

Nationales Förderprogramm EnSan

Lessons learned & Status quo aus realisierten Modellprojekten

Johann Reiß

Energetische Sanierung der Gebäudesubstanz EnSan

Laufende und zum Teil abgeschlossene EnSan-Demonstrationsvorhaben

Kleine Wohngebäude						
Innerstädtische Wohn- und gemischt genutzte Gebäude						
Große Gebäudekomplexe						
Büro- und Verwaltungsgebäude						
Bildungsstätten					In Vorbereitung: Universitätsgebäude	
Beherbergungsgebäude, Wohnheime und Pflegestätten						
Sonstige Gebäude						

Energetisch sanierte Schulen

Schule	Baujahr	Sanierung	Projektleitung/ Validierungsmessung
 Bertolt-Brecht-Gymnasium Dresden	1967	1993 - 1995	FHG-IBP, Uni Dresden, TU Berlin, IBUS
 Paul-Robenson-Schule Leipzig	1969	1991 - 1996	Stadt Leipzig, FHG-ISE
 Schule Nord Wurzen	1972	1995 - 1999	Stadt Wurzen, FHG-ISE
 Regelschule Erfurt	1974	1995 - 1999	Stadt Erfurt, FHG-ISE, FH Erfurt, Uni Karlsruhe
 Grund- und Hauptschule Stuttgart- Plieningen	1936 / 1957 / 1970	1996 - 1997	Stadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, FHG-IBP, Lehrstuhl für Heiz- und Raumluftechnik
 Käthe-Kollwitz- Schule Aachen	1951 - 1957	2000 - 2004	Stadt Aachen, Casa, INCO

