert der Rechnungshof für eine Straffung und Vereinheitlichung der Verwaltungsstrukturen.“

	Allgemeinbildende Schulen			Berufsbildende Schulen			Land- und Forstwirtschaftliche Schulen			
	Pflichtschulen		Höhere Schulen	Pflichtschulen	Mittlere Schulen	Höhere Schulen	Pflichtschulen	Mittlere Schulen	Höhere Schulen	
	VS, HS, SS	PS	AHS	BS	HaSch, FS	HTL, HAK, TGM	BS	LW	FW	LuF
Aufbau der Schule	Schule									
Organisation der Schule	Schule									
Errichtung der Schule	Schulerhalter; Anhörung LSR; Bewilligung der LReg		LSR/BMUKK	Amt der LReg / in Stmk und Tirol ist der Berufsschulbeirat zu hören	LSR/BMUKK		Amt der LReg / der LuF Schulbeirat ist zu hören		BMLFUW	
Erhaltung der Schule	Bürgermeister/Gemeinderat/Obmann des Schulgemeinerverbandes		LSR/BMUKK	Amt der LReg	LSR/BMUKK		Amt der LReg		BMLFUW	
Auflassung der Schule	Schulerhalter; Anhörung LSR; Bewilligung der LReg		LSR/BMUKK	Amt der LReg / in Stmk und Tirol ist der Berufsschulbeirat zu hören	LSR/BMUKK		Amt der LReg / der LuF Schulbeirat ist zu hören		BMLFUW	
Einteilung der Schulsprenzel	Amt der LReg		Es gibt keine	Amt der LReg	Es gibt keine		Amt der LReg	Es gibt keine		

**Abbildung 10: Derzeitige Zuständigkeiten für die Errichtung und Erhaltung von Schulen (W. I. RH2009a)**

Die Arbeitsgruppe Verwaltung neu stellt folgende Doppelgleisigkeiten in der Verwaltung fest (W. I. RH 2009b):

- Bei den Pflichtschulen fallen Aufgaben-, Ausgaben- und Finanzierungsverantwortung auseinander
- Bund, Länder, Gemeinden und Gemeindeverbände vertreten unterschiedliche Interessen
- Kompetenzen der Schulaufsicht nur bei pädagogischen Belangen, nicht bei Angelegenheiten der Schulerhalter

Im Bereich „Gebäudemanagement“ ergibt die Bestandsaufnahme folgendes (RH, WIFO, IHS, KDZ 2009):

- Länder üben durch die Definition fixer Schulsprenzel maßgeblichen Einfluss auf die erforderlichen infrastrukturellen und personellen Ressourcen aus
- Jede Gebietskörperschaft verfolgt mit den Schulstandorten eigene Interessen
- Priorität des Erhalts von Schulstandorten
- Kleinschulen, die die Auslastung nicht sicherstellen können
- Für Bundesschulen gibt es ein elektronisches Gebäudemanagement-System; aber nicht alle Schulen sind erfasst

Die weitere Analyse, die in diesem Bericht dargestellt wird, zeigt die folgenden für SchulRen+ relevanten Schlussfolgerungen (siehe Abbildung 11). Bezugnehmend auf den Inhalt der folgenden Abbildung wird festgestellt, dass hinsichtlich Anforderungen aus

energetischer Sicht durchaus brauchbare Informationen vorliegen, da es sich nicht um einen schulspezifischen Aspekt handelt. Bei einer umfassenden thermisch-energetischen Sanierung (Verringerung der Transmissionswärmeverluste, Effizienzsteigerung des Haustechniksystems, Energieträgertausch) besteht grundsätzlich ein Investor-Nutzer-Konflikt, wenn der Eigentümer nicht zugleich auch der Nutzer ist: der Investor investiert in die energetische Verbesserung des Gebäudes und der Nutzer profitiert von den dadurch gesenkten Energiekosten. Das Konzept der Lebenszykluskosten-Bewertung dient als Grundlage für Modelle zur Überwindung dieses Konflikts.

Bei den Pflichtschulen ist zwar der Erhalter formal auch der Errichter bzw. in die Errichtung involviert. Durch die Zersplitterung von Kompetenzen zwischen Verwaltungseinheiten und Zuordnung von Errichtungskosten und Erhaltungskosten zu unterschiedlichen Budgets ist jedoch die Wahrscheinlichkeit gegeben, dass es ähnlich dem Investor-Nutzerkonflikt zu suboptimalen Lösungen kommt (Beispiel Wien: Schulneubau: Zentralbudget; Erhaltung: Bezirksbudget).

<b>Elektronisches Gebäudemanagement</b>	
Das BMUKK hat zwar für die Bundesschulen ein elektronisches System zum Management von Schulanlagen und Bildungs-(Amts-)Gebäuden in Verwendung, die Basisdaten sind jedoch unvollständig erfasst.	Der Sanierungsbedarf und die entsprechenden Kosten sind flächendeckend unbekannt.
Für die Pflichtschulen stehen den Landesschulräten nur vereinzelt Daten zur Verfügung.	Sportanlagen sind insbesondere im Volksschulbereich mangelhaft. Es fehlt eine Gesamtübersicht über den Zustand von Sportanlagen.
<b>Kosten für den Bau, den Betrieb und die Sanierung von Schulgebäuden</b>	
Der Betrieb und die Sanierung von Schulgebäuden erfolgt zum Teil mit und zum Teil ohne PPP-Modelle.	Mangels Vergleichsdaten ist nicht bekannt, welche Variante die wirtschaftlichere ist. Man benötigt Vergleichsdaten und gleiche Standards.
Es gibt Schulen, bei denen der Schulerhalter nicht auch Eigentümer (z.B. BIG, LIG) des Schulgebäudes ist.	Bei Bau und Sanierung von Schulgebäuden wirken sich Entscheidungen über Größe, Beschaffenheit, verwendete Materialien, etc. auf die Kosten aus. Mangels geeigneter Daten lässt sich nicht beurteilen, welche Rolle das Auseinanderfallen von Schulerhalter und Eigentümer des Schulgebäudes spielt.

**Abbildung 11 Derzeitige Zuständigkeiten für die Errichtung und Erhaltung von Schulen (W. I. RH 2009b)**

## Schulverwaltung in Wien

In weiterer Folge wird in diesem Kapitel auf die Gegebenheiten bei einer Schulsanierung in Wien eingegangen. Bei der Sanierung sind mehrere Magistratsabteilungen und der jeweilige Bezirk als Erhalter involviert. Die MA56 ist zuständig für die Wiener Schulen, und lagert alle Aspekte der Betriebsführung an die MA34 aus. Die Betriebsführung beinhaltet auch die Abwicklung der Wartung, Instandhaltung und Sanierung im Sinne einer Verbesserung. Die Investitionskosten für Neubauten werden aus dem Zentralbudget abgedeckt, die Kosten für Wartung, Instandhaltung und Betrieb aus dem Bezirksbudget. Damit liegt ein Investor-Nutzer-Konflikt vor: die wesentliche Anforderung an die Errichtung und den Betrieb von nachhaltigen energieeffizienten Gebäuden ist nicht erfüllt, nämlich jene, dass die Verantwortung für Errichtung und Betrieb in einer Hand liegen sollte, um die energetische und ökonomische Optimierung über den gesamten Lebenszyklus zu erreichen. Die Aufteilung der Kompetenzen ist in der folgenden Tabelle dargestellt.



Der Wiener Gemeinderat hat im April 2007 das Schulsanierungspaket für die Jahre 2008 bis 2017 (Schulsanierungspaket) beschlossen, mit dem substanzerhaltende Baumaßnahmen an 242 Schulstandorten allgemein bildender Pflichtschulen in Wien durchgeführt werden<sup>7</sup>. Im Rahmen des Schulsanierungspakets SUSA wurde ein Zeitplan für die Sanierung der Wiener Schulen erarbeitet und Budgetmittel wurden zu Objekten zugeteilt. Die Bezirke erhalten 40 % der Kosten für die Sanierung aus dem Zentralbudget refundiert. Bei SUSA handelt es sich vorwiegend um Instandsetzungsmaßnahmen<sup>8</sup>.

**Tabelle 2: Schulverwaltung in Wien**

Verwaltung	Zuständigkeit
MA56 Wiener Schulen	Die Gemeinde Wien ist Schulerhalterin der rund 380 öffentlichen Wiener Pflichtschulen und von drei Fachschulen. Diese Funktion wird durch die Abteilung Wiener Schulen (MA56) wahrgenommen. Aufgaben: Errichtung, Erhaltung, Modernisierung und Verwaltung aller öffentlichen Wiener Volks-, Haupt- und Sonderschulen, Polytechnischen Schulen sowie Berufsschulen.  Projektrelevante Zuständigkeiten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung von Budgetvorschlägen an die Bezirke</li> <li>• Die Vermietung von Räumen und Freiflächen für Zwecke der Erwachsenenbildung, der Kinder- und Jugendbetreuung und des Sports</li> <li>• Umsetzung des Schulsanierungspaketes 2008 bis 2017 (SUSA)</li> <li>• Rolle des Bauherrn: Setzen der obersten Projektziele (Definition des Vorhabens in inhaltlicher, qualitativer, terminlicher und kostenmäßiger Hinsicht); Veranlassung der Planung; Bereitstellung von Grund und Boden; Bereitstellung der finanziellen Mittel; erforderliche Genehmigungen; oberste Kontrolle und Entscheidung der obersten Ziele; Mitwirkung bei Übernahmen und Schlussfeststellungen</li> </ul>
MA34 <a href="#">Bau- und Gebäude- management</a>	Die MA34 arbeitet für die verschiedensten Dienststellen der Stadt Wien und betreut zahlreiche Objekte der Stadt wie das Rathaus, Amtshäuser, Schulen, Kindergärten, Feuerwachen, Büchereien, Märkte und Betriebsobjekte in Parkanlagen. Die Gebäudebewirtschaftung erfolgt nach den Ansätzen des <a href="#">Facility Managements</a> in kaufmännischen, technischen und infrastrukturellen Bereichen. Ziel: Verbesserung der Gebäudebewirtschaftung der Stadt Wien.  Projektrelevante Zuständigkeiten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Koordination der Sanierung im Auftrag der MA56</li> <li>• Ausschreibung</li> <li>• Örtliche Bauaufsicht</li> </ul>
MA37 Baupolizei	Die Baupolizei (MA 37) bewilligt und überwacht Bauvorhaben.
MA19 Architektur und Stadtgestalt- ung	Projektrelevante Aufgabenschwerpunkte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gutachten zur Stadtbildverträglichkeit im Rahmen von Bewilligungsverfahren</li> </ul>
Bezirk	Die Gemeinde Wien überträgt besonders bezirksorientierte Aufgaben den Bezirken.

<sup>7</sup><http://www.wieninternational.at/de/content/schulsanierungen-2011-die-stadt-wien-investiert-55-millionen-euro-de> [07.09.2011]

<sup>8</sup><http://www.wien.gv.at/verwaltung/schulen/schulsanierung.html> [07.09.2011]

	<p>Diese Aufgaben sind in der Wiener Stadtverfassung aufgezählt. Das volle Entscheidungsrecht inklusive Budgetzuständigkeit liegt dabei bei den Bezirksorganen.</p> <p><b>Eigenzuständigkeit bedeutet, dass der Bezirk für die ihm übertragenen Aufgaben die Budgetmittel der Verwaltung der Stadt Wien zur Verfügung stellen muss. Dadurch kann der Bezirk bestimmen, welche Maßnahmen wann gesetzt werden. Für die Beantragung der Mittel und die Umsetzung der Maßnahmen sind ausschließlich die Fachdienststellen des Magistrats der Stadt Wien zuständig. Die für die Erfüllung dieser Aufgaben notwendigen Finanzmittel werden den Bezirken vom Gemeinderat zur Verfügung gestellt.</b></p> <p>Zur Durchführung einer konkreten Aufgabe beantragt der Magistrat jeweils Geldmittel beim Bezirk. Das zuständige Bezirksorgan führt die Genehmigung durch.</p> <p>In budgetärer Eigenverantwortung der Bezirke liegen u.a. (laut § 103 Absatz 1 der <a href="#">Wiener Stadtverfassung</a>) folgende Aufgaben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">Kindergärten (Kindertagesheime) und Schulen</a></li> <li>• <a href="#">Außerschulische Kinder- und Jugendbetreuung</a></li> <li>• <a href="#">Kulturbereich</a></li> <li>• <a href="#">Musikschulen</a></li> <li>• <a href="#">Vergabe von Aufträgen für bauliche und gestalterische Projekte</a></li> </ul> <p>Die dezentralisierten Aufgaben betreffen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• alle Erhaltungsarbeiten an und in den Gebäuden sowie im Bereich der zu den Kindergärten und Schulen gehörenden Grünanlagen, einschließlich Zuanlagen und Spielgeräten,</li> <li>• Einbau von Zentralheizungen, Herstellung von Fernwärmeanschlüssen,</li> <li>• die Instandhaltung der Fernmeldeanlagen (zum Beispiel Telefonanschlüsse, Haustelesonanlagen, Alarmanlagen),</li> <li>• die Betriebs- und Wartungskosten wie zum Beispiel für Fensterreinigung, Rauchfangkehrung, winterliche Gehsteigbetreuung, Schädlingsbekämpfung, Kosten für Sicherheitsmaßnahmen (wie der Aufwand für Feuerlöscher und Brandschutzpläne) und Energiekosten sowie</li> <li>• die Anschaffung von Einrichtungsgegenständen (inklusive Spielzeug und Sportgeräte) und Reinigungsgeräten für die Kindergärten und Schulen, ausgenommen die Erstausrüstung bei Neu- und Zubauten.</li> </ul>
--	---

Quelle: <http://www.wien.gv.at>[07.09.2011]und Informationen, die von Mitarbeitern der MA56 und MA34 im Projektverlauf zur Verfügung gestellt wurden

Die städtischen Kindergärten und die allgemeinbildenden Pflichtschulen im Sinne des Wiener Schulgesetzes (Volksschulen, Hauptschulen, Kooperative Mittelschulen, Polytechnische Schulen) mit Ausnahme der Sonderschulen für körperbehinderte, schwerhörige, sehbehinderte und schwerstbehinderte Kinder, sind dezentralisiert. Neubauten von Kindergärten und Schulen werden aus dem Zentralbudget gedeckt und belasten die Bezirksbudgets in der Investitionsphase nicht. Sie sind jedoch in der Betriebsphase von den Investitionsentscheidungen betroffen, da die Erhaltungskosten und damit die Energiekosten in die Verantwortung der Bezirke fallen.

## Raumbuch

Das Raumbuch ist ein Pflichtenheft, das sehr detaillierte Richtlinien für die Planung, Errichtung und umfassende Sanierung von Schulbauten der Stadt Wien enthält. Es verweist auf einschlägige technische Normen und Richtlinien sowie auf die ÖISS-Richtlinie Ökologische Kriterien im Schulbau. Gemäß Erlass MDA-1207-1/03, Berücksichtigung der Umweltgerechtigkeit bei der Beschreibung der Leistung in Ausschreibungen, sind die

Richtlinien bzw. Kriterienkataloge aus dem Programm ÖkoKauf der Stadt Wien zu beachten. Die Anforderung „Niedrigenergiestandard“ wird nur an Neubauten gestellt (Vorbemerkungen, Seite 3, Version 01/2011). (MA 34 2011a)

In den Raumbüchern für Hauptschulen sind Entlüftungen für innenliegende Räume vorgegeben, Fensterlüftung bei Räumen für Sonderunterricht (EDV-Raum, Physiksaal, Werken, Schulküche, etc.). Eine mechanische Raumlüftung ist nur bei Neubauten und dann in Unterrichtsräumen, Lehrerarbeitsräumen, Lehreraufenthaltsräumen, Direktion, Schularzt, Psychologe, Sprechzimmer, WC, Freizeitraum vorzusehen. Bei Sanierungen ist ausdrücklich Fensterlüftung angeführt. Im Turnsaal und Gymnastiksaal ist eine mechanische Raumlüftung mit Steuerung der Heizung und Lüftung in Kombination mit den Fenstern vorzusehen. (MA34 2011b)

Gemäß Raumbuch soll „Grundsätzlich ... eine architektonisch, wirtschaftlich und ökologisch ausgewogene Planung und Ausführung angestrebt werden. Wirtschaftlichkeit ist gegeben, wenn möglichst geringe Lebenszykluskosten (Summe aus Errichtungskosten, Erhaltungskosten und Betriebskosten gerechnet auf die Gebäudelebensdauer) einer optimalen Nutzbarkeit gegenüberstehen.“

### **ÖkoKauf Wien, Nachhaltige Beschaffung**

Für die nachhaltige Beschaffung in Wien sind laut einem Erlass des Magistratsdirektors alle Ergebnisse (Kriterienkataloge, Positionspapiere, Studien, Mustermappen) von "ÖkoKauf Wien" verbindlich anzuwenden<sup>9</sup>. ÖkoKauf Hochbau verweist auf die ÖISS Richtlinie Ökologische Kriterien im Schulbau. Die Unterlagen dienen zur Verwendung für Ausschreibungen nach dem Bundesvergabegesetz (BVergG) 2006. Im Rahmen des Nationalen Aktionsplans Nachhaltige Beschaffung NaBe<sup>10</sup> wurden die Kriterien von ÖkoKauf und Umweltverband Vorarlberg zu einem ökologischen Baustandard harmonisiert<sup>11</sup>.

### **Wettbewerbstool der MA34**

Die MA34 bewertet Wettbewerbsprojekte (Neubau) mit einem Lebenszykluskostentool, das auf eine nicht-monetäre Bewertung abzielt. Die eingereichten Wettbewerbsunterlagen werden dazu herangezogen, die Folgekosten auf der Grundlage von Erfahrungswerten mit bestimmten Materialien und Konzepten zu klassifizieren. Die Klassifizierung wird mittels Farbcode ausgedrückt. Die Bewertung der Lebenszykluskosten geht in die Jury-Beurteilung ein, kommt jedoch nicht immer zum Tragen, weil Image-Faktoren wichtiger sein können. (MA34, Besprechung am 22. Juli 2011)

### **Status quo der Abläufe und Optimierungspotenzial**

Bei Schulen handelt es sich um Gebäude mit folgenden besonderen Charakteristika:

- Eigentümerin ist die öffentliche Hand, daher Vorbildfunktion erforderlich - Anforderungen gemäß Aktionsplan Nachhaltige Beschaffung NaBe: Berücksichtigung von TCO (Total Cost of Ownership, entspricht Lebenszykluskosten-Ansatz)

---

<sup>9</sup><http://www.wien.gv.at/umweltschutz/oekokauf/ergebnisse.html#hochbau> [07.09.2011]

<sup>10</sup> Österreichischer Aktionsplan zur nachhaltigen öffentlichen Beschaffung, Juli 2010 <http://www.nachhaltigebeschaffung.at/> [07.09.2011]

<sup>11</sup><http://nachhaltigebeschaffung.at/node/312> [07.09.2011]

- Knappe finanzielle Mittel
- Aufgesplitterte Kompetenzen, daher aufwändige Verwaltung

Im Rahmen des Projekts wurden mit den beteiligten Magistratsabteilungen die wie folgt aufgelisteten Barrieren und Ansätze für ambitionierte umfassende energetische Sanierungen identifiziert.

#### **Barrieren für Energieeffizienzmaßnahmen und erneuerbare Energietechnologien:**

- Vergabekriterien, Bundesvergabegesetz
- Maximalbetrag EUR/m<sup>2</sup> Errichtungskosten als Vorgabe für Wirtschaftlichkeitsbesprechung
- Errichtung und Sanierung: MA56 Zentralbudget und Verteilung auf Schulen; Dezentralisierung: Bezirke haben Mitspracherecht
- Betrieb: Bezirke zahlen Energiekosten
- Abrechnung: der Bezirk zahlt eine Jahressumme, erhält eine Rechnung für alle Schulen gemeinsam
- Mögliche Probleme im Zuge der Abrechnung: Nachzahlung Strom; MA56 stellt Erhöhungsantrag an den Bezirk
- Contracting: 10 Jahre Laufzeit, es hat Probleme gegeben, Anmerkung: jetzt Laufzeit bis zu 15 Jahre möglich)
- Haustechnikfirmen sind den Anforderungen teilweise nicht gewachsen

#### **Ansätze für die Verbesserung:**

- Nutzer involvieren
- Leitbild Plusenergie-Schule
- Fernauslesung von Energie, regelmäßige Information, Nachzahlungen vermeiden
- Einfache Systeme, die von Hausmeistern bedienbar sind
- Vorlage der Maßnahmen inklusive Lebenszykluskosten in Modulen
- Je mehr Module desto besser, weil auch anwendbar auf andere Schulen
- Ampelsystem für Beurteilung
- Synergien nutzen: Brandschutz, Raum, Energie

Diese Ansätze für die Verbesserung bildeten einen wichtigen Input für die Entwicklung des Konzepts für die Lebenszykluskosten-Bewertung von Schulen. Ein Lebenszykluskosten-Bewertungskonzept für Schulen soll nach Möglichkeit zur Überwindung der genannten Barrieren beitragen und die Ansätze zur Verbesserung unterstützen.

Ein Mitarbeiter der Stadt Stuttgart beschreibt die Situation wie folgt: „Die Umsetzung einer Mustersanierung zur Plus-Energieschule erfordert eine Unterstützung von Partnern aus Politik, Wirtschaft und Forschung, da die Kommune über keine hinreichenden Investitionsmittel verfügt und die Maßnahmen für eine Sanierung zur Plus-Energieschule derzeit noch nicht wirtschaftlich sind.“ (Görres 2009).

## Die Rolle der MA20

Die Aufgaben der Abteilung Energieplanung (MA 20) sind gemäß Geschäftseinteilung des Magistrats der Stadt Wien wie folgt<sup>12</sup>:

- Koordination und Weiterentwicklung energierelevanter Konzepte, unter anderem des [Städtischen Energieeffizienz-Programms](#) (SEP)
- Controlling im Hinblick auf die Erreichung der Ziele der bestehenden energiewirtschaftlichen Konzepte sowie Empfehlung diesbezüglicher Maßnahmen
- Verwaltung des Fonds des Landes Wien zur Förderung von Ökostromanlagen sowie Gestaltung der bezughabenden Förderrichtlinie
- Mitwirkung bei der Gestaltung und Gewährung sonstiger energierelevanter Förderungen
- Energiewirtschaftliche Begutachtung von Projekten bei Behördenverfahren
- Entwicklung von Pilotprojekten zur Forcierung neuer Energietechnologien
- Mitwirkung bei Projekten zur Bewusstseinsbildung betreffend der Steigerung der Energieeffizienz (Energieberatung)

Die MA20 kann somit eine wichtige Rolle bei der Realisierung von energetisch umfassenden Sanierungen in Wien einnehmen.

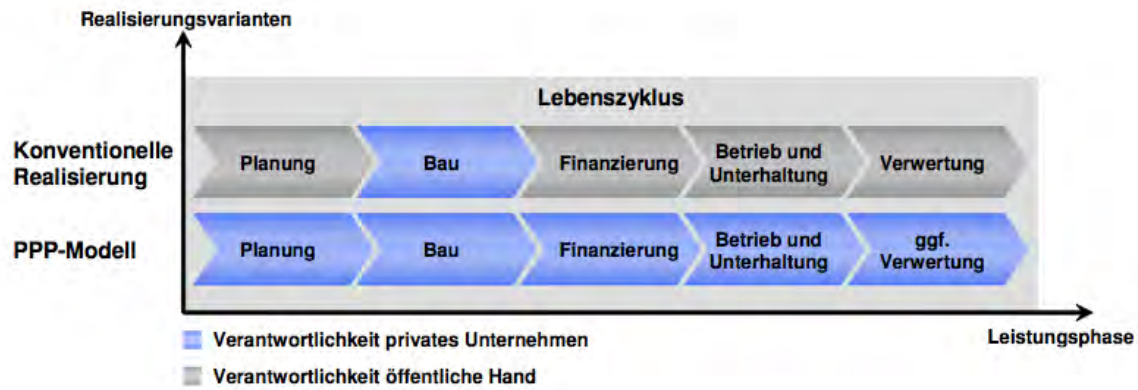
### 2.1.2.3 Finanzierungs- und Vertragsmodelle für die Schulsanierung

#### Public Private Partnership bei Schulen

Public Private Partnership (PPP) ermöglicht die Realisierung öffentlicher Infrastrukturprojekte durch eine langfristige Zusammenarbeit zwischen öffentlicher Hand und privater Wirtschaft. PPP-Vertragsmodelle zeigen wirtschaftliche Zusammenhänge von Investitions-, Finanzierungs- und Bewirtschaftungskosten im Sinne eines Lebenszyklusansatzes auf. Wenn der öffentliche Auftraggeber bereit ist, den Lebenszyklusansatz zu realisieren, dann übernimmt der private Partner langfristig eine umfassende Verantwortung für das Gebäude. Werden ihm dabei die Aufgaben aus den Bereichen Planung, Sanierung bzw. Neubau, Betrieb (Bewirtschaftung und Bauunterhaltung), Finanzierung und ggf. Verwertung übertragen, können daraus Effizienzvorteile erzielt werden. (Public FM 2010)

---

<sup>12</sup><http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/aufgaben.html> [07.09.2011]; Herbert Ritter, mündliche Mitteilung, 29.11.2011



**Abbildung 12: Optimierung über den Lebenszyklus durch PPP-Modell (Bundesministerium für Verkehr 2007)**

Die folgenden Angaben stammen aus den folgenden Publikationen des Projekts „Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Public Private Partnership Modellen im kommunalen Hoch- und Tiefbau“ (PPP-Schulstudie) des Forschungsprogramms „Aufbau Ost, Raumentwicklung und Strukturpolitik“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR). Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (PPP Task Force / NL 11), Berlin (2007):

- Leitfaden II: Kriterienkatalog PPP-Eignungstest Schulen
- Leitfaden III: Outputorientierte Ausschreibungsunterlagen für Schulen
- Leitfaden IV: PPP-Wirtschaftlichkeitsuntersuchung

#### **Vorteile für Gemeinden im Bereich Schulen:**

- Abbau des Investitionsstaus im Bereich Schulgebäude
- Schaffung besserer Lernbedingungen für die Schüler
- Erwartung von Effizienzvorteilen (höhere Wirtschaftlichkeit im Vergleich zur konventionellen Durchführung) und dadurch langfristige Entlastung des Haushaltes
- Erwartung einer beschleunigten Projektrealisierung
- Nutzung von privatem Kapital
- Erwartung höherer Effektivität (bessere Zielerreichung)
- Nutzung von privatem Know-how

<p><b>Übergeordnetes Ziel:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gewährleistung einer effizienten und nachhaltigen Bereitstellung von räumlichen und sachlichen Rahmenbedingungen für die Bildung und Förderung von Kindern im Schulbereich.</li> </ul> <p><b>Bauliche Ziele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Investitionsstau im Schulbereich soll bis zum Jahr 20... um ... Mio. € bzw. ... % reduziert werden.</li> <li>• Die Auflagen des Brand- und Unfallschutzes sowie der Hygiene sind bis zum 31.12.20... zu erfüllen.</li> <li>• Durch Sanierung, Ersatzneubau und Anbau sind die Nutzeranforderungen an die Schulen umzusetzen.</li> </ul> <p><b>Effizienzziele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die PPP-Variante soll Effizienzvorteile bezogen auf die Lebenszykluskosten im Vergleich zur konventionellen Variante erbringen.</li> <li>• Die Umsetzung der PPP-Variante muss auch Einsparpotenziale im Verwaltungsbereich generieren.</li> </ul> <p><b>Finanzziele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der kommunale Haushalt soll durch die PPP-Variante im Vergleich zur konventionellen Variante entlastet werden.</li> <li>• PPP soll dadurch einen Beitrag zur Haushaltskonsolidierung leisten.</li> </ul> <p><b>Standortziele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es sollen nur die über die Projektlaufzeit bestandssicheren Objekte in das PPP-Projekt einbezogen werden.</li> <li>• Besondere Priorität haben Standorte mit mehreren Schulformen und Ganztagsbetreuungsangeboten.</li> <li>• Es sind Möglichkeiten der interkommunalen Zusammenarbeit zur Gewährleistung der Bestandssicherheit zu prüfen.</li> </ul> <p><b>Bewirtschaftungsziele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die in das PPP-Projekt einbezogenen Objekte sollen vollständig durch den privaten Anbieter bewirtschaftet werden.</li> <li>• Qualitätsstandards werden vertraglich festgeschrieben.</li> </ul> <p><b>Risikoziele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die PPP-immanenten Risiken sind zwischen privatem Anbieter und Kommune optimiert zu verteilen.</li> <li>• Risiken aus Planung, Bau, Sanierung, Finanzierung und Betrieb sind auf den privaten Anbieter zu verlagern.</li> <li>• Das Gesetzgebungs- und Auslastungsrisiko verbleibt bei der Kommune.</li> </ul> <p><b>Vertragsmodell:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das PPP-Projekt soll bevorzugt als PPP-Inhabermodell umgesetzt werden.</li> </ul>
--

**Abbildung 13: Zielsetzungen eines PPP-Projekts im Schulbereich (Bundesministerium für Verkehr 2007)**

**Voraussetzungen für ein PPP-Projekt:**

- Langfristige Partnerschaft zwischen Verwaltung und Unternehmen
- Lebenszyklusbetrachtung
- Anwendung des Risikoverteilungsgrundsatzes (Risikoallokation)
- Outputorientierte Leistungsbeschreibung
- Veränderter Vergütungsmechanismus

**Kennzeichen von PPP-Modellen bei Schulen:**

- Vorherrschende Vertragsform: PPP-Inhabermodell
- Laufzeiten von in Deutschland realisierten PPP-Projekten bei Schulen: Bewirtschaftungsphase von 20-25 Jahren

<b>1. Bereitschaft in Verwaltung und politische Umsetzbarkeit (Ausschlusskriterium)</b>	
	Akzeptanz von PPP in Öffentlichkeit, Politik und Verwaltung
	Bereitschaft zur langfristigen Vertragsbindung
	Bereitschaft zum Lebenszyklusansatz
	Bereitschaft zur Anwendung des Risikoverteilungsgrundsatzes
	Bereitschaft zur outputspezifischen Leistungsbeschreibung
	Sicherstellung, dass keine Gefährdung des Projektes durch mögliche politische Hindernisse besteht
	Sicherstellung, dass keine Gefährdung des Projektes durch mögliche Hindernisse in der Verwaltung besteht
<input type="checkbox"/> erfüllt	<input type="checkbox"/> nicht erfüllt
<b>2. Bewältigung von rechtlichen Hindernissen</b>	
	im Haushaltsrecht
	im Kommunalrecht
	im Vergaberecht
	im Steuerrecht
	im Fördermittelrecht
<input type="checkbox"/> erfüllt	<input type="checkbox"/> nicht erfüllt
<b>3. Vorkenntnisse und Informationsstand zu PPP</b>	
	Das PPP-Projektteam sowie die notwendigen Gremien verfügen über ausreichende Vorkenntnisse.
<input type="checkbox"/> erfüllt	<input type="checkbox"/> nicht erfüllt
<b>4. Verfügbare Ressourcen in Verwaltung</b>	
	Ausreichende technische Ressourcen
	Ausreichende betriebswirtschaftliche Ressourcen
	Ausreichende juristische Ressourcen
	Ausreichende Ressourcen im Projektmanagement
<input type="checkbox"/> erfüllt	<input type="checkbox"/> nicht erfüllt

Abbildung 14: Checkliste Umsetzbarkeit eines PPP-Projekts (Bundesministerium für Verkehr 2007)

**Organisation von PPP-Projekten:** In einigen laufenden PPP-Projekten in Deutschland ist die Kommune an der Projektgesellschaft beteiligt. Dies sichert ein größeres Mitspracherecht der Kommune, führt unter Umständen aber zu einer nicht vollständigen Aufgaben- und Funktionstrennung zwischen privatem Anbieter und der öffentlichen Hand.



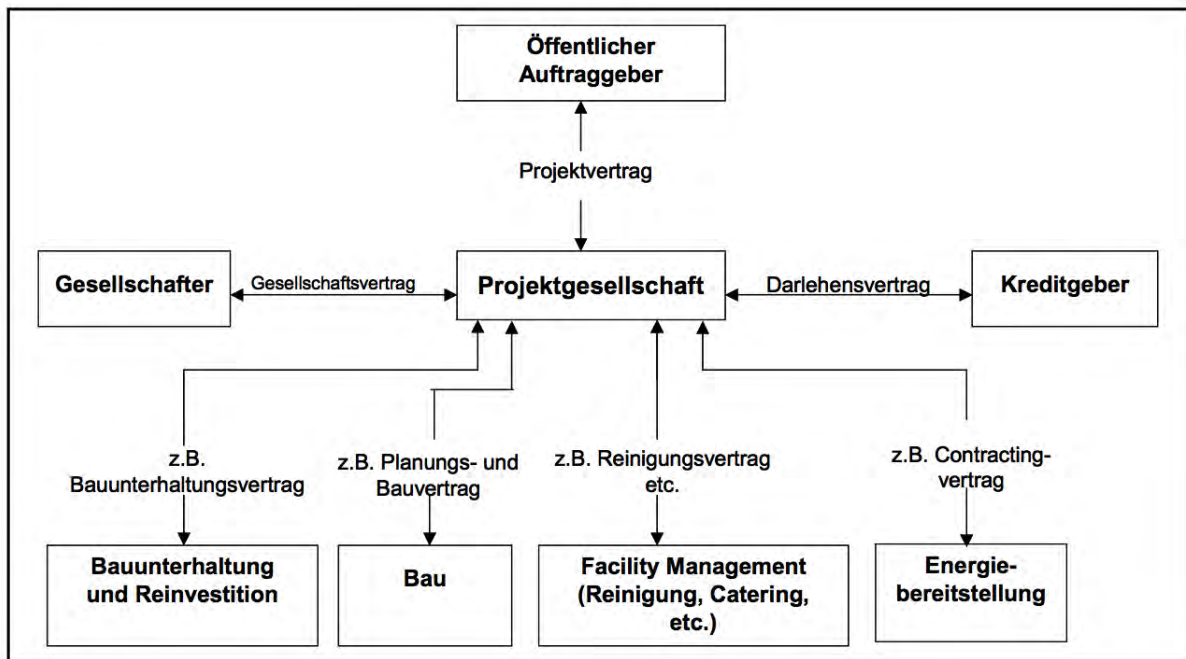


Abbildung 15: Organisation eines PPP-Projekts (Bundesministerium für Verkehr 2007)

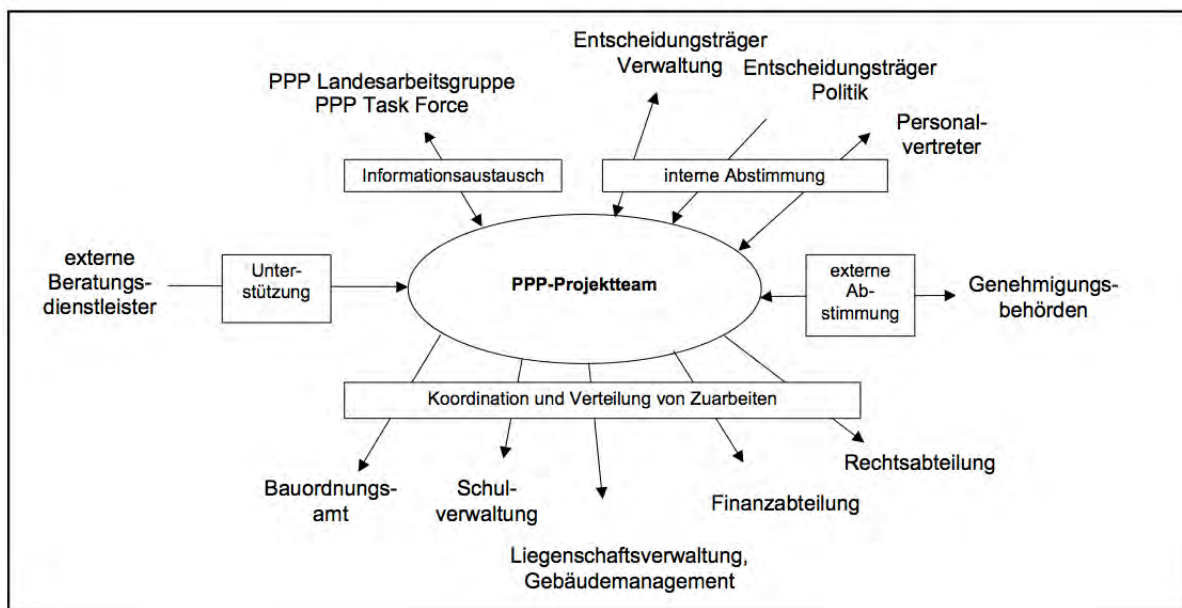


Abbildung 16: Abstimmungsbedarf und Arbeitsverteilung bei einem PPP-Projekt (Bundesministerium für Verkehr 2007)

**Outputspezifikationen:** In den Ausschreibungsunterlagen werden grundsätzlich die Nutzeranforderungen definiert. Der private Anbieter wird im Verfahren die Umsetzung der Nutzeranforderungen unter Berücksichtigung der bestehenden Richtlinien und Verordnungen selbst planen. Die Kommune sollte deshalb bereit sein, wesentliche Planungsaufgaben auf den privaten Anbieter zu übertragen und nur im Vorfeld mittels outputspezifischer Ausschreibungsunterlagen die Rahmenbedingungen zu definieren.

**Risikoverteilungsgrundsatz zwischen beiden Partnern:** Bei der PPP-Vorbereitung sollten zunächst sämtliche möglicherweise eintretenden Risiken benannt werden (Risikoidentifikation). Danach wird eine mögliche und sinnvolle Aufteilung der Risiken auf die einzelnen Partner vorab beurteilt.

Risiken	Risiko überwiegend auf Privaten übertragbar	Risiko überwiegend nicht auf Privaten übertragbar
<b>I. Planung und Bau</b>		
<b>Planungsrisiken</b>		
unvollständige Leistungsbeschreibung	x	
fehlerhafte Kalkulation	x	
sonstige Planungsfehler	x	
Bedarfsänderung		x
aufgrund Genehmigungspflicht	(x)	
<b>Baurisiken</b>		
Baugrundverhältnisse (sachlich und rechtlich)		x
Bauwerk		
- Höhere Gewalt	x	
- Beschaffenheit der Altsubstanz		x
- Preissteigerungen	x	
- Leistungsänderungen / Nachträge		x
<b>Allgemeine Terminrisiken</b>		
	(x)	
<b>Verlustrisiken (z. B. Material, Mobiliar)</b>		
	x	
<b>Insolvenzrisiken</b>		
Insolvenz des Auftragnehmers	x	
Insolvenz eines Nachunternehmers	x	
<b>II. Betrieb</b>		
<b>Instandhaltungs- und Instandsetzungsrisiken</b>		
Ausfall	x	
Mängel	x	
Vandalismus	(x)	
Preissteigerungen	x	
Leistungsstandardänderungen (Gesetz bzw. Technologie)	(x)	
<b>Sonstige Betriebsrisiken</b>		
Zusatzleistungen/Leistungsänderungen		x
Preissteigerungen		x
Verbrauchsmengenerhöhungen	x	
<b>Insolvenzrisiken</b>		
Insolvenz des Auftragnehmers	x	
Insolvenz eines Nachunternehmers	x	
<b>III. Finanzierung</b>		
Bauzwischenfinanzierung	x	
Endfinanzierung		
- Fördermittel		x
- Zinsänderungen	x	
<b>IV. Verwertung</b>		
Nachnutzungsrisiko		x
Wertrisiko		x

Abbildung 17: Checkliste Risikoverteilung (Bundesministerium für Verkehr 2007)

### Projektspezifische Kriterien zur Beurteilung der PPP-Eignung der jeweiligen Schulstandorte:

- Notwendigkeit der Investition
- Bestandssicherheit
- Geeignete räumliche und inhaltliche Projektstrukturierung
- Ausreichendes Investitionsvolumen sowie umfassender Bewirtschaftungsanteil
- Erwartete Marktattraktivität
- Einbeziehbarkeit von Fördermitteln
- Erwartete Effizienzvorteile von PPP
- Finanzierbarkeit / Haushaltsverträglichkeit der PPP-Raten
- Zeitrahmen für die PPP-Umsetzung

### Domestic Offset Projects (DOPs)

Domestic Offset Projects (DOP) oder Nationale Ausgleichsprojekte stellen eine zusätzliche Möglichkeit zur Mobilisierung von bisher ungenutzten Potentialen zur Erzielung von CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktionen dar. DOP sollen in Bereichen realisiert werden, für die es keine

Unterstützung durch die öffentliche Hand gibt. Investoren/Projektbetreiber sollen im Gegenzug für die erfolgte Emissionsminderung eine neue Form der Unterstützung erhalten, die die Umsetzung des Investitionsprojektes ermöglicht. Die Anreizfinanzierung für Domestic Offset Projects ist mit den Kosten für Emissionsgutschriften aus JI/CDM-Projekten zu vergleichen; DOPs haben jedoch den zusätzlichen Bonus eines Impulses für die Wirtschaft im Inland. Ziel wäre, dass mittels energetischer Verbesserung von Nichtwohngebäuden ein CO<sub>2</sub>-Bonus über Domestic Offset Projects wirksam wird<sup>13</sup>. Demzufolge könnte ein österreichischer Unternehmer im eigenen Land ein DOP durchführen. Eine Voraussetzung dafür ist die Zusätzlichkeit oder Additionality des DOP. Wenn ein Emissionsreduktionsprojekt als DOP vorgeschlagen wird, diese potentielle Reduktion jedoch schon von einem anderen Politikinstrument erfasst ist, kann dieses Projekt nicht mehr als zusätzlich betrachtet werden. Weiters muss die Baseline des potentiellen Projektes auch alle Gesetze, Vorschriften und Standards erfüllen und es dürfen nur darüber hinaus generierbare Emissionsreduktionen anerkannt werden. In einer Studie von 2007 wird eine DOP-Förderrichtlinie auf der Basis einer Ex-post Förderung vorgeschlagen, die a priori keinen Sektor, keine Technologie und kein Treibhausgas ausschließt. Notwendig wäre ein vereinfachtes Prüfverfahren zum Nachweis der Emissionsreduktionen und die Sicherstellung, dass die Kriterien der Zusätzlichkeit und Zulässigkeit erfüllt sein müssen.(Innovation & Klima: Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung 2007)

In Österreich gibt es derzeit noch keine Rahmenbedingungen für die Abwicklung von DOPs, weil das Kriterium der Zusätzlichkeit im Hinblick auf die Verpflichtungen gemäß Kyoto-Protokoll in Frage gestellt wurde. Mit der neuen Energieeffizienz-Richtlinie wird die Verpflichtung bestehen, dass die öffentliche Hand ab 2014 jährlich 3 % der Gesamtfläche zu sanieren hat. Hier wäre zu untersuchen, inwieweit sich durch die Anwendung von DOPs in Kombination mit PPP-Modellen ein Mehrwert ergeben könnte, wenn die energetisch umfassende Sanierung besser als gesetzlich vorgeschrieben durchgeführt wird.

Derzeit werden FFG-geförderte Studien<sup>14</sup> durchgeführt, die sich mit der Ausgestaltung eines Mikro-Emissionszertifikatehandels auf Personenebene auf Basis der Diskussion zu Emissionshandel und DOPs befassen. Ergebnisse sind Ende 2011 bzw. Anfang 2012 zu erwarten.

---

<sup>13</sup>[http://www.innovation-klima.at/topics\\_neu/buildings.htm](http://www.innovation-klima.at/topics_neu/buildings.htm)[09.09.2011]

<sup>14</sup>€CO<sub>2</sub> Management, Begleitforschung: Anreizmechanismen, Nutzerverhalten und Technologiebewertung, Grundlagenforschung, FFG Projektnummer 822105

## **Contracting**

Ein externer Auftragnehmer plant und implementiert die nötigen Maßnahmen und übernimmt Kosten und Risiko von Investition und Betrieb während der vereinbarten Vertragslaufzeit. Während dieser Zeit erhält er die eingesparten Energie- und Betriebskosten je nach Vertrag ganz oder teilweise. Nach Ablauf der Vertragsdauer gehen die Anlagen in das Eigentum des Kunden über, dem dann die volle Einsparung zugutekommt.

Als Grundlage für den Vertrag wird eine Energiekosten-Baseline erstellt und eine garantierte Einsparung ermittelt, die in der Praxis jedoch zu Problemen führen kann, wenn nachträglich Faktoren auftreten, die bei der Ermittlung der garantierten Einsparung nicht berücksichtigt wurden.

Aufgrund der auftretenden Transaktionskosten sind Contractingprojekte erst ab einem bestimmten Betrag an Energiekosten sinnvoll. Wärmeliefercontracting rechnet sich z.B. ab Jahresvollkosten der Energieversorgung von ca. 20.000,- €

Standard-Contractingprojekte beschränken sich wegen der Amortisationserwartung von wenigen Jahren meist auf wenige Maßnahmen zur Effizienzsteigerung der Heizanlage und lassen weitere Verbesserungen der Gebäudetechnik und der Gebäudehülle außer Acht.

(Bleyl-Androschin 2009) schlägt als Alternative das „Integrierte Energie-Contracting“ vor, das die Effizienzsteigerung im gesamten Gebäude zum Ziel hat. Das Maßnahmenpaket umfasst die gesamte Gebäudetechnik und die Nutzermotivation. Integriertes Energie-Contracting umfasst typischerweise Energie-Liefercontracting, Solares Liefercontracting, Energie-Einsparcontracting und kann auch Maßnahmen an der Gebäudehülle, wie beispielsweise die Dämmung der obersten Geschossdecke, umfassen. Weitergehend kann der Leistungsumfang auch auf die gesamte Gebäudesanierung inklusive der Gebäudehülle, also Wärmedämmung und Fenstertausch erweitert werden. Entsprechende Erfahrungen wurden von der Grazer Energieagentur dokumentiert.

Bei Integriertem Energie-Contracting handelt es sich um komplexe Projekte, und in der Folge sind die Transaktionskosten und der Aufwand für Messung und Nachweis hoch, was zu Mindestprojektgrößen mit einer Energiekosten-Baseline von 100.000 € pro Jahr und darüber hinaus führt. Aus diesem Grund wird versucht, die Einspargarantie durch quantitative und qualitative Qualitätssicherungsinstrumente zu ersetzen und die Transaktionskosten durch vereinfachte Mess- und Nachweismethoden für Energieeffizienzmaßnahmen zu senken. (Bleyl-Androschin 2009)

Vorteile von Contracting-Modellen (Kristof, Nanning und Merten 1998):

- Erschließung neuer Finanzierungsquellen, Überwindung von Finanzierungsengpässen
- Nutzung der Vorteile von Spezialisierung und Arbeitsteilung
- Übertragung von Risiken
- Weiterbildungseffekte durch Zusammenarbeit zwischen Contractor und eigenem Personal
- Lösung für personelle Engpässe

## **Intracting**

Beim Intracting werden im Unterschied zum gängigen Einspar- oder Performance-Contracting die Maßnahmen nicht von externen Partner geplant und realisiert, sondern von einer verwaltungsinternen Stelle. In Stuttgart bestehen seit 1995 sehr gute Erfahrungen mit diesem Modell: Ein verwaltungsinterner Fonds wurde zur Finanzierung von Energiesparmaßnahmen errichtet.

Die Stadt Stuttgart hat diesem Fonds zur Anschubfinanzierung 2,3 Millionen Euro für Energieeffizienzmaßnahmen über einen Zeitraum von fünf Jahren zur Verfügung gestellt. Der Energiesparfonds wird vom Amt für Umweltschutz betrieben das anderen Organisationseinheiten Performance-Contracting-Dienstleistungen anbietet.

Wird eine interne Energiedienstleistungsvereinbarung getroffen, investiert das Amt für Umweltschutz in die geplanten Energiesparmaßnahmen und das Hochbauamt setzt die Maßnahmen je nach Bedarf mit externen Partnern um. Oft übernimmt der Intracting-Fonds nur die Mehrkosten für eine effizientere Lösung.

