


Physikalische Grundlagen energieeffizienten Bauens



Urs-Peter Menti
 Dipl. Masch. Ing. ETH/SIA, MAS-BA
 Leiter Zentrum für Integrale Gebäudetechnik
 Zentrum für Integrale Gebäudetechnik
 Hochschule Luzern – Technik & Architektur

13. November 2009 FH Zentralschweiz






Zur Person



- Urs-Peter Menti
- Dipl. Masch. Ing. -ETH, MAS-BA
- Hochschule Luzern – Technik & Architektur
- Leiter Zentrum für Integrale Gebäudetechnik
- Hauptamtlicher Dozent für Gebäudetechnik
- Leiter Zertifizierungsstelle Minergie-P



- 1995 – 2004 Amstein + Walthert AG
- 2004 – heute Hochschule Luzern




Folie 4, 14. November 2009



Zielsetzung

- **Energieeffizientes Bauen**: was heisst das eigentlich? Definitionen und Abgrenzungen
- **Einflussfaktoren** auf die Energieeffizienz – und mögliche **Lösungsstrategien**
- **Zusammenhänge, Gedanken, Denkanstösse** für die Diskussion heute – und in Zukunft

- **Erwarten Sie keine Patentrezepte** – denn die gibt es nicht!



Folie 5, 14. November 2009

Energieeffizienz im Bau: Ist jemand dagegen?

- Gegen **energieeffizientes Bauen** ist (hoffentlich) niemand...
- Fragen aber sind:
 - Zu welchem **Preis**? **Wer** bezahlt diesen Preis?
 - Mit welchen **Einschränkungen** und **Kompromissen**?
 - Mit welchen **Strategien** und **Massnahmen**?
 - ...
- Wir bewegen uns in einem **Spannungsfeld**...

Folie 6, 14. November 2009

<p>Aussage A:</p> <p>„Das beste Gebäude ist das Gebäude, welches keine (Gebäude)-Technik braucht.“</p> <p>>>></p> <p>Einschränkungen für Architektur</p>	<p>Aussage B:</p> <p>„Die (Gebäude / Energie-)Technik wird es dann schon irgendwie richten...“</p> <p>>>></p> <p>Völlige Freiheit für die Architektur</p>
--	---

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Nachhaltigkeit und Energieeffizienz

2000 Watt-Gesellschaft

Folie 8, 14. November 2009

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

2000 Watt-Gesellschaft

- Eine mögliche **Messlatte für Energieeffizienz**
- Bewertung erfolgt auf Stufe **Primärenergie** und **CO2-Ausstoss**
- **Gesamtenergiebeurteilung** (im Bereich Wohnen: Betriebsenergie, Graue Energie, gebäudeinduzierte Mobilität)
- **Energie-Effizienzsteigerung** gegenüber heute um **Faktor 3**
- Massive Reduktion beim **CO2-Ausstoss** um **Faktor 8**
- personenbezogene Bewertung: 2000 Watt **pro Person**
- ("traditionell": **m2-bezogene** Bewertung)

Folie 9, 14. November 2009

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Nutz-, End- und Primärenergie

<p>Nutzenergie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wärme im Raum • Licht im Raum • Warmes Wasser aus der Dusche 	<p>Endenergie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektrizität beim Stromzähler • Gas beim Gaszähler • Heizöl im Öltank 	<p>Primärenergie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rohöl • Uran • Wind • Sonne • Erdwärme
<p>—————></p> <p>Nutzungs-/Wirkungsgrad</p>		<p>—————></p> <p>Primärenergiefaktoren</p>

Folie 10, 14. November 2009

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Nutz-, End- und Primärenergie

<p>Nutzenergie</p> <ul style="list-style-type: none"> • SIA 380/1 • Energiebedarfsnachweis • Minergie(-P) Primäranforderung 	<p>Endenergie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Betriebskosten • Energierechnung • ... 	<p>Primärenergie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lifecyclecosts • Gesamtkosten inkl. externe Kosten • ...
---	---	--

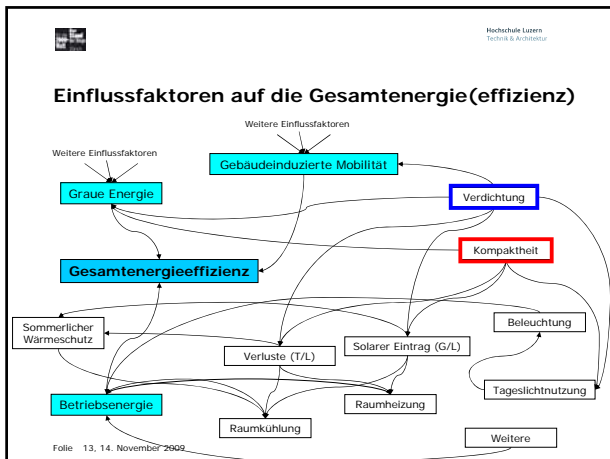
MINERGIE

2000 Watt-Gesellschaft

Folie 11, 14. November 2009

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Folie 12, 14. November 2009



Hochschule Luzern
Technik & Architektur

...wie sieht nun das energieeffiziente Gebäude aus...?

