



„Volks“- wirtschaftliches Modernisieren von Schulen

Neubau versus Modernisierung

Antonio Wehnl | Architekt | LUWOGÉ consult

- LUWOGÉ- consult
Sichten der Wirtschaftlichkeit am Beispiel BASF | Luwoge

- Ausgangslage

- Luftqualität in Schulen
Lüftungskonzepte

- Machbarkeitsstudie „Nullheizkostenschule“
Im Auftrag des Umweltministerium Mainz, FH Kaiserslautern

- Neubau versus Modernisierung

- Fazit



Die LUWOGÉ consult GmbH wurde als Spezialist im Bereich der **energetischen Sanierung und Modernisierung** gegründet und ist eine 100%ige Tochter der LUWOGÉ GmbH, dem Wohnungsunternehmen der **BASF**.

Der Schwerpunkt der Unternehmensaktivitäten liegt in der **Beratung, Objektsteuerung und Forschung** in der Bau-, Wohnungs- und Immobilienwirtschaft zur Vermarktung von Knowhow von energetisch optimierten und nachhaltigen Modernisierungen.

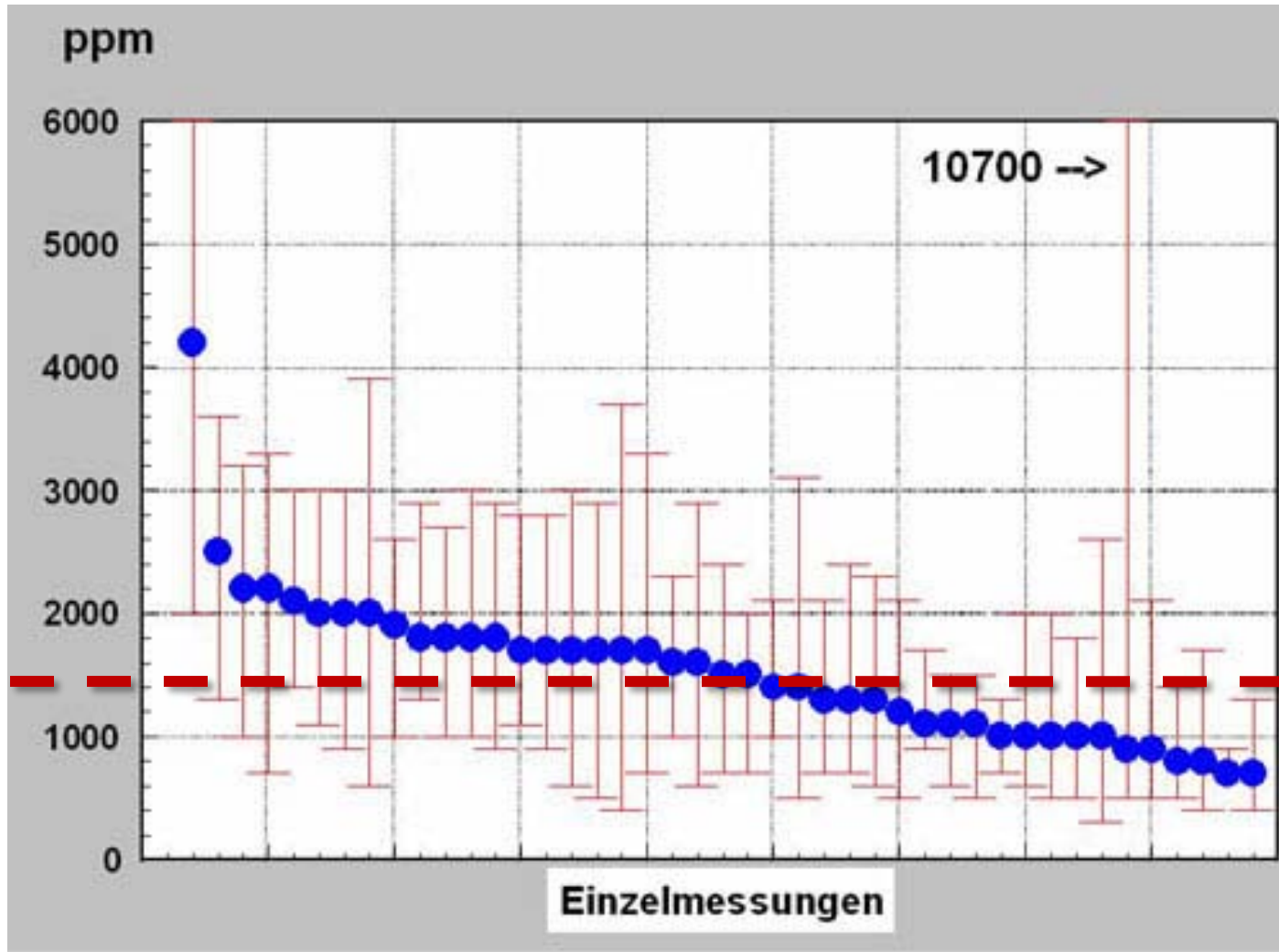
Unternehmensaktivitäten LUWOGÉ consult

- Strategisches Immobilienmanagement (z.B. Portfolioanalysen)
- Technisch-/wirtschaftlichen Immobilienentwicklungen
- Energetisches Planen, Bauen und Modernisieren und Qualitätssicherung
- Immobilienmanagement im Betrieb
- Knowhow-Transfer (Schulungen, Seminare, Consulting)

- Viele Schulen in ganz Deutschland weisen ein **sehr hohen Sanierungsbedarf** auf.
- Gleichzeitig wurde, nicht nur durch die **PISA- Studie**, der Blick auf die häufig **schlechte Luftqualität in Unterrichtsräume** gelenkt.
- Die **energetischen Modernisierungen von Nichtwohngebäuden** rücken immer mehr in den Focus.
- Seit Einführung der **DIN 18599** muss das Gebäude **ganzheitlich**, unter Einbeziehung von Hülle, Heizungsanlage, Beleuchtung, Belüftung, usw. **betrachtet werden**.
- **Lüftungsanlagen** in Schulen werden seit Mitte 2009 bis zu **25% vom BMU gefördert**.

