

Schnelle Gebäudeanalyse, ein Weg zur beschleunigten Sanierung

Prof. Dr. Bernhard Hoffschmidt

Dr. Jacob Estevam Schmiedt

DLR, Institut für Solarforschung

Wissen für Morgen



Problemfelder



Heizwärmebedarf:

Zeile 5

NEH40 Mischbau, Fußbodenheizung

dezentrale Zuluft, zentrale Abluft, feuchterege...
 dezentrale Lüftungsanlage mit WRG
 zentrale Lüftungsanlage mit WRG
 + Wettervorhersage-Regelung

20 kWh/m²a

Zeile 4

NEH40 Mischbau, Plattenheizkörper

dezentrale Zuluft, zentrale Abluft
 zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

20 kWh/m²a

Zeile 3

EnEV 2001 Massivbau, Plattenheizkörper

keine Lüftungsanlage
 Dezentrale Zuluft, zentrale Abluft

50 kWh/m²a

Zeile 2

1PS Mischbau, Luftheizung

dezentrale Lüftung mit Wärmerückgewinnung
 zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und Erdwärmetauscher

Passivhaus

10 kWh/m²a

Zeile 1

WSVO 1995 Massivbau, Plattenheizkörper

keine Lüftungsanlage
 keine Lüftungsanlage

Referenz

90 kWh/m²a

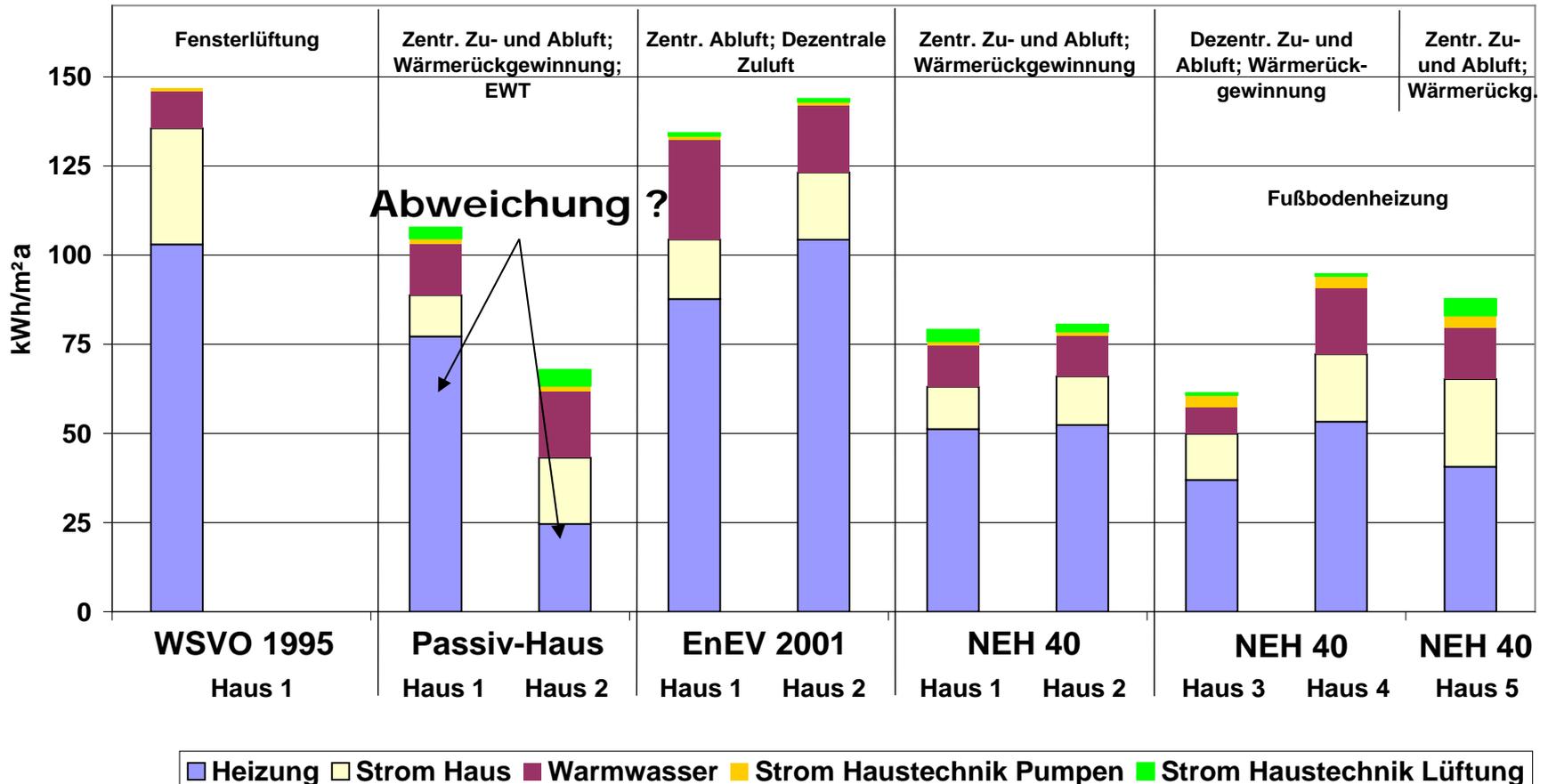


Quelle: Solar-Institut Jülich

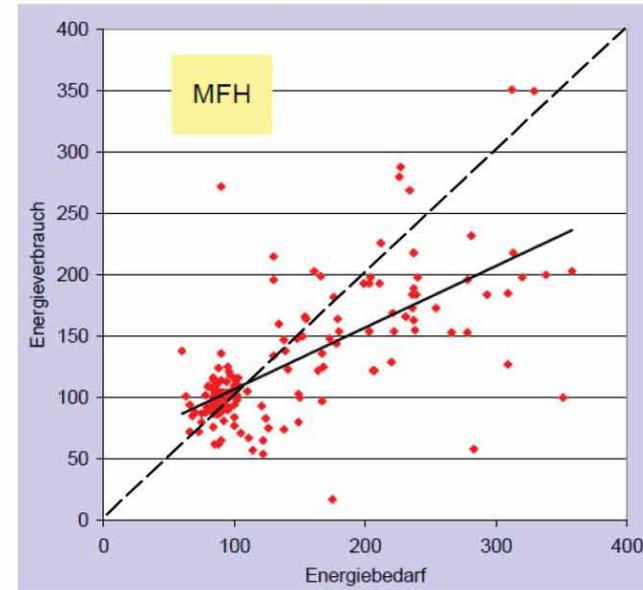
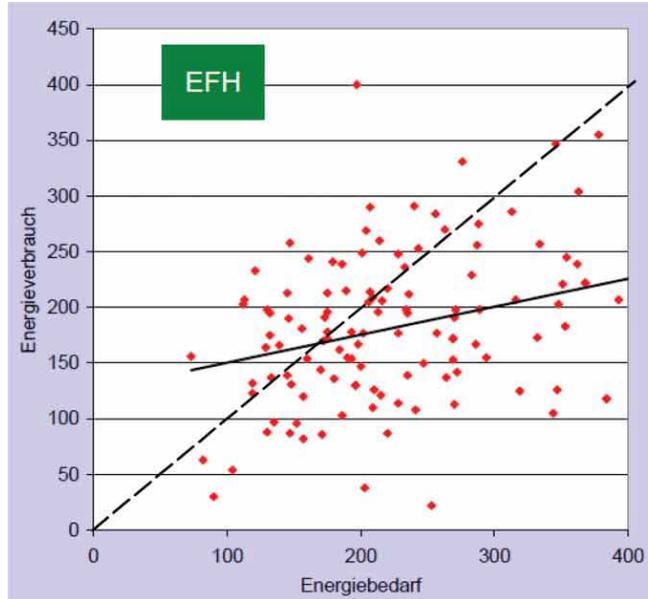


