

UNTERRICHTSMODUL INTELLIGENTE GEBÄUDETECHNIK

INTELLIGENTE GEBÄUDETECHNIK

ARBEITSBLATT UND LEHRERINFORMATION

Fachinhalte:

- ▶ Energieeinsparverordnung, -effizienz, -verbrauchskenwert und -ausweis
- ▶ Intelligente Gebäudetechnik und Smart-Home-Technologien wie z.B. Sensoren
- ▶ Treibhausgas-Emissionen
- ▶ Erneuerbare Energien
- ▶ Dämmung und Dämmstoffe, Passivhaus
- ▶ Licht- und Lüftungskonzept

INTELLIGENTE GEBÄUDETECHNIK

VORAUSSETZUNGEN

Die Schülerinnen und Schüler sind mit der Internet-Recherche vertraut. Sie kennen die Fachbegriffe aus der Diskussion um den Klimawandel und haben Wissen zu Treibhausgas und erneuerbaren Energien. Sie sollten bereits selbst oder in ihrem Umfeld, Erfahrungen mit Smart-Home-Anwendungen gemacht oder davon gehört haben. Es ist hilfreich, wenn sie mit der selbstständigen Durchführung von Versuchen und der korrekten Erfassung von Messwerten vertraut sind und darüber hinaus den Verlauf von Messwerten in Diagrammen zeichnerisch oder sogar in einer App auf dem Handy darstellen können.

GESAMTZEIT: 90 MINUTEN

HINWEISE ZUM STUNDENABLAUF

PHASE	INHALT	ZEIT
1. Einstieg und Motivation	Klären Sie im Klassengespräch kurz die Begriffe „Treibhausgas“, „Klimaziele“, „erneuerbare Energien“ und „Energieeinsparung“ und fragen Sie die Schülerinnen und Schüler, was die „Fridays for Future“- Bewegung mit Gebäudetechnik/intelligenter Gebäudetechnik zu tun haben könnte. Die Schülerinnen und Schüler sollen verstehen, dass die Gebäudetechnik erheblich zum Einsparen von Energie und Treibhausgasen und damit zum Erreichen der Klimaschutzziele beitragen kann.	10 Min.
2. Grundprinzipien des Bauens und Bilanzierung von Energieeffizienz bei Wohn- und Zweckbauten	In Einzelarbeit arbeiten sich die Schülerinnen und Schüler mit einem Sachtext in das Thema energieeffizientes Bauen ein. Sie verstehen die Fachbegriffe und können die Motivation für energieeffizientes Bauen und die gesetzliche Energieeinsparverordnung einordnen. Sie erarbeiten sich eine Übersicht zu den wichtigsten architektonischen Konzepten und bautechnischen Maßnahmen. Diese schließen auch die intelligente Gebäudetechnik mit ein. Ebenso lernen sie das Vergleichs- und Bilanzierungsinstrument „Energieausweis“ mit den entsprechenden Kennwerten kennen. Sie verstehen Bedeutung und Berechnung von Energieeffizienzmaßnahmen bei Gebäuden.	20 Min.
3. Energieeffiziente Architektur, bautechnische Konzepte und Baustoffe verstehen	Anhand einer grafischen Übersicht werden wesentliche architektonische Konzepte, bautechnische Maßnahmen und typische Baustoffe mit ihren Merkmalen charakterisiert. In Zweier-Teams diskutieren die Schülerinnen und Schüler die Übersicht und machen sich mit den Konzepten und Maßnahmen vertraut. In einem weiteren Schritt ordnen sie die Elemente und Maßnahmen aus der Übersicht einem Bauwerk mit einzelnen Bauteilen in einer Abbildung zu.	30 Min.
4. Anwendungen intelligenter Gebäudetechnik mit ihren Vor- und Nachteilen	Sammeln Sie kurz im Klassengespräch Anwendungen für intelligente oder konventionelle Gebäudetechnik, die die Schülerinnen und Schüler aus ihrem Alltag kennen. Dann werden fünf Experten-Teams gebildet, die sich mit je zwei Aktoren aus der Übersicht in Abbildung 5 intensiv beschäftigen. Jedes Experten-Team sucht aus allen Bausteinen die zueinander passenden Komponenten aus und kennzeichnet die logischen Vernetzungen mit Pfeilen. In einer Haus-Grafik sind neben den technischen Komponenten auch die Architektur, die technische Vernetzung der Elemente untereinander und mit dem Internet sowie die intelligente Steuerung per App ersichtlich. Abschließend setzen sich die Experten-Teams intensiv mit den Vor- und Nachteilen ihrer jeweiligen Anwendung auseinander.	30 Min.

