



2°CAMPUS

Wie kann man Schulen klimafreundlich sanieren?

Ergebnisse des Forscherteams „Gebäude“ des
2°Campus 2013

Ein gemeinsames Projekt von WWF und
Robert Bosch **Stiftung**

Gliederung

Forschungsfrage und Autor/innen

Methode(n)

Durchführung

Ein Blick in die Zukunft

Fazit und Ausblick



© WWF

Forschungsfrage & Autor/innen

Wie kann man Schulgebäude klimafreundlich sanieren um ihre Energieeffizienz und Behaglichkeit zu maximieren?



© WWF/ Arnold Morascher



Helen Jerg
Lukas Jochum
Karolin Lenckner
Kira Nowak
Tristan Thost
Alia Zentel

Prof. Dr. Karsten Voss
Prof. Matthias Rottmann



Wie wirken sich Schulgebäude auf den Klimawandel aus?

Warum Gebäude?

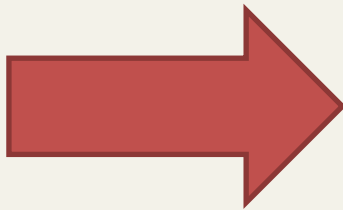
- Gebäude machen rund $\frac{1}{3}$ des CO₂-Ausstoßes in Deutschland aus
- Um das 2°-Limit zu halten, müssen wir die Treibhausgasemissionen in Deutschland in diesem Sektor um 98% senken.

Warum Schulen?

- Schulen stehen stellvertretend für (öffentliche) Gebäude, wir erleben sie täglich!
- Schulen sollten Multiplikatoren und Vorbilder für Nachhaltigkeit und Innovation sein.

Methode:

Forschungsdesign – unsere Vorgehensweise



Datenerhebung



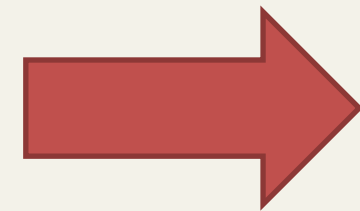
© WWF

Die Auswertung jedes einzelnen Arbeitsschritts ist die Basis für den darauffolgenden.

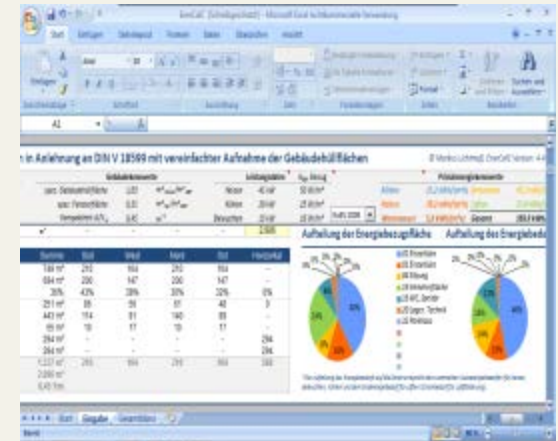
Modellbau



© WWF



Simulation



© WWF

Datenerhebung und -auswertung

Welche Daten und Informationen mussten gesammelt werden, um zu verstehen, wie sich der Gesamtenergieverbrauch einer Schule zusammensetzt und wo Ansatzpunkte für eine Verbesserung sind?