Die Energiekosteneinsparungen fließen über die vertraglich vereinbarte Zeit dem Energiesparfonds im Amt für Umweltschutz zu. Durch die erzielten Energiekosteneinsparungen wird der Topf laufend erneuert. (Bättig 2004)(Irrek und Attali 2005)

Vorteile von Intracting-Lösungen (Kristof, Nanning und Merten 1998):

- Bei kleineren Vorhaben, für die eine externe Contracting-Finanzierung zu aufwändig wäre
- Wagnis- und Gewinnzuschläge entfallen, und die finanzielle Belastung für die Gemeinde ist damit geringer
- Der Informationsvorsprung der städtischen Ämter kann genutzt werden
- „Cream Skimming“ kann ausgeschlossen werden (manche Contractoren bieten nur einige wenige lukrative Einsparmaßnahmen an)
- Eigener Personalabbau und Verlust an eigenem Know-how wird verhindert

## **Bürgercontracting**

In Deutschland gibt es ein Bürgercontracting-Modell, bei dem sich Privatpersonen an der Finanzierung von Solar- und Energiesparmaßnahmen beteiligen können. Dazu wurde die Solar&Spar GmbH gegründet und mehrere Schulprojekte wurden bereits abgewickelt<sup>15</sup>. Möglich wird das durch die in Deutschland sehr günstigen Förderungen für Photovoltaik-Strom.

## **Dachvermietung, Dachüberlassung**

Dachvermietung ist in Deutschland eine bekannte Methode zur Finanzierung von PV-Anlagen. Die Dachfläche wird an den Errichter und Betreiber der PV-Anlage auf eine bestimmte Zeit vermietet<sup>16</sup>. Die Investitionskosten fallen somit nicht beim

---

<sup>15</sup><http://www.wupperinst.org/solarundspar/> [15.06.2011]

<sup>16</sup>[http://www.dachvermietung.info/Dachvermietung\\_Kontakt.php](http://www.dachvermietung.info/Dachvermietung_Kontakt.php) [15.06.2011]

Gebäudeeigentümer an. Dieser kann den produzierten Strom nicht nutzen, sondern kauft den Strom wie auch vor der Maßnahme zu.

Die Wiener Ökostrominitiative versucht nach dem gleichen Prinzip, Besitzer freier, geeigneter Hausdächer und Personen, die in Solaranlagen investieren wollen, zusammenzubringen<sup>17</sup>.

Wien Energie hat als Unternehmen Interesse an der Anmietung von Dachflächen zur Errichtung von Photovoltaik-Anlagen. (Wiener Stadtwerke Holding AG, e-mail, 5. September 2011)

Der Vorteil für den Vermieter der Dachfläche besteht darin, dass keine finanzielle Belastung durch Errichtung und Betrieb der PV-Anlage entsteht. Der Nachteil besteht darin, dass die Einsparung an Energiekosten geringer ausfällt, weil der Strom nach wie vor zugekauft wird. Bei anderen Modellen geht die Photovoltaik-Anlage nach der vereinbarten Zeit und zu einem definierten Restbetrag in das Eigentum des Gebäudeeigentümers über<sup>18</sup>.

**Bei einer Dachvermietung kann die Energieproduktion dem Standort in der Energiebilanz nicht gutgeschrieben werden.** Gemäß Leitfaden zur OIB Richtlinie 6 „Energietechnisches Verhalten von Gebäuden“(OIB 2011) kann ein Netto-Photovoltaikertrag NPVE gemäß EN 15316-4-6 berechnet werden, wobei folgendes einzuhalten ist: der gesamte Strombedarf je Monat des Gebäudes darf nicht durch den in Rechnung gestellten und der Bilanzierung zugeführten NPVE übertroffen werden. Das bedeutet, dass Netzeispeisungen nicht zur Verminderung des Endenergiebedarfs verwendet werden dürfen.

### **Dachgeschoßausbau**

Im Wohnbau ist der Ausbau und Verkauf von Dachwohnungen eine Möglichkeit der Finanzierung einer umfassenden Sanierung im Zuge der Bauarbeiten. Möglichkeiten der Nutzung des Raums über der Schule sollten im Zuge von Bestandsaufnahmen mitbedacht werden.

### **Forschungsprojekt „Marktmodelle“**

Im Rahmen der 3. Ausschreibung des Programms Neue Energien 2020 des österreichischen Klima- und Energiefonds wurden “Marktmodelle für GIPV-Mehrparteien-Immobilien<sup>19</sup> im intelligenten, de-zentralen Energiesystem” erarbeitet, so auch der Titel dieses Projekts (BIPV-IMMO-MARKET).

Folgende Modelle werden u.a. entwickelt und untersucht:

- Die Vermietung von Gebäudeflächen an Energie-Investoren
- Bauträger als PV-Investoren und Mikro-EVU für die Gebäudennutzung
- Mieter/Nutzer als Investoren und “Prosumer“-Verband, Schaffung von lokalen Energiemanagement-Gesellschaften
- Contracting-Modell und die Chancen von Prosumern im Smart Grid

---

<sup>17</sup><http://www.solarkraftwerk-wien.at/solar/Home.html> [15.06.2011]

<sup>18</sup><http://www.eww.at/geschaeftsbereiche/e-werk-wels-solutions/photovoltaik/photovoltaikaktion.html> [15.06.2011]

<sup>19</sup>GIPV – Gebäudeintegrierte Photovoltaik

Das Projekt wurde beim Science Brunch des Klima- und Energiefonds „Product-to-Service-Shift: Der Übergang von der Produkt- zur Energie-Dienstleistungsgesellschaft“ am 16.11.2011 vorgestellt. Der Projektbericht war zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieses Berichts noch nicht öffentlich verfügbar.

#### 2.1.2.4 Anforderungen an die Sanierung öffentlicher Gebäude

Bei der Sanierung öffentlicher Gebäude gilt es einige Vorgaben aus Richtlinien zu beachten. Die folgenden rechtlichen Rahmenbedingungen sind in diesem Zusammenhang wichtig:

- Vereinbarung gemäß Art. 15a B-VG zwischen Bund und Ländern über Maßnahmen im Gebäudesektor zum Zweck der Reduktion des Ausstoßes an Treibhausgasen (2009)
- Gebäuderichtlinie EPBD 2010/31/EC (recast)
- Entwurf für die Neuauflage der Energieeffizienz- und Energiedienstleistungsrichtlinie: Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on energy efficiency and amending and subsequently repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC

#### Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on energy efficiency and amending and subsequently repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC

Gemäß Artikel 4 sind öffentliche Einrichtungen (*Public Bodies*) dazu verpflichtet, ab 2014 sicherzustellen, dass jährlich 3% der Gesamtfläche so saniert werden, dass zumindest die Minimum-Anforderungen gemäß Gebäuderichtlinie EPBD 2010/31/EU erreicht werden.

#### Gebäuderichtlinie EPBD 2010/31/EC (recast)

Gefordert ist die Vorbildfunktion der öffentlichen Hand:

(21) The public sector in each Member State should lead the way in the field of energy performance of buildings, and therefore the national plans should set more ambitious targets for the buildings occupied by public authorities.

#### Vereinbarung gemäß Art. 15a B-VG zwischen Bund und Ländern über Maßnahmen im Gebäudesektor zum Zweck der Reduktion des Ausstoßes an Treibhausgasen (2009)

Gemäß Artikel 13 gelten die in Tabelle 3 und Tabelle 4 dargestellten Mindestanforderungen für die Sanierung öffentlicher Gebäude der Vertragsparteien.

**Tabelle 3: Mindestanforderungen an umfassende Sanierungen**

	HWB* in kWh/(m <sup>3</sup> .a)	
	A/V-Verhältnis ≥ 0,8	A/V-Verhältnis ≤ 0,2
bis Ende 2009	27	14
ab 1.1.2010	25	12

**Tabelle 4: Mindestanforderungen an Sanierungsmaßnahmen ohne umfassende Sanierung**

U-Wert-Vorgaben für Förderung der Sanierung einzelner Bauteile	
	ab 1.1.2009
Fenster bei Tausch des ganzen Elements (Rahmen und Glas)	1,35 W/(m <sup>2</sup> K)
Fensterglas (bei Tausch nur des Glases)	1,10 W/(m <sup>2</sup> K)
Außenwand	0,25 W/(m <sup>2</sup> K)
Oberste Geschossdecke, Dach	0,20 W/(m <sup>2</sup> K)
Kellerdecke, Fußboden gegen Erdreich	0,35 W/(m <sup>2</sup> K)

Relevant sind weiters die folgenden Absätze dieses Artikels:

(3) „Im Regelfall wird beim Austausch von Wärmebereitstellungssystemen oder der Sanierung von Heizungsanlagen, einschließlich der Einbindung in ein Fernwärmesystem, auf innovative klimarelevante Systeme im Sinne des Art.2 Abs.1Z6 umgestellt. Diese Umstellungen sind mit Maßnahmen zur Reduktion des Heizwärmebedarfs im Sinne dieses Artikels abzustimmen. Sollte das Gebäude nach der Sanierung mit fossilen Energieträgern versorgt werden, so ist nach Möglichkeit eine Kombination mit erneuerbaren Energieträgern vorzusehen, wobei der Anteil der Erneuerbaren optimiert wird.“

(6) „Die Contractingaktivitäten bei Bundesgebäuden sind weiter auszubauen, insbesondere um ausreichende wirtschaftliche Anreize zur Umsetzung umfassender Sanierungen zu geben. Dazu sind bei Investitionen Amortisationszeiten von bis zu 15 Jahren zugrunde zu legen.“

(7) „Es werden von den Vertragsparteien Regelungen bzw. Richtlinien für eine Optimierung des Nutzerverhaltens bezüglich Energieeinsparungen getroffen.“

Die in Tabelle 3 dargestellten Werte sind auch gemäß Leitfaden des Österreichischen Instituts für Schul- und Sportstättenbau (ÖISS 2009) einzuhalten. Hinsichtlich Lüftung verweist das ÖISS (2009) auf die konkreten Empfehlungen für mechanische Belüftungen für Klassenzimmer bzw. Kindergärten, die im Rahmen des HdZ-Projektes Nr. 14/2008 „Evaluierung von Klassenzimmerlüftungen in Österreich und Erstellung eines Planungsleitfadens“ erarbeitet wurden (Greml A. 2008). Das Raumbuch der MA34 verweist wiederum auf den Leitfaden des(ÖISS 2009), jedoch nur für den Bereich Neubau; im Bereich Sanierung wird die Fensterlüftung vorgegeben.

## **2.2 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema**

### **2.2.1 Plus-Energie Schulsanierungen**

Neben der Darstellung von Aktivitäten auf dem Gebiet Energieeffiziente Schulsanierung erfolgt im Rahmen des Eneff-Schule Programms eine wissenschaftliche Begleitung der durchgeführten Demonstrationsprojekte. Hierbei werden unterschiedliche meist innovative Möglichkeiten aufgezeigt, um den Primärenergiebedarf für Beheizung/Kühlung, Warmwassererwärmung, Lüftung, und Beleuchtung zu reduzieren. Neben Demonstrationsprojekten für Plusenergiesanierungen, werden auch Sanierungen für 3-Liter-Haus-Schulen<sup>20</sup> angeführt. Des Weiteren werden sogenannte `Best-Practice Beispiele` aufgezeigt. Diese Beispiele beinhalten ebenfalls Schulen, welche außerhalb des Projektes Eneff:Schule erfolgreich saniert wurden. Ein weiteres Ziel ist die Darstellung der Integration der Schulsanierung in den Alltag der NutzerInnen. SchülerInnen, Lehrer, Hausmeister und Eltern können in die Schulsanierung eingebunden werden. Somit kann zugleich eine sozialwissenschaftlichen Begleitforschung durchgeführt werden um das NutzerInnenverhalten und die Einstellung der NutzerInnen darzulegen.

---

<sup>20</sup> Ein 3-Liter Haus benötigt nicht mehr als 3 Liter Heizöl pro m<sup>2</sup> Wohnfläche im Jahr, was einem Wert von 30 kWh/m<sup>2</sup>a entspricht



Derzeit werden drei Demonstrationsprojekte im Bereich Plusenergieschulen entwickelt und umgesetzt. Diese beinhalten zwei Sanierungen und einen Neubau. Die Bestandsaufnahmen und die Erstellung eines geeigneten Konzeptes der jeweiligen Schulen wurden bereits durchgeführt, ein Projekt – allerdings ein Neubau – wurde bereits realisiert. Ein Überblick ist Anhang 2 zu entnehmen.

## 2.2.2 Lebenszykluskosten-Analyse

### Berücksichtigung der Ergebnisse des HdZ-Themenworkshops

Die Ergebnisse des HdZ-Themenworkshops „Lebenszykluskosten von Gebäuden“ am Freitag, 22. Oktober 2010 in Wien wurden als Ausgangsbasis der Arbeiten in AP4 genutzt. Elemente der vorgestellten Tools finden sich im Lebenszykluskosten-Bewertungsansatz, der für SchulRen+ entwickelt wurde, wieder. Die Autorin dieses Berichts war selbst eine der Vortragenden bei diesem Workshop.

Es konnte jedoch keines der vorgestellten Tools direkt verwendet werden:

- Das Prognosemodell der Österreichischen Energieagentur ist für innovative Gebäude (hohe Energieeffizienz und Einsatz erneuerbarer Energietechnologien) in der bestehenden Form nicht geeignet, weil der Datenpool welcher der Prognose zugrunde liegt jener von energetisch durchschnittlichen Gebäuden ist. Außerdem ist die für Bürogebäude übliche und in dem Modell verwendete Klassifizierung von hoher, mittlerer und niedriger Qualität für Schulgebäude nicht anwendbar.
- Das „Planungsunterstützende Lebenszykluskostentool für energieeffiziente Immobilien“ von e7 und M.O.O.CON beruht wie das Tool der Österreichischen Energieagentur auf einem Wirkungsmodell für die Prognose, das die Zusammenhänge zwischen grundlegenden Gebäudemerkmale und den betrieblichen Folgekosten abbildet. Der wesentliche Unterschied zum Modell der Österreichischen Energieagentur besteht im verwendeten Gebäudedatenpool, auf den zurückgegriffen wird; die Anwendungsprobleme sind die gleichen.
- Das Kosten-Nutzen-Tool der ÖGUT bezieht sich konkret auf die Bewertung des Wohnnutzens im Verhältnis zu den Kosten und ist daher nicht auf die Fragestellung von SchulRen+ anwendbar.
- Das Lebenszykluskosten-Modell der Donau-Universität Krems beruht auf den aktuellen Normen (vergl. Abbildung 12). Es ist transparent aufgebaut, enthält keine Datenbank, bietet aber Defaultwerte an. Das Tool ist für den Neubau von Bürogebäuden und gewerblichen Bauten konzipiert und umfassend. Für die Anwendung bei der Sanierung von Schulen ist es zu umfangreich, weil viele Faktoren nicht beeinflusst werden können. Eine vollständige Lebenszyklusanalyse ist daher für den gegenständlichen Zweck, nämlich die Bewertung von Sanierungsvarianten zum Plusenergie-Gebäude, nicht adäquat.

Die oben beschriebenen Tools sind auf Neubauten ausgerichtet und zielen darauf ab, Varianten eines Gebäudes von privaten Eigentümern zu bewerten.

**Bei SchulRen+ geht es einerseits um die grundsätzliche Lebenszykluskosten-Bewertung von Schulsanierungsvarianten in Richtung Plusenergie-Gebäude um eine**

**Abschätzung des zusätzlichen Budgetbedarf für diese Art der Sanierung zu ermöglichen; zusätzlich sollen auch Varianten eines Sanierungsvorhabens bewertet werden können.**

Energiesparinvestitionen müssen immer an den Energiekosten, die ohne diese Maßnahmen angefallen wären, gemessen werden. Zu berücksichtigen sind die Mehrkosten gegenüber der ohnehin anstehenden baulichen oder anlagentechnischen Instandsetzung sowie die verbleibenden Energiekosten und anfallenden Zusatzkosten (z.B. Wartung, Hilfsenergie). (Enseling 2003)

Auf diesem Ansatz beruht das Lebenszyklus-Tool klima:aktiv, auf das in der vorliegenden Arbeit zurückgegriffen wird.

Auf das Lebenszykluskosten-Modell der Donau-Universität Krems wird insofern Bezug genommen als es auf der ÖNORM B 1801-2 Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 2: Objekt-Folgekosten beruht und die Barwertmethode anwendet. Diese Grundlagen kommen auch bei den Berechnungen im Rahmen von SchulRen+ zum Einsatz.

### Struktur des Lebenszykluskostenmodells

	Errichtungskosten	jährliche Folgekosten	mehrfährliche Folgekosten
	0 Grund 1 Aufschleißung 2 Bauwerk-Rohbau 3 Bauwerk-Technik 4 Bauwerk-Ausbau 5 Einrichtung 6 Außenanlagen 7 Planungsleistungen 8 Nebenleistungen 9 Reserven	1 Verwaltungskosten 2 Techn. Betriebsführung 3 Verbrauchsgüter 4 Reinigung 5 Gebäudedienste	Instandsetzung für 2 Rohbau 3 Technik 4 Ausbau 5 Einrichtung 6 Außenanlagen 7 Planungsleistungen 8 Objektbeseitigung 9 Reserve
Allgemeine Flächenwerte			
Besondere Flächenwerte			
Zeiten und Dauern	<b>Eingaben</b>		<b>Ergebnisse</b>
Finanzbasisdaten			
Besondere Parameter			

Die grünen Parameter sind Eingabewerte die schwarzen Parameter sind Rechenergebnisse

**Abbildung 18: Struktur des Lebenszyklusmodells der Donau-Universität Krems (Helmut Floegl) (grün: Eingabewerte; schwarz: Ergebnisse)**

Quelle: Helmut Floegl, Präsentation am 22.10.2010, HdZ-Themenworkshop „Lebenszykluskosten von Gebäuden“

## 2.3 Beschreibung der Neuerungen sowie ihrer Vorteile gegenüber dem Ist-Stand (Innovationsgehalt des Projekts)

Bis dato wurden in Österreich keine Plus-Energie Schulsanierungen durchgeführt oder diesbezügliche konkrete Durchführbarkeitsstudien erstellt. Um eine Realisierbarkeit als Folge der Studie zu gewährleisten wurden die Sanierungskonzepte anhand eines konkreten Objekts (Franz Jonas Europaschule in 1210 Wien, Baujahr 1898) erstellt. Die Schule kann dabei auf Grund ihres Baualters (Baujahr 1898) als repräsentativ für innerstädtische Schulen angesehen werden. (Siehe Abbildung 19). So sind z.B. allein von 400 Schulen der Stadt Wien über 200 vor 1950 erbaut und über 300 in Summe vor 1980 und damit

sanierungsbedürftig.<sup>21</sup> Die ausgewählte Schule weist damit ein hohes Replikationspotential auf. Das Objekt wurde in Kooperation mit der MA34 Bau- und Gebäudemanagement<sup>22</sup> die für die Stadt Wien das ‚Substanzsanierungsprojekts Schulen Wien‘ Schulsanierungsprojekte durchführt, ausgewählt.



**Abbildung 19: Schnitt / Ansicht Schule Deublergasse**

Die Erstellung der Konzepte basiert dabei auf 3 Schwerpunkten:

#### Funktional: Raumkonzept

Verbesserung der Grundrisse und der Raumaufteilung, um den geänderten Anforderungen an neue Schulformen gerecht zu werden. Eine hohe Nutzungsqualität und interner Komfort (Raumprogramm, Belüftung, Tageslichtoptimierung). Das ausgewählte Projekt erfüllt folgende Kriterien:

- Hohe Replizierbarkeit, d.h. Schulgebäudetyp ist häufig (z.B. 1870er bis 90er Jahre Schulbau)
- Frei stehend bzw. mit Freiflächen
- Relativ Gross (mehrgeschossig)
- Sehr hoher Energieverbrauch
- Energiedaten sind vorhanden
- Geplante Sanierung in den nächsten 1- 2 Jahren

Die Volksschule in der Deublergasse im 21. Bezirk erfüllt diese Vorgaben exakt und lässt darüber hinaus durch die einfache und funktional klar gegliederte Grundstruktur ausreichende Flexibilität zur Anpassung an neue pädagogische Unterrichtsformen erwarten (Stichwort: Gesamtschule, Lernlandschaften). Die hierarchische und systematische Anordnung der Funktionen: Unterrichtsräume, Erschließung und dienende Räume ermöglicht eine funktionelle Neuprogrammierung mit einfachen Mitteln. Auch die Übertragung der Maßnahmen auf funktionelle Typenschulen nach 1945 scheint damit gegeben. Speziell zu untersuchen sind dabei die Zusammenhänge zwischen Erschließungsflächen und

<sup>21</sup> Daten MA 34

<sup>22</sup> Die Abteilung Bau- und Gebäudemanagement (MA 34) arbeitet für die verschiedensten Dienststellen der Stadt Wien. Die Abteilung betreut etwa 1.800 Objekte der Stadt (Schulen, Kindergärten, Feuerwachen, Büchereien etc.). Die Gebäudebewirtschaftung erfolgt nach den Ansätzen des [Facility Managements](#) in kaufmännischen, technischen und infrastrukturellen Bereichen. Ziel ist eine Verbesserung der Gebäudebewirtschaftung der Stadt Wien. [www.wien.gv.at](http://www.wien.gv.at)

Unterrichtsräumen um den geänderten Sicherheitsbestimmungen gerecht zu werden aber auch die für neue Unterrichtsmethoden erforderlichen umprogrammierten Freiflächen zu generieren. Die rigide statische Struktur der Gründerzeit mit tragender Außenwand und Kaminwand ist wie Erfahrungen aus vorangehenden Projekten zeigen gut geeignet für neue funktionelle Anforderungen adaptiert zu werden.

Exemplarisch zu behandeln ist auch das Thema der Fassadensanierung bzw. Außendämmung. Durch die Aufhebung des kategorischen Denkmalschutzes auf öffentliche Gebäude mit 1.1.2010 sind hier gänzlich neue Möglichkeiten der Anpassung an aktuelle technische und gestalterische Standards eröffnet.

#### Ökonomisch: Lebenszykluskostenanalyse

Die begleitenden Kostenmodelle bilden parallel zu den energetischen Modellen einen weiteren Schwerpunkt dieser Studie. Erste Entscheidungen stehen und fallen zumeist mit den Kostenmodellen und nur in den seltensten Fällen aufgrund der Reduktion der Emissionen. Die Entwicklung der Sanierungskonzepte basiert demnach sowohl auf der Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs und der Bereitstellung von Energie im Jahresverlauf (ökologische Nachhaltigkeit) als auch der realistischen Darstellung der Lebenszykluskosten (ökonomische Nachhaltigkeit), um so eine umfassende Entscheidungsgrundlage zu liefern. Die Sanierungskonzepte werden dabei in einem iterativen Verfahren auf Ihre energetische und ökologische Relevanz überprüft.

#### Energetisch: Energetische Bewertung

In den ‚smart cities‘ der Zukunft sollen Gebäude zunehmend zu ‚Energieproduzenten‘ anstatt ‚Energieverbrauchern‘ werden. Plusenergieschulen erzeugen über das Jahr betrachtet mehr Primärenergie als sie für Beheizung, Lüftung, Warmwasser und Beleuchtung und die dafür notwendige Hilfsenergie benötigen. Die Integration innovativer Materialien und Energiesysteme sowie erneuerbarer Energietechnologien spielen dabei in der Entwicklung der Konzepte eine zentrale Rolle. In der energetischen Bewertung steht die Optimierung von architektonischen und haustechnischen Konzepten mit folgenden Arbeitsschritten im Vordergrund:

1. Reduzieren des Gesamtenergieverbrauchs: Reduzieren der Transmission- und Lüftungsverluste; effiziente Gebäudehülle, Eliminierung von Wärmebrücken etc. (großes Potential zur Reduktion da der durchschnittliche Heizwärmeenergieverbrauch der letzten 3 Jahre der ausgewählten Schule ~140kWh / m<sup>2</sup> / Jahr beträgt)
2. Effiziente Bereitstellung des Restenergiebedarfs
3. Einbindung erneuerbarer Energietechnologien im Gebäude; Einspeisung der Restenergie in öffentliche Netze

Der Primärenergiebedarf und damit die CO<sub>2</sub> -Emissionen wurden mit Gebäude- und Haustechnikmodellen mit Hilfe thermisch-dynamischer Simulationen berechnet. Die Konzepte wurden dabei anhand ihrer architektonischen (Dämmstärken, Verglasungsanteil, Verglasungstyp etc.) und ihrer haustechnischen Aspekte (Wärmebereitstellungssystem, Lüftungssystem, Einbindung erneuerbarer Energietechnologien etc.) detailliert beschrieben.

## 2.4 Verwendete Methoden

Um eine ganzheitliche Beurteilung zu ermöglichen, wurden sowohl konventionelle Methoden der Planung als auch Berechnungsmethoden (thermisch dynamische Gebäudesimulationen; Lebenszykluskosten-Analysen) angewandt.

Die methodische Vorgehensweise der Entwicklung und Bewertung der Sanierungskonzepte ist in Abbildung 20 dargestellt. Nach der Konzeptentwicklung wurde so durch Überprüfung der Wirksamkeit der unterschiedlichen Konzepte sichergestellt, dass die zuvor definierten Ziele erreicht werden.

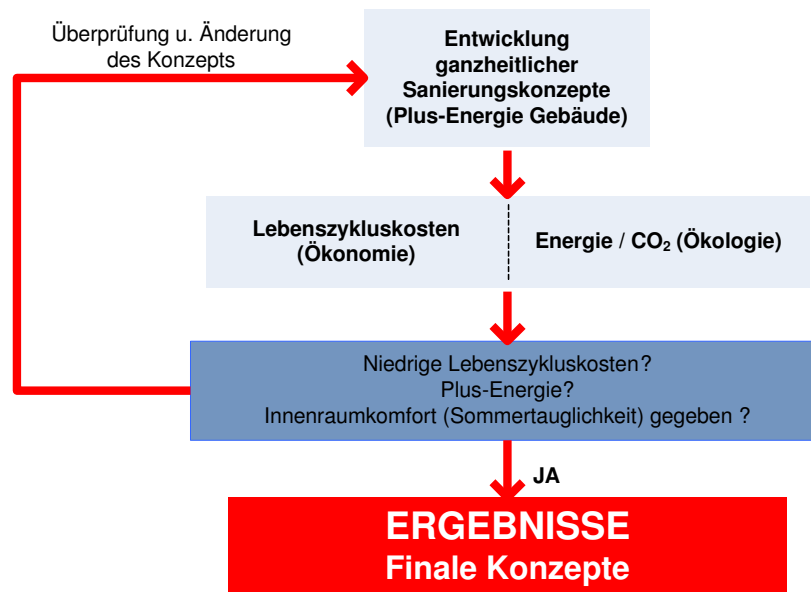


Abbildung 20: Methodischer Ablauf zur Konzepterstellung

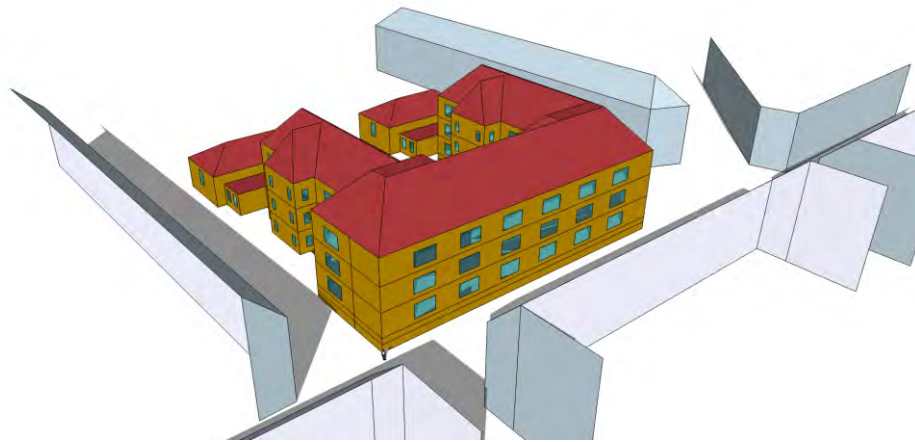
### 2.4.1 Konzeptentwicklung

Die Entwicklung der Konzepte wurde in einem projektinternen Workshop vollzogen. Es wurden zunächst unterschiedliche Ideen aller denkbaren Bereiche in einem Brainstorming gesammelt. Anschließend wurden diese diskutiert und den Bereichen Architektur, Haustechnik, Bewusstseinsbildung und Sonstiges zugeordnet um eine erste Struktur des Maßnahmenkatalogs zu erhalten.

### 2.4.2 Energetische Bewertung der Sanierungskonzepte

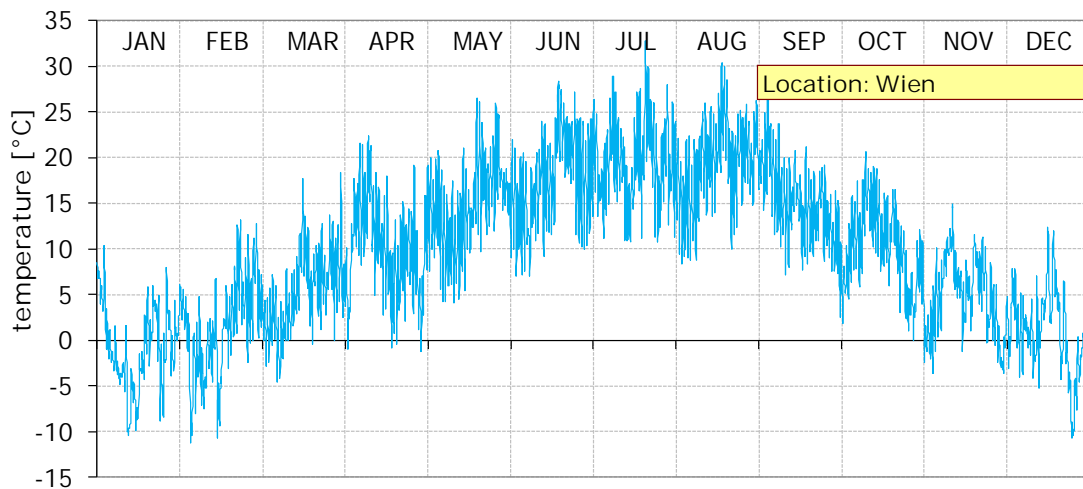
Die energetische Bewertung eines Sanierungskonzeptes sowie der einzelnen Maßnahmen erfolgte durch thermisch-dynamische Simulation in der Softwareumgebung TRNSYS 17. Um die Auswirkungen der einzelnen Maßnahmen bewerten zu können wurde zunächst der Ist-Stand des Schulgebäudes in einem Simulationsmodell abgebildet. Basierend auf den gescannten original Plänen wurden im ersten Schritt CAD-Zeichnungen durch die Projektpartner gharakhanzadeh sandbichler architekten zt angefertigt und im nächsten Schritt ein 3-D-Modell in der Software Google SketchUp erstellt. Wie in Abbildung 21 zu sehen, wurde auch der Einfluss nebenstehender Gebäude auf die Verschattung der Solarstrahlung berücksichtigt. Mittels Google SketchUp konnten die Geometriedaten an die

Software TRNSYS 17 übergeben werden. In TRNSYS 17 wurde das Modell mit den bauphysikalischen Details, internen Lasten, Nutzerprofilen, etc. ergänzt, bis das Modell zuverlässig den Ist-Stand des Gebäudes widerspiegelt.

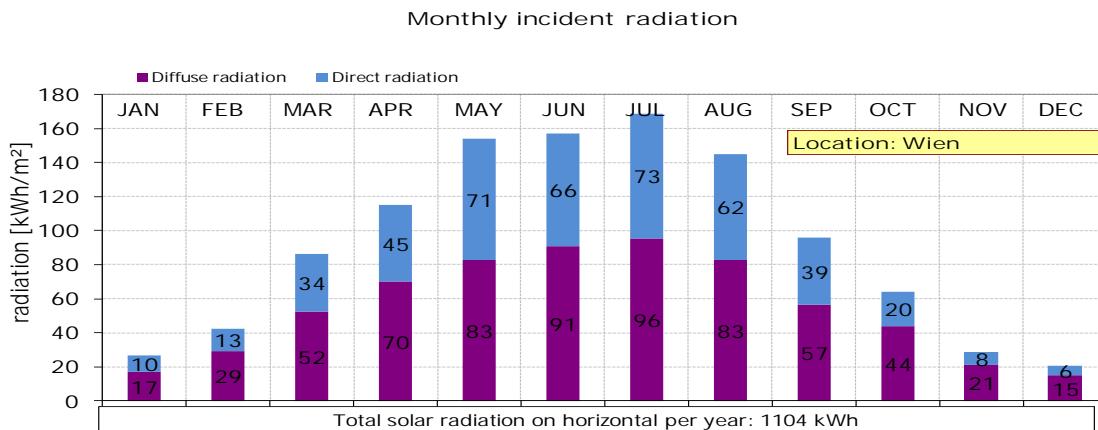


**Abbildung 21: Dreidimensionales Gebäudemodell der Franz Jonas Europaschule**

In der Simulationsumgebung ist ein Wetterdatensatz für den Standort Wien hinterlegt, welcher repräsentative Mittelwerte von historischen Daten für Außentemperatur, relative Feuchte, diffuse und direkte Solarstrahlung, etc. enthält. Der Verlauf der Außentemperatur ist in Abbildung 22 dargestellt, Abbildung 23 zeigt die monatlichen Strahlungssummen.



**Abbildung 22: Jahresverlauf der Außentemperatur, Wien**

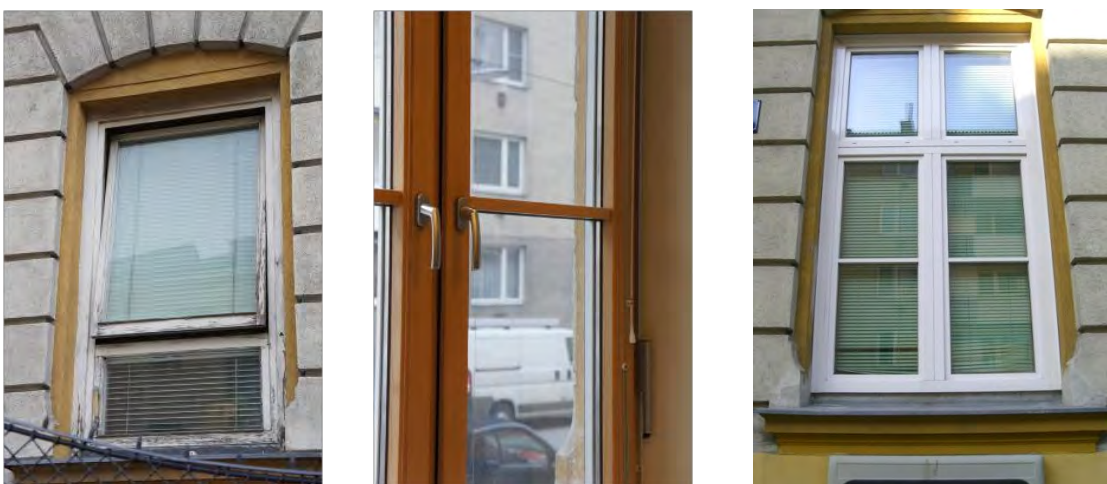


**Abbildung 23: Monatliche Strahlungssummen, Wien**

### Input Simulation Bestandsmodell

Außer den Grundrissen des Gebäudes waren zu den bauphysikalischen Details des Gebäudebestands (Wandaufbauten, etc.) keine genauen Informationen vorhanden. Die verwendeten Angaben basieren daher teilweise auf sinnvollen Annahmen und zum Teil aus Erkenntnissen welche im Rahmen einer Ortsbegehung gewonnen werden konnten (Details sind dem Anhang zu entnehmen). Die im Schulgebäude aus der Gründerzeit vorhandenen Außenwände können in drei unterschiedlich dicke Vollziegel Aufbauten unterteilt werden (45 cm, 60 cm und 75 cm), welche U-Werte von ca. 1,3 bis 0,8 W/m<sup>2</sup>K aufweisen. Ebenso sind unterschiedliche Arten von Fenstern vorhanden. Bilder der unterschiedlichen Fenstertypen sind in Abbildung 24 ersichtlich.

Bei allen Klassenräumen wurden innerhalb der letzten 20 Jahre die Fenster ausgetauscht, in den Gangbereichen sind Fenster vorhanden dessen Alter auf ca. 40 Jahre geschätzt wird (links im Bild).



**Abbildung 24: Unterschiedliche Fenster im Bestand**

Die internen Lasten durch Personen wurden ausgehend von der gesamten Anzahl an SchülerInnen und LehrerInnen, verteilt auf die Anzahl der Klassenräume, mit zeitlichen Profilen, entsprechend des Schulbetriebs in der Simulation hinterlegt. Die Profile bilden den Tagesbetrieb sowie Abwesenheiten an Wochenenden und Ferien ab. Die internen Lasten

durch Beleuchtung in den Klassenzimmern wurden mit  $19 \text{ W/m}^2$  angenommen, wobei das Licht in Abhängigkeit von Belegung und Solarstrahlung gesteuert wird um ein realistisches Verhalten abzubilden. Bei Raumbellegung und gleichzeitiger Unterschreitung der Einstrahlung von  $200 \text{ W/m}^2$  auf die Horizontale wird die Last durch Beleuchtung in den Klassenzimmern aktiviert. Die Verteilung der inneren Lasten auf die Gebäude erfolgt anhand eines Belegungsplans, welcher seitens der MA 34 zu Verfügung gestellt wurde. Neben den typischen Klassenzimmern gibt es Räumlichkeiten welche individuelle Belegungsprofile hinterlegt haben. Hierzu zählen beispielsweise EDV- und Physikraum sowie die Sporthallen. Das Heizungssystem wurde ohne eine geregelte Nachtabsenkung jedoch mit einer Absenkung des Raumtemperatur-Sollwertes von  $22 \text{ °C}$  auf  $17 \text{ °C}$  während der Ferien in der Simulation implementiert. Der Luftaustausch wurde als Infiltration und Fensterlüftung berücksichtigt. Für die Infiltration, der Außenluftanteil, welcher durch Undichtigkeiten in der Gebäudehülle hervorgerufen wird, wurde ein konstanter Wert von  $0,4 \text{ h}^{-1}$  (24 Stunden pro Tag) angenommen. Die Fensterlüftung ist in der Simulation mit einem konstanten Luftwechsel von  $0,6 \text{ h}^{-1}$ , jedoch nur bei Belegung der Klassenzimmer, hinterlegt. Damit wird im Schulbetrieb ein nur 1-facher Luftwechsel erreicht, welcher jedoch in Bestandschulen ohne Komfortlüftung als realistisch angenommen werden kann (BINE Projektinfo 15/10).

### **2.4.3 Vorgangsweise zur Bewertung des Lebenszykluserfolgs**

Die im Projekt entwickelten Sanierungsvarianten wurden einer Lebenszykluskosten-Bewertung unterzogen. Es wurden die geschätzten Errichtungskosten, Betriebskosten, Instandhaltungskosten, Abbruch- bzw. Umnutzungskosten, aber auch Erträge aus der Energiebereitstellung und mögliche  $\text{CO}_2$ -Gutschriften berücksichtigt. Ergebnis ist eine Aufstellung der Lebenszykluskosten und -erträge, wobei der Schwerpunkt im Bereich "Energie" gesetzt wird. Es wurden jene Parameter untersucht, in denen sich verschiedene Sanierungsvarianten im Hinblick auf energierelevante Aspekte unterscheiden.

Lebenszykluskosten-Analysen sind mit Unsicherheiten verbunden, was die Einschätzung von zukünftigen Entwicklungen (z.B. Energiepreise, technologische Entwicklung) anbelangt. Es liegen somit keine scharfen Ergebnisse in Euro vor, sondern „Möglichkeitsräume“, also Bandbreiten in Euro, innerhalb derer die Bewertungsergebnisse der Sanierungsvarianten zu erwarten sind. Wenn in einem frühen Stadium der Projektentwicklung Konzepte beurteilt werden, denen keine konkrete Planung zugrunde liegt (wie im vorliegenden Projekt), erweitert sich diese Bandbreite zusätzlich.

Das gilt auch für die Ertragsseite, also die ökonomische Bewertung der Energieerträge und der externen Kosten von  $\text{CO}_2$ .

In verschiedenen Projekten fanden Arbeiten zum Thema Lebenszykluskosten-Analyse statt, deren Ergebnisse bzw. Zwischenergebnisse in das Projekt SchulRen+ eingeflossen sind.

AP4 berücksichtigt die Ergebnisse des Workshops "Lebenszykluskosten von Gebäuden" (<http://www.hausderzukunft.at/results.html/id6224>), der im Rahmen der Reihe "Haus der Zukunft in der Praxis" am 22. Oktober 2010 veranstaltet wurde.

Folgende allgemeinen Aspekte wurden bei der Konzeptentwicklung für die Bewertung beachtet:

- Berücksichtigung von Kosten und Erträgen (z.B. aus Energiebereitstellung, Vermietung von Dachflächen)



- Berücksichtigung der externen Kosten von CO<sub>2</sub> (optional: externe Kosten von Treibhausgasen)
- Nutzung bestehender Modelle und Tools, oder von Teilen daraus, sofern diese für die Fragestellung geeignet sind
- Konformität mit bestehenden Standards und Normen im Bereich Lebenszykluskosten-Analyse und Analyse des Lebenszykluserfolgs
- Berücksichtigung von Standards und Anforderungen, die sich in Entwicklung befinden
- Berücksichtigung aktueller Entwicklungen hinsichtlich methodischer Aspekte bei der Ermittlung von Energieerträgen zur energetischen Bilanzierung von Plusenergie-Gebäuden (monetäre Bilanzierung von Solarenergie: Wärme und Strom)

Auf der Basis der Analyse der Anforderungen an die Sanierung öffentlicher Gebäude und auf der Basis der Ergebnisse einer Umfeldanalyse zum Thema Schulsanierung wurden weitere Aspekte definiert, die bei der Konzeptentwicklung berücksichtigt wurden.

In weiterer Folge wird in diesem Bericht der Begriff „Lebenszykluskosten-Bewertung“ verwendet, der sowohl Kosten wie auch Erträge umfasst im Sinne der „Whole Life Cost“ Analyse umfasst.

## **2.5 Beschreibung der Vorgangsweise und der verwendeten Daten**

### **2.5.1 Entwicklung der Sanierungskonzepte**

Um die Konzepte zu erarbeiten wurde ein projektinterner Workshop abgehalten. Es wurden zunächst unterschiedliche Ideen aller denkbaren Bereiche in einem Brainstorming gesammelt. Anschließend wurden diese diskutiert und den Bereichen Architektur, Haustechnik, Bewusstseinsbildung und Sonstiges zugeordnet. Außerdem wurden die einzelnen Ideen nach ihrem Innovationsgrad bewertet um sie so später den drei Konzepten zuweisen zu können. So konnte der erste Entwurf erstellt werden, mit steigendem Innovationsgrad vom ersten, dem „einfachsten“ Konzept, bis zum dritten Konzept, mit dem höchsten Innovationsgrad. Das Ergebnis des ersten im Workshop erarbeiteten Entwurfs der Konzepte ist in Tabelle 5 zusammengestellt.

Tabelle 5: Kategorisierte Zusammenstellung der Maßnahmen

	1. KONZEPT	2. KONZEPT	3. KONZEPT
Haustechnische Maßnahmen	Solarthermie (Kantine, Turnhalle) restl. Wärmebedarf Fernwärme	BHKW (Pellets, Biogas)	BHKW (Pellets, Biogas)
	Photovoltaik (Dach)	Photovoltaik (Dach und als Verschattung)	Photovoltaik (Dach und als Verschattung)
	Windkraft	Vertikale Windkraftanlagen (an Grundstücksgrenze)	Vertikale Windkraftanlagen (an Grundstücksgrenze)
	Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung, Nachtkühlung	Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung, Nachtkühlung	Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung, Nachtkühlung
	Regelungstechnik (alles)	Regelungstechnik (alles)	Regelungstechnik (alles)
	Niedertemperatursysteme (z.B. Wandheizung ->geringere Raumtemp möglich)	Energy harvesting building automation	Energy harvesting building automation
	Nord/Süd Luftaustausch	Langzeitspeicher Warmwasser	Langzeitspeicher Warmwasser
	z.B. Solarthermie-Module an Fassade (Distelweg, GAP Weiterentwicklung)	Alte Öltanks als Wärmespeicher (Paraffin)	Alte Öltanks als Wärmespeicher (Paraffin)
		Luftvorwärmung durch Erdkanal	Luftvorwärmung durch Erdkanal
		Dach Dämmen Abwärme aus Dach für Lüftung	Dach Dämmen Abwärme aus Dach für Lüftung
			Energiezelle (Fronius)
		Tiefenbohrung (Potenzialanalyse)	
Bauliche Maßnahmen	Fenstertausch bis auf Isolierverglasung (6-10 Jahre alt)	Austausch <b>aller</b> Fenster	Austausch <b>aller</b> Fenster
	Dämmung Außenwand	Dämmung Außenhaut	Dämmung Außenhaut
	Dämmung der obersten Geschossdecke	Verbindung Innen/Außen Pausenhalle, Aula + Innenhof	Verbindung Innen/Außen Pausenhalle, Aula + Innenhof
	Innenraumgestaltung /neue Pädagogik: Möblierung flexibel, Trennwende	Gebäudeoberfläche minimieren: WC-Gruppen, Raum zw. Treppen (Nischen im Gangbereich als Rückzugsbereiche)	Gebäudeoberfläche minimieren: WC-Gruppen, Raum zw. Treppen (Nischen im Gangbereich als Rückzugsbereiche)
	Gänge und Treppen abtrennen und nicht heizen	ETFE-Überdachung des Schulhofes (zum Teil)	ETFE-Überdachung des Schulhofes (zum Teil)

	Fenster zumauern (Turnhalle)	Überdachung des Hofes mit halbtransparenter PV	Überdachung des Hofes mit halbtransparenter PV
	Clusterbildung Klasse/Gang Brandschutz	Raum im Raum Container - Räume im überdachten Innenhof	Raum im Raum Container - Räume im überdachten Innenhof
	Sonderbereiche Ganztagschule, Bibliothek, Labor, Freizeit evtl. auf DG auslagern	transparente Wärmedämmung in Pausenräumen	transparente Wärmedämmung in Pausenräumen
	Kellerdecke dämmen/abkoppeln nur Technik in Keller	Vorgefertigte Fassadenmodule ->Energieerzeuger Passiv od. Aktiv	Vorgefertigte Fassadenmodule ->Energieerzeuger Passiv od. Aktiv
		Stiegenhaus außenliegend (Brandschutz) in Verbindung mit Teilhofüberhang	Stiegenhaus außenliegend (Brandschutz) in Verbindung mit Teilhofüberhang
			Sondernutzung Dachboden für externe Vermietung (PH Standard) -> Einnahmequelle
Bewusstseinsbildende Maßnahmen	Visualisierung des Energieverbrauchs		E-Fahrräder für Lehrer als "Sammelbatterie" (Abstellfläche)
	Verbrauchs- und Produktionsmonitoring als "Kunst am Bau" (keine Tafel mit Zahlen)	Verbrauchs- und Produktionsmonitoring als "Kunst am Bau" (keine Tafel mit Zahlen)	Verbrauchs- und Produktionsmonitoring als "Kunst am Bau" (keine Tafel mit Zahlen)
			Piezoelektrischer Boden
		Finanzielle Beteiligung der Schule an Energieeinsparungen: mehr Geld für das Schulbudget	Paternoster als Energieproduzent durch Gewicht (SchülerInnen + LehrerInnen)
			Energiespartmotivierung durch Boni für SchülerInnen und LehrerInnen "Schulfrei"
sonstiges	räumlich zusammenrücken, bei Teilbelegung weniger Räume bzw. nur einen Bereich nutzen	Mehrfachnutzungen von: Aula, Pausenraum, Turnhalle, etc.	Mehrfachnutzungen von: Aula, Pausenraum, Turnhalle, etc.
	Nutzungen so planen, dass Teile der Schule abgeschaltet werden können, wenn keine Vollbelegung	keine Kellernutzung, derzeit lagernde Sachen in neu gewonnenen Raum	Schulbeginn um 9.00 Uhr (Einsparung Energie f. Beleuchtung)

Die Bewertung hinsichtlich Energie und Lebenszykluskosten wird in Kapitel 3 dargestellt.

