

# IDsolutions – Lösungen für die Sanierung mit Innendämmung im mehr- geschoßigen Gebäude- bestand auf Ebene der Nutzungseinheit

T. Steiner, V. Huemer-Kals,  
C. Thurner, F. Heisinger,  
A. Galosi, B. Lipp

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

## 24/2016

**Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter  
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

**IDSolutions**  
**Lösungen für die Sanierung mit**  
**Innendämmung im mehrgeschoßigen**  
**Gebäudebestand auf Ebene**  
**der Nutzungseinheit**

T. Steiner, V. Huemer-Kals, C. Thurner,  
F. Heisinger, A. Galosi, B. Lipp  
IBO - Österreichisches Institut für  
Bauen und Ökologie GmbH

Wien, September 2015

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie





## Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse [www.HAUSderZukunft.at](http://www.HAUSderZukunft.at) Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula  
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

---



# Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung .....	13
Abstract.....	17
1 Einleitung.....	18
1.1 Der österreichische Gebäudebestand.....	18
1.2 Der Energiebedarf .....	18
1.3 Strategien zur Erreichung der Klimaschutzziele.....	18
1.4 Lösungen auf Ebene der Nutzungseinheit .....	18
1.5 Gibt es ein Patentrezept? .....	18
1.6 Was bedeutet „Bauen im Bestand“? .....	19
1.7 Muster-Sanierungs-Lösungen.....	19
1.8 Sanierungsprojekte erfolgreich realisieren .....	19
1.9 Artenvielfalt und Verbreitung.....	19
1.10 Auszug aus den Ergebnissen .....	19
1.11 Highlights des Projekts .....	20
1.11.1 Umsetzung entwickelter Muster-Sanierungs-Lösungen in die Praxis inkl. Energie-, Komfort- und Bauteil-Monitoring.....	20
1.11.2 Ökologische und ökonomische Systemanalyse .....	20
1.11.3 Workshops .....	20
1.11.4 Publikationen, Gremien- und Netzwerkarbeit.....	20
1.11.5 Leitfaden IDsolutions.....	21
2 Hintergrundinformationen .....	21
2.1 Stand der Technik bzw. Stand des Wissens .....	21
2.1.1 Erkenntnisse und praktische Erfahrungen .....	21
2.1.2 Evaluation Innendämmung.....	21
2.1.3 Aktuelle nationale und internationale Tendenzen .....	22
2.1.4 Richtlinien.....	22
2.1.5 Netzwerk Innendämmung.....	22
2.2 Relevante Vorarbeiten .....	22
2.3 Innovationsgehalt und Entwicklungsrisiko.....	23
2.4 Methode und Vorgangsweise.....	24
3 Ergebnisse des Projektes .....	28
3.1 Anforderungen und Herausforderungen.....	28

3.1.1	Wärmeschutz .....	28
3.1.2	Thermische Behaglichkeit .....	28
3.1.3	Feuchteschutz.....	29
3.1.4	Luftdichtheit.....	29
3.1.5	Schallschutz .....	29
3.1.6	Raumakustik .....	29
3.1.7	Deckenkonstruktionen .....	29
3.1.8	Statik .....	30
3.1.9	Brandschutz .....	30
3.1.10	Fenster.....	30
3.1.11	Raumheizung .....	30
3.1.12	Lüftung .....	31
3.1.13	Denkmalschutz.....	31
3.1.14	Architektur und Bauweise.....	31
3.1.15	Schadstoffe in bestehenden Gebäuden.....	34
3.1.16	Materialökologie .....	34
3.1.17	Der Behördenweg .....	34
3.1.18	Wirtschaftliche Aspekte (am Beispiel Gründerzeit) .....	34
3.1.19	Förderungen.....	35
3.1.20	Politische Aspekte .....	35
3.1.21	Soziale Aspekte.....	36
3.1.22	Chancengleichheit und Diversität .....	36
3.1.23	Nachhaltigkeit, Lebenszyklus und Gesundheit .....	36
3.1.24	Sanierungsziele.....	38
3.2	Bauphysikalische Nachweisführung.....	42
3.2.1	Bautechnische Details .....	42
3.2.2	Beispiel aus dem Projekt Dornbacher Straße .....	42
3.2.3	Beispiel aus dem Projekt Goldschlagstraße .....	43
3.3	Thermische Gebäudesimulation .....	55
3.3.1	Annahmen und Berechnungsverfahren .....	55
3.3.2	Simulationsergebnisse .....	59
3.3.3	Ergebnisse Behaglichkeit .....	59
3.3.4	Ergebnisse Heizwärmebedarf/Heizleistung .....	65
3.3.5	Dynamische Ergebnisse.....	65

3.4	Umsetzung entwickelter Muster-Sanierungs-Lösungen in die Praxis .....	70
3.4.1	Innendämmung in der Praxis.....	71
3.4.2	Modernisierung einzelner Nutzungseinheiten .....	71
3.4.3	Anwendungsbereich Dachgeschoß und Feuermauer .....	71
3.4.4	Fachgerechte Planung vorausgesetzt .....	71
3.4.5	Vielzahl und Bandbreite an Themen und Fragestellungen.....	71
3.4.6	Koordination und Abstimmung der Gewerke .....	72
3.4.7	Ausführende Unternehmen wählen .....	72
3.4.8	Überwachung des Bauablaufes.....	72
3.4.9	Der Fachunternehmer .....	72
3.4.10	Ausführung der Arbeiten.....	73
3.4.11	Prüfung der Vorleistungen.....	73
3.4.12	Vorarbeiten auf der Baustelle .....	73
3.4.13	Behandlung der Oberfläche.....	73
3.4.14	Abnahme.....	74
3.4.15	Dokumentation .....	74
3.4.16	Wartungs- und Pflegehinweise .....	74
3.4.17	Zusammenfassung.....	74
3.4.18	Beispiel - Kellerinnendämmung eines 70er-Jahre Wohngebäudes mit begleitendem Monitoring .....	74
3.5	Energie-, Komfort- und Bauteil-Monitoring .....	87
3.5.1	Gegenstand.....	87
3.5.2	Verwendetes Messverfahren .....	87
3.5.3	Untersuchte Bereiche .....	87
3.5.4	Dokumentation Sensorpositionen.....	87
3.5.5	Messdaten Monat Februar 2015.....	91
3.5.6	Komfort-Messung am Prüfstand .....	98
3.5.7	PMV, PPD Testraum Prüfstand (Verlauf).....	98
3.5.8	PMV-, PPD-Index Vergleich (Boxplot) .....	100
3.5.9	Schimmelpilzbildung und Holzverrottung ausgeschlossen.....	102
3.6	Ökologische und ökonomische Systemanalyse .....	103
3.6.1	Fenster.....	104
3.7	Leitfaden Sanierung mit Innendämmung .....	128
3.7.1	Zielsetzung und Zielgruppe .....	128

3.7.2	Aufbau und Handhabung.....	128
3.8	Zertifizierung.....	130
3.8.1	Güte- und Prüfzeichen.....	130
3.8.2	Gremien- und Netzwerkarbeit.....	130
3.8.3	WTA Arbeitsgruppe Innendämmung.....	130
3.8.4	RAL Gütezeichen Innendämmung.....	130
3.8.5	Gütezeichen für Innendämmung im Fachverband Innendämmung.....	130
3.8.6	Resümee Zertifizierung .....	131
3.9	Workshops.....	132
3.9.1	Gut besucht.....	132
3.9.2	Einsatzgebiete.....	132
3.9.3	Anwendungsbereiche .....	132
3.9.4	Vorarbeiten auf der Baustelle .....	133
3.9.5	Fachgerechte Planung vorausgesetzt .....	133
3.9.6	Wandheizungen und Wandmalerei.....	133
3.9.7	Modernisierung einzelner Nutzungseinheiten .....	134
3.9.8	Koordination und Abstimmung der Gewerke .....	134
3.9.9	Ausführende Unternehmen wählen .....	134
3.9.10	Überwachung der Ausführung .....	135
3.9.11	Sechs Hebel zu mehr Anwendungssicherheit.....	135
3.9.12	Zusammenfassung.....	135
3.10	Publikationen, Gremien- und Netzwerkarbeit.....	136
4	Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms.....	137
4.1	Einpassung in das Programm.....	137
4.2	Beitrag zum Gesamtziel des Programms.....	139
4.3	Beitrag des Vorhabens zu Gender-Aspekten sowie gesellschaftlichen/sozialen/ethischen und Umweltaspekten .....	139
4.3.1	Gender-Aspekte .....	139
4.3.2	Beitrag des Vorhabens zu gesellschaftlichen/ sozialen/ ethischen und Umweltaspekten.....	141
4.3.3	Energieverbrauch.....	141
4.3.4	Ökologie.....	141
4.3.5	Erhaltenswerte Bausubstanz .....	141
4.4	Einbeziehung der Zielgruppen .....	141

4.5	Umsetzungs-Potenziale .....	141
5	Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen .....	142
6	Ausblick und Empfehlungen .....	143
7	Anhang.....	143
8	Literatur .....	144





# Kurzfassung

## Ausgangssituation/Motivation

Ab 2020 wird die Bauwirtschaft eine weiter zunehmende starke Umstrukturierung hin zur Gebäudesanierung erleben. Der Energiebedarf für Raumwärme und Brauchwassererwärmung in österreichischen Gebäuden erreichte im letzten Jahrzehnt sein Maximum und kann lt. [1] unter der Annahme von qualitativ hochwertigen Sanierungen bis 2050 um 50 % reduziert werden. Die Sicherstellung hoher Sanierungsqualität ist jedoch einer der wesentlichsten Punkte, da sonst schlecht sanierte, bis etwa 2050 konservierte Gebäude zum „Lock in Effekt“ führen. Zur Erreichung der Klimaschutzziele scheint es notwendig, neben den üblichen Sanierungsstrategien (z.B. Sockelsanierung) zusätzliche Werkzeuge zu entwickeln, um auf diesem Sektor mehr Einzelinitiative zu ermöglichen. Im Rahmen dieses Projekts wurden für mehrgeschoßige Bestandsgebäude unterschiedlicher Bauepochen konkrete Lösungen entwickelt. Dadurch können Qualitätsstandards gesetzt werden, die Dauerhaftigkeit und Schadensfreiheit sichergestellt sowie die Nutzerakzeptanz für hochwertige Sanierungsmaßnahmen gesteigert werden. Durch das Angebot solcher Muster-Sanierungs-Lösungen, welche hinsichtlich Kosten, Nutzen, Risiko und Aufwand optimiert, leicht kalkulierbar und wirtschaftlich umsetzbar sind, kann die Sanierungsbereitschaft maßgeblich gesteigert werden und so zur Erhöhung der Marktdurchdringung und Steigerung der Energieeffizienz des Gebäudebestandes entscheidend beigetragen werden. Die Programmziele, eine wirtschaftliche Umsetzbarkeit, die Erhöhung der Energieeffizienz sowie eine möglichst geringe Eingriffsintensität in die vorhandene Bausubstanz, werden bestmöglich verfolgt und erfüllt. Eine bessere Strukturierung der Leitungsführungen, Straffung des Zeitplans für die Dauer der Arbeiten, eine Qualitätssicherung von der Planung bis zur Ausführung und eine weitest mögliche Vermeidung von Stemmarbeiten und statischen Eingriffen sowie formal überzeugende Detaillösungen auch in Hinblick auf Gestaltung und Denkmalschutz realisiert werden. Neben rein technisch-wirtschaftlichen finden auch ökologische und gesundheitliche Aspekte durch den Einsatz entsprechender Baustoffe umfassend Berücksichtigung.

## Inhalte und Zielsetzungen

Die Entwicklung von Muster-Lösungen für die energetische Sanierung von Nutzungseinheiten ist das konkrete Ziel dieses Projekts. Einzelne Systeme, Komponenten und Maßnahmen einer Sanierung (Innendämmung, Heizung, Lüftung, Anschlüsse u.ä.) sollen gemeinsam gedacht werden, um Sanierungs-Lösungen aus einem Guss zur Verfügung zu stellen. Es ist zwar nicht möglich, eine Universal-Lösung bzw. ein Patentrezept für Sanierungen mit Innendämmungen zu entwickeln, es ist jedoch möglich und auch zielführend, für verschiedene Gebäudetypologien konkrete Muster-Sanierungs-Lösungen zu entwickeln. Im Rahmen dieses Projekts werden für mehrgeschoßige Bestandsgebäude unterschiedlicher Bauepochen konkrete Lösungen entwickelt. Durch geeignete Adaption der Randbedingungen sind die entwickelten Lösungen auch auf den Gebäudebestand anderer Regionen bzw. Städte mit ähnlicher Baugeschichte übertragbar. Die Muster-Sanierungs-

Lösungen werden für definierte Gebäudetypologien und Musterräume entwickelt und u.a. hinsichtlich Kosten, Nutzen, Risiko und Aufwand analysiert und optimiert. Die Sanierungsziele werden vom hygienisch erforderlichen Mindeststandard bis Passivhausniveau variiert. Die Ansprüche von NutzerInnen (Energieverbrauch, Behaglichkeit, Hygiene, Ökologie, Nachhaltigkeit, Architektur,...) sollen in Abstimmung mit bautechnischen, bauphysikalischen, denkmalpflegerischen und rechtlichen Anforderungen einer optimalen, auf den jeweiligen Kontext abgestimmten (Innendämm-)Lösung zugeführt werden. Die Muster-Sanierungs-Lösungen sollen leicht kalkulierbar und wirtschaftlich umsetzbar sein und den AnwenderInnen die Angst vor der Komplexität der Aufgabenstellung nehmen. Eine bessere Strukturierung der Leitungsführungen, Straffung des Zeitplans für die Dauer der Arbeiten, eine Qualitätssicherung von der Planung bis zur Ausführung und eine weitest mögliche Vermeidung von Stemmarbeiten und statischen Eingriffen sowie formal überzeugende Detaillösungen auch in Hinblick auf Gestaltung und Denkmalschutz können so realisiert werden. Neben rein technisch-wirtschaftlichen finden auch ökologische und gesundheitliche Aspekte durch den Einsatz entsprechender Baustoffe umfassend Berücksichtigung.

## **Methodische Vorgehensweise**

Die energetische Sanierung des Gebäudebestandes erfordert u.a. Lösungen auf Ebene der Nutzungseinheit. Muster-Sanierungs-Lösungen auf Ebene der Nutzungseinheit stellen auf den jeweiligen Kontext, hier den mehrgeschoßigen Gebäude-Bestand abgestimmte System-Lösungen dar. Ansprüche von NutzerInnen bzgl. Energieverbrauch, Behaglichkeit, Hygiene, Ökologie, Nachhaltigkeit und Architektur werden mit bautechnischen, bauphysikalischen, denkmalpflegerischen und rechtlichen Anforderungen abgestimmt und optimiert.

Aus einer bauepochenbezogenen Analyse relevanter Rahmenbedingungen und Einflussgrößen werden in **AP1** repräsentative Modellgebäude und Modellräume für den mehrgeschoßigen Gebäudebestand entwickelt.

Ausgehend von dieser Kategorisierung und Grundlagenermittlung erfolgt in **AP2** über eine bauepochenbezogene Abstimmung von Ansprüchen und Anforderungen eine Festlegung von Sanierungszielen und -strategien sowie Bewertungskriterien.

Für die einzelnen Systemkomponenten (Wärmedämmung, Lüftung, Heizung) werden in **AP3** Konzepte erstellt und in Gesamtkonzepte überführt und Lösungsansätze abgeleitet und Bauepochenbezogene Muster-Sanierungs-Lösungen entwickelt.

Eine Abschätzung der Möglichkeiten und Grenzen des Zusammenwirkens der Einzelkomponenten (Innendämmung, Heizung, Klima, Lüftung u.ä.), die Entwicklung von bauphysikalisch, bautechnisch und architektonisch ansprechenden Detaillösungen für Anschlussbereiche und Systemschnittstellen sowie die bauphysikalische Analyse, Systemoptimierung und Nachweisführung mittels mehrdimensionaler Wärmebrückenberechnung (Simulationspaket Antherm), bauphysikalische Systemanalyse und Systemoptimierung mittels instationärer hygrothermischer 2d-Simulation (Simulationspaket WUFI 2D) erfolgen im Rahmen von **AP4**. Ein Katalog

bauepochenbezogener Muster-Sanierungs-Detail-Lösungen mit zertifizierten bauepochen- und systembezogenen Detaillösungen ist Ziel dieses Arbeitspakets.

Umfassend analysiert werden die Muster-Sanierungs-Lösungen hinsichtlich Praxistauglichkeit, Gesundheit, Hygiene, Komfort, Bauphysik, Brandschutz, Schallschutz, Wirtschaftlichkeit, Energieeffizienz, Ökologie, Betreiber/Nutzer/ Nachbar in **AP5**. Eine modellhafte Abbildung der Muster-Sanierungs-Lösungen für die Abstimmung des Verhaltens als Gesamtsystem erfolgt mittels Simulationspaket-TRNSYS. Dadurch ist eine detaillierte Systemanalyse (z.B. sommerliches Temperaturverhalten, Wärme- u. Feuchtelasten im Raum, Behaglichkeitskriterien,...) sowie eine Systemabstimmung und Optimierung (AP7) möglich.

Nach einer System- und Objektauswahl werden in **AP6** Muster-Sanierungs-Lösungen in Form von Testaufbauten umgesetzt, wobei die in AP4 erarbeiteten Detaillösungen zur Anwendung kommen und ggf. auf die jeweiligen Testräume und Umgebungsbedingungen zu adaptieren sind. Im Zuge der Ausführung können ggf. auftretende Probleme bei der Umsetzung von Details in die Praxis analysiert und im Zuge der Systemoptimierung (AP7) ausgeräumt werden. Eine messtechnische Begleitung ist integraler Bestandteil dieser Muster-Sanierungs-Lösungen. Sie ist erforderlich, um steuernd und regelnd auf das Gesamtsystem einwirken zu können, um kritische Zustände zu vermeiden. Weiter dient die messtechnische Begleitung der Überprüfung/Kalibrierung der Simulationsergebnisse (AP4, AP5) sowie der Qualitätssicherung. Zugleich liefert sie die erforderlichen Daten zur Systemoptimierung (AP7).

Die Ergebnisse aus praktischer Umsetzung (AP6), Systemanalyse (AP5) und Detaillösungen (AP4) werden in **AP7** zusammengeführt. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse erfolgt eine Anpassung bzw. Optimierung der Muster-Sanierungs-Lösungen (Schnittstellen, Komponenten, Gesamtsystem). Anhand der Messdaten aus der Praktischen Umsetzung (AP6) können die Berechnungen der modellhaft abgebildeten Muster-Sanierungs-Lösungen (AP5) validiert werden. Durch Parameterstudien können die in AP5 modellhaft abgebildeten Muster-Sanierungslösungen mittels Simulation (TRNSYS) optimiert werden, bzw. die optimalen Einsatzbereiche unterschiedlicher Systeme definiert werden.

Im Rahmen von Workshops, Arbeitsgruppensitzungen und Expertengesprächen werden in AP8 die Projektinhalte laufend reflektiert und abgestimmt. Durch Gremien- und Netzwerkarbeit fließen die Projekt-Ergebnisse in die aktuelle Richtlinien- und Regelwerkentwicklung ein. Die Marktgerechte Aufarbeitung und Verbreitung der Projektergebnisse erfolgt durch Zusammenstellung von Planungsempfehlungen (Planungsleitfaden – IDSolutions), Publikationen in Fachzeitschriften und Fachvorträge.

## **Ergebnisse und Schlussfolgerungen**

Durch die im Projekt entwickelten Muster-Sanierungs-Lösungen für den mehrgeschoßigen Gebäude-Bestand auf Ebene der Nutzungseinheit können u.a. eine bessere Strukturierung der Leitungsführungen, Straffung des Zeitplans für die Dauer der Arbeiten, eine Qualitätssicherung von der Planung bis zur Ausführung und eine weitest mögliche

Vermeidung von Stemmarbeiten und statischen Eingriffen sowie formal überzeugende Detaillösungen auch in Hinblick auf Gestaltung und Denkmalschutz realisiert werden. Neben rein technisch-wirtschaftlichen finden auch ökologische und gesundheitliche Aspekte durch den Einsatz entsprechender Baustoffe umfassend Berücksichtigung. Hochwertige Sanierungen auf Basis von Muster-Sanierungs-Lösungen können somit maßgeblich zur Erreichung der Programmziele beitragen.

## **Ausblick**

Auf Basis der im Forschungsprojekt gewonnenen Erkenntnisse und erweiterten Kompetenz werden vom Projektkonsortium u.a. weiterführende F&E-Aktivitäten angestrebt:

- Weiterführung des Prüfstands Innendämmung mit verschiedenen Temperatur- und Feuchtelastgängen sowie deren messtechnischer Begleitung und Auswertung.
- Weiterführende messtechnische Projektbegleitung und Auswertung von Demonstrationsprojekten.
- Weiterführende Projektbegleitung von in Realisierung befindlichen Demonstrationsprojekten, deren Umsetzung außerhalb der Projektlaufzeit liegt.
- Weiterführende Entwicklungsarbeit im Bereich des Bauteil- und Energie-Monitorings für den Sanierungsbereich, u. A. die Adaptierung des im Rahmen des Forschungsprojekts Schimmelpilz-Warnsystem entwickelten Monitoring-Systems um eine Erweiterungsmöglichkeit zur Integration von Temperatur- und Feuchtefühlern zum Bauteil-Monitoring.
- Weiterführende Forschung im Bereich der Bauteilsimulation hinsichtlich hygrothermischer Nachweisführung.
- Weiterführende Forschung im Bereich der Gebäudesimulation hinsichtlich des hygrischen und thermischen Raumkomforts.
- Weiterführende Forschung im Bereich der Lebenszyklusbetrachtung von Maßnahmen im Sanierungsbereich.

## **Abstract**

The building sector will experience a strong reorganization towards refurbishment in the future. In Austria energy demand for heating and hot water reached its maximum within the last decade. On the supposition that only high quality refurbishment is implemented energy demand can be decreased dramatically (about 50 %) [1]. Securing high quality refurbishment is an essential factor. Alternatively poor refurbished buildings will be conserved till 2050 (lock-in-effect). Beside usual strategies it seems to be necessary to offer further tools to reach climate protection goals. Individual initiatives need to be supported. Refurbishment of the existing building stock demands solutions on the level of single flats. Interior insulation is a suitable technology. The challenge is to bring multiple demands (energy consumption, comfort, hygiene, ecology, sustainability, architecture,..) and requirements (technical aspects, law, monument conservation) together to create optimal solutions. Therefore it's necessary to arrange individual system components (heating, ventilation, interior insulation,..) to form working exemplary refurbishment solutions. The development of such solutions is the aim of the project. Not only durability and quality is to be ensured but also user acceptance. Exemplary refurbishment solutions are optimized in terms of costs, risk or effort. They can be better calculated and economically implemented. As a result market penetration and energy efficiency in the existing building stock continues to rise. Increasing the rate of refurbishments is the overall aim of the project.

# 1 Einleitung

## 1.1 Der österreichische Gebäudebestand

Ab 2020 wird in Österreich eine Stagnation der Gebäudezahl erwartet. Im nach wie vor stattfindenden Neubau werden nur noch abgerissene Gebäude substituiert. Im Zeitraum von 2010 bis 2030 stehen neben den Sanierungen von Gebäuden der Gründerzeit- und Zwischenkriegszeit hauptsächlich die Sanierung der Gebäude der Bauperioden von 1945-1980, Wiederaufbauzeit, System- und Montagebauweise an. Die Bauwirtschaft wird demnach eine weiter zunehmende starke Umstrukturierung hin zur Gebäudesanierung erleben [1].

## 1.2 Der Energiebedarf

Der Energiebedarf für Raumwärme und Brauchwassererwärmung in österreichischen Gebäuden erreichte im letzten Jahrzehnt sein Maximum und kann lt. [1] unter der Annahme von qualitativ hochwertigen Sanierungen bis 2050 um 50 % reduziert werden. Die Sicherstellung hoher Sanierungsqualität ist jedoch einer der wesentlichsten Punkte, da sonst schlecht sanierte, bis etwa 2050 konservierte Gebäude zum „Lock-in-Effekt“ führen.

## 1.3 Strategien zur Erreichung der Klimaschutzziele

Zur Erreichung der Klimaschutzziele scheint es notwendig, neben den üblichen Sanierungsstrategien (z.B. Sockelsanierung) zusätzliche Werkzeuge zu entwickeln, um auf diesem Sektor mehr Einzelinitiative zu ermöglichen.

## 1.4 Lösungen auf Ebene der Nutzungseinheit

Die energetische Sanierung des Gebäudebestandes erfordert u.a. Lösungen auf Ebene der Nutzungseinheit. Einzelne Systeme, Komponenten und Maßnahmen einer Sanierung (Innendämmung, Heizung, Lüftung u.ä.) sind aufeinander abzustimmen, oder besser, gemeinsam zu denken, um Sanierungs-Lösungen aus einem Guss zu entwickeln.

## 1.5 Gibt es ein Patentrezept?

Es ist zwar nicht möglich, eine Universal-Lösung bzw. ein Patentrezept für Sanierungen auf Ebene der Nutzungseinheit mit Innendämmungen zu entwickeln, es ist jedoch nicht nur möglich, sondern auch zielführend, für eine bestimmte Gebäudetypologie konkrete Muster-Sanierungs-Lösungen zu entwickeln.

## **1.6 Was bedeutet „Bauen im Bestand“?**

Es gilt auf die Eigenschaften der bestehenden Gebäudesubstanz einzugehen und diese durch geeignete Maßnahmen behutsam an die vielfältigen Anforderungen der neuen Nutzung anzupassen.

## **1.7 Muster-Sanierungs-Lösungen**

Im Rahmen dieses Projekts werden für mehrgeschoßige Bestandsgebäude ausgewählter Bauepochen konkrete Muster-Sanierungs-Lösungen entwickelt.

Durch die im Projekt entwickelten Muster-Sanierungs-Lösungen können Qualitätsstandards gesetzt werden, die Dauerhaftigkeit und Schadensfreiheit sichergestellt sowie die Nutzerakzeptanz für hochwertige Sanierungsmaßnahmen gesteigert werden.

Durch das Angebot solcher Muster-Sanierungs-Lösungen, welche hinsichtlich Kosten, Nutzen, Risiko und Aufwand optimiert, leicht kalkulierbar und wirtschaftlich umsetzbar sind, kann die Sanierungsbereitschaft maßgeblich erhöht werden und so zur Erhöhung der Marktdurchdringung und Steigerung der Energieeffizienz des Gebäudebestandes entscheidend beitragen.

## **1.8 Sanierungsprojekte erfolgreich realisieren**

Neben einer detaillierten Bestanderfassung (siehe [2-4]) bildet eine bautechnische und bauphysikalische Beurteilung die Grundvoraussetzung. Ein verantwortungsbewusster Umgang mit der Bausubstanz und schlüssige Sanierungskonzepte führen in der Regel zu gelungenen und dauerhaften Projekten. Begünstigt wird dies durch ausreichende Projektvorlaufzeit und eine frühzeitige Einbindung der Fachplaner (siehe [5] und [6]).

## **1.9 Artenvielfalt und Verbreitung**

Die entwickelten Lösungen sind durch geeignete Adaption und Berücksichtigung der Randbedingungen auch auf den Gebäudebestand anderer Regionen mit ähnlicher Baugeschichte übertragbar.

## **1.10 Auszug aus den Ergebnissen**

Die in Kapitel 3 dieses Berichts angeführten Inhalte stellen Auszüge aus den Ergebnissen des Forschungsprojekts dar und vermitteln einen Überblick über die Bandbreite der im Projekt durchgeführten Arbeiten.

## **1.11 Highlights des Projekts**

### **1.11.1 Umsetzung entwickelter Muster-Sanierungs-Lösungen in die Praxis inkl. Energie-, Komfort- und Bauteil-Monitoring.**

- Besonderen Mehrwert stellen die praktischen Erfahrungen dar, die im Zuge der Projektbegleitung und praktischen Umsetzung gewonnen werden konnten. So ergaben sich aus den jeweiligen praktischen Umsetzungen heraus spezielle, aber für die jeweiligen Bauepochen typische Fragestellungen, die aus reiner theoretischer Betrachtung heraus im Vorfeld nicht absehbar waren. Die praktische Umsetzung der Muster-Sanierungs-Lösungen wurde messtechnisch begleitet, wobei im Zuge des Forschungsprojekts Mess-Systeme, Messtechnik und Messabläufe auf die besonderen Anforderungen der Sanierung soweit abgestimmt und weiterentwickelt wurden, dass diese nun für die Qualitätssicherung wirtschaftlich einsetzbar sind.

### **1.11.2 Ökologische und ökonomische Systemanalyse**

- Als besonderes Highlight kann auch der im Rahmen des Projekts für die Anforderungen der Sanierung mit Innendämmung weiterentwickelte Amortisationsrechner gesehen werden. Hierbei wurden nicht nur aktuelle Kostenkennwerte erfasst, sondern auch ein Postprocessing zur anwendungsorientierten Darstellung entwickelt. Die Ausgabe der ökologischen wie auch wirtschaftlichen Amortisationsdauer stellt dabei ebenso eine Neuheit dar wie eine u-Wert bezogene Gegenüberstellung der Varianten. Für die Innendämmsysteme wurden die Kosten hierfür in fixe und variable Kosten aufgeteilt, um diese in Abhängigkeit der Dämmstoffstärke darstellen zu können.

### **1.11.3 Workshops**

- Hohes Interesse bestand hinsichtlich der im Rahmen des Projekts durchgeführten Workshops zur Dissemination der Projektergebnisse.

### **1.11.4 Publikationen, Gremien- und Netzwerkarbeit**

- Im Rahmen des Projekts erfolgte eine intensive Abstimmung mit relevanten Verbänden, wobei die Ergebnisse in die Entwicklung von Merkblättern, Richtlinien zur Qualitätssicherung und Zertifizierung eingebracht werden konnten. Insbesondere ist hier auch auf das Kapitel Nachhaltigkeit, Lebenszyklus und Gesundheit zu verweisen, welches im Herbst dieses Jahres im Praxishandbuch Innendämmung des FVID erscheinen wird. Nicht unerwähnt sollen hier auch die Publikationen im Rahmen der enova, des BauZ!-Kongresses sowie des IBOmagazin bleiben.



### **1.11.5 Leitfaden IDSolutions**

- Der im Rahmen des Projekts entwickelte Leitfaden soll Planer, Architekten und Bauherren bei Sanierungs-Projekten mit Innendämmung unterstützen und durch Vermittlung des erforderlichen Basiswissens die Zusammenarbeit und Kommunikation mit Fachplanern erleichtern. Der Leitfaden für die Sanierung mit Innendämmung ist in fünf Abschnitte gegliedert. Insgesamt wird das erforderliche Basiswissen vermittelt, damit wirtschaftliche und zugleich überzeugende Gesamtlösungen entstehen können. Anhand von Beispielen werden wertvolle Hilfestellungen für die praktische Umsetzung gegeben.