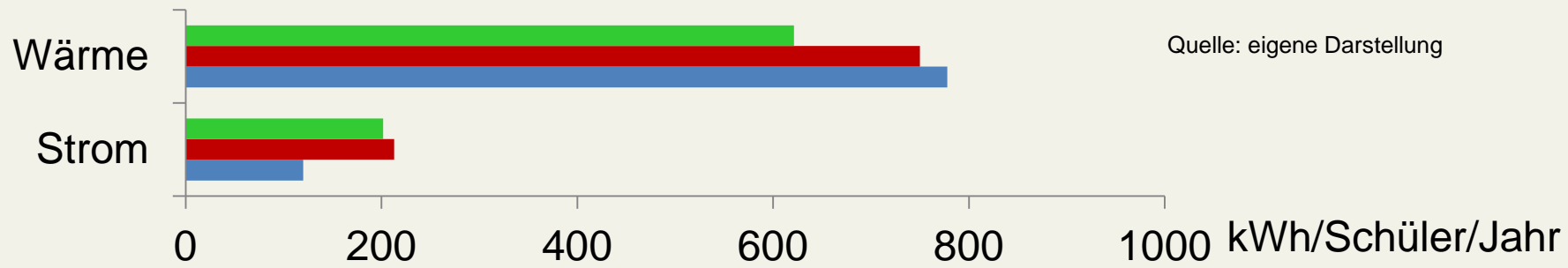
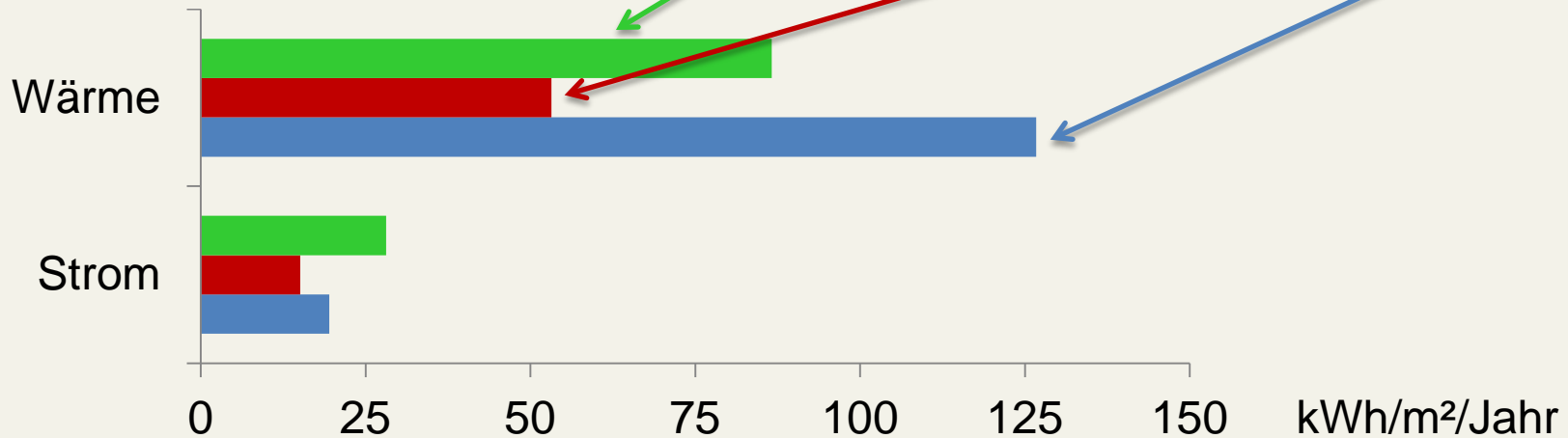
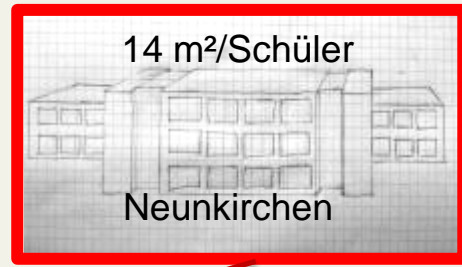
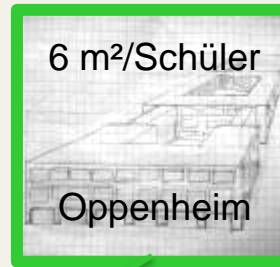
Als Stichprobe dienten unsere Schulen:

- Stromverbrauch der Schule
- Verhalten in der Schule
- kWh/a
- Größe der Schule (Anzahl Schüler, Räume, Fläche)
- Grundriss (Himmelsrichtung, Maßstab)
- eventuell Energieausweis
- Heizart
- Photovoltaikleistung
- Zeichnung von einem Standardklassenraum, inkl. Daten zur Beleuchtung, Verglasung, angrenzende Räume u.a.