Bertolt-Brecht-Gymnasium Dresden



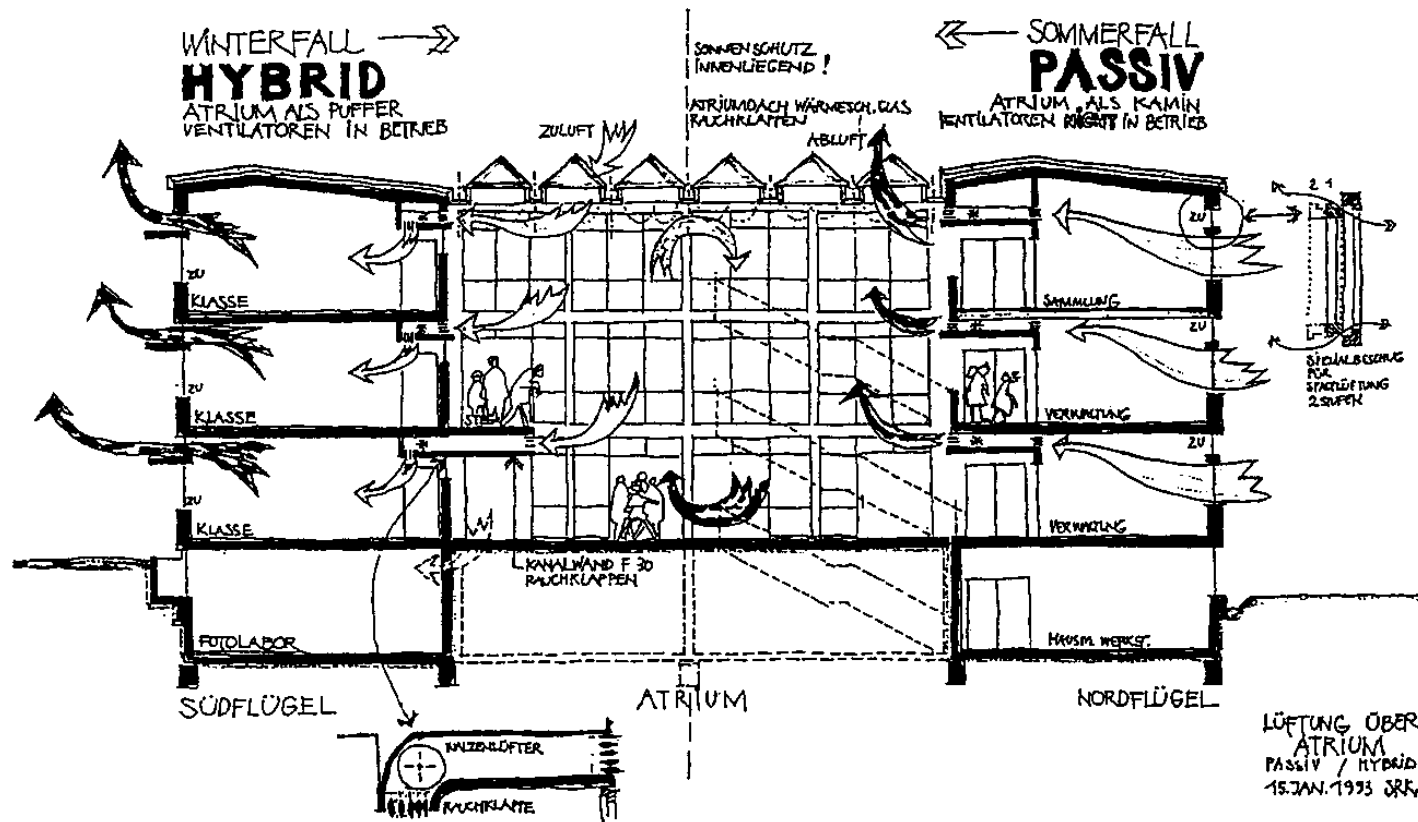
Sanierungsziel

- Entwicklung und Umsetzung eines Sanierungskonzeptes für diesen Schultyp
- Sozial-kulturelle Aufwertung des Schultyps durch Überdachung der Innenhöfe mit Glasdächern

Maßnahmen

- Dämmung der Hüllfläche (Wand, Dach, Boden)
- Wärmeschutzverglasung
- Umgestaltung der Innenhöfe zu Atrien
- Vorwärmung der Luft durch die Atrien im Winter, Nachtlüftung im Sommer über die Atrien
- Erneuerung des Heizsystems
- Optimierung der Tageslichtnutzung
- Erneuerung der Beleuchtungstechnik

Bertolt-Brecht-Gymnasium Dresden





Bertolt-Brecht-Gymnasium Dresden

Ergebnis

Positiv

- Reduzierung des Heizwärmeverbrauchs von 283 auf 69 kWh/m²a (Einsparung: 75 %)
- Optische Aufwertung des Gebäudes
- Hohe Akzeptanz durch zwei neue Atrien
- Stromverbrauch der Beleuchtung durch verbesserte Leuchten und tageslichtabhängige Regelung um bis zu 77 % reduziert



Bertolt-Brecht-Gymnasium Dresden

Negativ

- Beheizung der Atrien im Winter
- Die Belüftung der Klassenräume erfolgt nicht in der geplanten Weise
- Geräusche der Lüftungsventilatoren stören den Unterricht
- Installierte Außenjalousien hinsichtlich Sonnenschutz geeignet, doch lichtlenkende Maßnahmen zur besseren Tageslichtnutzung fehlen
- Nachtlüftung der Klassenräume über Atrium eingeschränkt durch nicht ausreichend weit öffnbare Oberlichter
- Der horizontale innere Sonnenschutz in den Atrien konnte aus Kostengründen nicht wie geplant automatisch ausgeführt werden

Paul-Robenson-Schule Leipzig



Ausgangszustand

- Hoher Heizenergieverbrauch ($225 \text{ kWh/m}^2\text{a}$)
- Mangelhafte Qualität der Bauteile
- Mangelhafte Bauausführung
- Bauerhaltungsmaßnahmen in der Vergangenheit vernachlässigt

Ziel

- Sanierung und Senkung des Heizenergiebedarfs unter Nutzung solarer Techniken

Maßnahmen

- Einsatz von transparenter Wärmedämmung an Leichtbetonelementen im Bereich der Fensterbrüstungen
- Dämmung der Hüllflächen (Wand, Dach)
- Wärmeschutzverglasung
- Einzelraumtemperaturregelung
- Erneuerung der Kesselsteuerung



Paul-Robenson-Schule Leipzig

Ergebnis

Positiv

- Reduzierung der Heizwärme von 225 auf 71 kWh/m²a (Einsparung: 68 %)
- Solare Gewinne durch transparente Wärmedämmung
- Sanierung weckte Interesse der Schüler und Lehrer

