

Gefördert durch das

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

EnOB

Forschung für
Energieoptimiertes Bauen

Energetische Sanierung des Gymnasiums Marktoberdorf

Energiebedarfsprognose im Rahmen des Erfolgscontractings

Prof. Dr. Wolfram Stephan
Georg-Simon-Ohm-Hochschule Nürnberg

4. Symposium
Energieeffiziente Schulen
Hohen Neuendorf

Pilotsanierung Gymnasium Marktoberdorf



Das naerco-Forschungsprojekt begleitet die Pilotsanierung am Gymnasium Marktoberdorf des Freistaates Bayern, vertreten durch das Bayerische Kultusministerium, die Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern und das Staatliche Bauamt Kempten



Sanierung / Erweiterung:

| | |
|--------------------|-------|
| Atriumbau: | 1962 |
| Erweiterungsbau: | 1980 |
| Dreifachturnhalle: | 1981 |
| Schüler | 1.061 |
| Klassenzimmer | 130 |

Bruttogeschossfläche
14.293 m²

Forschungsprojekt

Projektleitung:

B.A.U.M. Prof. Dr. Maximilian Gege

Frau QStRin a.D. Margit Fluch

Erfolgscontracting

Entwicklung des Vertragsmodells und Begleitung der praktischen Umsetzung

Klaus Christoph Mosecker

Emax Ingenieurdienstleistungen Hamburg

Technische Begleitforschung

Prof. Dr. Wolfram Stephan, Georg-Simon-Ohm-Hochschule Nürnberg

Prof. Dr. Gerhard Mengedoht, Hochschule Ulm

Inhaltliche Begleitforschung

Prof. Dr. Gerhard Scherhorn, Leitung

Dr. Peter Brödner, stellv. Leitung

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie



EnOB

Forschung für
Energieoptimiertes Bauen



B.A.U.M.

Bundesdeutscher Arbeitskreis
für Umweltbewusstes
Management e.V.