- **Luftqualität** wird (hauptsächlich) durch **CO₂-Gehalt bemessen**
- **Richtwert** nach DIN 1946 Teil 2 ist ein CO₂-Wert von **1500 ppm (0,15 Vol.-%)** der nicht überschritten werden sollte
- **Schlechte Luftqualität spiegelt** sich wider in
 - Schlechter **Gesundheitszustand**
 - Verringerung des **Lernvermögens**
- Daher ist es wichtig, dass Klassenräume **ausreichend gelüftet werden**
 - **Fensterlüftung reicht hierzu nicht aus**
 - **Dauerhaft gute Luftqualität** kann nur durch **mechanische Lüftung** sichergestellt werden
- Nach EN 13779 ist ein Außenvolumenluftstrom von **ca. 20 m³/h** und Person **ausreichend**. Zusätzliche **Stoßlüftung in den Pausen** sorgt für gute Ausgangssituation für die nächsten Schulstunden

Messungen in den Wintermonaten an 40 Berliner Schulen | 87% überschreiten den Richtwert von 1500 ppm



Tagesmittelwerte der Gehalte an Kohlendioxid in Berliner Schulen

Quelle: LGL, Projekt Luftqualität in öffentlichen Innenräumen

Empfehlungen des UBA (2008)



Umwelt
Bundes
Amt 
Für Mensch und Umwelt

- Kohlendioxid -Konzentration < 1.000 ppm
- kontrollierte Raumluftfeuchte
 - Minimierung des Wachstums von Mikroorganismen
- Luftbefeuchter vermeiden
- TVOC < 1 mg/m³
 - Total Volatile Organic Compound (flüchtige Kohlenwasserstoff-Verbindungen)
- Beispiel Toluol < 3mg/m³ (RW II)
 - Richtwerte II erfordern bei Überschreitung Abhilfemaßnahmen
- Minimierung Feinstaubkonzentration
 - Innenraumgrenzwerte liegen nicht vor
 - lungengängiger Feinstaub stammt von Außenluft (→ Feinfilter erforderlich)
 - Feinstaub –Grenzwerte in Außenluft sind zu berücksichtigen
- Minimierung Gerüche
 - durch Lüften, d.h. Verdünnen mit Außenluft
- Einhaltung Schallschutz
 - Fassade $R_w > 47$ dB
 - Innenwände $R_w > 47$ bis 55 dB

Empfehlungen des UBA (2008)

- freies Lüften nur durch Stoßlüftung
 - alle Fenster in jeder Pause vollständig öffnen
 - Querlüftung einseitiger Raumlüftung vorziehen
 - Heizventile beim Lüften schließen
 - übermäßige Raumauskühlung vermeiden
 - Heizung für schnelle Wiederaufheizung auslegen
- Paradigmenwechsel zur maschinellen Lüftung?
 - Appelle zum richtigen Lüften haben Raumluftqualität in Schulen nicht verbessert
 - dauerhaft gute Luftqualität ohne maschinelle Lüftung nicht erreichbar
 - Zwang zum Einsparen von Heizenergie, Primärenergie fordert kleinere Lüftungswärmeverluste

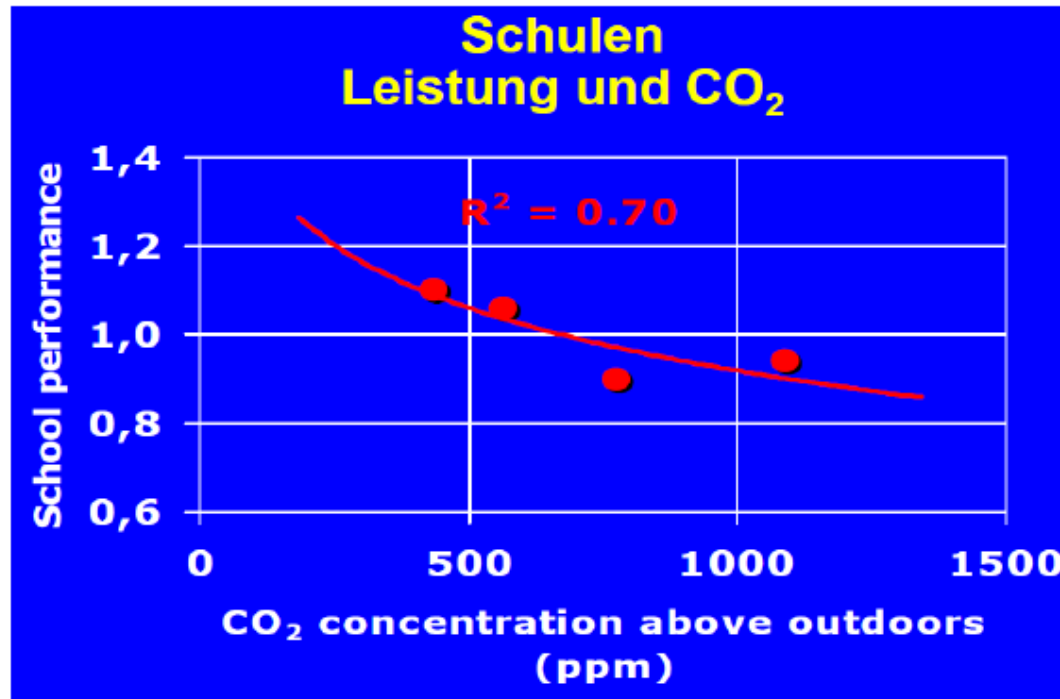
Studie an Schulen in Schweden und Dänemark

