

Prof. Dr Jean-Louis Scartezzini  
Sonnenenergie und Bauphysik Laboratorium  
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne  
CH – 1015 Lausanne

# Nachhaltige Quartiere und Stadtplanung

## Aktuelle Methodik:

- Trial and Error (Bauen und Messen)
- Limitierte Computermodelle für Bauphysik / urbane Physik
- Fortschritte sind notwendig:
  - 'Trial and Error' ist zu langsam und mangelhaft
  - 'Brute Force' Berechnung ist zu langsam
  - Wir benötigen umfangreichere und verfeinerte Computermethoden

## Zukunftaktionen:

- Langfristige zwischenstaatliche Vereinbarungen sind in Erarbeitung [bis 2050]
- Im Baubereich stellen Renovierungsarbeiten die Hauptherausforderung dar
- Ausser physischen Modellen brauchen wir Modelle, die erlauben,
  - politische Massnahmen zur Förderung von Renovierungsarbeiten zu testen
  - zukünftige Sanierungsnormen zu definieren

# Heute verfügbare Computerwerkzeuge (PPF)

Sonnenenergie-Nutzungspotential von Quartieren – Matthäus (Basel/CH)

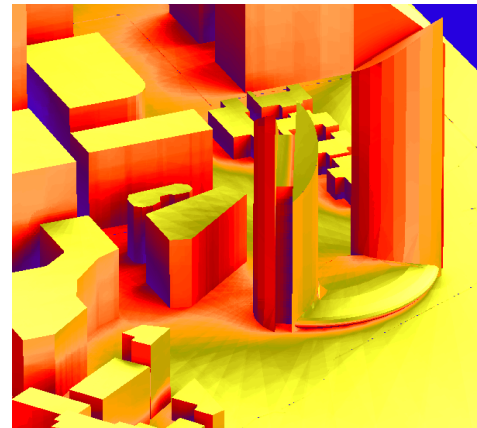
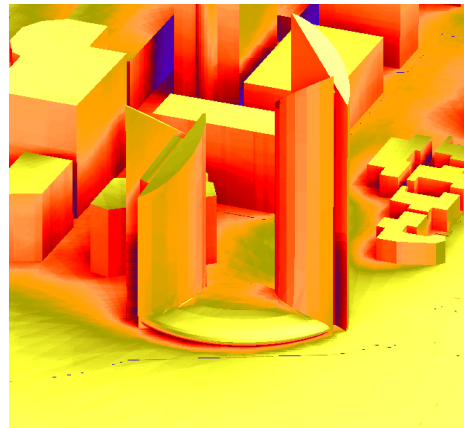
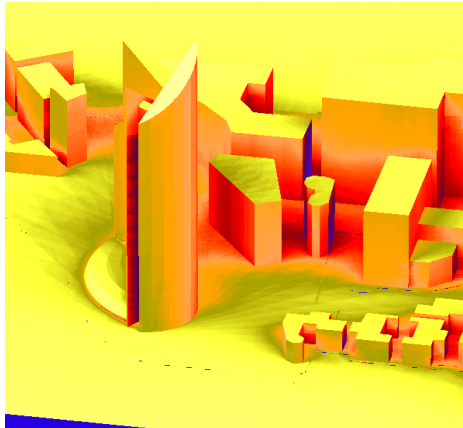
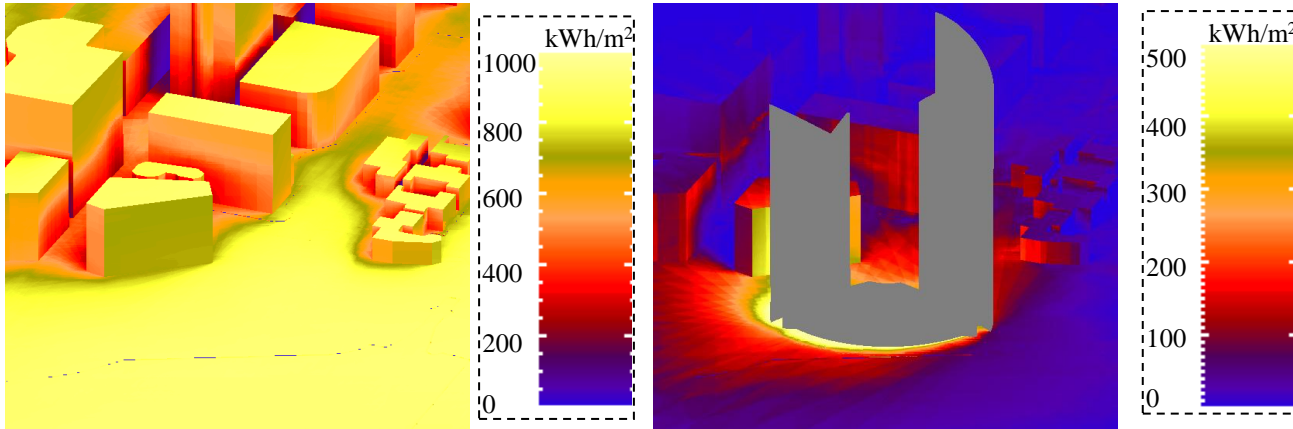