Technik
Informatik & Medien

Hochschule Ulm



University of
Applied Sciences

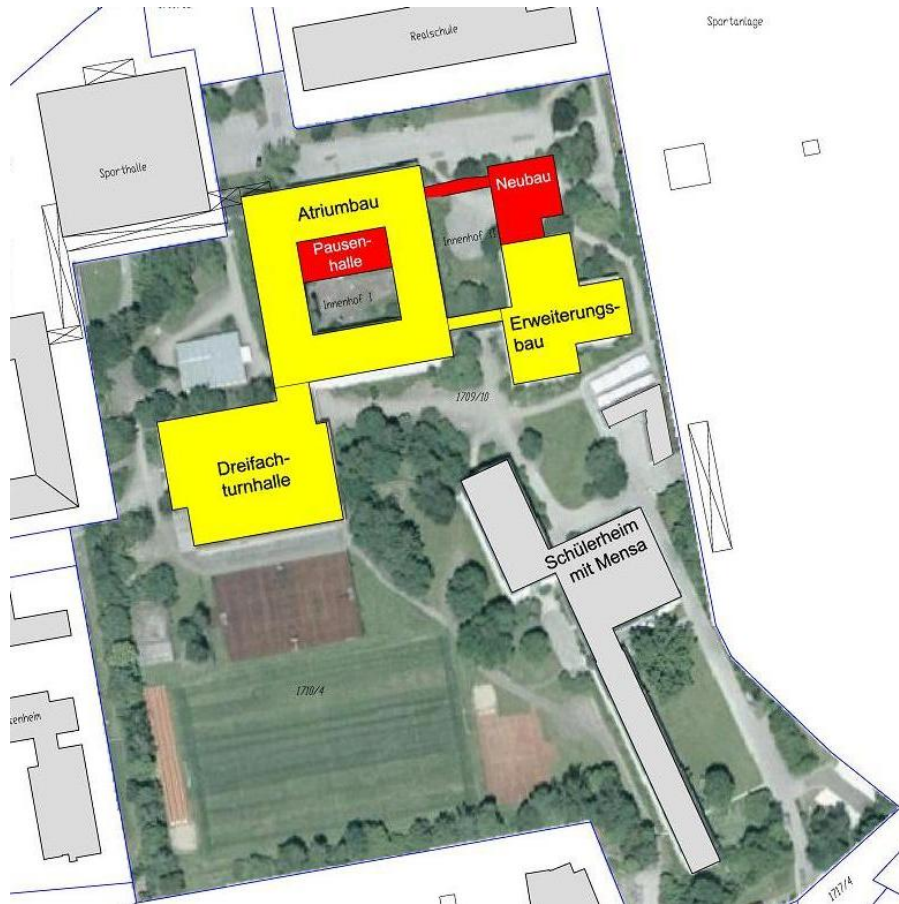
Technische Begleitforschung

- Grundlagenermittlung
 - Bestandsaufnahme
 - Sanierungsumfang
 - Referenzsystem
- Einsparziel für zu sanierende Schule
 - Prognoseinstrumente („NAERCO-Energie“)
- Monitoring
 - vor Sanierung
 - nach Sanierung
 - Unterstützung der Qualitätssicherung (Raumkomfort und Energie)
 - Überprüfung der Prognoseinstrumente

Technisch Wissenschaftliche Fragestellungen

1. Analyse der Verluste und **Einsparpotenziale**
2. Welche **Mindeststandards** sind bei einer Heizungssanierung einzuhalten
3. Unter welchen **Randbedingungen** (Gebäudegröße, Nutzung, Baustandard, ..) funktioniert Erfolgscontracting
4. Welche **qualitätssichernde Maßnahmen** müssen längs der ganzen Prozesskette (Datenerhebung, Analyse, Planung, Ausschreibung, Sanierungsmaßnahmen, Optimierung, Betriebsführung) ergriffen werden
5. Notwendige **Vorleistungen des Schulträgers** nötig (**Pflichtenhefts für kommunale und staatliche Schulträger**)
6. Technische Maßnahmen zur **Minimierung des Nutzereinflusses auf den Energieverbrauch**
7. **Entwicklung und Evaluation eines Verfahrens**, mit dem vom Schulträger das zu garantierende **Einsparziel** ermittelt werden kann
8. Wissenschaftlich begründete **Bewertung von alternativen technischen Problemlösungen und Mindestsanierungsstandards**, sowie **Maßnahmen zur optimierten Betriebsführung**.
9. **Höhe des Risikos für den Contractor**
10. Aussagekraft der Messung **nächtlicher Tiefsttemperaturen**

Sanierung + Neubau



- Sanierung
 - Atrium
 - Erweiterungsbau
 - (Turnhalle)

- Neubau
 - Pausenhalle
 - Erweiterung (Verwaltung)

Sanierung des Bestands:

Baukonstruktion:

- thermische Verbesserung der Gebäudehülle
- Wärmedämmung der obersten Geschossdecke (30 cm)
- Wärmdämmverbundsystem an den Außenwänden (25 cm)
- Austausch sämtlicher Außenfenster und Türen
(U_w max. $< 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Technische Anlagen:

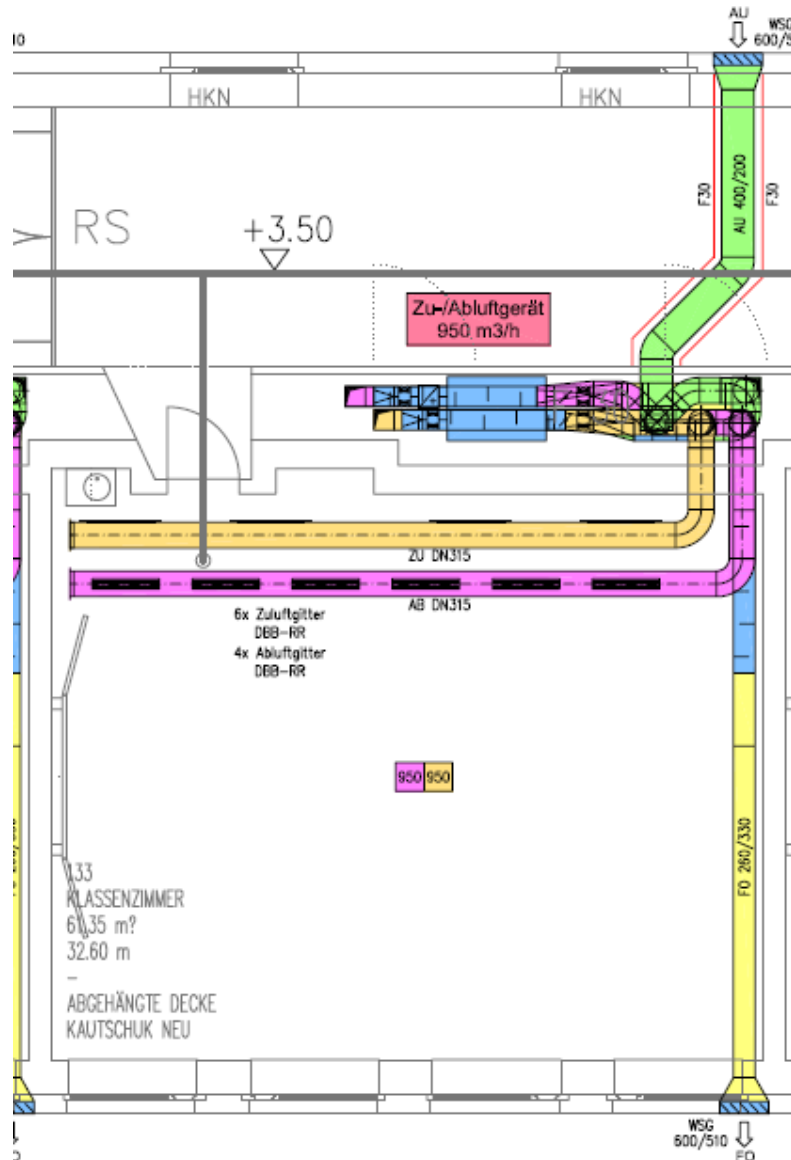
- Erneuerung der Wärmeerzeugung (Biomasse- Fernwärmeanschluss)
- Erneuerung der Wärmeübergabe (NT-Heizflächen + el. Einzelraumregelung)
- Dezentrale Lüftungsanlagen mit
dez. regenerative Wärmerückgewinnung (82%)
- Erneuerung der Beleuchtungsanlagen (T5-EVG) + Einzelraumregelung

Neubauten: Passivhausstandard

Behaglichkeitsanforderungen:

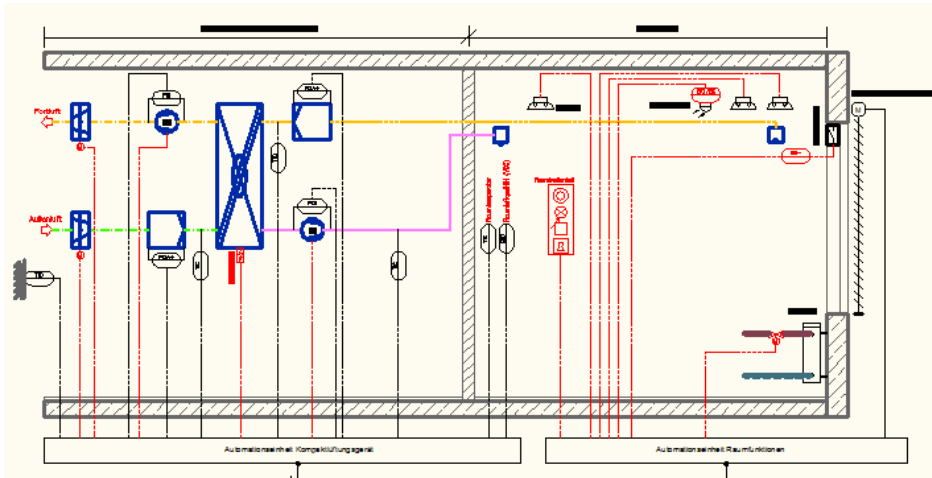
- **Behaglichkeitskriterium Raumtemperatur:**
 - 20°C zu Beginn und während der Nutzungszeit
 - Pflicht zur Nachtlüftung
 - Pflicht zum Schließen der Heizungsventile und Optimierung der Lüftung bei Raumtemperaturen > 20°C
 - Umfang Messung
Über die GLT: Temperaturen in allen Aufenthaltsräumen
- **Luftqualitätskriterium**
 - CO₂-Konzentration be- und entlüfteter Räume: maximal 500 ppm über Außenluft
 - Messung über GLT: CO₂-Gehalt in ausgewählten Aufenthaltsräumen
- **Geräuschkriterium:**
 - Schallpegel: 35 dB(A) - Anlagentechnik in Vollbetrieb, keine Nutzer
 - Messung Schallpegel in ausgewählten Aufenthaltsräumen

Lüftungskonzept



- Dezentrale Lüftung
 - Außenluftansaugung Innenhof
 - Montage (Wand zum Flur)
 - kanalintegrierte hochinduktive Zuluftauslässe
 - 850 m³/h Zimmer

Lüftungskonzept



Lüftungsgerät:
SVEGON pro Unit CU3

- Rotationswärmetauscher
($\eta_{WRG,T}:83\% / \eta_{WRG,x}:80\%$)

- MSR-Funktionen
 - CO₂-Steuerung (350m³/h – 850 m³/h)
 - Präsenzmelder
 - Fensterkontakte
 - Nachtlüftung

| | | | |
|--|-------|------------------------|--|
| Compact Unit | | | |
| Gerätegröße | 03 | | |
| Zuluftvolumenstrom | 850 | m ³ /h | |
| Gesamtdruckabfall | | | |
| Außenluftkanal | | Pa | |
| Zuluftkanal | 200 | Pa | |
| Abluftvolumenstrom | 850 | m ³ /h | |
| Gesamtdruckabfall | | | |
| Abluftkanal | 200 | Pa | |
| Fortluftkanal | | Pa | |
| Dimensionierte Außentemperatur, Sommer | 32.0 | °C | |
| Niedrigste dimensionierte Außenlufttemperatur | -16.0 | °C | |
| Zulufttemperatur, Sommer | 32.9 | °C | |
| Zulufttemperatur, Winter | 24.0 | °C | |
| Elektrische Leistungsaufnahme (saubere Filter) | 2.13 | kW/(m ³ /s) | |

Prognoseinstrument

Ziel:

Garantiewert des energetischen **Maximalverbrauches** für den Contractor, den dieser bei einer sorgfältigen Betriebsführung problemlos erreichen kann

Methode:

- Verfahren nach DIN V 18599

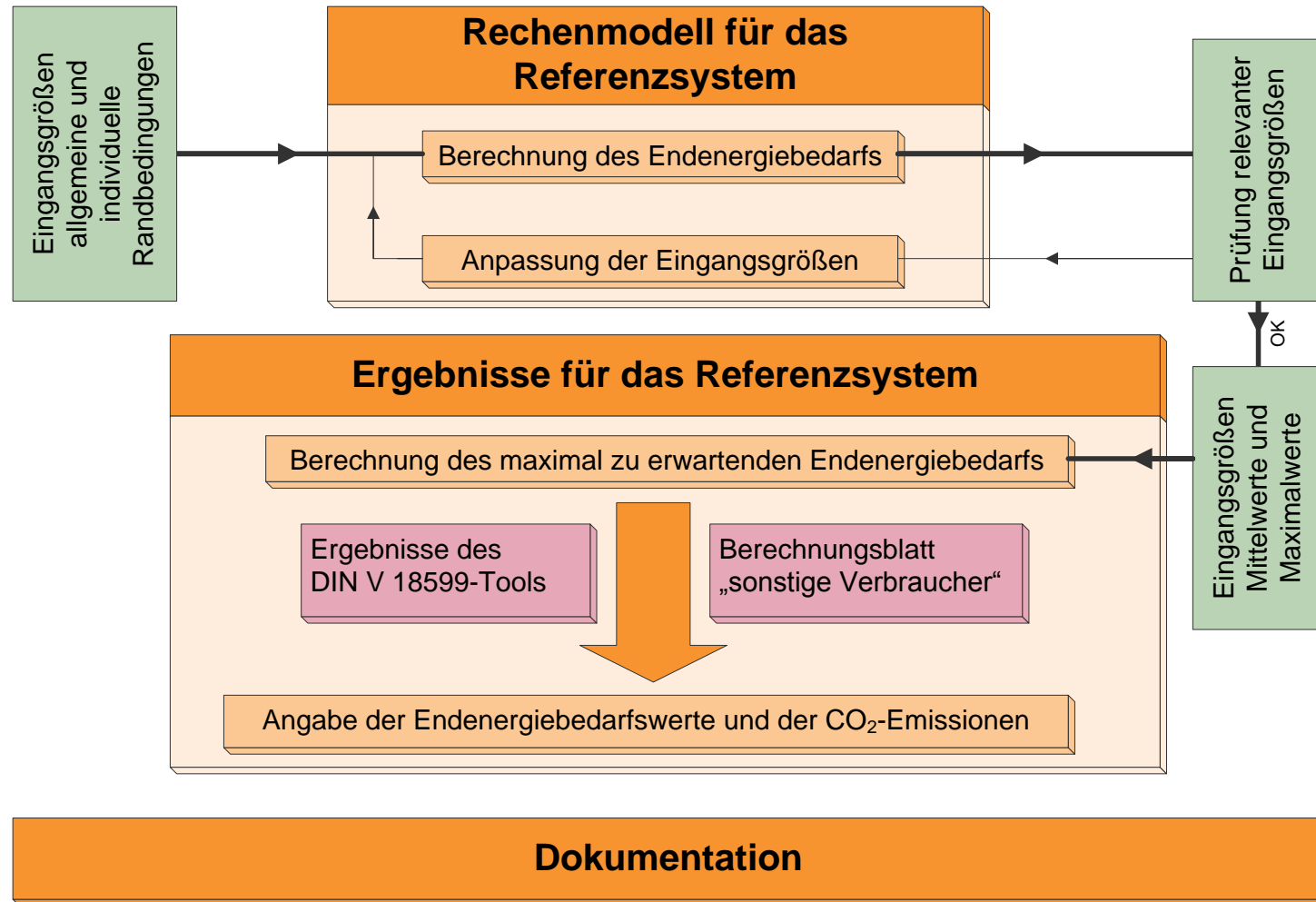
Problem:

- Vielzahl an Einflussgrößen und die Individualität eines jeden Gebäudes

Lösungsansatz:

- Individuelle Randbedingungen
- Prüfung relevanter Eingangsgrößen
- „positive“ Berücksichtigung von Toleranzen