## **2 Hintergrundinformationen**

### **2.1 Stand der Technik bzw. Stand des Wissens**

#### **2.1.1 Erkenntnisse und praktische Erfahrungen**

Das Image der Innendämmung ist ein eher schlechtes. Eine Innendämmung wird vielfach mit Bauschäden in Verbindung gebracht. Ursache von Bauschäden ist aber nicht die Dämmmaßnahme an sich, sondern eine unsachgemäße Planung, Ausführung oder eine gemeinhin als falsch bezeichnete Nutzung. Dies führt zu klaren Vorbehalten gegenüber der Anwendung von Innendämmungen und führt nicht selten dazu, dass eine geplante Sanierung nicht durchgeführt wird. Gleichzeitig steigt jedoch die Nachfrage nach Innendämmungen und damit auch der Bedarf an einer ordnungsgemäßen Anwendung.

#### **2.1.2 Evaluation Innendämmung**

Durch Interviews mit zahlreichen Entscheidungsträgern wurden im Forschungsprojekt IDkonkret [7] Vorbehalte herausgearbeitet sowie Schwierigkeiten der PlanerInnen bei der Projektbearbeitung aufgezeigt, siehe auch [8], wobei in den Rubriken – Basiswissen, Allgemeines, Planung, Ausführung, Monitoring, Gewährleistung – sowohl subjektive Daten über die Wahrnehmung und Erfahrung der Befragten als auch objektive Leistungsindikatoren erfasst wurden. Grundsätzlich können aus der Evaluation, detailliert in [9], u.a. folgende Wünsche bzw. Anforderungen abgeleitet werden:

- Steigerung der Planungssicherheit und Ausführungsqualität
- Qualitätsstandard u. Qualitätssicherungsmaßnahmen
- Gesamtheitliche Betrachtung (Innendämmung, Heizung, Klima, Lüftung)
- Ökologische und gesundheitliche Aspekte
- Wirtschaftliche Umsetzbarkeit
- Abklärung technischer und rechtlicher Fragestellungen

### **2.1.3 Aktuelle nationale und internationale Tendenzen**

In Arbeitsgruppen werden Richtlinien und Merkblätter erarbeitet, deren Verwendung mittelfristig zur Aufhebung von Vorbehalten gegenüber dem Einsatz von Innendämmung führt. Aktuelle nationale und internationale Tendenzen hierzu werden nachfolgend soweit möglich zusammengefasst.

### **2.1.4 Richtlinien**

Bis Mitte der 1990er Jahre fehlten allgemeingültige Richtlinien für die Leistungsbeschreibung und Anwendung von Innendämmung. 1997 wurde auf Initiative der WTA (Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.) eine WTA-Arbeitsgruppe gebildet, die die Erstellung solcher Richtlinien zur Aufgabe hat. Werden die WTA-Merkblätter [10] und [11] als Grundlage beachtet, ist gewährleistet, dass

- der Einsatz hygrothermischer Berechnungen im Bauwesen geregelt ist,
- die Ergebnisse reproduzierbar sind,
- die Qualität optimal ist,
- ein Vergleich mit Messungen möglich ist und
- ein Problembewusstsein geschärft ist.

Ergänzend zu diesen beiden Richtlinien werden der „IDkonkret“-Leitfaden „Nachweisführung Innendämmung“ [12], die Merkblätter [13], [14] und [15] der WTA sowie der IBO-Passivhaus-Sanierungs-Bauteilkatalog [16] als Planungshilfe empfohlen. Diese Richtlinien bieten dem Anwender wichtige Hilfestellungen für Planung und Durchführung in der Praxis.

### **2.1.5 Netzwerk Innendämmung**

Als wesentliche Akteure bzw. Netzwerkpartner im Bereich Innendämmung sind hier zu nennen:

- Fachverband Innendämmung e.V. (FVID) - 2011 in Deutschland gegründet wird er die führende Organisation in Europa, deren Mitglieder die Planung, Anwendung und Ausführung von Innendämmsystemen wesentlich vorantreiben. Der FVID ist der einzige Verband, der sich ausschließlich mit Innendämmung beschäftigt.
- Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. (WTA) – Führend im Bereich der Erstellung von Richtlinien für den Sanierungsbereich.

## **2.2 Relevante Vorarbeiten**

Eine umfassende Literatursammlung zu Innendämmung ist unter [http://www.idkonkret.info/publikationen\\_lit\\_2012.html](http://www.idkonkret.info/publikationen_lit_2012.html) abrufbar. Aus den Themenbereichen Gebäudetypologie, Luftdichtheit, Raumklimatechnik, Schäden beim Bauen im Bestand auf deren Ergebnissen aufgebaut wird, bzw. die in engem thematischen Bezug zum hier durchgeführten Projekt stehen erfolgthier ein knapper Auszug:

- IDkonkret – Ganzheitliche Umsetzung des vorhandenen Wissens über Innendämmsysteme in die Praxis und deren gezielte Optimierung, Forschungsprojekt COIN-Programmlinie "Kooperation und Netzwerke" 830791
- GRÜNDERZEIT TOOL-BOX – smarte Konzepte zur Modernisierung auf Ebene der Nutzungseinheit, ZIT, Smart Vienna 2012
- ÖKO-ID – Innendämmungen zur thermischen Gebäudeertüchtigung – Untersuchung der Möglichkeiten und Grenzen ökologischer, diffusionsoffener Dämmsysteme“ Neue Energien 2020 Gebäude 818908 [17]
- WHISCERS. Whole House In-Situ Carbon & Emission Reduction Solution
- Gründerzeit-Fenster- und Fassadenelement [18]
- Entwerfen im Kontext - [19]
- IBO-PH-Sanierungsbauteilkatalog [16]
- FEUCHTEATLAS zur Vermeidung planungsbedingter Feuchteschäden, finanziert durch Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (MBWi), 53107 Bonn [20]
- Gründerzeit mit Zukunft – Leitprojekt Haus der Zukunft Plus
- Studie Wiener Fenster Gestaltung und Erhaltung, Auftraggeber Gemeinde Wien/MA 19 [21]
- Wiener Komfort Fenster Entwicklung von praxistauglichen Lösungsmöglichkeiten zur thermischen Sanierung von Kastenfenstern „Call Vienna Environment 2008“ ZIT

## 2.3 Innovationsgehalt und Entwicklungsrisiko

Wo liegen die Grenzen der Machbarkeit und der Nutzerakzeptanz? Innendämmsysteme bzw. Sanierungsmaßnahmen generell befinden sich in einem Spannungsfeld zwischen Technik, Recht, Ökologie, Ökonomie, Denkmalschutz, Bauphysik und Nutzer.

Aufgrund der Vielzahl möglicher Situationen und Randbedingungen in der Sanierung, wie:

- unzählige unterschiedliche Wandbildner,
- die Vielzahl der am Markt verfügbaren Dämmsysteme,
- unterschiedliche Nutzungen und
- regional stark differierende Umgebungsbedingungen

sowie der mit der Thematik grundsätzlich verbundenen hohen Komplexität sind keine fertigen Rezepte für die Sanierung mit Innendämmung verfügbar. Eine Universal-Lösung für den gesamten Gebäudebestand zu entwickeln ist demnach nicht möglich, bzw. nicht sinnvoll. Ziel kann es aber sein, ein für den konkreten Anwendungsfall optimales System herauszufinden [9].

Ziel und Neuheitsgrad des Vorhabens liegt darin, für konkrete Anwendungsfälle, hier für einzelne Bauepochen des mehrgeschoßigen Gebäudebestands Muster-Sanierungs-Lösungen mit Innendämmung zu entwickeln. Auf der Ebene der Nutzungseinheit werden Lösungen entwickelt, welche die relevanten Einflussgrößen, Ansprüche und Anforderungen gleichermaßen berücksichtigen. In diesem Rahmen können dann, was bisher nicht möglich

war, generelle Empfehlungen gegeben werden. Für den speziellen Einzelfall sind diese Lösungen selbstverständlich auf ihre Anwendbarkeit zu prüfen. Generell werden diese Muster-Sanierungs-Lösungen aber in weiten Bereichen ohne größere Adaptionen anwendbar sein und für tendenziell problematische Bauteilanschlüsse, wie Übergänge zu Holzbalkendecken, Zwischenwänden, Fenster- und Türleibungen, Hilfestellungen geben.

Dort, wo eine Außendämmung nicht realisierbar ist, stellt Innendämmung oft die einzige Alternative zu „gar nicht dämmen“ dar. Sanierungen sind prinzipiell eine besondere Herausforderung, kommt dann noch eine Innendämmung hinzu, wird es richtig anspruchsvoll.

Grundsätzlich gilt für Projekte mit Innendämmung: Lösungen, die an einem Objekt funktionieren, können nicht ohne weiteres auf ein zweites Objekt übertragen werden. Die Erreichung der Projektziele, für Gebäudetypologien Muster-Sanierungs-Lösungen zu entwickeln, stellt also eine besondere Herausforderung dar, die nur durch einen integralen Ansatz, bei dem die einzelnen Komponenten der Sanierung (Innendämmung, Heizung, Lüftung) aufeinander abgestimmt, wo möglich ineinander integriert und als Gesamtsystem optimiert werden, bewältigt werden kann. Für den jeweiligen Kontext, hier die einzelnen Bauperioden und ihre besonderen Randbedingungen, müssen geeignete Lösungen entwickelt und die Grenzen der Machbarkeit ausgelotet werden. Dies ist nur durch besondere Sachkenntnis und Erfahrung der Projektpartner sowie eine intensive Zusammenarbeit im Netzwerk möglich. Das beantragte Projekt baut auf den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen aus abgeschlossenen, wie auch laufenden relevanten (Forschungs-)Projekten auf (2.1).

Können Muster-Sanierungs-Lösungen für konkrete Bauepochen auf Ebene der Nutzungseinheit entwickelt werden, werden diese maßgeblich zu einer Steigerung der Nutzerakzeptanz, einer Erhöhung der Marktdurchdringung und einer Steigerung der Sanierungsrate beitragen. Die entwickelten Lösungen für den mehrgeschoßigen Gebäudebestand sind durch geeignete Adaption und Berücksichtigung der Randbedingungen dann auch auf den Gebäudebestand anderer Regionen/Städte, mit ähnlicher Baugeschichte übertragbar.

## **2.4 Methode und Vorgangsweise**

Aufbauend auf einer umfassenden Literaturrecherche und der Auswertung vorhandener Ergebnisse bisher geförderter Projekte erfolgt eine bauepochenbezogene Analyse relevanter Rahmenbedingungen und Einflussgrößen sowie die Entwicklung repräsentativer Modellgebäude und Modellräume. Im Zuge der Abstimmung von Ansprüchen und Anforderungen erfolgt in der Diskussion die Entwicklung von Sanierungszielen. Je nach Sanierungsziel werden geeignete Sanierungsstrategien entwickelt und geeignete Bewertungskriterien identifiziert und festgelegt. Auf die Sanierungsziele abgestimmte Konzepte für die Systemkomponenten (Wärmedämmung, Lüftung, Wärmebereitstellung) werden erstellt. Diese Einzelkonzepte werden in ein Gesamtkonzept übergeführt und

bauepochenbezogene Muster-Sanierungs-Lösungen dafür abgeleitet wobei der Abschätzung der Möglichkeiten und Grenzen des Zusammenwirkens der Einzelkomponenten (Innendämmung, Heizung, Klima, Lüftung u.ä.) eine besondere Bedeutung zukommt. Die Entwicklung von bauphysikalisch, bautechnisch und architektonisch ansprechenden Detaillösungen für Anschlussbereiche u. Systemschnittstellen wird durch eine detaillierte bauphysikalische Analyse, Systemoptimierung und Nachweisführung begleitet. Diese erfolgte u.a. mittels mehrdimensionaler Wärmebrückenberechnung (Simulationspaket Antherm), anhand instationärer hygrothermischer 2d- und 3d-Simulation (Simulationspaket WUFI 2D, HAM4D, u.ä.). Bei der Analyse und Bewertung der Muster-Sanierungs-Lösungen wurden die Aspekte Praxistauglichkeit, Gesundheit, Hygiene, Komfort, Bauphysik, Brandschutz, Schallschutz, Wirtschaftlichkeit, Energieeffizienz, Ökologie und Gesundheit untersucht, wobei jeweils dafür im Vorfeld geeignete Bewertungskriterien festzulegen waren. Für die Beurteilung des Gesamt-Systems erfolgte eine Gebäudesimulation mittels Softwarepaket TRNSYS. In einem weiteren Schritt erfolgte eine System- und Objektauswahl für die praktische Umsetzung der entwickelten Muster-Sanierungs-Lösungen. Bei der Ausführung auftretende Probleme und Fragestellungen wurden detailliert behandelt. Die ausgeführten Projekte wurden messtechnisch begleitet, wobei die Empfehlungen und Hinweise des Leitfadens ‚Monitoring von Plusenergiegebäuden‘ berücksichtigt wurden. Die Zusammenführung der Ergebnisse, die Analyse von Problemen und kritischen Bereichen sowie die Validierung der Berechnungen modellhaft abgebildeter Muster-Sanierungs-Lösungen anhand von Messdaten erlaubten eine Optimierung der Muster-Sanierungs-Lösungen (Schnittstellen, Komponenten, Gesamtsystem), wobei optimale Einsatzbereiche unterschiedlicher Systeme identifiziert werden konnten. Die Ergebnisse wurden in Experten-Workshops diskutiert und flossen u.a. in den im Rahmen des Projekts entwickelten Leitfaden und weitere Fachpublikationen ein.

### **Beschreibung nach Arbeitspaketen**

Aus einer bauepochenbezogenen Analyse relevanter Rahmenbedingungen und Einflussgrößen werden in **AP1** repräsentative Modellgebäude und Modelleräume für den mehrgeschoßigen Gebäudebestand entwickelt.

Ausgehend von dieser Kategorisierung und Grundlagenermittlung erfolgt in **AP2** über eine bauepochenbezogene Abstimmung von Ansprüchen und Anforderungen eine Festlegung von Sanierungszielen und -strategien sowie Bewertungskriterien.

Für die einzelnen Systemkomponenten (Wärmedämmung, Lüftung, Heizung) werden in **AP3** Konzepte erstellt und in Gesamtkonzepte überführt und Lösungsansätze abgeleitet und Bauepochenbezogene Muster-Sanierungs-Lösungen entwickelt.

Eine Abschätzung der Möglichkeiten und Grenzen des Zusammenwirkens der Einzelkomponenten (Innendämmung, Heizung, Klima, Lüftung u.ä.), die Entwicklung von bauphysikalisch, bautechnisch und architektonisch ansprechenden Detaillösungen für Anschlussbereiche und Systemschnittstellen sowie die bauphysikalische Analyse, Systemoptimierung und Nachweisführung mittels mehrdimensionaler Wärmebrückenberechnung (Simulationspaket Antherm), bauphysikalische Systemanalyse

und Systemoptimierung mittels instationärer hygrothermischer 2d-Simulation (Simulationspaket WUFI 2D) erfolgen im Rahmen von **AP4**. Ein Katalog bauepochenbezogener Muster-Sanierungs-Detail-Lösungen mit zertifizierten bauepochen- und systembezogenen Detaillösungen ist Ziel dieses Arbeitspakets.

Umfassend analysiert werden die Muster-Sanierungs-Lösungen hinsichtlich Praxistauglichkeit, Gesundheit, Hygiene, Komfort, Bauphysik, Brandschutz, Schallschutz, Wirtschaftlichkeit, Energieeffizienz, Ökologie, Betreiber/Nutzer/Nachbar in **AP5**. Eine modellhafte Abbildung der Muster-Sanierungs-Lösungen für die Abstimmung des Verhaltens als Gesamtsystem erfolgt mittels Simulationspaket-TRNSYS. Dadurch ist eine detaillierte Systemanalyse (z.B. sommerliches Temperaturverhalten, Wärme- u. Feuchtelasten im Raum, Behaglichkeitskriterien,...) sowie eine Systemabstimmung und Optimierung (AP7) möglich.

Nach einer System- und Objektauswahl werden in **AP6** Muster-Sanierungs-Lösungen in Form von Testaufbauten umgesetzt, wobei die in AP4 erarbeiteten Detaillösungen zur Anwendung kommen und ggf. auf die jeweiligen Testräume und Umgebungsbedingungen zu adaptieren sind. Im Zuge der Ausführung können ggf. auftretende Probleme bei der Umsetzung von Details in die Praxis analysiert und im Zuge der Systemoptimierung (AP7) ausgeräumt werden. Eine messtechnische Begleitung ist integraler Bestandteil dieser Muster-Sanierungs-Lösungen. Sie ist erforderlich, um steuernd und regelnd auf das Gesamtsystem einwirken zu können, um kritische Zustände zu vermeiden. Weiter dient die messtechnische Begleitung der Überprüfung/Kalibrierung der Simulationsergebnisse (AP4, AP5) sowie der Qualitätssicherung. Zugleich liefert sie die erforderlichen Daten zur Systemoptimierung (AP7).

Die Ergebnisse aus praktischer Umsetzung (AP6), Systemanalyse (AP5) und Detaillösungen (AP4) werden in **AP7** zusammengeführt. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse erfolgt eine Anpassung bzw. Optimierung der Muster-Sanierungs-Lösungen (Schnittstellen, Komponenten, Gesamtsystem). Anhand der Messdaten aus der Praktischen Umsetzung (AP6) können die Berechnungen der modellhaft abgebildeten Muster-Sanierungs-Lösungen (AP5) validiert werden. Durch Parameterstudien können die in AP5 modellhaft abgebildeten Muster-Sanierungslösungen mittels Simulation (TRNSYS) optimiert werden, bzw. die optimalen Einsatzbereiche unterschiedlicher Systeme definiert werden.

Im Rahmen von Workshops, Arbeitsgruppensitzungen und Expertengesprächen werden in AP8 die Projektinhalte laufend reflektiert und abgestimmt. Durch Gremien- und Netzwerkarbeit fließen die Projekt-Ergebnisse in die aktuelle Richtlinien- und Regelwerkentwicklung ein. Die Marktgerechte Aufarbeitung und Verbreitung der Projektergebnisse erfolgt durch Zusammenstellung von Planungsempfehlungen (Planungsleitfaden – IDSolutions), Publikationen in Fachzeitschriften und Fachvorträge. Durch Muster-Sanierungs-Lösungen für den mehrgeschoßigen Gebäude-Bestand auf Ebene der Nutzungseinheit können, u.a. eine bessere Strukturierung der Leitungsführungen, Straffung des Zeitplans für die Dauer der Arbeiten, eine Qualitätssicherung von der Planung bis zur Ausführung und eine weitest mögliche Vermeidung von Stemmarbeiten und

statischen Eingriffen sowie formal überzeugende Detaillösungen auch in Hinblick auf Gestaltung und Denkmalschutz realisiert werden. Neben rein technisch-wirtschaftlichen finden auch ökologische und gesundheitliche Aspekte durch den Einsatz entsprechender Baustoffe umfassend Berücksichtigung. Hochwertige Sanierungen auf Basis von Muster-Sanierungs-Lösungen können somit maßgeblich zur Erreichung der Programmziele beitragen.

## **3 Ergebnisse des Projektes**

Die nachfolgend angeführten Inhalte stellen Auszüge aus den Ergebnissen des Forschungsprojekts dar und vermitteln einen Überblick über die Bandbreite der im Projekt durchgeführten Arbeiten.

### **3.1 Anforderungen und Herausforderungen**

Es gilt auf die Eigenschaften der bestehenden Gebäudesubstanz einzugehen und diese durch geeignete Maßnahmen behutsam an die vielfältigen Anforderungen der neuen Nutzung anzupassen. Neben einer detaillierten Bestanderfassung (siehe [2-4]) bildet eine bautechnische und bauphysikalische Beurteilung die Grundvoraussetzung. Ein verantwortungsbewusster Umgang mit der Bausubstanz und schlüssige Sanierungskonzepte führen in der Regel zu gelungenen und dauerhaften Projekten. Begünstigt wird dies durch ausreichende Projektvorlaufzeit und eine frühzeitige Einbindung der Fachplaner (siehe [5] und [6]). Herausforderung ist es, die vielfältigen Ansprüche (Energieverbrauch, Behaglichkeit, Hygiene, Ökologie, Nachhaltigkeit, Architektur u.ä.) und Anforderungen (Technik, Recht, Denkmalschutz, Bauphysik u.ä.) optimalen Lösungen zuzuführen. Diese Aufgabenstellung lässt sich in 21 – bei der Sanierung auf Ebene der Nutzungseinheit - wesentliche Themenbereiche unterteilen, die nachfolgend skizziert werden (detailliert in [22]).

#### **3.1.1 Wärmeschutz**

Je nach Epoche sind die Außenwände aus unterschiedlichen Baumaterialien zusammengesetzt und weisen in der Regel typische, konstruktiv und baurechtlich bedingte Wandstärken auf. Die Fassaden sind zum Teil gegliedert und stehen fallweise unter Denkmalschutz. Ist die Applikation einer Außendämmung nicht möglich – wie dies auch bei der Sanierung einzelner Nutzungseinheiten der Fall ist – besteht für die thermische Verbesserung die Möglichkeit einer Innendämmung. Bei der Verwendung von Innendämmsystemen mit hohen Dämmstärken zur Realisierung hoher Dämmstandards ist eine detaillierte bauphysikalische Nachweisführung zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit und Schadensfreiheit der Konstruktion erforderlich. Zu beachten ist, dass bei baulichen Maßnahmen keine negativen Auswirkungen auf die Nachbareinheiten entstehen. Wird nur eine einzelne Einheit saniert, können die baulichen Arbeiten auch nur von dieser aus durchgeführt werden.

#### **3.1.2 Thermische Behaglichkeit**

Behaglichkeitsparameter können durch angepasste Modernisierungs-Maßnahmen optimiert werden. Andererseits werden wirkungsvolle Maßnahmen durch falsche Planung, Ausführung und/oder Materialauswahl regelmäßig ad absurdum geführt. Die thermische Behaglichkeit ist wesentlich durch die Oberflächentemperaturen und Strahlungs-Symmetrie im Raum geprägt. Zu beachten ist, dass die Applikation einer Innendämmung einen Einfluss auf das



sommerliche Temperaturverhalten hat, da die speicherwirksame Masse reduziert wird. Das Aufheizverhalten sanierter Räume ist jedenfalls positiv zu bewerten.

### **3.1.3 Feuchteschutz**

Geometrische und materialbedingte Wärmebrücken führen bei Innenwänden, Balkonplatten, Innendecken und Gesimse-Verankerungen die an die Außenwand anschließen bei kalten Außenluftbedingungen zu niedrigen Oberflächentemperaturen, erhöhter Feuchte und dem Risiko von Schimmelpilzbildung. Durch gezielte Temperierung, beispielsweise durch geeignete Führung des Rücklaufheizungsrohres, können diese Problembereiche entschärft werden.

Im Bereich einbindender Bauteile – geometrischer oder materialbedingter Wärmebrücken - besteht ein erhöhtes Risiko der Feuchteanreicherung. Bewusstes Aussparen der Innendämmung im Fußboden und Deckenbereich, Anbringen einer bedarfsgesteuerten Heizung aber auch eine dauerhafte Ausführung der Luftdichten Ebene - beispielsweise durch Dichtmanschetten - bringen Abhilfe.

### **3.1.4 Luftdichtheit**

Trotz der Schwierigkeiten, die sich bei der Modernisierung von Bestandsgebäuden ergeben, besteht das Ziel im Erreichen einer dem Neubau vergleichbaren Luftdichtheit sanierter Gebäudeteile. Für Bestandsgebäude werden die Anforderungen und Möglichkeiten zur Erreichung einer ausreichenden Luftdichtheit im dreiteiligen Merkblatt der WTA [23-25] zusammenfassend dargestellt. Damit können bei sorgfältiger Detailplanung und Ausführung unzulässig hohe Tauwasserausfälle infolge Konvektion, unkontrollierte Lüftungswärmeverluste und Störungen der Behaglichkeit vermieden werden.

### **3.1.5 Schallschutz**

Nach heutigen Anforderungen ist der Schallschutz bestehender Decken oft als mangelhaft zu bewerten. Aus statischen Gründen gewünschte Gewichtsminimierung der Konstruktion verringert den Luftschallschutz. Statisch ist eine Erhöhung des Flächengewichts zur Verbesserung des Schallschutzes nicht immer möglich. Durch Beibehaltung des Flächengewichts bei gleichzeitiger Entkopplung der Schichten mit Hilfe mehrschaliger Konstruktionen kann der Schallschutz, bei fachgerechter Bauausführung aller Anschlüsse, verbessert werden.

### **3.1.6 Raumakustik**

Bei geeigneter Auswahl der im Zuge von Sanierungs- bzw. Modernisierungsmaßnahmen eingebrachten Materialien kann die Raumakustik positiv beeinflusst werden.

### **3.1.7 Deckenkonstruktionen**

Balkenquerschnitte bestehender Deckenkonstruktionen sind unter Zugrundelegung heutiger Normen – hauptsächlich aufgrund damals geringer veranschlagter Verkehrslasten - meist nicht ausreichend stark dimensioniert. Damals wurde der Nachweis auf Tragfähigkeit geführt, nicht aber auf Gebrauchstauglichkeit, insbesondere auf Beschränkung der Durchbiegung.

Ein wesentliches Kriterium bestehender Decken stellt neben der großen Durchbiegung die Schwingungsanfälligkeit dar.

### **3.1.8 Statik**

Die Bewertung des Verhaltens von Gründerzeithäusern bei Erdbeben erfordert die Auswahl eines geeigneten Berechnungsverfahrens und eine detaillierte Modellbildung - bei der vor allem die Verbindungen zwischen Mauerwerk und Tram- oder Dippelbaumdecke abzubilden sind. Die Schwachstelle der Geschoßdecken ist eine fehlende Horizontalträgerwirkung. Bei umfangreichen Sanierungen sollte auch eine Verbesserung hinsichtlich Erdbebensicherheit erfolgen.

### **3.1.9 Brandschutz**

Aktuelle Brandschutzvorschriften müssen abhängig vom Umfang des Bauvorhabens bzw. der baulichen Änderungen eingehalten werden. Werden neue Produkte verwendet, müssen diese den geltenden Anforderungen entsprechen, beispielsweise neue Eingangstüren, Innendämm-Materialien, Trennwände, Fenster zum Gang etc. Bei Nutzungsänderungen oder Änderungen des Fluchtniveaus müssen die aktuellen Regelungen eingehalten werden. Es können hierbei auch Maßnahmen für das gesamte Gebäude anfallen, z.B. bei Änderung von Wohn- in Büronutzung (Fluchtwege etc.). Die erforderlichen Maßnahmen sind im Einzelfall mit den zuständigen Behörden abzuklären, für Änderungen und Instandsetzungen an rechtmäßig bestehenden Gebäuden kann es - auch nach der Wiener Bauordnung - Ausnahmen von den gesetzlich festgelegten Bauvorschriften geben.

### **3.1.10 Fenster**

Lichteinfall, Lüftung und der Schutz vor Regen, Kälte und Schnee zählen zu den Grundfunktionen eines Fensters. Hinzu kommen formale Aspekte wie die Gliederung und Anordnung innerhalb einer Fassade. Fenster schaffen Beziehung zwischen Innen- und Außenraum, wodurch menschliche wie auch gesellschaftliche Bedürfnisse befriedigt werden.

Mit Fenstersanierungssystemen wie dem Wiener-Komfort-Fenster ist eine zeitgemäße, wirtschaftlich attraktive, energetisch effiziente und architektonisch ästhetische Modernisierungs-Lösung möglich. Außenflügel und Fensterkasten bleiben erhalten. Das alte Innenfenster wird durch ein modernes Holzfenster mit zeitgemäßen Wärme- und Schallschutzwerten ersetzt. Bewohner werden durch den schnellen, staub- und lärmarmen Einbau kaum gestört. Da die Außenflügel des Fensters und der Fensterkasten nicht abgebrochen werden, kann zu jeder Jahreszeit und bei jeder Witterung montiert werden. Auch für andere Bauepochen bietet der Markt geeignete Fenstersanierungssysteme.

### **3.1.11 Raumheizung**

Bei der Art der Wärmebereitstellung im Gebäudebestand dominieren Wohnungszentralheizungen (72 %), gefolgt von Einzelöfen (ca. 22 %). Als Energieträger kommt in erster Linie Erdgas (70 %), gefolgt von elektrischem Strom (11 %) und Heizöl (9 %) zum Einsatz. Der Anteil von Energieträgern aus erneuerbaren Rohstoffen ist derzeit noch gering (vgl. [26]).

Durch Erhöhung des Dämmstandards und der Luftdichtheit wird der Energiebedarf gesenkt. Eine Umstellung auf Flächenheizsysteme oder Heizleistensysteme begünstigt – ohne bauliche Maßnahmen im Fußboden - den Einsatz erneuerbarer Energieträger.

### **3.1.12 Lüftung**

Durch eine verbesserte Luftdichtheit der sanierten Gebäudehülle, aus energetischen Gründen und Gründen der Raumluftqualität wird der Einbau einer Lüftungsanlage empfohlen. Mögliche Ausführungen für die Anwendung - bezogen auf einzelne Nutzungseinheiten - sind dezentrale Lüftungssysteme wie z.B. Einzelraum-Lüftungsgeräte (mit Wärmetauscher zur Wärmerückgewinnung) oder der Einbau eines Lüftungsgerätes pro Wohnung mit wohnungsinterner Leitungsführung.

Für den Einbau von handelsüblichen Einzelraumlüftungen sind Außenwanddurchbrüche erforderlich, die je nach Lage und Anzahl der belüfteten Räume Auswirkungen auf das Erscheinungsbild der Fassade - besonders bei gegliederten Fassaden - haben können. Bei dezentralen Systemen mit einem Lüftungsgerät in einem Nebenraum (Abstellraum, Badezimmer etc.) reduzieren sich die Durchbrüche nach außen auf je einen für Frischluft und Fortluft. Diese können meist hofseitig angeordnet werden.

Interne Leitungsführung ist so zu planen, dass die Leitungsführungen möglichst kurz sind. Die große Geschoßhöhe in Gründerzeithäusern kommt dem Einbau entgegen, da abgehängte Decken auch im Nachhinein gut zu integrieren sind.

### **3.1.13 Denkmalschutz**

Der Denkmalschutz in Österreich wird vom Bundesdenkmalamt geregelt und überwacht. Welche Gebäude unter Denkmalschutz stehen, findet man im Denkmalverzeichnis des Bundesdenkmalamtes. Steht ein Gebäude unter Denkmalschutz, ist vor jeder Maßnahme, die eine Veränderung bzw. Beeinflussung des Bestandes (der Substanz) darstellen könnte, eine Bewilligung des Bundesdenkmalamtes einzuholen.

Unabhängig vom Denkmalschutz können in den Flächenwidmungs- und Bebauungsplänen (z.B. der Stadt Wien) auf Grund des örtlichen Stadtbildes in ihrem äußeren Erscheinungsbild erhaltenswürdige Gebiete als in sich geschlossenes Ganzes zum Schutz ausgewiesen werden (Schutzzonen). Bei Bauvorhaben in Schutzzonen sind die Auflagen der Bauordnung zu berücksichtigen (z.B. Fenstertausch Begutachtung durch MA 19).

### **3.1.14 Architektur und Bauweise**

Eine Übersicht über den Gebäudebestand in Wien gibt u.a. das Kulturportal der Stadt Wien. Eine Darstellung nach Bauperioden (Abbildung 1)

- Vor 1848: Renaissance, Barock, Rokoko, Klassizismus-Biedermeier
- 1848 bis 1918: Gründerzeit
- 1919 bis 1945: Zwischenkriegszeit
- Nach 1945: Nachkriegszeit

ist hier ebenso möglich wie eine Darstellung nach Typologien (Abbildung 2). Ein Auszug aus der Legende:

- Haus mit mittig liegendem Hof
- Kloster- u. Stiftungshöfe
- Paläste
- Straßentrakter
- Seitenflügelhaus
- Doppeltrakter mit Verbindungstrakt
- Doppeltrakter, zweihüft. Hoftrakt
- Durchhäuser
- Mehrhofhaus, Gruppenbauten
- Eckhaus
- Hoftrakt
- Straßenhof
- Baulückenbebauungen
- Hofbebauungen / Superblocks.