BIPV auf Dächern ( $I > 1000 \text{ kWh/m}^2$ . a)

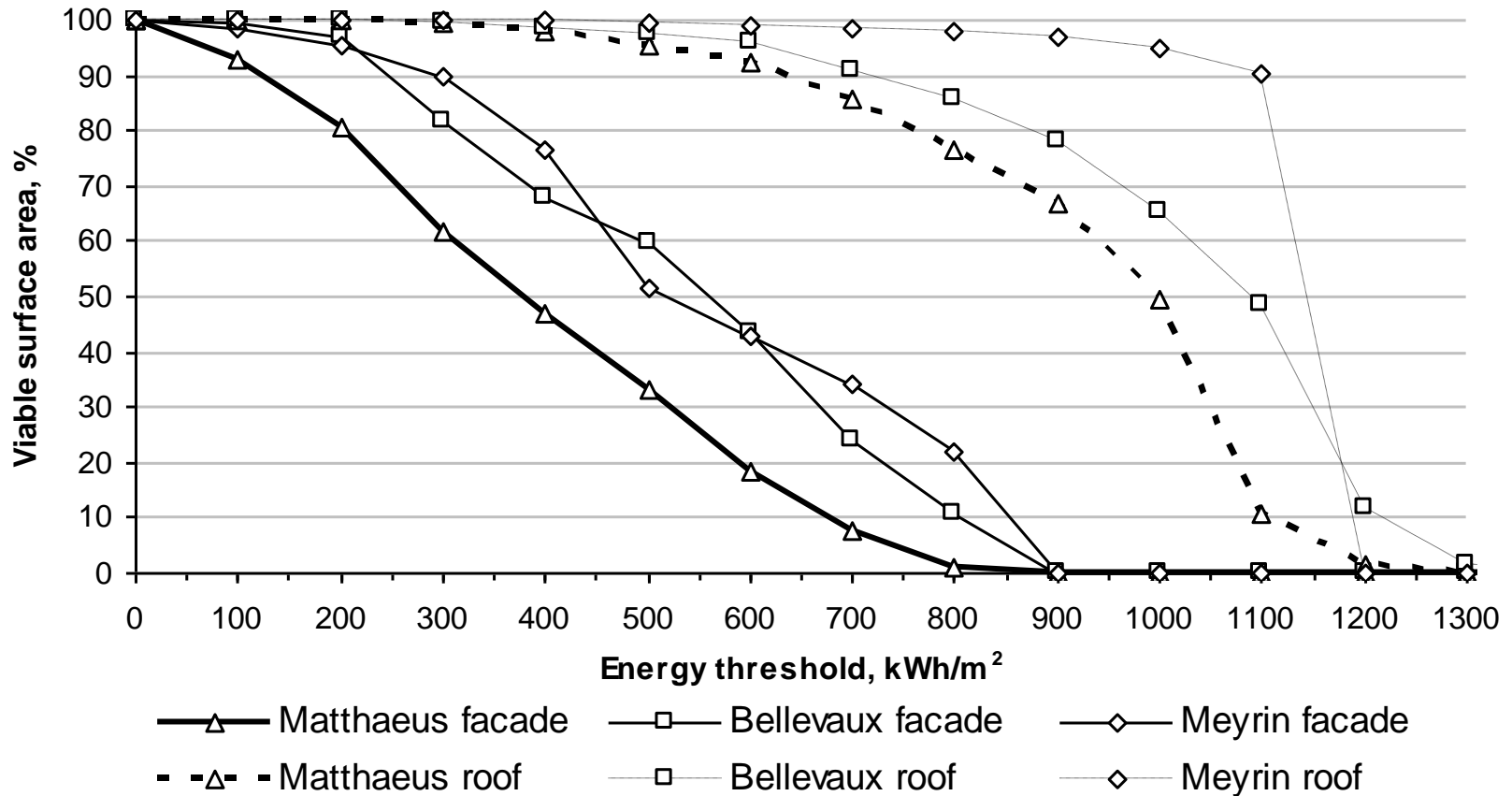


Jährliche Strahlung ( $100\text{-}1250 \text{ kWh/m}^2$ .a)