© WWF

Energieverbrauch im Bestand



Quelle: eigene Darstellung

Bei den untersuchten Beispielen stellt der Wärmeenergiebedarf zumeist mehr als $\frac{3}{4}$ des Gesamtenergiebedarfs dar.

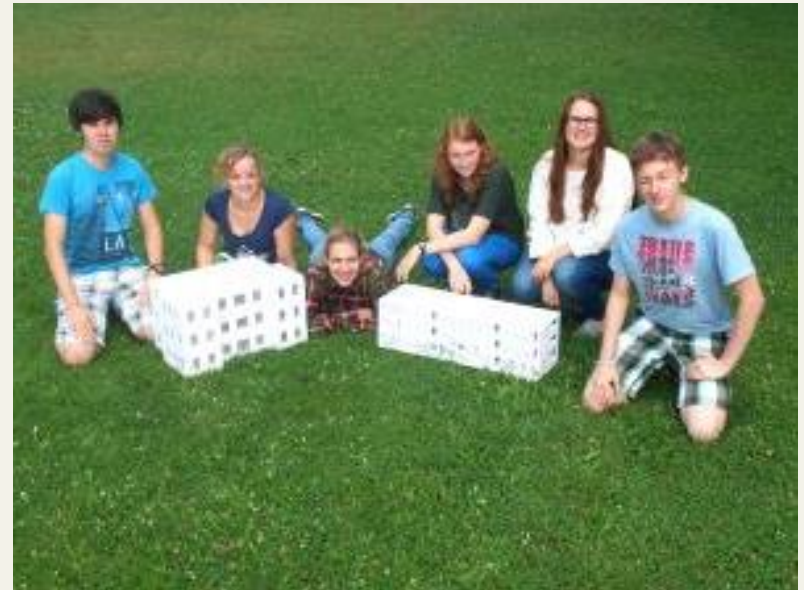
Modellbau

Wie können die heterogenen Daten der Beispielschulen für eine quantitative Simulation aufbereitet werden?

Es wurden zwei architektonische Entwürfe mit je 400 m² Nutzfläche erstellt, die beispielhaft für zwei Gruppen von Schulgebäuden stehen:

- Schulen, die in den 60er Jahren gebaut worden sind und
- Schulen, die im 19. Jahrhundert gebaut worden sind.

Die Modelle sind so entworfen worden, dass sie einen „worst-case“ verkörpern.



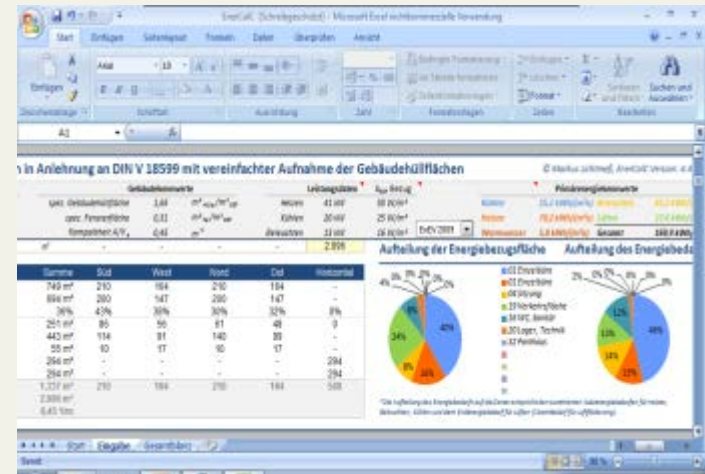
© WWF

Auswertung: Simulation

Wie hoch ist der Heizenergieverbrauch und der Stromverbrauch der beiden „Worst-case“-Schulen?