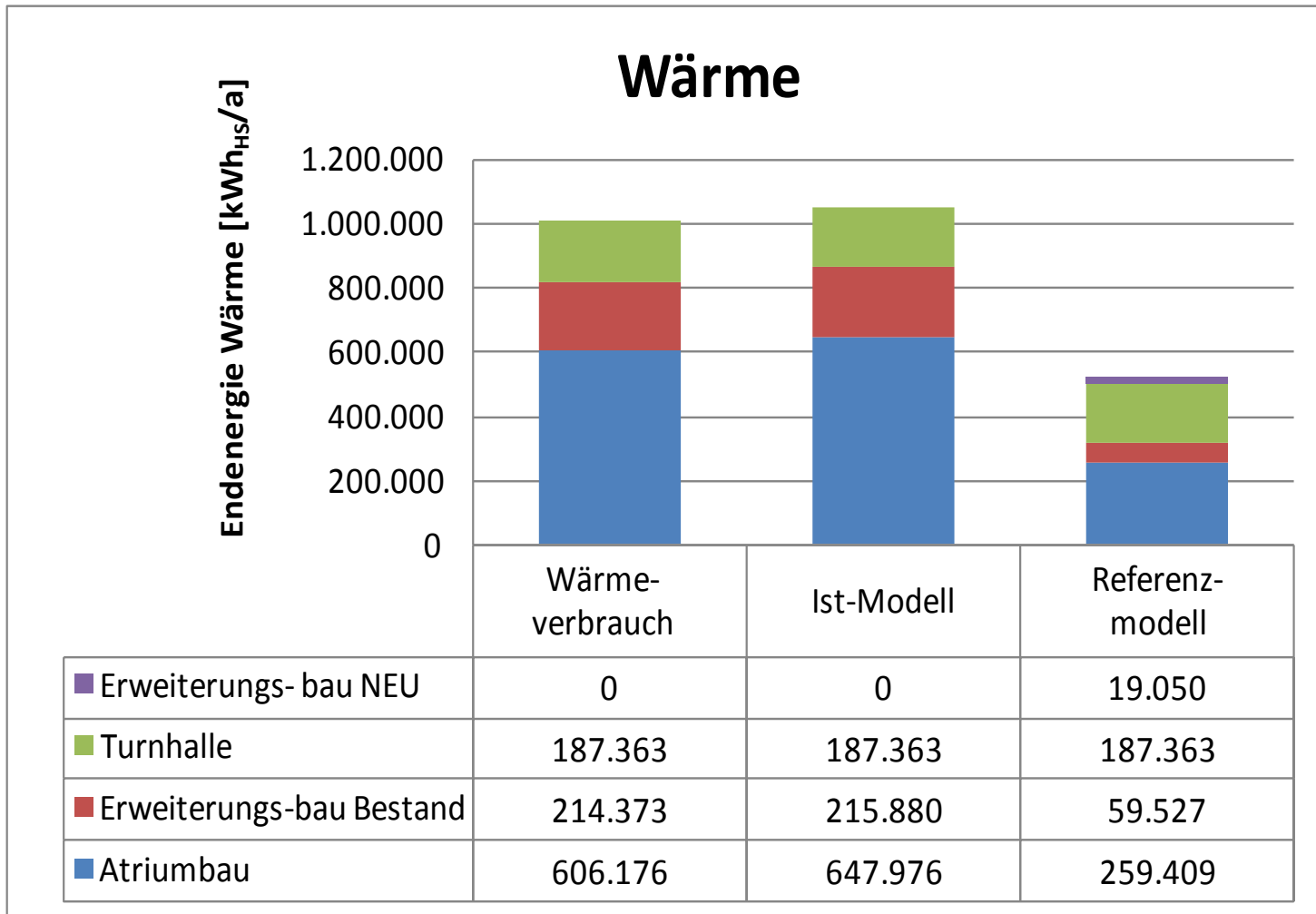
Ablauf des Rechenverfahrens



Prognosemodell

- Anwendbar für die Gesamtsanierung eines Gebäudes
- Unterschiedliche Softwareprodukte „DIN18599“ einsetzbar (getestet für IBP-18599 V3)
- Qualität der Eingangsgrößen
 - Nutzungstage / Nutzungszeiten
 - Personenzahl
 - Raumbefüllungsfaktor
 - Beleuchtungsstunden Tag/Nacht
 - Sonnenenergiedurchlassgrad (Sonnenschutz)
 - Gebäudedichtheit
 - Mittlere Luftvolumenströme (Nutzungszeit)
 - Flächen
 - U-Werte
 - Wärmebrücken
 - Raumtemperatur
 - Länge der Verteilleitungen