Problemfelder

Gesamtenergieverbrauch der vermessenen Häuser in der Heizperiode 2000/2001



Vorhersagen vs. Realität



Erhorn, 2007

Einheiten: kWh/m² a

- Wie bekommen wir bessere Inputdaten für Vorhersagen?
- Wie können diese zeitsparend und kostengünstig gewonnen werden?
- Welche Maßnahmen haben welche Auswirkungen?



Einige der drängendsten Fragen zur Energieeffizienz von Gebäuden

- Warum wird wo wieviel Energie verbraucht?
- Welche Maßnahmen lohnen sich wirtschaftlich und ökologisch?
- Wie nutzt man Wechselwirkungen auf Quartiers- und Stadtteilebene?

————> Energetische Simulation!?

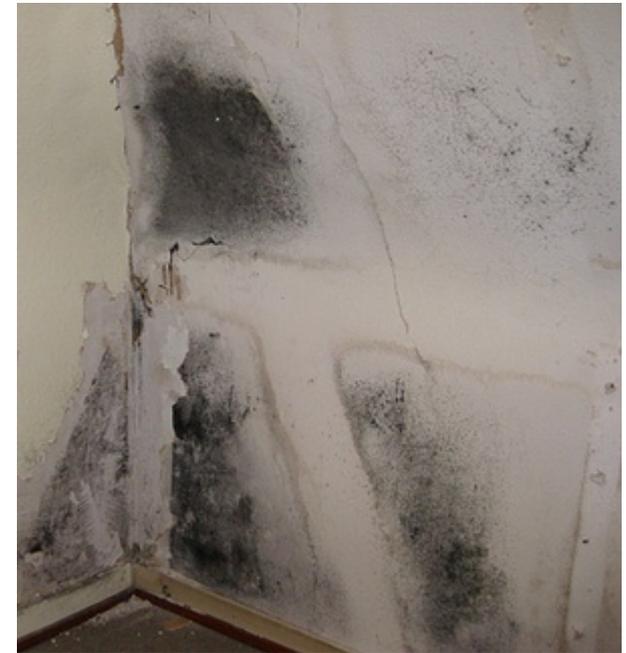


Bild: www.schimmelilz-gutachten.com



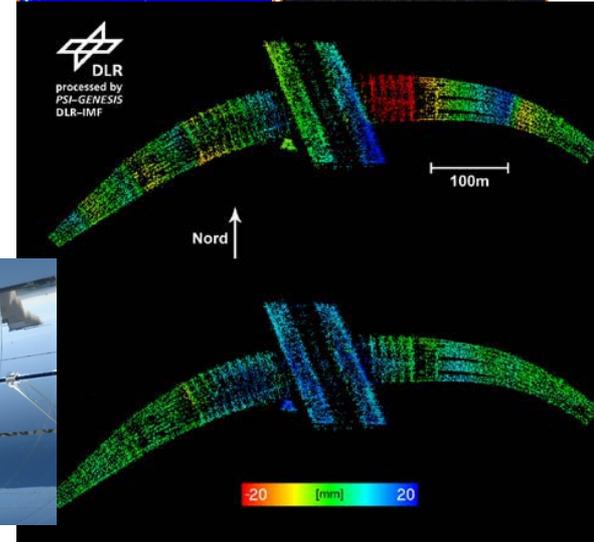
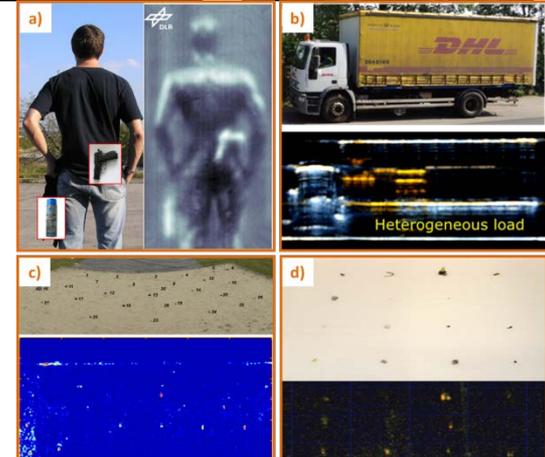
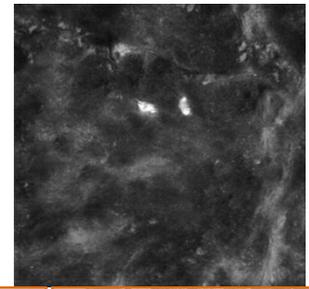
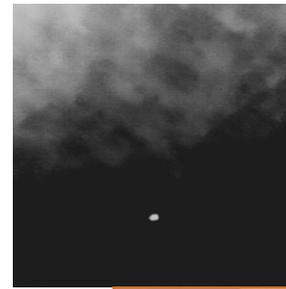
Simulationstools gibt es viele, aber woher kommen die Inputdaten?

- Baupläne
 - Erfahrungswerte von Energieberatern
 - Monitoring über Wochen und Monate
- > Niedrige Kosten und gute Daten nicht gleichzeitig möglich
- > Neue Techniken nötig zur schnellen, genauen, zerstörungsfreien Analyse
- > **Schnelle Gebäudeanalyse**

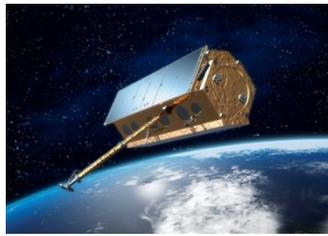


Neue Sensortechniken

- Aktive Thermographie
- Blower Door
- **Hyperspektralanalysen**
- **Passive Mikrowellenradiometrie**
- **Radar**
- **Satellitenradar**
- **Infrarotaufnahmen mit Flugzeug, UAV und Handkamera**
- **Überflüge mit hochauflösenden Kameras**
- **Ultraschall**
- ...