## **Anmerkungen zu den Maßnahmen**

Für die Energieumwandlung von Erneuerbaren Energien, welche den Schritt in Richtung positiver Jahresenergiebilanz erst ermöglicht, wurden zunächst Kleinwindkraftanlagen (KWKA), Solarthermie und Photovoltaik sowie mit Biomasse versorgte Blockheizkraftwerke (BHKW) in Betracht gezogen. Der Einsatz eines BHKW stellte sich jedoch für die Franz-Jonas Europaschule als unpassend heraus, da die Wärmeversorgung bereits über einen Fernwärmeanschluss erfolgt. Bedingt durch den geringen Primärenergiefaktor (PEF) der Fernwärme von 0,368 (vgl. Tabelle 8) ist der nach der Sanierung zu erwartende jährliche Primärenergieaufwand für die Wärmebereitstellung bereits auf einem sehr niedrigen Niveau.

Die Nutzung der Sonnenenergie durch Photovoltaik zur Stromgewinnung bzw. durch Solarthermie um die Energie thermisch zu nutzen hat sich bereits etabliert und wird immer mehr Teil des Stadtbildes vieler Städte. Anders verhält es sich mit der Nutzung der Windenergie im städtischen Bereich. Obwohl im Bereich der Kleinwindkraftanlagen seit einigen Jahren verschiedene Produkte entwickelt wurden, werden diese kaum auf Hausdächern installiert. Neben wirtschaftlichen Gründen sind hierfür Schwierigkeiten der Genehmigung (z.B. Gefahr durch Eisabwurf) und Befürchtungen von Belästigung der Anwohner durch Lärm oder visueller Art (Stroboskopeffekt) verantwortlich.

Vom Projektpartner gharakhanzadeh sandbichler architekten zt wurden im Zuge des zweiten Arbeitspakets Fluchtwegkonzepte unter brandschutztechnischen Gesichtspunkten entwickelt (Details siehe 3.1.1 und Anhang 10) Ebenfalls wurde die Idee der Nutzungsverdichtung näher untersucht. Hierbei sollte das Einsparpotenzial an Heizenergie abgeschätzt werden, welches durch verdichtete Belegung von einzelnen Gebäudeteilen, während einer Teilnutzung (nachmittags) entsteht. Im derzeitigen Schulbetrieb sind derzeit nachmittags nur einzelne Räume belegt, welche im gesamten Schulgebäude verteilt liegen. Durch eine Nutzungsverdichtung könnte man so die Nutzung auf nur einen Teilbereich konzentrieren und die restlichen Bereiche auf eine abgesenkte Temperatur heizen (Stichwort Nachtabsenkung). Eine grafische Darstellung der Nutzungsverdichtungskonzepte ist dem Bericht angehängt (s. Anhang 9). Eine Abschätzung mit Hilfe des Simulationsmodells ergab jedoch kein nennenswertes Einsparpotenzial im Fall der Franz Jonas Europaschule.

## **2.5.2 Energetische Bewertung**

### **2.5.2.1 Energieverbrauch im Bestand**

Der derzeitige Energieverbrauch des Gebäudes konnte anhand von Verbrauchsdaten der Jahre 2006 bis 2010 für den Verbrauch von Gas, Strom und Fernwärme bestimmt werden. Die Daten wurden durch die MA 34 (Magistrat der Stadt Wien für Bau- und Gebäudemanagement) zu Verfügung gestellt. Die Verbrauchswerte für Heizenergie sind in Abbildung 25 dargestellt, die spezifischen Kennzahlen beziehen sich auf die beheizte Bruttogeschossfläche von 4.898 m<sup>2</sup>. Die Energiekennzahl für Strom lag in dem betrachteten

Zeitraum recht konstant bei ca. 14 kWh/m<sup>2</sup>a was einem jährlichen Verbrauch von rund 70 MWh entspricht. Verglichen mit Angaben für Schulen in Deutschland liegt der Wert unter dem Durchschnitt, welcher bei 20 kWh/m<sup>2</sup>a liegt ((Kluttig 2001), S. 6).

<b>Fernwärme bereinigt*</b>	<b>624 MWh</b>
<b>EKZ Wärme (FW + Gas) bereinigt*</b>	<b>141 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
<b>EKZ Fernwärme bereinigt*</b>	<b>125 kWh/m<sup>2</sup>a</b>

\*nach Heizgradtagen jährlich bereinigte(r) Energiekennzahl  
/Energiekennwert bezogen auf standardisierte Werte für Wien

**Abbildung 25: Heizenergieverbrauch gemittelt über vier Jahre**

In Relation zu dem für Schulen in Gründerzeitbauten typischen Heizenergiebedarf, welcher im Projektbericht „Baustelle Schule“ von 120 kWh/m<sup>2</sup>a bis 160 kWh/m<sup>2</sup>a angegeben wird ((Haseltsteiner 2010), S.89), liegt der Wert von 141 kWh/m<sup>2</sup>a für die Franz Jonas Europaschule im Mittelfeld.

### **2.5.2.2 Adaptiertes Simulationsmodell und Simulationsergebnisse**

Nachdem das Simulationsmodell den Heizenergiebedarf des Bestandsgebäudes widerspiegelt und somit ein stabiles, zuverlässiges Modell erstellt wurde, kann die Auswirkung einzelner Maßnahmen auf den Heizenergiebedarf untersucht werden. Die Simulationsergebnisse für den Ist-Stand und den Heizenergiebedarf, welcher durch einzelne Maßnahmen resultiert, sind in Tabelle 6 zusammengestellt. Der Fokus der Untersuchung liegt auf jenen Maßnahmen des ersten Konzepts der entwickelten Maßnahmen (vgl. Tabelle 5), welche für die thermisch-energetische Performance des Gebäudes relevant sind.

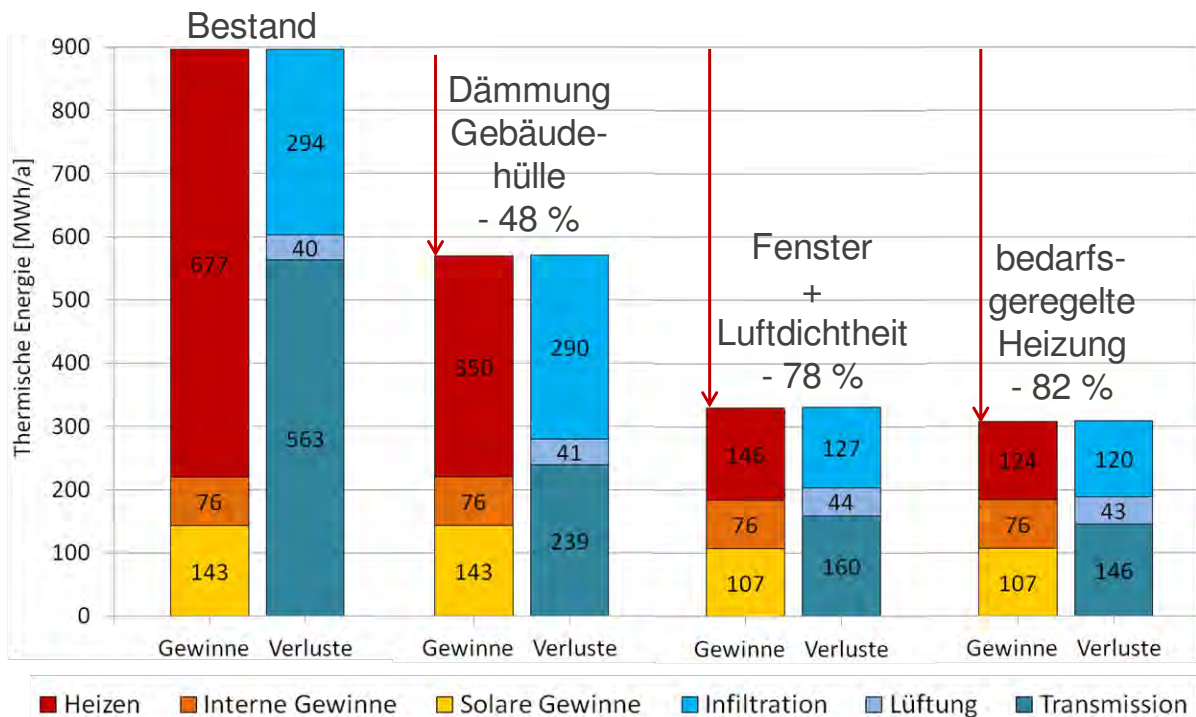
Zunächst wurde die Auswirkung auf den Heizenergiebedarf durch den Austausch der Fenster untersucht. Die neuen Fenster mit Dreischeibenverglasung weisen einen U-Wert von 0,8 W/m<sup>2</sup>K und einen g-Wert von 0,6 auf. Es wurde angenommen, dass sich der Luftwechsel durch Infiltration infolge des Fenstertauschs von 0,4 h<sup>-1</sup> auf 0,15 h<sup>-1</sup> verringert. Die weiteren Maßnahmen wurden durch Dämmung unterschiedlicher Bauteile, wie in Tabelle 6 beschrieben, erreicht. Angenommen wurde jeweils eine Dämmstoffdicke von 20 cm, bei einer Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs von 0,036 W/mK.

**Tabelle 6: Auswirkungen einzelner Maßnahmen auf den Heizenergiebedarf**

	1. KONZEPT	Heizwärmebedarf* in kWh/m <sup>2</sup> a	Einsparung in %
	Bestand	124	0.0
Bauliche Maßnahmen	Fenstertausch und Luftdichtheit	86	-30.5
	Dämmung Außenwände	76	-38.6
	Dämmung der obersten Geschossdecke	116	-6.1
	Kellerdecke dämmen/abkoppeln nur Technik in Keller	119	-3.6
* HGT bereinigt für Norm Wetterdaten Standort Wien			

Die Ergebnisse zeigen das große Einsparungspotenzial, welches durch einzelne Maßnahmen erreicht werden kann. Diese quantitative Aussage ist wichtig für die Realisierung des modulartigen Aufbaus des im weiteren Projektverlauf geplanten Maßnahmenkatalogs. Da üblicherweise nur ein begrenztes Budget zur Schulsanierung vorhanden ist, kann so auch die Wirksamkeit von einzelnen Maßnahmen abgeschätzt werden. Mit zusätzlichen Aussagen über die Lebenszykluskosten können auf diese Art auch Prioritäten für einzelne Maßnahmen im Zuge einer etappenweisen Sanierung gesetzt werden.

Um jedoch das maximal zu erreichende Einsparpotenzial aufzuzeigen, muss das Ergebnis, welches durch Kombination der unterschiedlichen Maßnahmen entsteht, untersucht werden. Wie wirksam der Heizenergiebedarf durch das Zusammenspiel von Dämmung der Gebäudehülle, Fenstertausch und bedarfsgeregelter Heizung reduziert werden kann zeigt Abbildung 26 anhand der Simulationsergebnisse. Insgesamt ist so ein Einsparpotenzial von 82 % realisierbar, was einer klimabereinigten Energiekennzahl von 23 kWh/m<sup>2</sup>a entspricht. Im Diagramm sind die über ein Jahr bilanzierten thermischen Energien als Balken dargestellt. Die thermischen Gewinne setzen sich jeweils aus den internen Lasten, der Solarstrahlung und der Heizenergie, welche für die Kompensation der Verluste benötigt wird, zusammen. Die thermischen Verluste teilen sich auf in Transmissionsverluste, den Wärmestrom durch Außenflächen, Lüftungsverluste und Infiltration, welche durch Undichtigkeiten in der Gebäudehülle entsteht.



**Abbildung 26: Thermische Jahresenergiebilanzen für Kombinationen der Maßnahmen**

Allein durch die Dämmung der Gebäudehülle, welche neben den Außenwänden auch die oberste Geschossdecke sowie die Kellerdecke beinhaltet, wird also der Heizenergiebedarf um fast die Hälfte reduziert. Die Transmissionsverluste sinken um rund 57 % auf 239 MWh/a.

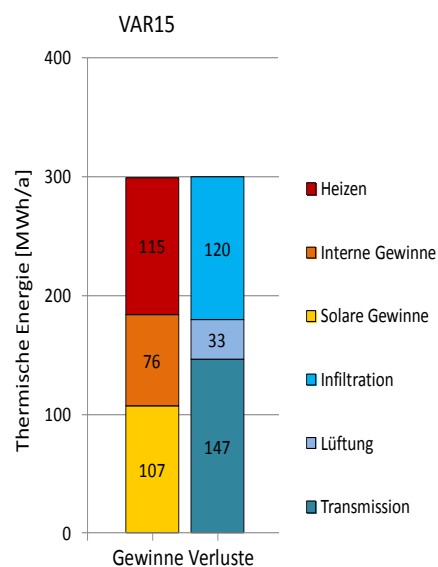
Die durch den Tausch der Fenster verbesserte Luftdichtheit lässt die Verluste durch Infiltration um rund 46 % sinken. Hinzu kommt eine weitere Minderung der Transmissionsverluste. Die Kombination aus umfassender Dämmung der Gebäudehülle und Tausch der Fenster führt demnach zu einer Verringerung des Heizbedarfs um 78 %.

Während bei der Simulation des Bestands keine Regelung der Heizung, bis auf die Absenkung des Raumtemperatur-Sollwertes in den Ferien, hinterlegt war, wird im letzten Schritt angenommen, dass der Sollwert in der Heizperiode auch nachts und an Wochenenden 17 °C beträgt. Erwartungsgemäß bewirkt dies eine weitere Abnahme der benötigten Heizenergie auf rund 124 MWh/a. Der Effekt durch die Absenkung der Solltemperatur ist in diesem Szenario relativ gering, da der Bedarf an Heizenergie bereits auf einem sehr niedrigen Niveau ist. Eine Anwendung im Bestand hätte demnach eine weitaus größere Auswirkung.

Wie zuvor beschrieben wurde für die Simulation des Bestands bei Schulbetrieb ein 1-facher Luftwechsel angenommen, welcher sich aus Fensterlüftung ( $L_w=0,6 \text{ h}^{-1}$ ) und Infiltration ( $L_w=0,4 \text{ h}^{-1}$ ) zusammensetzt. Dieser für eine gute Luftqualität schon bereits zu geringe Wert wird durch die Annahme des Fenstertauschs und der daraus resultierenden erhöhten Luftdichtheit des Gebäudes auf einen 0,75-fachen Luftwechsel verringert, da der Luftwechsel durch Fensterlüftung in den in Abbildung 26 dargestellten Simulationen unverändert bleibt. Um die Luftqualität im Vergleich zum Bestand maßgeblich zu verbessern muss folglich der Luftwechsel merklich erhöht werden.

Die in Abbildung 26 dargestellten Ergebnisse berücksichtigen nicht die Auswirkung der kontrollierten Belüftung. Da durch die sanierte Gebäudehülle auch die Luftdichtheit des Gebäudes massiv verbessert wird, wird jedoch eine kontrollierte Belüftung mit effizienter Wärmerückgewinnung benötigt, um den Komfort (Luftfeuchte, CO<sub>2</sub>, etc.) für SchülerInnen und LehrerInnen zu gewährleisten und die thermischen Lüftungsverluste zu minimieren.

Es gilt also, durch den Einsatz einer effizienten Wärmerückgewinnung, wie sie in Lüftungsanlagen Anwendung findet, einen Anstieg der Lüftungsverluste bei der Erhöhung des Luftwechsels zu vermeiden. Die Ergebnisse der Simulation mit zusätzlicher Komfortlüftung und Wärmerückgewinnung zeigt Abbildung 27. Es wird angenommen, dass der Luftwechsel während Schulbetrieb auf 1,5 h<sup>-1</sup> angehoben wird und 80 % der in der Abluft enthaltenen Wärme an die Zuluft übertragen wird. Hierdurch wird der spezifische Wert der Zuluft in den Klassenräumen auf rund 17 m<sup>3</sup>/h pro Person erhöht ( $L \cdot B \cdot H \cdot LW / \text{Personenanzahl} = 9 \text{ m} \cdot 6 \text{ m} \cdot 3,8 \text{ m} \cdot 1,65 \text{ h}^{-1} / 20$ ). Der Pettenkofer Maximalwert für den CO<sub>2</sub>-Gehalt von 1000 ppm wird damit jedoch nicht immer eingehalten werden können. Um erhöhte CO<sub>2</sub>-Werte zu vermeiden empfiehlt sich daher der Einsatz einer hybriden Lüftung, welche die konventionelle Fensterlüftung mit der mechanischen Lüftung bedarfsgerecht kombiniert. Die durch die Komfortlüftung zusätzlich erreichte Einsparung an Heizenergie (s. Abbildung 27) würde hierdurch jedoch kompensiert.



**Abbildung 27: Thermische Jahresenergiebilanz für Kombination der Maßnahmen und zusätzlicher Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung bei 1,5-fachem Luftwechsel**

Schlussfolgernd kann vor diesem Hintergrund festgestellt werden, dass eine Reduzierung des Heizbedarfs auf rund 124 MWh aus der Kombination der beschriebenen Maßnahmen bei erheblicher Verbesserung der Luftqualität in den Klassenräumen resultiert.

Auch der Innenraumkomfort hinsichtlich sommerlicher Überwärmung wird in diesem Szenario weitgehend eingehalten. Die Simulationsergebnisse zeigen, dass es zu Zeiten des Schulbetriebs zu keinen nennenswerten Überschreitungen der kritischen 26 °C kommt. In Abbildung 28 ist eine Schulwoche (Montag bis Freitag) dargestellt, in welcher die Kombination von erhöhten Außentemperaturen und starker solarer Strahlung zu einem



Anstieg der Raumtemperaturen führt. Der Klassenraum an der südwestlichen Ecke des Gebäudes ist der größten solaren Last ausgesetzt. Dies wurde bei der Modellerstellung bereits berücksichtigt. Als kritischster Raum bezüglich der sommerlichen Überwärmung wurde dieser als separate thermische Zone modelliert, um Aussagen über das thermische Verhalten im Sommer treffen zu können. Die exponierte Lage des Raumes mit einer südlich und einer westlich orientierten Wand sowie der Lage im zweiten Obergeschoß, wo es kaum zur Verschattung durch nebenstehende Gebäude kommt, bewirkt die höchsten Temperaturen aller thermischen Zonen im Modell. Allerdings würde es lediglich in längeren Hitzeperioden im Juli/August, während der Schulferien, zu vermehrten Überwärmungen kommen, diese werden jedoch hier nicht betrachtet da sie außerhalb der Belegungszeit auftreten.

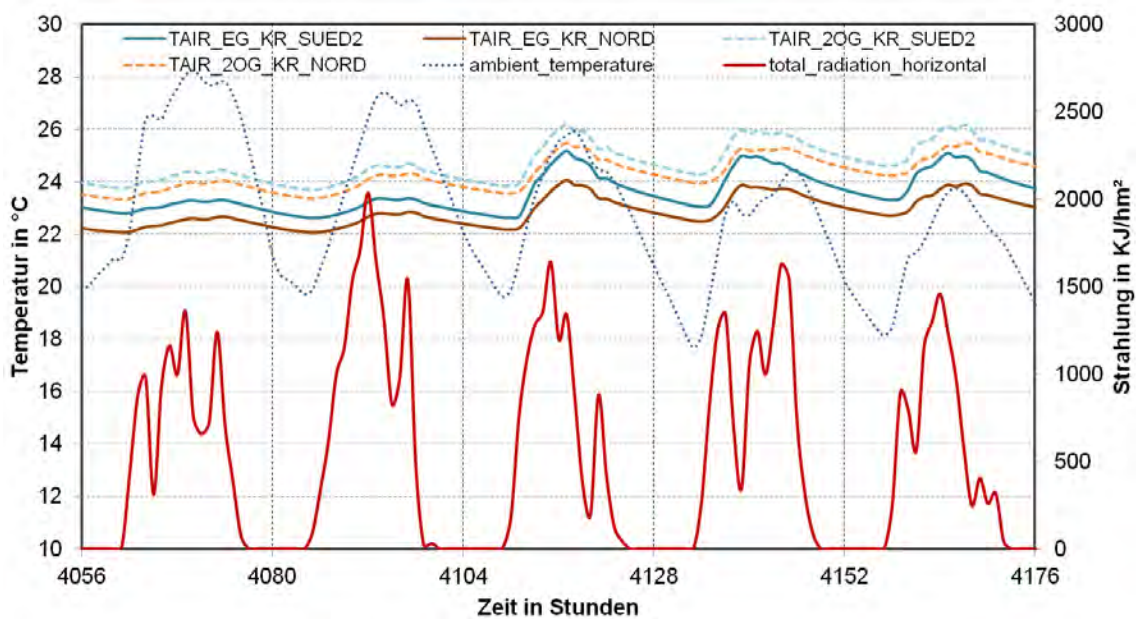


Abbildung 28: Ausgewählte Raumtemperaturen in der Woche vom 19. bis 26. Juni

### 2.5.3 Lebenszykluskosten-Analyse für Schulsanierungen

Als Grundlage wurden Bewertungskonzepte herangezogen, die im Bereich der öffentlichen Gebäude Anwendung finden. Das Bewertungskonzept wurde anhand der Bewertung der Sanierungsvorschläge von SchulRen+ ausformuliert.

Wesentliche Basis bilden der Vorarlberger Kommunalenergieausweis (Spektrum GmbH 2011), das Bewertungssystem des deutschen Bautenministeriums (BMVBS 2011) und die Richtlinie für ökologischen Schulbau des Österreichischen Instituts für Schul- und Sportstättenbau. (ÖISS 2009) Gemäß ÖISS ist der Begriff Lebenszykluskosten wie folgt definiert: „Auf ein Projekt übertragen, bedeutet der Begriff Lebenszyklus die gesamte Dauer der Phasen Planung, Errichtung, Betrieb und Erhaltung, Erneuerung, Abriss und Entsorgung. Die während des Lebenszyklus entstehenden Kosten, die unmittelbar dem Projekt zugeordnet werden können, bilden dann die Lebenszykluskosten. Durch den Vergleich von Lebenszykluskosten für verschiedene Varianten kann die auf die gesamte Lebensdauer bezogene wirtschaftlich optimierte Variante ermittelt werden. Planungsziel ist die Optimierung der Lebenszykluskosten als Summe aus Errichtungskosten und diskontierten

Folgekosten (Barwert der Lebenszykluskosten). Nur wenn die Folgekosten bereits bei der Gebäudeplanung mitberücksichtigt werden, ist eine Kostenoptimierung über den gesamten Lebenszyklus möglich.“ (ÖISS 2009)

Ausgehend von der Barwertmethode werden die Eckpunkte des Konzepts in den folgenden Kapiteln erläutert.

Die Barwertmethode gehört zu den Methoden der dynamischen Investitionsrechnung und dient dem Vergleich von Investitionsvarianten mit unterschiedlichen Zeitverläufen, indem Einzahlungen und Ausgaben auf einen heutigen Zeitpunkt abgezinst und so vergleichbar gemacht werden. Der so erhaltene Barwert kann als jener Betrag betrachtet werden, der zum gewählten Diskontzinssatz angelegt werden muss, damit die erforderliche Summe in der Zukunft zur Verfügung steht. Der Vergleich von Alternativen mittels Barwert ist besonders wichtig bei Vorhaben, bei denen Investitionen zu verschiedenen Zeiten anfallen, wie dies bei Gebäuden der Fall sein kann: Gebäude mit höheren Investitionskosten und geringen Folgekosten und Gebäude mit niedrigeren Investitionskosten und höheren Folgekosten können so mittels Barwert verglichen werden. Kritischer Faktor ist die Wahl des Zinssatzes, weil die Höhe des Zinssatzes die Attraktivität von Anfangsinvestitionen für eine bessere Langzeitperformance des Gebäudes stark beeinflusst. Die Wahl des Zinssatzes drückt die Bereitschaft des Anlegers aus, Geld nicht sofort, sondern in der Zukunft auszugeben; der Zinssatz ist somit eine Entschädigung für einen aufgeschobenen Nutzen, der in der Zukunft liegt und daher unsicher ist.<sup>23</sup>

Im Gegensatz dazu ignorieren die sogenannten statischen Verfahren Zeitverläufe: es wird ein Durchschnittswert aller Einzahlungen bzw. Auszahlungen gebildet. Aus diesem Grund dienen diese Berechnungen für kurzfristige Betrachtungen oder werden für Überschlüsse verwendet.

### **Berücksichtigung ausgewählter Kostenkategorien**

Bei der energetisch umfassenden Sanierung mit der Berücksichtigung der Optionen in Richtung Plusenergie-Gebäude werden nur jene Kostenkategorien berücksichtigt, die eine Unterscheidung der Sanierungsvarianten erlauben. Die folgende Abbildung zeigt, dass nach der Erstellung die Ver- und Entsorgung und die Reinigungskosten die wesentlichen Kostenkategorien darstellen. Bei den Ver- und Entsorgungskosten nehmen die Kosten für Wasser und Entsorgung einen geringen Stellenwert ein, die Kosten für Strom und Wärme überwiegen. Bei den Reinigungskosten fällt die Unterhaltsreinigung weit mehr ins Gewicht als die Reinigung von Fenstern und Fassade<sup>24</sup>.

Nachdem sich der Aufwand für die Unterhaltsreinigung bei verschiedenen Sanierungsvarianten kaum unterscheidet, wird die Reinigung in weiterer Folge nicht berücksichtigt. Das gilt nur für die Sanierung; bei der Analyse von Neubau-Varianten ist die Reinigung zu berücksichtigen.

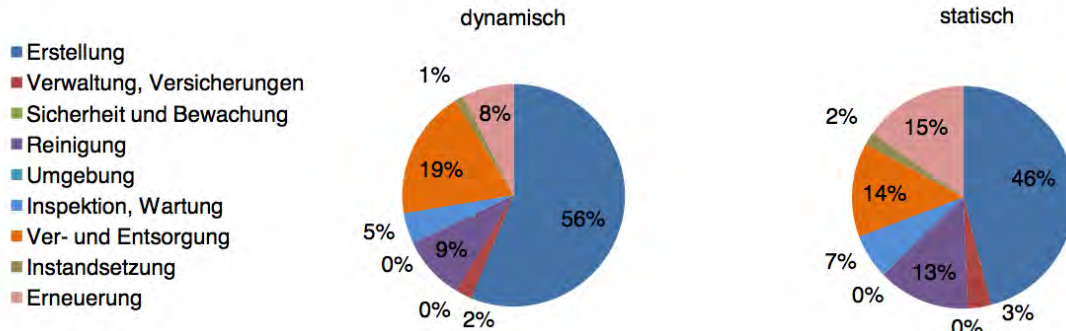
---

<sup>23</sup> ISO DIS 15686-5

<sup>24</sup>CRB und IFMA Schweiz (2011)

A.3\_Ausgabeblaetter\_Berechnungshilfe\_LZK-Tool\_Schule\_PD\_V4.0.pdf

Zuordnung	dynamisch	statisch
Erstellung	23.435.280 CHF	23.435.280 CHF
Verwaltung, Versicherungen	978.259 CHF	1.719.902 CHF
Sicherheit und Bewachung	0 CHF	0 CHF
Reinigung	3.885.737 CHF	6.831.614 CHF
Umgebung	0 CHF	0 CHF
Inspektion, Wartung	1.880.361 CHF	3.305.910 CHF
Ver- und Entsorgung	7.808.400 CHF	6.985.090 CHF
Instandsetzung	537.853 CHF	945.614 CHF
Erneuerung	3.135.669 CHF	7.733.642 CHF
	<b>41.661.559 CHF</b>	<b>50.957.051 CHF</b>



**Abbildung 29: Verteilung der Lebenszykluskosten (Phase Projektdefinition (PD)) bei der Modernisierung eines Schulhauses**

Quelle: (IFMA 2011)

Betrachtungszeitraum 30 Jahre, alle Angaben inkl. MwSt. dynamisch: Kalkulationszinssatz 0,05, Preissteigerung Bau 0,016, Preissteigerung Dienstleistungen 0,01, Preissteigerung Versorgung 0,06

### Vergleich von Varianten mit gleicher Nutzungsqualität

Es können nur Lebenszykluskosten von Varianten verglichen werden, welche die gleiche Nutzungsqualität zur Verfügung stellen; d.h. es kann nicht eine Variante mit Lüftungsanlage mit einer Variante ohne Lüftungsanlage hinsichtlich der Lebenszykluskosten verglichen werden. Es können nur Varianten mit Lüftungsanlage verglichen werden und Varianten ohne Lüftungsanlage, da sich die jeweils erzielbare Raumluftqualität und damit die Nutzungsqualität unterscheidet.

### Kritische Faktoren: Lüftung und „Sowieso“-Kosten

Die Lebenszykluskosten-Analyse energetisch umfassender Sanierungen von Schulen zielt auf die Berechnung der Energieeinsparungen im Betrieb ab, die durch energierelevante Investitionen erreicht werden können.

Es erfolgt eine Betrachtung von Investitionskosten und Folgekosten, die mit der Investition unmittelbar zusammenhängen. Für das Ergebnis ist entscheidend, welche Investitionskosten berücksichtigt werden. Kritische Faktoren sind die Lüftung und die Sowieso-Kosten.

Eine Lüftungsanlage ist für die Bereitstellung einer adäquaten Luftqualität, wie sie zur Erfüllung des Gebäudezwecks erforderlich ist, notwendig. Unter Sowieso-Kosten versteht man Kosten, die im Zuge einer Sanierung z.B. für Arbeiten an der Fassade anfallen, ohne Ausführung einer Wärmedämmung (z.B. Baustelleneinrichtung für das Anstreichen der Fassade).

Wird eine Lüftungsanlage in die Amortisationsrechnung energierelevanter Investitionen mit einbezogen, so ergibt sich eine Verlängerung der Amortisationszeit eines Maßnahmenpakets von mehreren Jahren (bis mehr als 30 Jahre). Die Sowieso-Kosten der Wärmedämmung

einer Fassade können 50 % der Gesamtsumme für die Fassadensanierung betragen; wenn sie nicht abgezogen werden, verlängert das die Amortisationszeit maßgeblich.

Eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung trägt zur Energieeffizienz des Gebäudes bei; der Zweck einer Lüftungsanlage ist aber nicht primär die Energieeinsparung, sondern die Bereitstellung einer adäquaten Luftqualität, wie sie zur Erfüllung des Gebäudezwecks erforderlich ist. Eine Lüftungsanlage ist daher keine energierelevante Investition.

Die Installation einer Komfortlüftung ist keine Maßnahme zur Verbesserung des energetischen Standards des Gebäudes, sondern es handelt sich wie bei Maßnahmen zur räumlichen Gestaltung für neue pädagogische Anforderungen um Maßnahmen zur Sicherung von Gesundheit und Lernerfolg der Schüler. Eine Komfortlüftung gehört zur Grundausrüstung einer modernen Schule.

### **Kosten von Lüftungsanlagen**

**Errichtungskosten:** Zentrale Anlagen haben auf den ersten Blick meist einen Kostenvorteil gegenüber dezentralen (klassenweisen) Lösungen. Auf den zweiten Blick stellt man fest, dass bei den zentralen Konzepten aber meist auf eine klassenweise Steuerung bzw. Regelung der Luftmenge verzichtet wurde, um den Kostenvorteil gegenüber dezentralen Anlagen nutzen zu können. Vergleicht man gleichwertige Lösungen hinsichtlich bedarfsangepassten Luftmengen, so kann man keine eindeutigen Kostenvorteile mehr ausmachen.

**Betriebskosten Wartung:** Dezentrale Geräte benötigen auf der Abluftseite und bei dezentraler Ansaugung auch auf der Zuluftseite je einen Filter, der aufgrund der kleinen Filterflächen mehrmals pro Jahr gewechselt werden muss. Aufgrund des höheren Manipulationsaufwandes und der höheren Anschaffungskosten bei mehreren dezentralen Filtern gegenüber einem zentralen Filter sind zentrale Anlagen in diesem Bereich klar im Vorteil.

Vergleichbar sind die längerfristigen Wartungskosten nur, wenn auch der Schutz des Luftleitungssystems vor Staubablagerungen in die Überlegung einbezogen wird. Demnach wären dezentrale Abluftfilter an den Abluftdurchlässen bei allen Anlagen mit Luftleitungen erforderlich, da nur diese einen jahrzehntelangen Schutz vor Grobstaubablagerungen im Abluftsystem ermöglichen. Dezentrale Anlagen ohne Verteilsystem und zentrale Anlagen mit zentraler Abluft (Atrium) vermeiden diesen Kostenfaktor, der je nach Filterqualität und Luftbelastung alle ca. 15–20 Jahren zum Tragen kommt.

**Betriebskosten Strom:** Im Regelfall schneiden hier dezentrale Geräte aufgrund der verfügbaren effizienteren Motorentechnologie und der in der Praxis angepassteren Betriebszeiten besser ab. Zusätzlich verursachen die längeren Leitungsnetze von zentralen Anlagen deutlich höhere Druckverluste und damit höhere Stromkosten. Im Zuge der Planung sollte daher auch von der Kostenseite immer verschiedene Lüftungssysteme konkret gegenübergestellt werden. (Greml A. 2008)

Bei der Abschätzung der Investitionskosten für ein hybrides Lüftungssystem muss berücksichtigt werden, dass sie eine Mischung aus Kosten für Baukonstruktion und technischen Anlagen darstellen. (DIN 276: Kostengruppen 300 und 400)

Wenn eine mechanische Lüftung vorerst nicht installiert werden kann, ist der Einbau einer Lüftungssampel zweckmäßig, die anzeigt, wann während des Unterrichts zu lüften ist.

## „Sowieso“-Kosten

Die Maßnahmen zur Instandhaltung der in SchulRen+ bearbeiteten Hauptschule beinhalten Maßnahmen im Bereich der Heizung und Fenster, die auch zu Energiespareffekten führen. Die für die Fassadensanierung vorgesehenen Kosten beinhalten keine Wärmedämmung. Damit fallen Sowieso-Kosten für die Aufstellung des Gerüsts und für die Baustelleneinrichtung an, die bei gleichzeitigem Anbringen der Wärmedämmung in diesem Fall nicht der Wärmedämmung zugerechnet würden. Laut Gesamtkostenhilfe der Stadt Frankfurt betragen die Sowieso-Kosten einer Fassadendämmung bis zu 50% der Kosten einer Fassadensanierung inklusive Wärmedämmung. (Frankfurt 2011)

## Weitere methodische Aspekte

### Faktoren zur Berechnung der PE- und CO<sub>2</sub>-Bilanz

In den folgenden Tabellen werden die Datengrundlagen für die verwendeten Primärenergiefaktoren (PE) und CO<sub>2</sub>-Faktoren dargestellt. Die für die Berechnung verwendeten Faktoren sind grau markiert.

**Tabelle 7: Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Faktoren für erneuerbare Energien**

Energieträger	Primärenergie-Faktor (kWhpe/kWhend)	CO <sub>2</sub> -Faktor (kg/kWh Endenergie)
PV-Strom, zentral	0,40	0,13
Wind-Strom, zentral	0,04	0,02
Solar dezentral (gebäudeintegriert)		
Solar thermisch	0	0
Solar elektrisch (PV)	0	0
Brennstoffe		
Holz-Hackgut	0,06	0,035
Holz-Pellets	0,14	0,043

Quelle: Gerhard Faninger, Energetische, Wirtschaftliche und Umweltbezogene Bewertung. Version 2.1. 15. August 2010 (Primärquelle: Datensätze GEMIS)

**Tabelle 8: Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Faktoren**

Energieträger	Primärenergie-Faktor (kWhpe/kWhend)	CO <sub>2</sub> -Faktor (kg/kWh Endenergie)
Kohle	1,46	0,337
Heizöl	1,23	0,311
Erdgas	1,17	0,236
Biomasse	1,08	0,004
Strom (Österreich-Mix)	2,62	0,417
Fernwärme aus Heizwerk (erneuerbar)	1,6	0,051
Fernwärme aus Heizwerk (nicht erneuerbar)	1,52	0,291
Fernwärme aus hocheffizienter KWK (Default)	0,92	0,073

Fernwärme aus hocheffizienter KWK (Bestwert)	≥0,30	gemäß Einzelnachweis
Fernwärme aus hocheffizienter KWK (Projektwert)	0,368	0,0292
Abwärme (Default)	1	0,02
Abwärme (Bestwert)	≥0,30	gemäß Einzelnachweis

Quelle: OIB RL 6 Oktober 2011, [www.oib.or.at](http://www.oib.or.at)[31.10.2011]

## Externe Kosten von CO<sub>2</sub>

Die +2 °C-Schwelle (die Erderwärmung darf maximal 2 °C über vorindustriellem Niveau betragen) ist jene Schwelle, ab der laut Klimaforschern des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) irreversible Klimawandel-Prozesse ausgelöst werden. Es gibt jedoch auch Forscher, die +1 °C für angemessener halten. Der Schwellenwert von 450 ppm CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre wird mit dem +2 °C-Ziel noch für verträglich gehalten.

Der Wissenschaftliche Beirat der deutschen Bundesregierung Globale Umweltveränderung (WBGU) empfiehlt, ein CO<sub>2</sub>-Konzentrationsziel unterhalb von 450 ppm anzustreben. Dies wird nur möglich sein, wenn bis 2050 eine Minderung der globalen energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen um etwa 45-60 gegenüber 1990 erreicht wird. Die Industrieländer müssen ihren Ausstoß von Treibhausgasen bis 2020 um mindestens 20 % verringern. (Krewitt und Schlomann 2006)

Laut einer Studie des englischen Umweltministeriums (UK Department for Environment, Food and Rural Affairs - Defra) liegen die Schadenskosten des Klimawandels mit großer Wahrscheinlichkeit über einem unteren Grenzwert von 15 € tCO<sub>2</sub>. Modellrechnungen mit dem Integrated Assessment Model FUND zeigen, dass unter plausiblen Annahmen Schadenskosten von bis zu 300 € t CO<sub>2</sub> berechnet werden. (Downing, et al. 2005)

(Maibach, et al. 2007) kommen nach Auswertung der vorliegenden Literatur und unter besonderer Berücksichtigung der Ergebnisse der Defra-Studie zu folgender Empfehlung: zur Berechnung externer Kosten sollen als „bester Schätzwert“ Schadenskosten durch CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 70 € t CO<sub>2</sub> verwendet werden (unterer Grenzwert: 15 € t CO<sub>2</sub>; hoher Schätzwert: 280 € t CO<sub>2</sub>). Dieser Wert der Schadenskosten liegt in einer sinnvollen Größenordnung im Vergleich zu den vom WBGU in verschiedenen Szenarien zur Stabilisierung der globalen CO<sub>2</sub>-Konzentration unter 450 ppm berechneten marginalen Vermeidungskosten.

unterer Schätzwert	zentraler Schätzwert	hoher Schätzwert
15 €/tCO <sub>2</sub>	70 €/tCO <sub>2</sub>	280 €/tCO <sub>2</sub>

Abbildung 30: Empfohlene Schätzwerte für die Schadenskosten des Klimawandels (Maibach, et al. 2007)

Tabelle 9: Externe Kosten von CO<sub>2</sub> in EUR/t nach verschiedenen Quellen

CO <sub>2</sub> -Börse Tiefstwert (24.2.2009)	9,8	EXAA Energy Exchange Austria EUR/t_CO2_2008 - 2012 <a href="http://www.exaa.at/market/historical/co2">http://www.exaa.at/market/historical/co2</a> / (09.09.2011)
CO <sub>2</sub> -Börse Höchstwert (8.7.2008)	26,9	
CO <sub>2</sub> -Börse aktueller Wert (16.8.2011)	12,25	
Schadenskosten 2°C Ziel unterer Schätzwert	20	Maibach et al. 2007

Schadenskosten 2°C Ziel mittlerer Schätzwert	70	Maibach et al. 2007
Schadenskosten 2°C Ziel oberer Schätzwert	280	Maibach et al. 2007
Vermeidungskosten UK short term traded price in 2020	29	central estimate (50% +range and 50% -range); UK department of Energy and Climate Change (2009)  <a href="http://www.decc.gov.uk/">http://www.decc.gov.uk/</a>
Vermeidungskosten UK short term non-traded price 2020	69	
Vermeidungskosten UK long term traded price in 2030	80	
Vermeidungskosten UK long term traded price in 2050	229	
Im vorliegenden Projekt verwendeter Wert	70	

Ausgehend von den Ergebnissen von (Downing, et al. 2005) empfehlen (Watkiss, et al. 2005), die Schadenskosten um 0,4 €/t CO<sub>2</sub> pro Jahr ansteigen zu lassen. In der Literatur findet sich Übereinstimmung dahingehend, dass mit einem Ansteigen der CO<sub>2</sub>-Konzentration auch die Kosten für die Vermeidung von Schäden (Vermeidungskosten) bzw. zur Beseitigung der Schäden (Schadenskosten) des Klimawandels steigen. (siehe u.a. (Stern 2006))

Eine vom deutschen Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung herausgegebene Studie arbeitet die vorhandene Literatur auf und bewertet und vergleicht mehrere Gebäude anhand der externen Kosten. Demnach liegt die von der Mehrheit der Experten akzeptierte untere Bandbreite des Schätzungen bei 14 €/t CO<sub>2</sub>, die obere Bandbreite reicht bis etwa 280 €/t CO<sub>2</sub>.

Wegen der hohen Unsicherheiten behilft man sich in einigen Anwendungen mit der Schätzung von Zielerreichungskosten. Für den Zeitraum bis 2012 lässt sich das Kyoto-Ziel – Verringerung der Treibhausgasemissionen in Deutschland um 21 Prozent im Zeitraum 2008-2012, bezogen auf das Jahr 1990 – als relevante Zielsetzung betrachten. Die Kosten zur Erreichung dieses Ziels werden in dieser Studie auf 20 €/t CO<sub>2</sub> geschätzt. Für den Zeitraum nach 2012 gibt es noch keine rechtlich verbindlichen Ziele, unter Fachleuten besteht jedoch die Überzeugung, dass weitere Verringerungen der Treibhausgasemissionen dringend geboten sind, um gravierende Klimafolgeschäden zu vermeiden. (BMVBS 2011)

In weiterer Folge bezieht sich die Studie ebenfalls auf den von (Maibach, et al. 2007)im Auftrag des deutschen Bundesumweltministeriums erarbeiteten zentralen Schätzwert von 70 €/t CO<sub>2</sub>.Methodisch handelt es sich um Grenzschadenskosten, wobei Schäden der nächsten 100 Jahre berücksichtigt werden. Die Zeitpräferenzrate (Diskontrate) beträgt 1 Prozent und „equity weighting“ („equity weighting“ bedeutet, dass ein Schaden pro Geldeinheit in einem ärmeren Land höher gewichtet wird als in einem relativ reicheren Land) ist berücksichtigt.

Für die Durchführung von Sensitivitätsrechnungen mit einer Untergrenze von 20 €/t CO<sub>2</sub>(ohne Gewichtung der regionalen Schäden) und einer Obergrenze von 280 €/t CO<sub>2</sub>(Zeitpräferenzrate von 0 Prozent) wurde ein Online-Tool zur Verfügung gestellt.

Der empfohlene Best-Guess-Wert von 70 €/t CO<sub>2</sub> liegt in einer sinnvollen Größenordnung im Vergleich zu den vom Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale

Umweltveränderung (WBGU) berechneten marginalen Vermeidungskosten. Der Stern-Report geht ebenfalls von Schadenskosten in einer ähnlichen Größenordnung (85 €/t CO<sub>2</sub>) aus. (Stern 2006)

Die Analysen anhand von beispielhaften Bürogebäuden zeigen, dass die absoluten jährlichen externen Kosten bei durchschnittlich 29.702,14 Euro liegen (Spannbreite von 6.286,15 bis 60.814,05 Euro/Jahr). Auf die Bruttogeschossflächen der Gebäude bezogen lagen die externen Kosten der betrachteten Beispielgebäude zwischen 3,46 und 5,45 Euro pro m<sup>2</sup> BGF pro Jahr. Im Durchschnitt betragen die externe Kosten 15 Prozent der Betriebs- und Instandhaltungskosten der in der Studie betrachteten Gebäude. Würden externe Kosten in die Investitionskosten-Kalkulation einbezogen ergibt sich auf Basis der sechs untersuchten Gebäude eine Erhöhung der Neubaukosten um etwa 34,5 Prozent. (BMVBS 2011)

Umgekehrt müssten CO<sub>2</sub>-Einsparungen gutgeschrieben werden.

### **Berücksichtigung ausgewählter Investitionskosten**

Die Gliederung erfolgt gemäß ÖNORM B 1801-1 Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 1: Objekterrichtung. Für die Analyse der Lebenszykluskosten bei umfassenden Plusenergie-Sanierungen sind die in der folgenden Aufstellung grau markierten Kategorien zu berücksichtigen. Es wurden jene Kostenkategorien identifiziert, die für Schulsanierungen auf Plusenergie-Niveau relevant sind, weil sich Varianten in diesen Kostenkategorien unterscheiden.



Tabelle 10: Kostengruppen gemäß ÖNORM B 1801-1 Bauprojekt- und Objektmanagement  
Teil 1: Objekterrichtung, Ausgabe: 2009-06-01 (relevante Kostengruppen grau unterlegt)

GEK	ERK	BAK	BWK	Baugliederung 1.	Baugliederung 2. Ebene und 3. Ebene	
Gesamtkosten	Errichtungskosten	Baukosten	Bauwerkskosten	0 Grund		Nicht relevant
				1 Aufschließung	1A	Allgemein
					1B	Baureifmachung
					1C	Erschließung
					1D	Abbruch, Rückbau
					1E	Provisorien
				2 Bauwerk - Rohbau	2A	Allgemein
					2B	Erdarbeiten, Baugrube
					2C	Gründungen, Bodenkonstruktionen
					2D	Horizontale Baukonstruktionen
					2E	Vertikale Baukonstruktionen
					2F	Spezielle Baukonstruktionen
					2G	Rohbau zu Bauwerk-Technik
				3 Bauwerk - Technik	3A	Allgemein
					3B	Förderanlagen
					3C	Wärmeversorgungsanlagen
					3D	Klima-/Lüftungsanlagen
					3E	Sanitär-/Gasanlagen
					3F	Starkstromanlagen
					3G	Fernmelde-, Informations-technische Anlagen
					3H	Gebäudeautomation
					3I	Spezielle Anlagen
					4 Bauwerk - Ausbau	4A
				4B		Dachverkleidung
				4C		Fassadenhülle
				4D		Innenausbau
				5 Einrichtung	5A	Allgemein
					5B	Betriebseinrichtungen
					5C	Ausstattungen, Kunstwerke
				6 Außenanlagen	6A	Allgemein
					6B	Geländeflächen
					6C	Befestigte Flächen
					6D	Bauteile Außenanlagen
				7 Planungsleistungen	7A	Allgemein
					7B	Bauherrnleistungen
					7C	Planungsleistung
8 Nebenleistungen	8A	Allgemein				
	8B	Baunebenleistungen				
	8C	Planungsnebenleistungen				
9 Reserven	9A	Allgemein				
	9B	Reservemittel Budget				
	9C	Reservemittel Steuerung				

Neben Recherchen und Befragungen wurden folgende Quellen für Kostendaten verwendet:

- Gesamtkosten-Hilfe des Hochbauamts Energiemanagement der Stadt Frankfurt, Stand 24.01.2011 (Stadt Frankfurt 2011)
- BKI 2011 Baukosten Bauelemente, Allgemeinbildende Schulen, Modernisierung
- BKI 2011 Baukosten Bauelemente, Allgemeinbildende Schulen, Neubau (wenn keine Angaben zu Sanierung vorhanden)

Die BKI-Baukostendokumentation ist eine Datendokumentation zu real abgerechneten Gebäuden in Deutschland (Schulen, Kindergärten, Wohngebäude, Büros etc.), die jedes Jahr erneut herausgegeben wird. Die Daten werden in einer Bandbreite (niedrig – mittel – hoch) angegeben, welche unterschiedliche Qualitäten und Ausführungsarten widerspiegeln.