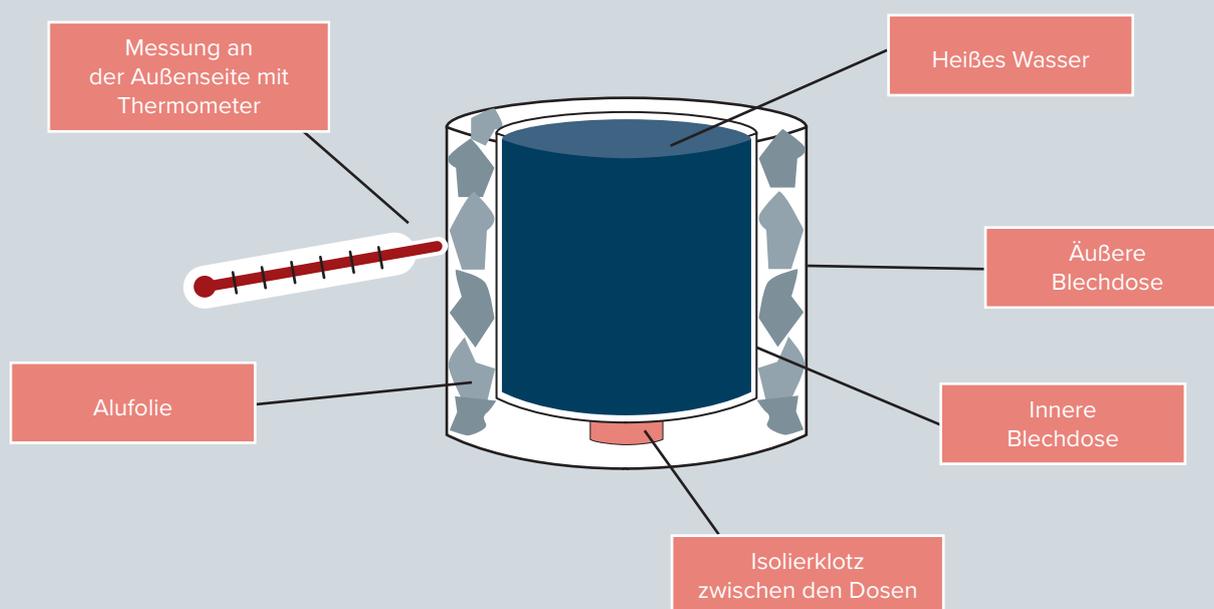
BINNENDIFFERENZIERUNG

- ▶ Die Basisaufgabe ist von allen Schülerinnen und Schülern zu lösen.
- ▶ Die Bonusaufgabe ist optional, sie dient als Reserve oder Ergänzung für leistungsstärkere Lernende.

HAUSAUFGABE:

Führt in Kleingruppen eine Messreihe zur Wirksamkeit von Dämmstoffen durch. Untersucht dazu mit einem günstigen Thermometer (Handy-App, analoges Bratenthermometer, einfaches Digitalthermometer) den Temperaturabfall nach bestimmten Zeitintervallen an der „Außenwand“ eines Hausmodells für die beiden Dämmstoffe Watte und zusammengeknüllte Alufolie.

Baut das „Hausmodell“ wie in der Grafik unten aus zwei Blechdosen (gute Wärmeleitung von Metall) mit unterschiedlichem Durchmesser, die ineinander gestellt werden. Die innere Dose steht kippstabil auf einem isolierenden Stück Holz oder Radiergummi. In den Bereich zwischen den Dosen wird als „Mauer“ der Dämmstoff eingefüllt. Als beheizten Innenraum befüllt ihr die innere Dose mit sehr heißem Wasser.



- Misst die Temperatur an der äußeren Dosenwand und trägt die Werte in die Tabelle ein:

DÄMMSTOFF/ ZEIT	NACH 0 MIN	NACH 5 MIN	NACH 10 MIN
Alufolie			
Watte			

- Zeichnet ein Diagramm für jeden Dämmstoff und trägt die Messwerte ein.