- Messung der Leistung von Schülern abhängig von Raumtemperatur und Außenluftfrate



Quelle: ICEBO 2008: Pawel Wargocki
International Center for Indoor Environment and Energy / Technical University of Denmark

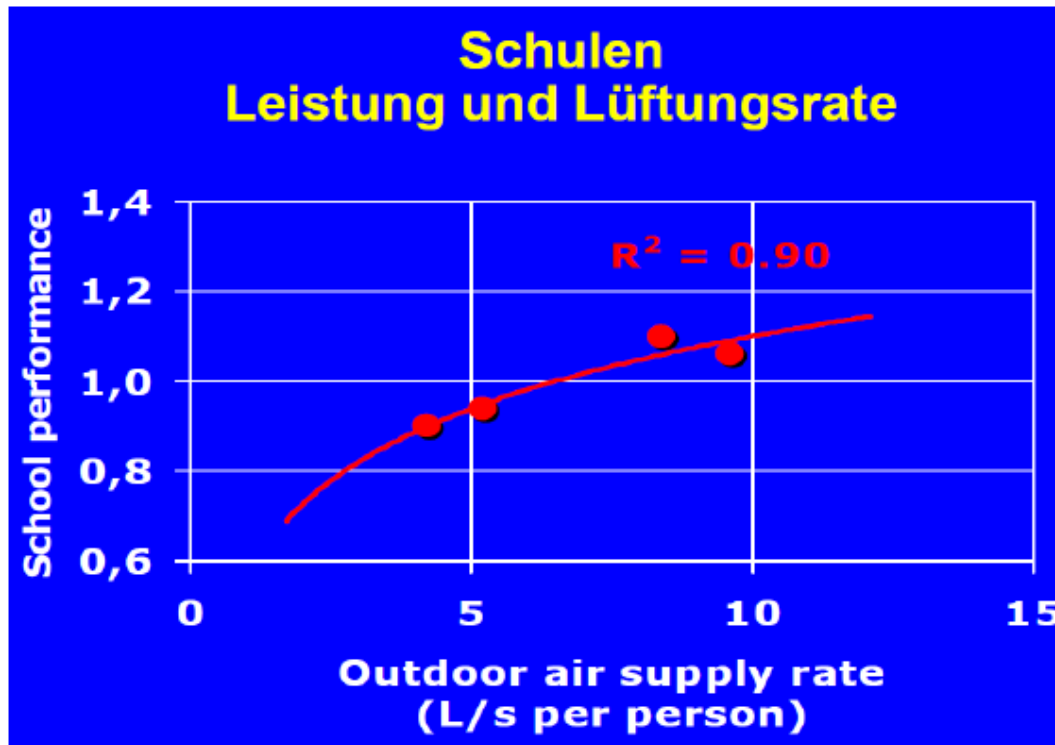
Leistung und Raumluftqualität



CO₂ in Außenluft 400 – 500 ppm
muss addiert werden

Quelle: Indoor Air 2008: Professor Dr. Ing Bjarne W. Olesen
International Centre for Indoor Environment and Energy / Technical University of Denmark

Leistung und Raumluftqualität



Quelle: Indoor Air 2008: Professor Dr. Ing Bjarne W. Olesen
International Center for Indoor Environment and Energy / Technical University of Denmark



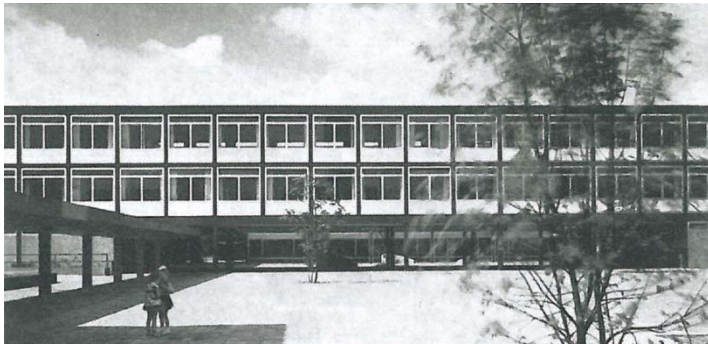
„Gutes Klima für Schulen durch anspruchsvolle Energiestandards – und es rechnet sich“

Margit Conrad,
Umweltministerin Rheinland-Pfalz

- Im Auftrag des **Umweltministeriums Rheinland-Pfalz** hat LUWOG consult zusammen mit der Fachhochschule Kaiserslautern mehrere Schulobjekte untersucht:
- In der Analyse wurden **verschiedene Sanierungsvarianten** mit unterschiedlichen energetischen Standardniveaus unter Einbezug des zukünftigen Heizenergiebedarfs und der zu **erwartenden Energiepreisentwicklung** gegenübergestellt.
- In einer Gesamtkostenbetrachtung über 25 Jahre wurden die gesamten **Lebenszyklus-Kosten**, die die Kosten über die gesamte Nutzungsdauer abbilden, ermittelt und die **optimale Umsetzungsalternative** entwickelt.