Die Simulation der Ausgangssituation mit der Software EnerCalc liefert folgenden Verbrauch.

	Wärme	Strom
60er-Jahre-Typus	193.200 kWh	18.200 kWh
19. Jahrh.- Typus	215.300 kWh	18.200 kWh



© WWF

Sommerliches Raumklima ohne Kühlung

Ist maximale Dämmung der richtige Weg und was passiert im Sommer?

Quelle: eigene Darstellung



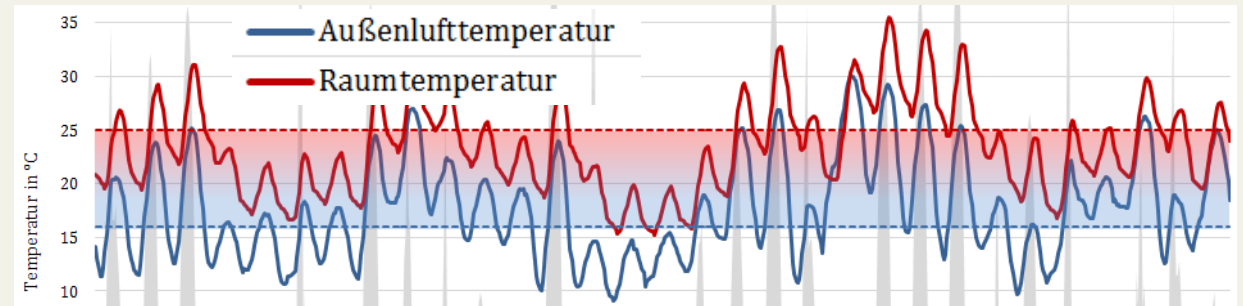
© iStock/Getty Images



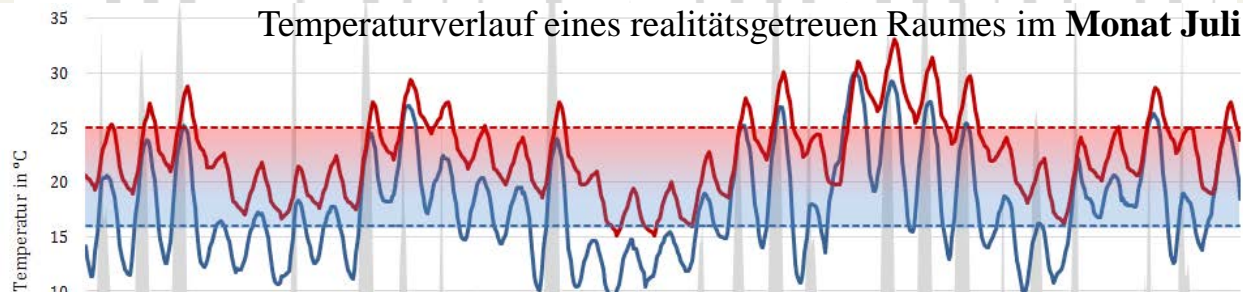
© iStock/Getty Images



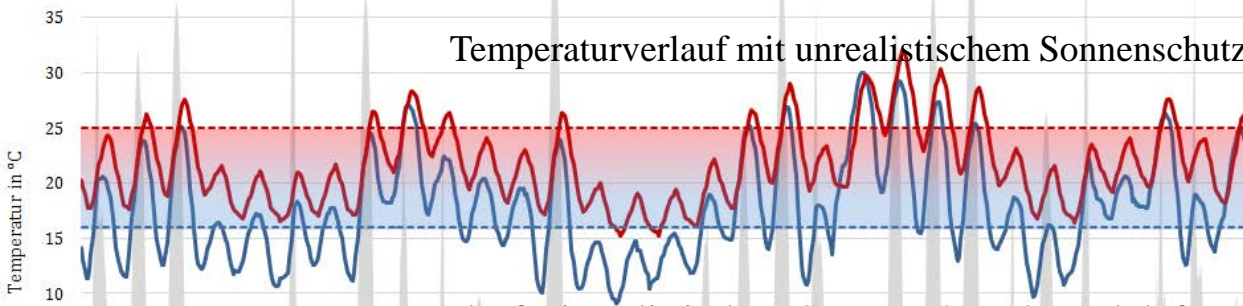
© iStock/Getty Images



Temperaturverlauf eines realitätsgetreuen Raumes im **Monat Juli**