# Optimierung der Sonnenenergiegewinne



# Histogramm Sonneneinstrahlung

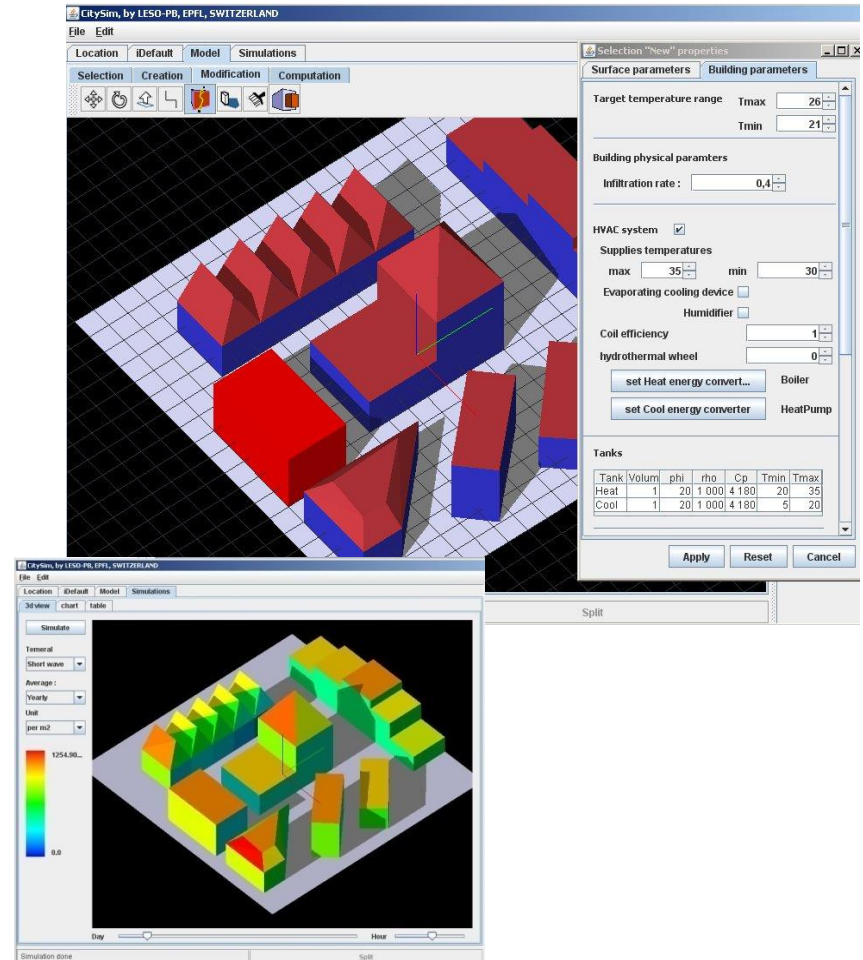


# Integrale Stadtmodellierung (CitySIM)

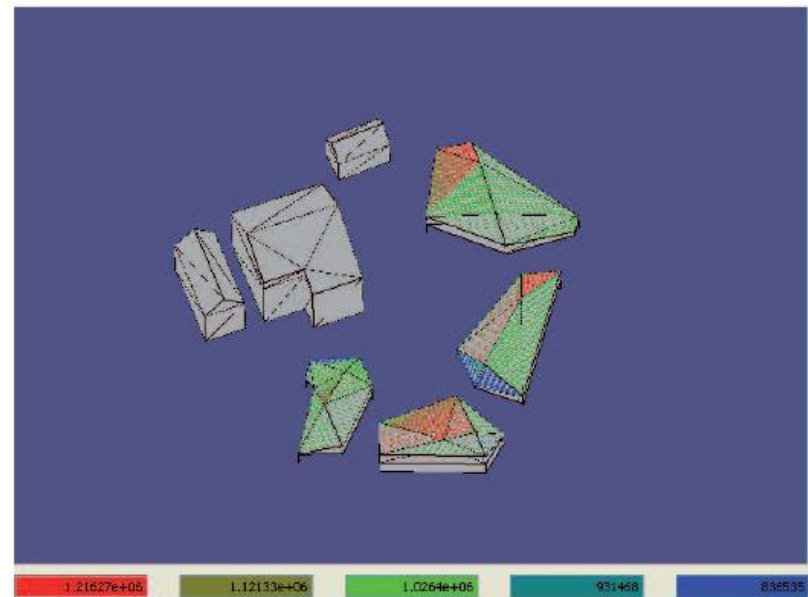
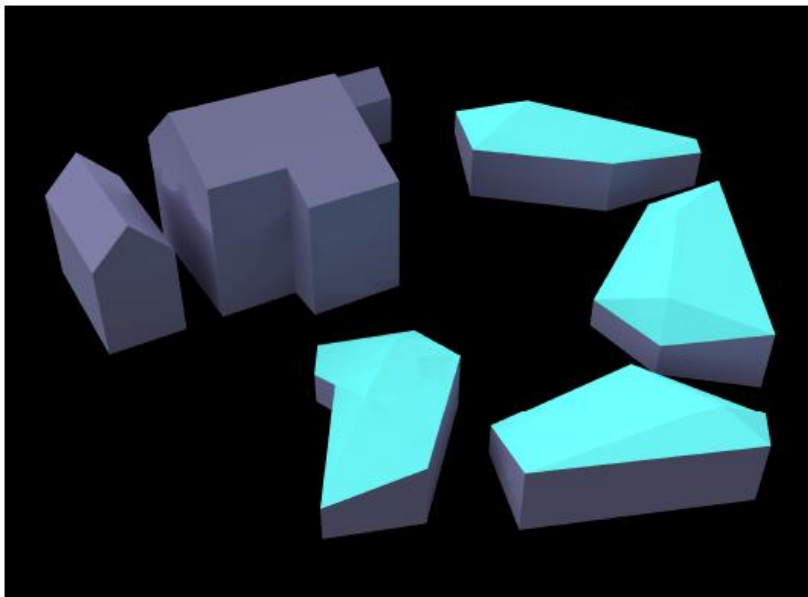
Integrale Modellierung von städtischen Stoffflüssen (Energie, Wasser, Abfall):

Nachbarschaft → Quartier →  
→ Stadt.