Die Kosten werden pro Bezugseinheit inklusive 19 % MWSt. angegeben. In der folgenden Tabelle sind die Netto-Kosten ausgewiesen, die mit dem Regionalfaktor für Österreich angepasst wurden.

**Tabelle 11: Baugliederung nach ÖNORM B 1801-1 mit den zugeordneten BKI-Werten**

Baugliederung	Einheit	Niedrig EUR	Mittel EUR /	Hoch EUR /
		Die Angaben in BKI (2010) Sanierung		
1D Abbruch, Rückbau	m <sup>2</sup> BGF	9	15	26
3C.01 Wärmeerzeugungsanlagen	m <sup>2</sup> BGF	5	12	18
3C.02 Wärmeverteilnetze	m <sup>2</sup> BGF	12	15	22
3D.01 Lüftungsanlagen	m <sup>2</sup> BGF	3	15	49
3F.02 Eigenstromversorgung <sup>1)</sup>	m <sup>2</sup> BGF	3	4	4
3F.05 Beleuchtungsanlagen	m <sup>2</sup> BGF	14	22	37
3G.01 Telekommunikationsanlagen	m <sup>2</sup> BGF	0,43	1	3
3H.01 Mess-, Steuer-, Regel- und	m <sup>2</sup> BGF	15	23	32
4C.01 Fassadenverkleidungen	m <sup>2</sup> AW	36	59	102
4C.02 Fassadenöffnungen 1/3	m <sup>2</sup> FÖ	390	468	513
4D.03 Deckenverkleidungen	m <sup>2</sup> OG	30	64	125
4D.03 Deckenverkleidungen	m <sup>2</sup> KD	30	64	125
4D.07 Spezielle Innenausbauerteile <sup>3)</sup>	m <sup>2</sup> IWF	64	73	86
7C Planungsleistungen <sup>2)</sup>	Projektabhängig	5.000	10.000	20.000

1) keine Werte für Altbau; Werte von Neubau

2) Abschätzung auf Basis der Förderung von Beratungsleistungen im Rahmen von klima:aktiv Bauen und Sanieren

3) Schätzung, ohne Planungsgrundlage

Die Abteilung Energiemanagement des Hochbauamts der Stadt Frankfurt verwendet ein Excel-Tool, das inklusive Hilfetabellen zu U-Werten, Kostendaten u.a. als Download-File frei verfügbar ist. (Stadt Frankfurt 2011) Die Kostendaten werden inklusive Montage und Nebenarbeiten in Nettobeträgen angegeben, Stand: 24.01.11. (<http://www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de/> 17.06.2011)

Tabelle 12: Spezifische Kosten lt. Gesamtkosten-Hilfswerte Stadt Frankfurt

### 330 Außenwände

Gerüststellung, WDVS Polystyrol WLG 035 mit 18 cm, Außenputz	105	€/m <sup>2</sup>
Gerüststellung, WDVS Mineralwolle WLG 035 mit 18 cm, Außenputz	120	€/m <sup>2</sup>
Gerüststellung, WDVS Hartschaum WLG 022 mit 10 cm, Außenputz	120	€/m <sup>2</sup>
Mehrkosten für Verstärkung WDVS EPS (Polystyrol) WLG 035 pro cm	1,80	€/m <sup>2</sup>
Mehrkosten für Verstärkung WDVS Mineralwolle WLG 035 pro cm	2,90	€/m <sup>2</sup>
Mehrkosten für Verstärkung WDVS Hartschaum WLG 022 pro cm	4,90	€/m <sup>2</sup>
Mehrkosten Wärmedämmverbundsystem 180mm EPS 035 gegenüber Neuverputz	45	€/m <sup>2</sup>
Gerüststellung, Vorhangfassade Polystyrol WLG 035 mit 18 cm, Fassadenplatten	130	€/m <sup>2</sup>
Vakuumdämmpaneele, 20 mm Stärke, Lambda = 0,005 W/mK	60-80	€/m <sup>2</sup>
Einbau Holz-Alu-Fenster mit 2-fach Wärmeschutzverglasung (Uw=1,4 W/m <sup>2</sup> K)	350-400	€/m <sup>2</sup>
Einbau Holz-Alu-Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung (Uw=0,8 W/m <sup>2</sup> K)	390-450	€/m <sup>2</sup>
Einbau oder Ersatz von Sonnenschutz mit Tageslichtfunktion (Alulamelle außen)	150	€/m <sup>2</sup>
Innendämmung mit 120 mm Minerale Dämmplatte WLG 045 und Verputz	55	€/m <sup>2</sup>
Mehrkosten für Verstärkung der Minerale Dämmplatte WLG 045 pro cm	2	€/m <sup>2</sup>
Abschlagen alter Putz, Neuverputz mit 3x3 cm mineralischem Dämmputz WLG 065	60	€/m <sup>2</sup>

### 350 Decken

Dämmung der Kellerdecke von unten mit 120 mm Polystyrol WLG035, Spachtelung	30	€/m <sup>2</sup>
Mehrkosten für Verstärkung der Dämmung pro cm	1,5	€/m <sup>2</sup>
Dämmung ob. Geschossdecke mit 220 mm Mineralwolle WLG 035 (10% begehbar)	25	€/m <sup>2</sup>
Mehrkosten für Verstärkung der Dämmung pro cm	1	€/m <sup>2</sup>

### 360 Dächer

Flachdach: Mineralfaser-Gefälledämmung 260 mm im Mittel, Bitumendachbahn	85	€/m <sup>2</sup>
Mehrkosten für Verstärkung der Dämmung pro cm	1,2	€/m <sup>2</sup>
Mehrkosten Flachdachdämmung (extrudiert) 260 mm gegenüber reiner Abdichtung	35	€/m <sup>2</sup>
Photovoltaik-Dachdichtungsbahn	220	€/m <sup>2</sup>
Dämmung zwischen den Sparren von Innen (140 mm Mineralwolle, Gipskarton)	50	€/m <sup>2</sup>
Dämmung zwischen und unter den Sparren von Innen (260 mm MW, Gipskarton)	65	€/m <sup>2</sup>

### 410 Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen

Einbau Sparperlator 5-6 l/min	12	€/St
Einbau Selbstschlussarmatur 5-6 l/min, Abschaltzeit 5 sec	50	€/St
Einbau Sparduschkopf 7 l/min	120	€/St
Nachrüstung Stoppfunktion Toilettenspülkasten (Gewicht) + Aufkleber	15	€/St
Regenwasserzisterne incl. Rohrleitungen und Hauswasserwerk	1000	€/m <sup>3</sup>

### 420 Wärmeversorgungsanlagen

Sanierung Heizzentrale (Brennwertkessel, Verteiler, Regelung)	500	€/kW
Austausch Heizkessel (Brennwert, Gas)	100	€/kW
BHKW incl. Schalldämmung, Kat., Schaltschrank, Be- und Entlüftung	5.783*P <sub>el</sub> 0,3875	€/kW
Pellet-Kessel incl. Speicher, Ein- und Austragung, Regelung, Schornstein (100 kW)	375	€/kW
Pellet-Kessel incl. Speicher, Ein- und Austragung, Regelung, Schornstein (15 kW)	650	€/kW
Austausch von Umwälzpumpen gegen energieeffiziente (bis 100 W)	250	€/Stück
Erdsonden (Entzugsleistung ca. 50 W/m)	900	€/kW
Thermische Solaranlage incl. Speicher, Rohrleitungen, Regelung (10-20 m <sup>2</sup> )	650-700	€/m <sup>2</sup>
Thermische Solaranlage incl. Speicher, Rohrleitungen, Regelung (> 50 m <sup>2</sup> )	350-480	€/m <sup>2</sup>
Regelung für vorhandenen Heizkreis (Pumpe, Mischventil, Regelung)	2.000	€/Stück
Nachrüstung Thermostatventile	60	€/Stück

#### 430 Lufttechnische Anlagen

Lüftungsgerät passivhaustauglich mit 2 Ventilatoren und WRG (ca. 1.000 m <sup>3</sup> /h)	3	€/m <sup>3</sup>
Lüftungsgerät passivhaustauglich mit 2 Ventilatoren und WRG (ca. 5.000 m <sup>3</sup> /h)	1,5	€/m <sup>3</sup>
Neubau Lüftungsanlage Zu- und Abluft incl. WRG und Rohrleitungen (ca. 2.500 m <sup>3</sup> /h)	20	€/m <sup>3</sup>
Neubau Lüftungsanlage Zu- und Abluft incl. WRG und Rohrleitungen (ca. 5.000 m <sup>3</sup> /h)	15	€/m <sup>3</sup>
Frequenzumrichter für Motorleistung > 30 kW	150	€/kW
Frequenzumrichter für Motorleistung < 3 kW	350	€/kW

#### 440 Starkstromanlagen

Aufbau-Spiegelrasterleuchte 1x58W mit EVG	70	€/Stück
Sanierung der Beleuchtung in Büros und Schulen (300 lux, Spiegelraster mit EVG)	10	€/m <sup>2</sup>
PV-Anlage incl. Wechselrichter, Verkabelung und Direkteinspeisezähler (ca. 10 m <sup>2</sup> )	3250	€/kWp
PV-Anlage incl. Wechselrichter, Verkabelung und Direkteinspeisezähler (ca. 200 m <sup>2</sup> )	2750	€/kWp
Photovoltaik-Dachdichtungsbahn incl. Wechselrichter, Verkabelung ... (ca. 200 m <sup>2</sup> )	3000	€/kWp

Zur Abschätzung der Investitionskosten der Maßnahmenpakete von SchulRen+ wurden die oben genannten Quellen herangezogen, und unter Verwendung von Informationen aus Internetrecherchen, Herstellerangaben und Expertenmeinungen wurden plausible Annahmen abgeleitet.

Zur Plausibilitätskontrolle wurden die Kosten von bereits durchgeführten energetisch ambitionierten Schulsanierungen herangezogen.

In Stuttgart ist die Sanierung der Uhland Schule auf Plusenergie-Niveau geplant. Die Schule besteht aus mehreren Gebäuden, die 1954 errichtet wurden. Ein Erweiterungsbau stammt aus 2003/2004. Die beheizte Nettogeschoßfläche beträgt insgesamt 6.437 m<sup>2</sup>. Die Gesamtkosten des Bauvorhabens betragen ca. 12,3 Mio Euro. Die Finanzierung erfolgt durch die Stadt, Industriepartner und Förderungen des Bundes. (PlusEnergieschule 2010)

Tabelle 13: Kostenvergleichswerte von Sanierungen

Objekt	Kurzbeschreibung	Kosten (inkl. 19% MwSt.)	Quelle
Mittelschule	Baujahr 1896 BGF: 4.315m <sup>2</sup> BRI: 16.812 m <sup>3</sup> Keine Nutzungs- und Tragwerksänderungen; wenige Grundrisskorrekturen	911 EUR/m <sup>2</sup> BGF Modernisierung <sup>2)</sup>	BKI 2010 <sup>1)</sup>
Gymnasium	Baujahr 1900 BGF: 5.207m <sup>2</sup> BRI: 19.148 m <sup>3</sup> Keine Nutzungs- und Tragwerksänderungen; wenige Grundrisskorrekturen	746 EUR/m <sup>2</sup> BGF Modernisierung	BKI 2010 <sup>1)</sup>
Gymnasium	Baujahr 1919 BGF: 9.178m <sup>2</sup> BRI: 37.695 m <sup>3</sup> Keine Nutzungs- und Tragwerksänderungen; wenige Grundrisskorrekturen	688 EUR/m <sup>2</sup> BGF Modernisierung	BKI 2010 <sup>1)</sup>
Gymnasium	Baujahr 1914 BGF: 4.224m <sup>2</sup> BRI: 16.585 m <sup>3</sup> Keine Nutzungs- und Tragwerksänderungen; wenige Grundrisskorrekturen	749 EUR/m <sup>2</sup> BGF Modernisierung	BKI 2010 <sup>1)</sup>
Schule	Baujahr nach 1960 BGF: 4.435m <sup>2</sup> BRI: 16.877 m <sup>3</sup> Keine Nutzungsänderung; einige Tragwerksänderungen und Grundrisskorrekturen	297 EUR/m <sup>2</sup> BGF Instandsetzung <sup>3)</sup>	BKI 2010 <sup>1)</sup>
Sozialtherapeutisches Zentrum	Baujahr nach 1960 BGF: 3.557m <sup>2</sup> BRI: 10.327 m <sup>3</sup>	207 EUR/m <sup>2</sup> BGF Instandsetzung	BKI 2010 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>BKI Baukosten Statistische Kostenkennwerte Altbau. Stuttgart: BKI Baukosteninformationszentrum, 2010

<sup>2)</sup>Gemäß BKI liegt eine Modernisierung vor, wenn nach der durchgeführten Maßnahme die Funktion über dem ursprünglichen Niveau liegt. Es liegt z.B. eine Modernisierung vor, wenn der Wärme-, Schall- oder Brandschutz erhöht wurde.

<sup>3)</sup>Gemäß BKI werden darunter Maßnahmen zur Rückführung einer Betrachtungseinheit in den funktionsfähigen Zustand, mit Ausnahme von Verbesserungen verstanden.

Tabelle 14: Kostenvergleichswerte von Lüftungsanlagen (Greml A. 2008)

Objekt	Lüftungsanlage	Kurzbeschreibung	Kosten EUR (netto)
Volksschule Ainet	Dezentral	Die Volksschule Ainet wurde 2005 auf Passivhausstandard generalsaniert und 2005/2006 um einen Zubau erweitert.	5.400 Lüftung pro Klasse
Volksschule Ludesch	Dezentral	Die Volksschule Ludesch wurde 1964 errichtet. Im Jahr 2005 wurde die Süd- und Ostfassade als letzte energetische Sanierungsphase für das Gebäude durchgeführt (Sanierung Fenster, Dämmung Außenwand, Einbau Lüftung, PVC und Halogenfreie Elektroinstallation).	4.750 für Lüftung pro Klasse
Öko-Hauptschule Mäder	Zentrale Anlage mit Zonenregelung	Im Zuge der Bemühungen um den Status einer Öko-Gemeinde entstand 1998 der Neubau der Hauptschule in PH-Qualität.	12.700 für Lüftung pro Klasse
LLA – Weitau (St. Johann i.T.)	Zentral	Die Landeslandwirtschaftsschule Weitau wurde 2004 um einen modernen Gebäudetrakt mit einer zentralen Lüftungsanlage vergrößert.	5.625 für Lüftung pro Klasse
HS, PTS Schwanenstadt	Dezentral	Die Hauptschule und die Polytechnische Schule Schwanenstadt wurden 2006 generalsaniert und um einen Zubau erweitert.	7.000 für Lüftung pro Klasse

Bei (Grabbert 2009) sind die Kosten einer Komfortlüftung je Klassenraum (ca. 80 m<sup>2</sup>) angegeben (siehe folgende Tabelle).

**Tabelle 15: Kosten einer Komfortlüftung je Klassenraum (ca. 80m<sup>2</sup>)**

	Zentral	Semizentral	Dezentral
Investitionskosten €/m <sup>2</sup>	75-90	80-120	90-150
Wartung €/m <sup>2</sup>	2	2,5	9
Heiz- und Stromkosten €/m <sup>2</sup>	8	6,50	6

Sehr gut dokumentiert ist die Schule Schwanenstadt (Plöderl, et al. 2008). Die Musikhauptschule II und Polytechnische Schule in Schwanenstadt hatten vor der Sanierung eine gemeinsame Nutzfläche von ca. 3.300 m<sup>2</sup> mit einem jährlichen Verbrauch von rund 450.000 kWh für Raumwärme. Sie entsprechen dem typischen Baustandard von öffentlichen Bauten und Bürobauten aus den 60-iger und 70-iger Jahren in Stahlbeton Skelettbauweise im Raster von 5,0 m mit Stahlbetonstützen, die vor der Fassade angeordnet sind.

Das Gebäude wurde auf Passivhaus-Standard saniert, wobei die gesamten innovativen Mehrkosten gegenüber der ursprünglich konventionellen Sanierung 13 % betragen. Im Gegensatz zu bisherigen Sanierungen kamen vorgefertigte Holz-Wandelemente in Passivhausqualität zum Einsatz. Diese wurden den bestehenden Stahlbeton-Fertigteilwänden außen vorgesetzt. Seitens der Haustechnik bestand bei der dezentralen Lüftung das Erfordernis in jeder Klasse eine Zu- und Abluftöffnung auszuführen. Entgegen den ersten Entwürfen wurden keine aufwendigen Durchbrüche in den bestehenden Stahlbetonelementen ausgebildet, sondern die Lüftungskanäle leicht nach unten verzogen und durch die vorgefertigten Holzriegelelemente geführt. Die Kanaldurchdringungen konnten so ebenfalls schon in der Montagehalle vorinstalliert werden.

Die Kanaldurchführungen wurden werkseitig komplett fertig gestellt, sodass auf der Baustelle nur noch die unterhalb der Betonstürze verlaufenden Kanalteile mittels Steckverbindung angekoppelt werden mussten. Die Passivhausfenster wurden direkt in der Werkshalle in die vorgefertigten Elemente eingebaut, ebenso die großflächigen Fixverglasungen.

Es wurde eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, Feuchteregelung und Nachtlüftungsmöglichkeit installiert: Klassenraumlüftung mit Luftmengenregelung gemäß Nutzeranwesenheit und Luftfeuchte über dezentrale, für Passivhäuser geeignete Kompaktlüftungsgeräte mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von mindestens 85 % und Sommernachtlüftungsregelung außerhalb der Anwesenheitszeiten.

Tabelle 16: Aufstellung der Gesamtsumme an Mehrkosten des Demonstrationsprojektes

Innovative Mehrkosten des Demonstrationsprojektes gegenüber der konventionellen Sanierung			Gesamtbaukosten der relevanten Gewerke für die thermische Sanierung	
Mehrkosten-aufschlüsselung	Einzelmaßnahmen	Einzelkosten	Einzelkosten	Einzelmaßnahmen
Passivhaus-technologie	Wärmedämmung	€ 148.830,00	€ 117.963,81	Schaumglas unter Bodenplatte
			€ 127.907,04	Dämmung Außenhülle Wand + Dach
	Qualitätssicherung	€ 4.170,00	€ 4.171,01	Drucktest + Thermografie
	Passivhausfenster	€ 155.403,00	€ 257.056,54	Passivhausfenster
	Haustechnik - kontrollierte Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung	€ 324.020,00	€ 499.000,00	Haustechnik - kontrollierte Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung
<b>Zwischensumme</b>		<b>€ 632.423,00</b>	<b>€ 1.006.098,40</b>	
Tages- und Kunstlichtmanagement	Vergrößerung der Oberlichten in den Gängen Solar- und Tageslicht optimierter Sonnenschutz	€ 79.160,00	€ 117.000,00	Oberlichten
			€ 140.616,39	Sonnenschutz + Steuerung
<b>Zwischensumme</b>		<b>€ 79.160,00</b>	<b>€ 257.616,39</b>	
Ökologische Maßnahmen	Holzbautechnologie für Fassade aus nachwachsenden Rohstoffen anstatt Polystyrol- bzw. VWDV- Fassade	€ 276.250,00	€ 544.853,89	Holzbautechnologie für Fassade aus nachwachsenden Rohstoffen anstatt Polystyrol- bzw. VWDV- Fassade
<b>Zwischensumme</b>		<b>€ 276.250,00</b>	<b>€ 544.853,89</b>	
Zusätzliche Dienstleistungen und Honorare für Forschungsprojekt		€ 128.000,00	€ 60.000,00	Qualitätssicherung durch zusätzliche ÖBA
			€ 17.000,00	Forschungsbegleitung
			€ 51.000,00	Zusätzliche Planung + Simulationen
<b>Zwischensumme</b>		<b>€ 128.000,00</b>	<b>€ 128.000,00</b>	
<b>Endsumme netto</b>		<b>€ 1.115.833,00</b>	<b>€ 1.936.568,68</b>	
zuzüglich 20% Ust		€ 223.166,60	€ 387.313,74	
<b>Endsumme brutto</b>		<b>€ 1.338.999,60</b>	<b>€ 2.323.882,42</b>	

Tabelle 17: Investitionskosten Lüftungsanlage Schulsanierung Schwanenstadt (Plöderl, et al. 2008)

**Investitionskosten Lüftungsanlage Schulsanierung Schwanenstadt**

**Variante 1 - hygienische Lüftungsanlage dezentral**

bestehend aus dezentralen Lüftungsgeräten mit WRG und DC-Ventilatoren je Klasse, Werkstatt, etc.  
Volumenstromregelung 4-stufig - feuchtegeführt

WC-Anlagen für PTS und HS jeweils über ein zentrales Zu- und Abluftgerät für alle Geschosse mit WRG und DC-Ventilatoren

**Investitionskostenschätzung**

**a.) Lüftungsanlage PTS**

Anzahl	dezentrale Lüftungsanlage	ST/m <sup>2</sup>	Material	Lohnanteil	Summe
			(EUR)	(EUR)	(EUR)
17	Lüftungsgerät 500 m <sup>3</sup> /h dezentral mit WRG, DC-Ventilatoren, Schalldämpfer, Wetterschutzgitter für AUL und FOL; Abluft und Zuluftgitter sowie 3m <sup>2</sup> isolierter Kanalanschluß für AUL und FOL, fertig montiert ohne bauliche Maßnahmen	ST	7.000,00	0,00	119.000,00
1	Lüftungsgerät 500m <sup>3</sup> /h für WC-Anlagen mit WRG, DC-Ventilatoren	ST	4.300,00	100,00	4.400,00
30	Kanalnetz verzinkt, 0,7mm	m <sup>2</sup>	35,00	22,00	1.710,00
15	Formstücke, verzinkt 0,7mm	m <sup>2</sup>	45,00	25,00	1.050,00
45	Rohrleitungen verzinkt DN 100-160	m	18,00	12,00	1.350,00
30	Formstücke, wie Bogen, Abzweiger, Red., etc., DN 100-160	ST	22,00	13,50	1.065,00
45	Kanal- und Formstückisolierung	m <sup>2</sup>	12,00	8,00	900,00
15	Lufteinlässe RA 125	ST	80,00	25,00	1.575,00
25	Ablufttellerventile DN 100-150	ST	17,00	12,00	725,00
40	Anschlußkasten für Zu- und Abluftventile	ST	15,00	15,00	1.200,00
1	Wetterschutzgitter Frischluft	ST	250,00	35,00	285,00
1	Fortlufthaube inkl. Dachdurchführung Dm 300	ST	350,00	120,00	470,00
20	Rohr- und Telefonie Schalldämpfer	ST	75,00	15,00	1.800,00
6	Brandschutzklappen mit Meldekontakt auf DDC	ST	280,00	30,00	1.860,00
15	Messstopfen	ST	5,00	4,50	142,50
3	Thermometer	ST	16,00	9,00	75,00
5	Bezeichnungsschilder	ST	6,50	4,50	55,00
Summe Lüftungsanlage PTS netto					<b>137.662,50</b>
Summe spezifisch pro m <sup>2</sup> Nutzfläche					<b>82,14</b>

**b.) Lüftungsanlage Hauptschule (ohne Küche)**

Anzahl	dezentrale Lüftungsanlage	ST/m <sup>2</sup>	Material	Lohnanteil	Summe
			(EUR)	(EUR)	(EUR)
31	Lüftungsgerät 500 m <sup>3</sup> /h dezentral mit WRG, DC-Ventilatoren, Schalldämpfer, Wetterschutzgitter für AUL und FOL; Abluft und Zuluftgitter sowie 3m <sup>2</sup> isolierter Kanalanschluß für AUL und FOL, fertig montiert ohne bauliche Maßnahmen	ST	7.000,00	0,00	217.000,00
1	Lüftungsgerät 500m <sup>3</sup> /h für WC-Anlagen mit WRG, DC-Ventilatoren	ST	4.300,00	100,00	4.400,00
30	Kanalnetz verzinkt, 0,7mm	m <sup>2</sup>	35,00	22,00	1.710,00
15	Formstücke, verzinkt 0,7mm	m <sup>2</sup>	45,00	25,00	1.050,00
165	Rohrleitungen verzinkt DN 100-160	m	18,00	12,00	4.950,00
50	Formstücke, wie Bogen, Abzweiger, Red., etc., DN 100-160	ST	22,00	13,50	1.775,00
45	Kanal- und Formstückisolierung	m <sup>2</sup>	12,00	8,00	900,00
30	Lufteinlässe RA 125	ST	80,00	25,00	3.150,00
46	Ablufttellerventile DN 100-150	ST	17,00	12,00	1.334,00
76	Anschlußkasten für Zu- und Abluftventile	ST	15,00	15,00	2.280,00
1	Wetterschutzgitter Frischluft	ST	250,00	35,00	285,00
1	Fortlufthaube inkl. Dachdurchführung Dm 300	ST	350,00	120,00	470,00
35	Rohr- und Telefonie Schalldämpfer	ST	75,00	15,00	3.150,00
12	Brandschutzklappen mit Meldekontakt auf DDC	ST	280,00	30,00	3.720,00
20	Messstopfen	ST	5,00	4,50	190,00
5	Thermometer	ST	16,00	9,00	125,00
5	Bezeichnungsschilder	ST	6,50	4,50	55,00
Summe Lüftungsanlage HS netto					<b>246.544,00</b>
Summe spezifisch pro m <sup>2</sup> Nutzfläche					<b>75,30</b>

Kostenschätzung PTS + Hauptschule "Lüftungsanlage" (ohne Küche) **gesamt netto** **384.206,50**

Kostenschätzung pro m<sup>2</sup> Nutzfläche für PTS + Hauptschule (ohne Küche) **gesamt netto** **77,62**

Kostenschätzung pro m<sup>3</sup> Luftmenge für PTS + Hauptschule (ohne Küche) **gesamt netto** **17,08**



## Berücksichtigung von ausgewählten Folgekosten

Gemäß ÖNORM B 1801-2 sind die Lebenszykluskosten (LZK) die Summe (der Barwerte) der Objekt-Errichtungskosten gemäß ÖNORM B 1801-1 und der Objekt-Folgekosten gemäß ÖNORM B 1801-2.

Bei der Lebenszykluskostenanalyse im Rahmen einer umfassenden Plusenergie-Schulsanierung wurden lediglich die grau markierten Kostengruppen berücksichtigt, da hier Unterschiede hinsichtlich der energierelevanten Kosten zu erwarten waren. Bei „Objektbeseitigung, Abbruch“ werden jene Kosten berücksichtigt, die im Zuge der Sanierungsmaßnahmen anfallen (z.B., Demontage und Entsorgung der Fester bei Fenstertausch) und die durch die Sanierungsmaßnahmen verursacht werden (z.B. Demontage und Entsorgung Wärmedämmung).

Tabelle 18: Kostengruppen gemäß ÖNORM B 1801-2

Kostenhauptgruppen	Kostenuntergruppen
1 Verwaltung	Verwaltung und Management, Gebühren, Steuern und Abgaben, Flächenmanagement, Sonstiges
2 Technischer Gebäudebetrieb	Technisches Gebäudemanagement Inspektionen Wartung Kleine Instandsetzung, Reparaturen Sonstiges
3 Ver- und Entsorgung	Energie (Wärme, Kälte, Strom) Wasser und Abwasser Müllentsorgung Sonstige Medien
4 Reinigung und Pflege	Unterhaltsreinigung Fenster- und Glasflächenreinigung Fassadenreinigung Sonderreinigungen Winterdienste Reinigung Außenanlagen Gärtnerdienste
5 Sicherheit	Sicherheitsdienste (Schließdienste, Bewachung) Brandschutzdienste
6 Gebäudedienste	Hauspost (Verteilung der Post im Haus), Kommunikations- und Informationstechnik, Umzüge – interne Transporte, Hausarbeiterdienste, Empfang und interne Bürodienste, Gastroservice, Sonstige Dienste
7 Instandsetzung, Umbau (es ist sinngemäß die ÖNORM B 1801-1 einzuhalten)	Große Instandsetzung Verbesserung und Umnutzung
8 Sonstiges	Sonstiges
9 Objektbeseitigung, Abbruch	Abbruch und Entsorgung  Planung und Organisation  Herstellung des Vertragszustands

Hauptkriteriengruppe	<b>Ökonomische Qualität</b>
Kriteriengruppe	<b>Lebenszykluskosten</b>
Kriterium	<b>Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus</b>

**Anlage 1**

Folgende Gebäudeelemente und -anlagen sowie Kostenarten werden mit einbezogen:

Berechnung der Lebenszykluskosten eines Gebäudes netto in €/m <sup>2</sup> BGF für ausgewählte Bauteile der KG 300 und 400 nach DIN 276 und für ausgewählte Nutzungsarten nach DIN 18960 bezogen auf einen Be- trachtungszeitraum von 50 Jahren		HER- STELLUNG nach DIN 276	NUTZUNG nach DIN 18960							
			300 + 400 Baukon- struktion + TGA	BETRIEB KG 300			INSTANDSETZUNG KG 400			
				310 Versorgung	320 Ent- sorgung	330 Reini- gung	350 Bedienung, Inspektion, Wartung	410 Instand- setzung der Baukon- struktion	420 Instandsetzung der TGA	
Kostengruppen		Herstellung	Energie	Wasser	Ab- wasser	Reini- gung	Wartung	Ersatz- investition	laufend, regelmäßig	Ersatz- investition
419	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen, sonstiges	x		x	x					x
<b>420</b>	<b>Wärmeversorgungsanlagen</b>	x	x				x		x	x
421	Wärmeerzeugungsanlagen	x	x						x	x
422	Wärmeverteilnetze	x	x						x	x
423	Raumheizflächen	x	x						x	x
429	Wärmeversorgungsanlagen, sonstiges	x	x							x
<b>430</b>	<b>Lufttechnische Anlagen</b>	x	x				x		x	x
431	Lüftungsanlagen	x	x						x	x
432	Teilklimaanlagen	x	x						x	x
433	Klimaanlagen	x	x						x	x
434	Kälteanlagen	x	x						x	x
439	Lufttechnische Anlagen, sonstiges	x	x							x
<b>440</b>	<b>Starkstromanlagen</b>	x	x				x		x	x
441	Hoch- und Mittelspannungsanlagen	x								x

**Abbildung 31: Auszug aus Anlage 1 zur Ökonomischen Qualität: Gebäudeelemente und Kostenarten für die Lebenszykluskostenberechnung des BMVBS (mit Stand Dezember 2011 nur für Neubau verfügbar)**

Das deutsche Bautenministerium zieht ebenfalls nur bestimmte Kostengruppen zur Analyse der Errichtungskosten und Folgekosten heran (vergl. Abbildung 31).

Während die Reinigungskosten im Neubau einen großen Unterschied zwischen Varianten ausmachen können, werden die Auswirkungen bei verschiedenen Sanierungsvarianten als gering eingeschätzt. Aus diesem Grund werden die Reinigungskosten bei SchulRen+ nicht berücksichtigt.

**Tabelle 19: Angaben zu Kosten für Wartung, Instandhaltung und Instandsetzung in verschiedenen Quellen: jährliche Kosten in % der Investitionskosten**

	Stadt Frankfurt 2011	BMVBS 2011	BMVBS 2011	Greml et al. 2008
	Wartung und Instandhaltung		Instandsetzung	
Komplettes Gebäude	1,5			
Tragende Außenwand				
Putz auf monolithischer Tragschicht				
Putz auf Wärmedämmung				
Wärmedämmung	1			
Wärmedämmverbundsystem				
Standard Außentüren				
Automatik Außentüre				
Fenster	1,5			
Holz-Aluminium Fenster				
Fensterverglasung				
Dichtungsprofile				
Dichtstoffe				
Lamellenstoren, Rolläden	4			
Jalousien Kunststoff				
Jalousien Aluminium				
Sonnenschutz feststehend:				
Wärme- / Kälte-Erzeugung <300	3,5	1	2	
Wärme- / Kälte-Erzeugung >300	3	1	2	
Blockheizkraftwerk >100kWe	6			
Blockheizkraftwerk >500 kWe	4			
Wärmerückgewinnung	4	10	2	
Regelungen	3			
Thermostatventile	3			
Heizkörper, Wärmeverteilung	1,5			
Fernwärmeleitungen	2			
Lüftungsanlagen	3,5	2,05	2,4	3-4
Klimaanlagen	4-5	4	2	
Be- und Entfeuchter		2	3	
Beleuchtungsanlagen	1,5			
übrige technische Anlagen	1,5			
Starkstromanlagen		1,25	0,65	
Fernmeldetechnische Anlagen		0,70	0,25	
übrige bauliche Anlagen	1			
Kühldecken		1	1	

Greml et al. (2008) geben für Schulen folgende Instandhaltungskosten an:

Die Filterkosten lagen bei den untersuchten Anlagen in der Bandbreite von:

- Für dezentrale Anlagen ca. € 40 bis 80 pro Schulklasse und Jahr (exkl. MwSt.)
- Für zentrale Anlagen ca. € 400 bis 600 für die gesamte Schule bzw. € 25– 50 pro Klasse und Jahr (exkl. MwSt.)

Anlagenbetreuung (Wartung, z.B. Zeit für Filtertausch): Die laufende Betreuung durch die Hausbetreuung der Anlagen ohne Wartungsvertrag waren wie folgt:

- Für dezentrale Anlagen 0,25 bis 2 Std. pro Schulklasse und Jahr
- Für zentrale Anlagen 4 bis 50 Std. pro Monat für die gesamte Schule bzw. 0,3 bis 2 Std. pro Klasse

Die Angaben zu Kosten für Abbruch (Demontage und Entsorgung) stammen aus BKI (2010) Sanierung Schule und sind umgerechnet mit Regionalfaktor Österreich (1,016) und exkl. MwSt. angegeben.

**Tabelle 20: Kosten für Abbruch (Demontage und Entsorgung) aus BKI (2010)**

	Einheit	Niedrig EUR / Einheit	Mittel EUR / Einheit	Hoch EUR / Einheit
Abbruch, Rückbau	m <sup>2</sup> BGF	9	15	26
Entsorgung	m <sup>2</sup> BGF	k.a.	4,3	k.a.

Weiters wurden Angaben aus der Handlungshilfe Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden<sup>25</sup> Landesanstalt für Umweltschutz (2001) verwendet.

### Nutzungsdauer

Die folgende Tabelle gibt Nutzungsdauern aus verschiedenen Quellen an und zeigt die Bandbreite an möglichen Annahmen. Das BBSR gibt einen sehr umfangreichen detaillierten Nutzungsdauerkatalog mit Angabe der Ersatzhäufigkeit in den ersten 50 Jahren heraus, der im Internet abrufbar ist<sup>26</sup>.

**Tabelle 21: Angaben zu Nutzungsdauern (Jahre) in verschiedenen Quellen**

	Frankfurt 2011	BMVBS, BBSR 2011	ÖNORM B 8110-4
Komplettes Gebäude	40		
Tragende Außenwand		>50	75-100
Putz auf monolithischer Tragschicht		30-45	45
Putz auf Wärmedämmung		30	
Wärmedämmung	25-30	30-40	
Wärmedämmverbund transparent		20	
Standard Außentüren		40-50, ≥50	
Automatik Außentüre		20	

<sup>25</sup><http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/13512/>[28.09.2011]

<sup>26</sup><http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/nutzungsdauern-von-bauteilen.html>[28.09.2011]

Fenster	15-30		
Holz-Aluminium Fenster		≥50	
Fensterverglasung		40	30
Dichtungsprofile		30	15
Dichtstoffe		20	
Lamellenstoren, Rollläden	15-20		
Jalousien Kunststoff		25	
Jalousien Aluminium		15	
Sonnenschutz feststehend: Aluminium		≥50	
Wärme- /Kälte-Erzeugung <300 kWt	15	15-25	
Wärme- /Kälte-Erzeugung >300 kWt	15	15-25	
Blockheizkraftwerk >100kWe	15		
Blockheizkraftwerk >500 kWe	15		
Wärmerückgewinnung	15	25	
Regelungen	10		
Thermostatventile	15		
Heizkörper, Wärmeverteilung	25		
Fernwärmeleitungen	30		
Lüftungsanlagen	15	25	
Klimaanlagen	15	25	
Be- und Entfeuchter		15	
Beleuchtungsanlagen	15		
übrige technische Anlagen	15		
Starkstromanlagen		25	
Fernmeldetechnische Anlagen		25	
übrige bauliche Anlagen	30		
Kühldecken		25	

### Zinssatz, Energiepreissteigerung, Inflationsrate

Der Vorarlberger Kommunalgebäudeausweis orientiert sich am klima:aktiv Gebäudestandard und fordert unter anderem eine vereinfachte Wirtschaftlichkeitsanalyse (Spektrum GmbH 2011).

#### Es werden folgende Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung getroffen:

Lebensdauer bauliche Maßnahmen (Dämmung, Fenster etc.)	40 a
Lebensdauer haustechnische Komponenten (Heizsystem, Kühlung etc.)	20 a
Kalkulationszeitraum = Kreditlaufzeit	20 a
Allgemeine Inflationsrate (gerechnet wird mit Realzins)	0%
Preissteigerung Energie (alle Energieträger) (real)	3,0%
Hypothekarzinsatz (real)	3,0%

#### Die Lebenszykluskostenberechnung gemäß BMVBS (2011) gibt folgende Werte vor:

Allgemeine Preissteigerung:	2%
Diskontierungszinssatz (nominal)	5,5%
Abweichend von der allgemeinen mittleren Preissteigerung gilt für Heiz- und Elektroenergie: Jährliche Preissteigerung Heiz- und Elektroenergie (nominal):	4%

#### Dem Berechnungstool der Stadt Frankfurt (2011) liegen folgende Werte zugrunde:

Allgemeine Preissteigerung:	3%
Preissteigerung Energie	5%
Kapitalzins	3,1%
Betrachtungszeitraum	40 a
Annuitätsfaktor	0,044
Umweltfolgekosten CO <sub>2</sub>	50 EUR/t

### Berücksichtigung von Erträgen

Berücksichtigt werden Erträge aus Energie. Sie gehen in die Berechnung ein, indem sie die jährlichen Ausgaben für Energie vermindern.

In einem zweiten Szenario werden potenzielle Einnahmen aus CO<sub>2</sub>-Zertifikaten ebenso behandelt.

### 2.5.4 Bewertung von Sanierungskonzepten

#### Eckdaten und Ausgangslage

Die folgenden Tabellen zeigen den Standort und die Flächenaufstellung des untersuchten Objekts und die Energie und Kostendaten, die von der MA34 zur Verfügung gestellt wurden.

**Tabelle 22: Flächenaufstellung des untersuchten Gebäudes**

<b>Eckdaten des Gebäudes</b>			
Standort		<b>Franz Josef Europa Schule, Deublergasse</b>	
Realisierungszeitplan		<b>2014</b>	
Bauträger		<b>MA 56</b>	
<b>Flächen und Räume; Volumen</b>		<b>Erläuterungen</b>	
m <sup>3</sup> Volumen beheizt	22.032	berechnet (AIT)	
m <sup>2</sup> BGF beheizt	5.186	laut Planunterlagen	
m <sup>2</sup> EBF Energiebezugsfläche MA 34	4.983	Bezugsgröße EKZ MA 34	
m <sup>2</sup> BFG gesamt	6.900	inkl. Keller ohne Dachfläche	
m <sup>2</sup> NGF	4.675	BGF beheizt minus 15%	
m <sup>2</sup> Nutzfläche	2.900	NGF minus Gangfläche	
m <sup>2</sup> Gangfläche	1.775	laut Planunterlagen	
m <sup>2</sup> Außenwand	3.980	laut Planunterlagen	
m <sup>2</sup> Fensterfläche	688	laut Planunterlagen	
m <sup>2</sup> Kellerdecke	1.100	laut Planunterlagen	
m <sup>2</sup> oberste Geschoßdecke	1.300	laut Planunterlagen	
m <sup>2</sup> typischer Klassenraum	54	laut Planunterlagen	
Anzahl der Klassenräume	22	laut Planunterlagen	
Anzahl Freizeiträume	3	laut Planunterlagen	

**Tabelle 23: Energieverbrauch und Energiekennwerte vor Sanierung**

<b>(Mittelwerte von 4 Jahren, 2006-2009, klimabereinigt)</b>				
<b>Vor Sanierung (Angaben MA34, Endenergie)</b>	<b>MWh/a</b>	<b>kWh/a</b>	<b>EUR gesamt</b>	<b>EUR/kWh</b>
<b>Energieverbrauch und Kosten</b>				

Fernwärme	624,00	624.000,00	43.680,00	0,07
Gas	60,50	60.500,00	3.630,00	0,06
Strom	70,00	70.000,00	11.900,00	0,17
(Wärme: Heizung und Warmwasser)			<b>59.210,00</b>	
<b>Energiekennwerte</b>				
Strom	14,00	kWh/m <sup>2</sup> a EBF	(Angabe MA 34)	
Heizenergiebedarf klimabereinigt (EE Wärme)	125,00	kWh/m <sup>2</sup> a EBF	(entspricht FW, lt MA 34)	
Heizenergie klimabereinigt (HEB, WW)	141,00	kWh/m <sup>2</sup> a EBF	(Angabe MA 34)	
Heizenergie simuliert, klimabereinigt (EE Wärme)	677,00	MWh/a	(Berechnung AIT)	
Heizwärmebedarf klimabereinigt	125,00	kWh/m <sup>2</sup> a EBF	(entspricht FW, lt MA 34)	
Heizwärmebedarf simuliert, klimabereinigt	124,00	kWh/m <sup>2</sup> a BGF	(Berechnung AIT)	
Heizwärmebedarf klimabereinigt	120,32	kWh/m <sup>2</sup> a BGF	(entspricht FW, lt MA 34)	
Heizwärmebedarf klimabereinigt	28,32	kWh/m <sup>3</sup> a	(entspricht FW, lt MA 34)	

Die VDI Richtlinie 3807 enthält Energiekennwerte von Schulen bezogen auf die Bruttogrundfläche. Der Mittelwert gibt den Durchschnitt der untersuchten Schulen an, der Richtwert die Grenze zu den 25 %-Besten. Die folgende Abbildung zeigt die Kennwerte zum Vergleich mit den Kennwerten der Franz Jonas Schule. Demnach bestehen in der Schule erhebliche Energiesparpotenziale.

Gebäudebezeichnung	Heizenergieverbrauchskennwerte kWh/m <sup>2</sup>		Stromverbrauchskennwerte kWh/m <sup>2</sup>	
	Richtwert	Mittelwert	Richtwert	Mittelwert
Schulen	55	90	4	7
Grundschule	70	140	4	9
Grundschule/Hauptschule	75	110	3	7
Gymnasium	65	80	6	9
Berufsschule	30	90		

 VDI Richtlinie 3807 – Energiekennwerte von Schulen bezogen auf die Bruttogrundfläche. Der Mittelwert gibt den Durchschnitt der untersuchten Schulen an, der Richtwert die Grenze zu den 25%-Besten.

**Abbildung 32: VDI Richtlinie 3807 – Energiekennwerte von Schulen bezogen auf die Bruttogrundfläche (I. BINE 2010)**

### Verwendete Daten für die Kostenschätzung

Zur Abschätzung der Investitionskosten der Maßnahmenpakete von SchulRen+ wurden die BKI Kostendaten und Gesamtkosten-Hilfen der Stadt Frankfurt herangezogen, und unter Verwendung von Informationen aus Internetrecherchen, Herstellerangaben und Expertenmeinungen wurden plausible Annahmen abgeleitet. Den Kostenschätzungen liegt keine konkrete Planung zugrunde, sie sind daher als Annahmen einzuordnen. Die folgende Tabelle enthält maßnahmenspezifische Angaben, die in weiterer Folge für die Kostenschätzungen verwendet wurden.

Verwendete Abkürzungen:

Frankfurt: Gesamtkostenhilfe der Stadt Frankfurt (Stadt Frankfurt 2011)

BKI San: BKI (2010): BKI Baukosten Statistische Kostenkennwerte Altbau. Stuttgart: BKI

BKI Neu: BKI (2011): BKI Baukosten 2011. Stuttgart: BKI

Die Anmerkungen in folgender Tabelle verweisen auf folgende Links [23.09.2011]:

- 1) Schätzung auf der Basis folgender Angaben: <http://www.modernus.de/hydraulischer-abgleich-ausgleich-heizung/kosten-preise-energie-sparen>
- 2) <http://www.modernus.de/hydraulischer-abgleich-ausgleich-heizung/kosten-preise-energie-sparen>
- 3) <http://www.komfortlüftung.at/index.php?id=1878>
- 4) <http://www.bine.info/hauptnavigation/themen/publikation/photovoltaik-innovationen/solarzellen-aus-silizium-wafern/>
- 5) Schätzung auf Basis folgender Angaben (nach Sanierung ca. 50 kW Pumpleistung erforderlich statt 350 kW vor Sanierung): <http://www.heiztechnikshop.com/wilo/?gclid=CLP876n726sCFYK-zAodNTa3Ng>
- 6) Schätzung auf Basis folgender Angaben: [http://www.paedboutique.de/luftguete\\_info.php](http://www.paedboutique.de/luftguete_info.php)
- 7) Schätzung auf der Basis von Internet-Recherchen, Expertenbefragung
- 8) TOOL der LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz., Handlungshilfe Abbruch <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/13512/>)
- 9) Experteninterview Hans Provin, 1. Dezember 2011
- 10) Annahme
- 11) Schätzung auf Basis der Beratungsförderungen im Rahmen von klima:aktiv Bauen und Sanieren

**Tabelle 24: Verwendete Investitionskosten**

Baugliederung 2. Ebene und 3. Ebene		Maßnahmen SchulRen+	Einheit	EUR / Einheit	Quelle	Vergleichswerte
1D	Abbruch, Rückbau	Materialentsorgung	m <sup>2</sup> BGF	5	BKI San	Tool <sup>8)</sup>
3C.01	Wärmeerzeugungsanlagen	Solarthermie (Kantine, Turnhalle)	m <sup>2</sup> Modul	500	Frankfurt	
3C.02	Wärmeverteilnetze	Pumpentausch (60-80% Stromeinsparung)	Stück	550	Schätzung <sup>5)</sup>	
		Hydraulischer Abgleich	Projekt	7500	Schätzung <sup>1)</sup>	
		Thermostatventile	Stück	60	Frankfurt	Plattform <sup>2)</sup>
3D.01	Lüftungsanlagen	Dezentrale Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung	Stück	5000	Greml et al. (2008) Plattform <sup>3)</sup>	BKI Neu; Frankfurt
		Luftgüteempfel	Stück	300	Schätzung <sup>6)</sup>	
3F.02	Eigenstromversorgung	Photovoltaik (Dach)	m <sup>2</sup> Modul	300	Frankfurt	Bine <sup>4)</sup>
3F.05	Beleuchtungsanlagen	Lampentausch	m <sup>2</sup> BGF	16	BKI San	
3G.01	Telekommunikationsanlagen	User-Feedback	m <sup>2</sup> BGF	2	BKI San	
3H.01	Mess-, Steuer- und Regel-Leitanlagen	Regelungstechnik für vorhandene Heizkreise	pro Heizkreis	2000	Frankfurt	BKI San
		Verbrauchs- und Produktionsmonitoring	Projekt	15000	Schätzung <sup>7)</sup>	
4C.01	Fassadenverkleidungen	Wärmedämmung Außenwand	m <sup>2</sup> AW	100	Expertenbefragung <sup>9)</sup>	Frankfurt; BKI San
4C.02	Fassadenöffnungen	Fenstertausch bis auf Isolierverglasung (6-10 Jahre alt); Holz-Alu	m <sup>2</sup> FÖ	450	Frankfurt	BKI San



4D.03	Decken- verkleidungen	Wärmedämmung oberste Geschoßdecke	m <sup>2</sup> OG	30	Frankfurt	BKI San
		Wärmedämmung Kellerdecke	m <sup>2</sup> KD	25	Frankfurt	BKI San
4D.07	Spezielle Innenausbauerteile	Gänge, Treppen abtrennen, nicht heizen	m <sup>2</sup> IWF	86	BKI San <sup>10)</sup>	
		Innenraumgestaltung, Trennwände, etc.	m <sup>2</sup> IWF	86	BKI San <sup>10)</sup>	
7C	Planungsleistungen					
	Energieplanung	Gesamtenergiekonzept	Projekt	3000	Schätzung <sup>1</sup> <sub>1)</sub>	
	Architekturplanung	Clusterbildung Klasse/Gang Brandschutz	Projekt	3000	Schätzung <sup>1</sup> <sub>1)</sub>	
		Sonderbereiche Ganztags- schule, Bibliothek, etc. evtl. auf DG auslagern				
		Nord/Süd Luftaustausch				
		räumlich zusammen-rücken, bei Teilbelegung nur einen Bereich nutzen				

Die folgende Abbildung 33 zeigt eine Grob-Kostenschätzung anhand von Kategorien und BKI Kostendaten.