Temperaturverlauf mit unrealistischem Sonnenschutz



Temperaturverlauf mit realistischem Sonnenschutz & Nachtlüftung

Heizen mit Holz oder mit Strom der PV-Anlage?

Wie können wir uns den Heizenergieverbrauch und den Stromverbrauch vorstellen?

Holz aus 1 m²
nachhaltiger
Forstwirtschaft kann
2,3 kWh Wärme
jährlich erzeugen.



©iStock / Getty Images

1 m² PV-Anlage kann im
Jahr 97 kWh Strom
nachhaltig erzeugen.

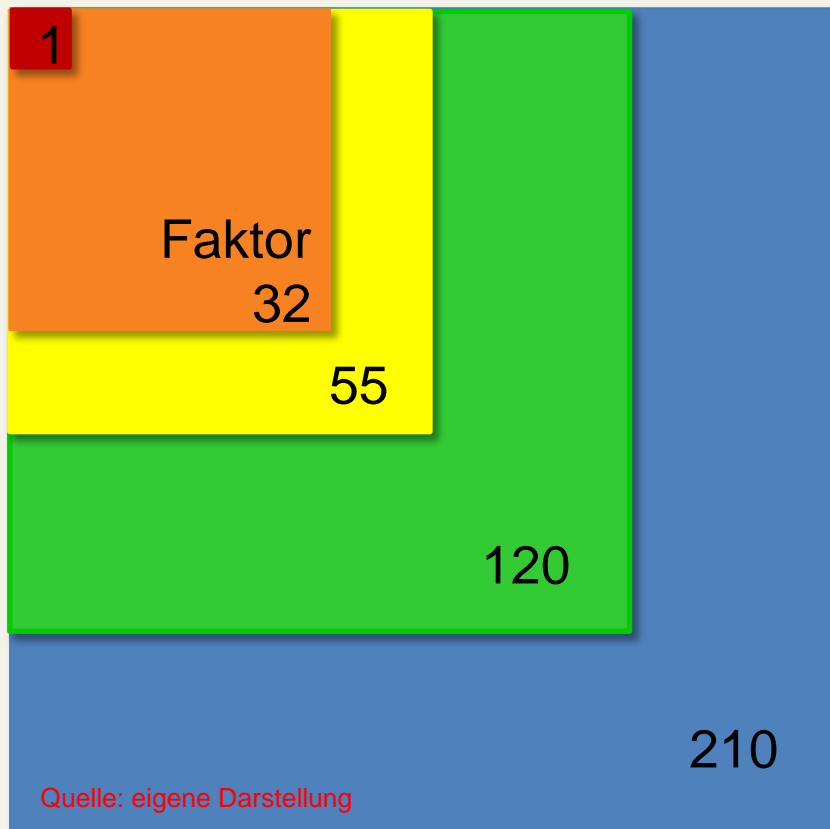


©iStock / Getty Images

Simulation: Energielandschaft (für 60er-Jahre Bau)

Wie hoch ist die Effektivität der Energieeinsparmaßnahmen?