Folie 14, 14. November 2009

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Es gibt (leider) kein Patentrezept

Folie 15, 14. November 2009

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

(Gesamt-)Energie

- Heizwärmebedarf (Raumheizung, Warmwasser)	Gesamtheitliche Betrachtung nötig!
- Beleuchtungsenergiebedarf	
- Kühlenergiebedarf	
- Lüftungsenergiebedarf	
- Hilfsenergiebedarf	
- Prozessenergiebedarf	
- Graue Energie	
- Gebäudeinduzierte Mobilität	
Wird durch architektonische Entscheide unwesentlich beeinflusst	Wird durch architektonische Entscheide wesentlich beeinflusst

Folie 16, 14. November 2009

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Viele Faktoren beeinflussen die richtige Strategie

- Viele Einflussfaktoren (es wurde nur ein Teil gezeigt...)
- Komplexe Zusammenhänge zwischen den Faktoren
- Kompaktheit / Verdichtung sind wichtige Faktoren...
- ... sie sind aber nicht die einzigen Faktoren
- Hohe Energieeffizienz hat viele Lösungsstrategien:
 - Welche Strategie ist die "beste"? (Energiebedarf...)
 - Welche Strategie können wir uns leisten? (Grenzkosten...)
 - Welche Strategie gefällt uns am besten? (Akzeptanz...)
- Objektspezifische Lösungen!

Folie 17, 14. November 2009

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Folie 18, 14. November 2009

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

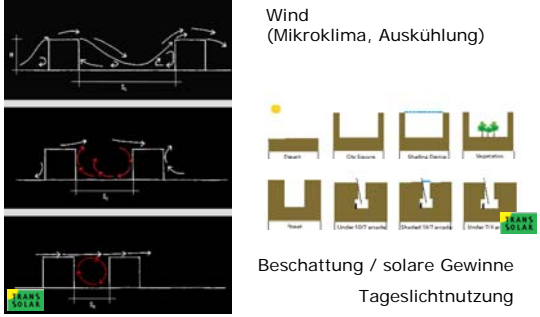
Einfluss der Dichte



Folie 19, 14. November 2009

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Einfluss der Dichte (Beispiel Masdar City)



Wind (Mikroklima, Auskühlung)

Beschattung / solare Gewinne
Tageslichtnutzung

Folie 20, 14. November 2009

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Vor- und Nachteile einer hohen Dichte

<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bessere Beschattung (Sommer) Geringere Windexposition (Reduktion Verluste) Graue Energie? Kürzere Distanzen, weniger Verkehr 	<p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> Stärkere Verschattung (Winter) Beeinträchtigte Tageslichtnutzung Mikroklima mit hohen Temperaturen (Sommer!) Graue Energie? Zunahme der „Lenzerheid-Fahrten“?
---	--

Folie 21, 14. November 2009

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Folie 22, 14. November 2009

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Einfluss der Kompaktheit



Kompaktheit definiert durch:
Oberfläche : Volumen = A/V

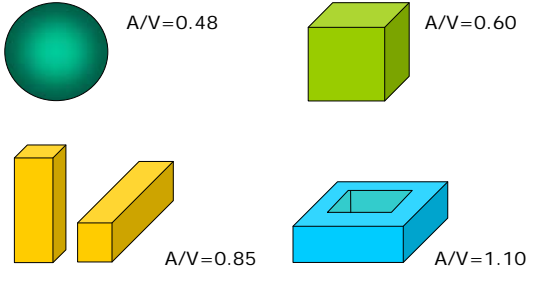
Nicht zu verwechseln mit Gebäudehüllzahl: A_{th}/A_E

A_{th} = thermische Gebäudehüllfläche
 A_E = Energiebezugsfläche

Folie 23, 14. November 2009

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Einfluss der Kompaktheit



$A/V=0.48$ (Sphere)

$A/V=0.60$ (Cube)

$A/V=0.85$ (Rectangular prism)

$A/V=1.10$ (Hollow rectangular prism)

Folie 24, 14. November 2009



Vor- und Nachteile einer hohen Kompaktheit

Vorteile:

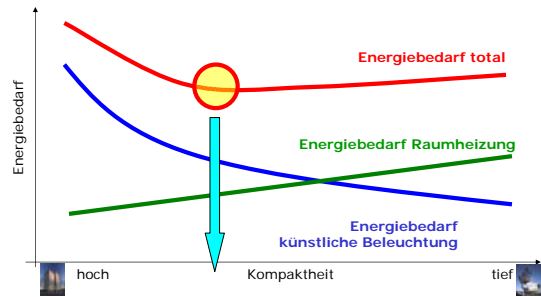
- Minimale Verluste bei maximalem Volumen
- Tiefere solare Lasten pro Quadratmeter Nutzfläche
- Kürzere Wege für Technik (z. B. Lüftungskanäle)
- Einfachere Konstruktionsdetails, weniger Wärmebrücken
- Graue Energie

Nachteile:

- Weniger gute Tageslichtnutzung
- Schlechtere nat. Lüftung bei hohen Raumtiefen
- Wenig Aussenfläche für Energiegewinnung (passiv-solar, Photovoltaik etc.)
- Unwirtschaftliche Grundrisse



Ist kompakt nun energieeffizient oder nicht?



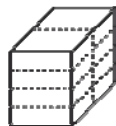
Forschungsprojekt: „Das Klima als Entwurfsmotor“

- **Forschungsprojekt** der Hochschule Luzern
- Leitung: Prof. Christian Hönger (Architekt)
- Ziel:
Handlungsempfehlungen für eine energieeffiziente Architektur unter Berücksichtigung des lokalen Klimas
- Teilprojekt:
Überprüfung verschiedener Handlungsempfehlungen mittels Simulationen betreffend ihrer **Gesamtenenergieeffizienz** (Heizen, Kühlen, Beleuchtung; z.T. auch Graue Energie)



Forschungsprojekt: „Das Klima als Entwurfsmotor“

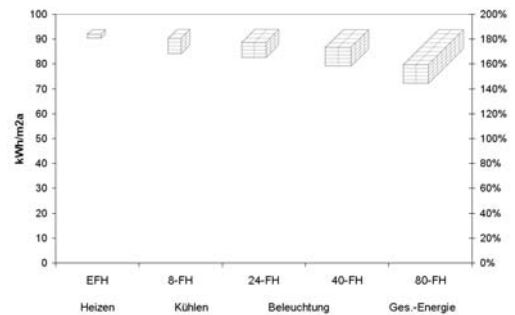
- Wohnhaus (8 Wohneinheiten)
 - **Jahresenergiebedarfsberechnung** mittels Simulationen
 - Raumtemperaturen: 20-26 °C
 - Heizwärmebedarf (H)
 - Kühlenergiebedarf (K)
 - Beleuchtungsenergiebedarf (B)
- These three items (H, K, B) are grouped together in a bracket and labeled as **Nutzenergie**.
- Umrechnung auf **Primärenergie** (Gesamtenenergiebedarf)
→ Unterschiedliche **Gewichtung** der Energieträger!