Aufgabenstellung

- Modellhafte Untersuchung der **wirtschaftlichsten Lösungen** für die **energetische Sanierung von Schulen** und deren Übertragbarkeit auf Gebäudetypen
- Prüfung der Anwendbarkeit der beim **Null-Heizkosten-Haus** erfolgreich umgesetzten LUWOG consult- Methode (Ermittlung des wirtschaftlichen Optimums bei unterschiedlichen Modernisierungsalternativen) bei Schulen



Untersuchung von fünf verschiedenen für Rheinland-Pfalz typischen Schulgebäuden

Typus 1



Haupt- und
Realschule
Neumagen-
Dhron

Typus 2



Schillerschule
Kaiserslautern

Typus 3



Erich-Kästner-
Schule
Ludwigshafen

Typus 4



Franz-von-
Sickingen-
Schule
Bad Münster
am Stein /
Ebernburg

Typus 5



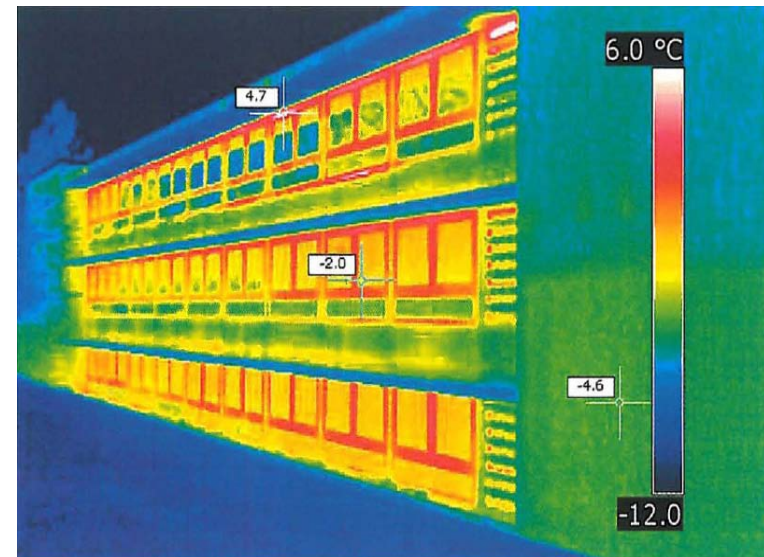
Grundschule
Birresborn

Ausgangssituation

Ausgangstatus der zu untersuchenden Schulgebäude

- Allgemeinzustand ist schlecht
- Sehr hohe Energiekosten

→ **Dringender Sanierungsbedarf**



Quelle: Detail, 2009/9

Umfang der Schulstudie

- Die Studie konzentriert sich auf die **energetischen Maßnahmen**
- Für jeden Gebäudetyp wurden **18 mögliche Modernisierungslösungen** entwickelt
- Für jede der Alternativen wurde das Energieeinsparpotenzial und die **Wirtschaftlichkeit** ermittelt
- Die Alternativen decken das Spektrum zwischen einer **„Basis-Modernisierung“** und einer **„High end“-Modernisierung** ab

Alternativenfestlegung

- **Grundlage** der Untersuchung waren die **fünf definierten Gebäudetypen** für Schulgebäude
- Die **Maßnahmen** bezogen sich auf:
 - **Dämmung der Wände**, des Dachs und der Kellerdecke
 - **Fenster**
 - **Heizung- und Lüftungstechnik**
- **Ziel:** Generelle Aussage über die **Wirtschaftlichkeit** von **energetischen Modernisierungsmaßnahmen** anhand der oben definierten Modernisierungsalternativen **für jeden Gebäudetypus**

Alternativenmatrix

Bauteil	Maßnahme		
	Basis	Medium	Maximum
Dämmung D	Außenwand dämmen, 8 cm WLG 035 Dach dämmen 12 cm Kellerdecke 6 cm D	Außenwand dämmen, 14cm WLG 035 Dach dämmen 18 cm Kellerdecke 12 cm D+	Außenwand dämmen, 30 cm WLG 035 Dach dämmen 40 cm Kellerdecke 18 cm D++
Fenster F	2-Scheiben-Fenster $U_w=1,7$ F	2-Scheiben-Fenster $U_w=1,3$ F+	3-Scheiben-Fenster $U_w=0,8$ F++
Lüftung L	Ohne Wärmerückgewinnung L	Mit Wärmerückgewinnung L+	

Die Alternativen werden mit Abkürzungen nach folgendem Schema benannt:

D+F+L+ bedeutet:

- Dämmung der Außenwand 14 cm
- Dachdämmung 18 cm
- Dämmung der Kellerdecke 12 cm
- 2-Scheiben-Fenster $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2 \text{ k}$

Energetische Betrachtung

Grundvoraussetzungen der Vergleichbarkeit:

- Einbau einer Lüftungsanlage
- Einheitliche Nutzungsprofile und Nutzungsdauern für jede Schule
- Maßnahmen, die nicht mit der energetischen Modernisierung zusammenhängen, werden nicht berücksichtigt

Durch die Maßnahmen lässt sich im Mittel rund 50% der benötigten Energie einsparen