Wärme = Waldflächenäquivalent

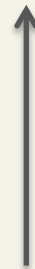


Strom = PV Flächenäquivalent

 Faktor 0,47

- Grundfläche der Schule
- benötigte PV-Fläche

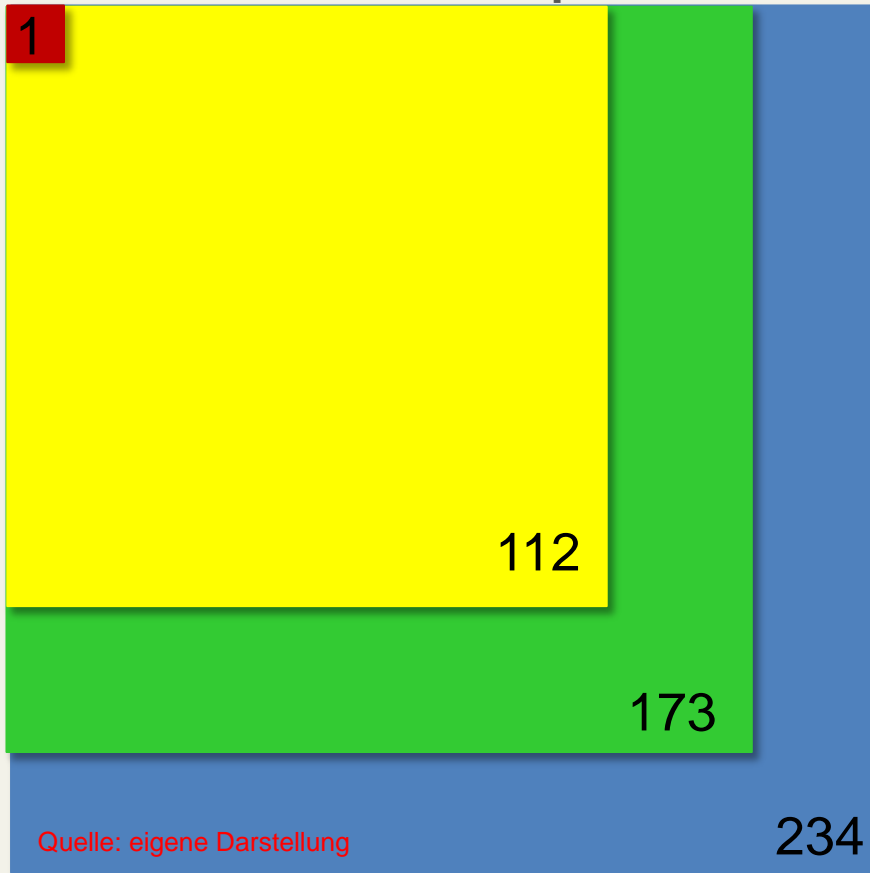
- Grundfläche der Schule
- Passivhausstandard
- Lüftung mit WRG
- Verbesserte Dämmung
- Ausgangssituation



Simulation: Energielandschaft (für 1830er-Jahre Bau)

Wie hoch ist die Effektivität der Energieeinsparmaßnahmen?

Wärme = Waldflächenäquivalent



Quelle: eigene Darstellung

Strom = PF Flächenäquivalent

 Faktor 0,47

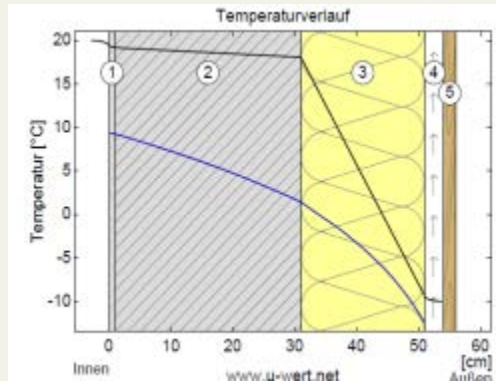
- Grundfläche der Schule
- benötigte PV-Fläche

- Grundfläche der Schule
- Lüftung mit WRG
- Verbesserte Dämmung
- Ausgangssituation