Abbildung 1: <http://www.wien.gv.at/kulturportal/public/grafik.aspx> (©Vienna GIS)

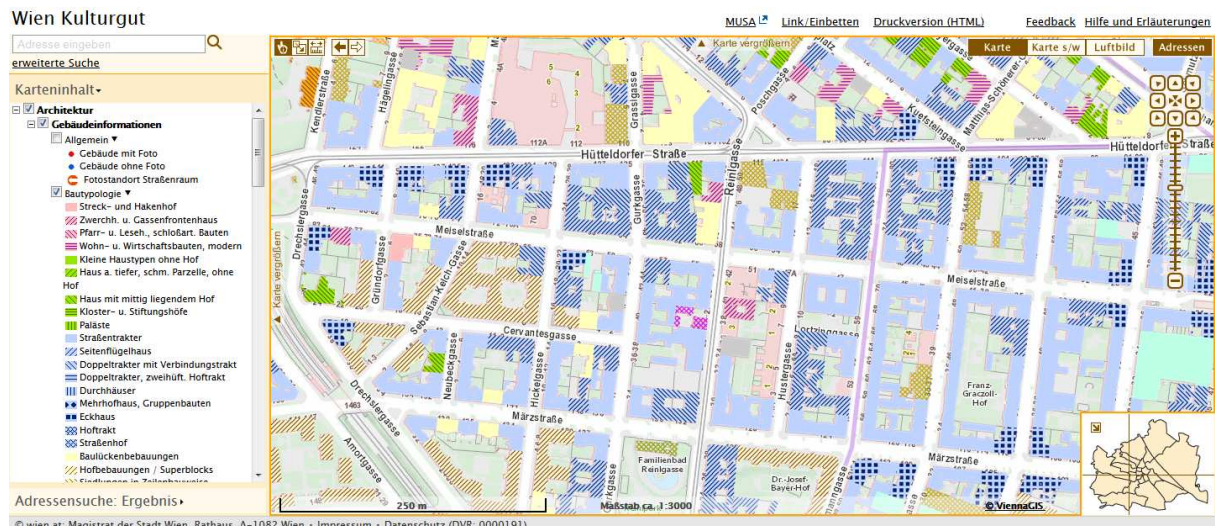


Abbildung 2: <http://www.wien.gv.at/kulturportal/public/grafik.aspx> (©Vienna GIS)

Verständlicherweise ist eine exakte Abgrenzung der einzelnen Bauperioden - außer bei gravierenden Ereignissen, wie etwa Kriegen - nicht nach Jahren festzulegen; meist sind die Übergänge zwischen den Stilperioden fließend. In der entsprechenden Fachliteratur findet man daher auch immer wieder unterschiedliche Angaben zum Baualter.

Vor diesem Hintergrund gibt es eine verfeinerte Bauperiodenskala (<http://www.wien.gv.at/kultur/kulturgut/architektur/bauperioden.html>) im Rahmen der Basisinventarisierung, welche wie folgt strukturiert ist:

- Vor 1683: vor der Zweiten Türkenbelagerung
- 1683 bis 1740: Hochbarock
- 1741 bis 1848: Rokoko, Klassizismus - Biedermeier
- 1849 bis 1859: Frühgründerzeit
- 1860 bis 1883: Hochgründerzeit
- 1884 bis 1918: Spätgründerzeit
- 1919 bis 1945: Zwischenkriegszeit
- 1946 bis 1976: Nachkriegszeit
- nach 1976: Gegenwart

Eine Bewertungsmethodik der Architektur von 1945 bis 1979 gibt [27]. In Teil 3 des Leitfadens „IDSolutions – Lösungen für die Sanierung mit Innendämmung im mehrgeschoßigen Gebäudebestand auf Ebene der Nutzungseinheit“ werden die Bauepochen in Anlehnung an [28] unterteilt und beschrieben.

### **3.1.15 Schadstoffe in bestehenden Gebäuden**

Bei der Sanierung von Bestandsgebäuden können Schadstoffe vom Baumaterial selbst, Nutzungs-, Betriebs-, Wartung- oder Instandhaltungsprozessen ausgehen. Gefahren und präventive Maßnahmen, sowie Maßnahmen der Schadstofferkundung im Altbau sowie biologisch bedingte Gefährdungen durch Schimmelpilze und Holzzerstörende Pilze stehen hier besonders im Fokus. Durch eine Schadstofferkundung können gefährliche Schadstoffe erfasst und durch geeignete Maßnahmen reduziert und vermieden werden, beispielsweise bei der Bearbeitung und dem Entfernen von bleihaltigen Beschichtungen auf Holz.

### **3.1.16 Materialökologie**

Bei Sanierungsmaßnahmen können durch neu eingebrachte Bauprodukte erneut Schadstoffe eingetragen werden. Ein begleitendes Bauprodukt- und Chemikalienmanagement identifiziert gesundheitlich und ökologisch bedenkliche Bauprodukte und hilft die besten Produkte für niedrigste Innenraumluftbelastung zu finden. Relevant sind hier u.a. Holzschutzmittel, Lacke, Kleber, Abdichtungsstoffe und Innenwandfarben.

### **3.1.17 Der Behördenweg**

Der Behördenweg ist abhängig vom Umfang der geplanten Maßnahme. Bei Umbauten mit Veränderungen der Raumteilung/Raumwidmungen und Änderungen oder Instandsetzungen von Bauwerken - wenn diese Einfluss auf die Festigkeit, die Feuersicherheit oder auf subjektive öffentliche Rechte der Nachbarn haben - ist das Bauvorhaben bewilligungspflichtig. Eine Bauanzeige genügt, wenn die äußere Gestaltung des Bauwerkes nicht verändert wird, keine Umwidmung von Wohnungen erfolgt und keine Verpflichtung von Stellplätzen ausgelöst wird.

*Beispiel Fenstertausch: Die Wiener Bauordnung sieht für den Fenstertausch in Schutzzonen eine verpflichtende architektonische Begutachtung (Bewilligung) durch die Magistratsabteilung 19 vor. Außerhalb von Schutzzonen ist ein Fenstertausch bewilligungspflichtig, wenn Material und/oder Erscheinungsbild der bestehenden Fenster verändert wird. Bei denkmalgeschützten Gebäuden ist vor Veränderungen an den Fenstern eine Bewilligung durch das Bundesdenkmalamt einzuholen.*

### **3.1.18 Wirtschaftliche Aspekte (am Beispiel Gründerzeit)**

Hochwertige Gründerzeit-Immobilien haben bereits ein Alter von über hundert Jahren erreicht und befinden sich meist in einem bautechnisch guten Zustand.

Die bestehenden Defizite in Hinblick auf Schall- und Wärmeschutz lassen sich durch bauphysikalisch und bautechnisch optimierte Sanierungen beheben. Die Erhaltung der Bausubstanz (originale Fassade, Erhaltung des Ambientes etc.) und die Kombination mit einer Steigerung des Komforts für den Nutzer stellen jedenfalls eine Wertsteigerung der Immobilien dar.

Die Energiekennzahl eines Gebäudes ist schon heute ein wichtiges Kriterium in Hinblick auf Vermietbarkeit und Verkaufserlös.

Tatsächliche Investitionskosten für die thermische Sanierung und die damit verbundene energetische Amortisation sind abhängig von den Ansprüchen, die an die geplanten Maßnahmen gestellt werden (minimaler Energieverbrauch, Behaglichkeit, Nachhaltigkeit etc.).

Nach einer Analyse von Sanierungen – durchgeführt von der Österreichischen Energieagentur – erreichen Teilsanierungen unter der Voraussetzung, dass das Energiesystem ebenfalls auf ein effizientes Niveau und adäquate Dimensionierung gebracht wird, ein sehr gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis.

### **3.1.19 Förderungen**

Die Stadt Wien fördert umfassende thermisch-energetische Sanierungen der Gebäudehülle, oder aber auch Einzelmaßnahmen wie den Einbau von Wärme- und Schallschutzfenstern, Innenausbau von Dachgeschossen oder die technische Anlagen wie z.B. Anlage für Warmwasser oder Heizungsaufbereitung.

Der Bund stellt im Rahmen der Sanierungsoffensive – einer befristeten Förderaktion (Sanierungsscheck) – Mittel zur thermischen Sanierung von Objekten zur Verfügung. Gefördert werden Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes wie Dämmen der obersten Geschoßdecke bzw. des Daches, Dämmen der Außenwände, Dämmung der untersten Geschoßdecke, Sanierung und Austausch von Fenstern und Außentüren etc. Die Einteilung erfolgt nach den Zielgruppen Private oder Gewerbetreibende.

Für Private werden die Maßnahmen in umfassende Sanierungen und Teilsanierungen mit unterschiedlich hoher Reduktion des Heizwärmebedarfs sowie in Einzelbaumaßnahmen geteilt. Die Reduktion des Heizwärmebedarfs ist über einen Energieausweis (vorher/nachher) nachzuweisen. Das Budget ist begrenzt und war beispielsweise 2014 schon mit 11.08. ausgeschöpft. Weiter gibt es, ebenfalls von der Bundesregierung zur Verfügung gestellt, den Handwerkerbonus, bei dem die Arbeitsleistung der Handwerker für Renovierung, Erhaltung oder Modernisierung gefördert werden.

### **3.1.20 Politische Aspekte**

Die Erhaltung des Gebäudebestandes stellt ein hohes Potential zur Ressourcen-Einsparung dar, da Abbruch und Neubau immer mit Energieverbrauch und damit CO<sub>2</sub> Ausstoß verbunden sind. Den Gebäudebestand in Hinblick auf seinen Energieverbrauch zu optimieren und eine entsprechende Energieeffizienzsteigerung vorzunehmen, sind wesentliche Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele.

Die Wohnattraktivität der Innenstadt zu heben, um den gleichen Wohnkomfort wie Neubauten am Stadtrand zu bieten, ist verkehrspolitisch sinnvoll, die vorhandene Infrastruktur, wie öffentlicher Verkehr, kann genutzt werden.

Das Stadtbild von Wien und anderer österreichischer Städte ist geprägt von der Symbiose historischer Bauwerke und moderner Architektur. Der sensible Umgang mit diesem Thema ist eine Herausforderung für die zukünftige Architekturplanung.



### **3.1.21 Soziale Aspekte**

Laut der „Wiener Architekturdeklaration“ (Erklärung der Stadt Wien, in der grundsätzliche Standpunkte zur Architektur und Stadtgestaltung festgelegt werden) zeichnen sich Bezirke, welche bereits seit der Gründerzeit zur Stadt gehören, durch allgemeine Zugänglichkeit, einfache Orientierung, kurze Wege aber auch verschiedenartige Nutzungen aus. Die Bewahrung dieser Vorzüge unter der Maßgabe einer Balance zwischen Modernisierung und Erhalt ist eine der Hauptaufgaben der zukünftigen Stadtplanung.

Die gründerzeitliche Bausubstanz bietet gute Voraussetzungen für ein lebendiges Miteinander. Viele Gebäude der Gründerzeit sind „nutzungsneutral“ geplant, d.h. die Räume eignen sich sowohl zum Wohnen als auch zum Arbeiten. Dies bietet die Gelegenheit einer Durchmischung der Funktionen und kann durch die Aufwertung der Erdgeschosszonen (Geschäft, Lokale, ärztliche Versorgung etc.) noch verstärkt werden, die „Stadt der kurzen Wege“ ist ein reizvolle Vorstellung für viele Generationen. Die gründerzeitliche Blockrandbebauung bietet aber auch die Möglichkeit, sich in den halböffentlichen Innenhöfen, die im Idealfall begrünt sind, zurückzuziehen.

### **3.1.22 Chancengleichheit und Diversität**

Die entwickelten Muster-Sanierungs-Lösungen stellen eine erhebliche Vereinfachung des Modernisierungsverfahrens für alle Beteiligten dar und werden aktuellen wie auch künftigen Nutzer-Ansprüchen gerecht. Die Senkung des organisatorischen Aufwands und die vereinfachte Abwicklung kommen insbesondere auch Menschen zu Gute, für die die Abwicklung von Baumaßnahmen eine unüberwindliche Hürde darstellt oder die in technisch-geschäftlichen Bereichen unerfahren sind. Durch die Teamzusammensetzung und die unterschiedlichen Arbeitsschwerpunkte der projektbeteiligten Personen wird eine möglichst verständliche Aufbereitung der Ergebnisse ohne geschlechts-, alters-, gesellschafts- und fachspezifische Barrieren sowie deren wissenschaftlich korrekte, klare und einsichtige Darstellung für die unterschiedlichen AnwenderInnen begünstigt.

### **3.1.23 Nachhaltigkeit, Lebenszyklus und Gesundheit**

Kernthemen gesellschaftlicher Verantwortung und nachhaltiger Entwicklung hinsichtlich Sanierung und Modernisierung sind in erster Linie die Handlungsfelder Umwelt und Gesundheitsschutz der Konsumenten (detailliert in [6]).

#### **3.1.23.1 Umwelt**

Unabhängig ob Neubau oder Sanierung haben Entscheidungen und Aktivitäten im Bau Auswirkungen auf die Umwelt. Diese Auswirkungen können aus der Nutzung von Ressourcen, Umweltverschmutzung und Abfällen aus Produktion und Montage oder der Nutzungsphase resultieren. Um negative Auswirkungen auf die Umwelt zu verringern, sind die direkten und indirekten wirtschaftlichen, sozialen, gesundheits- und umweltbezogenen Folgen zu berücksichtigen.



### **3.1.23.2 Klima-Wandel**

Sanierung und Modernisierung des Gebäudebestandes substituiert Bautätigkeiten auf unverbautem Land. Dies hat wesentliche Auswirkungen auf die urbane oder ländliche Umgebung und die mit ihnen verbundenen Ökosysteme. (detailliert in [6])

### **3.1.23.3 Nachhaltigkeit**

In Sinne der Nachhaltigkeit („Regenerierbare lebende Ressourcen dürfen nur in dem Maße genutzt werden, wie Bestände natürlich nachwachsen.“ – Konrad Ott: Lässt sich das Nachhaltigkeitskonzept auf Wissen anwenden?) ist der Erhalt des Gebäudebestandes und dessen thermische Optimierung durch Anwendung von Innendämm-Systemen eine diese unterstützende Maßnahme, da die statische Konstruktion für einen weiteren Nutzungszyklus erhalten werden kann.

### **3.1.23.4 Gesundheit**

Zum Schutz von Gesundheit und Sicherheit darf von eingesetzten Produkten sowie durchgeführten Sanierungs-Maßnahmen bei Nutzung und Betrieb kein unzumutbares Gefährdungsrisiko ausgehen. Für sicheren Gebrauch und Instandhaltung sind eindeutige Anleitungen und Empfehlungen zu geben. Sicherheit bedeutet auch die Antizipation potenzieller Risiken, um Schaden und Gefahren von vornherein zu vermeiden. Bei Innendämmung ist auf die Einsatzgrenzen der verwendeten Materialien zu achten. Grundsätzlich hat jede Sanierungs- bzw. Modernisierungsmaßnahme – beispielsweise eine applizierte Dämmung – Einfluss auf das thermische und hygrische Verhalten der Gesamtkonstruktion. Diese Auswirkungen sind zu beachten.

Schimmelpilzbildung, Gerüche wie auch Emissionen aus Baustoffen in die Innenraumluft werden als Lebens- und Wohnqualität einschränkende bzw. gesundheitsgefährdende Risiken eingestuft und thematisiert. Da der Gesundheit von Nutzerinnen ein hoher Stellenwert beigemessen wird, gilt es gefährdende Maßnahmen zu unterlassen und potentiellen Gefahren vorzubeugen.

Konsumenten berücksichtigen bei Kaufentscheidungen ethische, soziale, wirtschaftliche und umweltbezogene Faktoren. Den Verbrauchern sind von Produkt-Herstellern und -Anbietern deshalb für die von ihnen angebotenen Produkte und Dienstleistungen Lebenszyklen und Wertschöpfungsketten zur Verfügung zu stellen. Von Seiten des Produkt-Herstellers bzw. Anbieters ist eine wirkungsvolle Aufklärung gefordert, welche Konsumenten dazu befähigt, die Auswirkungen ihrer Kaufentscheidungen auf ihr Wohlergehen und auf die Umwelt zu verstehen. Dazu können auch praktische Ratschläge gehören, wie das Wohnverhalten angepasst und notwendige Veränderungen umgesetzt werden können.

Bei der Auswahl einer Innendämmung sowie anderer Komponenten einer Sanierung (z.B. Lüftungs- u. Heizungsanlage, Fenster-Instandsetzung oder -Modernisierung) sind Produkte und Dienstleistungen zu bevorzugen, die unter Berücksichtigung ihres gesamten Lebenszyklus sozial- und umweltverträglich sind und negative Auswirkungen auf

Gesellschaft und Umwelt verringern. Existieren weniger schädliche und effizientere Alternativen, ist ihnen der Vorzug zu geben.

Wissenschaftlich glaubwürdige, widerspruchsfreie, richtige, vergleichbare und überprüfbare Angaben über umweltbezogene und soziale Faktoren, die mit der Produktion, Auslieferung, Errichtung von Produkten oder Dienstleistungen von Seiten des Herstellers sind die Basis für eine Entscheidungsfindung. Diese Informationen sollten auch Angaben zu Leistungsmerkmalen, gesundheitlichen Auswirkungen, Energieeffizienz, Inhalt oder Zutaten, sicheren Gebrauch, Instandhaltung, Lagerung und Entsorgung der Produkte und ihrer Verpackungen beinhalten und über zuverlässige und gültige, durch unabhängige Dritte überprüfte Kennzeichnungssysteme oder andere Verifizierungssysteme (wie z. B. Umweltkennzeichen) verfügen, um über positive Umweltaspekte, Energieeffizienz und andere der Gesellschaft und Umwelt dienliche Merkmale von Produkten und Dienstleistungen zu informieren (vgl. [6]).

### 3.1.24 Sanierungsziele

Ausgehend von einer Kategorisierung auf Basis einer detaillierten Bestandsanalyse ist unter Berücksichtigung der Anforderungen an die spätere Nutzung ein konkretes Sanierungsziel zu definieren. Welche Parameter oder Kennwerte hierbei im Vordergrund stehen, ist in der Regel projektspezifisch. Zunehmend rücken Kriterien wie Raumkomfort, Schadstofffreiheit und Innenraumluftqualität, nachhaltige Beschaffung und ökologische Aspekte bei Bauherren gegenüber energetischen und wirtschaftlichen Aspekten in den Vordergrund. Dies selbstverständlich vor dem Hintergrund technischer Umsetzbarkeit und rechtlicher Aspekte.

Anforderungen an den Mindestwärme- und Schallschutz von Bauteilen, Kriterien für Luftdichtheit, Kenndaten für Lüftungsanlagen und Anforderungen an den Brandschutz sind für Sanierungen in den OIB-Richtlinien, der Bauordnung sowie in den Sanierungsverordnungen definiert. Weitere Anforderungen und Empfehlungen hinsichtlich zu erfüllender Energie- oder Leistungskenndaten können aus Kriterienkatalogen verschiedener Gebäudezertifizierungssysteme, Förderungssysteme, Leitfäden und Merkblättern stammen. Ebenso können von normativer und behördlicher Seite (Baubehörde, Denkmalschutz, Betriebsstätten-Verordnung u.ä.) Auflagen resultieren.

#### 3.1.24.1 OIB Richtlinie 6, Oktober 2011

##### Anforderungen an wärmeübertragende Bauteile

In Punkt 10.2 werden Anforderungen an wärmeübertragende Bauteile definiert, wobei folgende U-Werte nicht zu überschreiten sind.

Bauteil	U-Wert [W/m <sup>2</sup> k]
1 Wände gegen Außenluft	<b>0,35</b>
2 Wände gegen unbeheizt od. Nicht ausgebaute Dachräume	<b>0,35</b>
3 Wände gegen unbeheizte, frostfrei zu haltenden Gebäudeteile sowie gegen Garagen	0,60
4 Wände erdberührt	0,40

5	Wände (Trennwände) zw. Wohn- und Betriebseinheiten	0,90
6	Wände gegen andere Bauwerke an Grundstücks- bzw. Bauplatzgrenzen	0,50
7	Wände kleinflächig gegen Außenluft (z.B. Gaupen), die 2% der Wände des gesamten Gebäudes gegen Außenluft nicht überschreiten, sofern die Önorm B 8110-2 (Kondensatfreiheit) eingehalten wird	0,70
8	Wände (Zwischenwände) innerhalb von Wohn- und Betriebseinheiten	0,90
9	Fenster, Fenstertüren, verglaste Türen jeweils in Wohngebäuden gegen Außenluft, bezogen auf das Prüfnormmaß	<b>1,40</b>
10	Fenster, Fenstertüren, verglaste Türen jeweils in Nicht-Wohngebäuden gegen Außenluft	1,70
11	Sonstige transparente Bauteile vertikal gegen Außenluft	1,70
12	Sonstige transparente Bauteile horizontal od. In Schrägen gegen Außenluft	2,0
13	Sonstige transparente Bauteile vertikal gegen unbeheizte Gebäudeteile	2,50
14	Dachflächenfenster gegen Außenluft	1,70
15	Türen unverglast gegen Außenluft	1,70
16	Türen unverglast gegen unbeheizte Gebäudeteile	2,5
17	Tore Rolltore, Sektionaltore u.dgl. Gegen Außenluft	2,5
18	Innentüren	-
19	Decken und Dachschrägen jeweils gegen Außenluft und gegen Dachräume (durchlüftet oder ungedämmt)	<b>0,20</b>
20	Decken gegen unbeheizte Gebäudeteile	<b>0,40</b>
21	Decken gegen getrennte Wohn- und Betriebseinheiten	0,2
22	Decken innerhalb von Wohn- und Betriebseinheiten	-
23	Decken gegen Außenluft (z.B.: über Durchfahrten, Parkdecks)	<b>0,20</b>
24	Decken gegen Garagen	0,30
25	Böden erdberührt	0,40

Tabelle 1: Anforderungen an wärmeübertragende Bauteile (Quelle: OIB-Richtlinie 6, Oktober 2011)

### Spezielle Anforderungen an wärmeübertragende Bauteile

Bei Wand-, Fußboden- und Deckenheizungen muss unbeschadet der unter Pkt. 10.2 angeführten Mindestanforderungen der Wärmedurchlasswiderstand R der Bauteilschichten zwischen der Heizfläche und der Außenluft mindestens 4,0 m<sup>2</sup>K/W, zwischen der Heizfläche und dem Erdreich oder dem unbeheizten Gebäudeteil mindestens 3,5 m<sup>2</sup>K/W betragen.

#### 3.1.24.2 EnerPHit+i Zertifizierungskriterien für die Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten

##### Opake Gebäudehülle

bei Außendämmung:  $f_t \cdot U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

bei Innendämmung:  $f_t \cdot U \leq 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

mit Temperaturfaktor  $f_t$

zu Außenluft:  $f_t = 1$

zu Erdreich: „Reduktionsfaktor Grund“ aus PHPP Blatt „Erdreich“

Definition eines innengedämmten Bauteils für die Bauteilanforderung:

Enthält mindestens eine massive Schicht (mit  $\lambda > 0,2 \text{ W/(mK)}$  und  $d \geq 100 \text{ mm}$ ) und mindestens eine Dämmschicht (mit  $\lambda < 0,1 \text{ W/(mK)}$  und  $d \geq 10 \text{ mm}$ ).

Die Dämmschicht liegt auf der Innenseite und es gibt keine weitere Dämmschicht (mit  $\lambda < 0,1 \text{ W/(mK)}$  und  $d \geq 10 \text{ mm}$ ) außerhalb der innersten massiven Schicht.

Betrachtet wird immer der Schichtteil mit dem größten Flächenanteil (z.B.: bei Fachwerk das Gefach und nicht das Holz).

### **Fenster**

für das Fenster als Ganzes :  $U_w$ , eingebaut  $\leq 0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

für g- und  $U_g$ -Wert der Verglasung:  $g \cdot 1,6 \text{ W/(m}^2\text{K)} \geq U_g$

### **Außentüren**

$f_t \cdot U_d$ , eingebaut  $\leq 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

mit Temperaturfaktor  $f_t$

zu Außenluft:  $f_t = 1$

zu Erdreich: „Reduktionsfaktor Grund“ aus PHPP Blatt „Erdreich“

### **Lüftung**

Spezifische Stromverbrauch der Gesamtanlage bezogen auf den im Mittel geförderten Volumenstrom (Elektroeffizienz):  $\leq 0,45 \text{ Wh/m}^3$

$\eta_{\text{WRG,eff}} > 75 \%$

Alle Räume innerhalb des beheizten Gebäudevolumens müssen an eine Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung angeschlossen sein oder Teil einer Überströmzone sein.  $\eta_{\text{WRG,eff}}$  muss, über die Kriterien für „Zertifizierte Passivhaus-Komponenten“ hinausgehend, für die gesamte Lüftungsanlage eingehalten werden, d.h. Enthalten sind auch die Wärmeverluste der warmen Lüftungskanäle im kalten Bereich bzw. der kalten Kanäle im warmen Bereich.

#### **3.1.24.3 Luftdichtheit**

Grenzwert:  $n_{50} \leq 1,0 \text{ h}^{-1}$

Zielwert:  $n_{50} \leq 0,60 \text{ h}^{-1}$

Wird ein Wert von  $0,60 \text{ h}^{-1}$  überschritten, so muss im Rahmen des Drucktests eine umfassende Leckagesuche durchgeführt werden, bei der relevante Einzel-Leckagen, die Bauschäden verursachen können bzw. den thermischen Komfort beeinträchtigen können, behoben werden.

### **3.1.24.4 Feuchteschutz**

Alle Regelquerschnitte und Anschlussdetails müssen ausnahmslos so geplant und ausgeführt werden, dass eine übermäßige Auffeuchtung an der Innenoberfläche oder im Bauteilaufbau ausgeschlossen werden kann. Im Zweifelsfall muss ein nach anerkannten Regeln der Technik geführter Feuchteschutznachweis vorgelegt werden. Für die Berechnung von Innenoberflächentemperaturen werden ein durch Möbel, Vorhänge o.ä. erhöhter Wärmeübergangswiderstand von  $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2 \text{ K/W}$  und eine standortspezifische Auslegungs-Außenlufttemperatur angesetzt.

Für innengedämmte Bauteile muss eine sorgfältige Detailplanung nachgewiesen werden, mit der, bei einer dieser Planung entsprechenden Ausführung, eine Hinterströmung der Dämmebene mit Innenraumluft sicher und dauerhaft verhindert wird.

Für die Innendämmung müssen entweder durch das PHI zertifizierte Komponenten mit durch das Zertifikat nachgewiesener feuchtetechnischer Eignung im vorliegenden Anwendungsfall verwendet werden - oder es muss durch ein entsprechendes Gutachten (mit rechtlich wirksamer Übernahme der Verantwortung) mit anerkannten Verfahren nachgewiesen werden, dass eine feuchtetechnische Eignung vorliegt. In der Regel erfolgt dies durch eine hygrothermische Simulation. Die Zertifizierungskriterien des PHI für Komponenten zur Innendämmung (Veröffentlichung vor Mitte 2012) enthalten Hinweise, welche Kriterien hierbei zu erfüllen sind.

### **3.1.24.5 Thermische Behaglichkeit**

Wird bei Aufenthaltsräumen angrenzenden Bauteilen der Gebäudehülle von der vom PHI empfohlenen Mindest-Qualität abgewichen, werden die im Folgenden genannten absoluten Mindestanforderungen zur Gewährleistung der thermischen Behaglichkeit gestellt. Diese gelten alternativ ebenso als eingehalten, wenn Nachweise der Komfortbedingungen nach EN ISO 7730 vorgelegt wird.

#### **Außenwand**

$$f_t \cdot U \leq 0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

mit Temperaturfaktor  $f_t$

zu Außenluft:  $f_t = 1$

zu Erdreich: „Reduktionsfaktor Grund“ aus PHPP Blatt „Erdreich“

#### **Dach/Oberste Geschossdecke**

$$U \leq 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

#### **Fußboden**

Die Innenoberflächentemperaturen des Fußbodens müssen unter Auslegungsbedingungen mindestens  $17 \text{ }^\circ\text{C}$  betragen.

## Fenster/Außentüren

Eine Überschreitung des Zielwerts ist zulässig, wenn für Fenster und Türen, bei denen Bedenken hinsichtlich der thermischen Behaglichkeit bestehen, innenseitig auftretende Untertemperaturen durch Heizflächen ausgeglichen werden (Nachweis nach ISO 7730).

Zielwert:  $U_w/D$ , eingebaut  $\leq 0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

### 3.1.24.6 Sanierungsverordnung (2008)

#### Wiener Wohnbauförderungs- und Wohnhaussanierungsgesetz

#### WWFSG 1989

Vorinformation: thermisch-energetische Sanierungsmaßnahmen, die nur eine Wohnung betreffen, werden nicht gefördert!

historische oder denkmalgeschützte Gebäude (Schutzzonen) sowie Gebäude mit erhaltenswürdigen gegliederten Fassaden sind von den u.a. Anforderungen ausgenommen.

Allgemein gilt: HWB BGF  $\text{kWh/m}^2\text{a}$  max.  $1,37 \times \text{HWB}$ - Niedrigenergiegebäude U-Wert Vorgaben für die Sanierung einzelner Bauteile

Fenster und Fenstertüren gegen Außenluft, bezogen auf das Prüfnormmaß	1,35 $\text{W/m}^2\text{K}$
Fensterglas (bei Tausch nur des Glases)	1,10 $\text{W/m}^2\text{K}$
Wände gegen Außenluft	0,25 $\text{W/m}^2\text{K}$
Decken gegen Außenluft, gegen Dachräume und über Durchfahrten sowie Dachschrägen	0,20 $\text{W/m}^2\text{K}$
Kellerdecke, Fußboden gegen Erdreich	0,35 $\text{W/m}^2\text{K}$

Tabelle 2: Sanierung einzelner Bauteile (Quelle: Sanierungsverordnung 2008)

## 3.2 Bauphysikalische Nachweisführung

### 3.2.1 Bautechnische Details

Im Zuge der praktischen Umsetzung sind in der Regel bautechnische Empfehlungen für die Ausführung gewisser Details auszusprechen, die aus rein theoretischer Betrachtung heraus im Vorfeld nicht absehbar waren. Zur thermischen Optimierung und bauphysikalischen Nachweisführung von Anschluss- und Konstruktionsdetails sind dann u.a. 2-dimensionale und 3-dimensionale Wärmebrückenberechnungen durchzuführen. Nachfolgend werden zwei Beispiele aufgezeigt. Vorgehensweise und Beurteilungskriterien können auf ähnliche, in der Regel einfachere Detailausbildungen übertragen werden.

### 3.2.2 Beispiel aus dem Projekt Dornbacher Straße

Einen im Außenmauerwerk aufliegenden Stahl-Unterzug unter einer Wohnungstrennwand, bei dem auf der einen Seite eine Dippelbaumdecke, auf der anderen Seite eine neue Stahlbetondecke anschließt, zeigt Abb. 3 und Abb. 4.