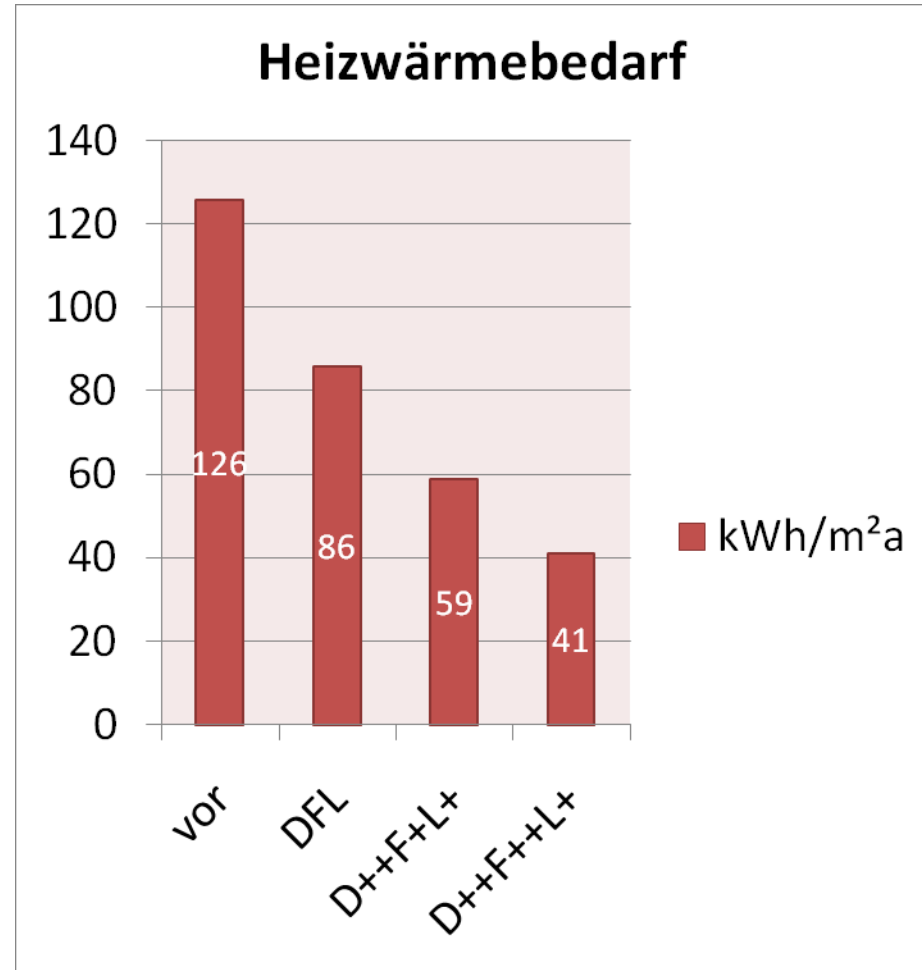
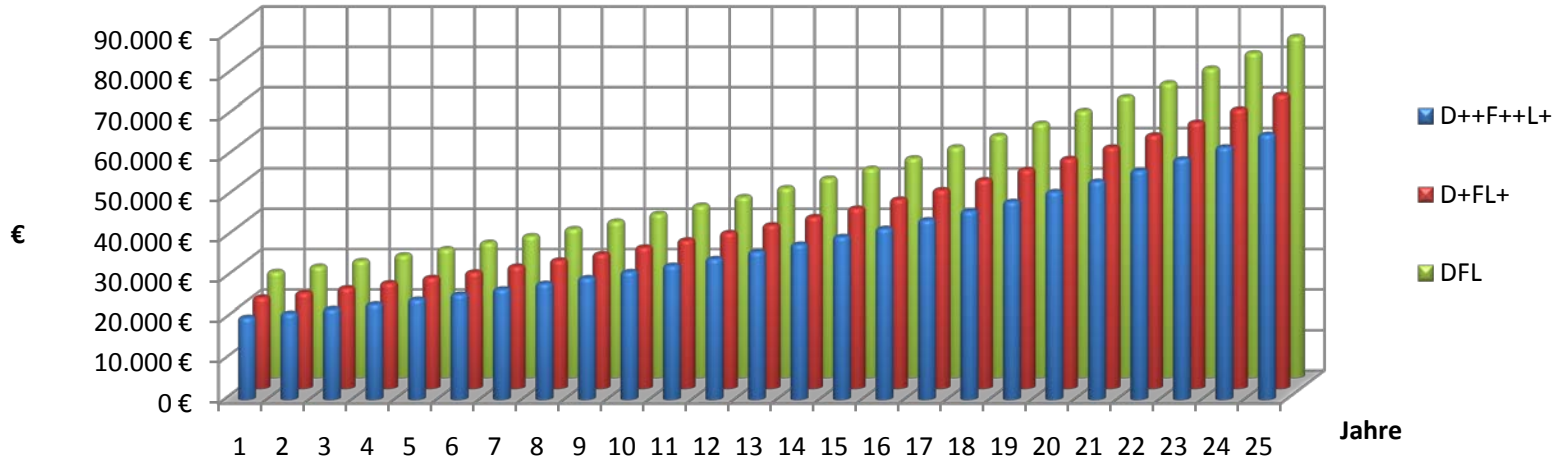


ABBILDUNG: HEIZWÄRMEBEDARF IN KWh/m² p.a.