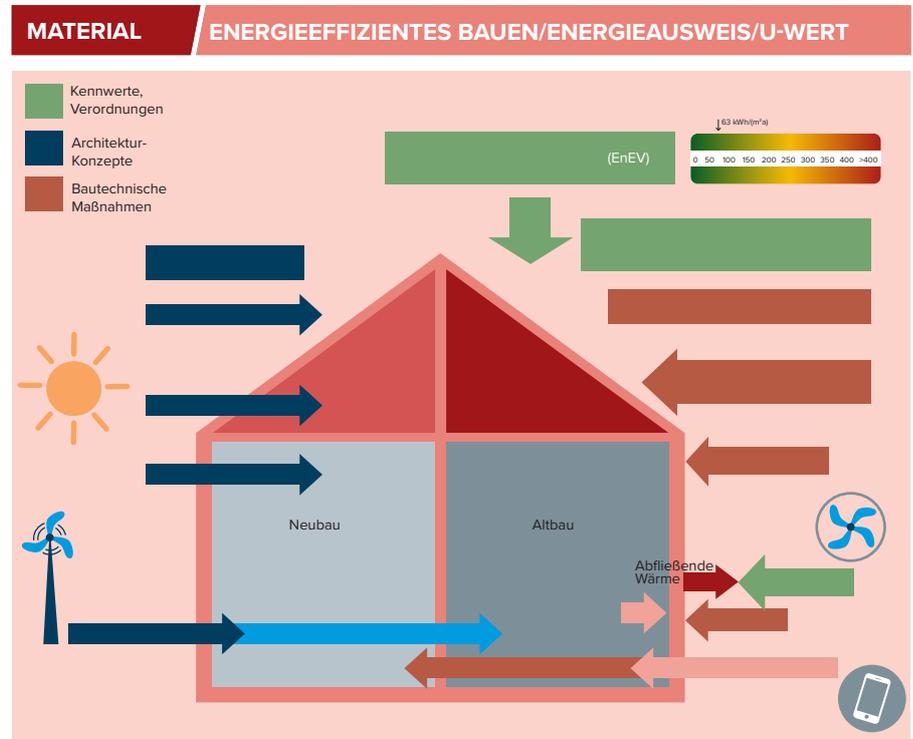


Abbildung 2

2. ENERGIEEFFIZIENTE ARCHITEKTUR, BAUTECHNISCHE KONZEPTE UND BAUSTOFFE

- ▶ Lest euch im Zweier-Team die Kästen mit den architektonischen Konzepten, den Maßnahmen der Bautechnik und den Baustoffen in Abbildung 3 durch.
- ▶ In Abbildung 4 seht ihr einen Neubau und einen Altbau mit symbolischer Darstellung von einzelnen Baumaßnahmen. Diese sind mit Fähnchen in den Farben aus Abbildung 3 gekennzeichnet. Tragt die zu den architektonischen Konzepten und Bautechniken zugehörige Nummerierung in die Fähnchen ein. Beachtet, dass einige Maßnahmen sowohl im Alt- als auch im Neubau eingesetzt werden.

MATERIAL	ARCHITEKTUR/BAUTECHNIK/BAUSTOFFE
A. ARCHITEKTUR	B. BAUTECHNIK
A.1 Kompaktbauweise mit kleinem Oberfläche-zu-Volumen Verhältnis	B.1 Dichte Hülle mit Folienabdichtung und ohne Wärmebrücken nach außen
A.2 Energieeffizienter Neubau mit Heizwärme fast nur aus Sonneneinstrahlung und erneuerbarer Energie	B.2 Automatische Lüftung mit Ausnutzung der Abluftwärme
	B.3 Dämmende Baustoffe und Wärmedämmverbundsysteme mit Dämmplatten
	B.4 Lichtkonzept durch Fassadenöffnung
	B.5 Intelligente Gebäudetechnik mit bedarfsgerechter Steuerung von Licht, Wärme, Klima
	B.6 Erneuerbare Energie für Heizung und Warmwasser
	C. BAUSTOFFE
	C.1 Dämmziegel und Porenbeton
	C.2 Reine Dämmstoffe wie Styropor oder Styrodur