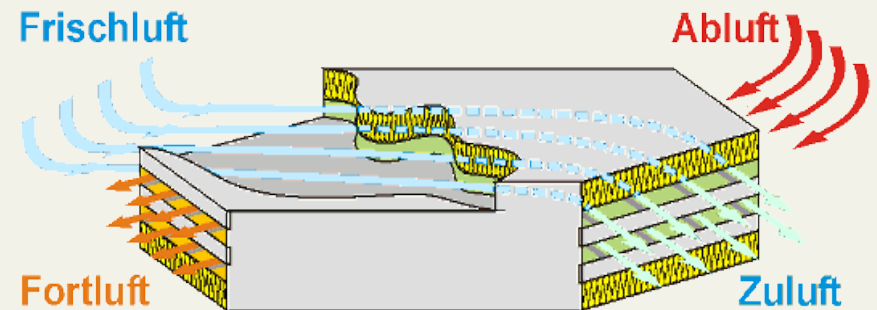
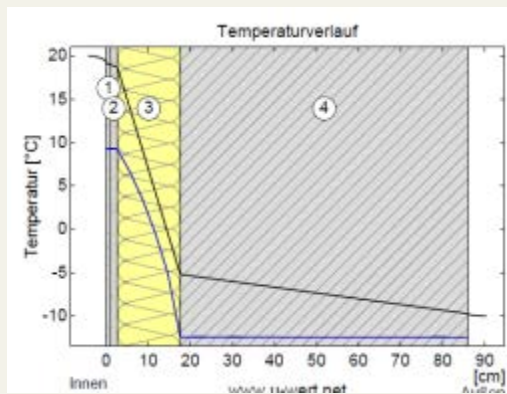
Simulation: Effizienzstrategien im Detail

Beispielhafte Darstellung der untersuchten Energieeinsparmaßnahmen im Rahmen der Simulation.



20 cm Außendämmung

2 cm Innendämmung (Vakuum)



Lüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG)