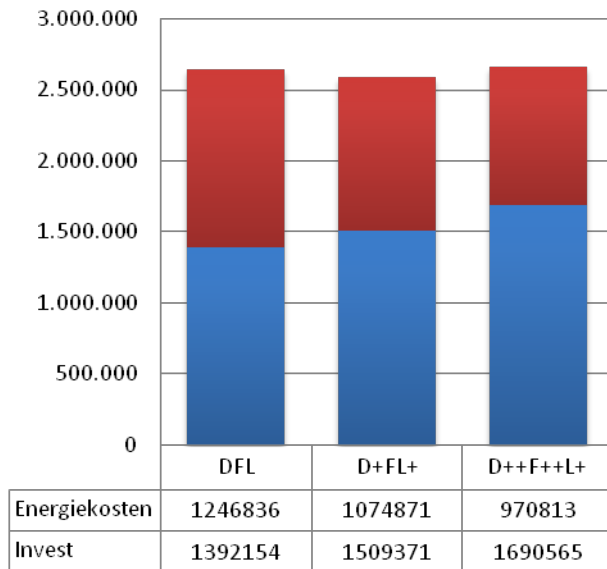
LUWOGÉ consult - Wirtschaftlichkeitsanalyse

- Berechnung erfolgt mit Hilfe eines **Vollständigen Finanzplans** (VOFI, Visualization of Financial Impacts)
 - Dynamisches Verfahren der Investitionsrechnung
 - Betrachtungszeitraum 25 Jahre
 - Vollkostenrechnung
- **Investitionskosten** und **Darlehenskosten** (als Annuitäten) werden berücksichtigt, ebenso die jährlich anfallenden **Energiekosten**
- Die Sensitivität der Energiepreisentwicklung wird mit **3 Energiepreissteigerungsszenarien** abgebildet

Energiekostenentwicklung bei 5% Energiepreisteigerung p.a.



Invest (inkl. Annuitäten) + Energiekosten über 25 Jahre



Die Endwertbetrachtung zeigt in diesem Beispiel, dass **nicht immer die energetisch beste Alternative auch die wirtschaftlichste ist.**

Ergebnisse Schulsanierungsstudie

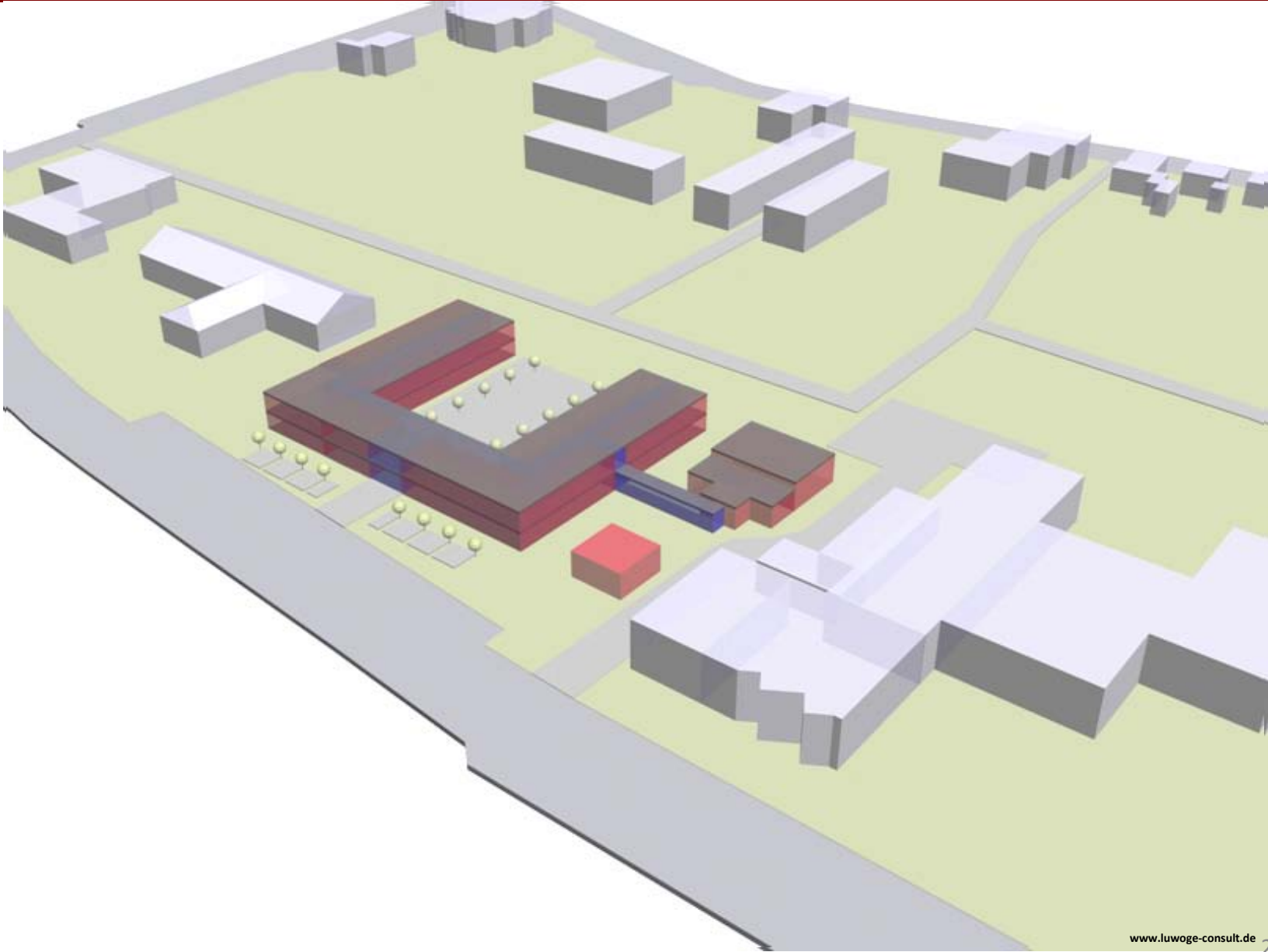
- Wegen ihres großen Flächenanteils haben die **Fenster** einen **entscheidenden Einfluss** auf die Energiebilanz
- **Große Dämmstärken (z.B. > 20cm)** an den Außenwänden haben dementsprechend nur einen **kleinen Einfluss** auf die Energieeffizienz
- **Wesentlich ist der Einsatz einer Lüftungsanlage** und die Luftwechselrate von 20 m³/h und Person:
 - reduziert den energetischen Einfluss der Gebäudehülle
 - hoher Wärmerückgewinnungsgrad ist essentiell
- Sich ändernde **Nutzungszeiten** beeinflussen die **Wirtschaftlichkeit** . Dies muss unbedingt beachtet werden (Ganztageschule !?)