3D-Gebäudemodelle aus Luftbildern



+



- 3D-Rekonstruktion aus RGB-Luftbildern
- Erkennung von Fassadenelementen
- Übereinstimmung ~70%



D. Frommholz, M. Linkiewicz, A. M. Poznanska, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B3, 2016



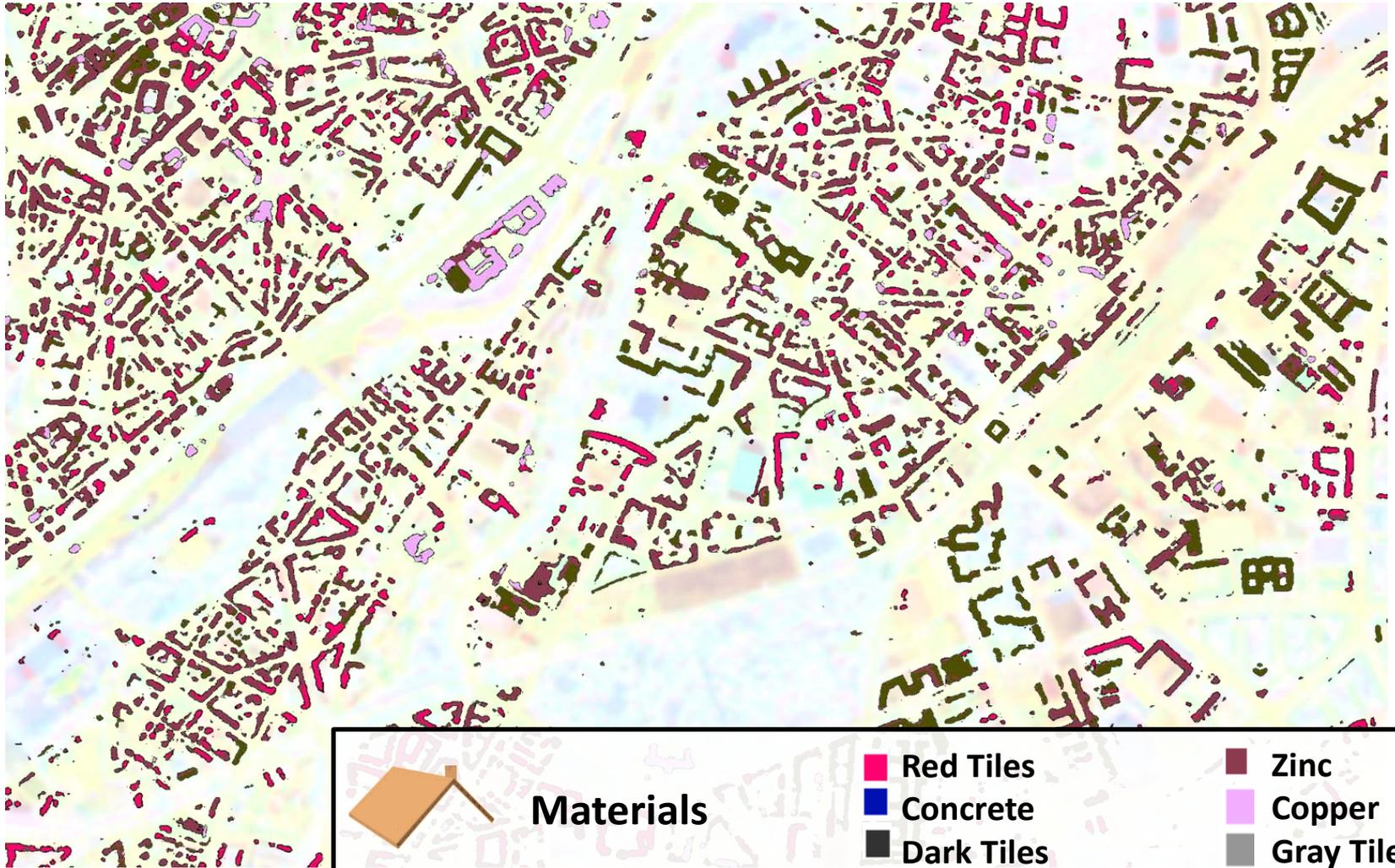
3D-Rekonstruktion aus IR-Bildern



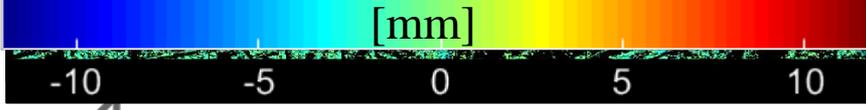
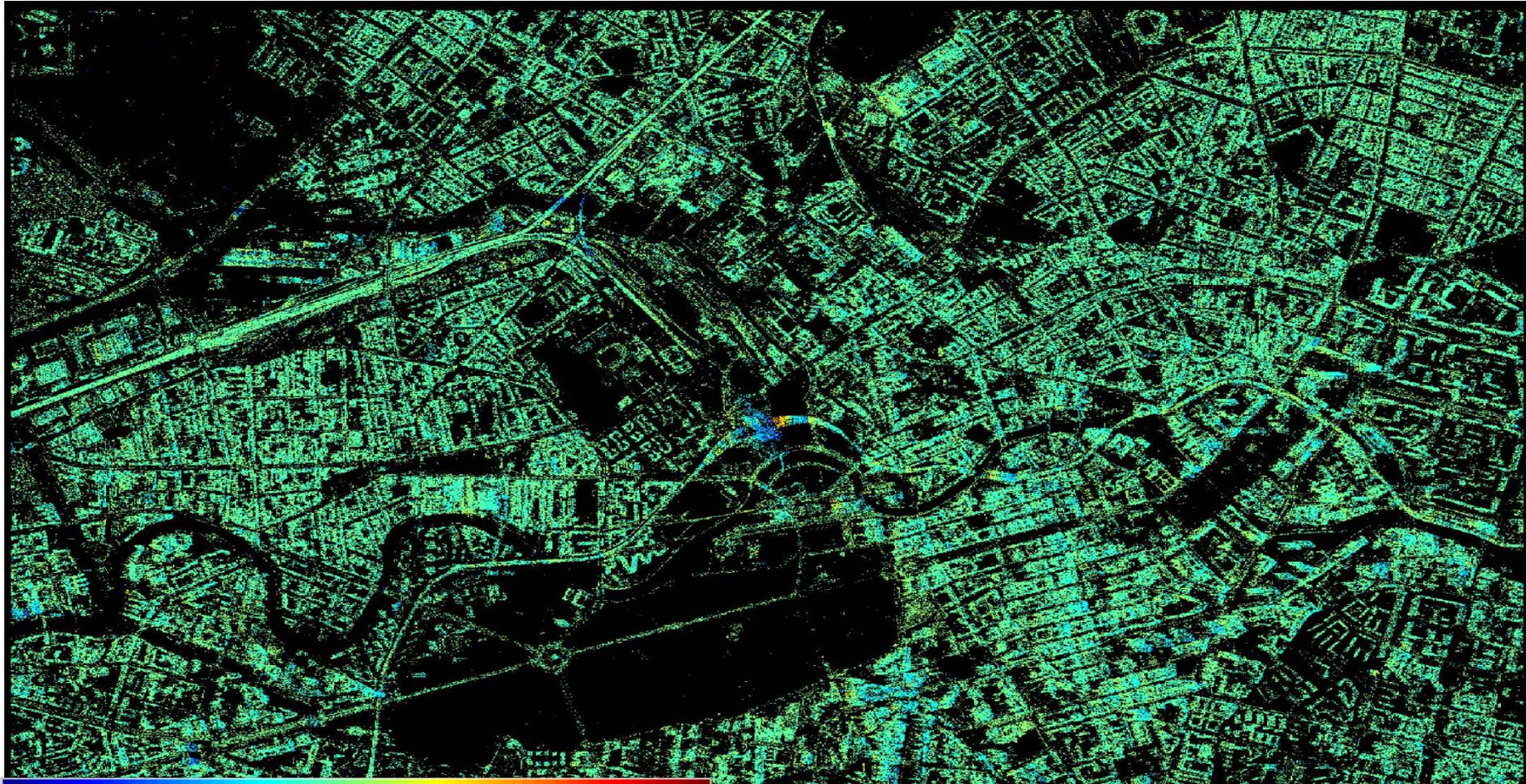
Hyperspektralanalysen