© Passivhaus Institut

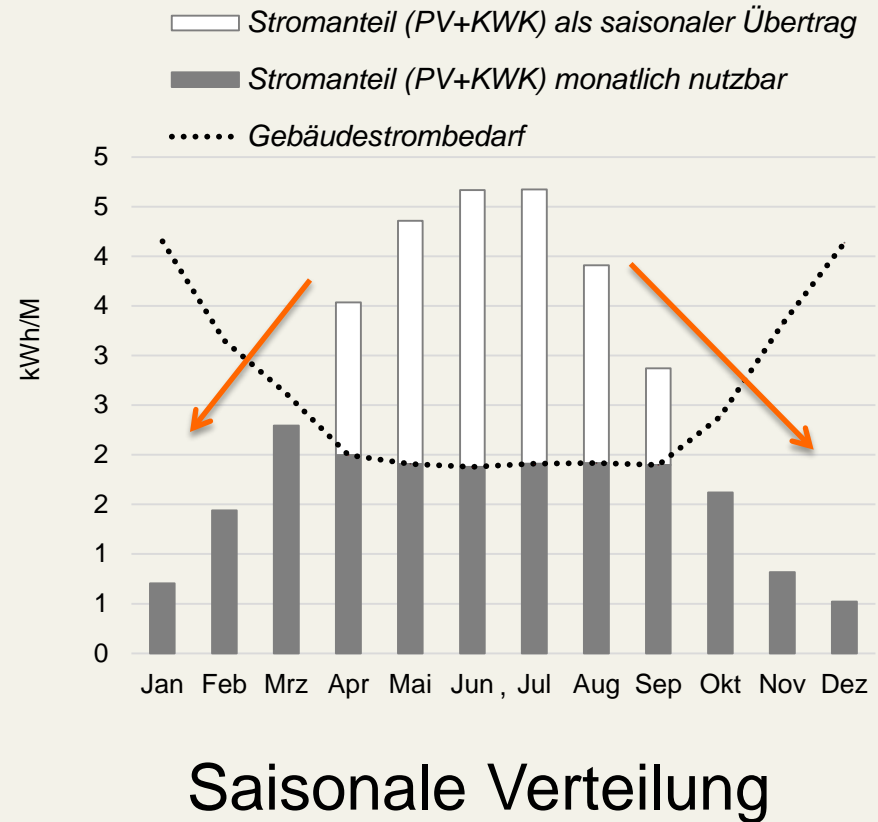
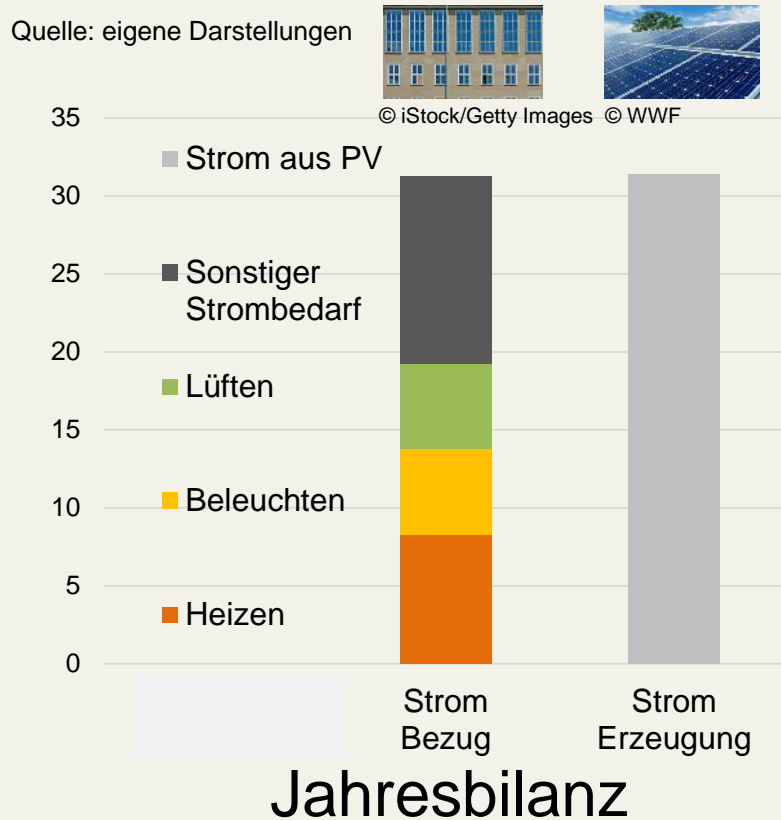
Luftdichtes Bauen und Sanieren



© www.dach-info.de

Zukunftsvision „NurStromSchule“ – Heizen via Wärmepumpe

Wenn die Schulen mit Wärmepumpen geheizt würden, wie groß wäre die benötigte PV-Fläche und welche neuen Probleme würden sich daraus ergeben?





Fragen an die Stromwelt

- Speicherung
- Transport von der Erzeugungsstelle zum Nutzgebäude
- Ressourcen zur Herstellung
- Umweltfreundlichkeit bei der Herstellung
- Kosten



© WWF

Fazit

Ausblick

Die Recherche an den Schulen ist sehr komplex und aufwendig, ➤ deshalb sollte jede Schule besser über den eigenen Energieverbrauch Bescheid wissen.

Zustand unserer Schule ist besser als gedacht, ➤ trotzdem bestehen große Effizienzpotentiale.

Holz als Wärmeträger ist nur bei höchster Gebäudeeffizienz sinnvoll, ➤ aber „Nullenergieschulen“ als „Nur-Strom-Haus“ möglich. Es bleiben viele offene Fragen an das Netz der Zukunft.

Schulgebäude intensiver nutzen, am Abend, Wochenende und Ferien, ➤ deshalb sollten die Schulen mit Firmen und anderen Nutzer kooperieren.



Kontakt

Bergische Universität Wuppertal
FB Architektur
Prof. Dr. Karsten Voss und Prof.
Matthias Rottmann
Haspeler Str. 27, 42285 Wuppertal

E-Mail : kvoss@uni-wuppertal.de
und mrottmann@uni-wuppertal.de



Vielen Dank!

www.wwf.de