Abbildung 3

MATERIAL

ARCHITEKTUR/BAUTECHNIK/BAUSTOFFE

Neubau

Altbau

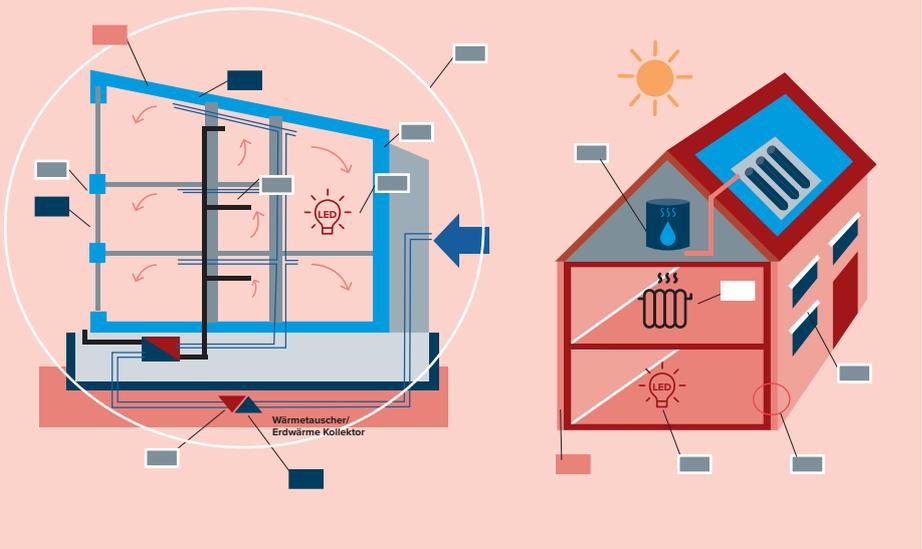


Abbildung 4

MATERIAL

ENERGIEVERBRAUCHSKENNWERT

► Beispielrechnung für den Energieverbrauchskennwert und die Dämmstoffdicke für ein Passivhaus.

- Berechne jeweils den Energieverbrauchskennwert für einen Altbau und einen Neubau nach der unten angegebenen Formel und trage dein Ergebnis in die freien Felder in der Tabelle ein. Ordne danach den Kennwerten die zugehörigen Energieeffizienzklassen (siehe Aufgabe 1) zu. Rechne mit den Angaben aus der Tabelle.

Formel Energieverbrauchskennwert:

Energieverbrauch an Strom + Warmwasser + Heizung jeweils in kWh in einem Jahr / (Gebäudenutzfläche x f)

f = 1,2 (berücksichtigt Verkehrsflächen zur Gebäudenutzfläche)

DURCHSCHNITTLICHER ENERGIEVERBRAUCH PRO JAHR IN KWH	ALTBAU (1960) EINFAMILIENHAUS 4-PERSONEN-HAUSHALT	ENERGIEEFFIZIENTER NEUBAU (2015) EINFAMILIENHAUS 4-PERSONEN-HAUSHALT
Elektrischer Strom	5500	4000
Erdgas für Heizung und ggf. Warmwasser	25000	2250
Gebäudenutzfläche	140 qm	140 qm
Energieverbrauchskennwert		
Energieeffizienzklasse		

Abbildung 5

- Berechne aus der Formel für den U-Wert (siehe unten) und der Wärmeleitfähigkeit für Massivholz die erforderliche Wanddicke für einen energieeffizienten Neubau mit der U-Wert Vorgabe von $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Was ist deine Einschätzung zum Ergebnis?

Wärmeleitfähigkeit Massivholz (Fichte und Kiefer):

U-Wert von $0,13 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Formel U-Wert:

Wärmeleitfähigkeit des Materials/
Materialdicke in Metern

3. INTELLIGENTE GEBÄUDE- TECHNIK: FUNKTIONSWEISE, VORTEILE UND NACHTEILE

In Abbildung 6 sind Sensoren und Aktoren vorgestellt, wie sie bei vernetzter, intelligenter Gebäudetechnik eingesetzt werden, auch als Smart Home bezeichnet. Formt fünf Experten-Teams und sprecht euch ab, welches Team sich mit welchen Aktoren genau auseinandersetzt. Pro Experten-Team sollen zwei Aktoren behandelt werden.