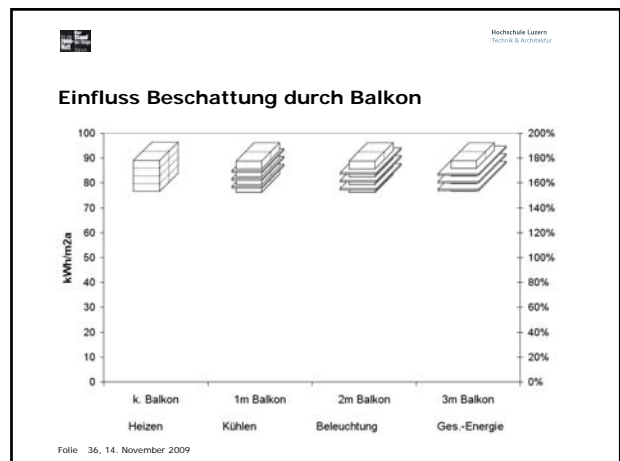
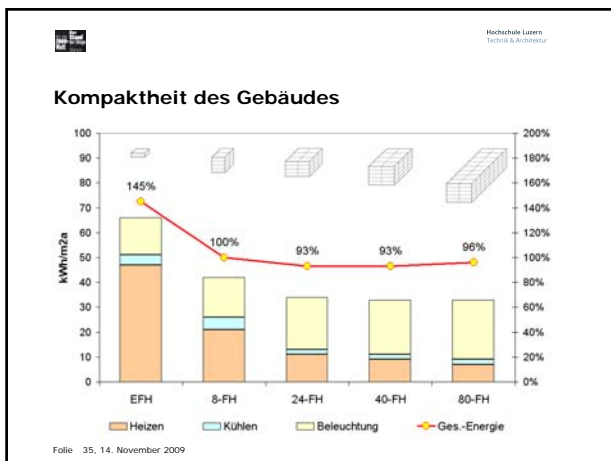
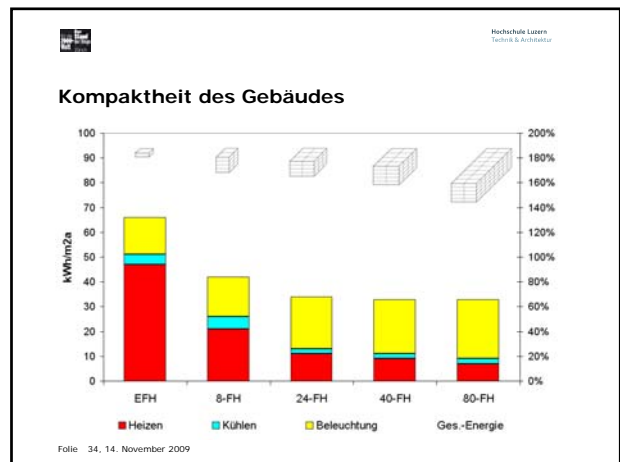
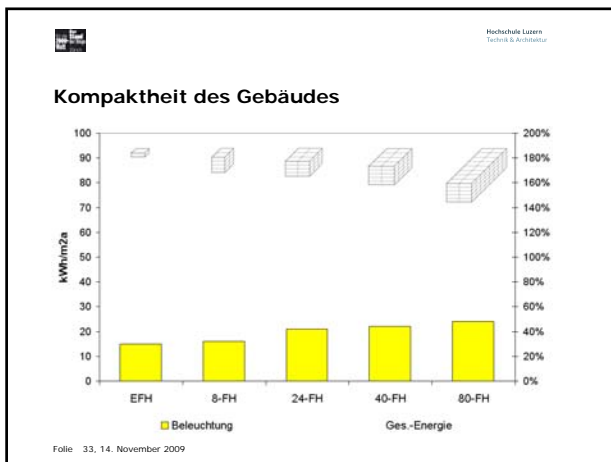
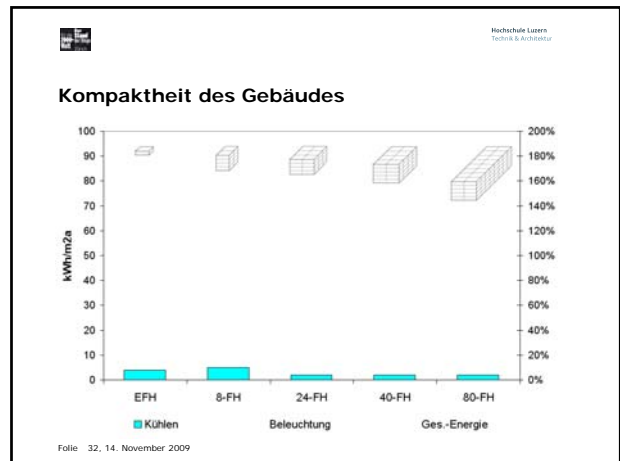
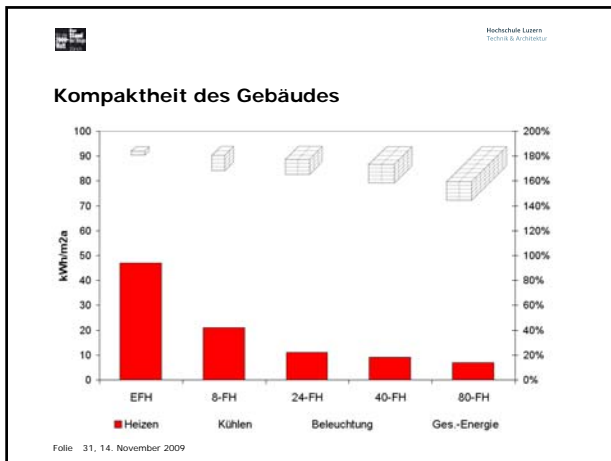