Hyperspektralanalysen



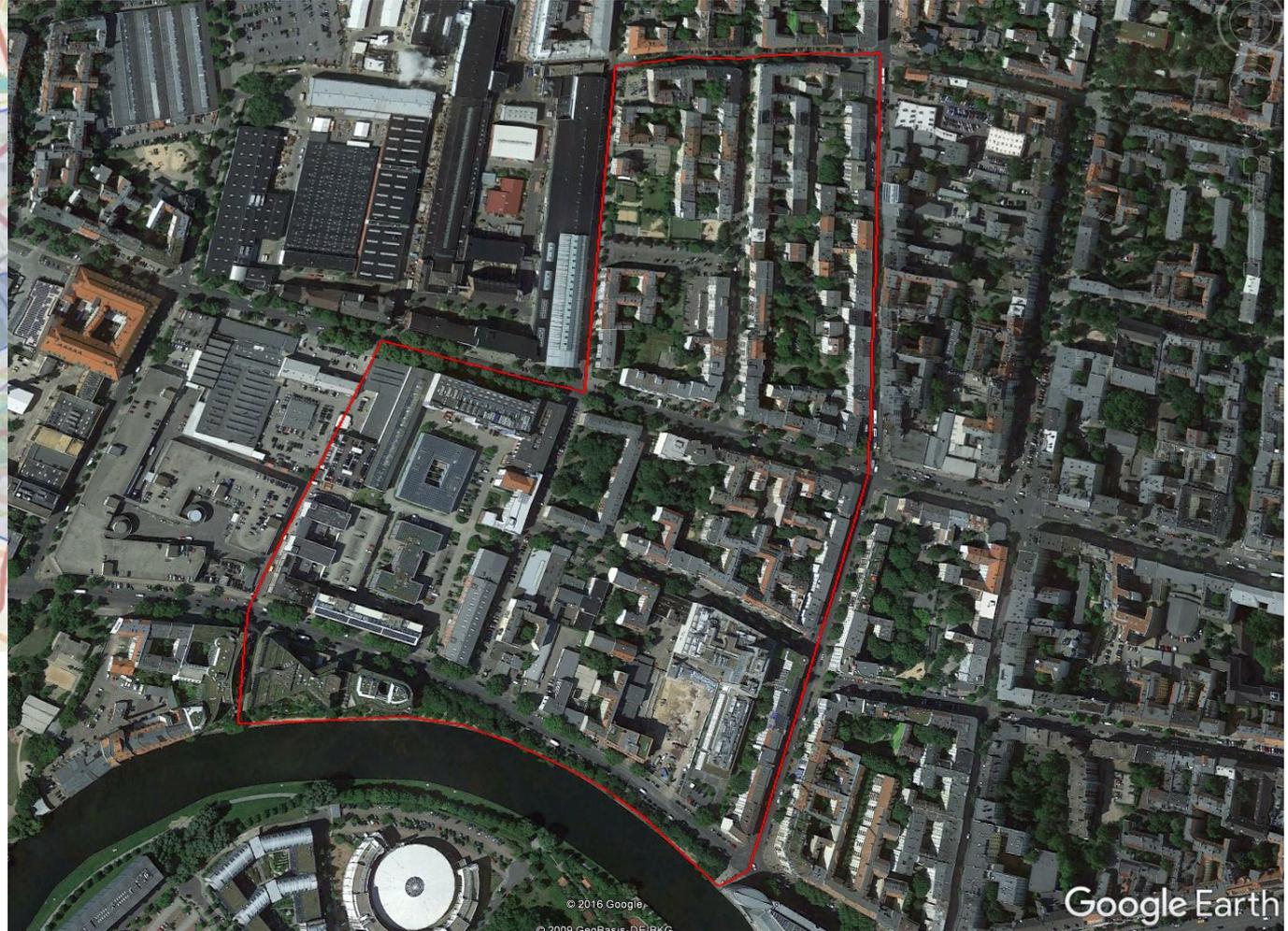
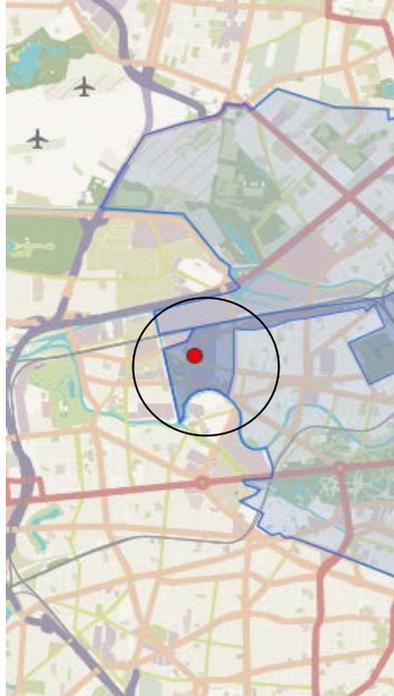
Deformationskarten



Xiao Xiang Zhu, Sina Montazeri, Christoph Gisinger,
Ramon F. Hanssen, and Richard Bamler, Geodetic SAR Tomography, IEEE
TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, VOL. 54, NO. 1, 2016