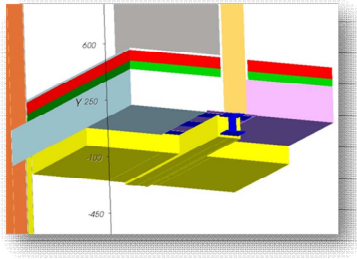


Abb. 3: Detail - Auflagerbereich Stahlträger zur Unterfangung einer Trennwand, links Anschluss Dippelbaumdecke, rechts Anschluss Stahlbetondecke, abgehängte Decke nicht dargestellt (o.M.)

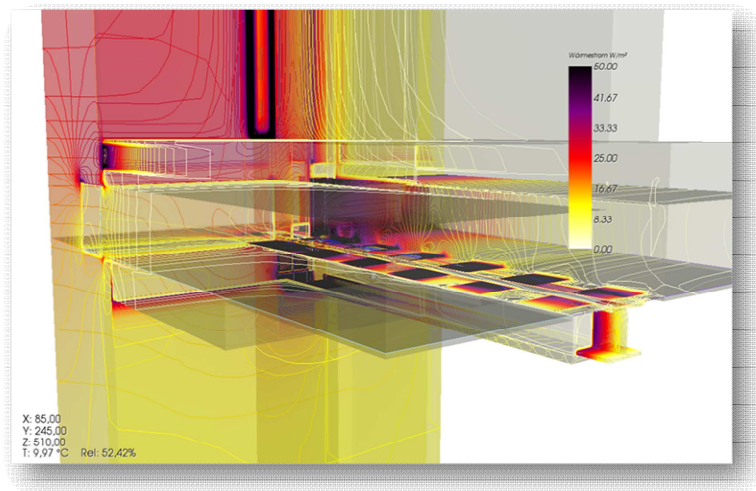


Abb. 4: Detail - Auflagerbereich Stahlträger, Analyse der Wärmeströme zur Beurteilung ausgewählter Maßnahmen zur Reduktion der Wärmeverluste durch die geometrische und materielle Wärmebrücke (o.M.)

### 3.2.3 Beispiel aus dem Projekt Goldschlagstraße

Ein auf einer Dippelbaumdecke aufliegender Stahlträger und dessen thermische Untersuchung zur Beurteilung des Risikos von Kondensat an der Oberfläche und in der Konstruktion wird nachfolgend skizziert.

#### 3.2.3.1 Gegenstand der Untersuchung und Auftrag

Beurteilung des thermischen Bauteilverhaltens des Trägerkopfaufagers einer innengedämmten Außenwand im DG Goldschlagstraße in 1140 Wien.

#### 3.2.3.2 Fragestellungen

Die Untersuchung erfolgte für folgende Fragestellungen:

- 1) Beurteilung des thermischen Bauteilverhaltens des Trägerkopfaufagers einer innengedämmten Außenwand im DG Goldschlagstraße in 1140 Wien.
- 2) Vergleich von zwei Varianten.

### **3.2.3.3 Situationsbeschreibung**

Im bestehenden Objekt soll ein kleinvolumiger Dachbodenraum zu Wohnzwecken genutzt werden. Die Außenwand ist sowohl nach Norden wie nach Osten orientiert. Auf diese soll aufgrund der baulichen Situation eine Innendämmung aufgebracht werden. Die Fußbodenkonstruktion (bestehende Doppelbaumdecke) wird statisch ertüchtigt.

Laut Angaben des Auftraggebers wurde auf Auskunft des ausführenden Unternehmens der Hohlraum zwischen den HEA-Trägern mit Mineralwolle verfüllt.

Ob eine Stirndämmung der Trägerköpfe ausgeführt wurde, ist nicht bekannt. Diese wurde deshalb bei den Berechnungen nicht berücksichtigt.



### 3.2.3.4 Untersuchungen

Die Fragestellung wurde anhand einer 3-dimensionalen Wärmebrückenberechnung mittels Antherm untersucht.

#### Thermische Berechnung mittels Antherm

##### Trägerkopf

Die Untersuchung des thermischen Bauteilverhaltens erfolgte durch eine 3-dimensionale Wärmebrückenberechnung mittels Antherm. Es wurde das Bauteilverhalten von Variante 1, Trägerkopf einbetoniert und Variante 2, Trägerkopf seitlich umdämmt, untersucht. Eine möglicherweise ausgeführte Stirndämmung wurde nicht berücksichtigt. Die Verfüllung zwischen den HEA-Trägern mit Mineralwolle wurde berücksichtigt.

##### Untersuchter Bauteilaufbau

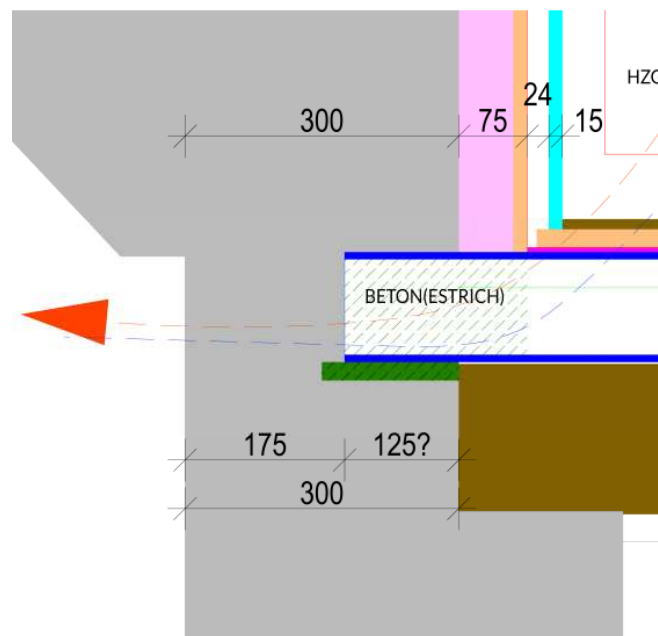


Abbildung 5: Untersuchter Bauteilaufbau – Trägerkopf (o.M.)

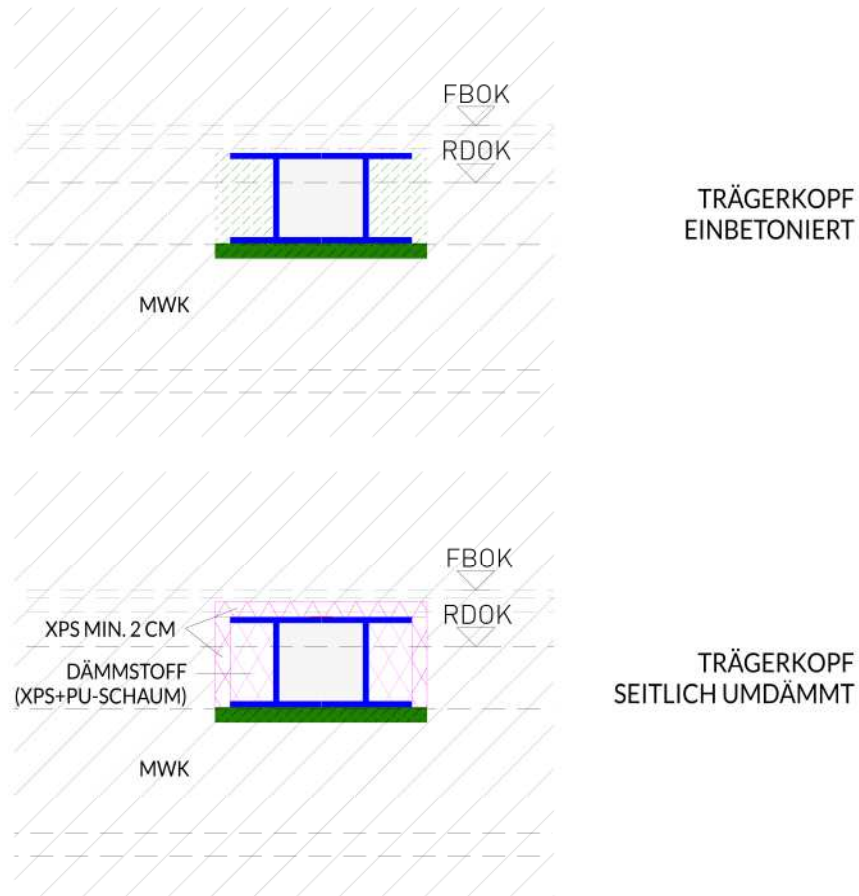


Abbildung 6: Ausführung Trägerkopf Variante 1, Trägerkopf einbetoniert; Ausführung Trägerkopf Variante 2, Trägerkopf seitlich umdämmt (o.M.)

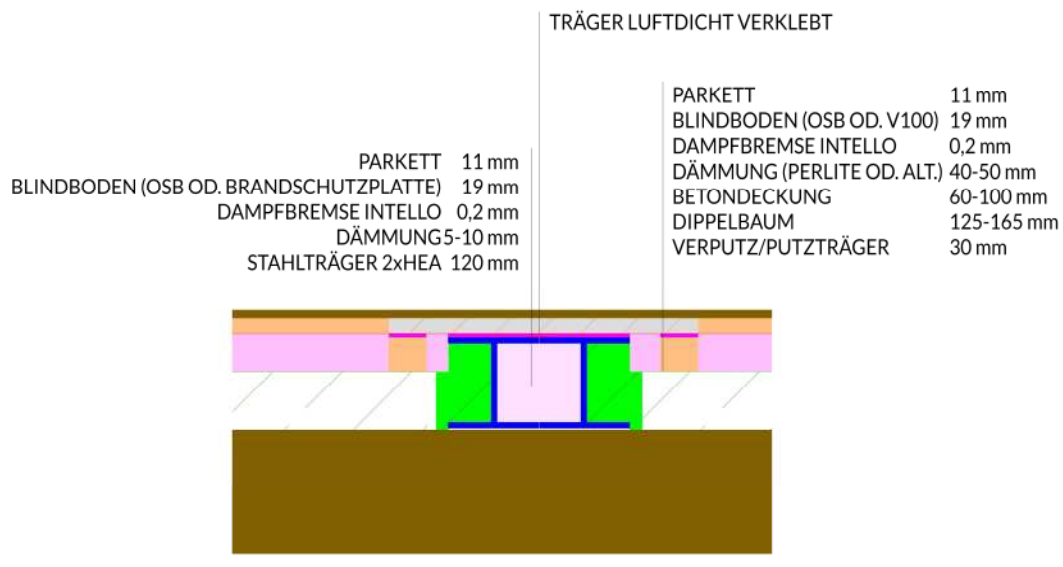


Abbildung 7: Deckenquerschnitt (o.M.)

### 3.2.3.5 Materialkenndaten

Für den gegenständlichen Aufbau liegen keine Baustoffkenndaten für Wärmeleitfähigkeit, Rohdichte und  $\mu$ -Wert vor. Es wird deshalb von üblichen der Bauweise entsprechenden Kenngrößen ausgegangen.

### 3.2.3.6 Klimarandbedingungen für die Berechnung

Klimarandbedingungen für die Berechnung wurden entsprechend ÖNorm B 8110-2 wie folgt angenommen:

Für das Außenklima wurde eine Normaußentemperatur von  $-10\text{ °C}$ , bei einer relativen Luftfeuchte von  $80\%$ , angenommen.

Das Innenraumklima wurde mit  $20\text{ °C}$  und einer relativen Feuchte von  $60\%$  angenommen.

### 3.2.3.7 Ergebnisse aus Berechnung mit Antherm

#### Variante 1 – Trägerkopf einbetoniert

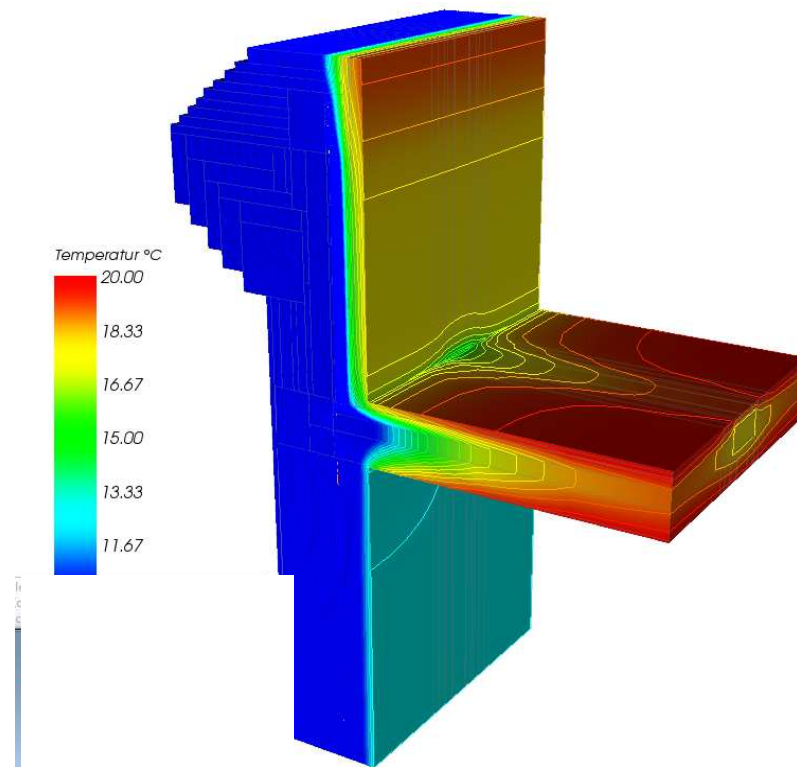


Abbildung 8: Temperaturfeld im Bauteil und an den Innenwandoberflächen, Variante 1, Trägerkopf einbetoniert (o.M.)

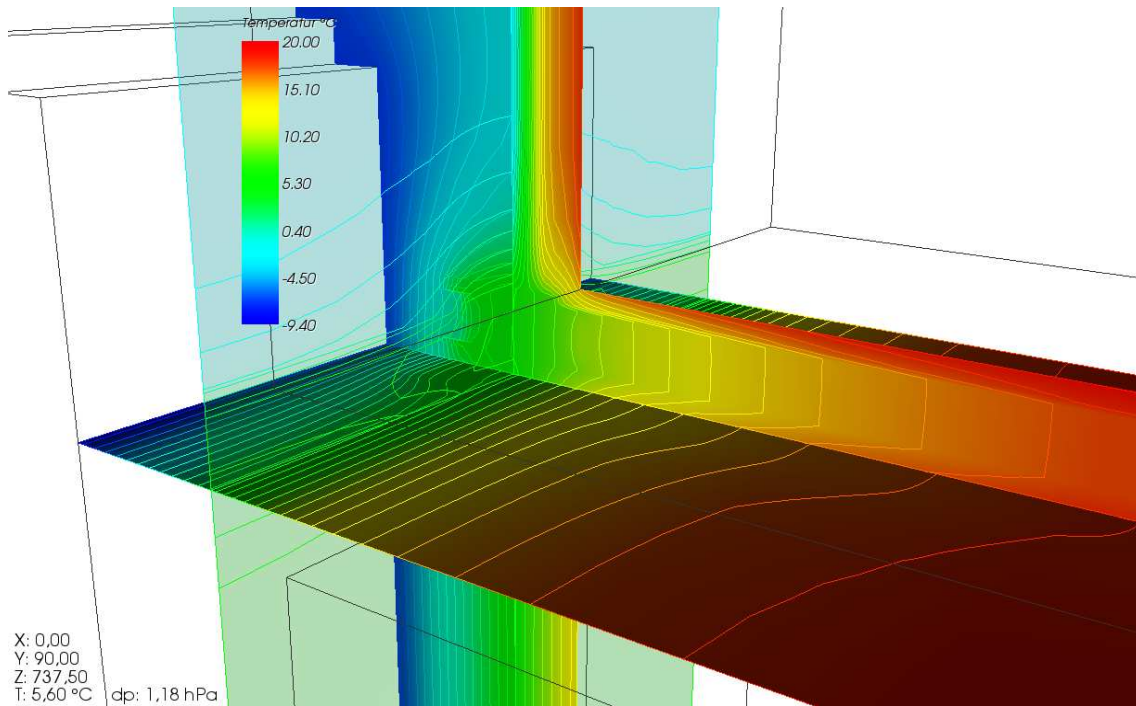


Abbildung 9: Isothermenverlauf im Bauteil, Variante 1, Trägerkopf einbetoniert (o.M.)

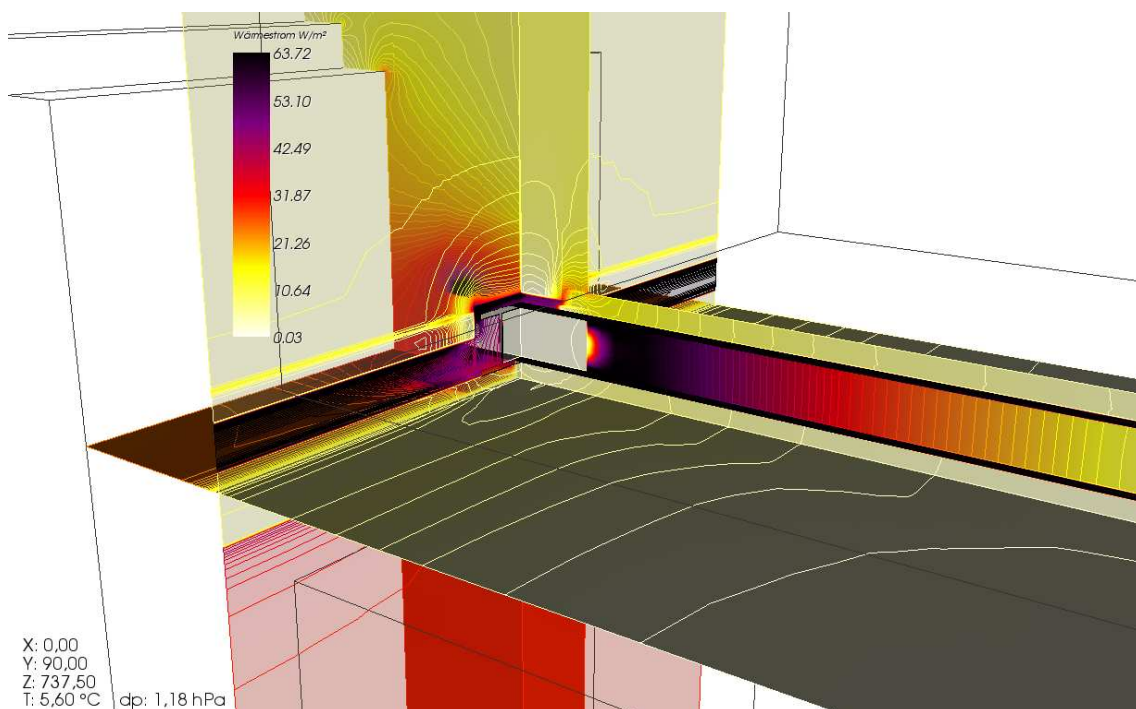


Abbildung 10: Wärmestrom im Bauteil Variante 1, Trägerkopf einbetoniert (o.M.)

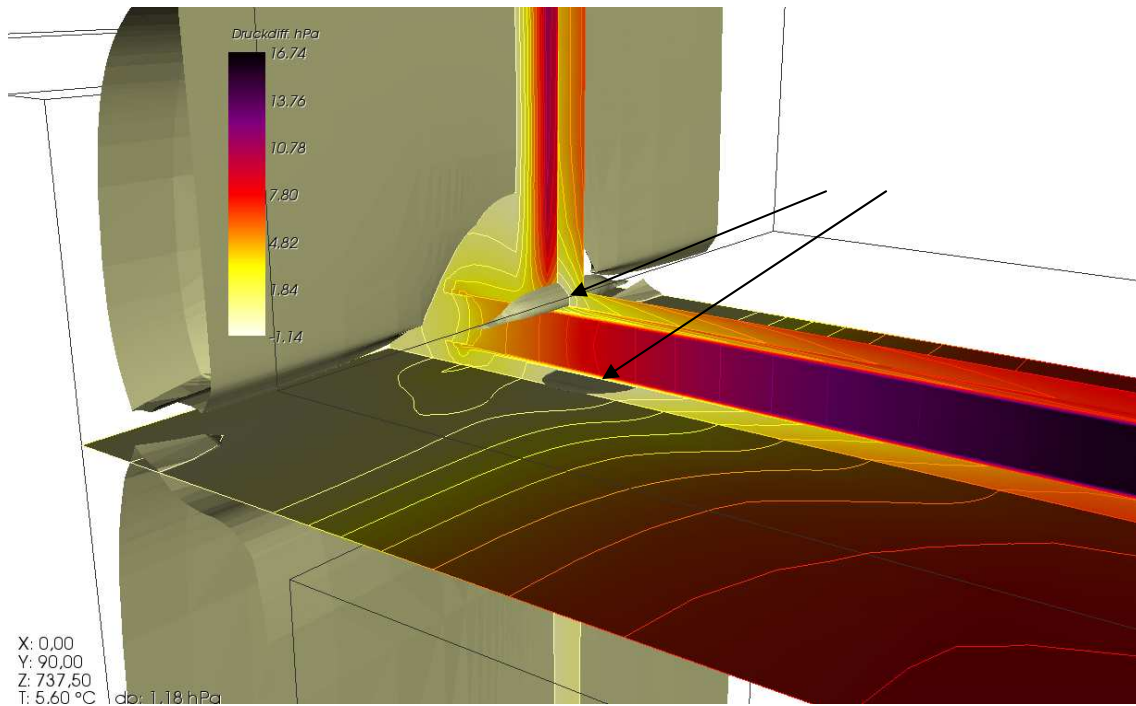


Abbildung 11: Darstellung Druckdifferenz Sättigungsdampfdruck - Wasserdampfpartialdruck, Darstellung Iso-fläche kennzeichnet Differenz kleiner Null, entspricht Kondensatbildung (o.M.)

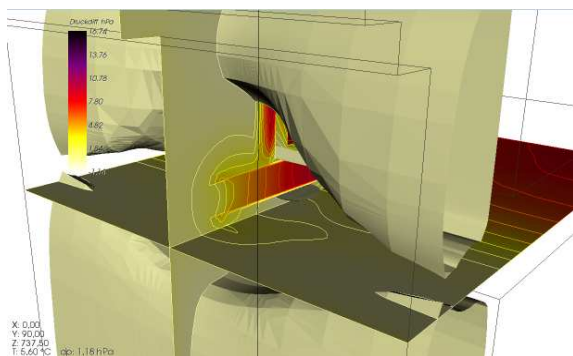


Abbildung 12: Darstellung Druckdifferenz, Ansicht von außen auf den Trägerkopf (o.M.)

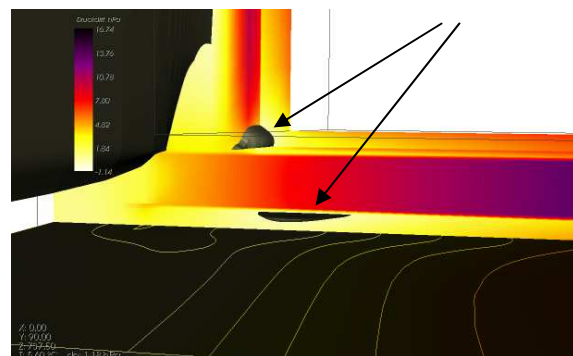


Abbildung 13: Kondensatbildung im Bereich Fußboden zu aufgehender Innendämmkonstruktion, sowie Kondensatbildung zwischen Stahlträger und Doppelbaumdecke (o.M.)

### **Berechnungsergebnisse Variante 1 – Trägerkopf einbetoniert:**

Temperaturfaktor:	$f_{Rsi} = 0,74$
Grenztemperatur – Ecke Fensterstock:	12,26 °C
Grenzfeuchte:	61,03 %
Anforderung gemäß ÖNorm B 8110-2:	$f_{Rsi} \geq 0,71$ Schimmelpilzbildung
	$f_{Rsi} \geq 0,69$ Vermeidung von Kondensat

Beurteilung der Bauteiloberflächen an der Innenraumseite:

$0,74 \geq 0,71$  Norm-Grenzwert für Schimmelbildung erfüllt

$0,74 \geq 0,69$  Norm-Grenzwert zur Vermeidung von Kondensat erfüllt

Beurteilung der Ausführungsvariante:

Kondensatbildung in der Konstruktion im Bereich Fußboden zu aufgehender Innendämmkonstruktion, sowie Kondensatbildung zwischen Stahlträger und Dippelbaumdecke. Abbildung 11 und Abbildung 13.



## Variante 2 – Trägerkopf seitlich umdämmt

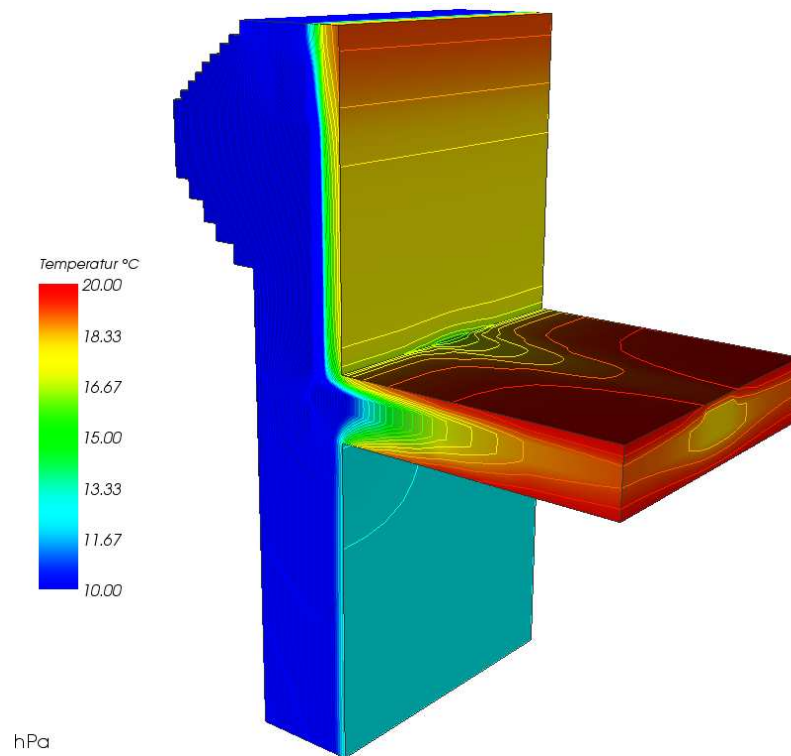


Abbildung 14: Temperaturfeld im Bauteil und an den Innenwandoberflächen, Variante 2, Trägerkopf seitlich umdämmt (o.M.)

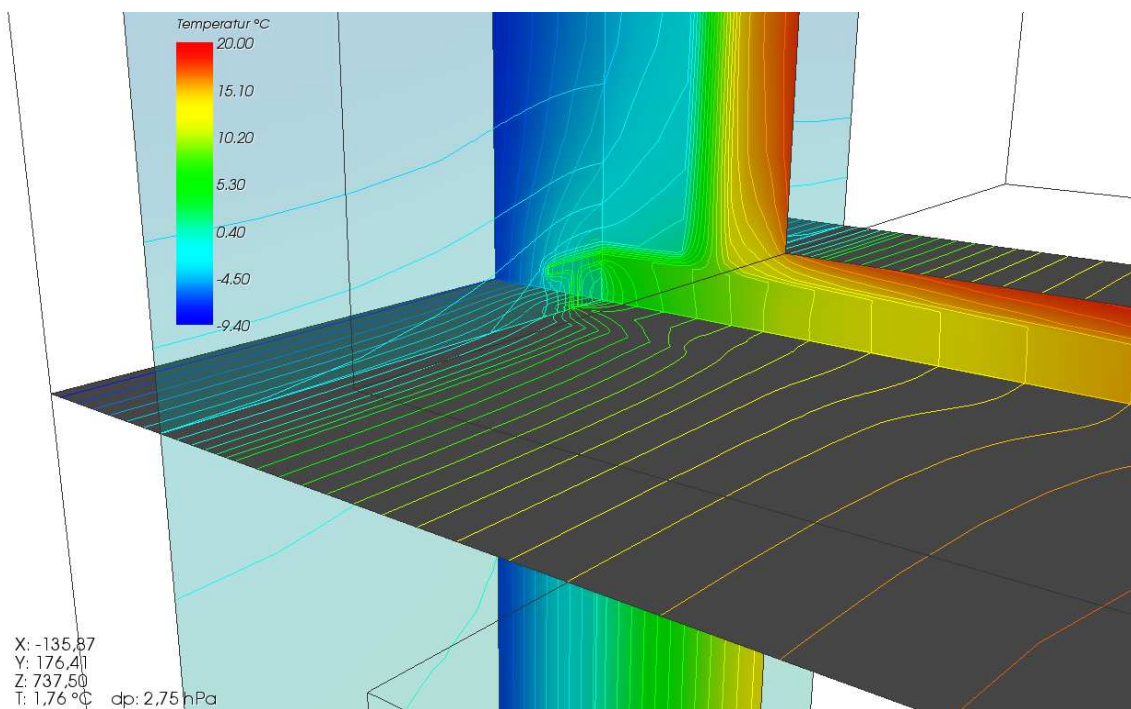


Abbildung 15: Isothermenverlauf im Bauteil, Variante 2, Trägerkopf seitlich umdämmt (o.M.)

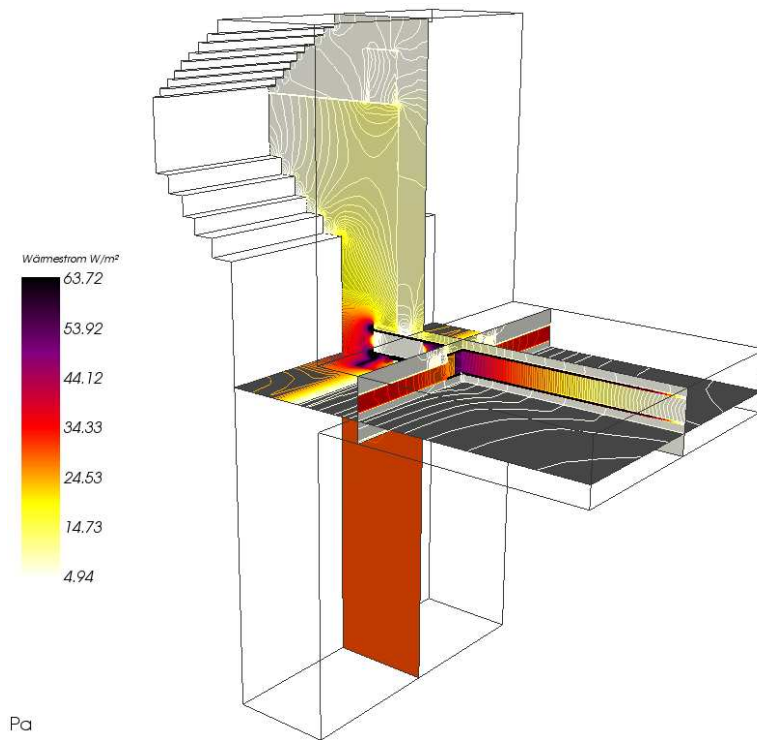


Abbildung 16: Wärmestrom im Bauteil Variante 2, Trägerkopf seitlich umdämmt (o.M.)