Negativ

- Nachweis im Einzelfall für TWD notwendig
- Verschattung der TWD notwendig, Ansteuerung von 96 TWD-Verschattungsrollos
- Heizkörper hinter TWD-gedämmter Brüstung nachteilig für Solarenergienutzung
- Sommerliche Überhitzung erforderte nachträglichen Sonnenschutz
- Nachtlüftung mit Ventilatoreinsatz ab 4.00 Uhr morgens diente als Sofortmaßnahme
- Öffnbare Lüftungsschlitze in den Fensterrahmen nicht ausreichend. Für den erforderlichen Luftwechsel war zusätzlich Ventilatoreinsatz oder Fensteröffnen notwendig
- Offen zugängliche Regeleinrichtungen der Heizung wurden von Schülern häufig beschädigt

Schule Nord Wurzen



Ausgangszustand

- Vergleichbar mit der Robenson-Schule Leipzig
- Hoher Heizenergieverbrauch (199 kWh/m²a)

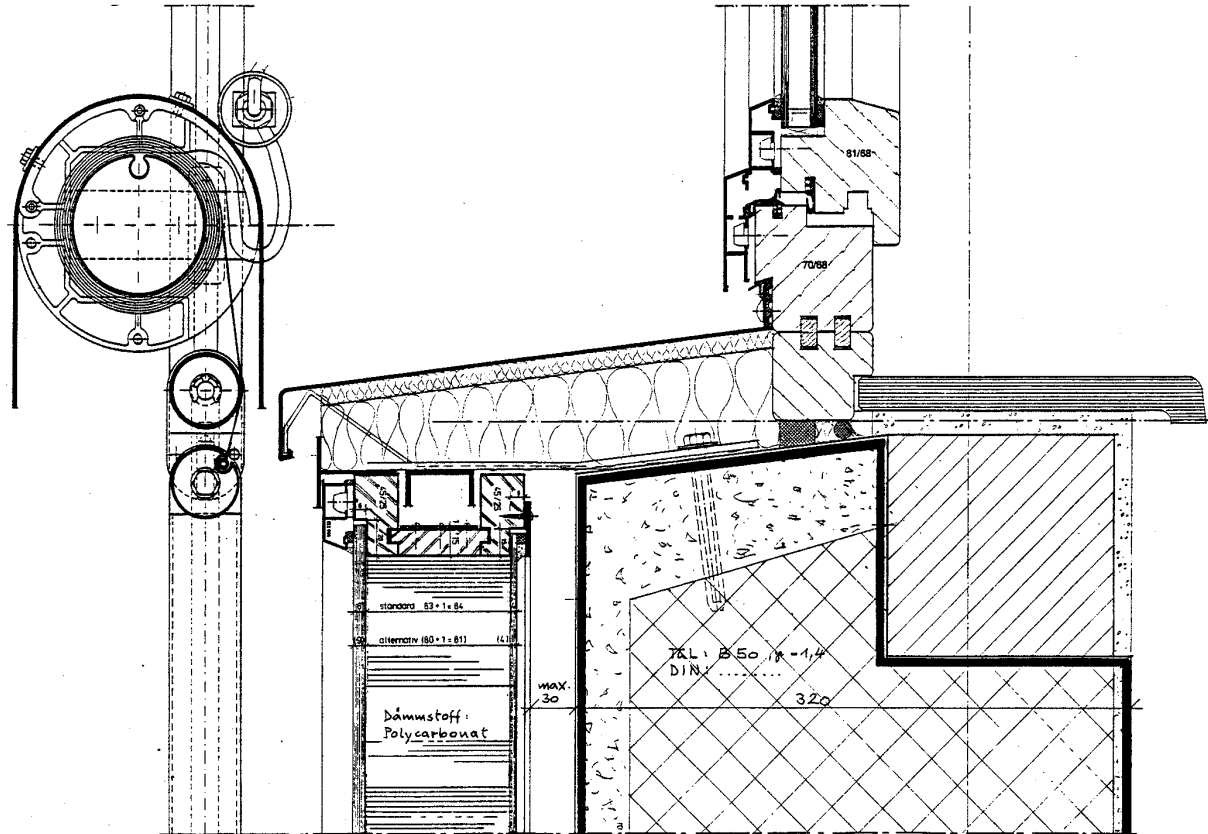
Ziel

- Sanierung und Senkung des Heizenergiebedarfs unter Nutzung solarer Techniken
- Vereinfachte Montage der TWD-Module (Direktbefestigung)
- Gemeinsame Nutzung der Verschattungselemente für TWD und Fenster
- Keine Installation der Heizkörper hinter TWD-belegter Brüstung