Baugliederung	Einheit		Niedrig EUR / Einheit	Mittel EUR / Einheit	Hoch EUR / Einheit	Niedrig EUR	Mittel EUR	Hoch EUR	
Die Angaben in BKI (2010) Sanierung Schule sind umgerechnet mit Regionalfaktor Österreich (1,016) und exkl. MwSt.									
1D	Abbruch, Rückbau	m2 BGF	5186	9	15	26	44.277	79.699	132.831
3C.01	Wärmeerzeugungsanlagen	m2 BGF	5186	5	12	18	25.681	61.988	92.982
3C.02	Wärmeverteilnetze	m2 BGF	5186	12	15	22	61.988	79.699	115.120
3D.01	Lüftungsanlagen	m2 BGF	5186	3	15	49	17.268	75.271	252.380
3F.02	Eigenstromversorgung <sup>1)</sup>	m2 BGF	5186	3	4	4	16.383	19.039	21.696
3F.05	Beleuchtungsanlagen	m2 BGF	5186	14	22	37	70.843	115.120	190.392
3G.01	Telekommunikationsanlagen	m2 BGF	5186	0,43	1	3	2.214	6.642	13.726
3H.01	Mess-, Steuer-, Regel- und Leitanlagen	m2 BGF	5186	15	23	32	75.271	119.548	163.825
4C.01	Fassadenverkleidungen	m2 AW	3980	36	59	102	142.718	234.465	404.368
4C.02	Fassadenöffnungen 1/3	m2 FÖ	230	390	468	513	89.741	107.611	118.018
4D.03	Deckenverkleidungen	m2 OG	1300	30	64	125	38.847	83.244	162.048
4D.03	Deckenverkleidungen	m2 KD	1100	30	64	125	32.871	70.437	137.117
4D.07	Spezielle Innenausbauteile <sup>3)</sup>	m2 IWF	500	64	73	86	32.000	36.500	43.000
7C	Planungsleistungen <sup>2)</sup>	Projektabhängig		5000	10000	20000	5.000	10.000	20.000
						Summe EUR	655.101	1.099.263	1.867.503
						20% MwSt	131.020	219.853	373.501
						<b>Gesamt EUR</b>	<b>786.122</b>	<b>1.319.115</b>	<b>2.241.004</b>

1) keine Werte für Altbau; Werte von Neubau

2) Abschätzung auf Basis der Erfahrungen mit der Förderung von Beratungsleistungen im Rahmen von klima:aktiv bauen und sanieren

3) Schätzung, ohne Planungsgrundlage

**Abbildung 33: Kostenschätzung anhand von Kategorien und BKI Kostendaten**

### 3 Ergebnisse des Projektes

#### 3.1 Bewertung der bautechnischen und architektonischen Anwendbarkeit und Realisierbarkeit

##### Bestandsanalyse Gebäudetypologie

Die Schule Deublergasse entspricht der Schultypologie einer Gründerzeit-Doppelschule. Typisch für diese Schulgebäude ist eine zentralsymmetrisch angeordnete Doppelstruktur und mit getrennten Schulen für Mädchen und Knaben in einem Schulgebäude, wie in Abbildung 34 zu sehen. Gründerzeitschulen im städtischen Gefüge sind mehrgeschossige Blockrandbebauungen mit reich dekorierten Fassaden. Mit Ausnahme von freistehenden Schulgebäuden sind die hofseitigen Fassaden einfacher gestaltet.

Bildquelle: Handbuch Baustelle schule

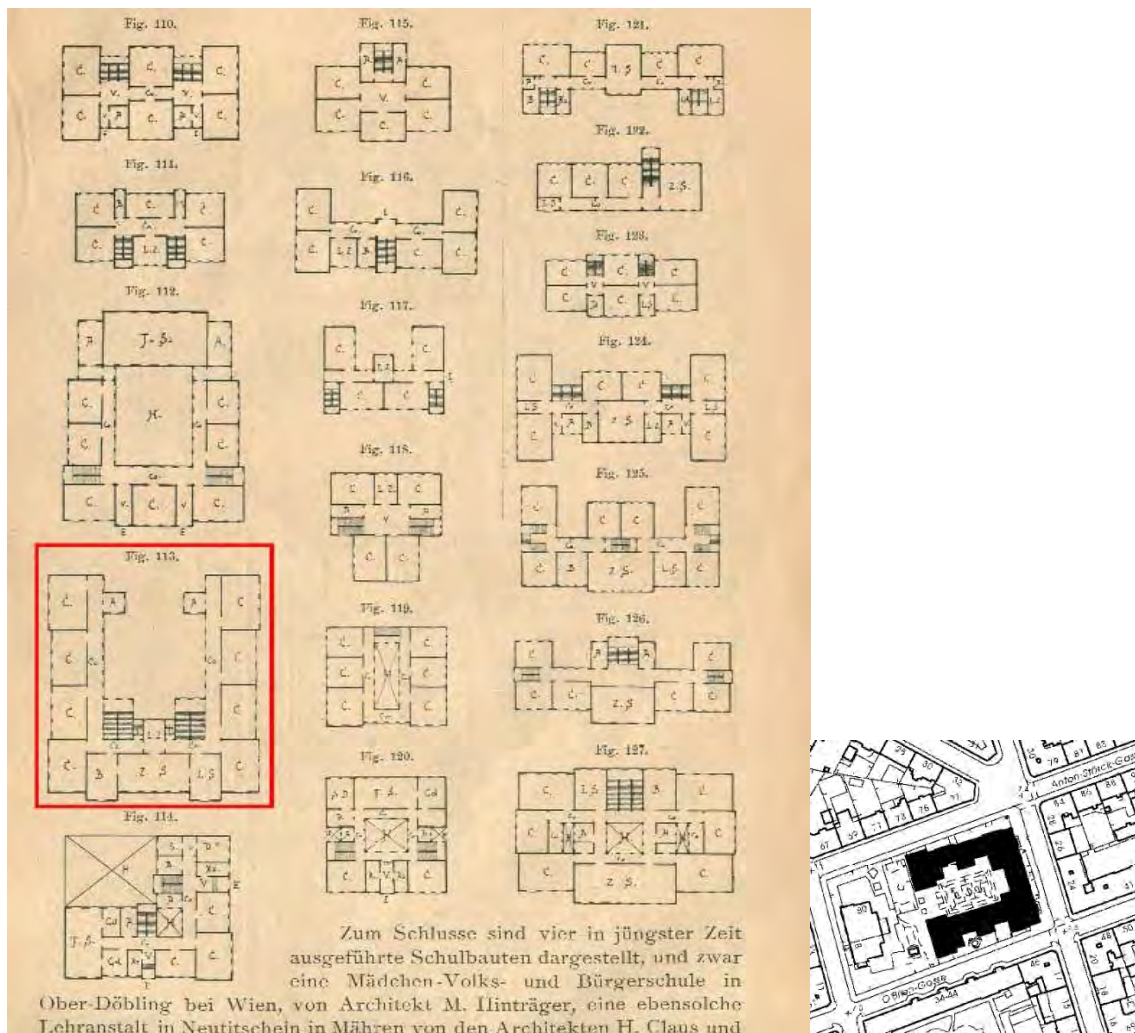


Abbildung 34: Schultypologie und Lageplan

Das gegenständliche Gebäude ist freistehend mit nicht differenzierten Haupt- und Hoffassaden. Die Schule Deublergasse steht nicht unter Denkmalschutz. Es ist daher keine Einschränkung in der Behandlung der Gebäudehülle vorhanden.

### **Freiräume**

Der Schulhof ist eine großzügige versiegelte Fläche innerhalb der U-förmig angelegten Doppelstruktur. Zusätzlich befinden sich Sportfelder südlich der Schulanlage.

Der Freiraum in seiner Lage und Größe zeigt ein hohes Potenzial für die Adaptierung von Maßnahmen für die neue Pädagogik.



Abbildung 35: Bilder vom Schulhof

### **Erschließung**

In der Doppelanlage der Schule befinden sich zwei zentrale, repräsentative Stiegenhäuser an der hofseitigen Gebäudefront die das Erdgeschoß und die Obergeschoße erschließen. Die Erschließung der Klassenzimmer ist einhüftig und die Gänge sind natürlich belichtet.

Die natürliche Belichtung der Gänge und die direkte Orientierung zum Schulhof stellt ein weiteres räumliches Potenzial im Sinne von Maßnahmen für die neue Pädagogik dar.

### **Pausenflächen**

Die großzügig angelegten Erschließungsflächen vor allem im Bereich der Stiegen werden als Pausenflächen benutzt. Bei Durchführung von notwendigen Brandschutzmaßnahmen werden diese Flächen eingeschränkt. Hier sind Ersatzflächen zu schaffen.

Der Schulhof im Freien ist bei Schönwetter gut nutzbar, Pausenfläche ist ausreichend vorhanden.

### **Dachboden**

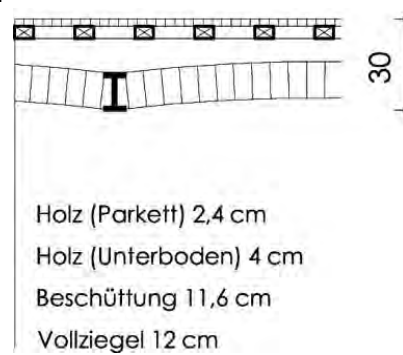
Der Dachboden ist nicht ausgebaut. Größe, Tiefe und Höhe des Dachraums stellen ein hohes Erweiterungspotenzial für die Schule dar.

### **Baukonstruktionen nach Gebäudeteilen:**

Die Außenwände bestehen aus massivem Ziegelmauerwerk, das sich vom Erdgeschoss zum Dachgeschoss verjüngt.

Die Innentrennwände aus der Entstehungszeit bestehen aus massivem Ziegelmauerwerk. Sie sind vertikal durchgehend ausgeführt und übernehmen statische Aufgaben (Erdbebeneben). Nachträgliche Öffnungen und Durchbrüche in den Trennwänden bedürfen daher statischer Maßnahmen (Rahmen).

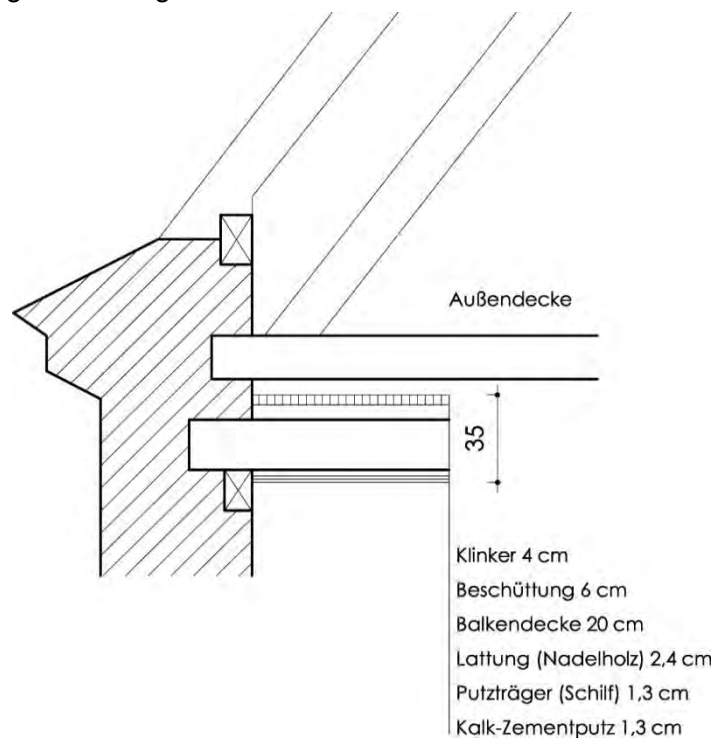
Die Decke über dem Kellergeschoß besteht aus einem Gewölbe bzw. aus einem Teilgewölbe als Kappendecke.



**Abbildung 36: Decke über Kellergeschoß**

Zwischendecken in den Obergeschossen im Bereich der Klassenzimmer bestehen aus Holzbalkendecken. Im Bereich der Gänge sind die Decken als Gewölbe bzw. als Kappendecken ausgebildet.

Die Decke über dem obersten Geschoß besteht ebenfalls aus einer Holzbalkendecke mit einer Beschüttung und in Teilbereichen Klinkerbelag. Der Dachstuhl ist ein klassisches zimmermannsmäßiges Holztragwerk.



**Abbildung 37: Aufbau oberste Geschoßdecke**

Siehe auch Anhang 1: Bestandspläne, CAD-Pläne und Aufbauten Bestand

### **3.1.1 Detaillierte Beschreibung der Sanierungskonzepte und Bewertung der bautechnischen und architektonischen Anwendbarkeit und Realisierbarkeit**

Bei der Abschätzung der Anwendbarkeit im konkreten Sanierungsfall bezogen auf bautechnische und architektonische Umsetzbarkeit - abgestimmt mit Kosten und energierelevanten Daten etc. - ist die Rückkoppelung mit einer ökologischen Bewertung von Baumaterialien, Bauteilen oder der gesamten Gebäudehülle aber vor allem mit zukunftsorientierten Nutzungsmöglichkeiten aus pädagogischer Sicht notwendig. Diese stützen sich auf Ergebnissen aus der Forschung, vorbildlich realisierter Projekte und Erfahrungswerten aus der eigenen Praxis.

Im Detail kann heute zusätzlich eine große Zahl von vorhandenen Baustoffdaten zur Bewertung und Beurteilung herangezogen werden. Der baupraktische Bezug für ein konstruiertes Bauteil erfordert auch die Festlegung einer wahrscheinlichen Gebrauchsdauer je nach Konstruktionsweise. Die Methodik der Festlegung geht von einer Häufigkeitsverteilung für die Gebrauchsdauer je nach Bauteil und Konstruktionsweise aus.

Mit dem Ziel, durch eine ganzheitliche und multiplizierbare Herangehensweise eine Grundlage für die weitere Arbeit zu schaffen, wurde bei der Erstellung der drei modular aufgebauten Sanierungskonzepte die Methodik als integrierter Bestandteil der Entwicklung, Bearbeitung und Modifizierung der einzelnen Lösungsvorschläge angewandt.

Die Erkenntnisse wurden interdisziplinär weiterbearbeitet und sind in die Ergebnisse der Arbeitspakete eingeflossen.

Die Reihenfolge der Maßnahmen und ihre modulare Zusammensetzung wurden nach den Erkenntnissen aus den Workshops entsprechend Priorität und Realisierbarkeit neu gegliedert. In den sonstigen Maßnahmen nehmen bereits erwähnte Vorschläge bezüglich Bewusstseinsbildung bei SchülerInnen, LehrerInnen und Schulwarten, unabhängig vom Zeitpunkt der Sanierung, eine besonders wichtige Stellung ein.

Zur Veranschaulichung der Bedeutung wird an dieser Stelle ein anonymisierter Protokollauszug aus einer Elternvereinsitzung einer Wiener Schule exemplarisch zitiert: Thema-Überhitzung einzelner Klassenräume im Dachgeschoß: „Auskunft von ... über Klimageräte, die im Handel ab etwa € 1.200,- / Gerät zu erstehen sind. Der Strom kostet täglich etwa € 3,- zusätzlich. Ansuchen um Unterstützungen an den Bezirksvorstand geschickt- die Antwort darauf: Der Bezirk unterstützt diese Anschaffung nicht, weil zu teuer, nicht nachhaltig und gesundheitlich bedenklich (Kinder mit Allergien...). Bessere, billigere und energietechnisch einfachste Möglichkeit ist und bleibt, im Haus „auf Durchzug“ zu stellen und in der Nacht die Fenster und Türen geöffnet zu halten, damit es auch nach oben hin kühl durchziehen kann...Laut Schulwart ist es nicht möglich, die Fenster offen zu halten, da sich (bei kühleren Nächten) die Nachbarn aufregen (!!), dass sie die Energiekosten zu tragen haben, und bei einem möglichen Wolkenbruch werden die Klassen geflutet. Vorschlag von ..., dass man mit einer Abordnung aus dem EV und LehrerInnen noch einmal mit dem Schulwart spricht, dass zumindest versucht wird, das Haus auch im DG kühl zu

halten....wegen der Punkte, die die Schulwarte betreffen, hat sich Frau Direktorin... bereiterklärt, mit ihnen zu sprechen!“

**Heizenergie sparen/Außenfläche der beheizten Räume minimieren/ Energieverlust reduzieren**

Ergebnisse aus den Diskussionen im letzten Workshop zeigen die Relevanz der effizienten und kompakten Nutzung des Gebäudes für die Energieeinsparung, insbesondere im Hinblick auf die ganztägige Belegung der Räumlichkeiten als erste Maßnahme vor der Sanierung. Der Prozess der Bewusstseinsbildung kann damit bereits unterstützt werden. Mit diesen Maßnahmen im Vorlauf zu einer modularen Sanierung sind die Nutzerinnen viel intensiver im Erneuerungsprozess beteiligt und werden schrittweise auf die weiteren Entwicklungen und Möglichkeiten vorbereitet.

<b>gharakhanzadeh sandbichler</b> <small>ARCHITECTURE &amp; INTERIOR DESIGN</small>	HDZ_PLUS_SchulRen+ P295_Deublergasse_19-21_Wien	Datum 08.07.2011
--	--	---------------------

Belegungstabelle

	Turnsäle und Nebenraum	EDV	WC	Lehrer und Direktor	Klassen	Sonderunterricht	Küche und Speisesaal	Bibliothek	Freizeitraum
Normaler Unterricht 8:00 - 14:50	8								
	9								
	10								
	11								
	12								
	13								
	14								
Freizeit, Turnsaal, Lernstunden 14:55 - 17:35 MO-DO	15								
	16								
Ab 18:00 Turnsaal	17								
	18								
	19								
	20								
	21								
	22								

**Abbildung 38: Belegungspläne der Franz Jonas Schule**

Bei der Belegung soll eine räumlich kompakte Lösung geplant werden. Im Fall einer Teilbelegung sollen weniger Räume bzw. konzentriert auf nur einen Bereich genutzt werden. Das bedeutet Nachmittagsnutzung auf einen Gebäudeteilbereich zu konzentrieren so dass in nicht benutzten Gebäudeteilen die Heizung reduziert werden kann. Dies bedeutet sparen von Heizenergie, Minimierung der Hüllfläche der beheizten Räume und Reduktion der Energieverluste. Die Grundlage für die vorgeschlagene Bündelung der Belegung ist die Analyse der Stundenpläne der Schule vom Schuljahr 1997/98 mit intensiver Belegung und vom Schuljahr 2010/11 mit weniger intensiver Belegung der Schul- und Sporträumlichkeiten.



Abbildung 39: Unterschiedliche Raumbelagungen im Schnitt

### Module der baulichen Maßnahmen

Die wichtigste Maßnahme bei der thermischen Sanierung ist die Behandlung der Gebäudehülle. Diese stellt eine technologisch problemlose und bewährte Maßnahme für die Reduktion des Heizwärmebedarfes (ca. 78%) der gesamten Gebäudestruktur dar.

Die drei modular aufgebauten Konzepte sind in Anlehnung an die 17 Kriterien des SUSA-Maßnahmenkataloges ausgearbeitet und bieten über Dämmung der Außenwand, der obersten Geschossdecke, der Kellerdecke und Fensteraustausch hinaus synergetische Lösungsmöglichkeiten im Sinne einer nachhaltigen Erneuerung, wie grafisch in Abbildung 40 dargestellt.



Abbildung 40: Grafische Darstellung zur synergetischen Nutzung der Maßnahmen

Eine nachhaltige Schulsanierung nutzt die Instandsetzungszyklen für die substantielle Verbesserung des energetischen Standards und die Adaptierung hinsichtlich neuer pädagogischer Anforderungen.

Die Instandsetzungspläne der Schulen werden mit dem optimalen Ablauf einer umfassenden energetischen Sanierung synchronisiert um Wirksamkeit der anfallenden "Sowieso"-Kosten zu maximieren.



## Definition Maßnahmenkatalog - 17 Kriterien SUSA

Nachfolgend eine Auflistung der im Maßnahmenkatalog der MA34 aufgeführten Sanierungsmaßnahmen:

1. Fenster:

Fenstererneuerung und Absturzsicherungen

Abbrechen der bestehenden Fenster und Versetzen von neuen Holz-Alu-Fenstern inkl. Sonnenschutz - an allen Seiten mit Ausnahme der Nordseite - und Tausch der Sohlbänke - inkl. Kellerfenster

2. Fassaden:

Fassaden nach Möglichkeit und Erfordernis wärmedämmen. Bei historischen Fassaden ist die Rekonstruktion historischer Schmuckelemente, Köpfe Zierrat etc. und die Auflagen des Bundesdenkmalamtes im Kostenrahmen nicht enthalten.

3. Portale:

Sanierung der bestehenden Haupteingangsportale und Nebeneingänge

4. Dach:

Nach Erfordernis übergehen des bestehenden Daches oder komplette Dacherneuerung. Dachsanierung inkl. Verblechungen, Kamine und Aufbauten; Blitzschutzanlage. Dämmung der obersten Geschossdecke im Zuge der Dachsanierung. Energietechnische Verbesserung von Flachdächern.

5. WC-Gruppen:

WC-Gruppen-Instandsetzung inkl. Erneuerung Abfallstränge, Bodenfliesen, Wandfliesen, Hängedecken, Malerei, Sanitär- und Elektroinstallation und Sanitärgegenständen. Einbau einer mechanischen Entlüftung.

6. Behinderten-WC:

Pro Geschoss Errichten eines Behinderten-WC bzw. LehrerInnen-WC.

7. Klassenabfallstränge:

Erneuerung der Klassenabfallstränge und Verfließung der Nassbereiche.  
Bei Bedarf Waschtischerneuerung.

8. Brandschutzkonzept:

Erstellung eines Brandschutzkonzeptes (Beinhaltet nur die Planung und nicht die Umsetzung des Brandschutzkonzeptes).

9. Umsetzung baulicher Brandschutz:

Bauliche Brandschutzmaßnahmen, welche sich auf Grund des Brandschutzkonzeptes ergeben wie die Errichtung von Brandabschnitten, Fluchtstiegenhäuser, Brandrauchentlüftungen, Schaffung eines entsprechenden Müllraumes, Einbau von Brandschutzklappen und ev. einer Entlüftungsanlage.

10. Elektroanlagen:

Erneuerung der Elektro-Verteiler, Zuleitungen, Hausanschlüsse, Elektro-Steigleitungen. Projektbedingt erforderliche Ganginstallationen.

11. Heizanlage:

Ergänzung der Heizanlage lt. Raumbuch mit Steuerung, Regelungen, Anbindungen, Pumpen und Regelkreisen. Nach Erfordernis Kesseltausch und Tausch der Rippenheizkörper auf Flachheizkörper mit Thermostatventilen.

12. Zentrale Warmwasseranlage:  
Herstellung einer zentralen Warmwasserbereitungsanlage.

13. Keller:  
Sanierungsmaßnahmen im Keller: Kellerräumung, Putzabschlagen, Fugen auskratzen, Brandschutztechnische Verbesserungen, Versehen der Lagerräume mit Brandschutztüren. Trägersanierungen, Einbau einer Sicherheitsbeleuchtung und ev. Trockenlegung von feuchten Kellern.

14. Kanal:  
Erstellung von Kanalgutachten/ Befunden  
Abstimmung von festgestellten Mängeln im Zusatzpaket.

15. Statische Maßnahmen:  
Erforderliche Maßnahmen lt. Anforderungen eines zu erstellenden statischen Gutachtens.

16. Ausmalung:  
Ausmalen des Schulgebäudes mit Berücksichtigung von eingemieteten Kindergarten- oder Horteinrichtungen der MA 10.

### **Besonderheiten Tagesbetreuung**

Schaffung/Adaptierung einer Tagesbetreuung.

Herstellung von Ausgabeküchen und Speisesälen und ggf. Freizeiträumen.

Die Kosten der Einrichtung und geringwertiger Wirtschaftsgüter für die Ausgabeküche und den Speisesaal sind in das Schulsanierungspaket inkludiert.

### **Im Zusatzpaket enthalten:**

1. Turnsäle:  
Sanierung von Turnsälen und Nebenräumen inkl. aller notwendigen Nebenleistungen bei Erfordernis zweiter Fluchtweg und Barrierefreiheit bzw. ev. laut Veranstaltungsrecht.

2. Außenanlagen:  
Sanierung von Außenanlagen, Einfriedungen, Spielgeräten, Unterkonstruktionen, Spielplätzen, Schulgärten, Hofmauern, Feuermauern, Bewässerungen, Gerätehütten, Schneeräumgerätehütten und Terrassen.

3. Böden:  
Sanierung oder Erneuerung schadhafter Böden aller Art im gesamten Schulgebäude (Räume, Gänge und Stiegenhäuser).

4. Physiksäle, Schulküchen  
Sanierung und Standardanhebung von Physiksälen und Schulküchen inkl. aller damit verbundenen Maßnahmen.

5. Schaffung neuer Klassenräume  
Schaffung neuer Klassen- bzw. Funktionsräume im Gebäude ohne Auflösung von Klassenreserven und Aufteilung bzw. Umbau von Klassen in Gruppenräume, Kleingruppenräume, Bibliotheken oder Vergrößerung von Verwaltungsräumen.

6. Dienstwohnungen  
Umbau von ehemaligen Dienstwohnungen.

7. Funktionsräume – diverse Sanierungen  
Im Kontext der geplanten Baumaßnahmen wie Ausmalung, Böden, Heizung, Waschtischplätze etc. sind bei Bauvorbereitungen, Erneuerung von vorher nicht berücksichtigter Elemente der Elektroinstallation, Deckenkonstruktionen, Beleuchtungskörper, Heizanlage oder Innenausbau zu integrieren. In dieser Position können sich sinnvolle und notwendige Themen wieder finden ohne dass jedoch eine Generalsanierung angestrebt wird.

8. Schaffung neuer Funktionsräume  
Schaffung von Funktionsräumen aller Art wie Werkstätten, Mehrzweckräume, Zentralgarderoben, EDV – Räume, Medienräume, Gruppenräume, Räume für Nichtlehrpersonal. Adaptierung von Verwaltungsräumen bei Durchführung von erforderlichen Maßnahmen wie Durchbrüchen, Ausmalung, Anpassung der Elektroinstallation etc.

### 3.1.2 Beschreibung der einzelnen Maßnahmen

Der folgende Abschnitt soll die entwickelten baulichen Maßnahmen für die modular aufgebauten Sanierungskonzepte im Einzelnen näher beschreiben und deren Umsetzbarkeit bewerten, eine tabellarische Zusammenstellung der Maßnahmen ist Anhang 3 zu entnehmen.

**Modul 1a** Dämmung Außenwand: Energieeinsparung 38 %

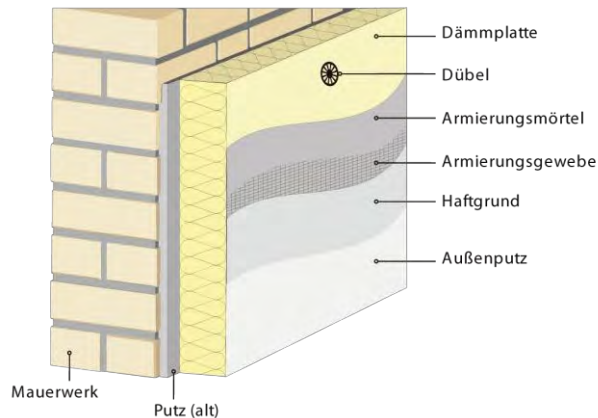
Die Heizenergieverluste aller Außenwände werden bis zu 75 % reduziert.

Durch die Außendämmung wird die gesamte Masse der Wand thermisch dem warmen Innenraum zugeordnet. Das erhöht die Fähigkeit des Gebäudes Wärme zu speichern.

Geeignete Dämmstoffe für die Sanierung von Altbauten:

Als einfachste und kostengünstigste Form der Wärmedämmung hat sich auch im Schulbau das Wärmedämmverbundsystem (WDVS) bewährt. Für mechanisch stark beanspruchte Bereiche, wie Sockelbereiche und Schulhof, bietet der Markt armierte Systeme mit widerstandsfähigeren Dämmstoffplatten an.

Wärmedämmverbundsysteme WDVS, mögliche Varianten von Holzfaser-WDVS bis zu Schadstofffreien mineralischen und Hartschaum-WDVS Produkte.

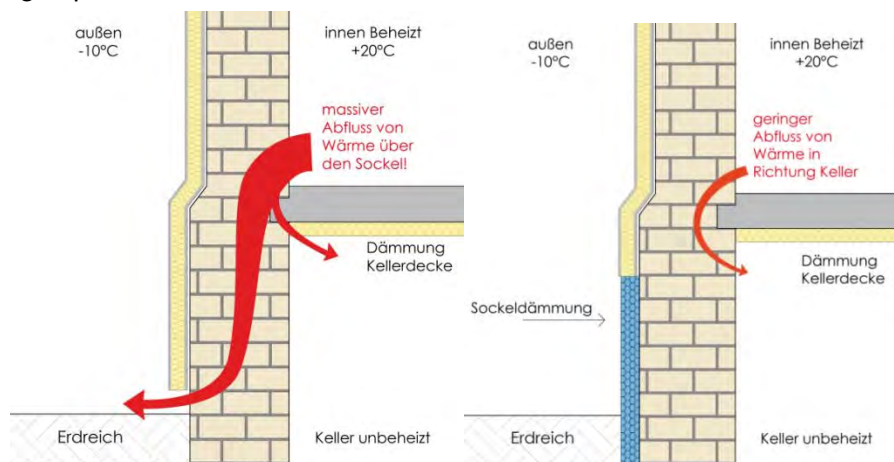


**Abbildung 41: Skizze Wärmedämmverbundsystem**

### Wärmebrücken verringern

Um Wärmebrücken zu vermeiden sind die Fensterleibungen und soweit möglich der Kellersockel zu dämmen. Der Dämmstoff sollte über die Kellerdecke heruntergezogen und bis zu 50 cm ins Erdreich eingelassen werden (s. Abbildung 42). Bei beheizten Kellerräumen sollte bis auf das Fundament gedämmt werden.

Das Dämmmaterial muss für die Dämmung im Erdreich geeignet sein z.B. Schaumglasplatten.



**Abbildung 42: Sockeldämmung im Erdreich**

Freistehende Feuermauern stellen zwar kein architektonisches Merkmal von Gründerzeitgebäuden dar, können aber bis zu einem Drittel der Fassadenfläche ausmachen. Im Hinblick auf Energieeffizienz und Nutzungskomfort ist die Dämmung einer Feuermauer also ein wesentlicher Faktor.

### Modul 1b Vorgefertigte Fassadenmodule als Energieerzeuger passiv oder aktiv

Als Alternative zu Vollwärmeschutz bietet sich eine Vorhangfassade mit hochwertiger Oberfläche an. Die Elemente sind nachhaltig in der Erhaltung und wirtschaftlich durch günstige Dämmstoffe und Unterkonstruktion aus Recycling- bzw. Naturmaterialien.

Vorgefertigte Fassadenmodule, sind objektspezifisch zu betrachten. Die Lösung von Detailpunkten stellt hohe Anforderungen an Planung und Bauausführung.



**Abbildung 43: Elemente von Vorhangfassaden**

Zitat Forschungsprojekt: Revitalisierung mit Synergie Aktivierenden Modulen S.A.M. Projekt im Rahmen der Haus der Zukunft Programmlinie:

„Bei Projektende liegen allgemein anwendbare Regeln für die Revitalisierung mit S.A.M. ohne Nutzungsunterbrechung vor. Weiters ist das Konzept S.A.M. 01 an einem konkreten Bauvorhaben (Sanierung Altenheim Landeck, Tirol) umgesetzt. Ziel ist es ein Konzept für die Revitalisierung von bauphysikalisch, bautechnisch, funktionell und gestalterisch unzureichenden Gebäuden mit Synergie aktivierenden Modulen zu erarbeiten. Es sollen besonders energietechnische, nutzerspezifische, architektonische und städtebauliche Aspekte berücksichtigt werden.

Die Innovation des Konzeptes liegt vor allem in der synergetischen Vernetzung folgender Aspekte:

- Kurze Errichtungszeit, hoher Vorfertigungsgrad
- Kosteneinsparung durch selektive Eingriffe, kompromisslose Technologien
- Ausführung ohne Betriebsunterbrechung, kein Ausweichquartier erforderlich
- Sofortige Nutzbarkeit, Errichtung ohne Primärkonstruktion
- Energieeinsparung, Offenheit für technologische Neuentwicklungen
- Anpassungsfähigkeit und Effizienz der Maßnahmen, Möglichkeit von Baustufen
- Erfolgssicherung durch Ausführung und Test von Prototypen
- Hohes gestalterisches Potential, Vielseitigkeit der Mittel
- Erhaltung vorhandener Qualitäten, Respekt vor historischer Baukultur
- Berücksichtigung emotionaler Nutzeraspekte
- Verdichtung bei gleichzeitiger Steigerung der Qualität
- Einfache Handhabung für Planer und Ausführende, Systematisches Konzept
- Impuls für nachhaltig orientierte Bauwirtschaft (regionale Unternehmen)

Das Konzept bietet die Möglichkeit notwendige Erneuerungen an Altbauten in kompromissloser technischer, funktioneller und gestalterischer Sicht ohne Betriebsunterbrechung durchzuführen. Die Verwendung energieeffizienter ökologischer Materialien, die Anpassung an geänderte Bedürfnisse, die Implementierung neuer Technologien sowie die Schaffung zusätzlichen Lebensraumes in zeitgemäßer Qualität sichern gleichzeitig die Erhaltung der Vorzüge historischer Baukulturen unter Aufhebung technologiebedingter Nachteile.“

## Modul 2 Dämmung der obersten Geschossdecke: Energieeinsparung 6%

Ist der Dachraum nicht ausgebaut und nicht genutzt ist die nachträgliche Dämmung des Fußbodens im Dachraum eine einfache und kostengünstige Lösung.

Geeignete Dämmstoffe: Dämmplatten aus Mineralfaser, Hartschaum etc. oder Schüttungen aus Perlite, Zellulose etc. Beim Einsatz von Vakuumisulationspaneelen (VIP) im Bereich Übergang Fassade zum Dachraum kann das Verletzungsrisiko der Paneele durch die Beschichtung mit Faserzementplatten stark vermindert werden.

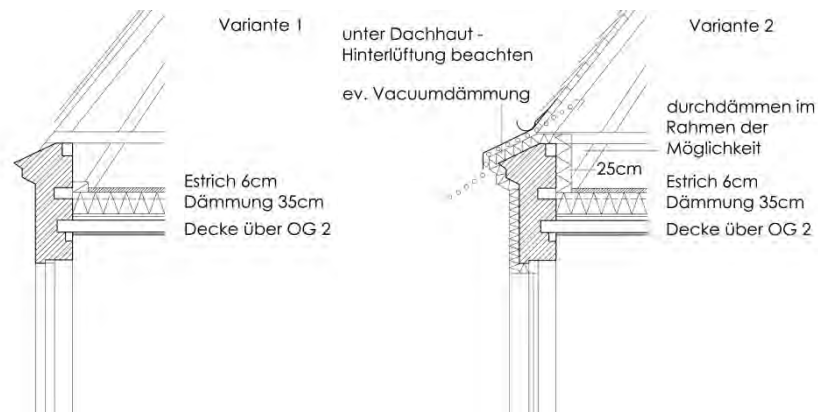


Abbildung 44: Varianten zur Dämmung der obersten Geschossdecke

## Modul 3 Dämmung der Kellerdecke: Energieeinsparung 4%

Abkoppelung der Kellernutzung, nur als Technikraum benutzt und jedenfalls unbeheizt. Die Dämmung der Decke von reinen Kellerräumen ist unproblematisch und wirtschaftlich realisierbar.

Geeignete Dämmstoffe: Glaswolle-, Steinwolle- oder Zelluloseplatten, wahlweise mit bereits mit fertiger Deckschicht.

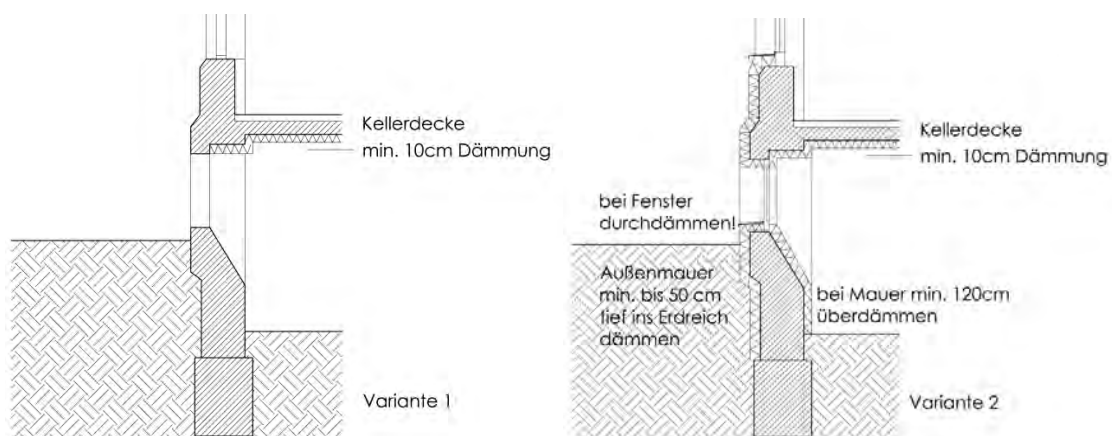


Abbildung 45: Varianten zur Dämmung der Kellerdecke

## Modul 4a Fensteraustausch: Energieeinsparung 30%

Zielführend ist die Erneuerung der Fenster mit der Sanierung der Fassade zu verbinden. Die neuen Fenster sollten außenbündig mit der alten Außenwand eingebaut werden. Abgesehen

von ästhetischen Aspekten und zeitgemäßer Gestaltungsmöglichkeiten, wird auch die Tageslichtversorgung verbessert, die Dämmmaßnahme erleichtert (keine Laibungsdämmungen nötig) und der Wärmeverlust verringert, weil die Wärmebrücke bei den Fensterleibungen entfällt.

Geeignete Produkte: Alu- oder Holz-Alu-Fenster mit Wärmeschutzverglasung.

#### **Modul 4b** Austausch der Fenster

Ist der Austausch aller Fenster möglich, dann können die Vorteile von modernen Fenstern neben einer verbesserten Behaglichkeit und höherem Komfort in der Bedienung vor allem in einem deutlich verbesserten Schallschutz zur Geltung kommen. Aufgrund der verbesserten Luftdichtheit von modernen Fenstern ist jedoch das Lüftungsverhalten entsprechend anzupassen. Da die Belüftung der Räume nicht mehr in Form von unkontrollierbaren „Zugerscheinungen“ durch alte und undichte Fenster erfolgt, muss der hygienisch erforderliche Luftwechsel in der Nutzung gesichert werden. Gleichzeitig muss ein effizienter Sonnenschutz vorhanden sein um die Klassenräume vor Überhitzung zu schützen.

Bei reiner Fensterlüftung müssen die Fenster ein Lüften während des Unterrichts ermöglichen. In Kippstellung sind die Lüftungsquerschnitte nicht ausreichend. Daher sollten zweiflügelige Holz-Alu-Fenster mit Wärmeschutzverglasung zum Einsatz kommen. Sie sind in der Nutzung effizienter und nehmen in offenem Zustand weniger Raum in Anspruch.

#### **Modul 5** Fenster schließen /Turnhalle

Eine Überlegung war die Fenster in den Turnhallen durch Mauerwerk zu ersetzen um damit die Wärmeverluste drastisch zu reduzieren. Dadurch wäre allerdings nur künstliche Belichtung und mechanische Belüftung möglich. Die Energieeinsparung erweist sich als zu gering in Relation zu den Nutzungsanforderungen der Schule und externer Nutzungen. In der Bewertung wird dieses Modul nicht empfohlen.



**Abbildung 46: Schemata modulares Konzept 2**

## **Räumliche Anforderungen für die neue Pädagogik**

Sanierung als Erneuerung in Anlehnung an die neue Pädagogik bedeutet den Gebrauch zu erneuern. Die Schaffung neuer Brandabschnitte in bestehenden Gebäuden kann mit der Schaffung von hybriden, funktionalen Zonen verbunden werden, wie zum Beispiel die Gruppierung von Klassenzimmern (Cluster) und Auflösung der strengen Grenzen zwischen Klassenzimmer und informellen Zonen der Schule. Die Anpassung der Standsicherheit (Deckenverstärkungen, Maßnahmen zu Erhöhung der Erdbebensicherheit) kann ebenfalls mit der Option auf neue räumliche Zusammenhänge genutzt werden. Zusätzliche Fluchtstiegenhäuser können zu gänzlich neuem Gebrauch von repräsentativen historischen Stiegenhäusern führen. Die Schaffung von zwei Fluchtwegen aus jedem Klassenzimmer gemäß OIB-Richtlinie kann zur Neubelebung der alten Idee der Freiluftklasse bei an Freiräume angrenzenden Erdgeschoßklassen führen.

Notwendig ist Raum für Selbstunterricht, eigenes Ausprobieren und Herstellen, Lesen und eigene Texte verfassen auch das Recherchieren (Simulieren, Konstruieren, Memorieren am Computer).

Räume für das ungestörte eigene Nachdenken.

Raum für den Einzelunterricht, definiert durch das Verhältnis Meister/Lehrling.

Raum für das Gespräch in der Gruppe/Gruppengröße maximal 12, optimal 3-7 SchülerInnen.

Raum für Demonstration durch Zuschauen, Zuhören bei Vortrag, Präsentation, Film, Experiment oder Konzert.

Gliederung Gesamteinheiten und einzelne Bereiche/ Clusterbildung. Einzelne Jahrgänge auf jeweils ein Stockwerk mit eigenem Zentrum und Lehrerzimmer. Räumliche Strukturierung der Schule durch die soziale Gliederung der Arbeitszusammenhänge.

## **Modul 6** Clusterbildung Klasse/Gang/ Brandschutz

Hier gilt es die Gelegenheit der thermischen Sanierung und der sicherheitstechnischen Adaption zu nutzen, um auch funktionale Verbesserungen zu erreichen. Die Schaffung neuer Brandabschnitte im Bestand kann mit einer neuen Gruppierung von Klassenzimmern verbunden werden (Schaffung von Clustern) um insgesamt bessere Lernorte herzustellen.





Abbildung 47: Schema Clusterbildung

**Modul 7** Abtrennung der Gänge und Treppen im Zuge der Brandschutzplanung. Energieeinsparungspotenzial durch abgetrennte Erschließungsflächen die unbeheizt bleiben. Diese Option ist abhängig vom Brandschutzkonzept. Vor allem bei einer vollständigen Dämmung der Gebäudehülle und Anwendung von Modulen aus dem Konzept 3 ist es in der Bewertung nur bedingt empfohlen.

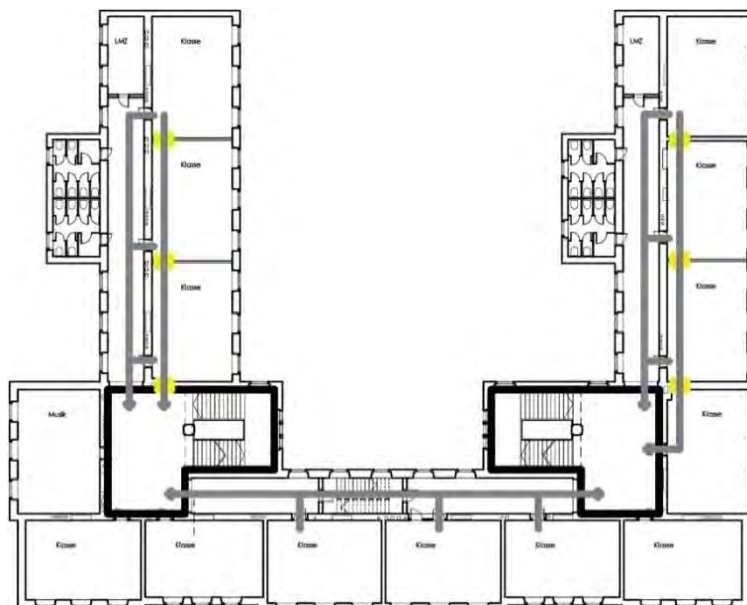


Abbildung 48: Schema Fluchtwege

**Modul 8** Innenraumgestaltung für neue Pädagogik: flexible Möblierung und Trennwände

Je länger sich SchülerInnen in der Schule aufhalten, desto größer sind die Anforderungen an die Architektur, die Schule räumlich als einen ansprechenden Lebensraum zu gestalten. Besonders wichtig ist daher, das Gebäude funktional für die zukünftige Nutzung vorzubereiten. Hier nehmen die Anforderungen an Behaglichkeit, Akustik, Belichtung, Beleuchtung und Luftqualität eine besondere Stellung ein. Diese Maßnahmen können bei

guter Planung in die Möblierung integriert werden, sodass ein Höchstmaß an Flexibilität in der Nutzung ermöglicht wird.

Zusätzlich: Magnetfarbe anstatt von Pinnwänden - technisch problemlos in bauliche Maßnahmen integrierbar, flexibel und einfach in der Nutzung, größere Hängeflächen stehen zur Verfügung, effizient und gestalterisch ansprechend.

### **Beleuchtungskonzept „Ökologie-Ökonomie-Ergonomie“ (Fa Regent)**

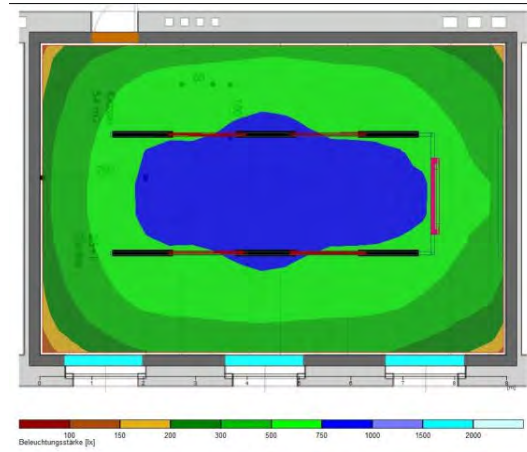
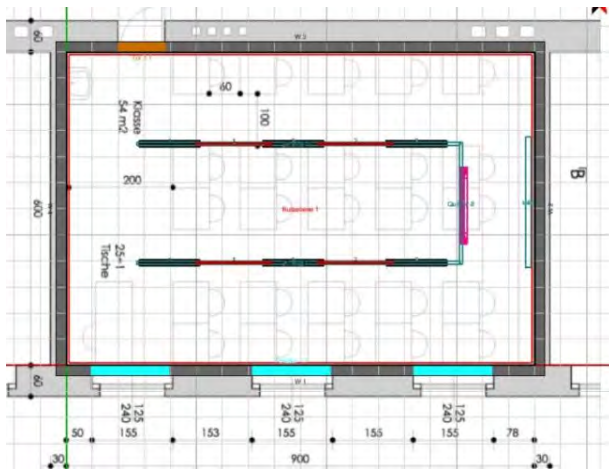
Ergonomie: Dem hohen Anspruch an eine neue Beleuchtungsanlage (Wohlbefinden, Leistungsfähigkeit) kann nur Rechnung getragen werden, wenn individuell auf die jeweilige Sehaufgabe und die vorhandene Raumstruktur eingegangen wird. Da in der Mehrzahl multifunktionale Räumlichkeiten auszustatten sind, müssen die Beleuchtungsanlagen in ähnlicher Weise aus mehreren Komponenten bestehend und vor allem hochvariabel aufgebaut werden um diese Erwartungshaltung erfüllen zu können.