- Verbindet mit Pfeilen eure beiden Aktoren mit den zugehörigen Sensoren und verwendet **unterschiedliche Farben für jeden Aktor**.

Abbildung 7 zeigt die technische Vernetzung der beschriebenen Sensoren mit den Aktoren und die Verbindung mit der zentralen Steuerung mit Anbindung ans Internet über einen Verbindungsrechner, ein Gateway, schematisch dargestellt. Die Sensoren sind untereinander und mit der Zentrale durch einen Datenbus vernetzt.

MATERIAL	SENSOREN UND AKTOREN	
Sensoren		Aktoren
Lichtstärkesensor	1	1 Rolladen/Jalousien
Wettermelder: Nässe, Temperatur, Wind	2	2 Automatische Lüftung
Raumtemperatur	3	3 LED Beleuchtungssysteme
Raumklima: Feuchte und Sauerstoff	4	4 Heizung
Bewegungsmelder	5	5 Elektrische Zugangssperre/Türöffner
Überwachungskamera	6	6 Medien, Soundsysteme
Smart Meter: Zähler für Strom und Stromtarif	7	7 Elektrische Geräte, Waschmaschine, Tiefkühlgerät
Rauchmelder	8	8 Ladebox für E-Auto
Füllstandsensor für Hausstromspeicher	9	9 Elektrischer Fensterantrieb
Sensoren Tür und Fensteröffnung	10	10 Alarmsysteme
Mikrofon für Sprachsteuerung	11	
Tageszeit, Astrodaten	12	

Abbildung 6

- ▶ Beschreibt in Stichworten im Experten-Team die Steuerung eures Aktors per Tablet.

Die Sensoren und Aktoren aus Abbildung 6 gehören zu den wichtigsten Steuerungssystemen eines „Smart Homes“. In Abbildung 8 werden mit den Eckpunkten des Dreiecks die Hauptvorteile eines „Smart Homes“ dargestellt.

- ▶ Ordnet im Experten-Team zunächst eure Aktoren dem oder den passenden Steuerungssystemen zu. Tragt dann eure Steuerungssysteme mit Pfeil und Großbuchstabe entsprechend den besonderen Vorteilen eures Steuerungssystems auf den Achsen ein. Begründet die räumliche Zuordnung mit den besonderen Vorteilen eurer Steuerungssysteme.
- ▶ Schreibt in Stichworten auf, ob und welche Nachteile die Steuerungssysteme haben.