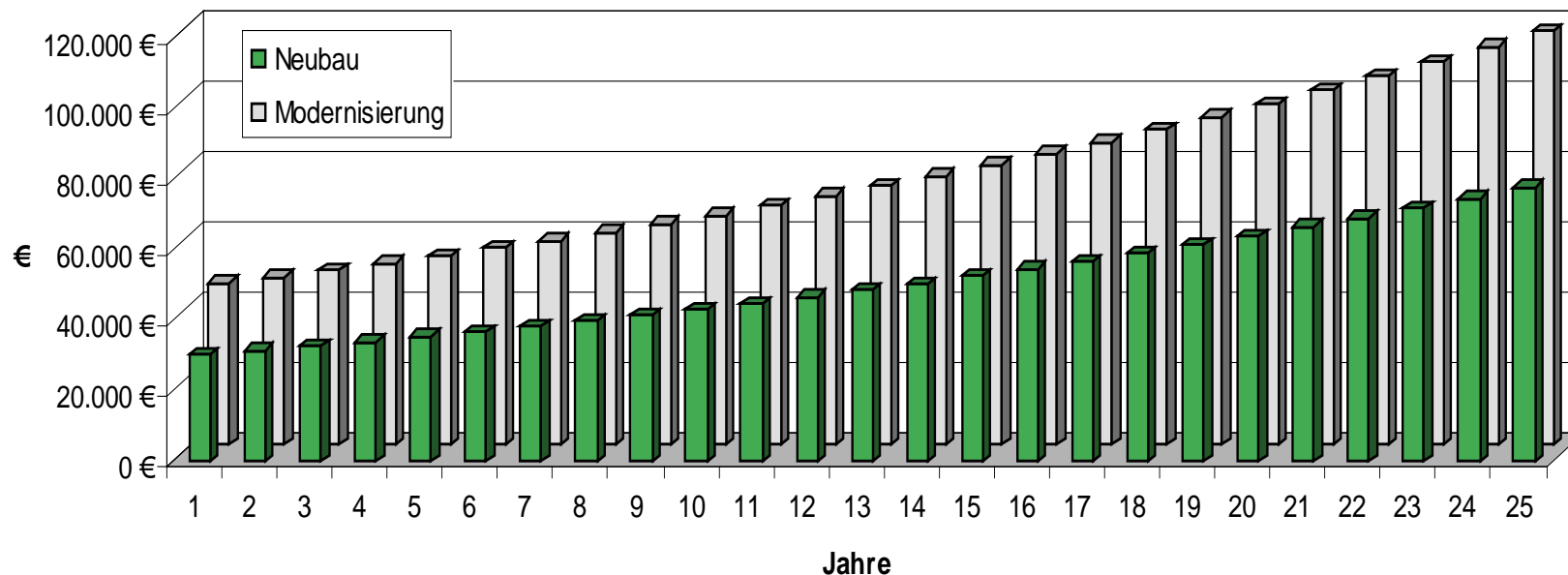
Ergebnisse Schulsanierungsstudie

- In jedem Fall kann durch eine energetische Schulsanierung eine wirtschaftlich sinnvolle Einsparung von über **50% der Heizenergie** erzielt werden.
- Diese hohen Werte können dadurch erreicht werden, dass **grundsätzlich Lüftungsanlagen** eingebaut werden. Die dadurch deutlich **erhöhte Luftqualität** in den Klassenräumen verbessert zudem die Lernbedingungen grundlegend.
- Bei Beschluss einer Schulsanierung empfiehlt sich eine **umfassende Einzelbetrachtung** der jeweiligen Schule, um die **wirtschaftlichste Variante** unter Einbezug der jeweiligen spezifischen Finanzierungsansätze zu ermitteln.



BGF (m2)	Modernisierungsvarianten		Neubauvarianten	
	Teilauslagerung 4395 m ²	Vollständige Auslagerung 4395 m ²	bisheriger Standort 3535 m ²	Neuer Standort 3535 m ²
Kostengruppen DIN 276				
200	-	-	170.000 €	170.000 €
300	5.500.000 €	6.140.000 €	5.250.000 €	5.250.000 €
400	1.490.000 €	1.490.000 €	1.170.000 €	1.170.000 €
500	30.000 €	10.000 €	380.000 €	380.000 €
600	580.000 €	650.000 €	580.000 €	580.000 €
700	1.330.000 €	1.460.000 €	900.000 €	900.000 €
Summe Schulbau	8.930.000 €	9.750.000 €	8.450.000 €	8.450.000 €
Bad / Sanierung bzw. NB	300.000 €	300.000 €	300.000 €	1.110.000 €
• Gesamtbetrag	9.230.000 €	10.050.000 €	8.750.000 €	9.560.000 €
Kennwerte				
€/m2 BGF [300+400]	1.590 €	1.740 €	1.820 €	1.820 €
Enthalten in 300				
Auslagerung	2.150.000 €	1.500.000 €	290.000 €	-
Zulage Umgebung				220.000 €
PCB-Sanierung / Abrisskosten	810.000 €	810.000 €	1.470.000 €	1.570.000 €