Testquartier in Berlin



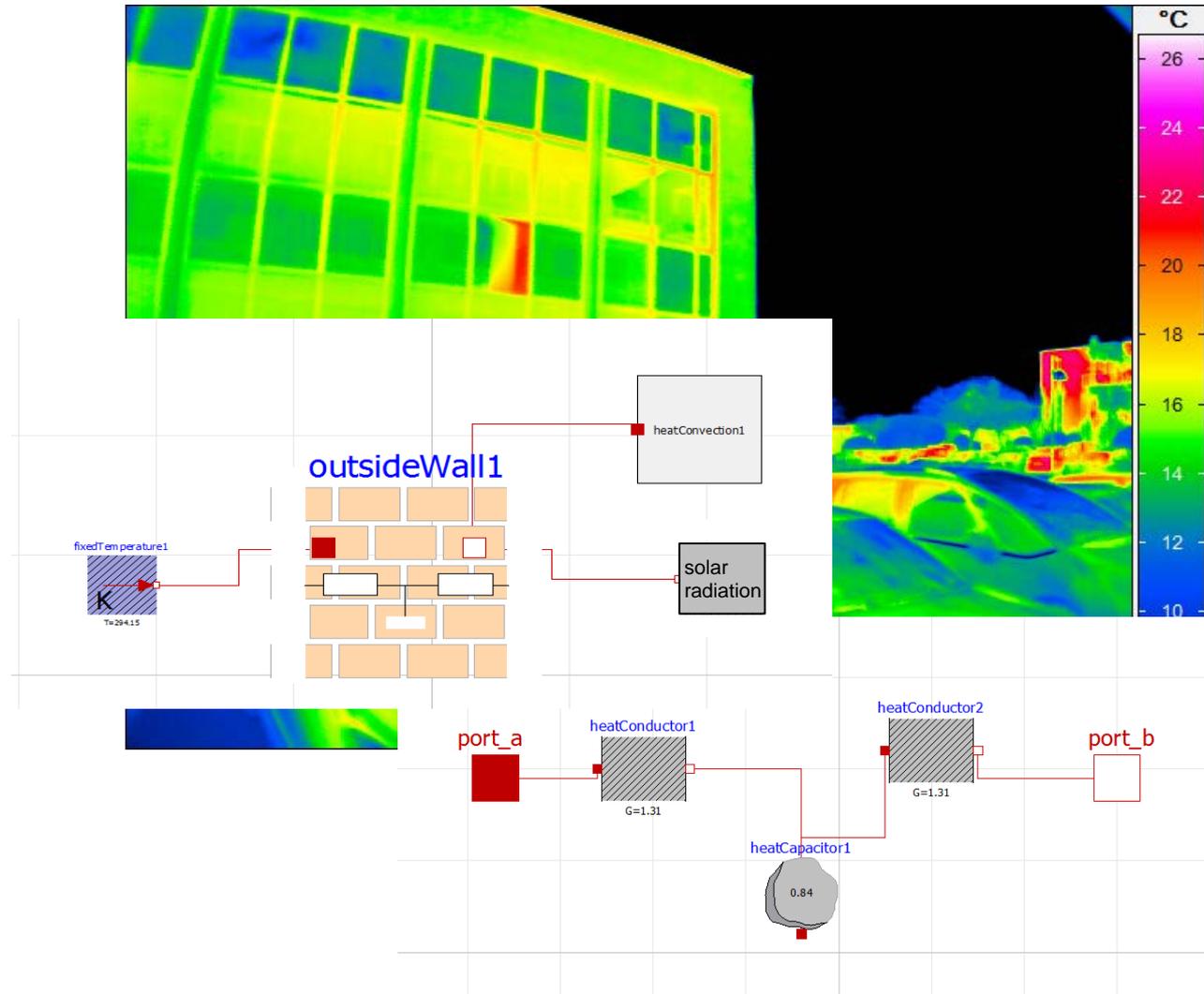
Wärmeleiteigenschaften aus IR-Aufnahmen

Ziel:

- Wärmeflüsse
- Wärmedurchgangskoeffizienten

Herausforderungen:

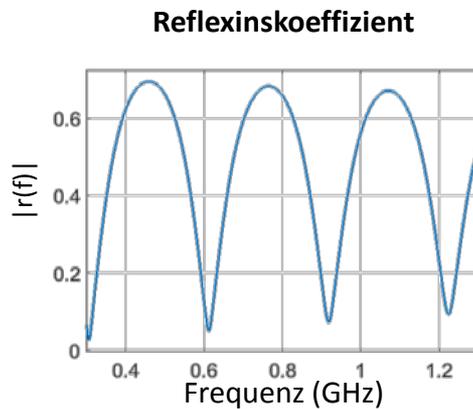
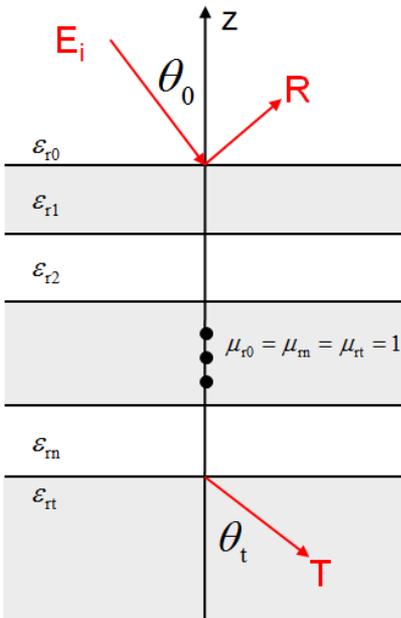
- Reflexionen
- Emissionsgrade
- Dynamik
- Innenraumtemperatur
- Kamerateemperatur



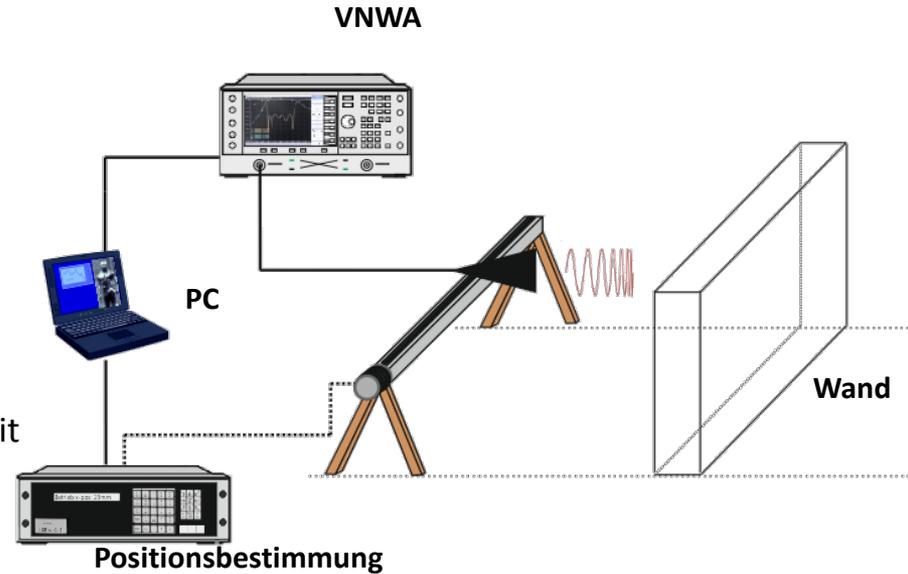
Erste Ansätze zur Messung der Gebäudematerialien