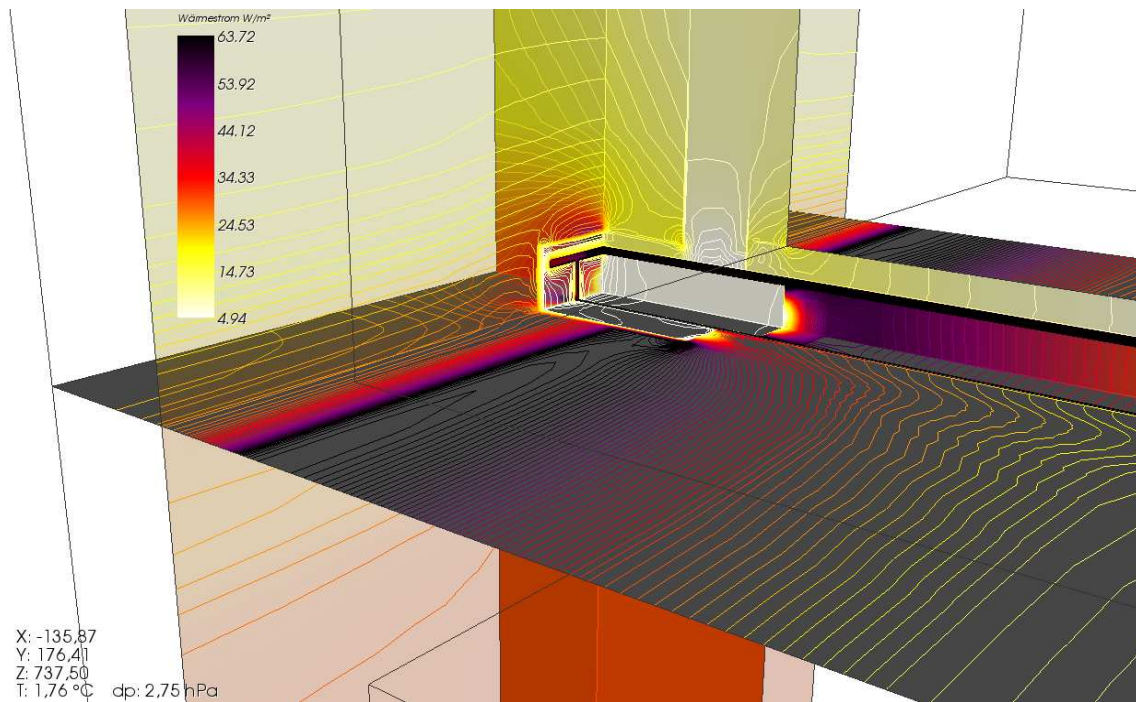


Abbildung 17: Wärmestrom im Bauteil Variante 2, Trägerkopf seitlich umdämmt, Detail von Abb. 12 (o.M.)



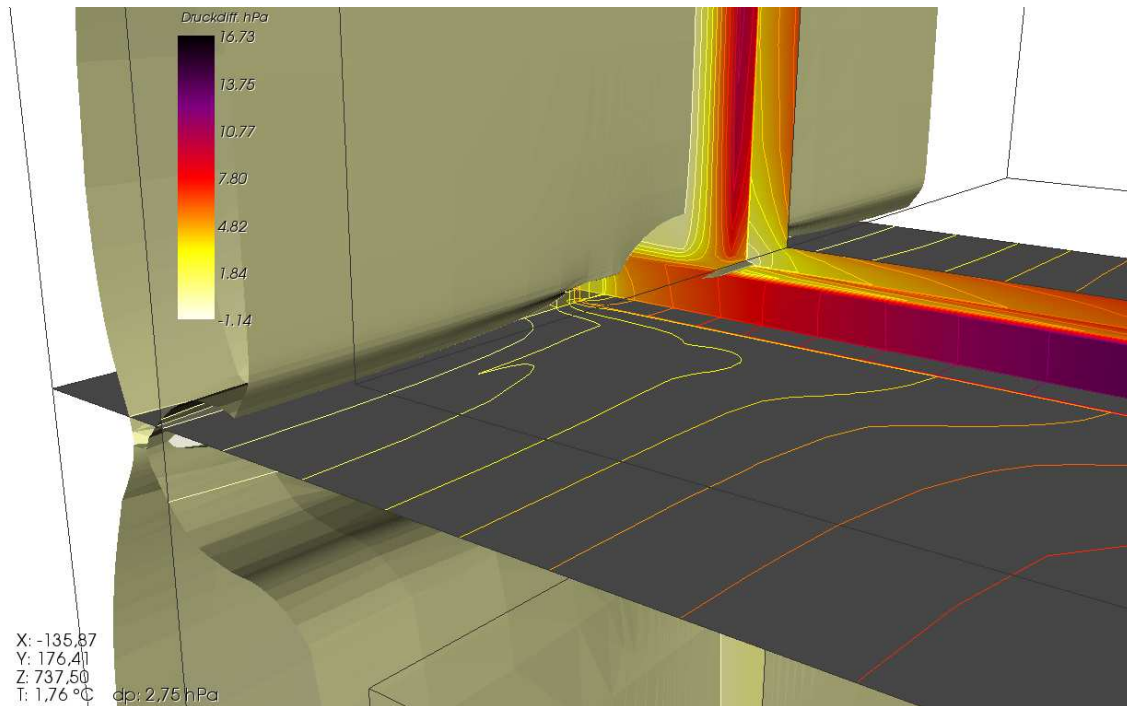


Abbildung 18: Darstellung Druckdifferenz Sättigungsdampfdruck - Wasserdampfpartialdruck, Darstellung Iso-Fläche kennzeichnet Differenz kleiner Null, entspricht Kondensatbildung (o.M.). Die Tauglichkeit der Konstruktion wurde mittels dynamischer 2D-Simulation nachgewiesen.

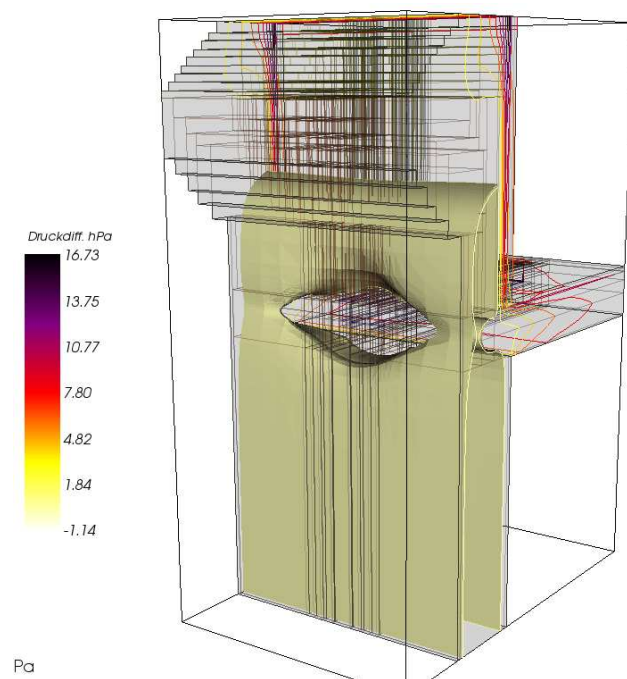


Abbildung 19: Darstellung Druckdifferenz, Ansicht von außen auf das Trägerauflager (o.M.)

### **Berechnungsergebnisse Variante 2 – Trägerkopf seitlich umdämmt:**

Temperaturfaktor:	$f_{Rsi} = 0,74$
Grenztemperatur – Ecke Fensterstock:	12,27 °C
Grenzfeuchte:	61,05 %
Anforderung gemäß ÖNorm B 8110-2:	$f_{Rsi} \geq 0,71$ Schimmelpilzbildung
	$f_{Rsi} \geq 0,69$ Vermeidung von Kondensat

Beurteilung der Bauteiloberflächen an der Innenraumseite:

$0,74 \geq 0,71$  Norm-Grenzwert für Schimmelbildung erfüllt

$0,74 \geq 0,69$  Norm-Grenzwert zur Vermeidung von Kondensat erfüllt

Beurteilung der Ausführungsvariante:

Durch die seitliche Umdämmung des Trägerkopfs kommt es - im Bereich Fußboden zu aufgehender Innendämmkonstruktion, zwischen Stahlträger und Dippelbaumdecke - zu keiner Kondensatbildung.

#### **3.2.3.8 Beurteilung der Ergebnisse**

Bei Ausführung der Variante 1 besteht erhöhtes Risiko von Kondensatbildung und Schimmelpilzwachstum bzw. Holzverrottung in der Konstruktion.

Wird der Trägerkopf wie beschrieben seitlich umdämmt, kommt es zu keiner Kondensatbildung im Anschlussbereich Fußboden und aufgehende Innendämmung. Auch im Bereich zwischen Stahlträger und Dippelbaumdecke kommt es bei seitlicher Umdämmung des Trägerkopfes zu keiner Kondensatbildung.

#### **3.2.3.9 Zusammenfassung**

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass es bei Variante 1, Trägerkopf einbetoniert, zu Kondensatbildung im Bereich Fußboden zu aufgehender Innendämmkonstruktion kommt. Weiter kommt es zwischen Stahlträger und Dippelbaumdecke zu Kondensatbildung.

Durch eine seitliche Umdämmung des Trägerkopfs, Variante 2, kommt es im Bereich Fußboden zu aufgehender Innendämmkonstruktion zu keiner Kondensatbildung. Auch zwischen Stahlträger und Dippelbaumdecke kommt es bei Variante 2 zu keiner Kondensatbildung.

Die Umdämmung des Trägerkopfes hat hohlraumfrei zu erfolgen.

Anschlüsse sind dauerhaft luftdicht auszuführen.

### 3.3 Thermische Gebäudesimulation

Für ausgewählte Sanierungsvarianten wurden Berechnungen zur Prüfung des thermischen Komforts (max/min Temperaturen, PMV und PPD) durchgeführt. Die Simulation des thermischen Verhaltens erfolgte für die einzelnen Zimmer bzw. Räume und die gesamte Wohnung bzw. Nutzungseinheit. Weiter wurde der Heizwärmebedarf und die Heizleistung ermittelt. Nachfolgend werden die wichtigsten Annahmen zum Berechnungsverfahren und die Parameter der Untersuchung beschrieben und auszugsweise Ergebnisse dargestellt.

#### 3.3.1 Annahmen und Berechnungsverfahren

##### 3.3.1.1 Zonierung

In weiterer Folge werden folgende Gebäudezonen genauer untersucht:

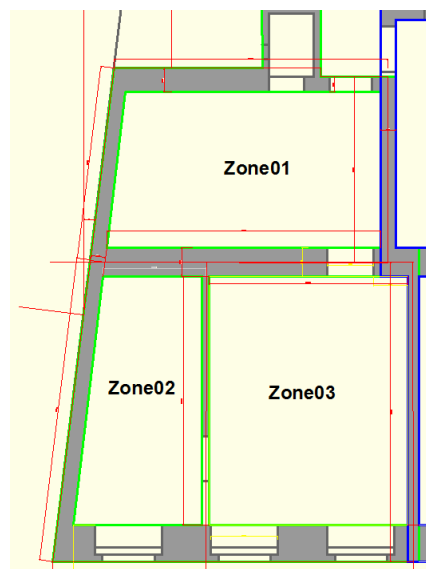


Abbildung 20: Skizze der in der thermischen Gebäudesimulation untersuchten Nutzungseinheit (o.M.)

Zone	Fläche m <sup>2</sup>	Volumen m <sup>3</sup>
1 Zimmer 01 - Vorraum/Küche/Teeküche	19.46	63.63
2 Zimmer 02 - Wohnzimmer/Büro	14.19	46.40
3 Zimmer 03 - Schlafzimmer/Büro	23.62	80.51

Abbildung 21: Flächen und Volumskennzahlen der untersuchten Räume

##### 3.3.1.2 Aufbauten, Fenster, Sonnenschutz

Für die Simulation wurden folgende Varianten definiert:

- 1) Bestandsvariante mit Wohnnutzung
- 2) Minimal Sanierungsvariante mit Wohnnutzung

- 3) Sanierung mit U-Werten aus der OIB Richtlinie 6 mit Wohnnutzung
- 4) Sanierung mit maximaler Dämmstärke mit Wohnnutzung
- 5) Sanierung auf EnerPhit Standard mit Wohnnutzung
- 6) Sanierung mit U-Werten aus der OIB Richtlinie 6 mit Büronutzung
- 7) Sanierung auf EnerPhit Standard mit Büronutzung

Varianten			Luftdichtheit n50	Dämmstärke AW	Ug	Uf	Psi	Verschattung	Fc
			1/h	cm	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	W/mK		
1	Wohnen	Bestand	3	0	2.91	1.24	0.155	Innen	0.75
2	Wohnen	Minimal Sanierung	3	2	2.91	1.24	0.155	Innen	0.75
3	Wohnen	Sanierung OIB	1.5	9	1.02	1.24	0.043	Zwischen	0.6
4	Wohnen	Sanierung Maximal	1.5	12	1.02	1.24	0.043	Zwischen	0.6
5	Wohnen	EnerPhit	0.6	12	1.02	1.24	0.043	Zwischen	0.6
6	Büro	Sanierung OIB	1.5	9	1.02	1.24	0.043	Zwischen	0.6
7	Büro	EnerPhit	0.6	12	1.02	1.24	0.043	Zwischen	0.6

Abbildung 22: Kenndaten zu Aufbauten, Fenster und Sonnenschutz

### 3.3.1.3 Innere Lasten

Personen: Wärmeabgabe: 80W/Person; Feuchteabgabe: 5g/Person

Beleuchtung:

Steuerung Wohnung: Handschaltung EIN/AUS auf Mindestbeleuchtungsstärke von 300 lux

Steuerung Büro: Tageslichtsteuerung EIN/AUS = wenn Beleuchtung unter 300 lux sinkt, wird Beleuchtung eingeschaltet; über 500 lux wird die Beleuchtung ausgeschaltet

Innere Lasten (Küche, Fernseher, Computer, Drucker, Scanner ...): Siehe Tabelle

Wohnnutzung Küche (Herd, Kochplatten, Kühlschrank), Wohnzimmer

Büronutzung 1 Laptop + Bildschirm pro Person, Teeküche, Drucker, Scanner, Server

Varianten			Personen	Beleuchtung Install. Leistung [W/m <sup>2</sup> ]	Innere Lasten [W]
1	Wohnen	Bestand	3	10	80,80
2	Wohnen	Minimal Sanierung	3	10	80,80
3	Wohnen	Sanierung OIB	3	10	80,80
4	Wohnen	Sanierung Maximal	3	10	80,80
5	Wohnen	EnerPhit	3	10	80,80
6	Büro	Sanierung OIB	4	Büros 15, Vorraum 10	150W/Person, 150Watt Vorraum
7	Büro	EnerPhit	4	Büros 15, Vorraum 10	150W/Person, 150Watt Vorraum

Abbildung 23: Innere Lasten nach Varianten

### 3.3.1.4 Haustechnik

#### Lüftung

In der Simulation wird ein hygienischer Luftwechsel 30m<sup>3</sup>/h,Person berücksichtigt. Abhängig von der Variante wird eine Fensterlüftung bzw. eine Lüftung über eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung eingesetzt.

#### Wärmeerzeugung und Abgabe

In der Simulation wird eine ideale Beheizung berücksichtigt. Die Integration eines realen Heizsystems in die Berechnung ist bei der festgelegten Fragestellung nicht erforderlich.

### **3.3.1.5 Berechnungsprogramm**

Die raumklimatischen Untersuchungen wurden mit Hilfe des dynamischen Gebäude-Simulationspakets TRNSYS17 durchgeführt.

Temperaturen, Feuchtigkeitszustände und Heizwärmebedarf der Raumgruppen wurden in Abhängigkeit von

- Klima (Außentemperatur, direkte und diffuse Einstrahlung auf alle Gebäudeaußenteile, relative Feuchte, Wind),
- Nutzereinflüssen (Lüftung, Fensteröffnen, Sonnenschutzbedienung, innere Lasten durch Personen, Beleuchtung und Geräte)
- Qualität der Gebäudeteile (Speicherfähigkeit und Leitfähigkeit der Wärme und Feuchte, Solare Transmission bei transparenten Bauteilen, etc.)

berechnet. Die Ergebnisse werden in Stunden-Mittelwerten dargestellt.

### **3.3.1.6 Klimadaten**

Außenlufttemperatur und Sonneneinstrahlung direkt und diffus wurden dem Programmpaket Meteororm entnommen, es wurde auf die Durchschnittswerte von 1995 bis 2005 zurückgegriffen. Der Wetterdatensatz bildet im Mittel die Monatsmittelwerte ab, enthält allerdings auch heiße und kalte Perioden. Sehr heiße Sommer werden dadurch allerdings nicht abgebildet.

Aus diesem Grund wurde für den Standardwetterdatensatz eine sehr heiße Periode aus dem Sommer 2007 mitberücksichtigt. Für eine Extremabschätzung eines sehr warmen Sommers wurden die 10-Jahres-Maximalwerte gemäß Programmpaket Meteororm herangezogen, wobei ebenfalls die heiße Periode 2007 integriert wurde.

### 3.3.2 Simulationsergebnisse

### 3.3.3 Ergebnisse Behaglichkeit

#### 3.3.3.1 Variante 1: Bestandsvariante mit Wohnnutzung

<b>Jahresverteilung empfundene Temperaturen, Anzahl Stunden</b>				
<b>Ausgangsvariante</b>				
		<b>Empfundene Temperaturen</b>		
	Außenlufttemperatur	Zimmer SW01	Zimmer SW02	Zimmer SW03
<i>Min.:</i>	-18.2	18.9	18.8	19.5
<i>Max.:</i>	34.3	31.2	31.3	30.4
<b>T [°C]</b>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>
<b>&lt;16</b>	6131	0	0	0
<b>16</b>	313	0	0	0
<b>17</b>	295	0	0	0
<b>18</b>	289	0	0	0
<b>19</b>	292	1524	1763	33
<b>20</b>	227	1694	1250	2821
<b>21</b>	241	222	457	752
<b>22</b>	175	492	751	842
<b>23</b>	185	500	479	447
<b>24</b>	138	206	249	278
<b>25</b>	95	261	218	192
<b>26</b>	99	113	168	132
<b>27</b>	88	169	163	145
<b>28</b>	61	201	139	62
<b>29</b>	41	247	65	21
<b>&gt;30</b>	90	104	31	8
	<b>Stunden über 25°C</b>	834	566	368
	<b>Stunden über 26°C</b>	721	398	236
	<b>Stunden über 27°C</b>	552	235	91

Abbildung 24: Jahresverteilung empfundene Temperaturen, Anzahl Stunden, Variante 1 Bestandsvariante mit Wohnnutzung

RELATIVE LUFTFEUCHTE			
Ausgangsvariante			
	Zimmer SW01	Zimmer SW02	Zimmer SW03
<i>Min.</i>	14.4	14.6	14.4
<i>Max.</i>	60.1	67.9	73.7
<b>[%]</b>			
<b>&lt; 20</b>	167	152	176
<b>20 - 25</b>	507	494	531
<b>25 - 30</b>	795	780	788
<b>30 - 35</b>	941	956	930
<b>35 - 40</b>	757	747	721
<b>40 - 45</b>	859	721	651
<b>45 - 50</b>	1039	753	645
<b>50 - 55</b>	533	636	635
<b>55 - 60</b>	134	345	382
<b>60 - 65</b>	1	140	173
<b>65 - 70</b>	0	9	94
<b>70 - 75</b>	0	0	7
<b>75 - 80</b>	0	0	0
<b>80 - 85</b>	0	0	0
<b>85 - 90</b>	0	0	0
<b>&gt;90</b>	0	0	0
<b>Anzahl Stunden unter 30%</b>	1469	1426	1495
<b>Anzahl Stunden über 60%</b>	1	149	274

Abbildung 25: Jahresverteilung relative Luftfeuchte, Anzahl Stunden, Variante 1 Bestandsvariante mit Wohnnutzung



### 3.3.3.2 Variante 2: Minimal Sanierungsvariante mit Wohnnutzung

<b>Jahresverteilung empfundene Temperaturen, Anzahl Stunden</b>				
	<b>Empfundene Temperaturen</b>			
	Außenlufttemperatur	Zimmer SW01	Zimmer SW02	Zimmer SW03
<i>Min.:</i>	-18.2	19.3	19.2	19.5
<i>Max.:</i>	34.3	30.7	30.8	30.2
<b>T [°C]</b>	<b>Std.[h]</b>	<b>Std.[h]</b>	<b>Std.[h]</b>	<b>Std.[h]</b>
<b>&lt;16</b>	6131	0	0	0
<b>16</b>	313	0	0	0
<b>17</b>	295	0	0	0
<b>18</b>	289	0	0	0
<b>19</b>	292	294	947	0
<b>20</b>	227	2747	1943	2679
<b>21</b>	241	294	600	849
<b>22</b>	175	391	835	936
<b>23</b>	185	639	499	466
<b>24</b>	138	261	249	269
<b>25</b>	95	255	217	187
<b>26</b>	99	139	139	142
<b>27</b>	88	208	168	126
<b>28</b>	61	203	92	52
<b>29</b>	41	243	31	21
<b>&gt;30</b>	90	59	13	6
	<b>Stunden über 25°C</b>	852	443	347
	<b>Stunden über 26°C</b>	713	304	205
	<b>Stunden über 27°C</b>	505	136	79

Abbildung 26: Jahresverteilung empfundene Temperaturen, Anzahl Stunden, Variante 2 Minimal Sanierungsvariante mit Wohnnutzung

RELATIVE LUFTFEUCHTE			
	Zimmer SW01	Zimmer SW02	Zimmer SW03
<i>Min.</i>	16.0	16.1	15.9
<i>Max.</i>	58.4	70.7	74.8
<b>[%]</b>			
<b>&lt; 20</b>	110	111	119
<b>20 - 25</b>	391	366	409
<b>25 - 30</b>	699	721	754
<b>30 - 35</b>	1024	994	1015
<b>35 - 40</b>	891	902	839
<b>40 - 45</b>	939	724	634
<b>45 - 50</b>	987	672	651
<b>50 - 55</b>	538	592	629
<b>55 - 60</b>	154	446	380
<b>60 - 65</b>	0	149	181
<b>65 - 70</b>	0	54	102
<b>70 - 75</b>	0	2	20
<b>75 - 80</b>	0	0	0
<b>80 - 85</b>	0	0	0
<b>85 - 90</b>	0	0	0
<b>&gt;90</b>	0	0	0
<b>Anzahl Stunden unter 30%</b>	1200	1198	1282
<b>Anzahl Stunden über 60%</b>	0	205	303

Abbildung 27: Jahresverteilung relative Luftfeuchte, Anzahl Stunden, Variante 2 Minimal Sanierungsvariante mit Wohnnutzung

### 3.3.3.3 Variante 3: Sanierung mit U-Werten aus der OIB Richtlinie 6 mit Wohnnutzung

<b>Jahresverteilung empfundene Temperaturen, Anzahl Stunden</b>				
	<b>Empfundene Temperaturen</b>			
	Außenlufttemperatur	Zimmer SW01	Zimmer SW02	Zimmer SW03
<i>Min.:</i>	-18.2	19.7	19.7	19.8
<i>Max.:</i>	34.3	29.9	29.7	29.5
<b>T [°C]</b>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>
<16	6131	0	0	0
16	313	0	0	0
17	295	0	0	0
18	289	0	0	0
19	292	0	0	0
20	227	2805	2554	2210
21	241	318	798	1053
22	175	388	1097	1175
23	185	714	492	550
24	138	414	293	291
25	95	221	175	158
26	99	204	148	150
27	88	237	130	107
28	61	295	31	28
29	41	124	13	10
>30	90	13	2	1
	<b>Stunden über 25°C</b>	873	324	296
	<b>Stunden über 26°C</b>	669	176	146
	<b>Stunden über 27°C</b>	432	46	39

Abbildung 28: Jahresverteilung empfundene Temperaturen, Anzahl Stunden, Variante 3 Sanierung mit U-Werten aus der OIB Richtlinie 6 mit Wohnnutzung

RELATIVE LUFTFEUCHTE			
	Zimmer SW01	Zimmer SW02	Zimmer SW03
<i>Min.</i>	16.0	16.1	15.5
<i>Max.</i>	60.4	74.0	76.5
<b>[%]</b>			
<b>&lt; 20</b>	112	119	122
<b>20 - 25</b>	390	393	430
<b>25 - 30</b>	721	739	804
<b>30 - 35</b>	1019	1024	1071
<b>35 - 40</b>	1044	886	801
<b>40 - 45</b>	911	638	569
<b>45 - 50</b>	819	637	620
<b>50 - 55</b>	628	626	635
<b>55 - 60</b>	85	384	355
<b>60 - 65</b>	4	179	190
<b>65 - 70</b>	0	88	96
<b>70 - 75</b>	0	20	37
<b>75 - 80</b>	0	0	3
<b>80 - 85</b>	0	0	0
<b>85 - 90</b>	0	0	0
<b>&gt;90</b>	0	0	0
<b>Anzahl Stunden unter 30%</b>	1223	1251	1356
<b>Anzahl Stunden über 60%</b>	4	287	326

Abbildung 29: Jahresverteilung relative Luftfeuchte, Anzahl Stunden, Variante 3 Sanierung mit U-Werten aus der OIB Richtlinie 6 mit Wohnnutzung

### 3.3.3.4 Schlussfolgerungen

Beim Vergleich der empfundenen Temperaturen fällt auf, dass, aufgrund der idealen Heizung, nur wenige Stunden im Jahr nicht der Zielwert von 20 °C eingehalten werden kann. Diese Stunden treten nur in der Bestandsvariante bzw. in der Variante mit minimaler Dämmstärke auf, da die Oberflächentemperaturen entsprechend niedrig sind.

Die hohen Temperaturen entstehen vor allem durch die hygienische Lüftung und den damit verbundenen Wärmeeintrag. Durch die Berücksichtigung der Innendämmung konnten die zu warmen Temperaturen minimal reduziert werden.

Die relativen Feuchten sind, aufgrund der Fensterlüftung, bei den verschiedenen Varianten annähernd gleichbleibend.

### 3.3.4 Ergebnisse Heizwärmebedarf/Heizleistung

		HWB [kWh/m <sup>2</sup> a]	Heizleistung [W]
<b>1 Bestand</b>	Wohnen	99.2	5778
<b>2 Minimal Sanierung</b>	Wohnen	73.5	4332
<b>3 Sanierung OIB</b>	Wohnen	30.0	1747
<b>4 Sanierung Maximal</b>	Wohnen	25.7	1500
<b>5 EnerPhit</b>	Wohnen	14.0	840
<b>6 Sanierung OIB</b>	Büro	30.8	1794
<b>7 EnerPhit</b>	Büro	18.8	1095