NAERCO- ENERGIE Prognose Wärme



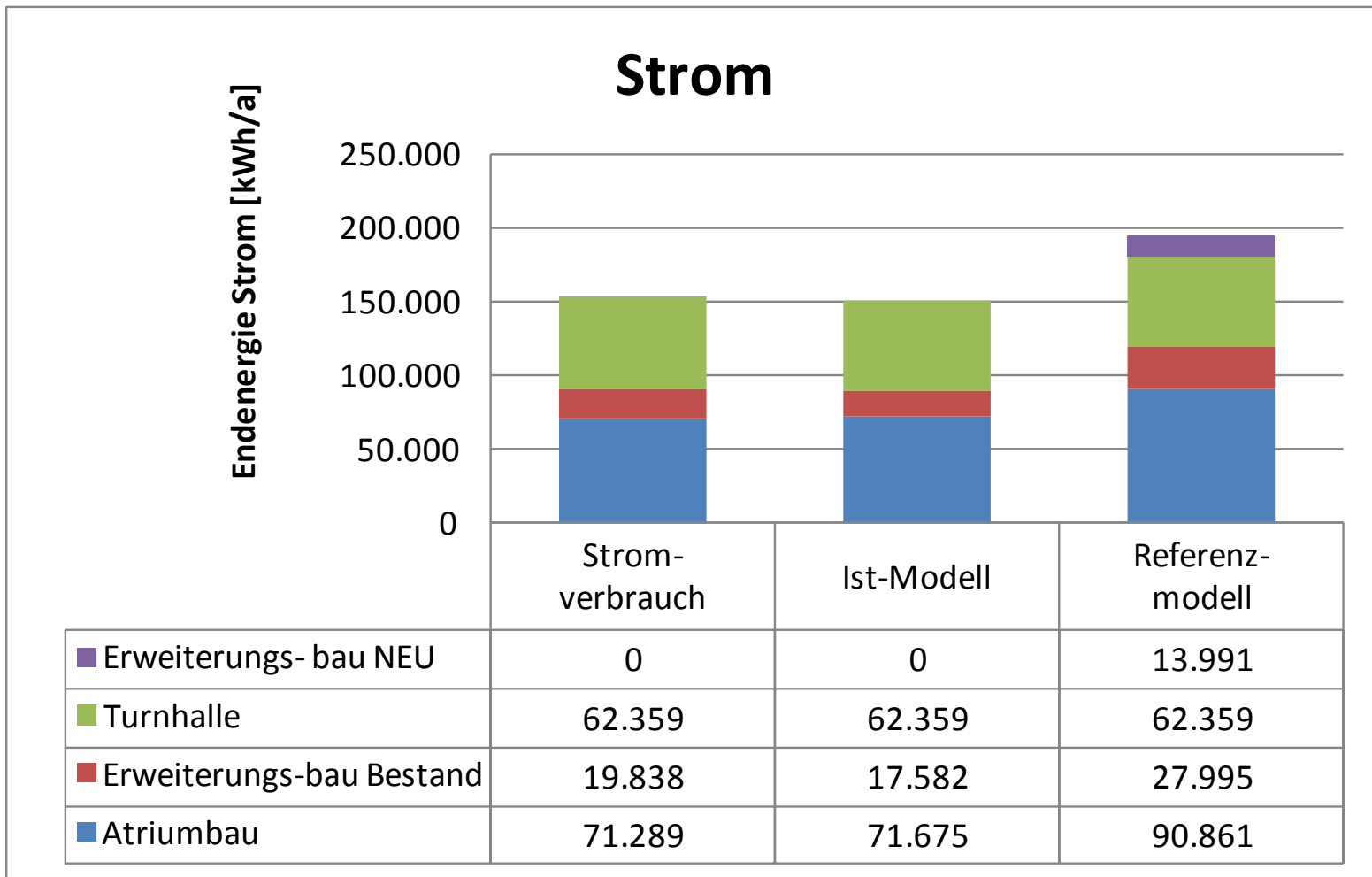
Referenz
[kWh/m²a]