Messprinzip

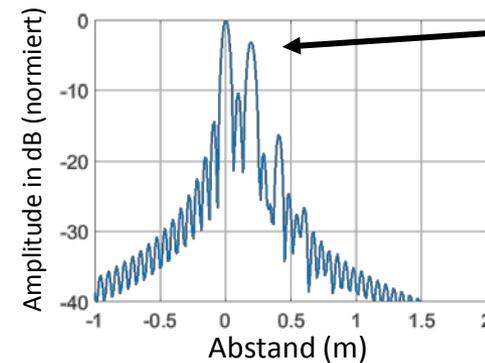
- Messung der komplexen Streuparameter für verschiedene Frequenzen und Antennenpositionen entlang einer linearen Achse
- Ausgesendetes Signal: $s(t)$
- Empfangenes Signal: $r(t) = \alpha s(t-t_0)$
- Messung im Frequenzraum
 → Inverse Fouriertransformation für Abstandsabhängigkeit



→
IFFT



Abstandsabhängiges Signal (aus $r(t)$)



Große Peaks deuten auf eine Änderung der Impedanz hin und somit auf den Übergang zwischen unterschiedlichen Materialien.



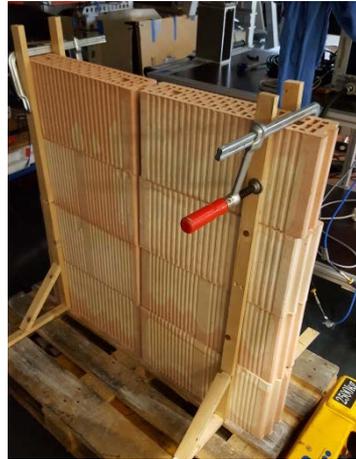
Wandaufbauten aus drei unterschiedlichen Materialien

Kalziumsilikat



- (50 x 11,5 x 24) in cm
 - Mit Luft: 0,014 m³
 - Ohne Luft: 0,010 m³
 - 20 kg
- } 1428 kg/m³
} 2000 kg/m³

Ziegel



- (50 x 11,5 x 24) in cm
 - Mit Luft: 0,014 m³
 - Ohne Luft: 0,010 m³
 - 10 kg
- } 714 kg/m³
} 1000 kg/m³

Ytong



- (60 x 17,5 x 20) in cm
 - 0,02 m³
 - 10 kg
- } 500 kg/m³



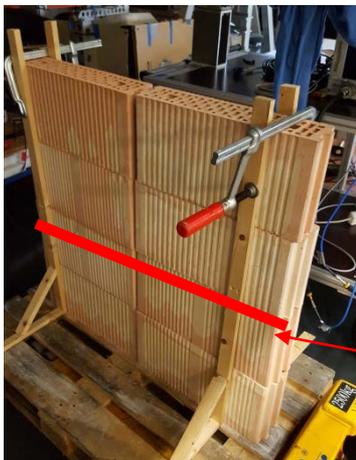
Versuchsaufbau

Kalziumsilikat



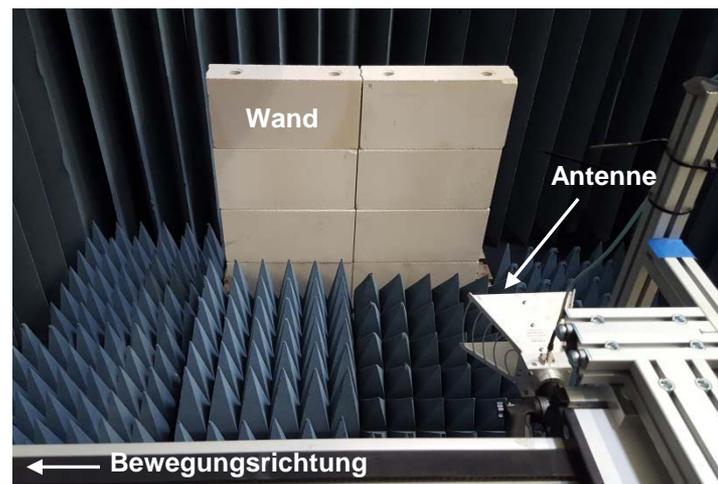
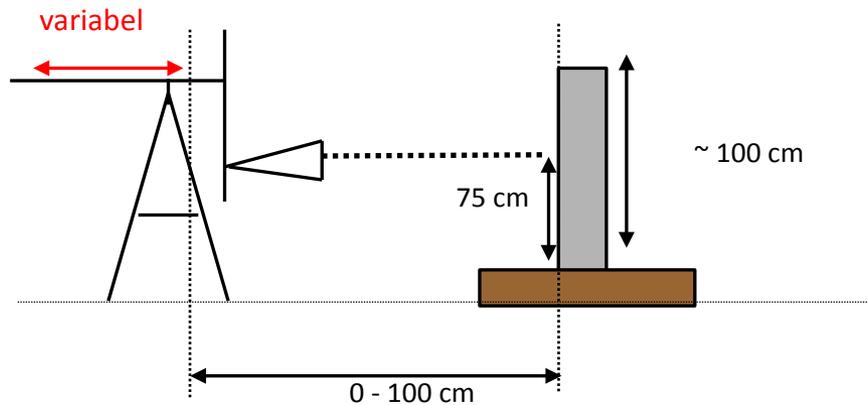
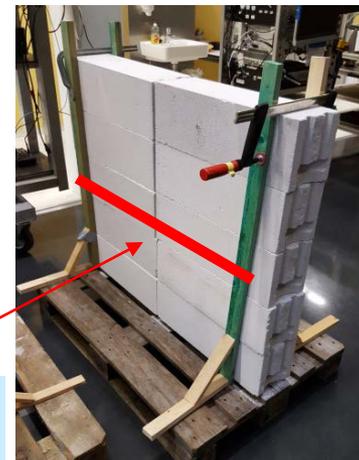
Gescannter Bereich