Energiepreissteigerung von 4 % pro Jahr

Energiekosten im Jahr 25:

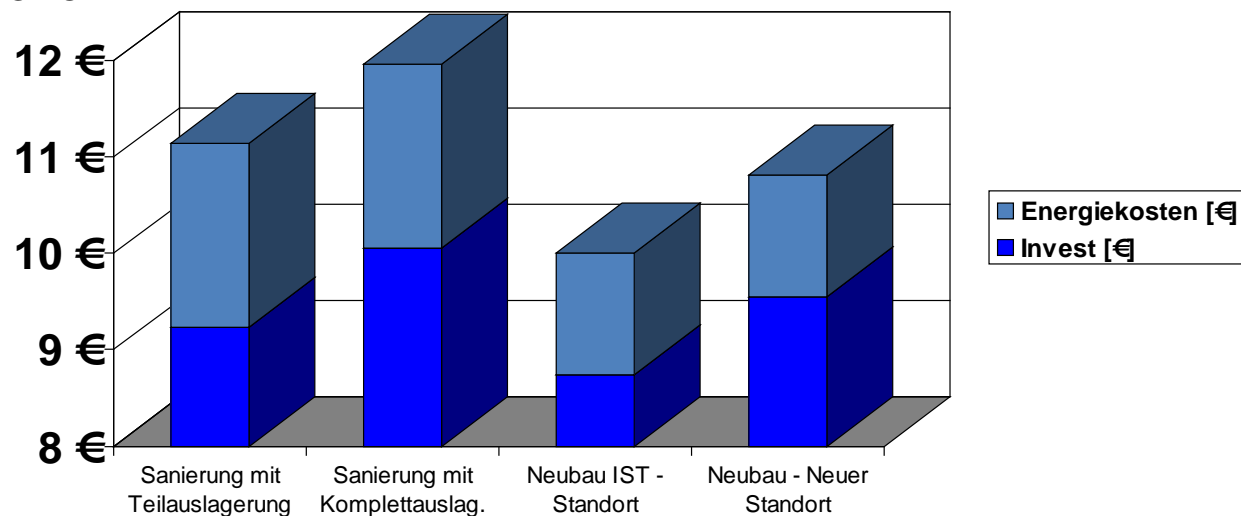
Neubauvarianten: 78.034 €/a

Modernisierungsvarianten: 117.590 €/a

Energiekostendifferenz über 25 Jahren: 640.000 €

Vermögensendwert nach 25 Jahren [€]

Millionen



Variante	Teilauslagerung	Komplettauslagerung	Neubau IST - Standort	Neubau Neuer Standort
Energiekosten	1.910.500 €	1.910.500 €	1.267.800 €	1.267.800 €
Investition [Bau- und Auslagerungskosten]	9.230.000 €	10.060.000 €	8.740.000 €	9.560.000 €
Kumulierte Investitions- und Energiekosten nach 25a	-18.485.000 €	-19.725.000 €	-16.610.000 €	- 18.060.000 €

Kriterium		Gewichtung	Modernisierung [Teilauslagerung]	Modernisierung [Komplett- auslagerung]	Neubau IST - Standort	Neubau Neuer - Standort
Architektur	Umsetzung des Raumprogramms der ADD	18	80 % 14,4	80 % 14,4	90 % 16,2	90 % 16,2
	Nutzungsqualität für den Schulbetrieb	18	70 % 12,6	70 % 12,6	80 % 14,4	80 % 14,4
	Optische Wirkung des Bauwerkes	8	60 % 4,8	60 % 4,8	80 % 6,4	90 % 7,2
Umwelt	Primärenergieverbrauch	10	70 % 7	70 % 7	90 % 9	95 % 9,5
	Stoffverbrauch	4	80 % 3,2	80 % 3,2	50 % 2	40 % 1,6
Umsetzung	Bauzeit	9	60 % 5,4	80 % 7,2	20 % 1,8	90 % 8,1
	Beeinträchtigung des Schulbetriebs	18	30 % 5,4	30 % 5,4	20 % 3,6	100 % 18
	Bauablauf	5	50 % 2,5	80 % 4	30 % 1,5	100 % 5
Risiko- transfer	Baukostenrisiko	10	60 % 6	60 % 6	80 % 8	90 % 9
Gesamtnutzen		Σ 100	61	65	63	89



Unterricht

Unterrichtsräume
Kursräume
Werkräume
Brennraum
Maschinenraum
Textiles Gestalten

Küche

Lehrküchen
Vorrat
Kühlung
Wärme-/ Spülküche
Waschen/ Bügeln

Foyer

Foyer
Hausmeister
Elternzimmer

Therapie

Therapie
Arzt
Snoezelraum
Sozialraum

Mehrzweck

Speiseraum/
Mehrzweckbereich

Bewegung

Krankengymnastik
Geräteraum
Umkleide
Lehrerumkleide
Duschen/ Toiletten

- Mut zum **Rückbau** EG
- Schaffen von Räumen für **neue Lebensräume**
- Eine „**Nullheizkostenschule**“ muss **nicht** „**Volks**“- wirtschaftlich sein
- Eine sich **verändernde Gesellschaft** benötigt **neue** „**Bildungs**“-Lebensräume



Vielen Dank!

Antonio Wehnl LUWOGE consult