- Einfluss: städtisches **Microclima**
- Einfluss: **menschliches** Verhalten
- Einfluss: **lokaler synergetischer** Austausch
- **Gebäude** und **Transport**

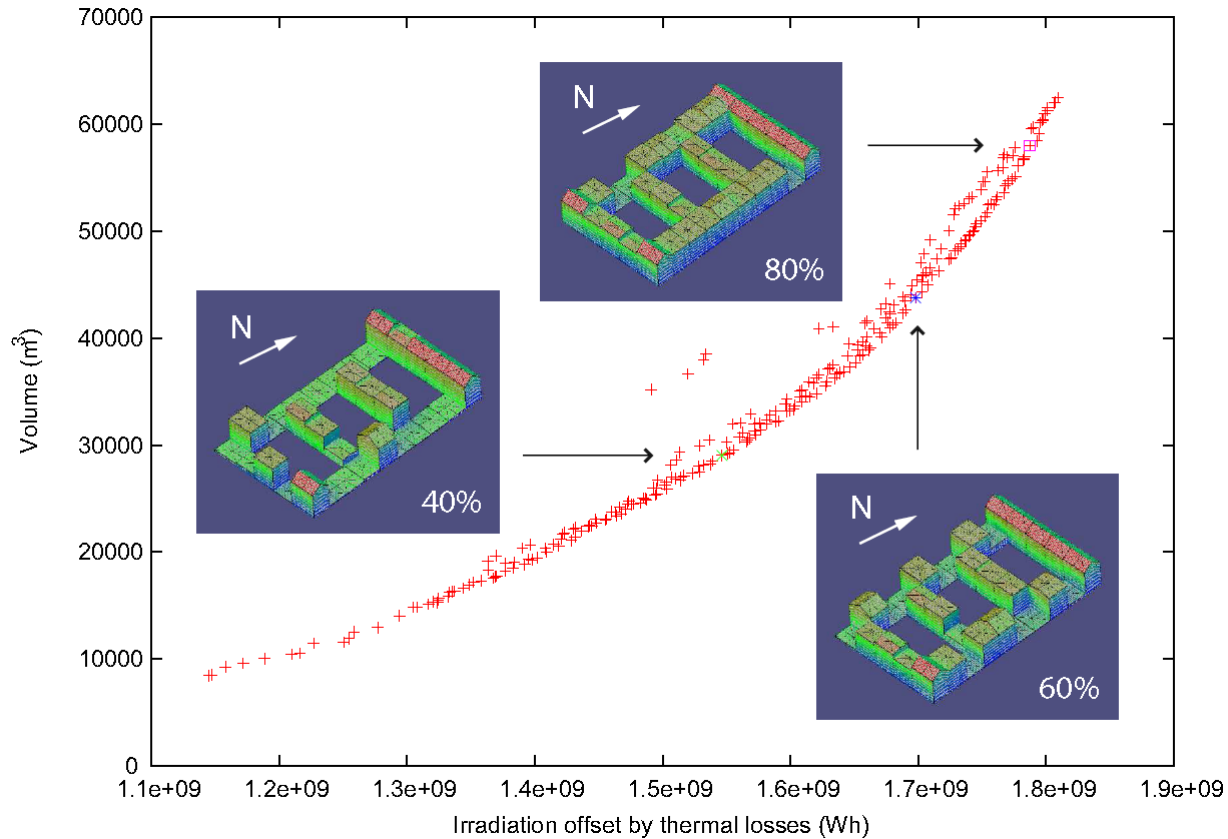


# Erweiterung eines Herrenhauses Photovoltaische Anlage



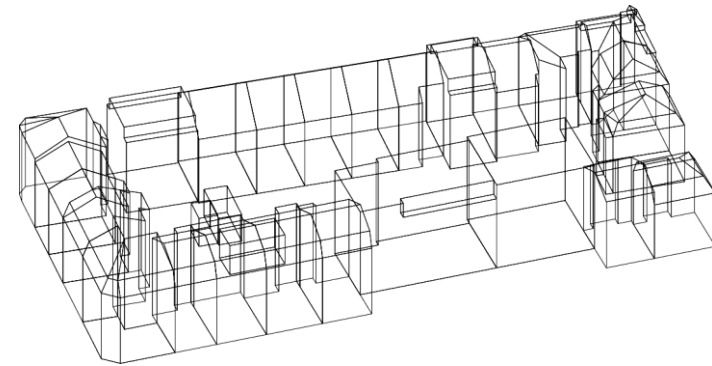
+ 10 % Verbesserung der jährlichen  
Sonneneinstrahlung  
(Zusätzlicher Ertrag : + 11.6 MWh)

# Optimierung der Gesamtenergiebilanz



Gebäudeblock mit Innenhöfen (limitiertes Gesamtvolumen)