Ziegel

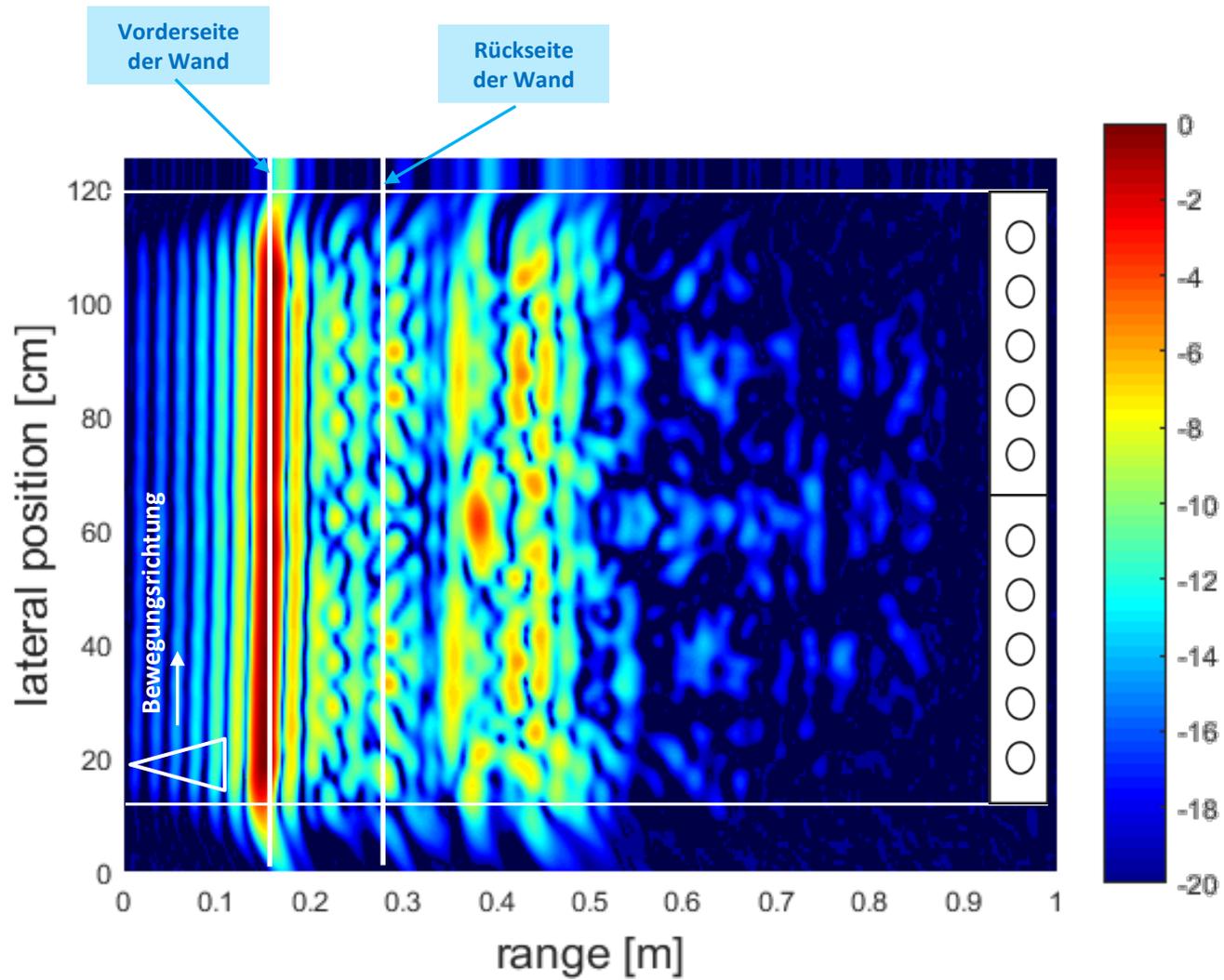


Gescannter Bereich

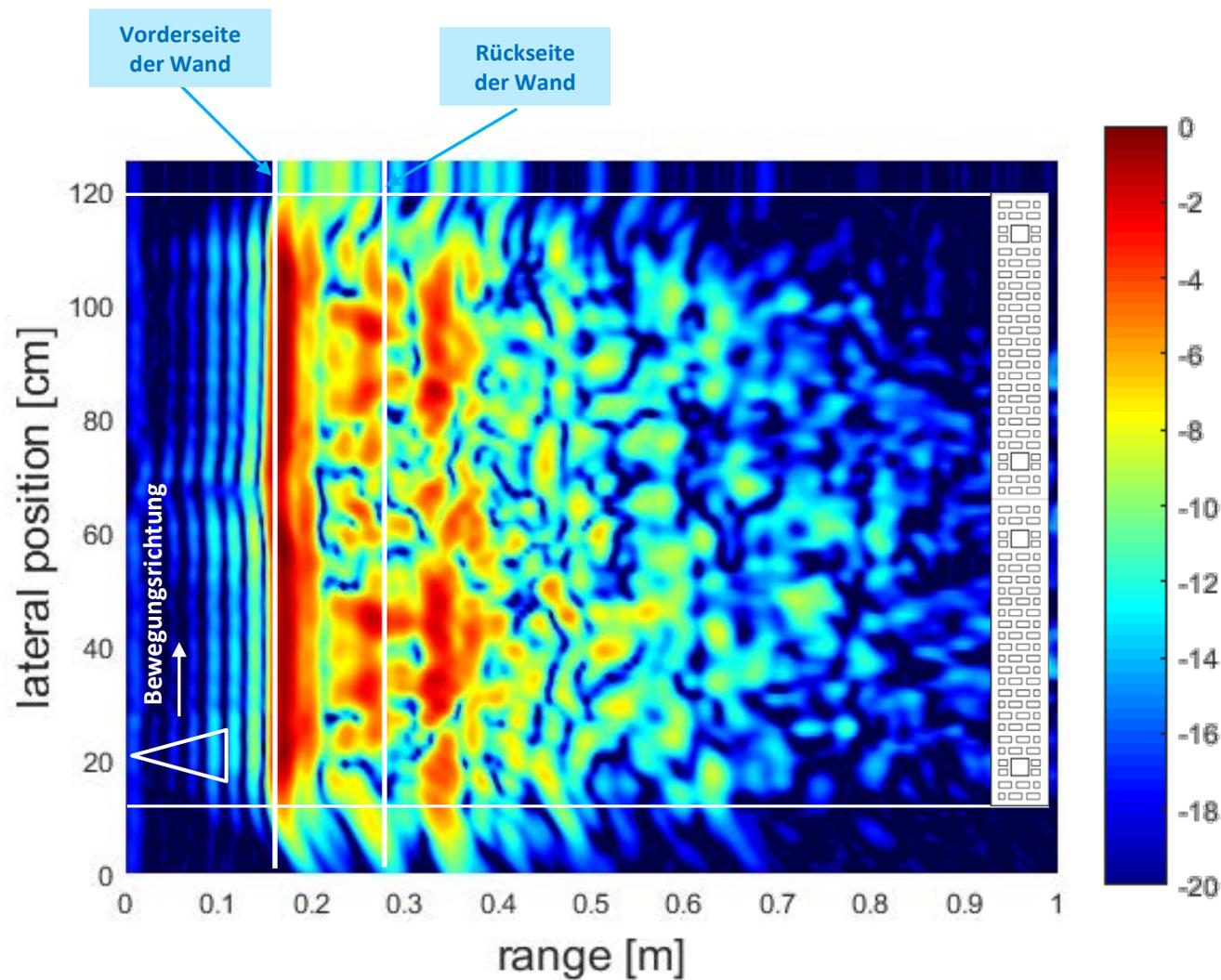
Ytong



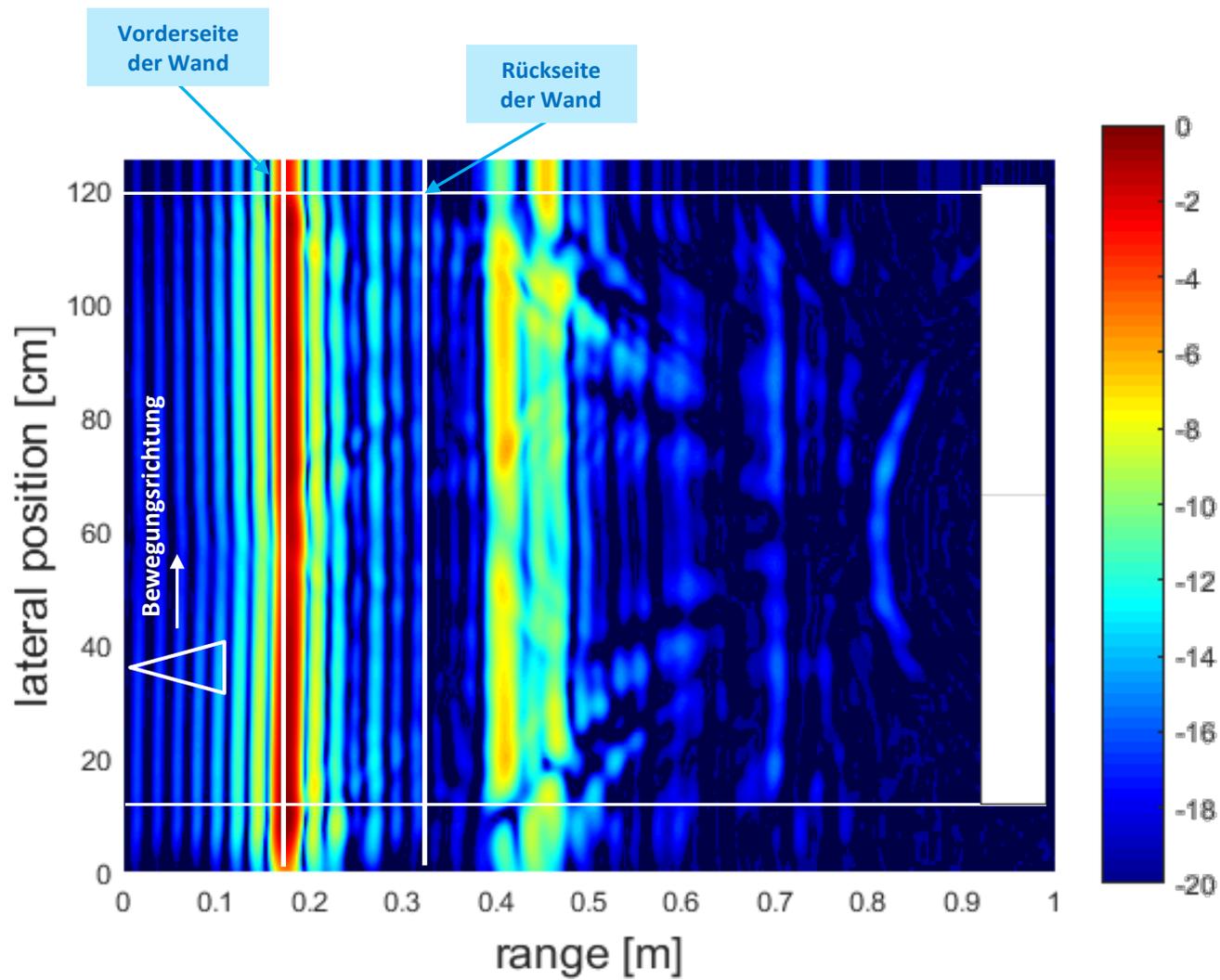
1. Kalziumsilikat – Frequenzbereich 1-8 GHz



2. Clay brick, frequency range 1-8 GHz

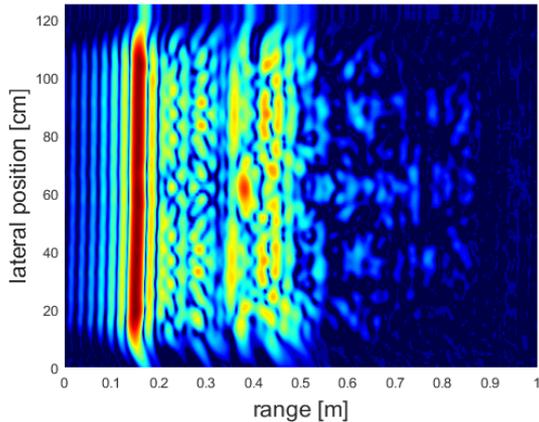


3. Ytong, frequency range 1-8 GHz

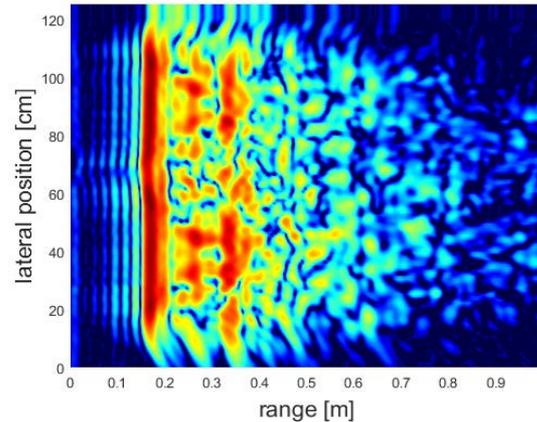


Vergleich der Wandmaterialien – wichtige Beobachtungen

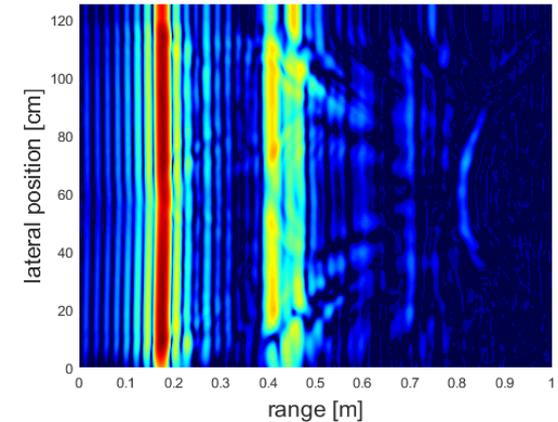
Kalziumsilikat



Ziegel



Ytong



- Hochaufgelöster Mikrowellenradar dringt genügend tief in Mauerwerk ein.
- Reflexionsmessungen bieten einen hohen Informationsgehalt.
- Unterschiedliche Mauerwerksarten können klar unterschieden werden.
- Strukturen innerhalb einzelner Steine können erkannt werden.
- Messdaten liefern Informationen über die Homogenität der Wandmaterialien.
- Hinweise auf elektrische Eigenschaften der Materialien sind in den Messdaten enthalten.



Wie passt das alles zusammen?