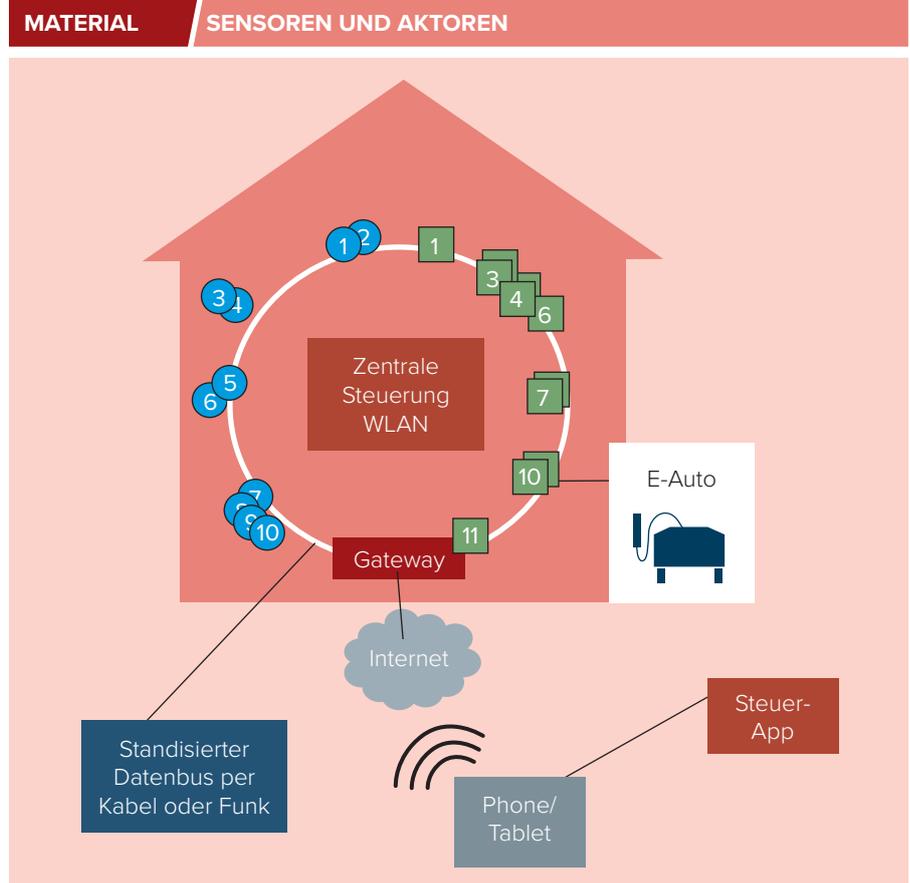


Abbildung 7

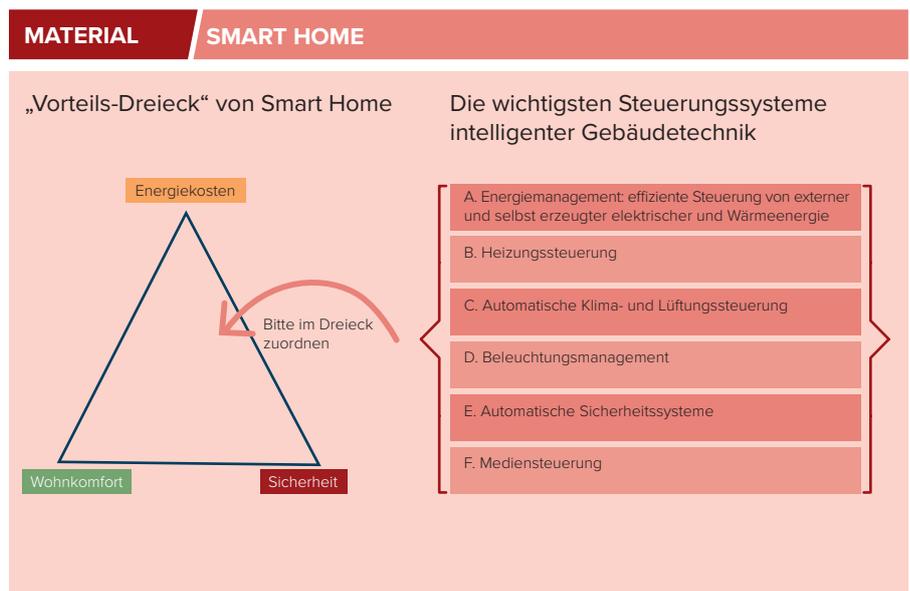


Abbildung 8

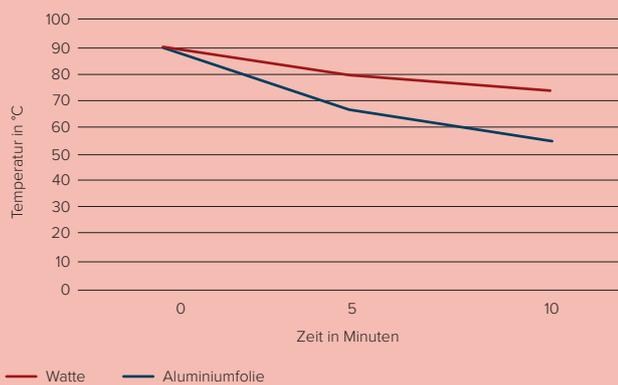
HINWEISE UND LÖSUNGEN ZU DEN AUFGABEN

HAUSAUFGABE

Lösungsvorschlag:

DÄMMSTOFF/ ZEIT	NACH 0 MIN	NACH 5 MIN	NACH 10 MIN
Alufolie	90 °C	78 °C	73 °C
Watte	90 °C	65 °C	55 °C

TEMPERATURABFALL NACH ZEIT UND DÄMMMATERIAL



EINSTIEG UND MOTIVATION

Lösungsvorschlag:

Treibhausgas-Emissionen:

Bezeichnung für den Ausstoß von CO₂ und Methan hauptsächlich aus Verbrennungsprozessen oder aus Verdauungsabgasen aus der Massentierhaltung.