# Fallstudie – Gebäudesanierungen (Matthäus)



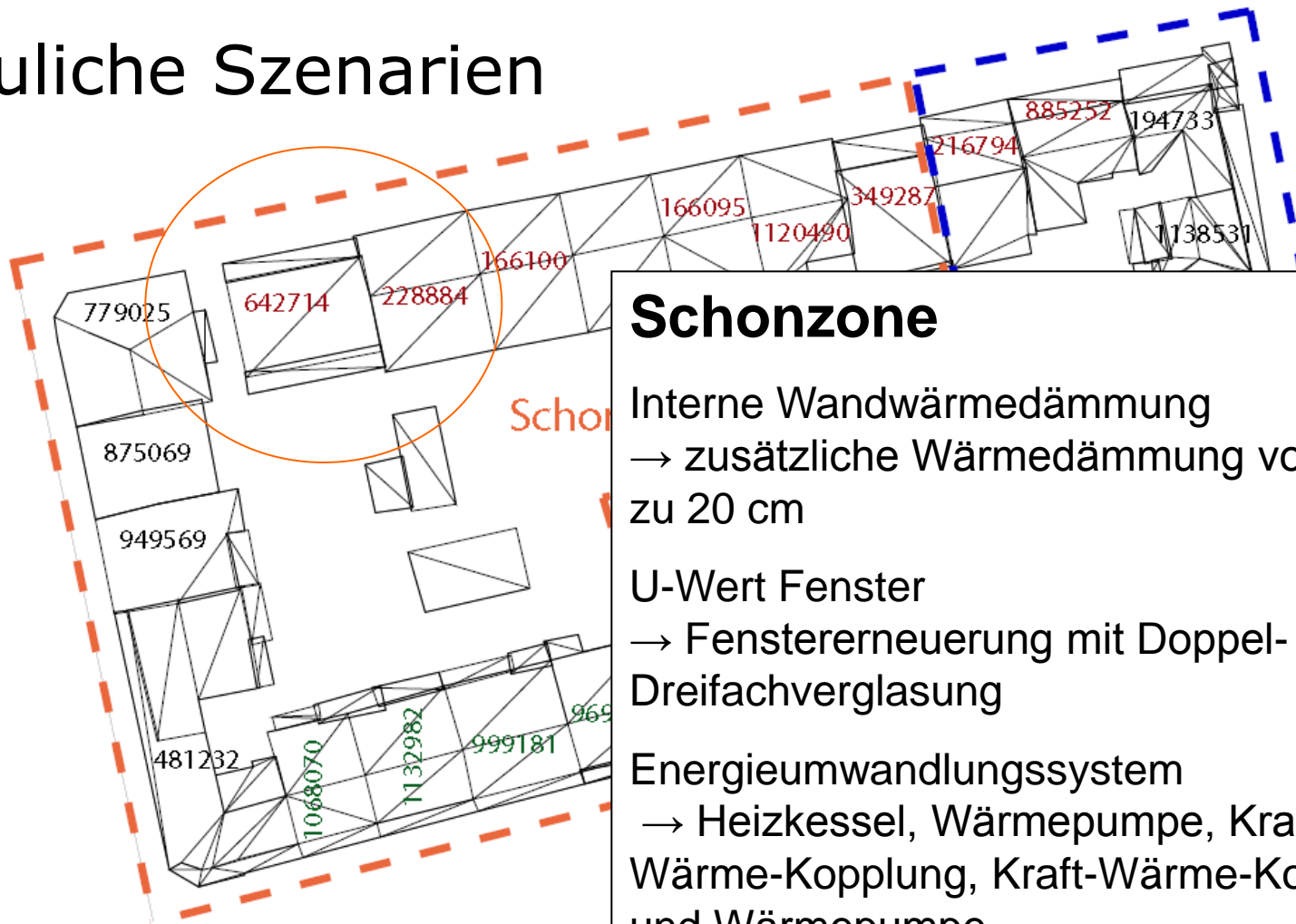
Kadaster → 3D Daten

Datenerhebung 2000 → Bau-/Sanierungsjahr, Heizbrennstoff

Visuelle Datenerhebung → Verglasungsanteil, Zustand der Fassade und Photos/Illustrationen