20,7

29,1

29,1

NAERCO- ENERGIE Prognose Strom



Stand der Sanierung

- **Vertragsabschluss „Erfolgscontracting“
Fa WISAG August 2010
Ausführungsplanung Sept. 2010-Dez 2010**
- **Musterraum: Jan-April 2011**
- **Sanierungsbeginn: Januar 2011**
- **Sanierungsende: Januar 2012**
- **Fertigstellung Neubau (2012 / 2013)**

Musterraum



1 Klassenzimmer

- Lüftungsanlage
- MSR-Technik

Begutachtung:

- Funktionalität
- Max. Luftgeschwindigkeit
- Geräuschpegel
- Regelfähigkeit
- ...

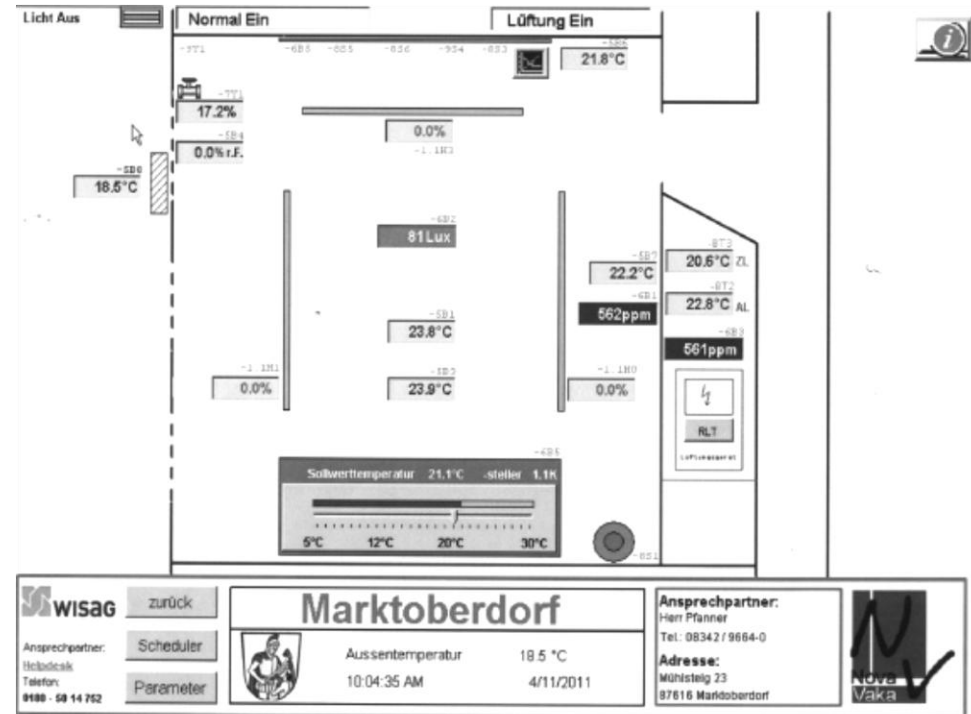


Musterraum

Begutachtung: Raumbediengeräte



Begutachtung: GLT / MSR



Begutachtung: Sensoren



Monitoring

- HS-Ulm
 - Auswertung der über die GLT aufgezeichneten Informationen
 - Eigene Messkampagnen
 - Online Zugang MSR/GLT

- Nutzer
 - Aufbereitete Daten werden den Schülern zur Verfügung gestellt
 - Raumzustände, Energieverbrauch

- Energieverbrauch, Raumkomfort
 - Validierung des Rechenverfahrens
 - Risiko für den Contractor
 - Aufwand für die Schule (Qualitätssicherung)