Abbildung 30: Heizwärmebedarf und Heizleistung untersuchter Varianten

### 3.3.5 Dynamische Ergebnisse

#### 3.3.5.1 Dynamische Ergebnisse Variante 1

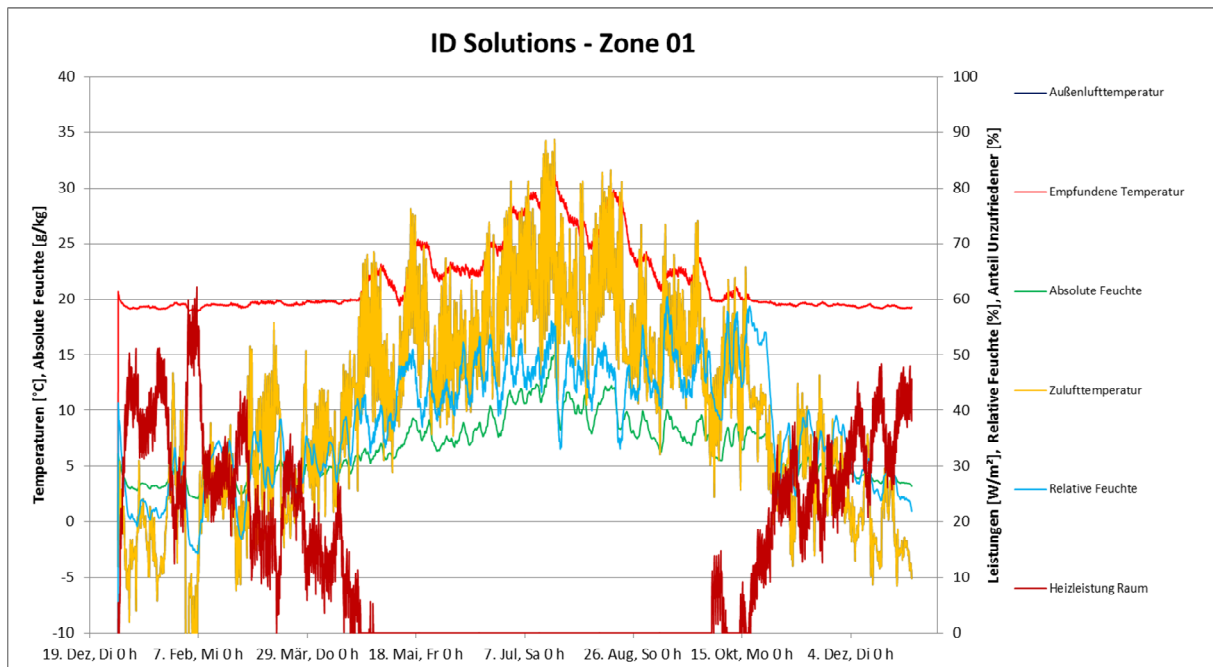


Abbildung 31: Dynamische Ergebnisse Variante 1, Zone 1

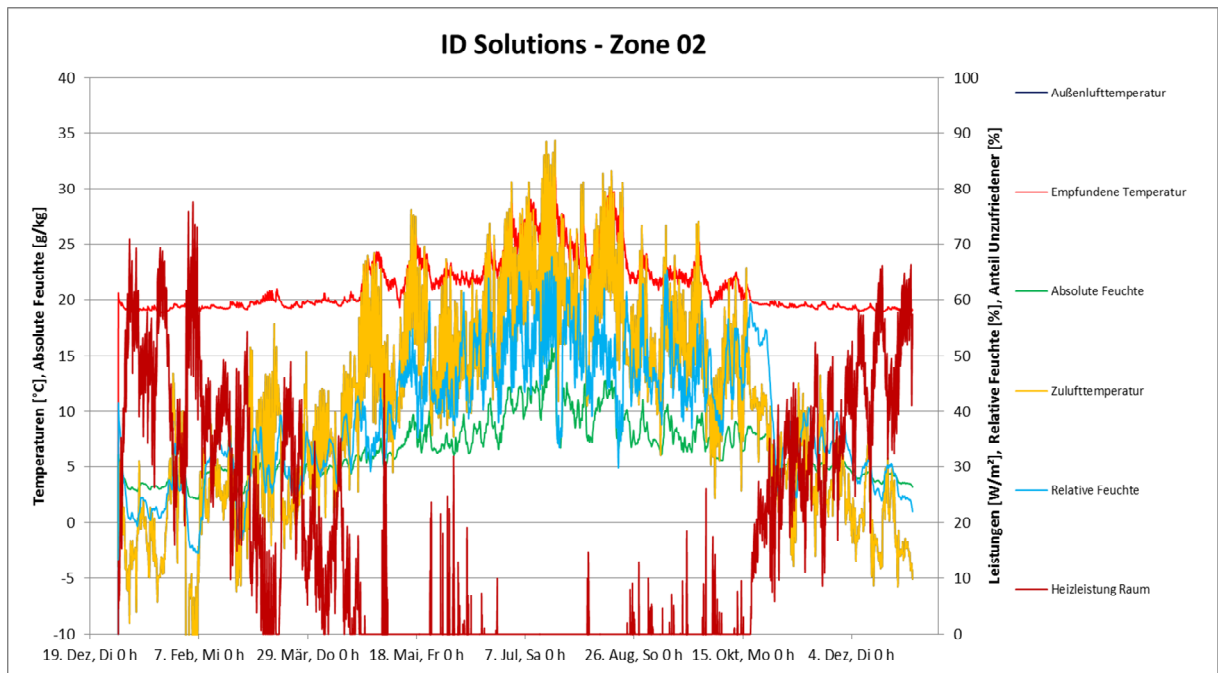


Abbildung 32: Dynamische Ergebnisse Variante 1, Zone 2

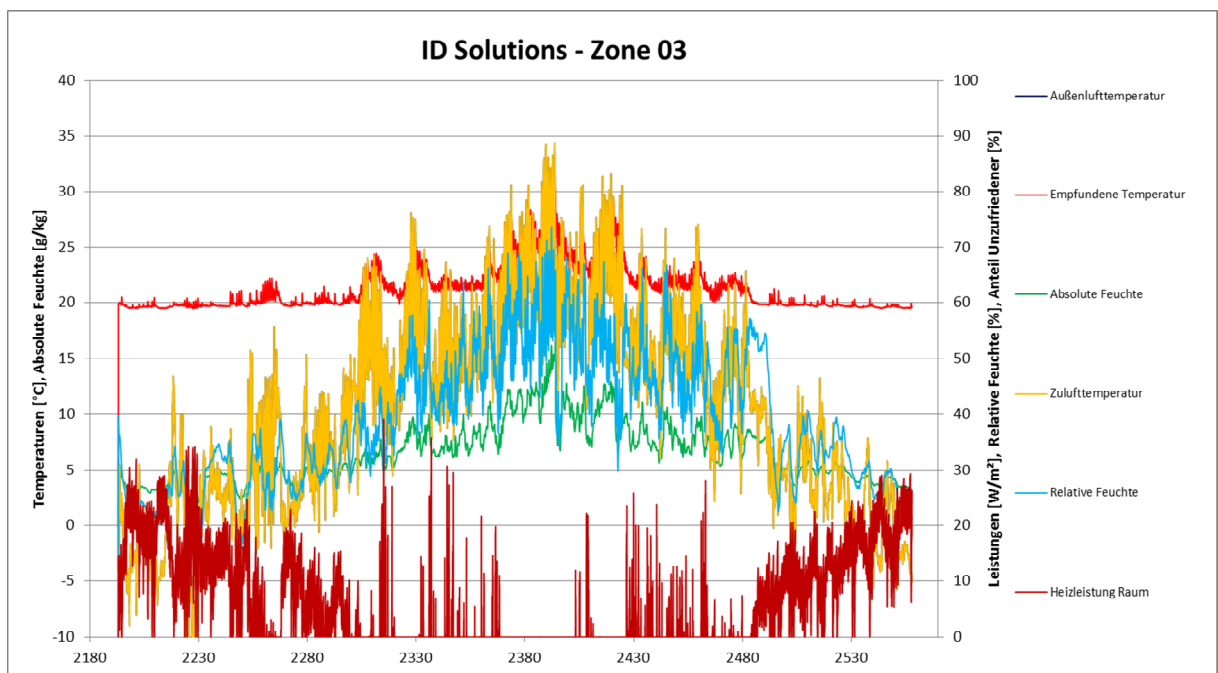


Abbildung 33: Dynamische Ergebnisse Variante 1, Zone 3

### 3.3.5.2 Dynamische Ergebnisse Variante 2

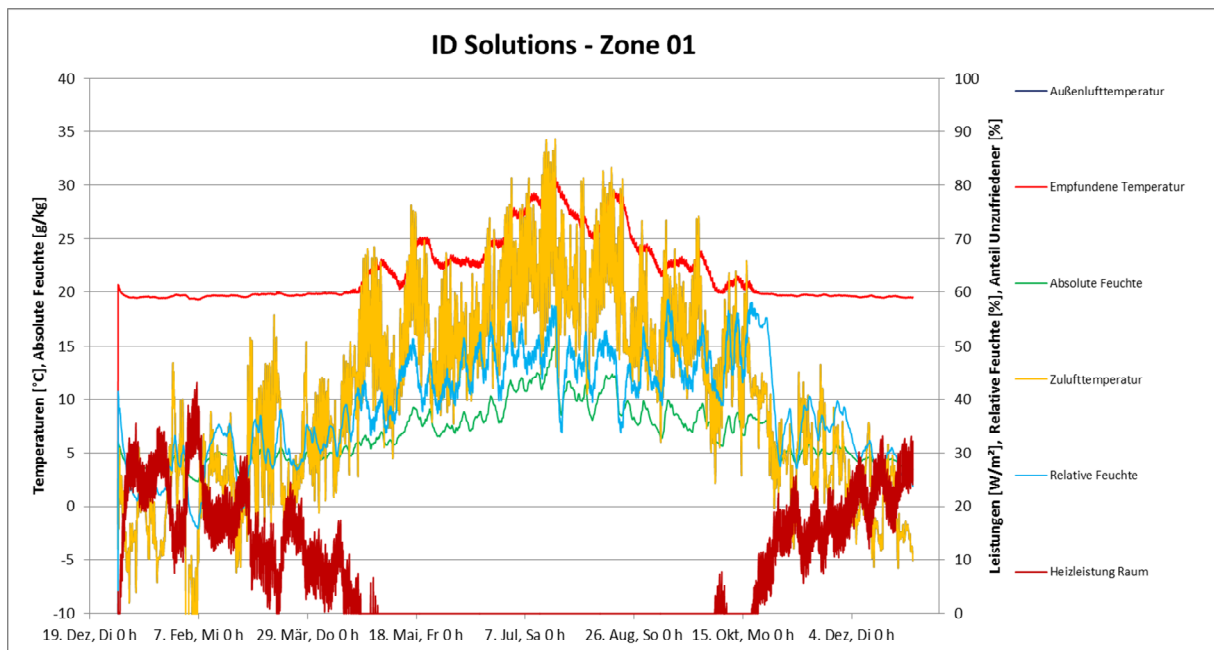


Abbildung 34: Dynamische Ergebnisse Variante 2, Zone 1

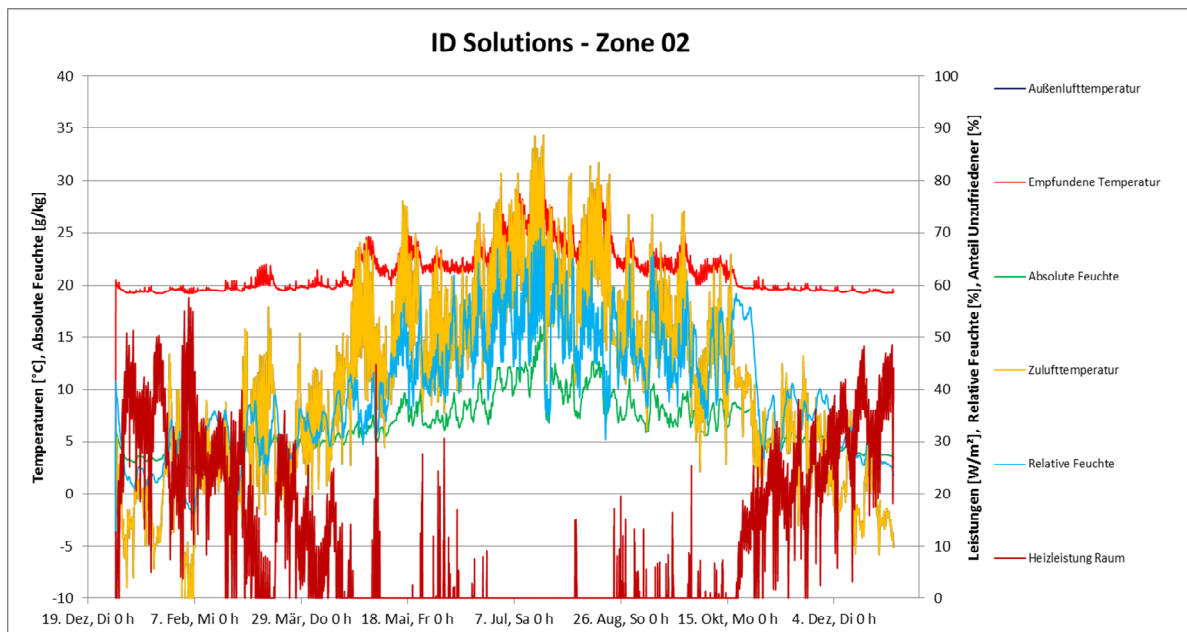


Abbildung 35: Dynamische Ergebnisse Variante 2, Zone 2

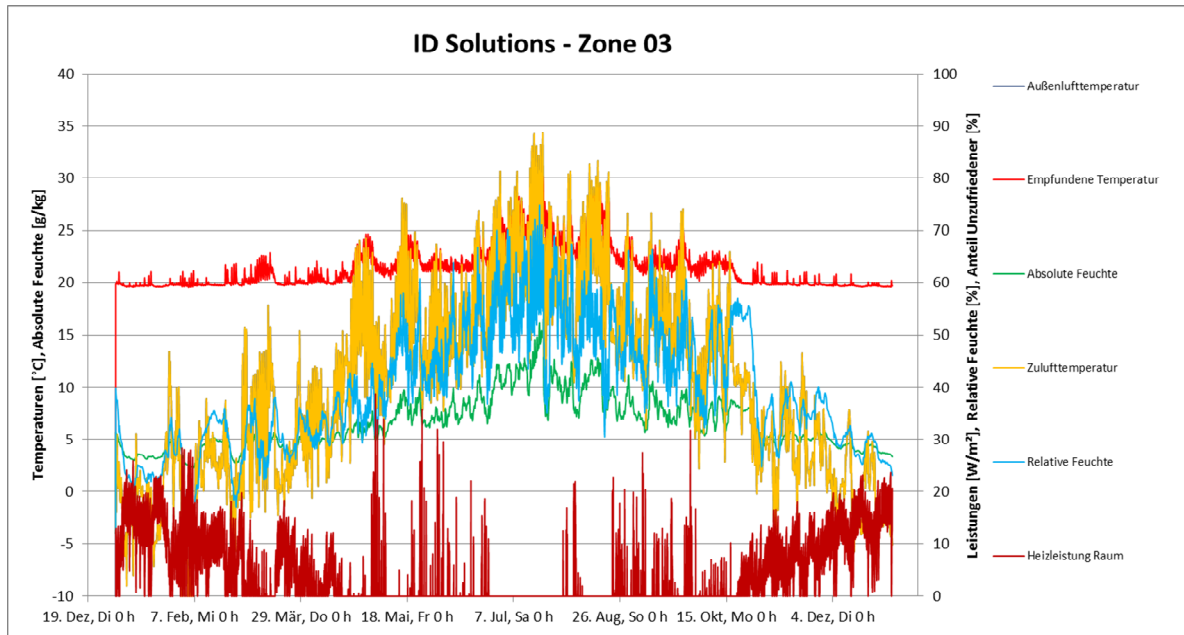


Abbildung 36: Dynamische Ergebnisse Variante 2, Zone 3



### 3.3.5.3 Dynamische Ergebnisse Variante 3

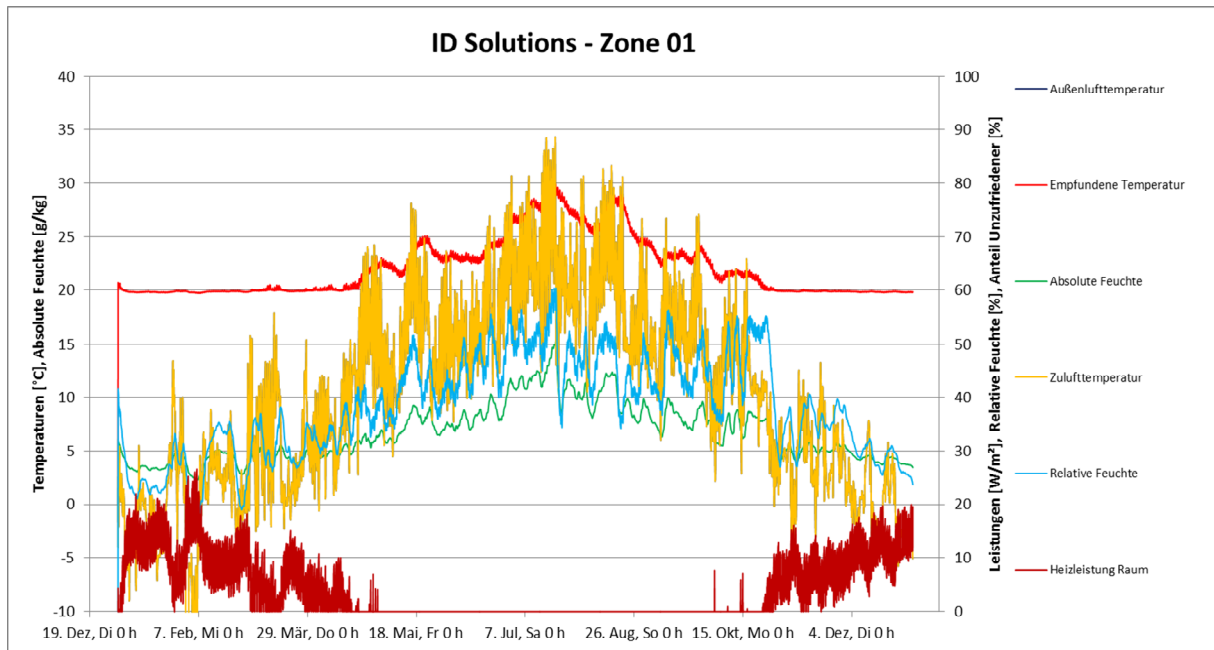


Abbildung 37: Dynamische Ergebnisse Variante 3, Zone 1

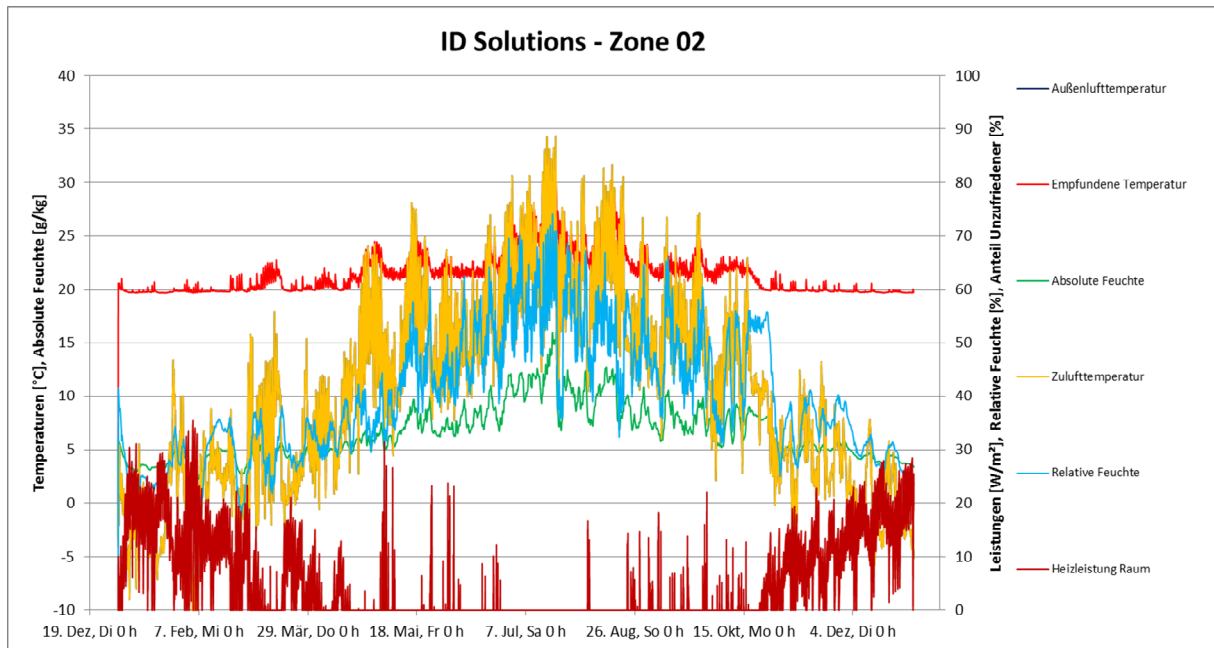


Abbildung 38: Dynamische Ergebnisse Variante 3, Zone 2

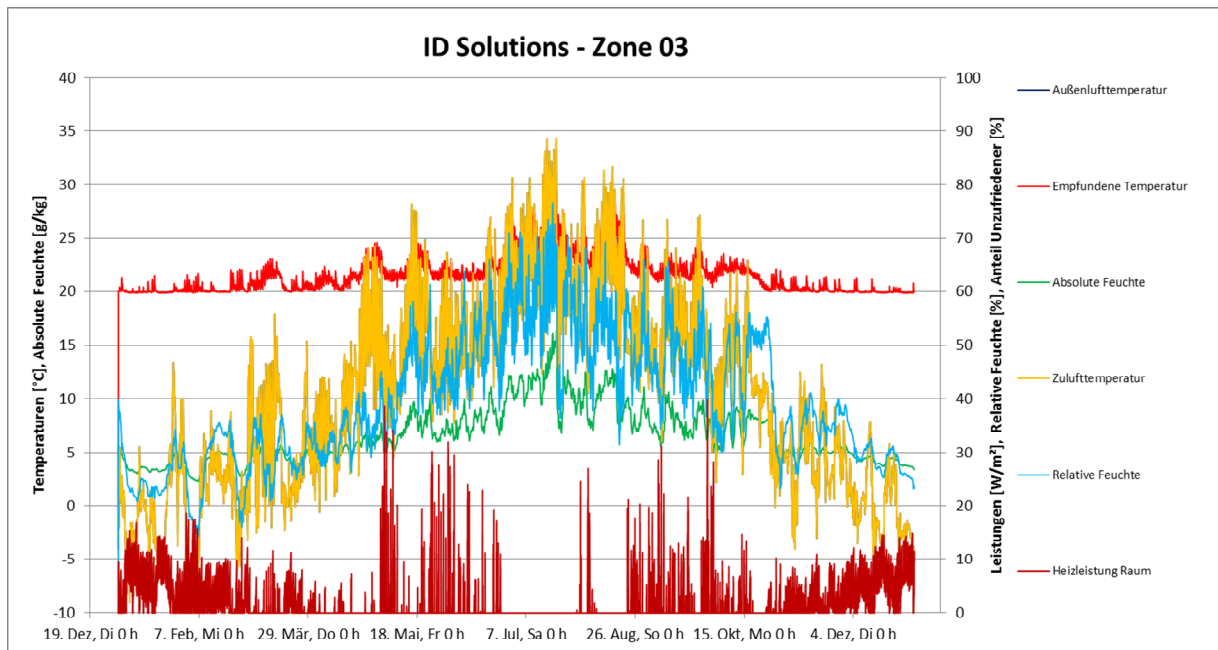


Abbildung 39: Dynamische Ergebnisse Variante 3, Zone 3

### 3.3.5.4 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse des Heizwärmebedarfs zeigen das erhebliche Einsparungspotential der unterschiedlichen Varianten. Aufgrund der Kompaktheit und Orientierung der gewählten Wohnung kann z.B. bei der EnerPhit Variante eine Einsparung von 85 % erzielt werden.

In der dynamischen Darstellung wird die Kopplung der Zuluft an die Außenluft, durch die hygienische Lüftung, deutlich bzw. sind die höheren Zuluft-Temperaturen im Winter mit Lüftungsanlage klar ersichtlich.

## 3.4 Umsetzung entwickelter Muster-Sanierungs-Lösungen in die Praxis

Besonderen Mehrwert stellen die praktischen Erfahrungen dar, die im Zuge der Projektbegleitung und praktischen Umsetzung gewonnen werden konnten. So ergaben sich aus den jeweiligen praktischen Umsetzungen heraus spezielle, aber für die jeweiligen Bauepochen typische Fragestellungen, die aus reiner theoretischer Betrachtung heraus im Vorfeld nicht absehbar waren. Die praktische Umsetzung der Muster-Sanierungs-Lösungen wurde messtechnisch begleitet, wobei im Zuge des Forschungsprojekts Mess-Systeme, Messtechnik und Messabläufe auf die besonderen Anforderungen der Sanierung soweit weiterentwickelt wurden, dass diese nun für die Qualitätssicherung wirtschaftlich einsetzbar sind.

### **3.4.1 Innendämmung in der Praxis**

Die breite Anwendung von Innendämmungen liegt in der Bestandssanierung. Im Bereich der Neuerrichtung von Gebäuden ist Innendämmung als Sonderlösung einzustufen. Als generelle Maßnahme ist die Einsatzmöglichkeit von Innendämmungen nur bei unbewohnten Bestandsobjekten im Zusammenhang mit Erhöhung der Nutzungstauglichkeit oder auch bei Umnutzung früherer Betriebsobjekte zu Wohnobjekten zu sehen. Jedenfalls interessant ist die Anwendung von Innendämmung, wenn Außendämmung nur mit hohem Aufwand oder gar nicht in Frage kommt. Solche Gründe können etwa stark gegliederte Bestandsfassaden oder auch der Wunsch der Eigentümer nach Erhalt eines besonderen Erscheinungsbildes, wie etwa Sichtmauerwerk ehemaliger Betriebsgebäude, sein. [29]

### **3.4.2 Modernisierung einzelner Nutzungseinheiten**

Der Einsatz von Innendämmung zur Erhöhung der Wohnbehaglichkeit oder zur Erhöhung der Energieeffizienz bei individueller Umsetzung in einzelnen Nutzungseinheiten innerhalb eines Objektes findet vielfältig Anwendung und ist Thema von Forschungsprojekten (IDSolutions und Gründerzeit-Toolbox). Sinnvoll ist der Einsatz von Innendämmung in Räumen mit temporärer Nutzung, wobei die Erreichbarkeit eines behaglichen Raumklimas auch ohne ständige heiztechnische Konditionierung positiv zu sehen ist. Solche Räume können etwa Gemeinschaftsräume in größeren Mehrfamilienhäusern, Tagesräume in Seniorenheimen, Veranstaltungsräume, Aufenthaltsräume in nicht ständig genutzten Objekten oder auch Wohnobjekte mit nur tageweiser Nutzung sein. (Vgl. [30])

### **3.4.3 Anwendungsbereich Dachgeschoß und Feuermauer**

Bereits seit Langem kommt Innendämmung im Bereich von Dachbodenausbauten zum Einsatz. Gleiches gilt für die Ertüchtigung von Feuermauern (Wände an der Grundgrenze), weil gerade dort eine Außendämmung wegen der mit der Überschreitung der Grundgrenze verbundenen – oft nicht möglichen oder nicht erwünschten – Vereinbarungen mit Anrainern, bzw. wegen vorhandener Bestandsobjekte am benachbarten Grundstück, ausscheidet. Die Verpflichtung einer Duldung einer solchen Überschreitung ist derzeit in den baugesetzlichen Grundlagen nicht enthalten und scheint auch nicht umsetzbar. (Vgl. [8])

### **3.4.4 Fachgerechte Planung vorausgesetzt**

Die Bestandteile fachgerechter Planung sind in relevanten Merkblättern und Leitfäden detailliert beschrieben. Sie reichen von der Erfassung und Bewertung der Bestandskonstruktion, über die Auswahl geeigneter Dämmsysteme bis hin zur bauphysikalischen Nachweisführung.

### **3.4.5 Vielzahl und Bandbreite an Themen und Fragestellungen**

Die Applikation einer Innendämmung wirft eine Vielzahl an Fragen auf. Materialauswahl, Dimensionierung des Dämmsystems u.Ä. werden in der Regel in der Planungsphase beantwortet. Wie sieht es aber nach abgeschlossener Planung aus?

### 3.4.6 Koordination und Abstimmung der Gewerke

Einhergehend mit der Applikation von Innendämmung sind häufig begleitende Maßnahmen wie Änderung von Nutzung, Heizsystem (Abbildung 40), Lüftungsanlage, Elektroinstallationen, Fenstertausch u.Ä. Die entstehenden Schnittstellen zwischen den einzelnen Gewerken sind zu identifizieren und in der Zeit- und Ablaufplanung zu berücksichtigen. Wesentlich für eine fachgerechte Ausführung sind die Koordination und die Abstimmung der beteiligten Gewerke. Bei der praktischen Umsetzung treten regelmäßig Unstimmigkeiten darüber auf, welcher Projektpartner wofür zuständig ist.



*Abbildung 40: Aufbringen der Dämmplatten, Konsole für spätere Heizungsmontage. Demonstrationsprojekt aus dem Forschungsprojekt IDSolutions, Dämmsystem und Ausführung Projektpartner Sto Ges.m.b.H*

### 3.4.7 Ausführende Unternehmen wählen

Bei der Auswahl des ausführenden Unternehmens spielen Kriterien wie Ausbildung, einschlägige Erfahrung, geschultes Personal, Referenz, Billigstbieter, Bestbieter, Zertifizierung, Systemanbieter eine wesentliche Rolle.

### 3.4.8 Überwachung des Bauablaufes

Basis für die Überwachung ist ein Bauzeitplan, in dem die Reihenfolge der beteiligten Gewerke festgelegt und Ausführungsfristen sowie erforderliche Standzeiten berücksichtigt werden. Als wesentliche Punkte der Überwachung sind die Prüfung der Bauteilfeuchte, Prüfung angelieferter Materialien, stichprobenartige Kontrolle der fachgerechten Ausführung oder die Prüfung von Trocknungszeiten zwischen Arbeitsschritten zu nennen. (Vgl. [5])

### 3.4.9 Der Fachunternehmer

Der Fachunternehmer hat seine Leistung entsprechend den Regeln der Technik sowie den mit dem Auftraggeber getroffenen Vereinbarungen zu erfüllen. Er hat die ihm – als Basis für die Ausführung – vorgelegte Planung zu prüfen, wobei davon ausgegangen werden darf, dass er das erforderliche Fachwissen dafür besitzt. Bei Unstimmigkeiten in der Planung, ungelösten Details oder einer Beschaffenheit der Bestandskonstruktion, die nicht den in der Planung getroffenen Annahmen entspricht, hat er diese aufzuzeigen und gegenüber dem Auftraggeber Bedenken anzumelden.

### 3.4.10 Ausführung der Arbeiten

Für die Applikation von Innendämmung sollte nur Personal zum Einsatz kommen, welches mit der Thematik und der fachgerechten Montage des jeweiligen Dämmsystems vertraut und geschult ist. Die Verarbeitungsrichtlinien sind jedenfalls einzuhalten. Sind Abweichungen davon erforderlich, sind diese mit dem Systemanbieter abzustimmen. Die Ausführung eines anderen Innendämmsystems mit anderen bauphysikalischen und bautechnischen Kennwerten, oder der Einsatz anderer – nicht im System vorgesehener und nicht auf das System abgestimmter – Materialien ist ohne vorherige Abklärung nicht zulässig.

### 3.4.11 Prüfung der Vorleistungen

Sind Vorarbeiten durch andere Gewerke erforderlich, wie eine Vorbereitung des Untergrunds (z.B. Glattnstrich Abbildung 41), sind diese zu prüfen.

### 3.4.12 Vorarbeiten auf der Baustelle

Für die Applikation einer Innendämmung sind als wesentliche Vorarbeiten auf der Baustelle Maßnahmen zur Trockenlegung des Mauerwerks, Heizungs- und Elektroinstallationsarbeiten sowie die Ausbesserung von Putzschäden an der Außenseite und ggf. die Entfernung nicht mehr tragfähiger oder bauphysikalischer und bautechnisch ungeeigneter Bestandputze an der Innenseite zu nennen.

### 3.4.13 Behandlung der Oberfläche

Die Herstellung der raumseitigen Oberfläche – in der vereinbarten Qualität – bildet in der Regel den letzten Arbeitsschritt bei der Applikation eines Innendämmsystems (Abbildung 42). Wird die Behandlung der Oberfläche nicht von dem Unternehmen ausgeführt, welches das Innendämmsystem aufbringt, sondern beispielsweise von einem Malerbetrieb, ist eine klare Abgrenzung der Leistungsinhalte erforderlich.



*Abbildung 41: Vorbereitung des Untergrunds im Fensterbereich, Demonstrationsprojekt aus dem Forschungsprojekt ID solutions, Dämmsystem und Ausführung Projektpartner Sto Ges.m.b.H*



*Abbildung 42: Oberflächenbeschichtung, Demonstrationsprojekt aus dem Forschungsprojekt ID solutions, Dämmsystem und Ausführung Projektpartner Sto Ges.m.b.H*

#### **3.4.14 Abnahme**

Für eine erbrachte Bauleistung – wie die Applikation eines Innendämmsystems – sollte immer eine förmliche Abnahme stattfinden. Hierzu gibt es vorgefertigte Protokolle, die wichtige Punkte anführen.

#### **3.4.15 Dokumentation**

Die Dokumentation sollte, neben der Bezeichnung des Dämmsystems und dessen Bestandteilen, Schichtstärken und wesentliche Angaben zur Verarbeitung enthalten. Die bauphysikalische Nachweisführung sollte ebenfalls enthalten sein, um bei späteren Sanierungsarbeiten eine Planungsgrundlage zur Hand zu haben.

#### **3.4.16 Wartungs- und Pflegehinweise**

Es wird empfohlen, dem Nutzer Wartungs- und Pflegehinweise zu übergeben, in denen wesentliche Eigenschaften und Anforderungen des Dämmsystems beschrieben und Empfehlungen für den Umgang damit gegeben werden. Hinweise zu geeigneten Oberflächenbeschichtungen können darin ebenso enthalten sein wie Empfehlungen für die Montage von Bildern oder das nachträgliche Einbringen von Elektro- oder Heizungsinstallationen.

#### **3.4.17 Zusammenfassung**

Die Ausführungsphase bei der Applikation einer Innendämmung ist von der Schnittstellen-Thematik zwischen den Gewerken geprägt. Daraus ergeben sich rechtliche, terminliche aber auch bautechnische Konsequenzen. Eine dauerhafte und schadfreie Innendämm-Maßnahme ist – eine fachgerechte Planung vorausgesetzt – nur durch geeignete Koordination der Gewerke, eine klare Leistungszuordnung und -trennung, sowie Abstimmung der Gewerke untereinander möglich. Eine Abstimmung mit dem Systemanbieter im Vorfeld, aber auch bei Unklarheiten und offenen Fragen hinsichtlich der Verarbeitung ist jedenfalls sinnvoll. Erfahrung der Projektbeteiligten im Sanierungsbereich sowie ein umfangreiches bauphysikalisches und bautechnisches Verständnis sind Garant für eine erfolgreiche Umsetzung einer Innendämm-Maßnahme von der Planung in die Praxis.