Maßnahmen

- Vergleichbar mit der Robenson-Schule
- Zusätzlich Neuinstallation der Heizanlage (Fernwärme)
- Einzelraumtemperaturregelung und Verschattungssteuerung

Schule Nord Wurzen



Gemeinsame Nutzung der Jalousie für TWD und Fenster



Schule Nord Wurzen

Ergebnis

Positiv

- Reduzierung des Heizwärmeverbrauchs von 170 auf 53 kWh/m²a (Einsparung: 69 %)
- Optische Aufwertung des Gebäudes
- Solare Gewinne in der Heizperiode von ca. 30 kWh pro m² TWD-Fläche (opake Wand weist Verlust von 54 kWh/m²a auf)
- Externe Verschattung führte zu kompakter Bauweise der TWD-Module
- Reine Fensterlüftung über Oberlichter und keine Klagen über schlechte Raumluftqualität



Schule Nord Wurzen

Negativ

- Nachweis im Einzelfall für TWD notwendig
- Reduzierung der TWD-Solargewinne durch gemeinsame Verschattung von TWD und Wand
- Technische Probleme durch mechanische Instabilität der Lager der Tuchwellen
- Blendung durch schräg einfallendes Licht erforderte zusätzlich innenliegende Rollos
- Probleme mit dem automatischen Steuerungsprogramm der Verschattungsanlage (fehlende morgendliche Verschattung der Ostfassade)
- Überwärmung der Klassenräume in der Heizperiode durch Ausfall der Einzelraumtemperaturregelung (bei Ausfall sind Ventile voll geöffnet)
- Keine stromsparenden Maßnahmen umgesetzt

Gestehungskosten (Kosten für eine eingesparte Kilowattstunde)

- Gesamtanierung: 0,23 €/kWh
- Transparente Dämmung: 0,50 €/kWh

Regelschule Erfurt



Sanierungsziel

- Verbesserung des energetischen Zustandes
- Verbesserung des lichttechnischen Zustandes

Maßnahmen

- Dämmung der Hüllfläche (Wand, Dach)
- Wärmeschutzverglasung (südorientierte Fenster mit integrierter Lamellenverschattung)
- Einsatz von lichtlenkendem Sonnenschutz (Oberlichtbereich lichtlenkende Lamellen)
- Einzelraumtemperatursteuerung in den Klassenräumen
- Klassenräume mit Dreibandleuchten ausgestattet, Abschaltung bei ausreichender Helligkeit



Regelschule Erfurt

Ergebnis

Positiv

- Reduzierung des Heizwärmeverbrauchs von 144 auf 54 kWh/m²a (Einsparung: 62 %)
- Optische Aufwertung des Gebäudes
- Anschlussleistung der Beleuchtung um 54 % reduziert
- Stromverbrauch für Beleuchtung um 51% reduziert
- Positive Auswirkung auf Schüler, Abnahme von Vandalismus



Regelschule Erfurt

Negativ

- Im Sommer teilweise zu hohe Raumlufttemperaturen, da die technischen Möglichkeiten durch Sonnenschutz und Nachtlüftung nicht ausreichend genutzt werden
- Lehrer müssen nach Unterrichtende Lüftungsschlitze schließen, um erhöhte Lüftungsverluste in der unterrichtsfreien Zeit zu vermeiden
- Extrem unterschiedliche Einschaltzeiten der dezentralen Lüftungsgeräte
- Störungen bei der Heizwärmeversorgung. Einzelraumregelungseinrichtungen von den Schülern teilweise demoliert
- Fensternahe Lichtbänder gleiche Lichteinschaltzeiten wie Lichtbänder in der hinteren Raumhälfte. Ursache: bei geringer Einstrahlung werden Jalousien nicht geöffnet

Gestehungskosten

- Wärmetechnische Sanierung: 0,13 €/kWh
- Beleuchtung: 0,58 €/kWh

Grund- und Hauptschule Stuttgart-Plieningen



Ziel

- Entwicklung und Umsetzung eines Sanierungskonzeptes für eine typische westdeutsche Schule
- Aufzeigen des Energieeinsparpotentials bei diesem Schultyp