Ökologie: Mit gestiegenem Bewusstsein im Umgang mit den Rohstoffressourcen finden heute fast ausschließlich energieeffiziente Leuchtmittel mit verlustarmen Betriebsgeräten Anwendung. Damit können die Anschlussgrößen für die Energieversorgung und die laufenden Kosten überschaubar gehalten werden. 60 - 80 % der Energiekosten können im Weiteren durch die Anwendung von Präsenz- und Tageslicht-Steuerlektronik reduziert werden.

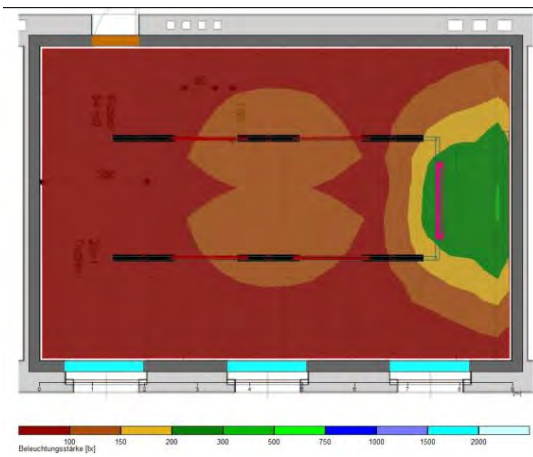
Ökonomie: Die verschiedenen Investitionsmodelle in der Errichtung von Bildungsbauten bzw. auch die Beurteilung nach „total costs of ownership“ bringen einen langfristigeren Bewertungsansatz für die Anschaffungskosten. Langfristige Wartungsintervalle und geringe laufende Kosten aus dem Energieverbrauch u.a. durch gute Leuchtenwirkungsgrade bzw. durch eine vernünftige Komponentenbestückung gewinnen an Bedeutung. Zusätzlich sollten entsprechende Ansteuerung (Schaltung, Szenen- bzw. Tageslichtsteuerung) und Variabilität (Adressierbarkeit und Dimmbarkeit) gewährleistet sein.

Exemplarisch sind für die „Standardklasse“ einige Lichtszenen für verschiedene Anforderungen mit einfachen Beleuchtungskomponenten (ersetzbar durch hochwertigere Produkte) dargestellt. Die Tragschienenvariante bietet die Möglichkeit Raumsituationen unabhängig von einzelnen Installationspunkten und innerhalb eines begrenzten Budgets abzudecken. Abbildung 49 zeigt Varianten für einen typischen Klassenraum der Franz Jonas Schule mit Standardleuchtenkomponenten auf Tragschienen, welche sich wie folgt unterscheiden (weitere Details s Anhang 12):

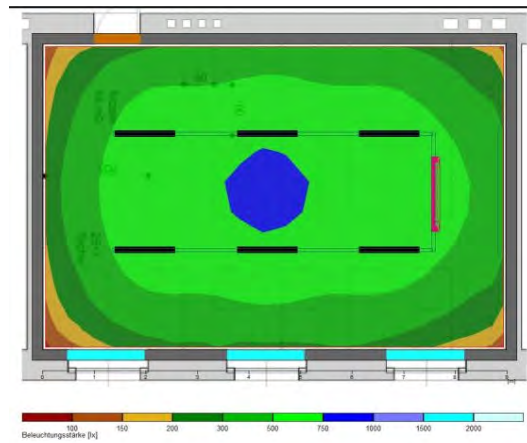
- A) Direkt: Leuchte mit Lamellenreflektor
- B) Direkt: auf die Tafel asymmetrisch gerichtet
- C) Indirekt: zur Decke



A/B/C ein



B/C ein



A/B ein

Abbildung 49: Darstellung Flexible Beleuchtung/ Lichtszenen Standard Klasse

## Flexible Möblierung Varianten 1 und 2:

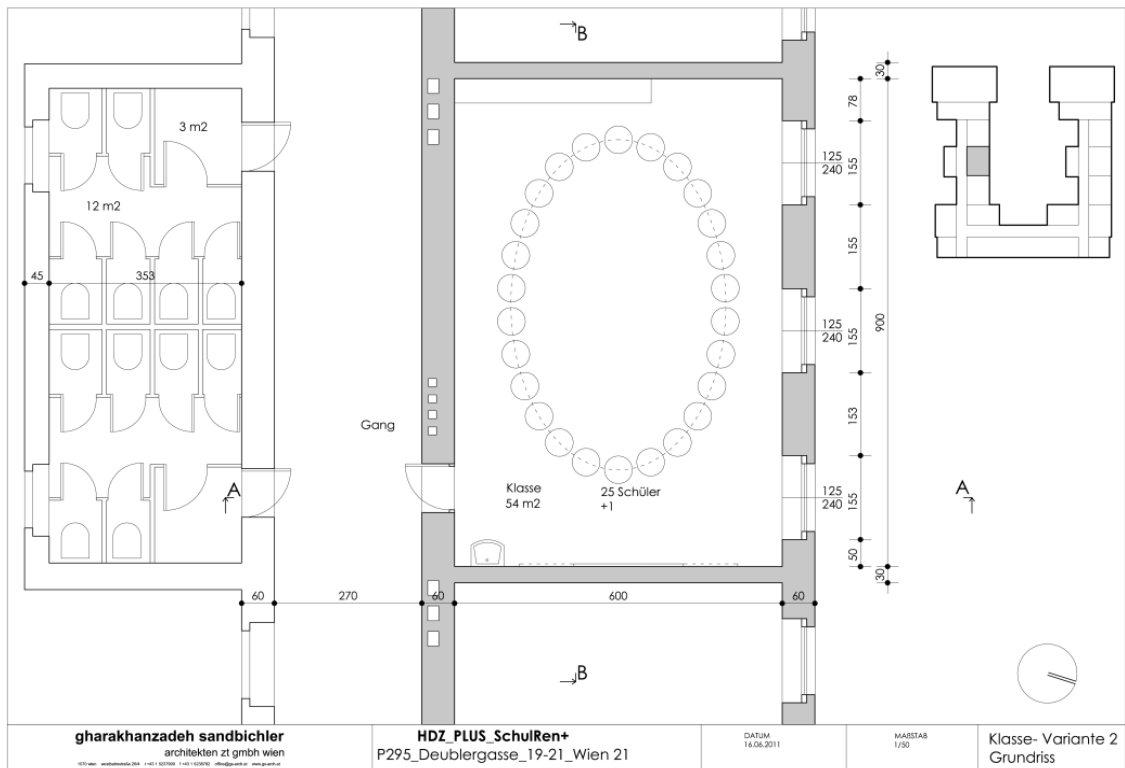
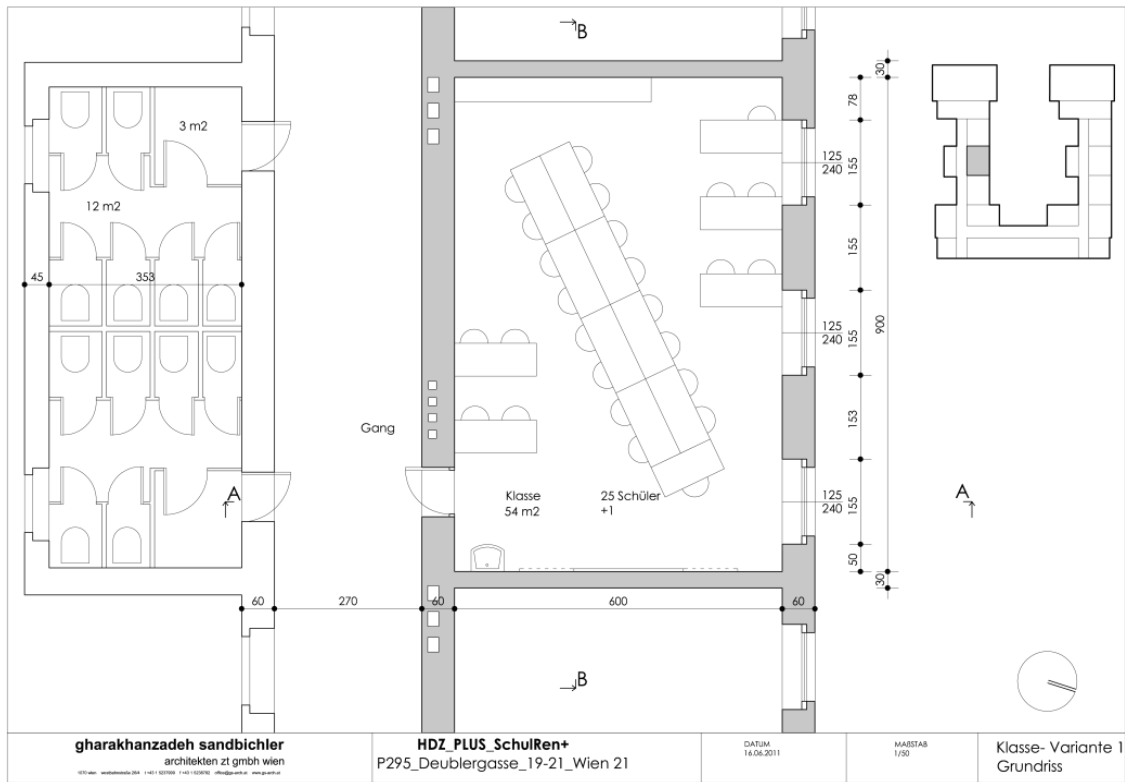


Abbildung 50: Varianten zur Möblierung eines Klassenraumes

**Modul 9** Sonderbereiche Ganztagschule, Bibliothek, Labor, Freizeit auf DG auslagern. Die konventionelle Sanierung eines gründerzeitlichen Gebäudes umfasst ein breites Spektrum von unterschiedlichen Maßnahmen von Instandsetzung und Erneuerung. Der Ausbau des Dachgeschoßes stellt zwar keine Sanierungsmaßnahme dar, wenn aber Sanierungsmaßnahmen im Bestand zeitgleich mit einem DG-Ausbau vorgenommen werden, können technisch-wirtschaftliche Synergien genutzt werden. Hier gilt es die spezifischen Raumpotenziale im Bestand aufzugreifen und in Relation zu neuen pädagogischen Anforderungen und Stand der Technik zu setzen. Das nicht ausgebaute Dachgeschoß stellt ein hohes Potenzial für diese Erneuerung dar.

**Modul 16** Sondernutzung Dachboden für externe Vermietung (PH Standard)  
Die externe Vermietung des Dachbodens stellt ein interessantes Refinanzierungsmodell der Ausbaurkosten dar. Im letzten Workshop wurde jedoch in der Diskussion seitens ÖISS von außerschulischer Vermietung des ausgebauten Dachbodens abgeraten da die Räumlichkeiten als wertvolles Erweiterungspotenzial der Schule gesehen werden. Im Sinne von neuer Pädagogik stellen diese Räumlichkeiten ein wertvolles Potenzial dar und sollten für den Eigenbedarf im schulischen Alltag integriert werden.

**Modul 10** Verbindung Innen/Außen Pausenhalle, Aula + Innenhof

**Modul 11** Gebäudeoberfläche minimieren/ Innenraum Gewinn  
Im Zusammenhang mit der Schaffung von neuen Fluchtstiegenhäusern können räumliche Potenziale erweitert werden. Die Fläche zwischen bestehenden Stiegenhäusern kann im Erdgeschoß zur Aula mit direkter Verbindung zum Innenhof und in den Obergeschoßen jeweils als wertvolle Pausenfläche bzw. Rückzugsnischen adaptiert werden. Zugleich werden eine kompakte Gebäudehülle hergestellt und zusätzliche Innenräume geschaffen. Die direkte Verbindung zwischen Innen und Außen ermöglicht eine vielfältige und flexible Nutzung.



**Abbildung 51: Minimierung der Gebäudeoberfläche**



**Modul 12a** ETFE-Teilüberdachung des Schulhofes.

Die Überdachung der Hofnutzung in Maßnahmenpaket 2 erfolgt mit transparenten ETFE-Modulen (Ethylen-Tetrafluorethylen). Dies ermöglicht eine von der Witterung unabhängige Nutzung der Pausenflächen und Entlastung der Erschließungsflächen zugunsten der Clusterbildung.

**Modul 12b** Teilüberdachung des Hofes mit halbtransparenter Photovoltaik.

Die Klimahülle der Hofnutzung in Maßnahmenpaket 3 erfolgt mit halbtransparenten Photovoltaikmodulen. Dies ermöglicht eine genaue Abstimmung mit den Anforderungen an den Sonnenschutz bei gleichzeitiger Steigerung der Energieproduktion.

**Modul 13** Raum im Raum: Container -Räume im überdachten Innenhof.

Die Hoffläche wird zur Ausstellung von zusätzlichen nicht wetterfesten Containerräumen genutzt um geschoßweise Pausenflächen auf den begehbaren Raummodulen und weitere Nutzflächen zu schaffen. Eine Klimahülle umschließt den reduziert beheizten Bereich und bietet ein wetterunabhängiges zusätzliches Raumangebot.

**Modul 14** transparente Wärmedämmung in Pausenräumen.

Der Einsatz transparenter Wärmedämmung bei der Klimahülle für die hofseitigen Pausenräume regelt den Bedarf an Sonnenschutz und verbessert die Möglichkeit der passiven Nutzung der Solarenergie.

**Modul 15** Fluchttieghäuser außenliegend in Verbindung mit Teilhofüberdachung.

Die Anordnung von außenliegenden Fluchttieghäusern ermöglicht die Verbindung von überdachtem Pausenraum mit den Klassenclustern ohne zusätzliche brandschutztechnische Barrieren.



**Abbildung 52: Schemata modulares Konzept 3**

**Tabelle 25: Bewertung der baulichen/architektonischen Maßnahmen Konzept 1**

<b>Maßnahme</b>	<b>Priorität</b>	<b>Technisch problemlos</b>	<b>Empfehlung</b>
Bündelung der Nachmittagnutzung in einem Gebäudebereich	hoch	ja	ja
<b>Bewertung der Baulichen Maßnahmen Konzept 1</b>			
1a- Dämmung Außenwand Energieeinsparung 38%	hoch	ja	ja
2- Dämmung der obersten Geschossdecke Energieeinsparung 6%	hoch	ja	ja
3- Dämmung der Kellerdecke Energieeinsparung 4%	hoch	ja	ja
4a- Fensteraustausch bis auf Isolierverglasung (6-10 Jahre alt) Energieeinsparung 30%	hoch	ja	ja
5- Fenster zumauern/ Turnhalle	-	ja	nein
6- Clusterbildung Klasse/Gang/ Brandschutz	hoch	ja	ja
7- Gänge und Treppen Abtrennung/ unbeheizt	mittel	ja	bedingt
8- Innenraumgestaltung /neue Pädagogik: Möblierung flexibel, Trennwände	hoch	ja	ja
9- Sonderbereiche Ganztagsschule, Bibliothek, Labor, Freizeit evtl. auf DG auslagern	hoch	ja	ja



**Tabelle 26: Bewertung der baulichen/architektonischen Maßnahmen Konzept 2**

Maßnahme	Priorität	Technisch problemlos	Empfehlung
<b>Bewertung der Baulichen Maßnahmen Konzept 2</b>			
4b- Austausch aller Fenster	mittel	ja	ja
10- Verbindung Innen/Außen Pausenhalle, Aula + Innenhof	hoch	ja	ja
11- Gebäudeoberfläche minimieren/ Innenraum gewinn	hoch	ja	ja
12a- ETFE-Teilüberdachung des Schulhofes	mittel	ja	bedingt
13- Raum im Raum Container -Räume im überdachten Innenhof	mittel	ja	ja
14- transparente Wärmedämmung in Pausenräumen	mittel	ja	bedingt
15- Stiegenhaus außenliegend (Brandschutz) in Verbindung mit Teilhofüberdachung	hoch	ja	ja

**Tabelle 27: Bewertung der baulichen/architektonischen Maßnahmen Konzept 3**

<b>Bewertung der Baulichen Maßnahmen Konzept 3</b>			
1b- Vorgefertigte Fassadenmodule Energieerzeuger Passiv od. Aktiv	mittel	ja	ja
12b- Teilüberdachung des Hofs mit halbtransparenter PV	hoch	ja	bedingt
16- Sondernutzung Dachboden für externe Vermietung (PH Standard) Einnahmequelle	niedrig	ja	bedingt

## 3.2 Wie wird das Plus-Energie Niveau erreicht?

### 3.2.1 Primärenergetische Bilanzierung

Ausgehend von dem durch Simulation nachgewiesenen Heizenergiebedarf von 124 MWh für das sanierte Schulgebäude soll im Folgenden die Machbarkeit des Plus-Energie Niveaus bezogen auf die jährliche Primärenergiebilanz an einem beispielhaften Szenario aufgezeigt werden.

Die positive Energiebilanz wird in diesem Szenario durch den Einsatz von 400 m<sup>2</sup> Photovoltaikmodulen erreicht, was einer installierten Leistung von etwa 52 kW<sub>peak</sub> entspricht, 30 m<sup>2</sup> solarthermische Kollektoren sollen zur Substitution des Gasverbrauchs beitragen.

In der untenstehenden Tabelle 28 sind die primärenergetischen (PE) Energien für Strom und Wärme gegenübergestellt. Durch den Stromüberschuss wird so über das Jahr betrachtet eine positive Energiebilanz erreicht.

**Tabelle 28: Primärenergetische Bilanzierung über das Jahr**

Bedarf	MWh/a	Quelle	MWh/a	Primärenergie in MWh/a
Heizung inkl. WW	166.4	Fernwärme	155.8	57.3
		Solarthermie	10.5	0.0
Strom	35.0	Netz	35.0	91.7
		Photovoltaik	60.8	-159.4
				<b>-10.4</b>

PE-Faktor Fernwärme\* 0.368

PE-Faktor Strom\* 2.62

\*OIB RL 6 Oktober 2011, [www.oib.or.at](http://www.oib.or.at)

### 3.2.2 Annahmen zur Bilanzierung

Nachfolgend sollen getroffene Annahmen und Berechnungsgrundlagen zu den Werten in Tabelle 28 erläutert werden. Bei der Wärmeseitigen Bilanzierung wird der Bedarf für Heizung inklusive Warmwasser ausgewiesen. Es wird angenommen, dass der derzeit durch zwei veraltete Gaskessel gedeckte Warmwasserbedarf zum Teil durch die Nutzung von Solarthermie gedeckt wird. Der restliche Bedarf wird direkt über die Fernwärme gedeckt. Aus dem gemittelten Gasverbrauch der letzten Jahre ergibt sich ein jährlicher Gasverbrauch von 60,5 MWh. Bei einem angenommenen Wirkungsgrad der Gaskessel von  $\eta = 0,7$  ergibt sich ein Energiebedarf von 42,35 MWh/a für das Warmwasser. Für die Solarthermie wird ein Systemwirkungsgrad von  $\eta = 0,3$  angenommen.

Hinsichtlich des Stromverbrauchs liegt der gemittelte Jahresverbrauch im Bestand bei rund 70 MWh. Es wird angenommen, dass der Verbrauch durch die unterschiedlichen Maßnahmen zur Effizienzsteigerung erheblich reduziert wird. Allein mit dem Austausch der

ungeregelten Heizungspumpen durch Hocheffizienzpumpen sind Einsparungen von bis zu 90 % möglich (Quelle: Baureihenbeschreibung: WILCO-Stratos PICO). Einzig die Verwendung der dezentralen Lüftungsgeräte wird zu einer Zunahme des Verbrauchs führen. Die nachfolgende Tabelle 29 zeigt die Abschätzung des zusätzlichen Strombedarfs für die Lüftungsanlagen.

**Tabelle 29: Strombedarf für dezentrale Lüftungsanlagen**

Spezifische Luftmenge pro SchülerIn	30	m <sup>3</sup> /h
Anzahl SchülerInnen	25	Personen
Resultierender Luftvolumenstrom	750	m <sup>3</sup> /h
Betriebsstunden	1200	h/a
Specific fan power (SPF)	0,3	Wh/m <sup>3</sup>
Strombedarf pro Gerät	270	kWh/a
Anzahl Geräte	20	Stück
<b>Strombedarf Gesamt</b>	<b>5400</b>	<b>kWh/a</b>

Die spezifische Ventilatorleistung (Specific fan power, SPF) gilt als maßgeblicher Indikator für die Energieeffizienz von Lüftungsanlagen bzw. der verbauten Ventilatoren. Gewählt wurde ein SFP von 0,3 Wh/m<sup>3</sup> für die Lüftungsgeräte, da dies als in der Praxis leicht zu erreichend betrachtet werden kann. Die Jahressumme für den Strombedarf ergibt somit 5,4 MWh. Resultierend aus den Maßnahmen zur Energieeffizienz und dem zu erwartenden Mehraufwand für die Lüftungsgeräte wird der gesamte Strombedarf der Schule mit 35 MWh angenommen, was eine Halbierung des derzeitigen Verbrauchs bedeutet.

Für die Abschätzung des Ertrags aus Photovoltaik (und Solarthermie) wurde zunächst die zu erwartende Strahlungssumme für die südlich ausgerichtete Dachfläche der Schule ermittelt. Das Gebäude verfügt über mehr als 500 m<sup>2</sup> Dachfläche, welche mit einer Neigung von rund 55° zur Horizontalen und einem Azimuth von rund 343° (ca. 17° von Süd nach Ost gedreht), orientiert ist. Abbildung 53 zeigt die südliche Ansicht der Schule aus der Vogelperspektive.



**Abbildung 53: Südansicht der Schule, Vogelperspektive (Quelle: www.bing.com)**

Um die Strahlungssumme eines Jahres zu ermitteln wurde im bestehenden TRNSYS Modell die Strahlung auf eine Dachfläche mit beispielhafter Ausrichtung über das Jahr kumuliert. Für die Referenzfläche summiert sich die Globalstrahlung innerhalb eines Jahres auf 1170 kWh. Nachfolgende Tabelle 30 zeigt die Ermittlung des zu erwartenden Stromertrages.

**Tabelle 30: Stromertrag aus Photovoltaik**

Solarstrahlung	1170 kWh/m <sup>2</sup> a
PV-Modulfläche	400 m <sup>2</sup>
PV-Anlagen Wirkungsgrad	0,13 -
<b>Stromertrag</b>	<b>60840 kWh/a</b>

### 3.2.2.1 Energie-, CO<sub>2</sub>- und Kostenbilanz

Der Bilanz liegen die Simulationsergebnisse und die Verbrauchsangaben der MA34 zugrunde. Die Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Kennwerte wurden in Kapitel 2.5.3, Tabelle 7 und Tabelle 8 erläutert.

Bei der Ermittlung der externen Kosten von CO<sub>2</sub> bei der Substitution von Energieträgern wurde der Emissionsfaktor jenes Energieträgers angesetzt, der durch die erneuerbare Energie ersetzt wird. In diesem Fall wird Strom aus dem Netz durch Strom aus Photovoltaik ersetzt. Der Emissionsfaktor für den Österreich-Mix von Strom beträgt 0,417 kg CO<sub>2</sub>/kWh Endenergie (vergl. Tabelle 8), und der Emissionsfaktor für Strom aus PV ist 0, ebenso wie für solare Wärme (vergl. Tabelle 7).

Weiters wurden die CO<sub>2</sub>-Reduktionen durch geringeren Fernwärmeverbrauch und Einsparungen bei Gas berücksichtigt. Der Emissionsfaktor für Fernwärme aus hocheffizienter KWK beträgt 0,0292 kg CO<sub>2</sub>/kWh, und der Emissionsfaktor für Gas beträgt 0,236 kg CO<sub>2</sub>/kWh. Die Kosten wurden mit 70 EUR/t CO<sub>2</sub> angesetzt (vergl. Tabelle 9).

Die nachfolgende Tabelle und Abbildung zeigen, dass substantielle Energiekosteneinsparungen erreicht werden können. Auf Primärenergieebene wird der "Energieüberschuss" mit den in diesem Szenario getroffenen Annahmen knapp nicht erreicht, während das Gebäude auf CO<sub>2</sub>-Ebene eine Gutschrift aufweist.

**Tabelle 31: Energie- und Kostenkennwerte nach der Sanierung**

Kennwerte nach Sanierung			kWh/a	Erläuterung
Jährlich eingesparte Fernwärme	35.000,00	Einsparung EUR/a	500.000	
Jährlich eingespartes Gas	3.630,00	Einsparung EUR/a	60.500	
Jährliche Produktion solare Wärme (ersetzt Gas)	0,00	Produktion EUR/a	9.000	
<b>Einsparung Kosten Wärme</b>	<b>38.630,00</b>	<b>Einsparung EUR/a</b>		
<b>Ausgaben Wärme</b>	<b>8.680,00</b>		124.000	
Jährlich eingesparter Strom	5.950,00	Einsparung EUR/a	35.000	Stromtarif
Eigenverbrauch Strom aus PV	5.950,00	Einsparung EUR/a	35.000	Stromtarif
Jährliche Produktion PV	750,00	Produktion EUR/a	15.000	Einspeisetarif
<b>Einsparung Kosten Strom</b>	<b>11.900,00</b>	<b>Einsparung EUR/a</b>		
<b>Ausgaben Strom</b>	<b>-750,00</b>		-15.000	
<b>Spezifische Kennwerte</b>				
Erträge aus Solarthermie	1,74	kWh/m <sup>2</sup> a BGF	9.000	Simulation
Erträge aus PV	9,64	kWh/m <sup>2</sup> a BGF	50.000	Simulation
Strombedarf	6,75	kWh/m <sup>2</sup> a BGF	35.000	Simulation
Heizwärmebedarf klimabereinigt	23,91	kWh/m <sup>2</sup> a BGF	124.000	Simulation

Heizenergie klimabereinigt (HEB, WW)	25,65	kWh/m <sup>2</sup> a BGF	133.000	
Heizwärmebedarf klimabereinigt	5,63	kWh/m <sup>3</sup> a		

<b>Energiekosteneinsparung nach Sanierung</b>	<b>50.530,00 EUR/a</b>
Energiekosten nach Sanierung	7.930,00 EUR/a
Gutschrift	750,00 EUR/a
Energiekosten vor Sanierung	59.210,00 EUR/a
Externe Kosten pro Jahr für CO <sub>2</sub> vor Sanierung	4.318,22 EUR/a
Externe Kosten pro Jahr für CO <sub>2</sub> nach Sanierung (Gutschrift)	-184,39 EUR/a
Jährliche Einsparung an externen Kosten für CO <sub>2</sub>	4.502,61 EUR/a

Vor Sanierung (Angaben MA34, Endenergie) (Mittelwerte von 4 Jahren, 2006-2009, klimabereinigt)								Externe Kosten
Energieverbrauch und Kosten	MWh/a	kWh/a	EUR gesamt	EUR/kWh	kWh EE	kWh/a PE	t CO2/a	EUR Kosten CO2/a
Fernwärme	624,00	624.000,00	43.680,00	0,07	624.000,00	229.632,00	18,22	1.275,46
Gas	60,50	60.500,00	3.630,00	0,06	60.500,00	70.785,00	14,28	999,46
Strom	70,00	70.000,00	11.900,00	0,17	70.000,00	183.400,00	29,19	2.043,30
(Wärme: Heizung und Warmwasser)			<b>59.210,00</b>		<b>754.500,00</b>	<b>483.817,00</b>	<b>61,69</b>	<b>4.318,22</b>
Energiekennwerte					kWhEE/m2a	kWhPE/m2a	kgCO2/m2a	EUR CO2/m2a
Strom	14,00	kWh/m²a EBF	(Angabe MA 34)		14,00	36,68	5,84	0,41
Heizenergiebedarf klimabereinigt (EE Wärme)	125,00	kWh/m²a EBF	(entspricht FW, lt. MA 34)		125,00	46,00	3,65	0,26
Heizenergie klimabereinigt (HEB, WW)	141,00	kWh/m²a EBF	(Angabe MA 34)		141,00	63,20	7,03	0,49
Heizenergie simuliert, klimabereinigt (EE Wärme)	677,00	MWh/a	(Berechnung AIT)					
Heizwärmebedarf klimabereinigt	125,00	kWh/m²a EBF	(entspricht FW, lt. MA 34)					
Heizwärmebedarf simuliert, klimabereinigt	124,00	kWh/m2a BGF	(Berechnung AIT)					
Heizwärmebedarf klimabereinigt	120,32	kWh/m2a BGF	(entspricht FW, lt. MA 34)					
Heizwärmebedarf klimabereinigt	28,32	kWh/m3a	(entspricht FW, lt. MA 34)					
Nach Sanierung								Externe Kosten
Energiebedarf und Erträge	MWh/a	kWh/a	EUR gesamt	EUR/kWh	kWh EE	kWh/a PE	t CO2/a	EUR Kosten CO2/a
<b>Heizwärme (Simulation AIT, Nutzenergie) in Summe 124 MWh/a klimabereinigt</b>								
Fernwärme (Jahresnutzungsgrad=1)	124,00	124.000,00	8.680,00	0,07	124.000,00	45.632,00	3,62	253,46
Gas	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Solarwärme (ersetzt Gas)	9,00	9.000,00	0,00	0,00	9.000,00	0,00	0,00	0,00
Heizenergie klimabereinigt (HEB, WW)		133.000,00						
<b>Strom (Simulation AIT)</b>								
Strombezug aus Netz	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00
Stromertrag gesamt aus PV	50,00	50.000,00	0,00	0,00				
Eigenverbrauch gesamt aus PV	35,00	35.000,00	0,00	0,00	35.000,00	0,00	0,00	0,00
Strom aus PV ans Netz	15,00	15.000,00	-750,00	0,05	-15.000,00	-39.300,00	-6,26	-437,85
<b>ERGEBNIS NACH SANIERUNG</b>			<b>7.930,00</b>		<b>153.000,00</b>	<b>6.332,00</b>	<b>-2,63</b>	<b>-184,39</b>

Abbildung 54: Energie-, CO<sub>2</sub>- und Energiekostenbilanz (jährlich)

### 3.2.2.2 Bewertung der Lebenszykluskosten

Grundlage der Ermittlung der Lebenszykluskosten von Sanierungsvarianten waren die Simulationsergebnisse von AIT und die Maßnahmenkombinationen, mit denen diese simulierten Energiebedarfswerte erreicht werden sollten. Die Energiepreise stammen von Informationen der MA34.

Ursprünglich war geplant, 3 unterschiedliche Sanierungskonzepte zu bewerten: alle Konzepte sollten Plusenergie-Standards erreichen, sich aber hinsichtlich Innovationsgrad unterscheiden. Während des Projekts stellte sich jedoch heraus, dass bereits das erste Konzept, das unter den drei Konzepten als das konventionelle Konzept eingeordnet war, so hohe Lebenszykluskosten aufwies, dass ambitioniertere Konzepte mit höheren Kosten keine Chance auf Realisierung haben würden. Aus diesem Grund wurde auf die detaillierte Bewertung dieser Konzepte verzichtet. Stattdessen wurden verschiedene Varianten des ersten Konzepts bewertet.

Die folgende Abbildung zeigt die Maßnahmen und Kosten der drei Varianten, die untersucht wurden. Alle drei Varianten beruhen auf den oben genannten Energieproduktions- und -bedarfswerten nach Sanierung und unterscheiden sich in folgenden Aspekten:

**Variante 1:** Es werden 20 cm Wärmedämmverbundsystem angebracht und alle Fenster ausgetauscht. In Kombination mit dem Fenstertausch erfolgt der Einbau von dezentralen Lüftungssystemen in allen Klassenräumen, die als hybride Lüftung betrieben werden. Anlässlich der umfassenden Sanierung werden auch Maßnahmen zur Neugestaltung des Innenraums durchgeführt. Für die Lüftungssysteme und das Wärmedämmverbundsystem werden die vollen Kosten angesetzt.

**Variante 2:** Es werden 20 cm Wärmedämmverbundsystem angebracht und alle Fenster ausgetauscht. In Kombination mit dem Fenstertausch erfolgt der Einbau von dezentralen Lüftungssystemen in allen Klassenräumen, die als hybride Lüftung betrieben werden. Anlässlich der umfassenden Sanierung werden auch Maßnahmen zur Neugestaltung des Innenraums durchgeführt. Für die Lüftungssysteme werden die vollen Kosten angesetzt. Für das Wärmedämmverbundsystem werden die „Sowieso-Kosten“ abgezogen, also die Hälfte der vollen Kosten angesetzt.

**Variante 3:** Es werden 20 cm Wärmedämmverbundsystem angebracht und 1/3 der Fenster ausgetauscht (nur die ältesten im Bestand). Alle Maßnahmen, die für die kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung erforderlich sind und in Zusammenhang mit einer Neugestaltung des Innenraums stehen, werden nicht realisiert. Für das Wärmedämmverbundsystem werden die „Sowieso-Kosten“ abgezogen, also die Hälfte der vollen Kosten angesetzt. Für alle drei Varianten werden die Berechnungen mit und ohne Berücksichtigung von CO<sub>2</sub>-Kosten durchgeführt. Den drei Varianten liegt keine Planung zugrunde, es handelt sich demnach um Angaben mit einer entsprechend hohen Unsicherheitsbandbreite. Die maßgeblichen Unterschiede auf die hingewiesen werden soll, kommen jedoch deutlich zum Ausdruck: die Art der Berücksichtigung von Lüftung und Sowieso-Kosten.

**Tabelle 32: Maßnahmen und Kosten der drei untersuchten Varianten**

						Variante 1	Variante 2	Variante 3
Baugliederung 2. Ebene und 3. Ebene	Maßnahmen SchulRen+ Konzept	Einheit	Menge	EUR / Einheit	EUR gesamt netto	EUR gesamt netto	EUR gesamt netto	
1D	Abbruch, Rückbau	Materialentsorgung	m2 BGF	5.186	5	25.930	25.930	8.643
3C.01	Wärmeerzeugungsanlagen	Solarthermie (Kantine, Turnhalle)	m2 Modul	30	500	15.000	15.000	15.000
3C.02	Wärmeverteilnetze	Pumpentausch (60-80% Stromersparung)	Stück	10	550	5.500	5.500	5.500
		Hydraulischer Abgleich		1	7.500	7.500	7.500	7.500
		Thermostatventile	Stück	200	60	12.000	12.000	12.000
3D.01	Lüftungsanlagen	<b>Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung (25 dezentrale Geräte), Nachtkühlung</b>	Stück	25	5.000	125.000	125.000	0
		<b>Luftgüteampel</b>	Stück	25	300	7.500	7.500	0
3F.02	Eigenstromversorgung	Photovoltaik (Dach)	m2 Modul	400	300	120.000	120.000	120.000
3F.05	Beleuchtungsanlagen	Lampentausch	m2 BGF	5.186	16	82.976	82.976	82.976
3G.01	Telekommunikationsanlagen	User-Feedback	m2 BGF	5.186	2	10.372	10.372	10.372
3H.01	Mess-, Steuer-, Regel- und Leitanlagen	Regelungstechnik für vorhandene Heizkreise	pro Heizkreis	4	2.000	8.000	8.000	8.000
		Verbrauchs- und Produktionsmonitoring		1	15.000	15.000	15.000	15.000
4C.01	Fassadenverkleidungen	<b>Wärmedämmung Außenwand</b>	m2 AW	3.980	100	398.000	199.000	199.000
4C.02	Fassadenöffnungen	<b>Fenstertausch komplett oder teilweise, Holz-Alu</b>	m2 FÖ	687	450	309.150	309.150	103.050
4D.03	Deckenverkleidungen	Wärmedämmung oberste Geschoßdecke	m2 OG	1.248	30	37.440	37.440	37.440
		Wärmedämmung Kellerdecke	m2 KD	1.248	25	31.200	31.200	31.200
4D.07	Spezielle Innenausbauerteile	<b>Gänge, Treppen abtrennen, nicht heizen</b>	m2 IWF	500	86	43.000	43.000	0
		<b>Innenraumgestaltung /neue Pädagogik: Möblierung flexibel, Trennwände</b>	m2 IWF	500	86	43.000	43.000	0
7C	Planungsleistung							
	Energie	<b>Gesamtenergiekonzept</b>	Projekt	1	5.000	5.000	5.000	0
	Architektur	<b>Clusterbildung Klasse / Gang Brandschutz</b>	Projekt	1	5.000	5.000	5.000	0
		räumlich zusammenrücken, bei Teilbelegung weniger Räume bzw. nur einen Bereich nutzen				0	0	0
		Sonderbereiche Ganztagschule, Bibliothek, etc. evtl auf DG auslagern				0	0	0
		Nord/Süd Luftaustausch				0	0	0
						1.306.568	1.107.568	655.681
				20%MwSt.		261.314	221.514	131.136
						1.567.882	1.329.082	786.818



**Tabelle 33: Investitionskostenschätzung für 3 Varianten**

Ablauf	Anmerkung	Modulare Maßnahmen	Energie-	Energie-	Energie-	Einsparung	Investitionskostenschätzung				
			einsparung	einsparung	produktion	Energie-	Variante 1	Variante 2	Variante 3		
			% des Bestands	kWh/a	kWh/a	EUR/a	EUR	EUR	EUR		
0	Gesamtenergiekonzept (Machbarkeit)	Gesamtkonzept, vereinfachte Lebenszykluskostenbewertung, Erarbeitung von Grundlagen für die Ausschreibung	Voraussetzung für die Realisierung von Energieeinsparung und -produktion und für ein zeitgemäßes Lernumfeld				5000	5000	0		
0	Architekturplanung (Machbarkeit)		5000	5000	0						
1	Reduktion des HWB	Dämmung Außenwand	38%	327.000		22.890	398.000	199.000	199.000		
1		Dämmung der obersten Geschossdecke	6%				37.440	37.440	37.440		
1		Kellerdecke dämmen/Nutzung abkoppeln	4%				31.200	31.200	31.200		
2		Fenstertausch	30%				204.000	14.280	309.150	309.150	103.050
3		Gänge und Treppen abtrennen, nicht heizen							43.000	43.000	0
flexibel	Zeitgemäße Ausstattung für	Innenraumgestaltung /neue Pädagogik: Möblierung flexibel, Trennwände					43.000	43.000	0		
flexibel	Gesundheit und	Luftgüteampeln für Klassenzimmer					7.500	7.500	0		
2	Lernerfolg	Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung					125.000	125.000	0		
4	Reduktion des Endenergiebedarfs Wärme	Hydraulischer Abgleich	4%	22.000		1.540	7.500	7.500	7.500		
4		Nachrüstung Thermostatventile					12.000	12.000	12.000		
4		Intelligente Regelungstechnik für vorhandene Heizkreise					8.000	8.000	8.000		
4	Reduktion des Strombedarfs	Effiziente Pumpen (Tausch)	52%	36.330		6.176	5.500	5.500	5.500		
flexibel		Effiziente Beleuchtung (Tausch)					82.976	82.976	82.976		
flexibel		Effiziente Geräte (zB Smart Board)									
5	Qualitätskontrolle Betrieb	Verbrauchs- und Produktionsmonitoring	Voraussetzung für die Realisierung der berechneten Energieeinsparungen				15.000	15.000	15.000		
5	Nutzerverhalten Betrieb	User-Feedback					10.372	10.372	10.372		
4	Wärmeproduktion	Solarthermische Anlage <sup>1)</sup>			9.000	3.630	15.000	15.000	15.000		
flexibel	Stromproduktion	Photovoltaik-Anlage <sup>2)</sup>			50.000	750	120.000	120.000	120.000		
	Entsorgungskosten	Fenster, etc.					25.930	25.930	8.643		
Gesamt			Wärme	553.000		42.340					
			Strom	36.330		6.926					
Gesamt			Wärme	589.330	59.000	49.266	1.306.568	1.107.568	655.681		
			Strom				261.314	221.514	131.136	20% MwSt.	
							1.567.882	1.329.082	786.818	EUR gesamt	

1) ersetzt Gas für Warmwasser

2) Eigenverbrauch, Rest wird eingespeist

**Tabelle 34: Übersicht zu Kosten, Energieeinsparung und Nutzen-Abschätzung pro Maßnahme (Variante 2, mit Berücksichtigung von CO<sub>2</sub>)**

Modulare Maßnahmen Variante 2 (mit Berücksichtigung von CO <sub>2</sub> )	Energieeinsparung/-produktion	Investitionskosten	Jährliche Gesamtkosten	Investitionskosten/a	Wartungskosten/a	Energiekosten	Entsorgungskosten/a	Lebensdauer	Wartung + Instandhaltung (Stadt Frankfurt)	Kosten pro eingesparte/produzierte kWh	Lernerfolg / Gesundheit
	kWh/a	EUR	(Investition u. Wartung)EUR/a	EUR/a	EUR/a	EUR/a	EUR/a	Jahre	% pro Jahr		
Gesamtenergiekonzept (Machbarkeit)		5.000	200	200	0		0	25	0,00%		
Architekturplanung (Machbarkeit)		5.000	200	200	0		0	25	0,00%		
Dämmung Außenwand	327.000	199.000	9.950	7.960	1.990		955	25	1,00%	0,04	
Dämmung der obersten Geschossdecke		37.440	1.872	1.498	374		0	25	1,00%		
Kellerdecke dämmen/Nutzung abkoppeln		31.200	1.560	1.248	312		0	25	1,00%		
Fenstertausch	204.000	309.150	17.003	12.366	4.637		607	25	1,50%	0,09	
Gänge und Treppen abtrennen, nicht heizen		43.000	2.150	1.720	430		0	25	1,00%		
Innenraumgestaltung /neue Pädagogik: Möblierung flexibel, Trennwände		43.000	2.150	1.720	430		0	25	1,00%		A
Luftgüteampeln für Klassenzimmer		7.500	575	500	75		0	15	1,00%		A
Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung		125.000	12.708	8.333	4.375		0	15	3,50%		A
Hydraulischer Abgleich	22.000	7.500	575	500	75		0	15	1,00%	0,09	
Nachrüstung Thermostatventile		12.000	1.160	800	360		0	15	3,00%		
Intelligente Regelungstechnik für vorhandene Heizkreise		8.000	773	533	240		0	15	3,00%		
Effiziente Pumpen (Tausch)	36.330	5.500	449	367	83		0	15	1,50%	0,20	
Effiziente Beleuchtung (Tausch)		82.976	6.776	5.532	1.245		0	15	1,50%		
Effiziente Geräte (zB Smart Board)											
Verbrauchs- und Produktionsmonitoring		15.000	1.225	1.000	225		0	15	1,50%		
User-Feedback		10.372	847	691	156		0	15	1,50%		
Solarthermische Anlage1)	9.000	15.000	825	600	225		0	25	1,50%	0,09	
Photovoltaik-Anlage2)	50.000	120.000	6.600	4.800	1.800		0	25	1,50%	0,13	
Entsorgungskosten		25.930	1.037	1.037	0		0	25	0,00%		
Energiekosten			7.930	0	0	7.930	0				
CO2-Kosten						-184					
Wärme	553.000										
Wärme und Strom	589.330										
	Gesamt	1.107.568	76.567	51.605	17.031		1.562				
1) ersetzt Gas für Warmwasser	20%MwSt	221.514	15.313	10.321	3.406		312				
2) Eigenverbrauch, Rest wird eingespeist	Ergebnis EUR	1.329.082	91.880	61.926	20.438	7.746	1.875				

3,0%	Hypothekarzinzsatz
1,5%	Inflation

Verbrauchsgeb.	Betriebsgeb.						
DELTA Einzahlungen [€]	DELTA Auszahlungen [€]	Cashflow [€]	Barwert [€]	Kapitalwert [€]	Annuitätenfaktor [€]	Annuität [€]	Jahre [€]
	1.329.081,60	1.329.081,60	- 1.329.081,60	- 1.329.081,60	1,00		
61.575	20.587	40.988	39.794	- 1.289.287	1,030	- 1.327.966,080	1
63.730	20.896	42.834	40.375	- 1.248.912	0,523	- 652.694,965	2
65.961	21.209	44.751	40.954	- 1.207.958	0,354	- 427.049,890	3
68.269	21.527	46.742	41.530	- 1.166.429	0,269	- 313.800,843	4
70.659	21.850	48.808	42.103	- 1.124.326	0,218	- 245.501,736	5
73.132	22.178	50.954	42.673	- 1.081.653	0,185	- 199.670,469	6
75.691	22.511	53.181	43.241	- 1.038.412	0,161	- 166.671,795	7
78.340	22.848	55.492	43.806	- 994.606	0,142	- 141.688,039	8
81.082	23.191	57.891	44.369	- 950.238	0,128	- 122.042,670	9
83.920	23.539	60.381	44.929	- 905.308	0,117	- 106.129,729	10
86.857	23.892	62.965	45.488	- 859.821	0,108	- 92.927,206	11
89.897	24.250	65.647	46.044	- 813.777	0,100	- 81.753,728	12
93.044	24.614	68.430	46.597	- 767.180	0,094	- 72.137,547	13
96.300	24.983	71.317	47.149	- 720.031	0,089	- 63.741,671	14
99.671	25.358	74.313	47.699	- 672.332	0,084	- 56.318,951	15
103.159	25.738	77.421	48.246	- 624.086	0,080	- 49.684,000	16
106.770	26.124	80.645	48.792	- 575.294	0,076	- 43.695,031	17
110.507	26.516	83.991	49.336	- 525.958	0,073	- 38.241,746	18
114.375	26.914	87.461	49.878	- 476.081	0,070	- 33.237,050	19
118.378	27.318	91.060	50.418	- 425.663	0,067	- 28.611,249	20
122.521	27.728	94.793	50.956	- 374.707	0,065	- 24.307,909	21
126.809	28.143	98.666	51.493	- 323.214	0,063	- 20.280,843	22
131.248	28.566	102.682	52.028	- 271.186	0,061	- 16.491,881	23
135.841	28.994	106.847	52.562	- 218.624	0,059	- 12.909,203	24
140.596	29.429	111.167	53.094	- 165.531	0,057	- 9.506,068	25
145.516	29.870	115.646	53.624	- 111.906	0,056	- 6.259,837	26
150.610	30.318	120.291	54.154	- 57.752	0,055	- 3.151,215	27
155.881	30.773	125.108	54.682	- 3.071	0,053	- 163,653	28
161.337	31.235	130.102	55.208	52.137	0,052	2.717,126	0
166.983	31.703	135.280	55.734	107.871	0,051	5.503,501	0
172.828	32.179	140.649	56.258	164.129	0,050	8.206,265	0
178.877	32.662	146.215	56.781	220.910	0,049	10.834,869	0
185.138	33.152	151.986	57.303	278.212	0,048	13.397,627	0
191.617	33.649	157.969	57.824	336.036	0,047	15.901,879	0
198.324	34.154	164.170	58.343	394.379	0,047	18.354,136	0
205.265	34.666	170.599	58.862	453.242	0,046	20.760,190	0
212.450	35.186	177.264	59.380	512.622	0,045	23.125,213	0
219.885	35.714	184.172	59.897	572.520	0,044	25.453,839	0
227.581	36.249	191.332	60.414	632.933	0,044	27.750,232	0
235.547	36.793	198.754	60.929	693.863	0,043	30.018,143	0

Abbildung 55: Barwertberechnung, Berechnung der energetischen Amortisationszeit (dynamische Berechnung) von Variante 2 (mit Berücksichtigung von CO2)

**Tabelle 35: Ausgangsdaten für die Berechnungen: Jährlicher Energieverbrauch, Energie- und CO<sub>2</sub>-Kosten**

<b>Energieverbrauch vor Sanierung</b>	<b>kWh/a</b>	<b>EUR gesamt</b>	<b>EUR/kWh</b>
Fernwärme (Raumwärme) (Simulation AIT)	677.000,00	47.390,00	0,07
Gas (Warmwasser) (Angabe MA34)	60.500,00	3.630,00	0,06
Strom (Angabe MA 34)	70.000,00	11.900,00	0,17
CO <sub>2</sub> -Kosten		4.318,22	
<b>Energieproduktion und Energiebedarf nach Sanierung</b>			
Solarthermie (Wärme, Eigenverbrauch)	9.000,00	0,00	0,06
Photovoltaik (elektrische Energie, Eigenverbrauch)	35.000,00	0,00	0,17
Photovoltaik (elektrische Energie, Einspeisung)	15.000,00	-750,00	0,05
Fernwärmeverbrauch	124.000,00 <sup>27</sup>	8.680,00	0,07
CO <sub>2</sub> -Kosten (Gutschrift)		-184,39	

Die in Tabelle 33 dargestellten Maßnahmen und prozentuellen Einsparungen sind nur in Kombination gültig. Bei separater Umsetzung von Maßnahmen stellen sich die Einsparpotenziale anders dar. Eine isolierte Betrachtung wurde vor dem Hintergrund des Ziels, Plusenergie-Niveau zu erreichen, nicht durchgeführt.