Klimaziele:

Begrenzung der Erderwärmung auf möglichst 1,5 °C und Verringerung von Treibhausgasen.

Erneuerbare Energien:

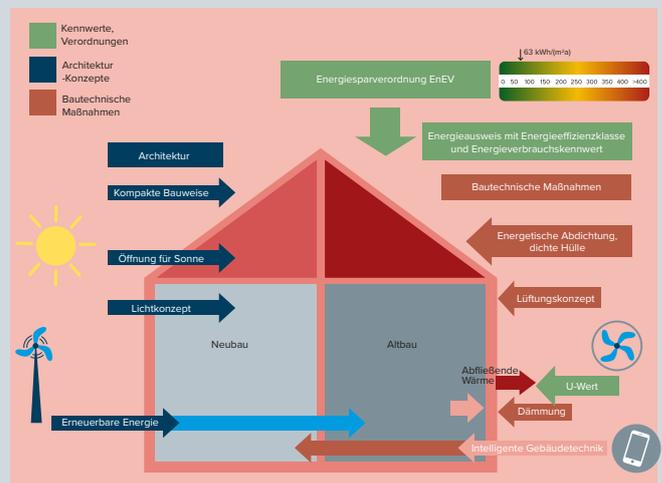
Das sind im Wesentlichen elektrischer Strom aus Solaranlagen, Windkraftanlagen, Biogas oder Wasserkraft, die sich – im Gegensatz zu Erdgas und Erdöl – erneuern. Diese Energien erzeugen keine Treibhausgase.

Fridays for Future:

Streik-Bewegung von meist Jugendlichen, SchülerInnen und Studierenden mit Forderungen, das strenge 1,5 °C Klimaziel einzuhalten, Treibhausgase zu reduzieren und den Braunkohleabbau zu beenden.

1. PRINZIPIEN UND KENNWERTE FÜR ENERGIEEFFIZIENTES BAUEN

Lösungsvorschlag:

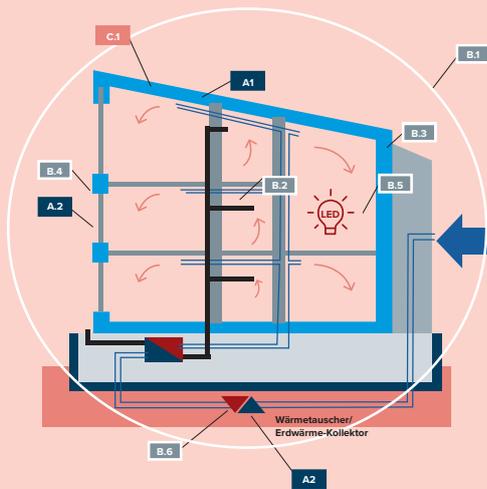


Die architektonischen Prinzipien sind eher bereits in der Planung für Neubauten umzusetzen und stehen daher auf der linken Seite unter dem Kasten Architektur. Die meisten bautechnischen Maßnahmen sind zusätzlich zu den Neubauten auch in der Altbautanierung möglich und stehen daher vereinfachend rechts. Dass erneuerbare Energien sowohl in Neu- als auch Altbauten zum Einsatz kommen, deutet der verlängerte Pfeil an.

2. ENERGIEEFFIZIENTE ARCHITEKTUR, BAUTECHNISCHE KONZEPTE UND BAUSTOFFE

Lösungsvorschlag:

Neubau



Altbau



BONUSAUFGABE: BEISPIELRECHNUNG FÜR DEN ENERGIEVERBRAUCHSKENNWERT UND DIE DÄMMSTOFFDICKE FÜR EIN PASSIVHAUS

Lösungsvorschlag:

ENERGIEVERBRAUCHSKENNWERT

DURCHSCHNITTLICHER ENERGIEVERBRAUCH PRO JAHR IN KWH	ALTBAU (1960) EINFAMILIENHAUS 4-PERSONEN-HAUSHALT	ENERGIEEFFIZIENTER NEUBAU (2015) EINFAMILIENHAUS 4-PERSONEN-HAUSHALT
Elektrischer Strom	5500	4000
Erdgas für Heizung und ggf. Warmwasser	25000	2250
Gebäudenutzfläche	140 qm	140 qm
Energieverbrauchskennwert	181	37
Energieeffizienzklasse	F	A