Maßnahmen

- Dämmung der Hüllflächen (Dach, Wand, oberste Geschossdecke)
- Wärmeschutzverglasung
- Austausch der Wärmeerzeuger
- Ersatz des Beleuchtungssystems, in einigen Räumen Installation einer tageslichtabhängigen Kunstlichtregelung



Grund- und Hauptschule Stuttgart-Plieningen

Ergebnis

Positiv

- Heizwärmeverbrauchsreduzierung von 200 auf 49 kWh/m²a (Einsparung: 75 %)
- Stromverbrauch für Beleuchtung von 10,6 auf 2,6 kWh/m²a gesenkt
- Reduzierung des Heizwärmeverbrauchs durch Einzelraumregelung ca. 8 %
- Keine Überwärmung der Klassenräume im Sommer

Negativ

- Bus-Beleuchtungssteuerung nicht kompatibel mit Steuerung des Sonnenschutzes
- Infolge geringer Fensteröffnungszeiten teilweise hohe Luftfeuchten
- Durch Schließen der Fenster nach letzter Unterrichtsstunde kann Feuchte nicht mehr abgeführt werden
- Das automatische Öffnen und Schließen der Jalousien in Abhängigkeit des Sonnenstandes wurde von den Lehrern und Schülern stark bemängelt
- Hausmeister durch komplexere Regelung und Steuerung der Anlagentechnik teilweise überfordert

Käthe-Kollwitz-Schule Aachen



Ausgangszustand

- Hoher Heizenergieverbrauch
- Einfachverglaste Fenster
- Heizkörper teilweise vor einfachverglasten Fenstern
- Fehlende Windfänge und teilweise fehlende Abtrennung der Flure zum Treppenhaus
- Zugerscheinungen durch undichte Fenster

Maßnahmen

- Dämmung der Hüllfläche (Wand, oberste Geschossdecke), Wärmeschutzverglasung
- Ersatz der Kessel durch Fernwärmeanschluss
- Einzelraumtemperaturregelung
- Installation unterschiedlicher Lüftungssysteme (Fensterlüftung, Abluftanlage, zentrale Zu- und Abluft mit WRG, dezentrale Zu- und Abluft mit WRG)
- Tageslichtabhängig geregelte Beleuchtung in einzelnen Bereichen



Käthe-Kollwitz-Schule Aachen

Ergebnis

Positiv

- Reduzierung des Heizwärmeverbrauchs von 167 auf 66 kWh/m²a (Einsparung: 60 %)
- Durch stromsparende Maßnahmen Stromverbrauch um 10 % reduziert
- Lüftungsampel für Klassenräume mit Fensterlüftung vorteilhaft

Negativ

- Installation von Lüftungsanlagen erforderten umfangreiche Brand- und Rauchschutzmaßnahmen
- Erhebliche Schnittstellenprobleme zwischen konventioneller Regelungstechnik und LON
- Es traten Informationsverluste durch Wechsel des Planungsteams auf
- Schüler und Lehrer konnten nicht in der erhofften Weise begeistert werden. Vermutete Ursache: Berufskolleg mit geringem naturwissenschaftlichen Unterricht

Bewertung der Maßnahmen

Maßnahme	Priorität	Techn. problemlos	Empfehlung
Hüllflächendämmung Fenster austausch	hoch	ja	ja
TWD	mittel	nein	bedingt
Atrium	mittel	nein	ja
Kesselaustausch	hoch	ja	ja
Heizkörper austausch	hoch	ja	Ja, wenn Überdimensionierung vorliegt
Neue Regelung	hoch	nein	ja
Einzelraumregelung	mittel	nein	ja

Bewertung der Maßnahmen

Maßnahme	Priorität	Techn. problemlos	Empfehlung
Fensterlüftung	hoch	ja	ja
Abluftanlage	hoch	nein	ja
Zu- und Abluft mit WRG zentral	hoch	nein	ja
Zu- und Abluft mit WRG dezentral	hoch	nein	ja
Kunstlichtregelung tageslichtabhängig (dimmbar)	hoch	nein	bedingt
Kunstlichtregelung tageslichtabhängig (ein/aus)	hoch	ja	ja
Sonnenschutz	hoch	nein	ja