Tabelle 34 und Tabelle 35 zeigen eine detaillierte Darstellung von Kosten und Erträgen, die Eingang in die Barwertberechnung und in die Ermittlung der energetischen Amortisationszeit finden. Tabelle 34 weist auch nicht-quantifizierbare Nutzen in Form einer einfachen ABC-Bewertung aus (A=sehr gut, B=mittel, C=schlecht).

Die Barwertberechnung und dynamische Berechnung der Amortisationszeit ist in Abbildung 55 dargestellt: Die Einzahlungen setzen sich aus der Differenz der Energiekosten vor und nach der Sanierung und der Differenz der CO<sub>2</sub>-Kosten vor und nach der Sanierung zusammen (bei Varianten mit Berücksichtigung von CO<sub>2</sub>) zusammen. Die Auszahlungen stellen die jährlichen Wartungs- und Instandhaltungskosten dar, die durch die Investitionen verursacht werden. Die Entsorgungskosten wurden in dieser Darstellung wegen des geringen Anteils nicht berücksichtigt.

Für die Berechnung der energetischen Amortisationszeit wurden folgende Parameter zugrunde gelegt:

Energiepreissteigerung % 3,50  
 Inflation % 1,50  
 Hypothekarzinsatz % 3,00

Die Eingangsparameter in die Barwertberechnung sind für alle Varianten im Anhang enthalten.

Zusätzlich wurde der Annuitätsfaktor für die Laufzeit eines Kredits zur Deckung der Investitionen von 25 Jahren ermittelt und die daraus resultierenden jährlichen Belastungen

---

<sup>27</sup>Wird ohne kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung erreicht

für die Kreditrückzahlung ermittelt (vergl. die folgende Tabelle). Die Kreditlaufzeit wurde entsprechend den Nutzungsdauern mit 25 Jahren angenommen.

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Berechnungen für alle untersuchten Varianten.

**Tabelle 36: Ergebnisse der Lebenszykluskosten-Analyse im Vergleich**

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
	Inkl. Sowieso-Kosten Wärmedämmung; inkl. Lüftung u. Innenraum- gestaltung	Sowieso- KostenWärmedämmu ng abgezogen; inkl. Lüftung und Innenraumgestaltung	Sowieso-Kosten Wärmedämmung abgezogen; ohne Lüftung und Innenraumgestaltung
Investitionskosten EUR	1.567.882	1.329.082	786.818
Energetische Amortisationszeit (Jahre)			
ohne CO <sub>2</sub> -Kosten und CO <sub>2</sub> -Gutschrift	36	30	16
mit CO <sub>2</sub> -Kosten und CO <sub>2</sub> -Gutschrift	33	28	14
Zinssatz	3,00%	3,00%	3,00%
Kreditlaufzeit	25	25	25
Annuitätsfaktor	0,057	0,057	0,057
Jährliche Rückzahlung EUR	90.040	76.326	45.185

Es ist bekannt, dass die Ergebnisse von Barwertberechnungen in erster Linie vom angenommenen Diskontierungszinssatz und den angenommenen Energiepreisteigerungen abhängen.

Bei den vorliegenden Berechnungen wurden zusätzlich Unterschiede hinsichtlich der Berücksichtigung von Sowieso-Kosten und Kosten für die Lüftungsanlage heraus gearbeitet.

Die Analysen zeigen, dass die kritischen Faktoren „Sowieso-Kosten“ und „Lüftungsanlage“ das Ergebnis stark beeinflussen. Weiters wird deutlich, dass sich die Anrechnung von CO<sub>2</sub>-Kosten und CO<sub>2</sub>-Gutschriften auf das Ergebnis auswirkt.

### **3.2.3 Leitbild „Zukunftsfähige Schulsanierung: 7 Schritte zum Plusenergie-Gebäude“**

Die im Projekt erarbeiteten Ergebnisse, die wesentlichen Sanierungsmaßnahmen und deren Bewertung, wurden in Form einer Powerpoint-Präsentation zusammengefasst und eingeladenen Stakeholdern während des Projektabschlussworkshops präsentiert und zur weiteren Verwendung zur Verfügung gestellt. Nachfolgend die prägnante Zusammenfassung des „Leitbild zukunftsfähige Schulsanierung“ mit den wesentlichen Projektergebnissen, eine grafische Aufbereitung des Leitbilds ist Anhang 4 zu entnehmen.

Aufbauend auf den Projektergebnissen und in Anlehnung an die *Stuttgarter Leitlinien für die energieeffiziente Schulsanierung*<sup>28</sup> wird das folgende Leitbild vorgeschlagen.

### 1. Die zukunftsfähige Schulsanierung ist nachhaltig.

Eine nachhaltige Schulsanierung nutzt die Instandsetzungszyklen für die substantielle Verbesserung des energetischen Standards und die Adaptierung hinsichtlich neuer pädagogischer Anforderungen.

Die Instandsetzungspläne der Schulen werden mit dem optimalen Ablauf einer umfassenden energetischen Sanierung synchronisiert, um die Wirksamkeit der anfallenden „Sowieso“-Kosten zu maximieren.

### 2. Die zukunftsfähige Schulsanierung ist umfassend.

Die besten Effekte werden erreicht, wenn die in der folgenden Tabelle aufgelisteten Maßnahmen in einem Vorhaben durchgeführt werden. Aus Kostengründen wird das oft nicht möglich sein. Aus diesem Grund können die Maßnahmen auch in Paketen (siehe Tabelle) durchgeführt werden. notwendige Anbindungsmöglichkeiten werden rechtzeitig eingeplant.

**Tabelle 37: Module einer umfassenden energetischen, zukunftsfähigen Sanierung**

Ablauf	Anmerkung	Modulare Maßnahmen	Energieeinsparung (% des Bestands1)
1	Reduktion Heizwärmebedarfs	Dämmung Außenwand	38%
1		Dämmung der obersten Geschossdecke	6%
1		Kellerdecke dämmen/Nutzung abkoppeln	4%
2		Fenstertausch (teilweise)	30%
flexibel	Zeitgemäße Ausstattung	Innenraumgestaltung /neue Pädagogik: Trennwände, ...	Zeitgemäße Ausstattung für Gesundheit und Lernerfolg
1/2	Gesundheit Lernerfolg	Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung	
4	Reduktion Endenergie-Bedarfs Wärme	Hydraulischer Abgleich, Nachrüstung Thermostatventile	4%
4		Intelligente Regelungstechnik für vorhandenen Heizkreis	
4	Reduktion Strombedarfs	Effiziente Pumpen (Tausch, Regelung)	52%
flexibel		Effiziente Beleuchtung (Tausch, Regelung)	
flexibel	Qualitätskontrolle Betrieb	Verbrauchs- und Produktionsmonitoring	Notwendig, damit berechn. Einsparung praktisch erreicht wird
flexibel	NutzerInnen-Verhalten Betrieb	User-Feedback	
4	Wärmeproduktion	Solarthermische Anlage	Energieproduktion
flexibel	Stromproduktion	Photovoltaik-Anlage	

1) Anmerkung: % Einsparung: projektspezifische beispielhafte Werte

<sup>28</sup>[http://www.zukunftsraum-schule.de/pdf/kongress/energie/Stuttgarter\\_Leitlinien\\_fuer\\_die\\_energetische\\_Schulsanierung\\_Update.pdf](http://www.zukunftsraum-schule.de/pdf/kongress/energie/Stuttgarter_Leitlinien_fuer_die_energetische_Schulsanierung_Update.pdf)[08.09.2011]

**3. Die zukunftsfähige Schulsanierung benötigt eine Budgetplanung für mehr Energieeffizienz und erneuerbare Energie.**

Energieeffizienzmaßnahmen werden auf der Basis von Lebenszykluskosten und nicht auf der Basis von reinen Investitionskosten in die Budgetplanung aufgenommen.

**4. Die zukunftsfähige Schulsanierung benötigt neue Finanzierungskonzepte für Investitionen in zeitgemäße Ausstattung für Gesundheit und Lernerfolg, Energieeffizienz und erneuerbare Energietechnologien.**

Finanzierungskonzepte werden modifiziert: PPP-Projekte werden auf Energieeffizienz ausgerichtet (Akzeptanz längerer Amortisationszeiten und Vertragslaufzeiten, Vorzüge für Energieeffizienz-Anbieter bei Vergaben). Es werden Budgetmittel für eine zeitgemäße Ausstattung für Gesundheit und Lernerfolg vorgesehen.

**5. Die zukunftsfähige Schulsanierung reduziert Folgekosten.**

Es werden robuste und einfach bedienbare Technologien und Produkte eingesetzt.

**6. Die zukunftsfähige Schulsanierung aktiviert die nachhaltige Nutzung der Schule.**

DirektorInnen, HausmeisterInnen, LehrerInnen und SchülerInnen werden involviert. „Menschliche“ Umsetzungspotentiale werden aktiviert: Verantwortliche werden an der Energiekosteneinsparung beteiligt. Erfolgreiche Objekte werden auf der Schul- und Stadthomepage hervorgehoben.

**7. Die zukunftsfähige Schulsanierung involviert die SchülerInnen.**

Bei der Sanierungsumsetzung wird ein Energie-Lehrpfad realisiert. Die Themen Energieeffizienz, erneuerbare Energietechnologien, Gesundheit und Behaglichkeit werden in den Unterricht eingebunden.

## 4 Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms

### 4.1 Einpassung in das Programm

Die Richtung der Forschung in Punkto Neubau und Sanierung – wie sich auch in der Ausrichtung des HdZplus-Programms widerspiegelt – geht klar in Richtung Plus-Energie bzw. Building to Grid Konzepte. Ziel ist demzufolge eine maximale Effizienzerhöhung gekoppelt mit einem hohen Anteil an erneuerbaren Energien und einem hohen Maß an elektrischen und / oder thermischen Verschiebepotential zu gewährleisten. Das Projekt dieser technischen Durchführbarkeitsstudie für eine Plus-Energie-Sanierung für ein reales Schulgebäude orientiert sich an den Anforderungen der Ausschreibung ‚*Schlüsseltechnologien und Konzepte für Gebäude der Zukunft / Demonstrationsgebäude in Bereichen mit hoher Signal- und Multiplikationswirkung*‘ zu erstellen. Im Falle einer tatsächlichen Umsetzung hätte dieses Sanierungsprojekt eine sehr hohe Signalwirkung, die weit über die Stadt Wien hinausreicht, Da es sich bei Schulgebäuden um Gebäude handelt, die von einer hohen Anzahl an Personen – Schülern, Lehrern, Eltern – besucht wird. Darüber hinaus zielt das Projekt auf eine hohe Replizierbarkeit und Anwendbarkeit auch auf andere Schulgebäudetypen ab, wodurch sich auch eine hohe Multiplikationswirkung erzielen lässt.

### 4.2 Beitrag zum Gesamtziel des Programms

Das Projekt trägt vor allem durch die im Folgenden dargestellten Punkte wesentlich zum Gesamtziel des Programms bei:

- 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

In Österreich fallen rund 27,9% des energetischen Endverbrauchs auf Raumheizung, Klimaanlage und Warmwasser<sup>29</sup>. Dies sind Bereiche, in denen durch effiziente Gebäudesanierungen hohe Einsparungspotentiale gegeben sind. Das Sanierungspotential am österreichischen Gebäudebestand ist dabei relativ hoch: Als Sanierungsfähig kann man alle Gebäude verstehen, die vor 1980 erbaut wurden, zuzüglich eines Anteils der Gebäude, die zwischen 1980 und 1990 errichtet wurden.<sup>30</sup> Alleine von Schulbauten im Verwaltungsbereich der Stadt Wien (Volks- und Hauptschulen) sind dies rund 70% aller Wiener Schulen. Durch die hohe Signalwirkung von Schulbauten eignet sich vor allem dieser Gebäudetyp für ein Demonstrationsprojekt im Bereich der PlusEnergie Sanierung. Die in diesem Projekt erarbeiteten ganzheitlichen Sanierungskonzepte sollen dabei eine wesentliche Grundlage für zukünftige PlusEnergie Projekte im Bereich der Sanierung

---

<sup>29</sup> Statistik Austria, Energiestatistik: Energiebilanzen Österreich 1970 bis 2007

<sup>30</sup> Gesamtwirtschaftliche Effekte der Umsetzung der EU Ziele im Bereich Erneuerbare Energien und Gebäudeeffizienz in Österreich bis 2020, Studie im Auftrag des Lebensministeriums, U. Lehr, I. Wolter, A. Großmann, C. Lutz, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH, Osnabrück, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Seite 18



schaffen. Die Konzepte weisen dabei einen hohen Innovationsgrad auf bei gleichzeitiger Beachtung einer realistischen Umsetzbarkeit.

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

Auch wenn zum Zeitpunkt des Projektabschlusses kein konkretes Bauvorhaben initiiert werden konnte, wäre eine konkrete Umsetzung der Erarbeiteten Sanierungskonzepte in einem Demonstrationsprojekt auch in nicht unmittelbarer Zukunft wünschenswert. Die technische Durchführbarkeitsstudie bietet dabei den relevanten Entscheidungsträgern (im Falle dieser Schule: Stadt Wien) durch die Darstellung der relevanten Daten (Sanierungspotentiale, Raumprogramm, Risiken, Kosten, Energiedaten etc.) eine fundierte Entscheidungsgrundlage für eine mögliche Umsetzung. Die Umsetzung einer bis dato in Österreich einzigartigen PlusEnergie Sanierung eines Schulgebäudes würde zudem eine hohe Sichtbarkeit erzeugen.

### **4.3 Einbeziehung der Zielgruppen und Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse im Projekt**

Ein wesentlicher Aspekt des Projekts war die unmittelbare Zusammenarbeit und Einbindung der relevanten Entscheidungsträger. Damit werden nicht nur die Projektergebnisse an die richtigen Stellen disseminiert, sondern es sollten auch die Weichen für eine mögliche zukünftige Umsetzung derartiger Sanierungskonzepte gelegt werden.

Das Projektteam selbst bestand dabei aus Planern, Energie- und Lebenszykluskostenexperten die in einem solcherart interdisziplinären Team die Vernetzung und den Wissenstransfer sowie die Dissemination der Ergebnisse über den Fachbereich hinaus gewährleisten sollen. Eine weitere relevante Zielgruppe waren die Experten, die sich in abgeschlossenen oder laufenden Forschungsprojekten mit dem Thema energetische (Schul)-Sanierung auseinandersetzen (Projektpartner aus den Projekten ‚Baustelle Schule‘ und ‚Gründerzeit mit Zukunft‘ sowie das Österreichische Institut für Schul- und Sportstättenbau).

Die beiden Magistrate der Stadt Wien welche für die Instandhaltung und Modernisierung der Wiener Schulen (MA56) und für das Bau- und Gebäudemanagement (MA 34) verantwortlich zeichnen wurden bereits im Rahmen der Erstellung des Projektantrags einbezogen um die Bedürfnisse und Anforderungen in der Projekterstellung zu definieren. Die Mitarbeit von Experten dieser beiden Magistrate bei internen Projektworkshops während der Projektlaufzeit war dabei ein unabdingbarer Bestandteil des Projekts da dadurch wesentliche Erkenntnisse, vor allem auch im Bereich der Barrieren und Treiber in Bezug auf eine mögliche Umsetzung der Sanierungskonzepte gewonnen werden konnten.

#### **4.4 Beschreibung der Umsetzungs-Potenziale (Marktpotenzial, Verbreitungs- bzw. Realisierungspotenzial) für die Projektergebnisse**

Zielmarkt des Projekts ist einerseits die am Bauprozess von Schulsanierungen beteiligten Planern und andererseits die Entscheidungsträger im Bereich öffentlicher Bauten (Bund, Gemeinden). Die Darstellung von umsetzbaren Konzepten und Kosten anhand eines konkreten Beispiels sollen dazu führen dass für ähnliche Gebäudetypen eine Erst-Prüfung eines möglichen Sanierungsfalles durchgeführt werden kann und Entscheidungsträger eine klare Übersicht erhalten welche Konzepte am ökonomisch- und ökologisch sinnvollsten gefördert werden sollen. Den Planern wird dadurch ermöglicht eine grobe Erstbewertung eines Schulsanierungsprojektes durchführen zu können. Damit soll eine schnelle und kostengünstige Handlungsweise in der kritischen Entwurfsphase eines Projektes ermöglicht werden. Im Sinne einer hohen Replizierbarkeit sind die Konzepte exemplarisch anwendbar auf Sanierungsprojekte mit ähnlichen klimatischen Bedingungen, Schulen ähnlichen Bautyps (Gründerzeit-, Jahrhundertwende) sowie Gebäuden ähnlichen Bautyps mit verwandter Nutzung (Fachhochschulen, Kindergärten). Durch die konkrete Darstellung der Kostenmodelle zeigt die Studie vor allem auch die Potentiale im Bereich des ‚Contracting‘ und ‚Intracting‘ auf. Diese Finanzierungsmodelle leisten dabei einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz und eröffnen neue Finanzierungsmöglichkeiten in der Sanierung. Die Studie zeigt zusammenfassend das technische und ökonomische Realisierungspotential für zukünftige Projekte auf. Im konkreten Fall konnte durch die komplexe Budgetverantwortlichkeit bzw. Finanzierungsstruktur der Schulerhaltung bzw. die eingeschränkten Fördermöglichkeiten für Projekte im Gemeindeverbund (Stadt Wien) kein konkretes Folgeprojekte initiiert werden.

### **5 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen**

Das Projekt hat durch die Entwicklung von innovativen Konzepten und einer umfassenden Analyse aufgezeigt, dass eine Plus-Energie Sanierung eines typischen Wiener (Gründerzeit)-Schulgebäudes aus bautechnischer, räumlich-funktionaler und energetischer Sicht machbar ist. Eine umfassende thermische Sanierung, sowie rund 400 m<sup>2</sup> Photovoltaik und 30 m<sup>2</sup> solarthermische Kollektoren führen zu einer negativen primärenergetischen Jahresbilanz. Dadurch könnten pro Jahr ca. € 50.000 an Energiekosten eingespart werden. Werden nur die energetisch relevanten Sanierungsmaßnahmen bewertet, ergibt sich eine Amortisationszeit von ca. 16 Jahren, andernfalls ist mit über 30 Jahren zu rechnen.

Nachdem für eine Gesamtsanierung hohe Kosten anfallen, die mit den verfügbaren Jahresbudgets meist nicht bewältigt werden können, ist ein Gesamtkonzept notwendig, welches Maßnahmen darstellt die in modularer Formunabhängig voneinander in der richtigen Abfolge auf mehrere Jahre verteilt durchgeführt werden können. Eine Umsetzung des Gesamtkonzepts in einer umfassenden Sanierung kann unter den derzeitigen Rahmenbedingungen (Finanzierung und Abwicklung innerhalb der Stadt Wien sowie

eingeschränkte Fördermöglichkeiten für die öffentliche Hand seitens des Fördergebers) nicht realisiert werden.

## **6 Ausblick und Empfehlungen**

Eines der wesentlichen Ziele des Projekts war die Grundlage für eine konkrete Anwendung der erarbeiteten Plus-Energie Sanierungskonzepte in ein folgendes Demonstrationsprojekt und eine Unterstützung in der Entscheidungsfindung und Umsetzungen von Schulsanierungsprojekten in Richtung Plus-Energie-Gebäude zu liefern. Die im Projekt durchgeführte Analyse der bautechnisch und architektonisch umsetzbaren Lösungen hat dabei aufgezeigt dass eine Plus-Energie Sanierung im Schulbau am konkreten Beispiel einer typischen Wiener Gründerzeitschule aus (bau)technischer und energetischer Sicht relativ einfach zu erreichen ist.

Die konkrete Herausforderung um eine Umsetzung zu gewährleisten wird dabei vor Allem in der Finanzierung (Investor-Nutzer Konflikt, komplexe Verteilung der Kompetenzen der Schulsanierung, siehe auch Kapitel 2.1.2.2) gesehen.

### **Empfehlungen für weiterführende Forschung:**

Forschungsbedarf aus bautechnischer bzw. energietechnischer Sicht besteht in erster Linie in der detaillierteren Darstellung von Gesamtkonzepten klassifiziert nach möglichen Sanierungsvarianten der einzelnen Schulen. In diesem Projekt wurde ein spezifischer Bautyp ausgewählt, der repräsentativ für eine Vielzahl von Wiener Schulen ist. Eine Aufgliederung aller (Wiener oder österreichischen) Schulen nach Bautyp, Bau-alter und Bauzustand im Zusammenhang mit energetisch- und architektonisch ausgearbeiteten Gesamtkonzepten würde eine ganzheitliche Sanierung wesentlich unterstützen. Nachdem für eine Gesamtsanierung hohe Kosten anfallen, die meist nicht durch die verfügbaren Budgets bewältigt werden können würde durch die Darstellung eines Gesamtkonzepts welches durch Einzelmaßnahmen über Jahre verteilt umgesetzt werden kann die energetische Sanierung wesentlich vorangetrieben werden.

### **Empfehlungen im Bereich der Finanzierung:**

Die Darstellung, Zulassung und Akzeptanz neuer Finanzierungsmodelle wie z.B. Private-Public-Partnerships, Contracting oder Intracting schaffen finanzielle Anreizsysteme welche die Schulbetreiber zum Energiesparen motivieren können. Dem Fördergeber ist dahingehend zu empfehlen solche Modelle explizit im Rahmen einer Förderung eines Demonstrationsprojektes einzubinden und dafür die notwendigen Rahmenbedingungen zu schaffen. Zudem sollten bereits bestehende Finanzierungsmöglichkeiten (wie z.B. das Substanzsanierungsprogramm SUSA der Stadt Wien) mit Fördermöglichkeiten im Bereich der energetischen Sanierung gekoppelt werden können um Synergien von Instandhaltungsmaßnahmen und energetischer Optimierung auszunutzen. Nachdem öffentliche Gebäude und insbesondere Schulen eine hohe Sichtbarkeit haben, gilt es vor Allem hier eine Anpassung der Förderinstrumente zu finden um innovative Sanierungen im öffentlichen Bereich voranzutreiben. Ein Energieeffizienz-Fonds für öffentliche Gebäude (z.B.

nach dem Vorbild der Stadt Stuttgart) könnte zudem die (innovationshemmende) komplexe Struktur der Verantwortlichkeiten im Bereich der Schulsanierung aufbrechen.

## 7 Literatur-/ Abbildungs- / Tabellenverzeichnis

### Literaturverzeichnis

Amann C., Rammerstorfer, J., Wirth, D., Fiebinger, M., Oettl, F., Hanninger, G., Obermayer, J., Hanic, R. *Thermisch-energetische Sanierung eines Gründerzeitgebäudes in Wien*. Machbarkeitsstudie für das Demonstrationsprojekt "David's Corner" im Rahmen des Leitprojekts "Gründerzeit mit Zukunft", Wien: BMVIT, e7 Energie Markt Analyse GmbH, 2010.

Bättig, I. *"Perpetuum mobile" Faktor Contracting* 4/04. <http://www2.faktor.ch/index.php?artid=133> [08.09.2011], 2004.

BINE, Informationsdienst. *Projektinfo 01/06. Gebäude sanieren - Schulen*. Fachinformationszentrum (FIZ) Karlsruhe, 2010.

BINE, Informationsdienst. *Projektinfo 15/10. Hybride Lüftung verbessert Raumklima in Schulen*. Fachinformationszentrum (FIZ) Karlsruhe, 2010.

Bleyl-Androschin, J. *"Ganzheitliche Gebäudesanierung mit dem integrierten Energie-Contracting Modell am Beispiel der LIG Steiermark. Ein neues Geschäftsmodell zur Umsetzung von Energieeffizienz und (erneuerbare) Energielieferung für große Gebäude und Gewerbebetriebe"*. Grazer Energieagentur, 2009.

BMVBS, Geschäftsstelle Nachhaltiges Bauen im BBSR: *BBSR-Tabelle „Nutzungsdauern von Bauteilen zur Lebenszyklusanalyse nach BNB“ und Erläuterungen zur BBSR-Tabelle „Nutzungsdauern von Bauteilen zur Lebenszyklusanalyse nach BNB“*. <http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/nutzungsdauern-von-bauteilen.html>, 2011.

Bremen, Gesundheitsamt. *Luftqualität in Unterrichtsräumen anhand des Indikators Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) – prüfen – bewerten – verbessern*. ([http://www.gesundheitsamt.bremen.de/sixcms/media.php/13/3\\_Umwelt\\_Co2\\_MNU-Tagung\\_2009.5428.pdf](http://www.gesundheitsamt.bremen.de/sixcms/media.php/13/3_Umwelt_Co2_MNU-Tagung_2009.5428.pdf)): 56. Bremerhavener MNU-Tagung 16./17. November 2009, 2009.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (PPP Task Force NL 11). *"Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Public Private Partnership Modellen im kommunalen Hoch- und Tiefbau"*. Berlin: (PPP-Schulstudie) des Forschungsprogramms „Aufbau Ost, Raumentwicklung und Strukturpolitik“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR), 2007.

- Downing, T., et al. *"Social Cost of Carbon: A Closer Look at Uncertainty"*. Oxford: Stockholm Environment Institute, 2005.
- Eggers, I., D. Müller, und P. Matthes. *EnEff:Schule – Besseres Lernen in energieeffizienten Schulen*. Overbach : EBC Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik, 2010.
- Enseling, A. *"Leitfaden zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Energiesparinvestitionen im Gebäudebestand"*. Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt GmbH, 2003.
- FGK, STATUS-REPORT. *Lüftung von Schulen • Raumluftqualität • Leistungsfähigkeit • Systeme*. Informationsschrift des Fachverbandes Gebäude-Klima e. V. Nr.: 174 11/04, 2011.
- Frankfurt, Stadt. *"Gesamtkosten-Hilfe des Hochbauamts Energiemanagement der Stadt Frankfurt"*. <http://www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de/> [07.09.2011], 2011.
- Görres, J. *"Auf dem Weg zur ersten Plus-Energie Schule"*. Stuttgart: Landeshauptstadt Stuttgart. kongress Zukunftsraum Schule, Fraunhofer-Institut für Bauphysik; [http://www.zukunftsraum-schule.de/pdf/kongress/energie/Stuttgarter\\_Leitlinien\\_fuer\\_die\\_energetische\\_Schulsanierung\\_-\\_Update.pdf](http://www.zukunftsraum-schule.de/pdf/kongress/energie/Stuttgarter_Leitlinien_fuer_die_energetische_Schulsanierung_-_Update.pdf) [08.09.2011], 2009.
- Grabbert, G. *Zukunftsorientierte Lüftungskonzepte*. Kongress des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik IBP 3.-4. November 2009, 2009.
- Greml A., Blümel E., Gössler A., Kapferer R., Leitzinger W., Suschek-Berger J., Tappler P. *"Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich und Erstellung eines Planungsleitfadens"*. Projektbericht, Kufstein: Haus der Zukunft Programmlinie, 2008.
- Grundmann, R., J. Roloff, U. Meinhold, und M. Rösler. *Hybride Lüftungssysteme. Prinzipien, Planung, Berechnung und Beispiele*. FIA Forschungsberichte Nr. 90 04/04., 2004.
- Haseltsteiner, E., Lorbek, M., Stosch, G., Temel, R. *"Baustelle Schule - Nachhaltige Sanierungsmodelle für Schulen"*. Projektbericht, Wien: Haus der Zukunft Programmlinie, 2010.
- IFMA, Schweiz. *"Lebenszykluskosten-Ermittlung von Immobilien. Teil 1: Modell, Teil 2: Tool"*. Zürich: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 2011.
- Innovation & Klima: Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel an der Universität Graz, Institut für Wärmetechnik an der Technischen Universität Graz und KWI Management Consultants. „Innovative Klimastrategien für die österreichische Wirtschaft: Das Policy Book“. Wien, 2007.
- Irrek, E., und S. Attali. *"Testing and Dissemination of Public Internal Performance Contracting Schemes with Pilot Projects for Energy-Efficient Lighting in Public Buildings (PICOLight)"*. Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie GmbH im Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen, 2005.

- ISO, 15686-5. *"Buildings and constructed assets - Service-life planning - Part 5: Life-cycle costing"*. International Standardisation Organisation ISO, 2008.
- Kah, O.,. *"Schulen im Passivhaus-Standard: Planungsaspekte"*. "Passivhaus-Schulen" Protokollband Nr. 33 des Arbeitskreises kostengünstiger Passivhäuser, Darmstadt: Passivhaus Institut, 2006.
- Kah, O., T. Schulz, S. Winkel, J. Schnieders, Z. Bastian, und B. Kaufmann. *Leitfaden für energieeffiziente Bildungsgebäude*. Darmstadt : Passivhaus Institut i.A. des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und mit Mitteln des EU-Fonds (EFRE), 2010.
- Kluttig, H., Dirscherl, A., Erhorn, H. *"Energieverbräuche von Bildungsgebäuden in Deutschland"*. Deutschland, Stuttgart: Fraunhofer Institut für Bauphysik, 2001.
- Krewitt, W., und B. Schломann. *"Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern. Gutachten im Rahmen von Beratungsleistungen für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit"*. Karlsruhe: DLR, Institut für Technische Thermodynamik, Abteilung Systemanalyse und Technikbewertung, Stuttgart und Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Abteilung Energiepolitik und Energiesysteme, 2006.
- Kristof, K., S. Nanning, und F. Merten. *Kommunales Intracting. Auszug aus dem „Projektteil B: Handlungsoptionen des Lands Nordrhein-Westfalen zur Verbreitung der Umsetzung von Intracting auf kommunaler und Landesebene“ aus der Studie "Pilotprojekte Einsparcontracting und Intracting in NRW"*. Deutschland, Wuppertal: Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, 1998.
- Lassnigg, L., B. Felderer, I. Paterson, H. Kuschej, und N. Graf. *"Ökonomische Bewertung der Struktur und Effizienz des österreichischen Bildungswesens und seiner Verwaltung"*. Studie im Auftrag des BMUKK, 2007.
- MA 34, Magistrat der Stadt Wien. *"Raumbuch für Schulen der Stadt Wien Version 01/2011"*. Wien: MA 56, MA 34, MA19, 2011a.
- Maibach, M., et al. *"Praktische Anwendung der Methodenkonvention: Möglichkeiten der Berücksichtigung externer Umweltkosten bei Wirtschaftlichkeitsrechnungen von öffentlichen Investitionen"*. Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes FuE-Vorhaben Förderkennzeichen 203 14 127. Publikation des Umweltbundesamtes, 2007.
- OIB. *Leitfaden "Energietechnisches Verhalten von Gebäuden" zur OIB Richtlinie 6*. OIB-330.6-093/11, 2011.
- ÖISS. *"Ökologische Kriterien im Schulbau"*. Wien: Österreichische Institut für Schul- und Sportstättenbau - Arbeitskreis „ökologische Kriterien im Schulbau“ unter Mitwirkung von FachexpertInnen, 2009.

- Plöderl, H., et al. *"Erste Passivhaus-Schulsanierung Ganzheitliche Faktor 10 Generalsanierung der Hauptschule II und Polytechnischen Schule in Schwanenstadt mit vorgefertigten Holzwandelementen und Komfortlüftung"*. Wien: bm:vit; Berichte aus Energie- und Umweltforschung 33/2008, 2008.
- PlusEnergieschule. *Broschüre zum Vorhaben der Landeshauptstadt Stuttgart*,. Amt für Umweltschutz, 2010.
- RH, WIFO, IHS, KDZ: Rechnungshof (RH), Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO), Institut für Höhere Studien (IHS), Zentrum für Verwaltungsforschung (KDZ). *"Arbeitsgruppe Verwaltung neu, Arbeitspaket 3. Schulverwaltung neu, Lösungsvorschläge der Expertengruppe"*. [http://www.rechnungshof.gv.at/rware\\_html/aktuelles/ansicht/detail/bildung.html](http://www.rechnungshof.gv.at/rware_html/aktuelles/ansicht/detail/bildung.html) [07.09.2011], 2009a.
- RH, WIFO, IHS, KDZ: Rechnungshof (RH), Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO), Institut für Höhere Studien (IHS), Zentrum für Verwaltungsforschung (KDZ):. *„Arbeitsgruppe Verwaltung neu, Arbeitspaket 3. Schulverwaltung“*.“ 2009b.
- Schmid, K., T. Mayr, und C. Ascher. *"Reformpunkte zum österreichischen Schulgovernance-System"*. ibw (Institut für Bildungsforschung der Wirtschaft, [www.ibw.at](http://www.ibw.at)); Mitarbeit und Feedback durch: Dr. Bernd Schilcher, Univ.-Prof. Dr. Heinz Mayer, Dr. Franz Fiedler, 2009.
- Spektrum GmbH, Umweltverband Vorarlberg. *"Kommunalgebäudeausweis für öffentliche Gebäude in Vorarlberg" Generalsanierung Gemeindeamtsgebäude, Pflichtschulen inkl. Mehrzweck- und Turnhallen, Kultursäle, Pflegeheime*.Energieinstitut Vorarlberg, 2011.
- Stern, N. *"The Economics of Climate Change. The Stern Review"*. Cabinet Office - HM Treasury, UK, abrufbar unter [www.hm-treasury.gov.uk](http://www.hm-treasury.gov.uk), Rubrik "Independent Reviews", 2006.
- Voss, K, Musall, E. *"Nullenergie Gebäude – Internationale Projekte zum klimaneutralen Wohnen und Arbeiten"*. München: Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH und Co. KG, 2011.
- Wargocki P., Wyon D.P. *Research report on effects of HVAC on student performance*. ASHRAE Journal, Vol 48 n° 10, S. 22-28, 2006.
- Watkiss, P., D. Anthoff, T. Downing, C. Hepburn, C. Hope, und A. Hunt. *"The Social Cost of Carbon (SCC) Review – Methodological Approaches for Using SCC Estimates in Policy Assessment"*.Harwell: AEA Technology Environment, 2005.

# Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: 5 SCHRITTE VOM BESTAND ZUM PLUS-ENERGIE-NIVEAU (ADAPTIERT NACH (VOSS 2011)).....	16
ABBILDUNG 2: • DECKUNGSGRAD DER LÜFTUNG (MÜLLER 2010).....	18
ABBILDUNG 3: PRIMÄRENERGIEBEDARF VON LÜFTUNGSSYSTEMEN (I. BINE 2010) .....	19
ABBILDUNG 4: ERGEBNISSE DES FELDVERSUCHES MIT HYBRIDER LÜFTUNGSTECHNIK (EGGERS, MÜLLER UND MATTHES 2010).....	19
ABBILDUNG 5: DEZENTRALES LÜFTUNGSKONZEPT. QUELLE VERÄNDERT NACH (KAH, ET AL. 2010) .....	20
ABBILDUNG 6: LÜFTUNGSSYSTEM „LILU“ (KAH, ET AL. 2010) .....	20
ABBILDUNG 7: PRINZIP DER GERICHTETEN DURCHSTRÖMUNG ANGEWANDT IN DER KINDERTAGESTÄTTE SCHWANHEIM (LINKS) UND EIN ÜBERSTRÖMUNGSELEMENT (RECHTS) QUELLE VERÄNDERT NACH (KAH, ET AL. 2010).....	21
ABBILDUNG 8: NATÜRLICHE NACHTLÜFTUNG MIT HILFE VON KLAPPEN (KAH, ET AL. 2010) .....	21
ABBILDUNG 9: SCHULVERWALTUNG IN ÖSTERREICH (SCHMID, MAYR UND ASCHER 2009) .....	22
ABBILDUNG 10: DERZEITIGE ZUSTÄNDIGKEITEN FÜR DIE ERRICHTUNG UND ERHALTUNG VON SCHULEN (W. I. RH 2009A).....	23
ABBILDUNG 11: DERZEITIGE ZUSTÄNDIGKEITEN FÜR DIE ERRICHTUNG UND ERHALTUNG VON SCHULEN (W. I. RH 2009B) .....	24
ABBILDUNG 12: • OPTIMIERUNG ÜBER DEN LEBENSZYKLUS DURCH PPP-MODELL (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR 2007).....	30
ABBILDUNG 13: ZIELSETZUNGEN EINES PPP-PROJEKTS IM SCHULBEREICH ( (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR 2007).....	31
ABBILDUNG 14: CHECKLISTE UMSETZBARKEIT EINES PPP-PROJEKTS (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR 2007) .....	32
ABBILDUNG 15: ORGANISATION EINES PPP-PROJEKTS (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR 2007).....	33
ABBILDUNG 16: • ABSTIMMUNGSBEDARF UND ARBEITSVERTEILUNG BEI EINEM PPP-PROJEKT (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR 2007).....	33
ABBILDUNG 17: • CHECKLISTE RISIKOVERTEILUNG (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR 2007) .....	34
ABBILDUNG 18: STRUKTUR DES LEBENSZYKLUSMODELLS DER DONAU-UNIVERSITÄT KREMS (HELMUT FLOEGL) (GRÜN: EINGABEWERTE; SCHWARZ: ERGEBNISSE).....	42
ABBILDUNG 19: SCHNITT / ANSICHT SCHULE DEUBLERGASSE.....	43
ABBILDUNG 20: METHODISCHER ABLAUF ZUR KONZEPTERSTELLUNG .....	45
ABBILDUNG 21: DREIDIMENSIONALES GEBÄUDEMODELL DER FRANZ JONAS EUROPASCHULE.....	46
ABBILDUNG 22: JAHRESVERLAUF DER AUßENTEMPERATUR, WIEN.....	46
ABBILDUNG 23: MONATLICHE STRAHLUNGSSUMMEN, WIEN .....	47
ABBILDUNG 24: UNTERSCHIEDLICHE FENSTER IM BESTAND.....	47
ABBILDUNG 25: HEIZENERGIEVERBRAUCH GEMITTELT ÜBER VIER JAHRE.....	53
ABBILDUNG 26: THERMISCHE JAHRESENERGIEBILANZEN FÜR KOMBINATIONEN DER MAßNAHMEN.....	55
ABBILDUNG 27: THERMISCHE JAHRESENERGIEBILANZ FÜR KOMBINATION DER MAßNAHMEN UND ZUSÄTZLICHER KOMFORTLÜFTUNG MIT WÄRMERÜCKGEWINNUNG BEI 1,5-FACHEM LUFTWECHSEL .....	56
ABBILDUNG 28: AUSGEWÄHLTE RAUMTEMPERATUREN IN DER WOCHE VOM 19. BIS 26. JUNI.....	57
ABBILDUNG 29: • VERTEILUNG DER LEBENSZYKLUSKOSTEN (PHASE PROJEKTDEFINITION (PD) BEI DER MODERNISIERUNG EINES SCHULHAUSES.....	59



ABBILDUNG 30: EMPFOHLENE SCHÄTZWERTE FÜR DIE SCHADENSKOSTEN DES KLIMAWANDELS (MAIBACH, ET AL. 2007).....	62
ABBILDUNG 31: • AUFSTELLUNG DER GESAMTSUMME AN MEHRKOSTEN DES DEMONSTRATIONSPROJEKTES <b>FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.</b>	
ABBILDUNG 32:• INVESTITIONSKOSTEN LÜFTUNGSANLAGE SCHULSANIERUNG SCHWANENSTADT (PLÖDERL, ET AL. 2008) <b>FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.</b>	
ABBILDUNG 33: AUSZUG AUS ANLAGE 1 ZUR ÖKONOMISCHEN QUALITÄT: GEBÄUDEELEMENTE UND KOSTENARTEN FÜR DIE LEBENSZYKLUSKOSTENBERECHNUNG DES BMVBS (MIT STAND DEZEMBER 2011 NUR FÜR NEUBAU VERFÜGBAR) .....	74
ABBILDUNG 34: VDI RICHTLINIE 3807 – ENERGIEKENNWERTE VON SCHULEN BEZOGEN AUF DIE BRUTTOGRUNDFLÄCHE (I. BINE 2010) .....	79
ABBILDUNG 35: KOSTENSCHÄTZUNG ANHAND VON KATEGORIEN UND BKI KOSTENDATEN.....	82
ABBILDUNG 36: SCHULTYPOLOGIE UND LAGEPLAN .....	83
ABBILDUNG 37: BILDER VOM SCHULHOF .....	84
ABBILDUNG 38: DECKE ÜBER KELLERGESCHOß .....	85
ABBILDUNG 39: AUFBAU OBERSTE GESCHOßDECKE .....	85
ABBILDUNG 40: BELEGUNGSPLÄNE DER FRANZ JONAS SCHULE .....	87
ABBILDUNG 41: UNTERSCHIEDLICHE RAUMBELEGUNGEN IM SCHNITT .....	88
ABBILDUNG 42: GRAFISCHE DARSTELLUNG ZUR SYNERGETISCHEN NUTZUNG DER MAßNAHMEN .....	88
ABBILDUNG 43: SKIZZE WÄRMEDÄMMVERBUNDSYSTEM .....	92
ABBILDUNG 44: SOCKELDÄMMUNG IM ERDREICH .....	92
ABBILDUNG 45: ELEMENTE VON VORHANGFASSEDEN .....	93
ABBILDUNG 46: VARIANTEN ZUR DÄMMUNG DER OBERSTEN GESCHOSSDECKE.....	94
ABBILDUNG 47: VARIANTEN ZUR DÄMMUNG DER KELLERDECKE .....	94
ABBILDUNG 48: SCHEMATA MODULARES KONZEPT 2 .....	95
ABBILDUNG 49: SCHEMA CLUSTERBILDUNG .....	97
ABBILDUNG 50: SCHEMA FLUCHTWEGE .....	97
ABBILDUNG 51: DARSTELLUNG FLEXIBLE BELEUCHTUNG/ LICHTSZENEN STANDARD KLASSE.....	99
ABBILDUNG 52: VARIANTEN ZUR MÖBLIERUNG EINES KLASSENRAUMES .....	100
ABBILDUNG 53: MINIMIERUNG DER GEBÄUDEOBERFLÄCHE .....	101
ABBILDUNG 54: SCHEMATA MODULARES KONZEPT 3 .....	103
ABBILDUNG 55: SÜDANSICHT DER SCHULE,VOGELPERSPEKTIVE (QUELLE: WWW.BING.COM).....	107
ABBILDUNG 56: • ENERGIE-, CO <sub>2</sub> - UND ENERGIEKOSTENBILANZ (JÄHRLICH) .....	110
ABBILDUNG 57: BARWERTBERECHNUNG, BERECHNUNG DER ENERGETISCHEN AMORTISATIONSZEIT (DYNAMISCHE BERECHNUNG) VON VARIANTE 2 (MIT BERÜCKSICHTIGUNG VON CO <sub>2</sub> ) .....	115

# Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: CO <sub>2</sub> -KONZENTRATIONEN DER UMGEBUNGSLUFT (0,035 VOL % ENTSPRECHEN 350 PPM).....	17
TABELLE 2: SCHULVERWALTUNG IN WIEN.....	25
TABELLE 3: MINDESTANFORDERUNGEN AN UMFASSENDE SANIERUNGEN.....	39
TABELLE 4: MINDESTANFORDERUNGEN AN SANIERUNGSMAßNAHMEN OHNE UMFASSENDE SANIERUNG.....	39
TABELLE 5: KATEGORISIERTE ZUSAMMENSTELLUNG DER MAßNAHMEN .....	50
TABELLE 6: AUSWIRKUNGEN EINZELNER MAßNAHMEN AUF DEN HEIZENERGIEBEDARF.....	54
TABELLE 7: PRIMÄRENERGIE- UND CO <sub>2</sub> -FAKTOREN FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN .....	61
TABELLE 8: PRIMÄRENERGIE- UND CO <sub>2</sub> -FAKTOREN.....	61
TABELLE 9: EXTERNE KOSTEN VON CO <sub>2</sub> IN EUR/T NACH VERSCHIEDENEN QUELLEN.....	62
DIE GLIEDERUNG ERFOLGT GEMÄß ÖNORM B 1801-1 BAUPROJEKT- UND OBJEKTMANAGEMENT TEIL 1:	
OBJEKTTERRICHTUNG. FÜR DIE ANALYSE DER LEBENSZYKLUSKOSTEN BEI UMFASSENDEN PLUSENERGIE-	
SANIERUNGEN SIND DIE IN DER FOLGENDEN AUFSTELLUNG GRAU MARKIERTEN KATEGORIEN ZU	
BERÜCKSICHTIGEN. ES WURDEN JENE KOSTENKATEGORIEN IDENTIFIZIERT, DIE FÜR SCHULSANIERUNGEN	
AUF PLUSENERGIE-NIVEAU RELEVANT SIND, WEIL SICH VARIANTEN IN DIESEN KOSTENKATEGORIEN	
UNTERSCHIEDEN.TABELLE 10: KOSTENGRUPPEN GEMÄß ÖNORM B 1801-1 BAUPROJEKT- UND	
OBJEKTMANAGEMENT TEIL 1: OBJEKTTERRICHTUNG, AUSGABE: 2009-06-01 (RELEVANTE KOSTENGRUPPEN	
GRAU UNTERLEGT) .....	
TABELLE 10: KOSTENGRUPPEN GEMÄß ÖNORM B 1801-1 BAUPROJEKT- UND	64
TABELLE 11: BAUGLIEDERUNG NACH ÖNORM B 1801-1 MIT DEN ZUGEORDNETEN BKI-WERTEN.....	66
TABELLE 12: SPEZIFISCHE KOSTEN LT. GESAMTKOSTEN-HILFENSTADT FRANKFURT.....	67
IN STUTT GART IST DIE SANIERUNG DER UHLAND SCHULE AUF PLUSENERGIE-NIVEAU GEPLANT. DIE SCHULE	
BESTEHT AUS MEHREREN GEBÄUDEN, DIE 1954 ERRICHTET WURDEN. EIN ERWEITERUNGSBAU STAMMT	
AUS 2003/2004. DIE BEHEIZTE NETTOGESCHOßFLÄCHE BETRÄGT INSGESAMT 6.437 M <sup>2</sup> . DIE	
GESAMTKOSTEN DES BAUVORHABENS BETRAGEN CA. 12,3 MIO EURO. DIE FINANZIERUNG ERFOLGT	
DURCH DIE STADT, INDUSTRIEPARTNER UND FÖRDERUNGEN DES BUNDES. (PLUSENERGIESCHULE	
2010)TABELLE 13: KOSTENVERGLEICHSWERTE VON SANIERUNGEN.....	
TABELLE 13: KOSTENVERGLEICHSWERTE VON SANIERUNGEN.....	68
TABELLE 14: KOSTENVERGLEICHSWERTE VON LÜFTUNGSANLAGEN (GREML A. 2008) .....	69
TABELLE 15: KOSTEN EINER KOMFORTLÜFTUNG JE KLASSENRAUM (CA. 80M <sup>2</sup> ) .....	70
TABELLE 16: KOSTENGRUPPEN GEMÄß ÖNORM B 1801-2.....	73
TABELLE 17: ANGABEN ZU KOSTEN FÜR WARTUNG, INSTANDHALTUNG UND INSTANDSETZUNG IN	
VERSCHIEDENEN QUELLEN: JÄHRLICHE KOSTEN IN % DER INVESTITIONSKOSTEN.....	75
TABELLE 18: KOSTEN FÜR ABBRUCH (DEMONTAGE UND ENTSORGUNG) AUS BKI (2010) .....	76
TABELLE 19: ANGABEN ZU NUTZUNGSDAUERN (JAHRE) IN VERSCHIEDENEN QUELLEN .....	76
TABELLE 20: FLÄCHENAUFSTELLUNG DES UNTERSUCHTEN GEBÄUDES.....	78
TABELLE 21: ENERGIEVERBRAUCH UND ENERGIEKENNWERTE VOR SANIERUNG.....	78
TABELLE 22: VERWENDETE INVESTITIONSKOSTEN .....	80
TABELLE 23: BEWERTUNG DER BAULICHEN/ARCHITEKTONISCHEN MAßNAHMEN KONZEPT 1 .....	104
TABELLE 24: BEWERTUNG DER BAULICHEN/ARCHITEKTONISCHEN MAßNAHMEN KONZEPT 2 .....	105
TABELLE 25: BEWERTUNG DER BAULICHEN/ARCHITEKTONISCHEN MAßNAHMEN KONZEPT 3 .....	105
TABELLE 26: PRIMÄRENERGETISCHE BILANZIERUNG ÜBER DAS JAHR .....	106
TABELLE 27: STROMBEDARF FÜR DEZENTRALE LÜFTUNGSANLAGEN .....	107
TABELLE 28: STROMERTRAG AUS PHOTOVOLTAIK .....	108
TABELLE 29: ENERGIE- UND KOSTENKENNWERTE NACH DER SANIERUNG.....	108
TABELLE 30: • MAßNAHMEN UND KOSTEN DER DREI UNTERSUCHTEN VARIANTEN .....	112