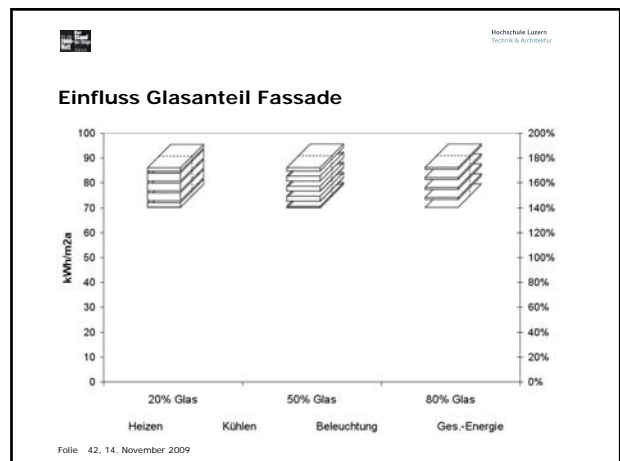
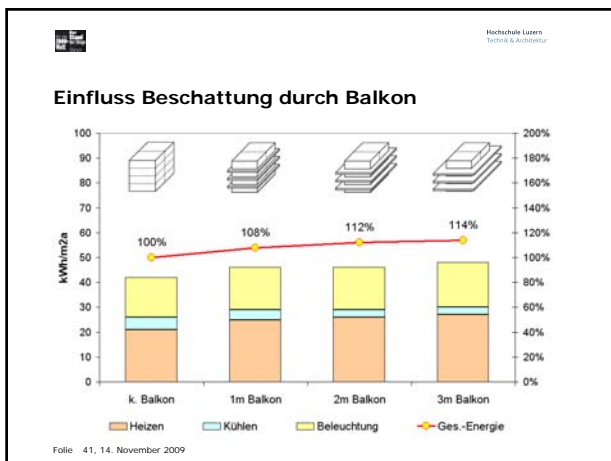
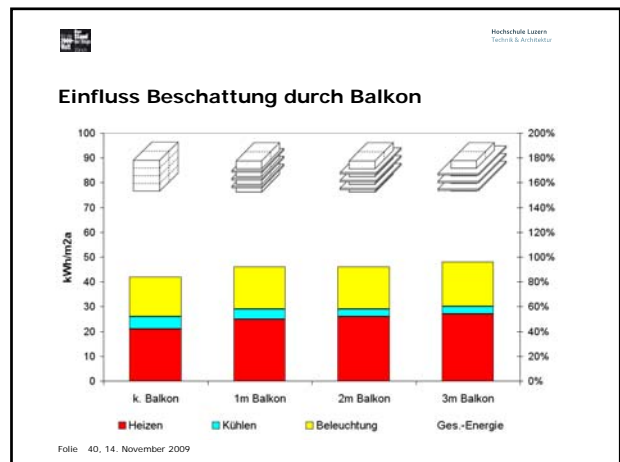
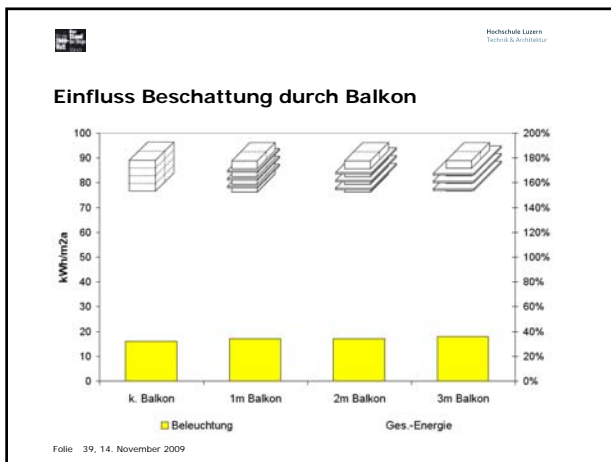
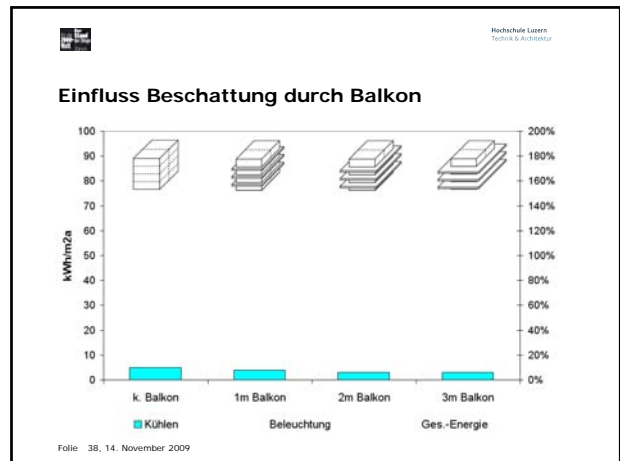
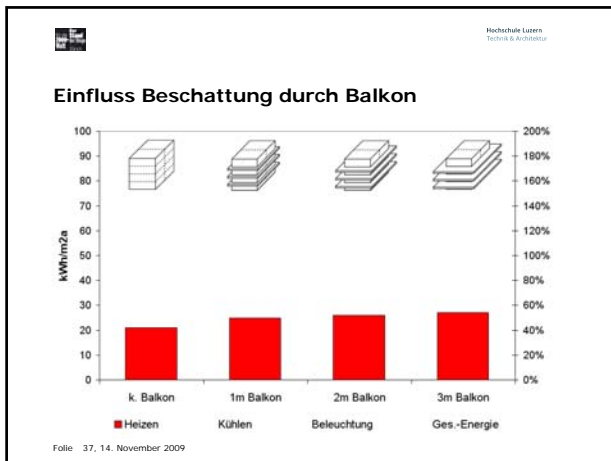
Nutzenergie