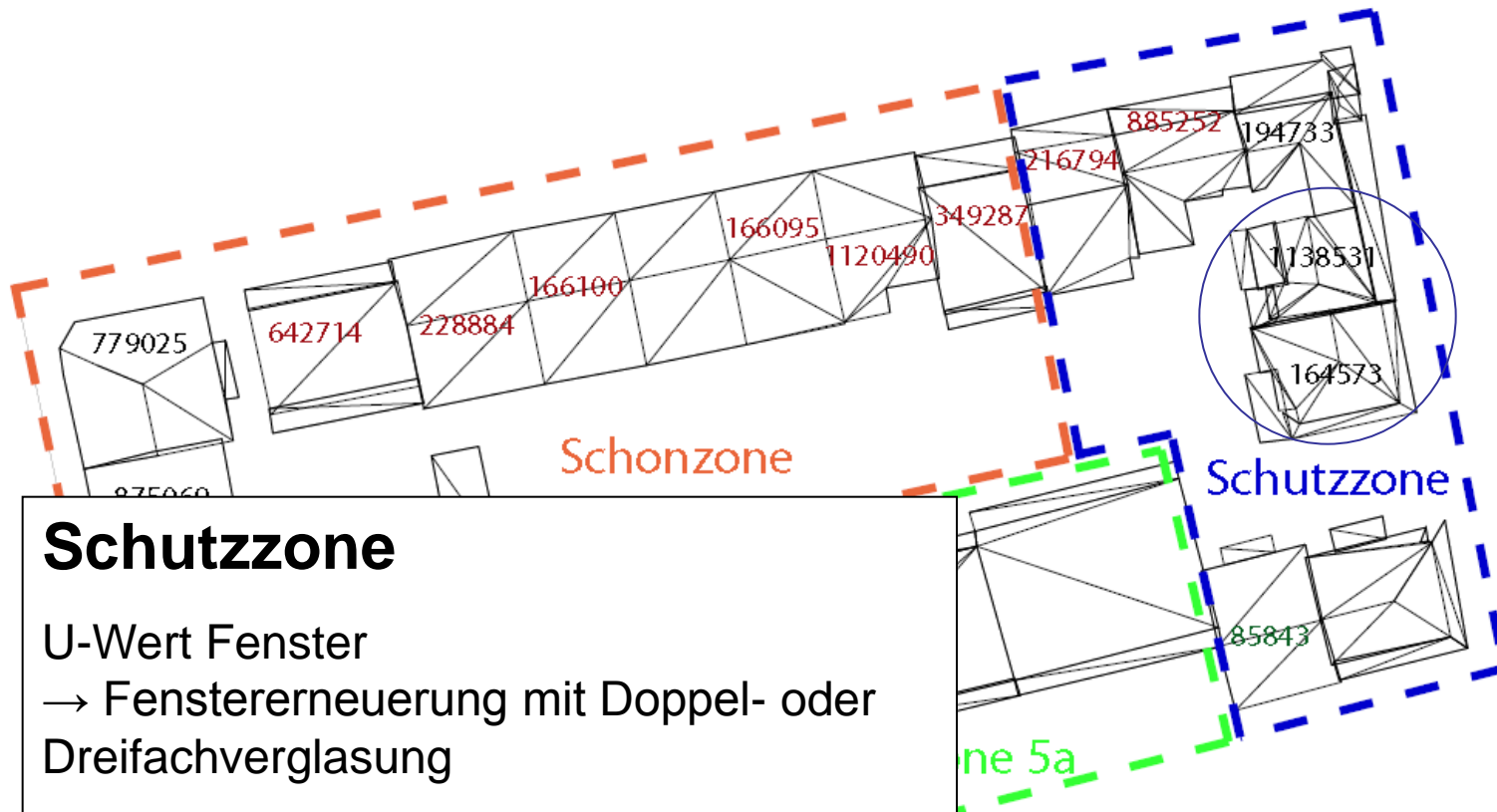
Fehlende Daten ergänzt

# Bauliche Szenarien



## Schonzone

- Interne Wandwärmedämmung  
→ zusätzliche Wärmedämmung von bis zu 20 cm
- U-Wert Fenster  
→ Fenstererneuerung mit Doppel- oder Dreifachverglasung
- Energieumwandlungssystem  
→ Heizkessel, Wärmepumpe, Kraft-Wärme-Kopplung, Kraft-Wärme-Kopplung und Wärmepumpe



## Schutzzone

U-Wert Fenster

→ Fenstererneuerung mit Doppel- oder Dreifachverglasung

Energieumwandlungssystem

→ Heizungskessel, Wärmepumpe, Kraft-Wärme-Kopplung, Kraft-Wärme-Kopplung und Wärmepumpe