TABELLE 31: INVESTITIONSKOSTENSCHÄTZUNG FÜR 3 VARIANTEN .....	113
TABELLE 32: ÜBERSICHT ZU KOSTEN, ENERGIEEINSPARUNG UND NUTZEN-ABSCHÄTZUNG PRO MAßNAHME (VARIANTE 2, MIT BERÜCKSICHTIGUNG VON CO <sub>2</sub> ) .....	114
TABELLE 33: AUSGANGSDATEN FÜR DIE BERECHNUNGEN: JÄHRLICHER ENERGIEVERBRAUCH, ENERGIE- UND CO <sub>2</sub> -KOSTEN.....	116
TABELLE 34: ERGEBNISSE DER LEBENSZYKLUSKOSTEN-ANALYSE IM VERGLEICH.....	117
TABELLE 35: MODULE EINER UMFASSENDEN ENERGETISCHEN, ZUKUNFTSFÄHIGEN SANIERUNG .....	118
TABELLE 36: SCHULKOMPLEXE DIE IN DER PASSIVHAUS-BAUWEISE SANIERT WURDEN .....	132
TABELLE 37: DATEN UND FAKTEN DER DREI DEMONSTRATIONSPROJEKTE „ENEFF:SCHULE“. *ENDENERGIE/PRIMÄRENERGIE. QUELLE: <a href="http://www.eneff-schule.de/">HTTP://WWW.ENEFF-SCHULE.DE/</a> .....	136

## 8 Anhang

ANHANG 1 ÖSTERREICHISCHE SCHULSANIERUNGEN IN PASSIVHAUS BAUWEISE .....	132
ANHANG 2 PLUSENERGIE DEMOPROJEKTE ENEFF:SCHULE .....	136
ANHANG 3 BAULICHE MAßNAHMEN MODULAR .....	137
ANHANG 4: AUSZUG AUS PRÄSENTATIONSFOLIEN PROJEKT-ABSCHLUSSPRÄSENTATION .....	139

## Anhang 1 Österreichische Schulsanierungen in Passivhaus Bauweise

Tabelle 38: Schulkomplexe die in der Passivhaus-Bauweise saniert wurden

	Polytechn. u. Hauptschule II Schwanenstadt	Allgemeine Sonderschule Linz 06	Allgemeine Sonderschule 04 Karlhofschule
Bild			
Bundesland	Oberösterreich	Oberösterreich	Oberösterreich
Ort	4690 Schwanenstadt	4030 Linz	4040 Linz
Architekt	PAUAT Architekten	Enzenhofer & Dornstädter ZT GesmbH	Architekt DI Michael Wildmann ZT
Sanierungszeitraum	2005-2007	2008-2009	2008-2009
Energiebezugsfläche [m <sup>2</sup> ]	6214	2098	2228,4
HWB vdS [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	165	k.A	wurde bisher nicht berechnet
HWB ndS [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	14,1	k.A	12,9
Heizlast [W/m <sup>2</sup> ]	10	27	13
Luftdichtheit [1/h]	1,38	k.A	0,56
Wärmeerzeugung und WW	Holzpelletsanlage - Nennleistung: 110 kW Solaranlage	Wärmepumpe Fernwärme Solar-Flachkollektor - WW Heizwärmeverteilung - Fußboden-, Decken-, Wandheizung	Fernwärme Solarthermie für WW
Stromerzeugung	Photovoltaik	k.A	Linz AG
Lüftungssystem	dezentral + Nachtlüftungskonzept	WRG zentral + WRG	dezentral + WRG
Sonstiges/Besonderheiten	Vorgefertigte Leichtbaufassade - auf Bestand mit 58 cm Einpassdämmung	Aufstockung Wandelemente Holzriegelbau	k.A

Fortsetzung **Anhang 1 Österreichische Schulsanierungen in Passivhaus Bauweise**

Tabelle 38

	Sanierung Hauptschule Zams-Schönwies	Volksschule Lind ob Velden	Volksschule u. Kindergarten Arnoldstein
Bild			
Bundesland	Tirol	Kärnten	Kärnten
Ort	6511 Zams	9220 Velden	9587 Riegersdorf
Architekt	Architekt DI Robert Ehrlich	Arch+More ZT GmbH	Arch+More ZT GmbH
Sanierungszeitraum	2007-2009	2009-2010	2009-2010
Energiebezugsfläche [m <sup>2</sup> ]	4213	1419,8	1809,19
HWB vdS [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	k.A	115	121,4
HWB ndS [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	14	14	12
Heizlast [W/m <sup>2</sup> ]	10	11	11
Luftdichtheit [1/h]	k.A	Solaranlage (6 m <sup>2</sup> )	0,3
Wärmeerzeugung und WW	Wärmepumpe Fernwärme Heizwärmeverteilung - Fußboden-, Decken-, Wandheizung		Wärmepumpenkompaktgerät - Lüftungskomponenten + Fortluft-Wärmepumpe in einem Gerät
Stromerzeugung	-	Photovoltaik (13,6 kW)	Photovoltaik (4,9 kW)
Lüftungssystem	Komfort-Lüftungsanlage - Erdwärmekollektoren zur Vorerwärmung der Zuluft - CO <sub>2</sub> -Regelung	dezentral + WRG	zentral + WRG Wärmepumpenkompaktgerät - Lüftungskomponenten + Fortluft-Wärmepumpe in einem Gerät
Sonstiges/Besonderheiten	vorgehängte hochwärmegeämmte Elemente	Fassade Holz-Riegel- Elemente	k.A



Fortsetzung **Anhang 1 Österreichische Schulsanierungen in Passivhaus Bauweise**

Tabelle 38:

	Volksschule Mäder	Hauptschule Bezau	Volksschule Hof
Bild			
Bundesland	Vorarlberg	Vorarlberg	Vorarlberg
Ort	6841 Mäder	6870 Bezau	6861 Alberschwende
Architekt	Arch.Büro Fink und Thurnher	Architektur DI Ralph Broger GmbH	Architektur Jürgen Hagspiel
Sanierungszeitraum	2010	2007-2008	2009-2010
Energiebezugsfläche [m <sup>2</sup> ]	2002,5	7590	2370
HWB vdS [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	k.A	k.A	k.A
HWB ndS [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	7	27	25
Heizlast [W/m <sup>2</sup> ]	10	26	k.A
Luftdichtheit [1/h]	0,3	k.A	k.A
Wärmeerzeugung und WW	Ofen - Stückholz/ Pellet - keinen Heizwärmeverteilung	ortsansässigen Biomasse- Nahwärmeanlage Speicher Solarkollektor (8 m <sup>2</sup> ) und zwei Hygienekombispeicher (1600/ 560 Liter)	Fernwärme Heizwärmeverteilung - Fußboden-, Decken-, Wandheizung
Stromerzeugung	- Heizkörper		
Lüftungssystem	Photovoltaik zentral + WRG	k.A de- und semizentral + WRG	k.A dezentral + WRG - Anwesenheitsfühler
Sonstiges/Besonderheiten	k.A	k.A	k.A


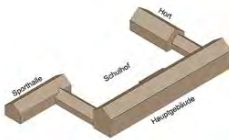

Fortsetzung Anhang 1 Österreichische Schulsanierungen in Passivhaus Bauweise

Tabelle 38:

	Volksschule Mähdle	Hauptschule Hörbranz
Bild		
Bundesland	Vorarlberg	Vorarlberg
Ort	6922 Wolfurt	6912 Hörbranz
Architekt	Architekturbüro Zweier	walser + werle architekten zt
Sanierungszeitraum	2009	2009-2010
Energiebezugsfläche [m <sup>2</sup> ]	1850	2779,4
HWB vdS [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	129	k.A
HWB ndS [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	17	k.A
Heizlast [W/m <sup>2</sup> ]	12	k.A
Luftdichtheit [1/h]	0,6	k.A
Wärmeerzeugung und WW	Wärmepumpe - Grundwasser Solar-Flachkollektor - Pufferspeicher Heizwärmeverteilung - Fußboden-, Decken - , Wandheizung	k.A
Stromerzeugung	Photovoltaik	k.A
Lüftungssystem	Zentral/ Dezentral + WRG (zentral in der Aula und Turnhalle) (dezentral in Klassen)	k.A
Sonstiges/Besonderheiten	vorgehängten Holzkonstruktion Holzschindelschalung	k.A

## Anhang 2 Plusenergie Demoprojekte EnEff:Schule

Tabelle 39: Daten und Fakten der drei Demonstrationsprojekte „EnEff:Schule“.  
\*Endenergie/Primärenergie. Quelle: <http://www.eneff-schule.de/>

	<b>Grund-/Hauptschule mit Werkrealschule Uhlandschule</b>	<b>4</b>	<b>Gymnasium Europa- Schule Reutershagen</b>	<b>Europa- Schule Rostock</b>	<b>Grundschule Hohen Neuendorf</b>
<b>Ort</b>	Tapachstraße 70437 Stuttgart		Mathias-Thesen-Str. 17 18069 Deutschland		Goethestraße 16540 Neuendorf Hohen
<b>Foto</b>					
<b>Erbaut</b>	1954		1960/61		2009 – 2010
<b>Sanierung</b>	2010 – 2013				Neubau
<b>BGF<sub>gesamt</sub> vdS in m<sup>2</sup></b>	7.058		10.516		-
<b>BGF<sub>gesamt</sub> ndS in m<sup>2</sup></b>	7.058		9.136		-
<b>Architekt</b>	-		Prof. Dr. Thomas Römhild		IBUS Architekten und Ingenieure
			Prof. Dipl.-Ing. Martin Wollensak		Prof. Ingo Lütkemeyer, Dr. Gustav Hillmann, Hans - Martin Schmid
<b>HWB vdS (kWh/m<sup>2</sup>a)</b>	168,4		398,9/103,7*		nicht vorhanden
<b>HWB ndS (kWh/m<sup>2</sup>a)</b>	39		84,6/21,7*		-
<b>Kosten (Mio. €)</b>	12,5		7,79		Baukonstruktion 767 €/m <sup>2</sup> Technische Anlagen 220 €/m <sup>2</sup>



### Anhang 3 Bauliche Maßnahmen modular

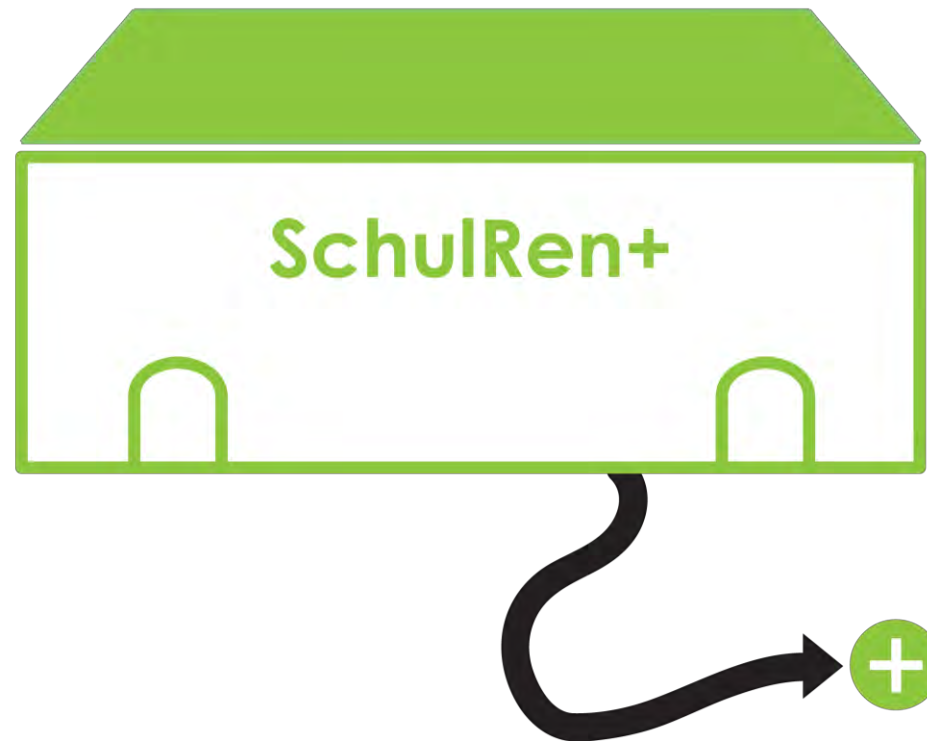
#### BAULICHE MAßNAHMEN

Modular entweder a) oder b)

Konzept 1	Konzept 2	Konzept 3
<b>1a)</b> Dämmung Außenwand		<b>1b)</b> Vorgefertigte Fassadenmodule ->Energieerzeuger Passiv od. Aktiv Gebäudeoberfläche
<b>2a)</b> Dämmung der obersten Geschossdecke		
<b>3a)</b> Kellerdecke dämmen/ Nützung abkoppeln nur Technik in Keller		
<b>4a)</b> Fenstertausch bis auf Isolierverglasung (6-10 Jahre alt)	<b>4b)</b> Austausch <b>aller</b> Fenster	
<b>5a)</b> Gänge und Treppen abtrennen und nicht heizen		
<b>6a)</b> Innenraumgestaltung /neue Pädagogik: Möblierung flexibel, Trennwende		
	<b>7a)</b> Teilüberdachung des Schulhofes – ETFEVerbindung Innen/Außen Pausenhalle, Aula + Innenhof	
		<b>8a, ev 7b?)</b> Teilüberdachung des Schulhofes – mit halbtransparentes PV Verbindung Innen/Außen Pausenhalle, Aula + Innenhof
	<b>9a)</b> Gebäudeoberfläche minimieren: WC-Gruppen, Raum zw. Treppen (Nischen im Gangbereich als Rückzugsbereiche)	

)	<b>10a)</b> Raum im Raum Container -Räume im überdachten Innenhof	<b>10a)</b> Raum im Raum Container -Räume im überdachten Innenhof
<b>12a)</b> Fenster zumauern Turnhalle  Argumentation: Nutzungsanforderung Schule (Belichtung und Belüftung) vor der Energieeffizienzansforderungen!		
	<b>13a)</b> transparente Wärmedämmung in Pausenräumen/ Tageslicht	<b>13a)</b> transparente Wärmedämmung in Pausenräumen/ Tageslicht
	<b>14a)</b> Stiegenhaus außenliegend (Brandschutz) neues pedagogisches Konzept + Kosteneinsparung	<b>14a)</b> Stiegenhaus außenliegend (Brandschutz) neues pedagogisches Konzept + Kosteneinsparung
		<b>15a)</b> Clusterbildung Klasse/Gang Brandschutz
		<b>16a)</b> Sondernutzung Dachboden für externe Vermietung (PH Standard) -> Einnahmequelle

## Zukunftsfähige Schulsanierung 7 Schritte in Richtung Plusenergie-Gebäude



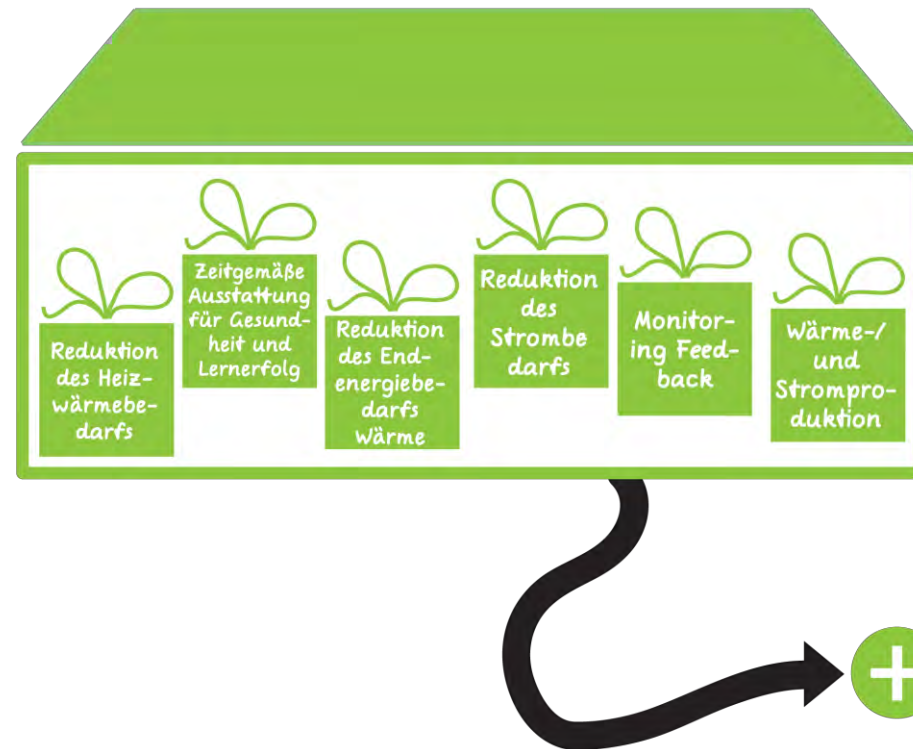
In Anlehnung an die Stuttgarter Leitlinien für die energieeffiziente Schulsanierung wird das folgende Leitbild vorgeschlagen.

## Schritt 1: Die zukunftsfähige Schulsanierung ist **nachhaltig**



Eine nachhaltige Schulsanierung nutzt die Instandsetzungszyklen für die substanzielle Verbesserung des energetischen Standards und die Adaptierung hinsichtlich neuer pädagogischer Anforderungen. Die Instandsetzungspläne der Schulen werden mit dem optimalen Ablauf einer umfassenden energetischen Sanierung synchronisiert, um Wirksamkeit der anfallenden "Sowieso"-Kosten zu maximieren.

## Schritt 2: Die zukunftsfähige Schulsanierung ist **umfassend**

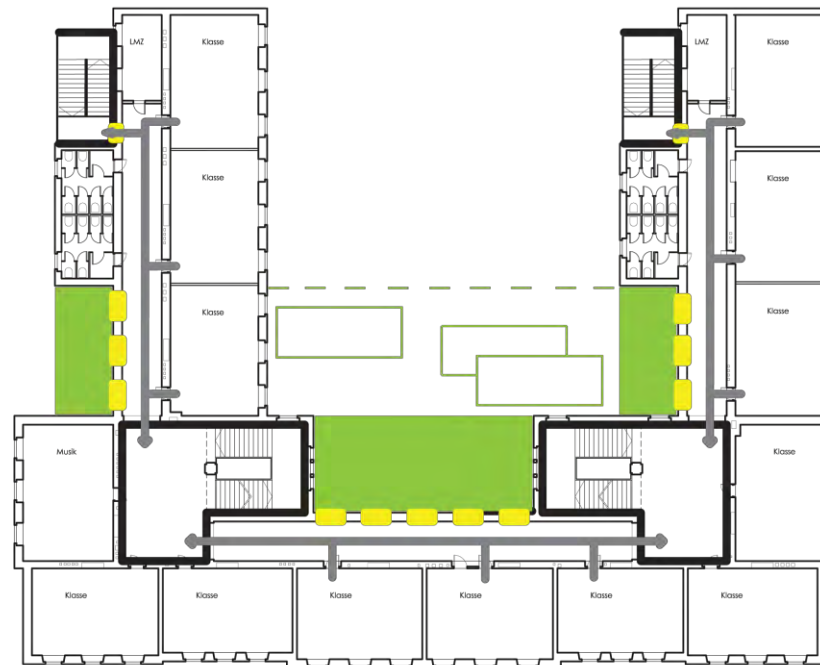


Die besten Effekte werden erreicht, wenn die in der folgenden Tabelle aufgelisteten Maßnahmen in einem Vorhaben durchgeführt werden. Aus Kostengründen wird das oft nicht möglich sein. Aus diesem Grund können die Maßnahmen auch in Paketen durchgeführt werden. Notwendige Anbindungsmöglichkeiten werden rechtzeitig eingeplant.

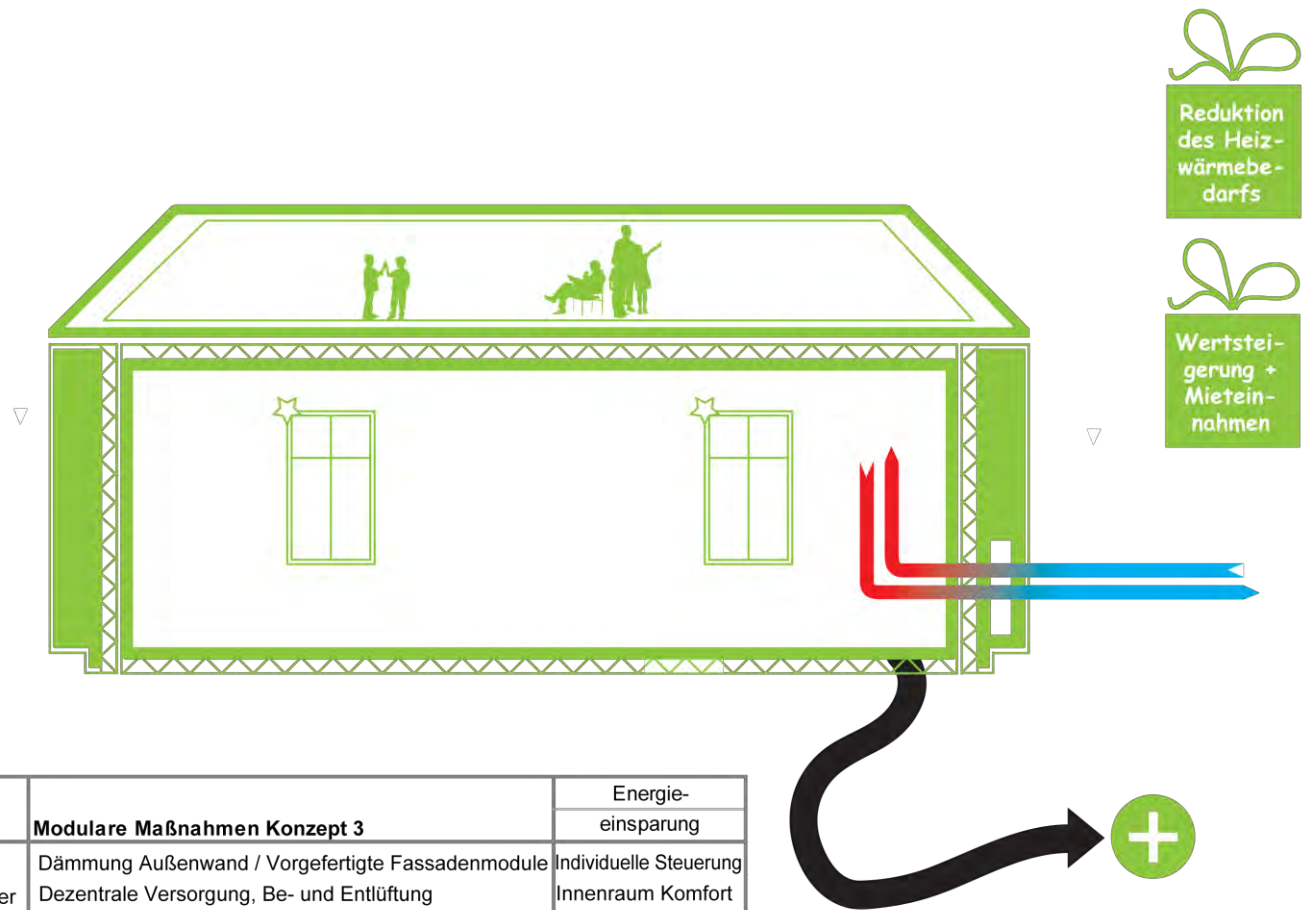
## Schritt 2: Die zukunftsfähige Schulsanierung ist **Umfassend**



Zeitgemäße  
Ausstattung  
für Gesund-  
heit und  
Lernerfolg



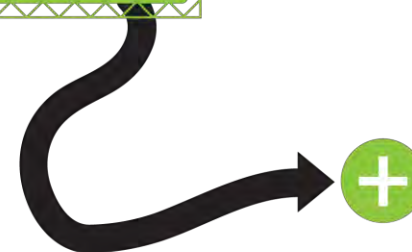
Brandschutz, Stiegenhaus aussenliegend. Neues pädagogisches Konzept, Teilüberdachung des Schulhofes, mit halb transparenten PV, Verbindung Innen/Aussen Pausenhalle Aula + Innenhof, Raum im Raum Container - Räume im überdachten Innenhof. Nischen im Gangbereich als Rückzugsbereiche.



	Anmerkung	Modulare Maßnahmen Konzept 3	Energie-
			einsparung
1	Energie Erzeuger	Dämmung Außenwand / Vorgefertigte Fassadenmodule Dezentrale Versorgung, Be- und Entlüftung	Individuelle Steuerung Innenraum Komfort
2	Passiv od. Aktiv	Dachgeschossausbau / Dachvermietung	Nachverdichtung und Wertsteigerung
1	Gebäudeober-	Kellerdecke dämmen/Nutzung abkoppeln	
1	fläche	Fenstertausch	



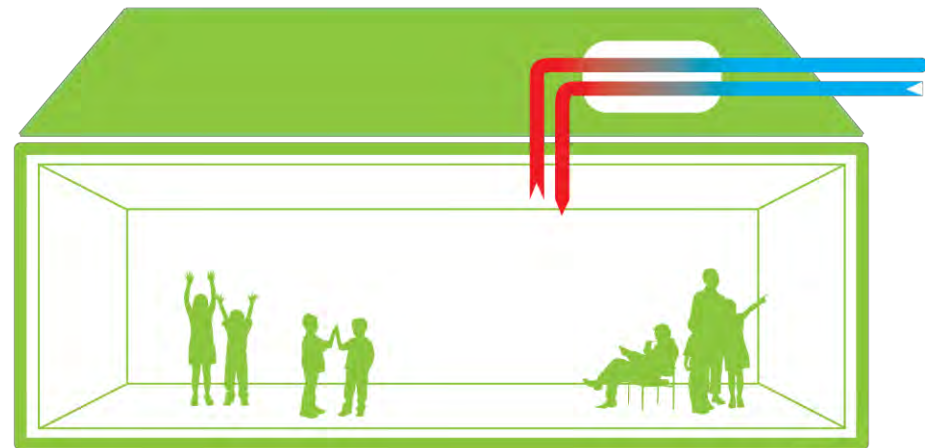
	Anmerkung	Modulare Maßnahmen	Energie-
			einsparung
			% des Bestands1)
1	Reduktion des	Dämmung Außenwand	38%
1	Heizwärme-	Dämmung der obersten Geschossdecke	6%
1	bedarfs	Kellerdecke dämmen/Nutzung abkoppeln	4%
2		Fenstertausch (teilweise)	30%



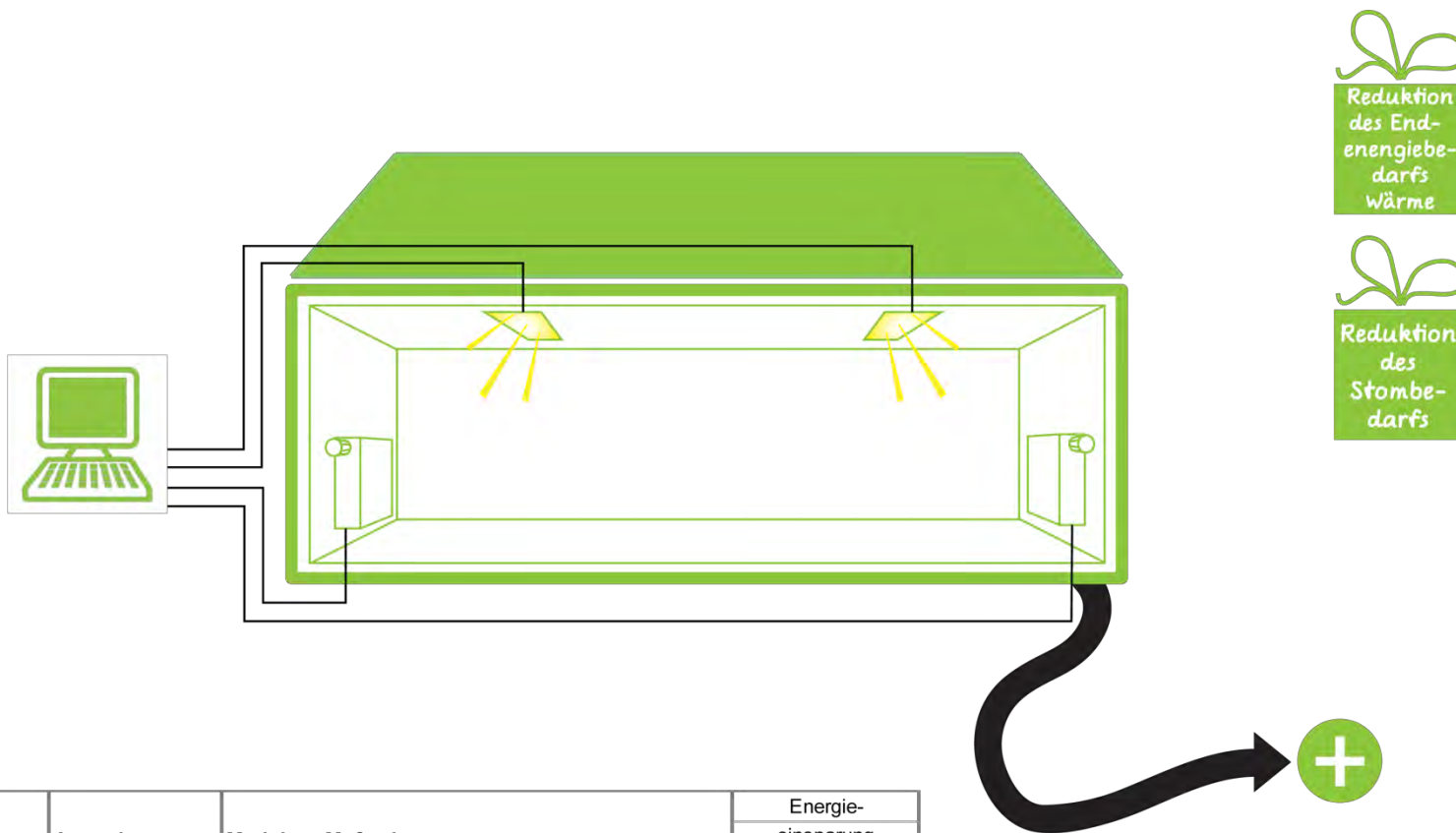




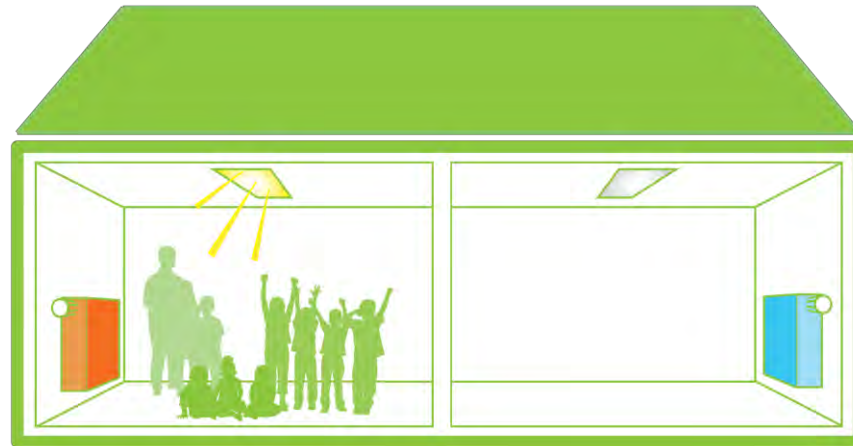
Zeitgemäße  
Ausstattung  
für Gesund-  
heit und  
Lernerfolg



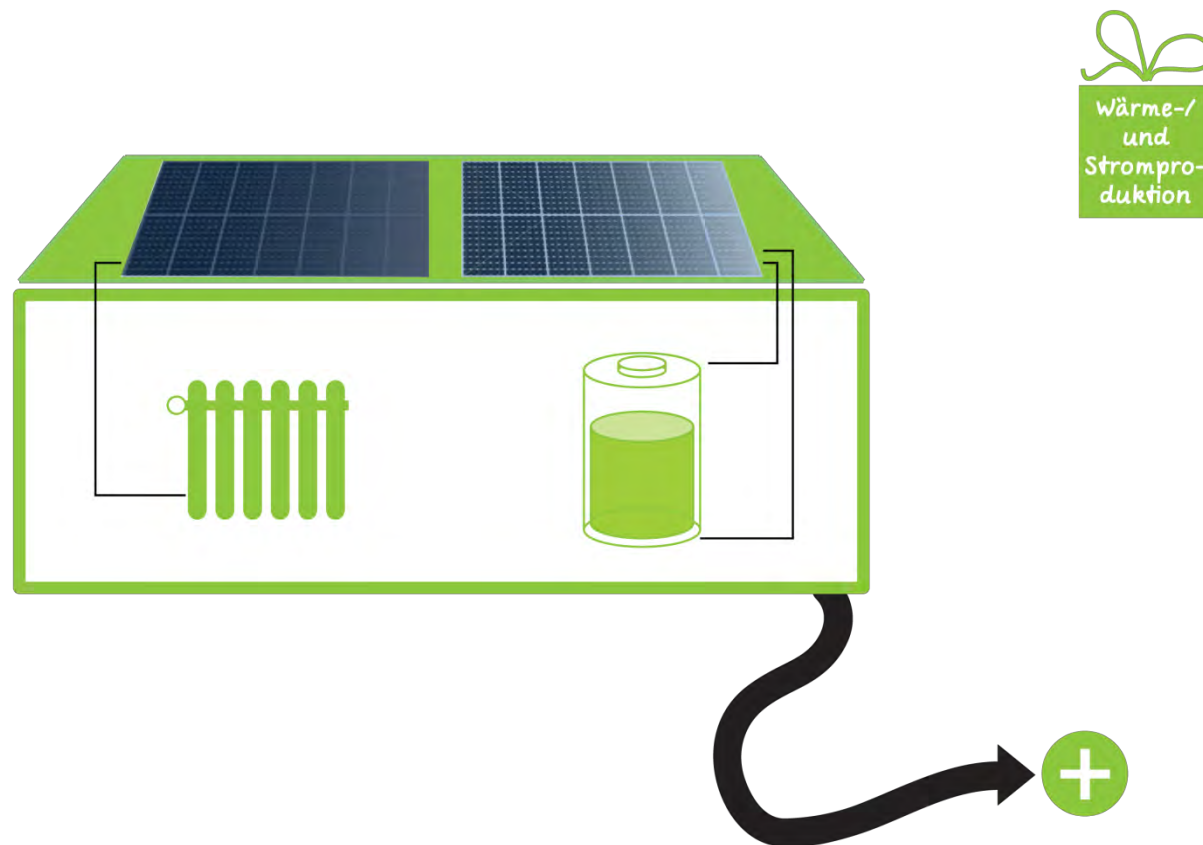
	<b>Anmerkung</b>	<b>Modulare Maßnahmen</b>	Energie- einsparung
flexibel	Zeitgemäße Ausstattung für Gesundheit und Lernerfolg	Innenraumgestaltung /neue Pädagogik: Trennwände, ...	Zeitgemäße Ausstattung für Gesundheit und Lernerfolg
1/2 .		Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung	



	Anmerkung	Modulare Maßnahmen	Energie-
			einsparung
4	Reduktion des Endenergie-	Hydraulischer Abgleich, Nachrüstung Thermostatventile	4%
4	Bedarfs Wärme	Intelligente Regelungstechnik für vorhandenen Heizkreis	
4	Reduktion des	Effiziente Pumpen (Tausch, Regelung)	52%
flexibel	Strombedarfs	Effiziente Beleuchtung (Tausch, Regelung)	

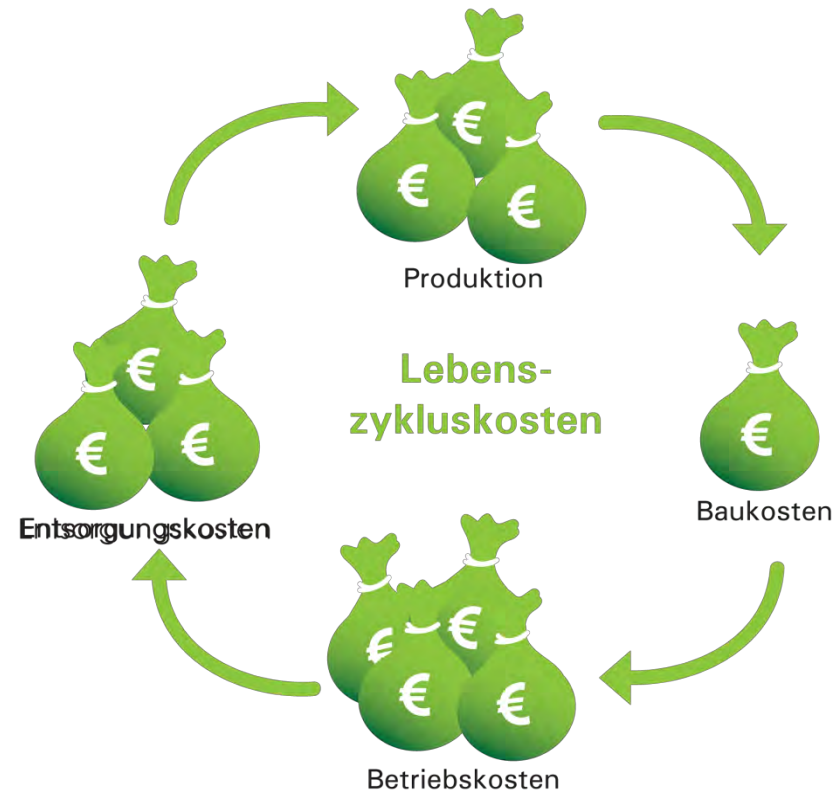


	<b>Anmerkung</b>	<b>Modulare Maßnahmen</b>	Energie- einsparung
flexibel	Qualitäts- kontrolle Betrieb	Verbrauchs- und Produktionsmonitoring	Notwendig, damit berechn. Einsparung praktisch erreicht wird
flexibel	NutzerInnen- Verhalten Betrieb		
		User-Feedback	



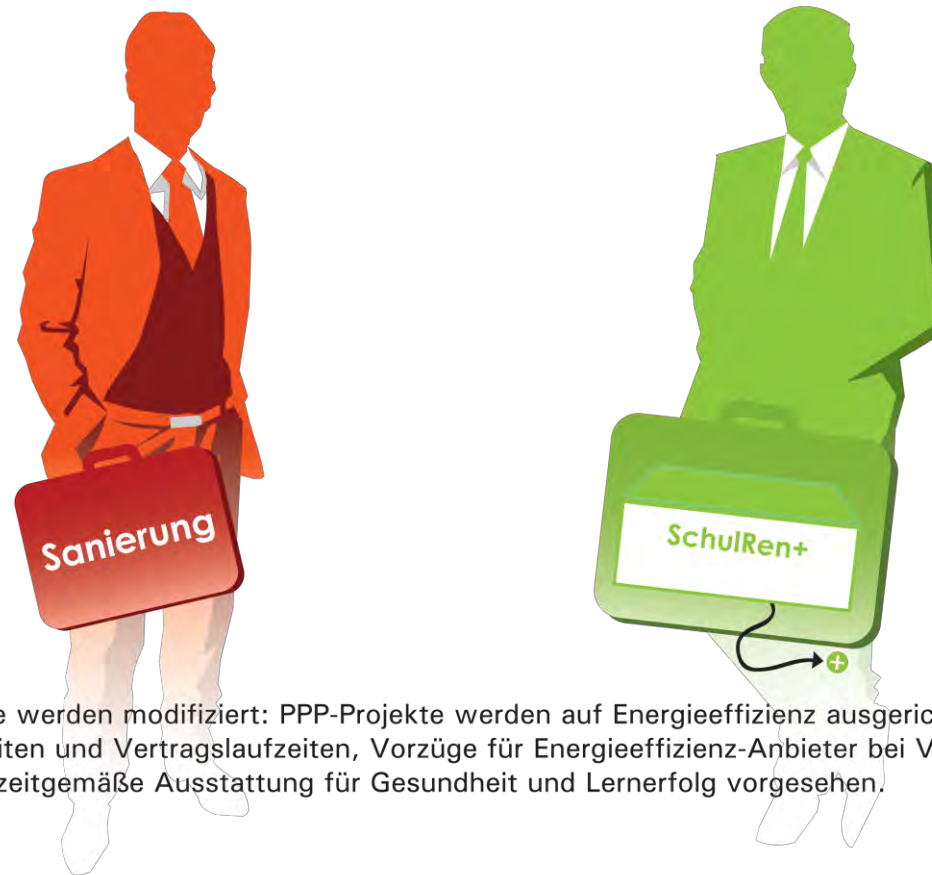
	Anmerkung	Modulare Maßnahmen	Energie-einsparung
4	Wärme- produktion	Solarthermische Anlage	Energie-produktion
flexibel	Stromproduktion	Photovoltaik-Anlage	

Schritt 3: Die zukunftsfähige Schulsanierung benötigt eine **Budgetplanung** (für mehr Energieeffizienz und erneuerbare Energie)



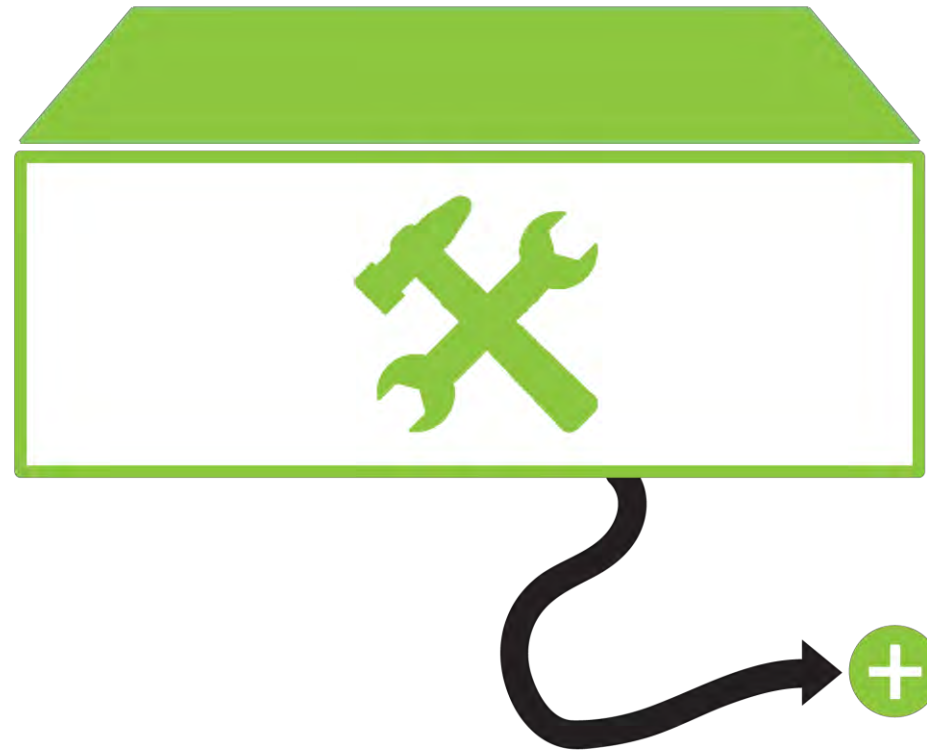
Energieeffizienzmaßnahmen werden auf der Basis von Lebenszykluskosten und nicht auf der Basis von reinen Investitionskosten in die Budgetplanung aufgenommen.

Schritt 4: Die zukunftsfähige Schulsanierung benötigt **neue Finanzierungskonzepte** (für Investitionen in zeitgemäße Ausstattung für Gesundheit und Lernerfolg, Energieeffizienz und erneuerbare Energietechnologien)



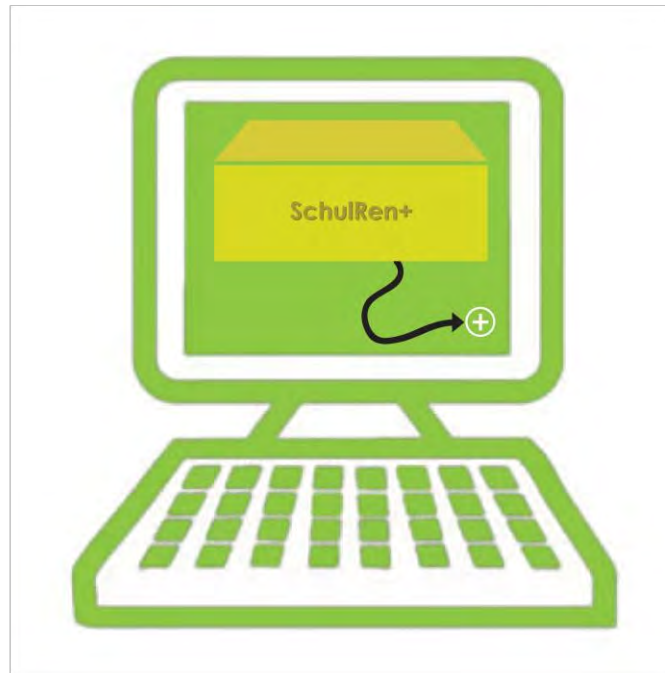
Finanzierungskonzepte werden modifiziert: PPP-Projekte werden auf Energieeffizienz ausgerichtet (Akzeptanz längerer Amortisationszeiten und Vertragslaufzeiten, Vorzüge für Energieeffizienz-Anbieter bei Vergaben). Es werden Budgetmittel für eine zeitgemäße Ausstattung für Gesundheit und Lernerfolg vorgesehen.

## Schritt 5: Die zukunftsfähige Schlusanierung **reduziert Folgekosten**



Es werden robuste und einfach bedienbare Technologien und Produkte eingesetzt.

## Schritt 6: Die zukunftsfähige Schulsanierung aktiviert die **nachhaltige Nutzung der Schule**



DirektorInnen, HausmeisterInnen, LehrerInnen und SchülerInnen werden involviert. "Menschliche" Umsetzungspotentiale werden aktiviert: Verantwortliche werden an der Energiekosteneinsparung beteiligt. Erfolgreiche Objekte werden auf der Schul- und Stadthomepage hervorgehoben.



Schritt 7: Die zukunftsfähige Schulsanierung **involviert die SchülerInnen**



Bei der Sanierungsumsetzung wird ein Energie-Lehrpfad realisiert. Die Themen Energieeffizienz, erneuerbare Energietechnologien, Gesundheit und Behaglichkeit werden in den Unterricht eingebunden.

Die zukunftsfähige Schulsanierung ist **Umfassend**