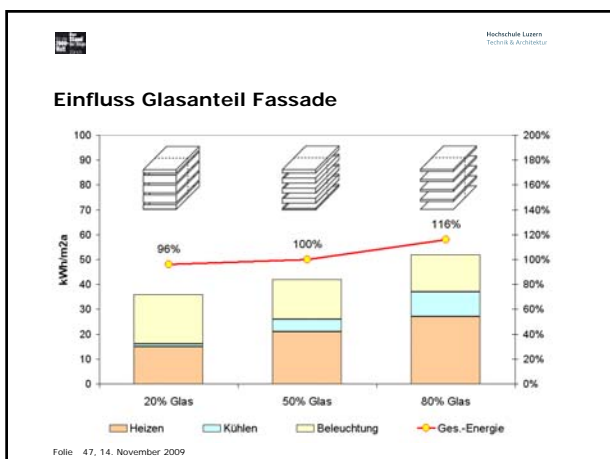
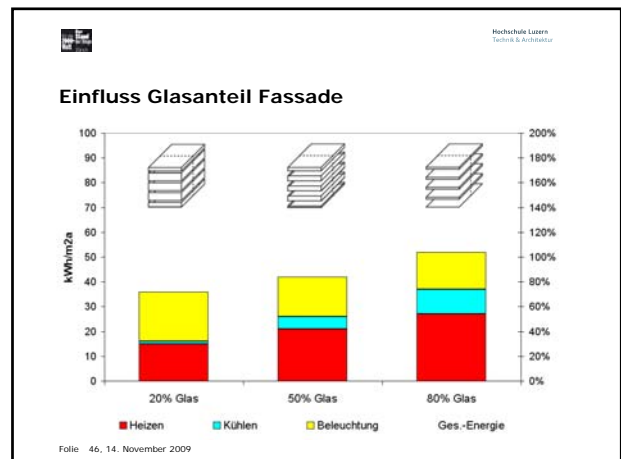
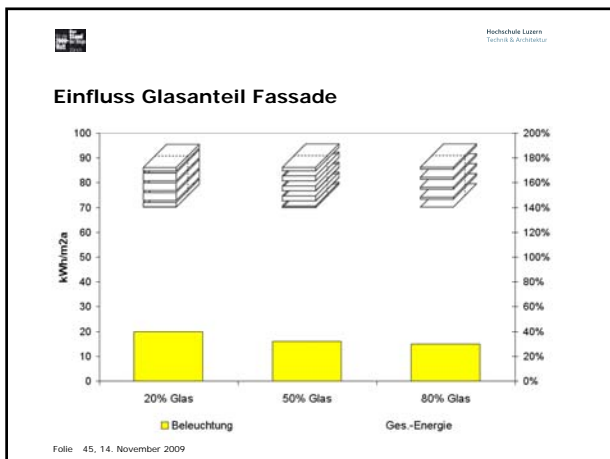
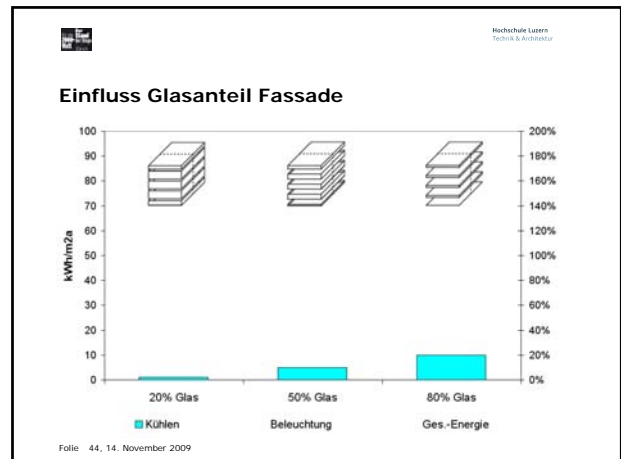
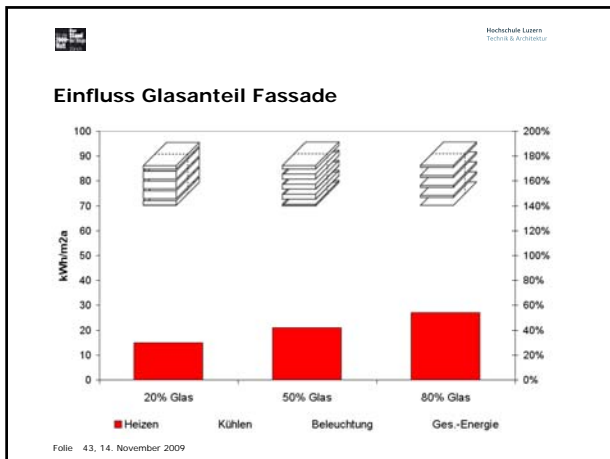