## Zone 5a

Externe Wärmedämmung

→ zusätzliche Wärmedämmung bis zu 20 cm

U-Wert Fenster

→ Fenstererneuerung mit Doppel- oder Dreifachverglasung

Verglasungsanteil

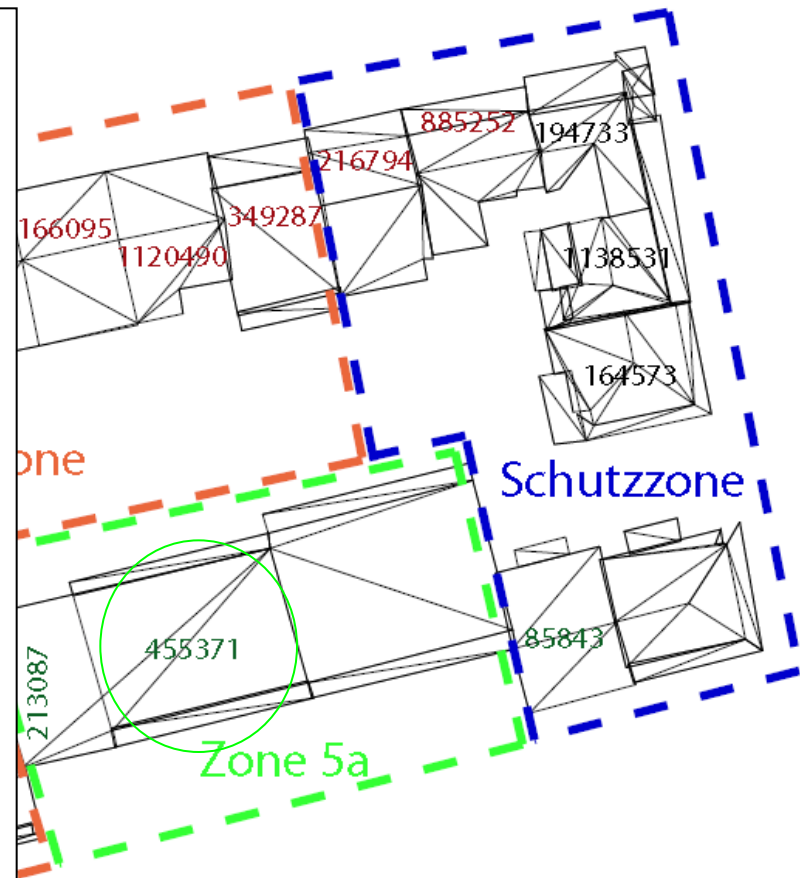
→ zwischen 10 und 100%

Energieumwandlungssystem

→ Heizkessel, Wärmepumpe, Kraft-Wärme-Kopplung, Kraft-Wärme-Kopplung und Wärmepumpe

Photovoltaikkollektoren

→ Anteil Dachfläche (%)



# Gesamtenergieverbrauch-Minimierung (EA - Evolutionsalgorithmen)

$$f(\vec{x}) = Q_{gas}(\vec{x})/\eta_{gas} + E_{el}(\vec{x})/\eta_{el}$$

Objektive Funktion unter Berücksichtigung der schweizerischen  
Energieträgerfaktoren (Primärer Energieverbrauch)

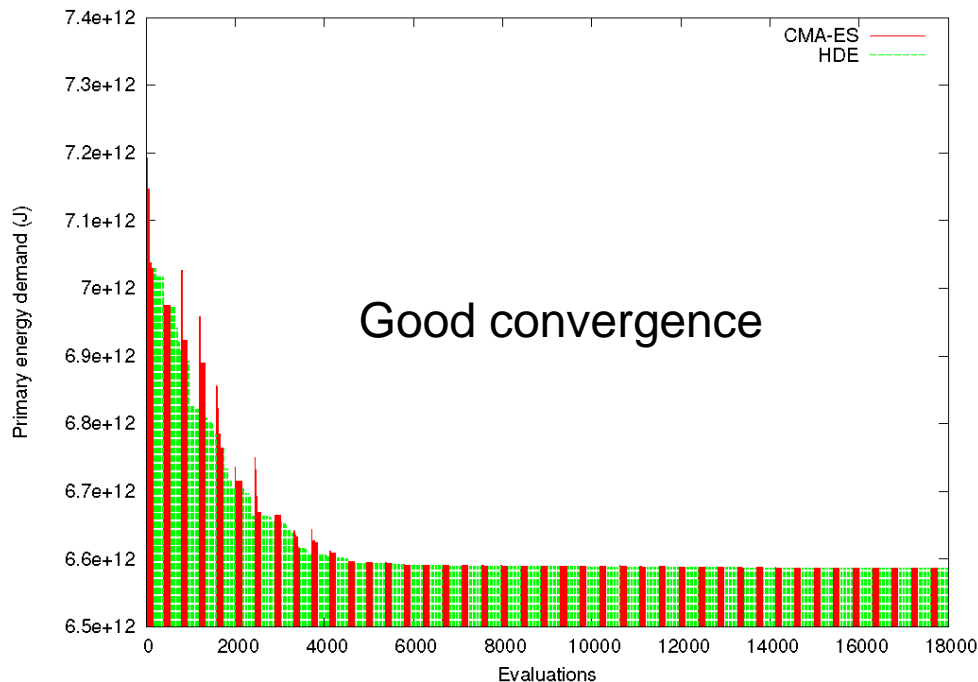
Fuel	Source energy factor
Electricity	2.057
Gas	1.007