DÄMMSTOFFDICKE

Lösungsvorschlag:

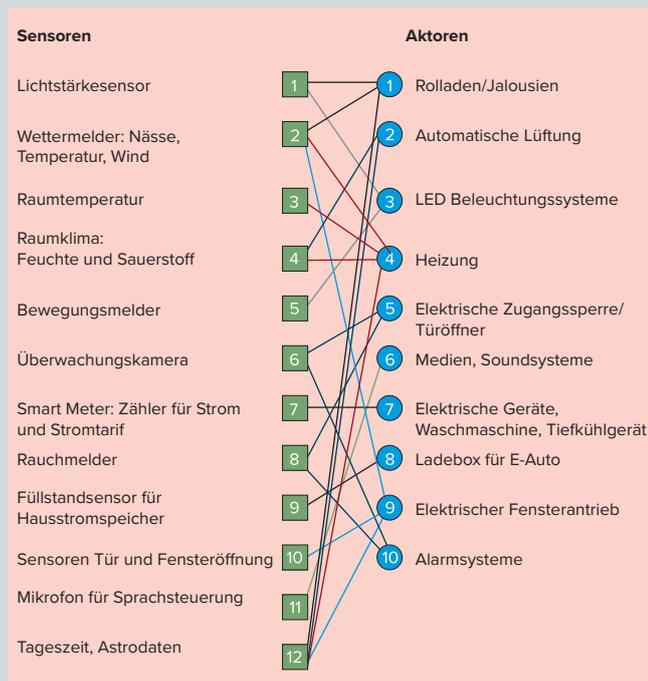
Materialdicke = Wärmeleitfähigkeit/U-Wert = $0,13W/(m \cdot K) \times [m2K/ 0,12 W] = 92 \text{ cm}$

Diese Dicke ist nicht praktikabel, das Haus braucht eine Holzkonstruktion mit zusätzlicher Dämmung.

3. INTELLIGENTE GEBÄUDETECHNIK: FUNKTIONSWEISE, VORTEILE UND NACHTEILE

SENSOREN UND AKTOREN

Lösungsvorschlag:



Steuerung der Rolladen/Jalousie

Zur Steuerung z. B. der Heizung von unterwegs rufe ich die Steuerungs-App im Smartphone auf. Über Funk und Internet wählt sich die App in das Gateway ein. In der App lege ich den Start und die Heiztemperatur fest. Das Gateway gibt den Befehl über die Zentrale an den Datenbus weiter. Alle angesprochenen Aktoren führen den Befehl aus.

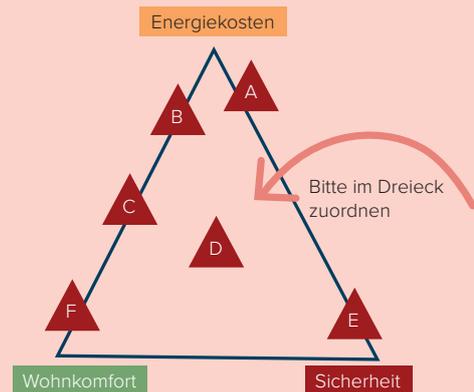
SMART HOME

Lösungsvorschlag:

Die wichtigsten Steuerungssysteme intelligenter Gebäudetechnik

- A. Energiemanagement: effiziente Steuerung von externer und selbst erzeugter elektrischer und Wärmeenergie
- B. Heizungssteuerung
- C. Automatische Klima- und Lüftungssteuerung
- D. Beleuchtungsmanagement
- E. Automatische Sicherheitssysteme
- F. Mediensteuerung

„Vorteils-Dreieck“ von Smart Home



Hauptnachteil intelligenter Gebäudetechnik ist die Angreifbarkeit der Haustechnik durch Hacker. Über das Internet und die vernetzten Sensoren und Aktoren gibt es viele Eintrittspunkte für Cyberattacken. Hausfunktionen wie Rollos oder Heizung könnten von Kriminellen ferngesteuert werden, im Bereich der Strom- und Energieversorgung könnten Erpressungsversuche gestartet werden oder einfach nur Gewohnheiten der Bewohner ausgespäht werden.