Kompaktheit des Gebäudes









Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Erkenntnisse aus Forschungsprojekt

- Die **2000 Watt-Gesellschaft** fordert eine Beurteilung auf Ebene **Primärenergiebedarf**
- In die Beurteilung müssen beim Gebäude der gesamte **Betriebsenergiebedarf**, die **Graue Energie** und die **gebäudeinduzierte Mobilität** einfließen
- Die Beurteilung von **Heiz-, Kühl- und Beleuchtungsenergiebedarf** führt zu teilweise **überraschenden Erkenntnissen / neuen Lösungsansätzen**
- Im **Bürobau** ist das **Tageslicht** gegenüber der Raumheizung noch **bedeutender** als im Wohnbau

Folie 48, 14. November 2009



Ausgangslage


- Stadt Zürich realisiert mehr und mehr Neubauten nach den Anforderungen der 2000 Watt-Gesellschaft („Leuchttürme“)
- Neubau Bettenhaus Triemli als besondere Herausforderung:
 - Steigende Ansprüche an ein Spital
 - Reduktion Energiebedarf um Faktor 3 gegenüber heute
 - Minergie-P-Eco



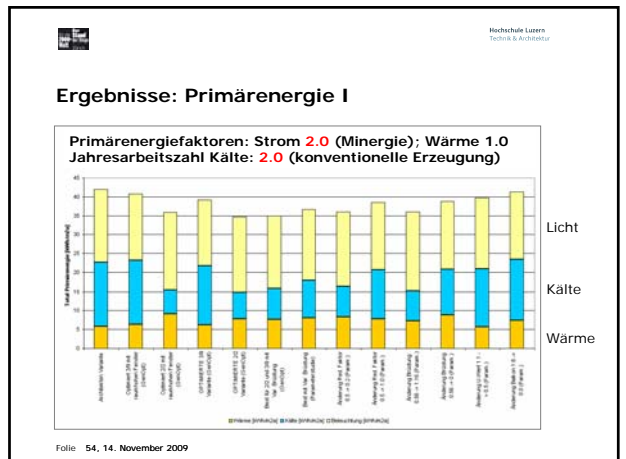
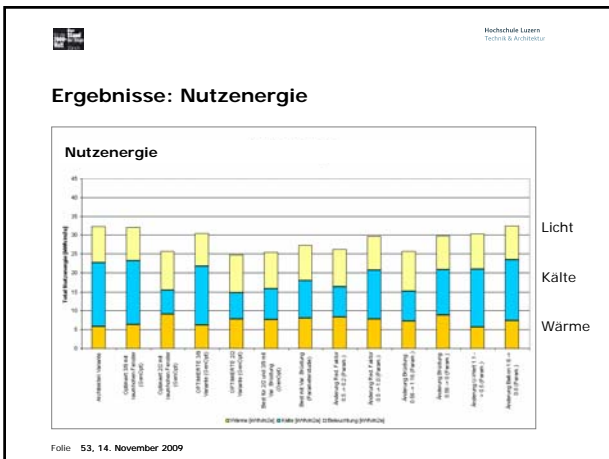
Folie 51, 14. November 2009

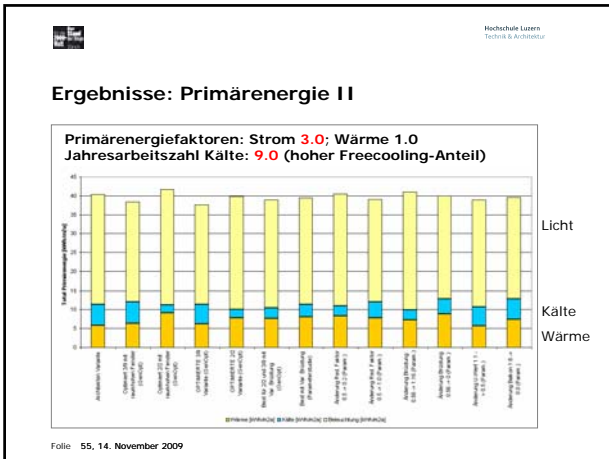
Fragestellung

- Fassade als zentrales Element für die Erreichung der energetischen Zielsetzungen (2000 WG)
- Optimierung der Fassade unter Berücksichtigung des Energiebedarfs für Heizen, Kühlen, Beleuchtung
- inkl. Berücksichtigung der Energieträger (Analyse auf Stufe Primärenergie!)
- Mittels Simulationen wird die aus Sicht Gesamtenergiebedarf (Betrieb) optimale Fassade ermittelt!
- Glasanteil, Glaswahl, Balkontiefe, Balkonbrüstung, Sonnenschutz