# Fallstudie – Parametrierung von Gebäuden

Schonzone built <1919 non-renovated (2 buildings)	Walls internal insulation (cm) Windows U-Value (W/(m <sup>2</sup> K)) Energy conversion system <sup>a</sup>	$x_1 \in [0, 20]$ $x_2 \in \{0.5, 1.1, 6.0\}$ $x_3 \in \{1, 2, 3, 4\}$
Schonzone built <1919 renovated '71 until '80 (1 building)	Walls internal insulation (cm) Windows U-Value (W/(m <sup>2</sup> K)) Energy conversion system <sup>a</sup>	$x_4 \in [0, 20]$ $x_5 \in \{0.5, 1.1, 2.8\}$ $x_6 \in \{1, 2, 3, 4\}$
Schonzone built <1919 renovated '81 until '90 (3 buildings)	Walls internal insulation (cm) Windows U-Value (W/(m <sup>2</sup> K)) Energy conversion system <sup>a</sup>	$x_7 \in [0, 20]$ $x_8 \in \{0.5, 1.1, 2.8\}$ $x_9 \in \{1, 2, 3, 4\}$
Schonzone built <1919 renovated '91 until '95 (6 buildings)	Walls internal insulation (cm) Windows U-Value (W/(m <sup>2</sup> K)) Energy conversion system <sup>a</sup>	$x_{10} \in [0, 20]$ $x_{11} \in \{0.5, 1.1, 2.0\}$ $x_{12} \in \{1, 2, 3, 4\}$
Schonzone built <1919 renovated '96 until '00 (2 buildings)	Walls internal insulation (cm) Windows U-Value (W/(m <sup>2</sup> K)) Energy conversion system <sup>a</sup>	$x_{13} \in [0, 20]$ $x_{14} \in \{0.5, 1.1, 1.5\}$ $x_{15} \in \{1, 2, 3, 4\}$
Schonzone built '46 until '60 renovated '81 until '90 (1 building)	Walls internal insulation (cm) Windows U-Value (W/(m <sup>2</sup> K)) Energy conversion system <sup>a</sup>	$x_{16} \in [0, 20]$ $x_{17} \in \{0.5, 1.1, 2.8\}$ $x_{18} \in \{1, 2, 3, 4\}$
Schonzone built '61 until '70 non-renovated (1 building)	Walls internal insulation (cm) Windows U-Value (W/(m <sup>2</sup> K)) Energy conversion system <sup>a</sup>	$x_{19} \in [0, 20]$ $x_{20} \in \{0.5, 1.1, 5.5\}$ $x_{21} \in \{1, 2, 3, 4\}$

... 41 kontinuierliche und diskrete Parameter

# Minimierung Gesamtenergieverbrauch (EA - Evolutionsalgorithmen)



- Energieumwandlung: Wärmepumpe
- Maximale Wärmedämmung
- 100% BIPV auf Dächer
- Fenstererneuerungen
- Kleiner Verglasungsanteil

Bei einem maximalen Gesamtbudget von 2'000'000 CHF

# Minimierung Gesamtenergieverbrauch (EA - Evolutionsalgorithmen)

Zone 5a built '61 until '70 non-renovated (2 buildings)	Walls external insulation (cm)	$x_{32} = 20$
	Windows U-value (W/(m <sup>2</sup> K))	$x_{33} = 5.5$
	Glazing ratio	$x_{34} = 0.1$
	Energy conversion system <sup>a</sup>	$x_{35} = 2$
	Photovoltaic panels (% roof area)	$x_{36} = 100$
Zone 5a built '71 until '80 non-renovated (1 building)	Walls external insulation (cm)	$x_{37} = 20$
	Windows U-value (W/(m <sup>2</sup> K))	$x_{38} = 0.5$
	Glazing ratio	$x_{39} = 0.1$
	Energy conversion system <sup>a</sup>	$x_{40} = 2$
	Photovoltaic panels (% roof area)	$x_{41} = 100$

## Was können wir noch tun ?

**Personen:** Verhalten und Konsum.

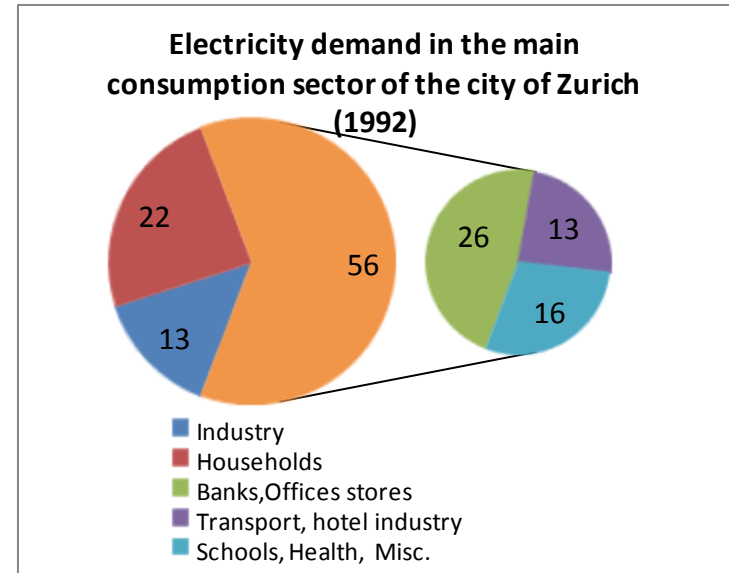
**Gebäude:** neue Gebäude; mehr Sanierungen und angepasste Normen.

**Transport:** Wechsel der Transportmittel; technologische Innovationen.

**Planung:** verbesserte soziale Durchmischung (Vielfalt) -> weniger Reisen, bessere Synergie.

**Energiesysteme:** verbesserte Ausschöpfung erneuerbarer Energien und technologische Erneuerungen; Brennstoffumschaltung; Kraft-Wärme-Kopplung; Energiespeicherung.

**Stoffe:** verbessertes Recycling; technologische Erneuerungen (graue Energie, Nachhaltigkeit).



400'000 Einwohner.

75% der Personen benützen für die Anreise nach Zürich den Zug.

75% der Reisen innerhalb der Stadt Zürich geschehen zu Fuss oder mit öffentlichen Transport.

6200 Watt/Kopf (statt 2000 W).

Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit

Kontakt: [leso-pb@epfl.ch](mailto:leso-pb@epfl.ch)