#### **3.4.18 Beispiel - Kellerinnendämmung eines 70er-Jahre Wohngebäudes mit begleitendem Monitoring**

##### **3.4.18.1 Einleitung**

Der Wunsch nach einer Adaptierung von Kellerräumen zu Hobby-, Wohn- oder Archivräumen ist weit verbreitet. Niedrige Oberflächentemperaturen aufgrund fehlender oder geringer Dämmung stehen dabei im Widerspruch zu den Grund-Anforderungen der neuen Nutzung – trocken und behaglich. Eine Außendämmung scheidet in der Regel auf Grund des hohen Aufwands aus. Ist eine funktionsfähige Bauwerksabdichtung vorhanden und können aufsteigende oder seitlich eindringende Feuchte ins Mauerwerk sowie ein Eintrag aus Oberflächenwasser ausgeschlossen werden, bietet sich die Applikation einer Innendämmung an. Wärmeverluste können dadurch ebenso reduziert werden wie das Risiko von Schimmelpilzbildung.

### **3.4.18.2 Demonstrationsprojekt Keller**

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde im Herbst 2014 zusammen mit dem Projektpartner Sto Ges.m.b.H. – in der Nähe von Wien – ein Demonstrationsprojekt umgesetzt, das nachfolgend vorgestellt werden soll.

### **3.4.18.3 Typische Herausforderungen**

Projektbezogene Rahmenbedingungen – hoher Zeitdruck, eine geringe Vorlaufzeit und wenige zu Verfügung stehende Informationen zu Bausubstanz und Geschichte des Objekts – können dabei als üblich und allgemein zutreffend angesehen werden.

### **3.4.18.4 Projektidee**

Nach Übernahme des Objekts stand für den Bauherrn rasch fest, dass der Keller (Abbildung 43) – während der Renovierung von Erdgeschoß und Obergeschoß – temporär zur Lagerung von Möbeln und Büchern und später als Hobbyraum oder Archiv genutzt werden sollte.

### **3.4.18.5 Ortstermin**

Auf Basis dieser Informationen wurde in einem ersten Ortstermin das Objekt besichtigt und für eine erste Machbarkeitsstudie die relevanten Randbedingungen mittels Checkliste erhoben. Bei der Begehung zeigten sich im Kellerbereich an der West- und Nordwand für Feuchteschäden typische oberflächliche Verfärbungen. Um das Ausmaß der Feuchtebelastung und deren Verteilung im Mauerwerk beurteilen zu können, wurden weitere Messungen veranlasst.

### **3.4.18.6 Beurteilung von Feuchtebelastung und Verteilung in der Bestandswand**

Die Schadensbilder deuteten an der Nordwand (Abbildung 45) auf aufsteigende Feuchte, an der Süd-Ost-Ecke auf eindringendes Oberflächenwasser (Abbildung 46) hin. Da der Mauerwerksaufbau über die Wandfläche und den Wandquerschnitt als homogen angesehen werden konnte, wurde eine zerstörungsfreie Mikrowellen-Messung (Abbildung 44) durchgeführt. Dabei wurden für jeden Messpunkt 3 Tiefenbereiche erfasst. Ergänzend dazu wurde die Oberflächenfeuchte mittels Kontaktmessung ermittelt.





*Abbildung 43: Ansicht Sanierungsobjekt*



*Abbildung 44: Mess-System zur zerstörungsfreien Erfassung der Feuchteverteilung im Mauerwerk*



*Abbildung 45: Oberfläche Bestandswand*





*Abbildung 46: Feuchteschaden durch eindringendes Oberflächenwasser.*

Die Mikrowellenmessung (Abbildung 47 bis Abbildung 50) deutet auf keine Feuchtelast aus aufsteigender Feuchtigkeit hin. Feuchteflecken und Verfärbungen im aufgehenden Mauerwerk können auf eine Reduktion der Oberflächentemperaturen durch Stellagen, Kästen und gelagertes Material und damit einhergehende höhere Oberflächenfeuchte zurückgeführt werden. Alternativ ist auch ein einmaliger Wassereintritt möglich, der mittlerweile ausgetrocknet ist, hierzu liegen jedoch keine Informationen aus der Vergangenheit vor.

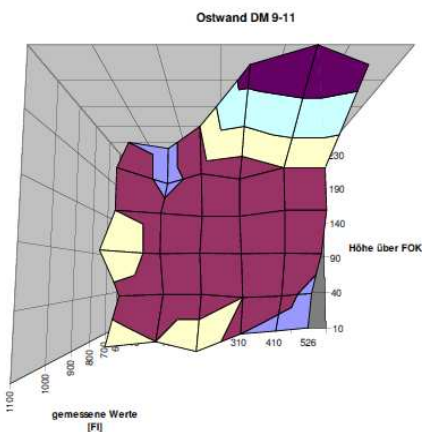
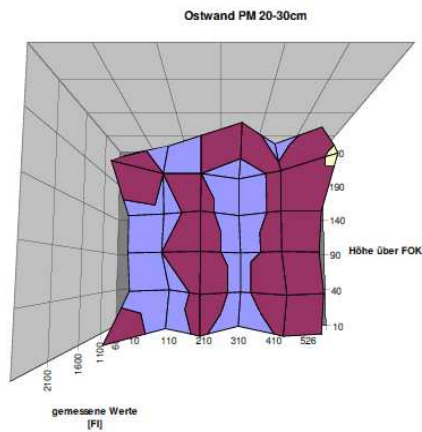


Abbildung 47: Messung von Feuchtelast und -verteilung, Ostwand

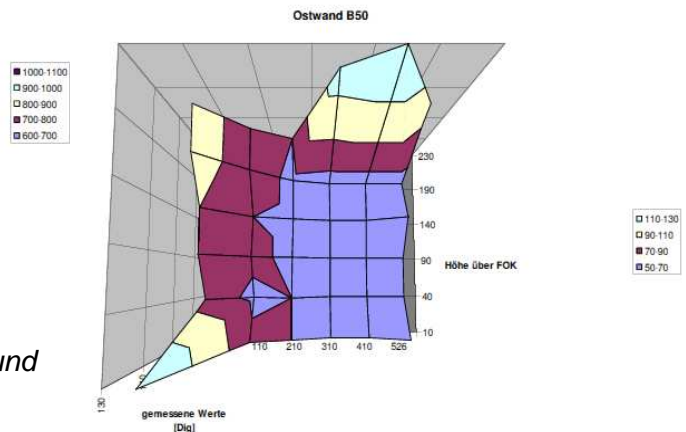
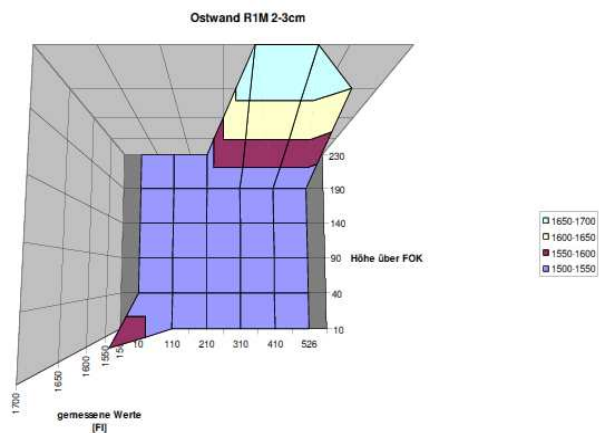


Abbildung 48: Messung von Feuchtelast und -verteilung, Ostwand

Als Ursache für das Schadensbild in der Ecke Süd-Ost-Wand/Deckenbereich wurde ein Wassereintritt im Anschlussbereich Pflasterung des umlaufenden Wegs und aufgehender Wand vermutet. Die optische Begutachtung zeigte eine neue Silikonfuge. Die Platten weisen auf keinen Feuchteintrag durch Spritzwasser hin. Auch hier wird vermutet, dass der tatsächliche Wassereintritt zeitlich zurück liegt und die Ursache durch eine neue Silikonfuge (Abbildung 53) bereits behoben wurde.

Auf Basis der Messergebnisse - der optischen Begutachtung und der im Zuge der Sanierungsplanung erhobenen Informationen zu Bauwerksabdichtung - wird für die weitere Planung davon ausgegangen, dass mit keinem weiteren Wassereintritt zu rechnen ist, wobei eine regelmäßige Reinigung der Drainage und optische Begutachtung der außenliegenden Anschlussbereiche und -fugen mit dem Bauherrn vereinbart wurden.

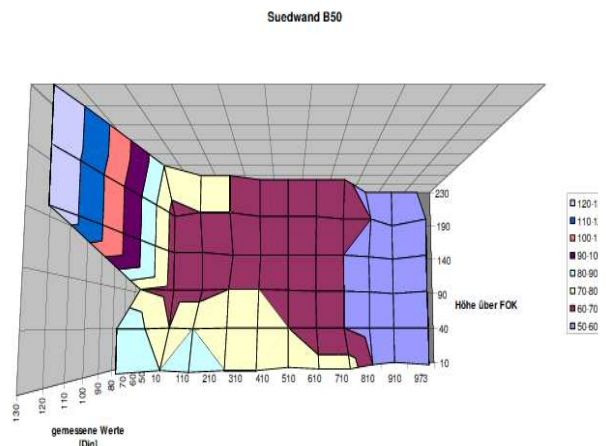
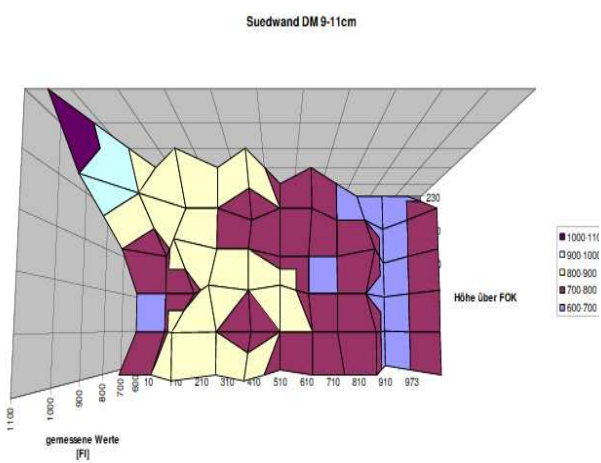
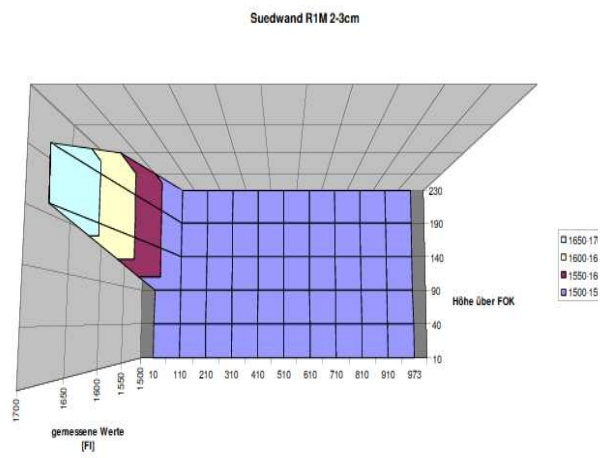
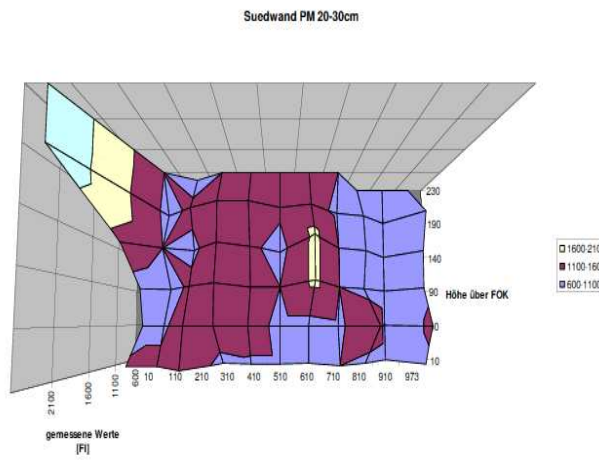


Abbildung 49: Messung von Feuchtelast und -verteilung, Suedwand

Abbildung 50: Messung von Feuchtelast und -verteilung, Suedwand

### **3.4.18.7 Auswahl des Innendämm-Systems**

In Abstimmung mit Bauherr und Fachplaner kam das neue Innendämm-System StoTherm In SiMo zur Ausführung, bestehend aus Funktions- und Kleberschicht, EPS Innendämmplatte (5 cm), Unterputz, Bewehrung, Grundierung und Schlussbeschichtung.[31]

### **3.4.18.8 Simulationsergebnisse**

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass die Wassergehalte aller Schichten in Abhängigkeit von der Berechnungszeit und der Anfangsfeuchte abnehmen und sich auf ein gleichmäßiges Niveau einpendeln. Die Diagramme mit Temperatur- und prozentualen Feuchtigkeitsgehalt in den Übergangsschichten zur Innendämmung liegen im zulässigen Bereich. Insgesamt ist für die vorhandene Außenfläche ein ausreichender Schlagregenschutz zu gewährleisten. Die Berechnungen gehen davon aus, dass keinerlei Feuchtigkeit über äußere oder innere Leckagen in den Wandaufbau eingetragen wird. Die Flächen sind zu prüfen und im Bedarfsfalle sind Fehlstellen entsprechend zu bearbeiten. Ebenso werden gleichbleibende Klimabedingungen und normale Nutzung im Innenbereich vorausgesetzt. Der gewählte Wandaufbau ist für das betrachtete Projekt unter den angesetzten Klima- und Nutzungsbedingungen als unkritisch anzusehen.

### **3.4.18.9 Vorbereitende Maßnahmen**

Zu den vorbereitenden Maßnahmen zählten u.a. das Freimachen des Arbeitsbereichs und das Setzen neuer Kellerfenster. Ein nach Innen ziehen der Fenster zur Erleichterung des Anschlusses an die Innendämmung war wegen Spritzwassereintrags von außen nicht möglich. Die Installation des Heizungsrohres sowie die Vorbereitung von Steckdosen und Schaltern in der Außenwand waren im Vorfeld der Innendämm-Arbeiten erforderlich. Die Installation der Messsensoren – welche zwischen Bestandsmauerwerk und Innendämmung zu applizieren waren – hatte zwischen Vorbehandlung des Bestandputzes und Ausführung der Innendämmung zu erfolgen.



*Abbildung 51: Fenstertausch und Vorbereitung der Leibung*



*Abbildung 52: Glattstrich im Bereich der Fenster*



*Abbildung 53: Neue Silikonfuge*

### **3.4.18.10 Koordination der Gewerke**

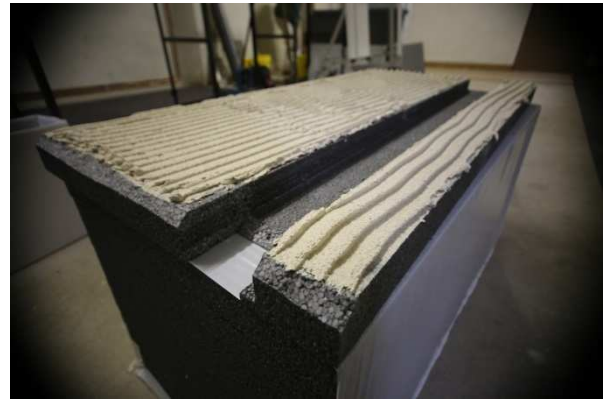
Die Abstimmung der Gewerke erfolgte – auf Basis der von den Fachplanern und Facharbeitern definierten erforderlichen Vorarbeiten – durch den Bauherrn. Im Bereich der Innendämmung waren auf Grund der vielen Schnittstellen zu anderen Gewerken mehrfache Abstimmungszyklen erforderlich.

### 3.4.18.11 Applikation des Dämmsystems

Die Applikation des Dämmsystems erfolgte durch qualifizierte Facharbeiter entsprechend den Verarbeitungsrichtlinien [31] in 3 Durchgängen. Nach einer erforderlichen Untergrundvorbereitung – Glattstrich im Bereich der Fenster, Ergänzen von Fehlstellen im Bestandsputz u.Ä. – wurden die Innendämmplatten (Wärmeleitfähigkeit 0,031 W/(mK)) mit der kapillar leitfähigen, diffusionsoffenen Kleberschicht aufgebracht. Der Anschluss am Boden erfolgte mittels Sidings-Profilband. In den Unterputz wurde ein Glasfasergewebe eingearbeitet. Nach dem Aufbringen der Grundierung folgte eine diffusionsoffene mineralische Schlussbeschichtung (Abbildung 62).



*Abbildung 54: Applikation Dämmplatte im Bereich der Heizungsrohre*



*Abbildung 55: Dämmplatte für Heizungsrohre ausgeschnitten.*





*Abbildung 56: Anschluss Dämmplatte im Eckbereich*



*Abbildung 57: Detail Heizungsrohre und Innendämmung*



*Abbildung 58: Dämmplatte mit Kleberschicht, für Heizungsrohre ausgeschnitten.*



*Abbildung 59: Keller nach Fertigstellung der Innendämm-Maßnahme.*



*Abbildung 60: Kellerwand nach Aufbringen des Grundputzes*



*Abbildung 61: Aufbringen der Klebeschicht im Bereich der Heizungsrohre*



*Abbildung 62: Sanierungsobjekt nach Fertigstellung der Innendämmung*



*Abbildung 63: Applikation der ersten Dämmplatten, Mess-Sensoren positioniert, Kabel werden im Deckenbereich hinter der Dämmung herausgeführt.*

#### **3.4.18.12 Begleitendes Monitoring**

Für das Projekt liegen Messdaten aus dem unsanierten Zustand über 2 Monate vor. Die messtechnische Begleitung des sanierten Projekts erfolgt seit Fertigstellung im Dezember 2014. Erfasst wurden Innen- und Außenklima, Oberflächentemperatur und relative Luftfeuchte sowie zwischen Bestandsmauerwerk und Innendämmung im Bereich der Nord-Ost-Ecke (Abbildung 63). Die Daten werden in 10-Minuten Schritten erfasst und täglich in die Mess-Datenbank des IBO übertragen. Dort werden sie grafisch aufbereitet und können aus dem Web abgerufen und eingesehen, oder zur Steuerung der im Projekt geplanten Lüftungsanlage mit Entfeuchtung herangezogen werden.



### 3.4.18.13 Erste Messdaten

Einen Auszug aus dem Bauteil-Monitoring zeigt Abbildung 64, einen Auszug aus Raumklima- und Komfort-Monitoring zeigt Abbildung 65. Generell weisen die Daten aus der Messung eine gute Übereinstimmung mit den aus der Berechnung erwarteten Größen auf.

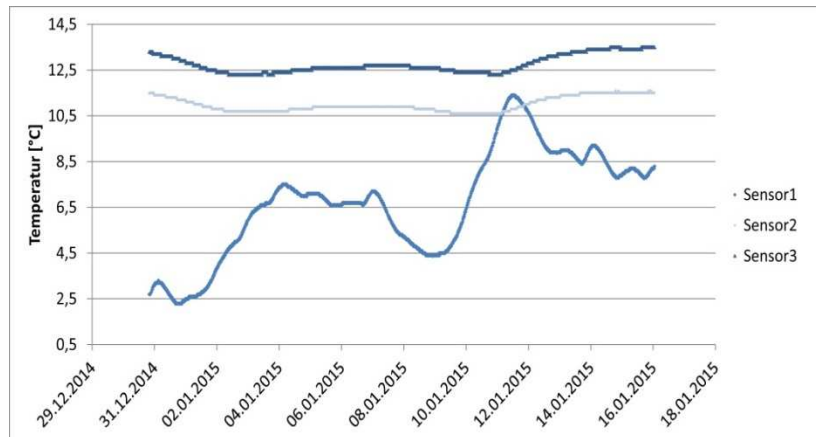


Abbildung 64: Messdaten Temperatur, Sensoren zwischen Bestandswand und Innendämmsystem; Sensor 1 in der Nord-Ost-Ecke gegen Außenluft; Sensor 2 in der Nord-Ost-Ecke gegen Erdreich, Sensor 3 im ungestörten Wandbereich der Nordwand gegen Erdreich; Betrachtungszeitraum 30.12.2014 bis 16.01.2015.

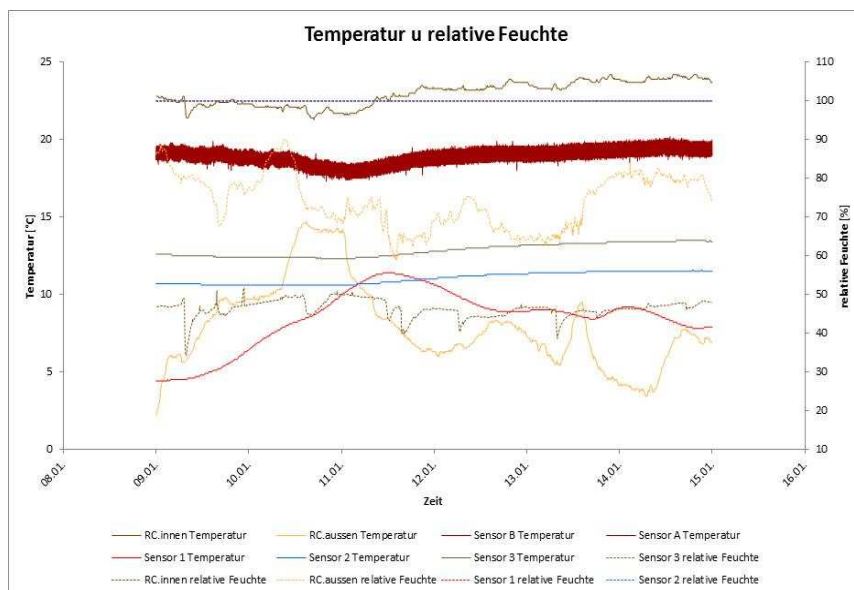


Abbildung 65: Messdaten Temperatur und relative Feuchte, Sensor RC.innen (Raumlufitemperatur und relative Feuchte), RC.aussen (Außenlufttemperatur und relative Feuchte) Sensoren zwischen Bestandswand und Innendämmsystem; Sensor 1 in der Nord-Ost-Ecke gegen Außenluft; Sensor 2 in der Nord-Ost-Ecke gegen Erdreich, Sensor 3 im ungestörten Wandbereich der Nordwand gegen Erdreich; Sensoren Oberflächentemperaturen A (über Sensor 2) und B (über Sensor 3), Betrachtungszeitraum 08.01.2015 bis 15.01.2015.

### 3.4.18.14 Fazit

Detaillierte Analysen und Beurteilungen des Bestands – insbesondere der Feuchtelast und deren Verteilung in der Bestandskonstruktion – sind bei Keller-Modernisierungen jedenfalls erforderlich. Eine Abstimmung mit dem Systemanbieter im Vorfeld, aber auch bei Unklarheiten und offenen Fragen während der Verarbeitung ist sinnvoll. Die Ausführungsphase bei der Applikation einer Innendämmung ist von der Schnittstellen-Thematik zwischen den Gewerken geprägt. Diese gilt es zu identifizieren sowie zeitlich und inhaltlich zu koordinieren. Eine messtechnische Begleitung dient der Qualitätssicherung. Erfahrung der Projektbeteiligten im Sanierungsbereich sowie ein umfangreiches bauphysikalisches und bautechnisches Verständnis der Beteiligten sind Garant für eine erfolgreiche, rasche, wirtschaftliche und dauerhafte Umsetzung einer Innendämm-Maßnahme.



*Abbildung 66: Oberflächenfinish des Innendämmsystems*



*Abbildung 67: Aufbringen der letzten Putzschicht des Innendämmsystems*

## 3.5 Energie-, Komfort- und Bauteil-Monitoring

Die praktische Umsetzung der Muster-Sanierungs-Lösungen wurde messtechnisch begleitet, wobei im Zuge des Forschungsprojekts Mess-Systeme, Messtechnik und Messabläufe auf die besonderen Anforderungen der Sanierung abgestimmt und so weiterentwickelt wurden, dass diese nun für die Qualitätssicherung wirtschaftlich einsetzbar sind. Nachfolgend ein Auszug aus der messtechnischen Begleitung im Prüfstand Innendämmung, in dem 5 Innendämm-Systeme appliziert wurden.

### 3.5.1 Gegenstand

Im Zuge der Untersuchung sich einstellender hygrothermischer Bedingungen zur Beurteilung des Innenraumklimas und der Bestandskonstruktion wurden im Prüfstand Innendämmung Lienfeldergerasse Messdaten erhoben und für den Monat Februar dargestellt.

### 3.5.2 Verwendetes Messverfahren

Datenlogger vom Typ DKRF400 zur Erfassung von Temperatur und relativer Feuchten mit einem Messintervall von 10 Minuten, Mess-System Eaton Smart Home Controller, Messzeitraum ab Jänner 2015.

### 3.5.3 Untersuchte Bereiche

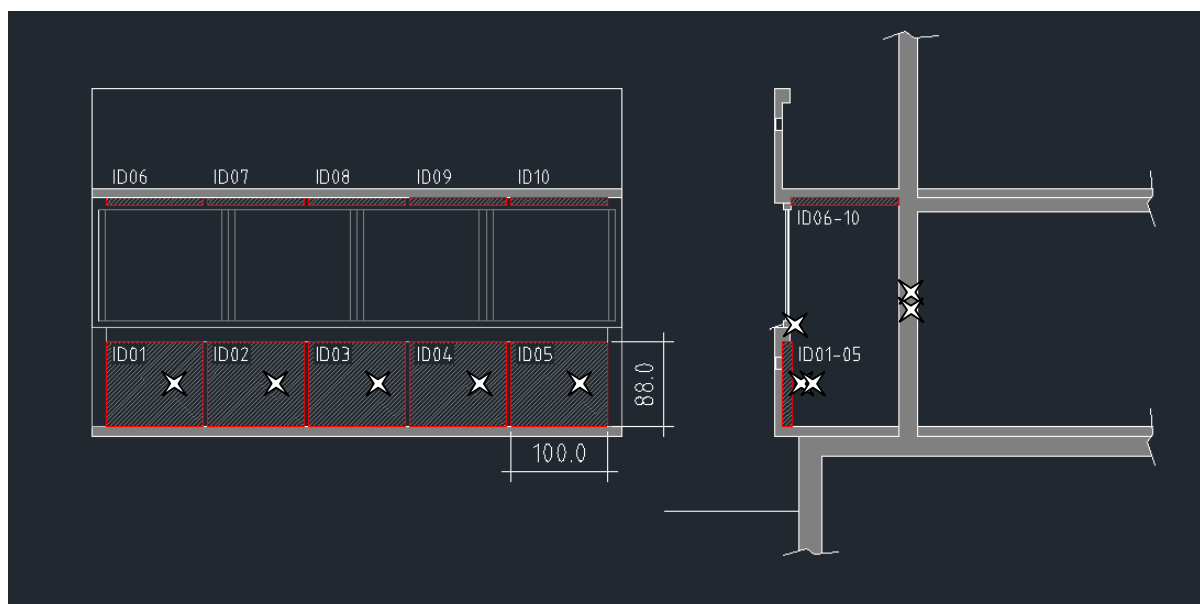


Abbildung 68: Schema-Skizze mit Position der Messpunkte (o.M.)

### 3.5.4 Dokumentation Sensorpositionen

In Abbildung 68 bis Abbildung 84 sind die Positionen der Sensoren dokumentiert.



Abbildung 69: Messpunkt zwischen Bestandswand und Innendämmsystem.



Abbildung 70: Messpunkt Feld 05, Innendämmsystem 05, Temperatur und relative Feuchte. Mess-System Eaton.



Abbildung 71: Applikation Innendämm-System, Feld 5, Bereich um Messpunkt von Kleber freigehalten.

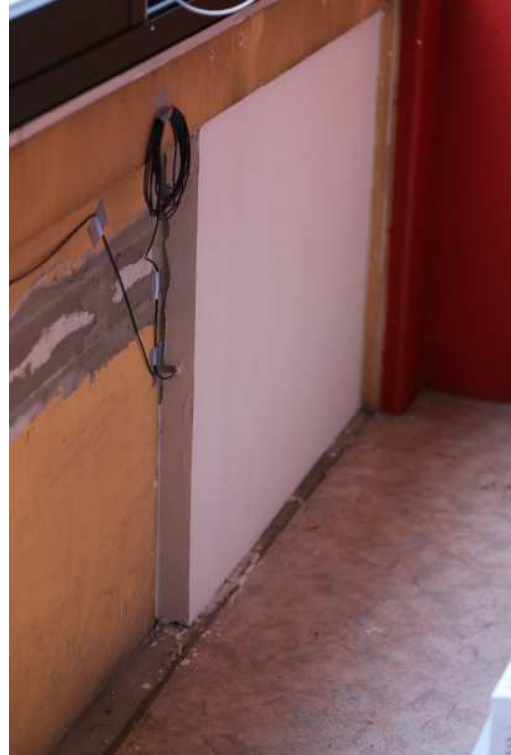


Abbildung 72: Applikation Innendämm-System, Feld 5, Bereich um Messpunkt von Kleber freigehalten.





*Abbildung 73: Innendämm-System Feld 05, Kabel des Sensors wird seitlich herausgeführt.*



*Abbildung 74: Innendämm-System Feld 05 nach Aufdoppelung des Systems.*



*Abbildung 75: Messpunkt Feld 01, Applikation des Dämmsystems, Messpunkt Temperatur und relative Feuchte*



*Abbildung 76: Messpunkt Feld 01, Bereich um Sensor von Kleber freigehalten.*



*Abbildung 77: Messpunkt Feld 03, Applikation des Dämmsystems, Messpunkt Temperatur und relative Feuchte*



*Abbildung 78: Messpunkt Feld 03, Applikation des Dämmsystems, Messpunkt Temperatur und relative Feuchte*



*Abbildung 79: Messpunkt Feld 02, Applikation des Dämmsystems, Messpunkt Temperatur und relative Feuchte*



*Abbildung 80: Messpunkt Feld 02, Applikation des Dämmsystems, Messpunkt Temperatur und relative Feuchte*



Abbildung 81: Funkgesteuerte Schaltaktoren zur Steuerung von Heizregister, Ventilator und Luftbefeuchter



Abbildung 82: Heizregister

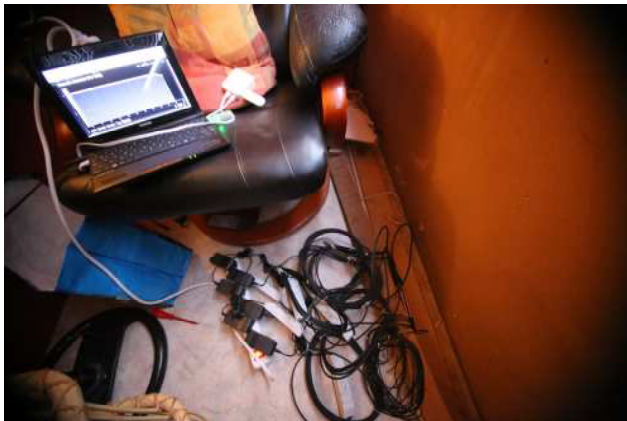


Abbildung 83: Mess-System vor Applikation



Abbildung 84: Luftbefeuchter

### 3.5.5 Messdaten Monat Februar 2015

#### 3.5.5.1 Alle Messgrößen

In den Grafiken dieses Kapitels sind alle erfassten Messgrößen dargestellt.

#### Messdaten nach Wochen

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Messung nach Wochen dargestellt.