Folie 52, 14. November 2009



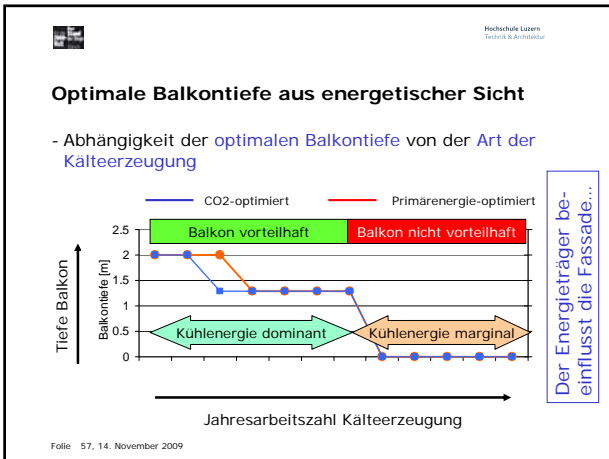


Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Erkenntnisse

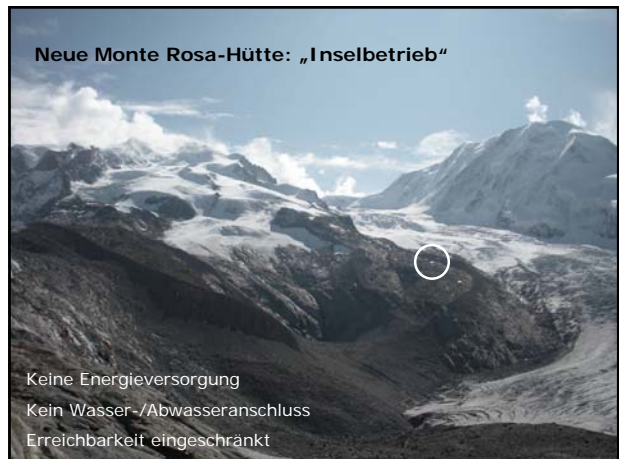
- Je nach **Energieversorgungsvariante** (ergo Gewichtung der Nutzenergie) sieht die energieoptimierte Fassade anders aus
- Bei "konventioneller" Kälteerzeugung
 - hohe Relevanz des Energiebedarfs für die Kälteerzeugung
 - Massnahmen zur **Reduktion des Kühlenergiebedarfs** stehen im Vordergrund
- Kälte z.B. über Erdsonden (erneuerbare Energiequelle)
 - wenig Relevanz des Energiebedarfs für die Kälteerzeugung
 - Massnahmen zur Reduktion des Beleuchtungsenergiebedarfs stehen im Vordergrund (**Maximierung der Tageslichtnutzung**)

Folie 56, 14. November 2009



Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Folie 58, 14. November 2009



Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Neue Monte Rosa-Hütte: Lösungsstrategie

Gebäude als System

Energiemanagement

Folie 61, 14. November 2009

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Monte Rosa-Hütte in der Stadt Zürich??

Das Gebäude als Kraftwerk

Ansammlung von Kraftwerken...
(Zukunftsszenario)

Folie 62, 14. November 2009

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Heute: Kraftwerke → Verbraucher

Kraftwerke

Netz für unidirektionalen Energietransport

Verbraucher

Folie 63, 14. November 2009

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Zukunft: Kraftwerke = Verbraucher = Kraftwerke ?

Gebäude als Energieproduzent und Energiekonsument

Netz als Speicher / „Ausgleichsbecken“

Hohe Redundanz

Wie sieht die Stadt aus lauter „Kraftwerk-Häusern“ aus?

Wie dicht und kompakt soll diese Stadt dann sein?

Folie 64, 14. November 2009

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Folie 65, 14. November 2009

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Fazit

- Die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäude wird von den verschiedensten Faktoren beeinflusst

- Es gibt unzählige „Stellschrauben“ zur Beeinflussung der Energieeffizienz

- Die Architektur kann / sollte / muss einen Beitrag leisten...

- ... es gibt aber auch andere Ansätze (doch sind diese sinnvoll???)

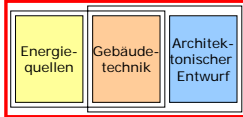
Aussage A:
„Das beste Gebäude ist das Gebäude, welches keine (Gebäude-)Technik braucht.“
->>> Einschränkungen für Architektur

Aussage B:
„Die (Gebäude / Energie-)Technik wird es dann schon richten.“
->>> Völlige Freiheit für die Architektur

Folie 66, 14. November 2009



Fazit



- Zielführend ist sicher ein **integraler Ansatz** mit einer **Systemoptimierung** ("Gebäude als System")



- "**Kompakt & dicht**" kann, muss aber nicht das Non-plusultra sein

- Die Frage ist doch **komplexer**, als dass sie so einfach beantwortet werden könnte



Besten Dank