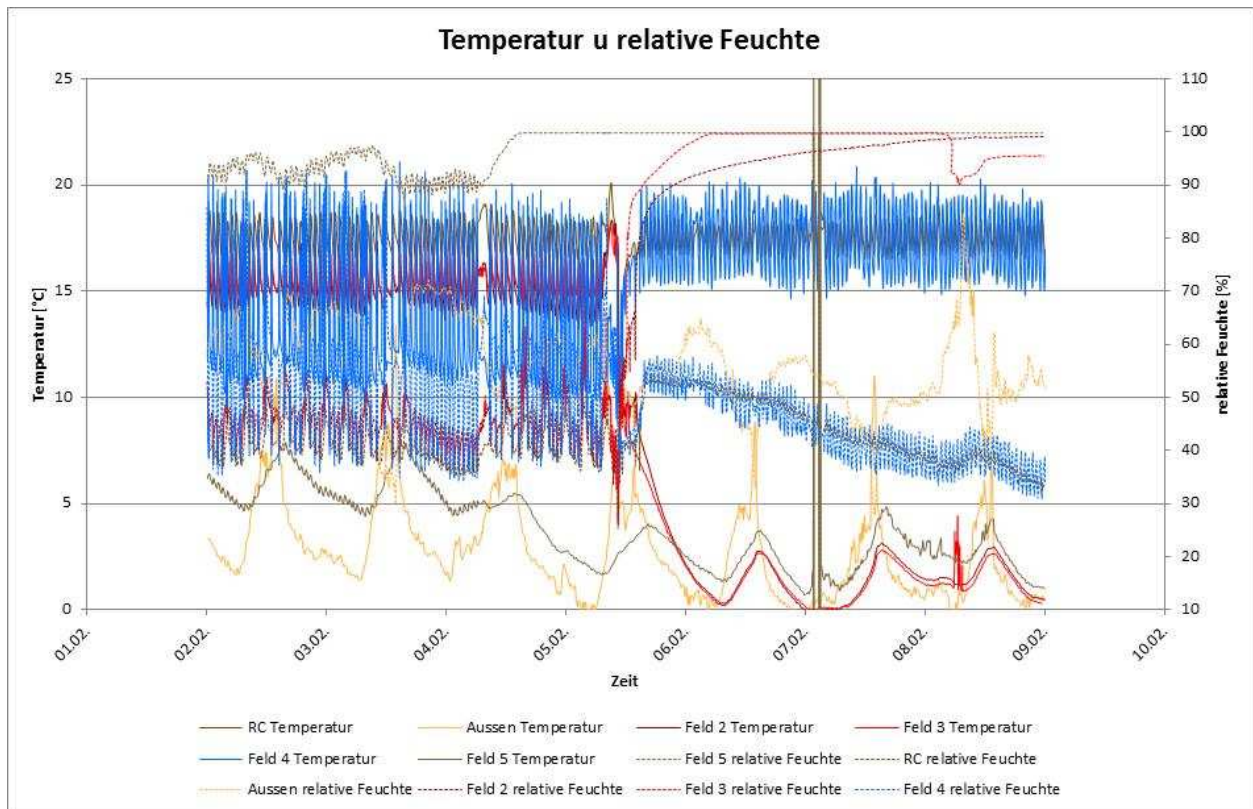


Abbildung 85: Temperatur und relative Feuchte, Alle Sensoren, Messzeitraum 20150202 bis 20150209

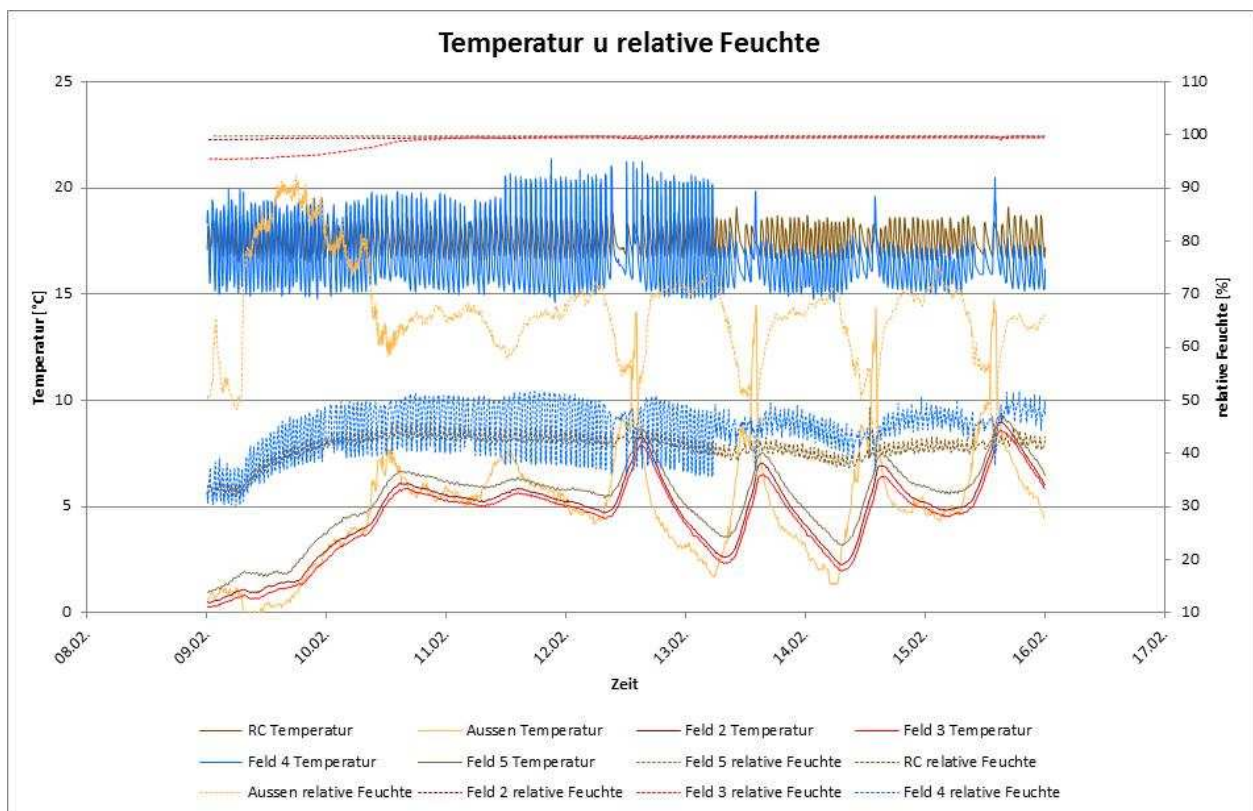


Abbildung 86: Temperatur und relative Feuchte, alle Sensoren, Messzeitraum 20150209 bis 20150216



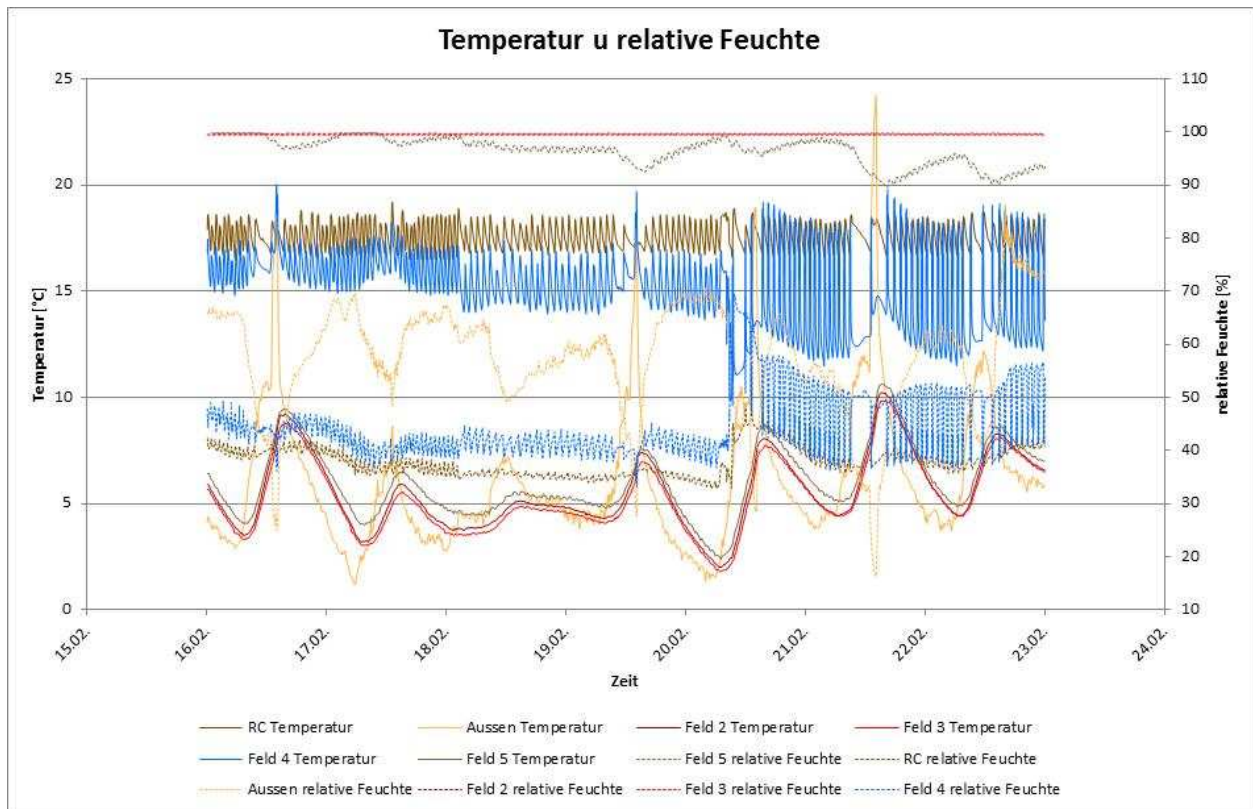


Abbildung 87: Temperatur und relative Feuchte, alle Sensoren, Messzeitraum 20150216 bis 20150223

### Messdaten nach Tagen

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Messung nach Tagen dargestellt.

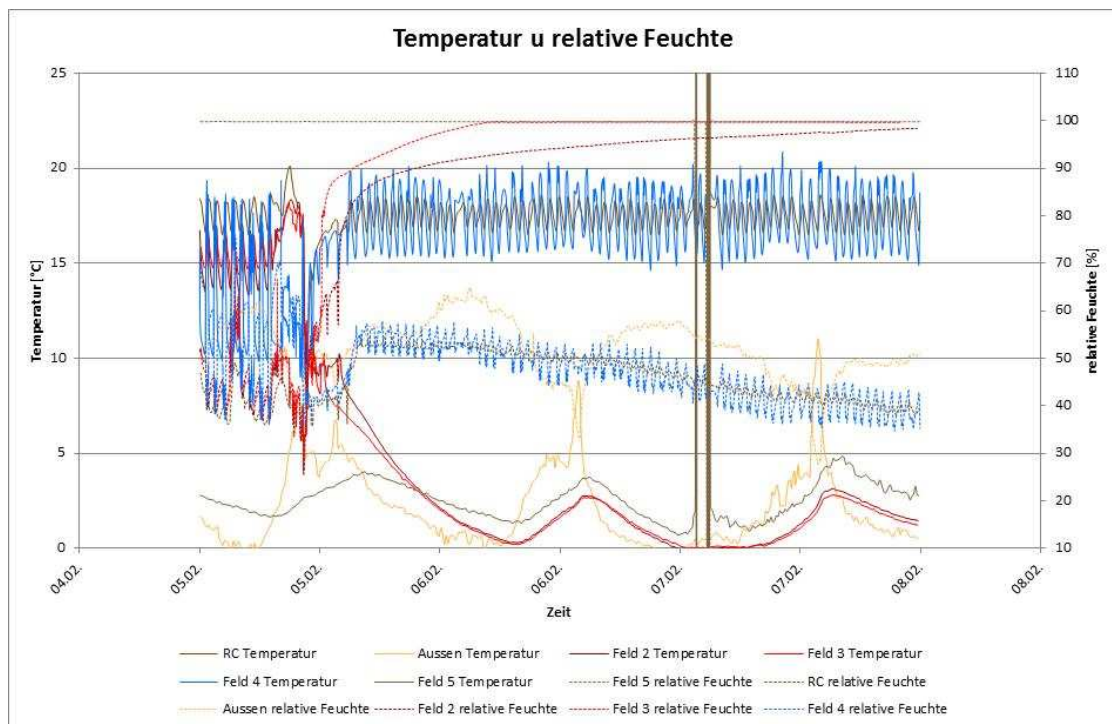


Abbildung 88: Temperatur und relative Feuchte, alle Sensoren, Messzeitraum 20150205 bis 20150208

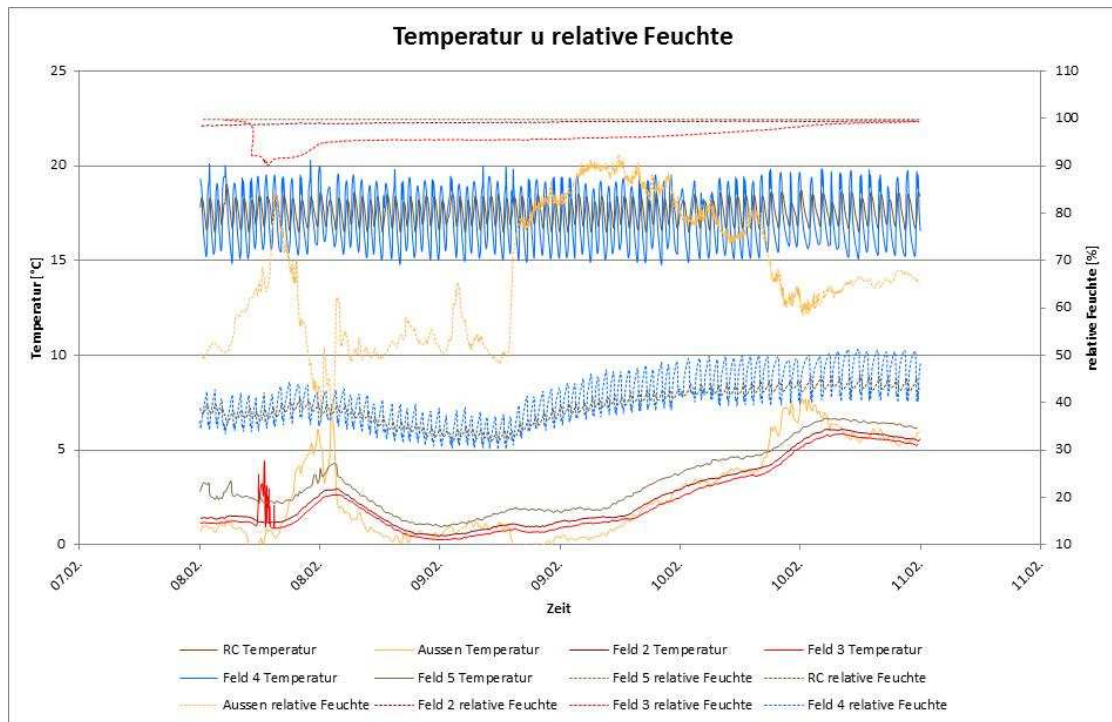


Abbildung 89: Temperatur und relative Feuchte, alle Sensoren, Messzeitraum 20150208 bis 20150211

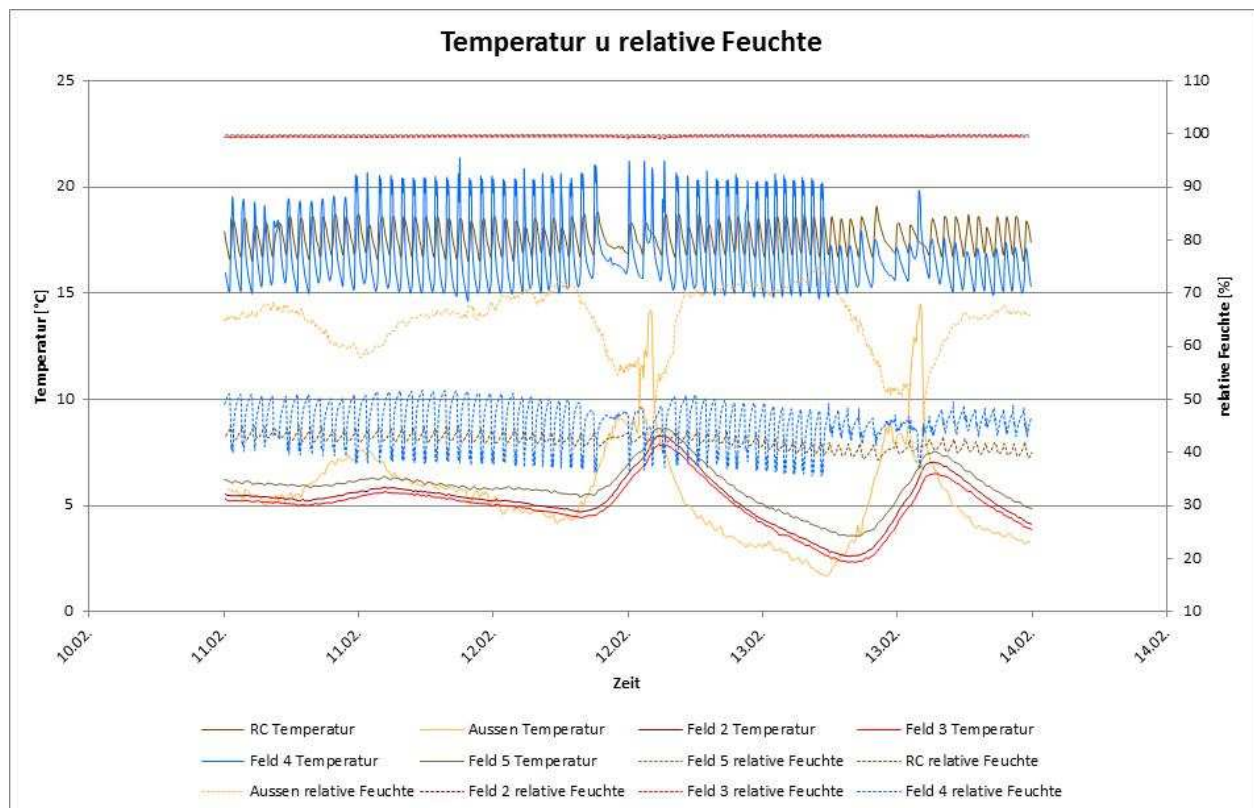


Abbildung 90: Temperatur und relative Feuchte, alle Sensoren, Messzeitraum 20150211 bis 20150214

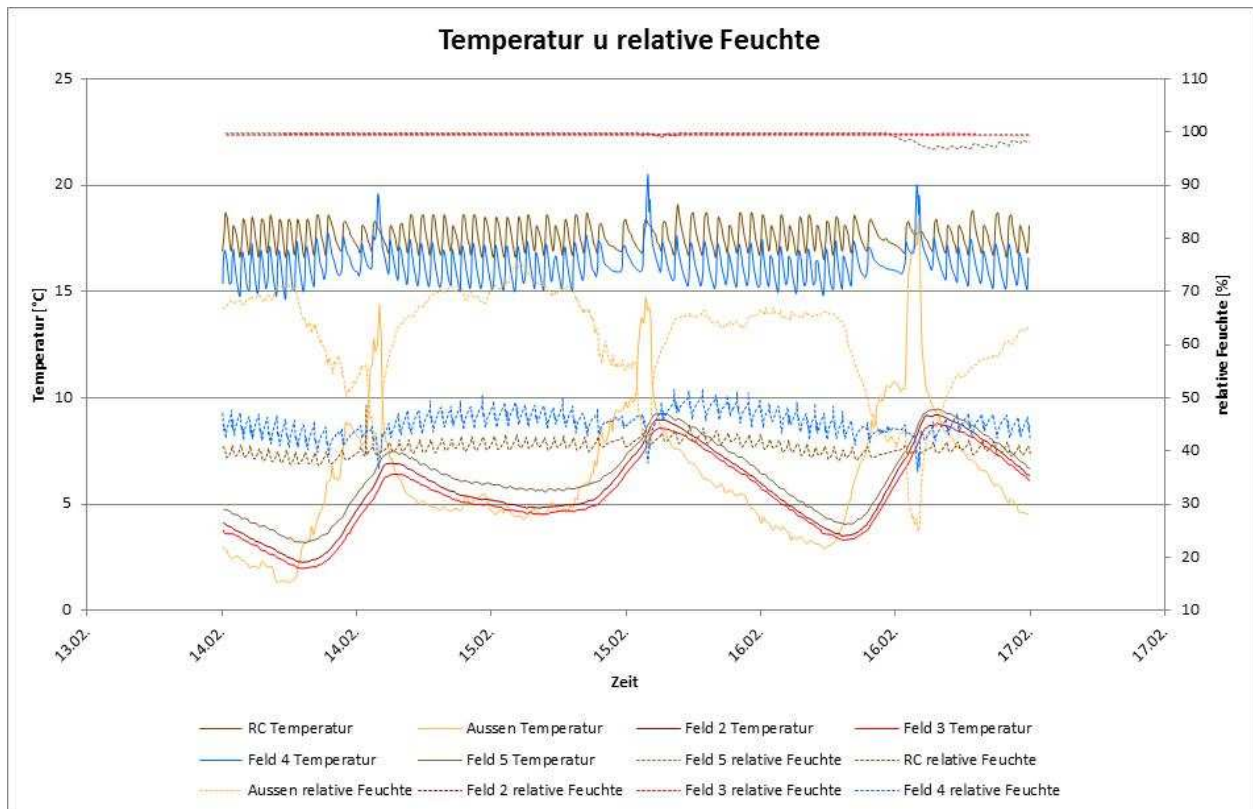


Abbildung 91: Temperatur und relative Feuchte, alle Sensoren, Messzeitraum 20150214 bis 20150217

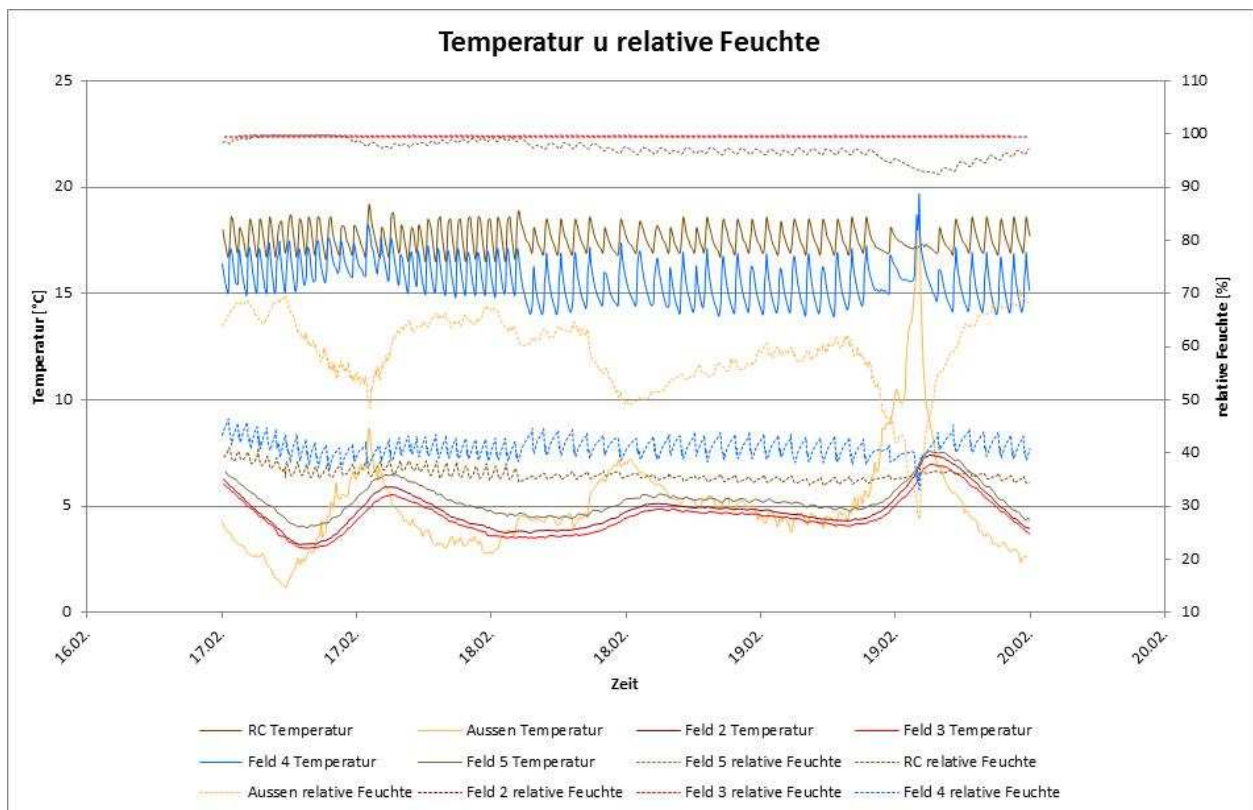


Abbildung 92: Temperatur und relative Feuchte, alle Sensoren, Messzeitraum 20150217 bis 20150220



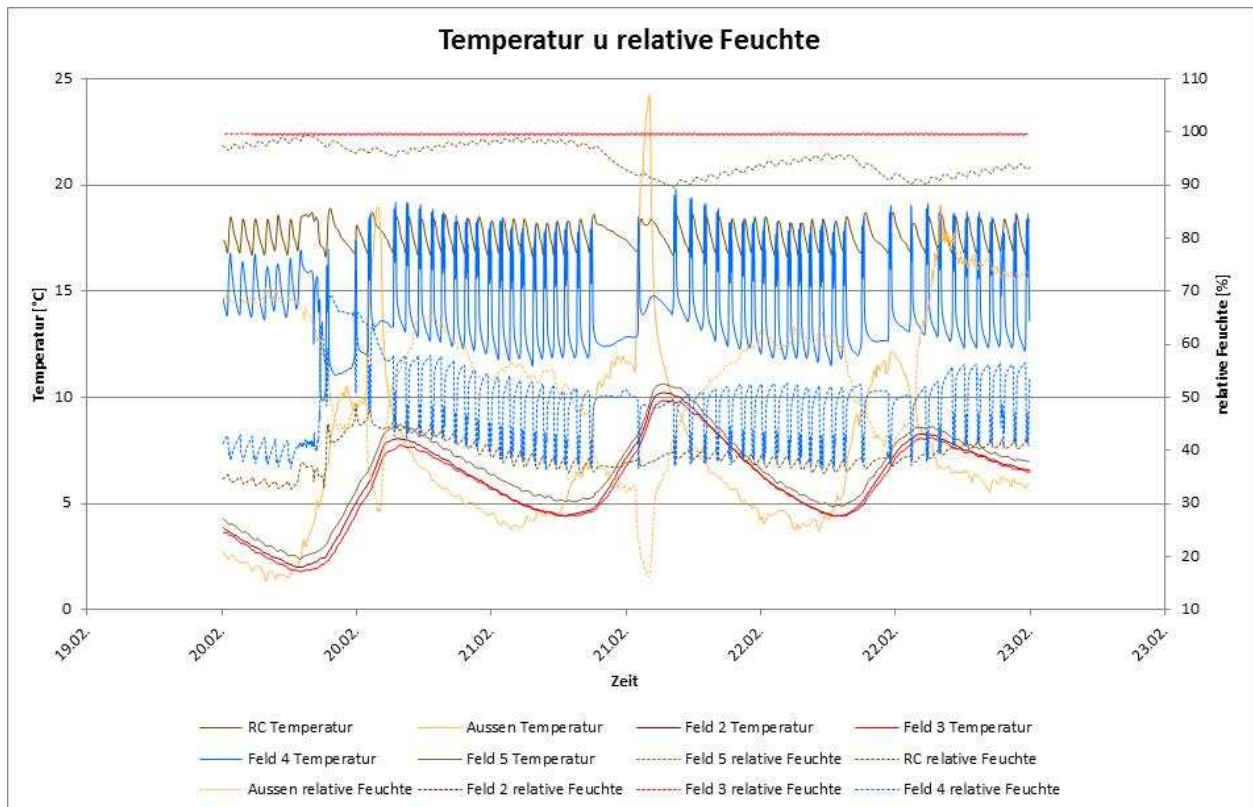


Abbildung 93: Temperatur und relative Feuchte, alle Sensoren, Messzeitraum 20150220 bis 20150223

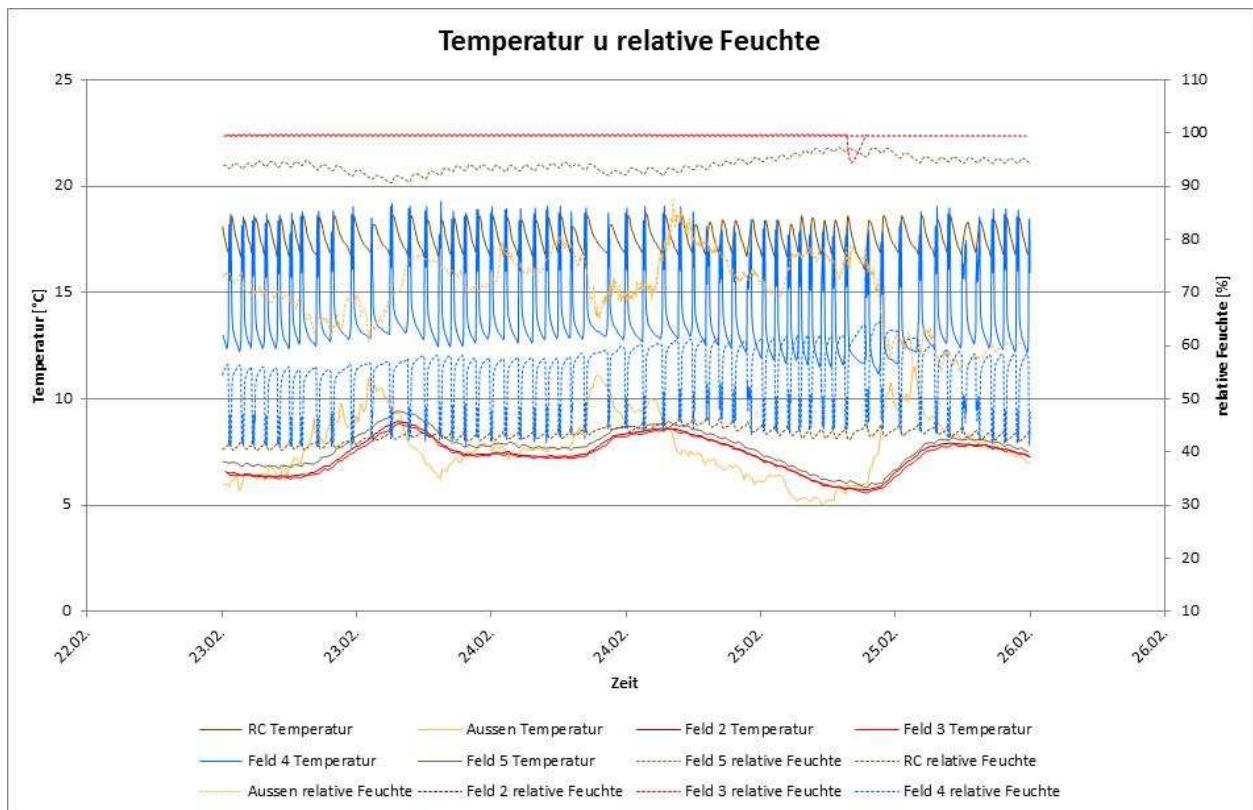


Abbildung 94: Temperatur und relative Feuchte, alle Sensoren, Messzeitraum 20150223 bis 20150226

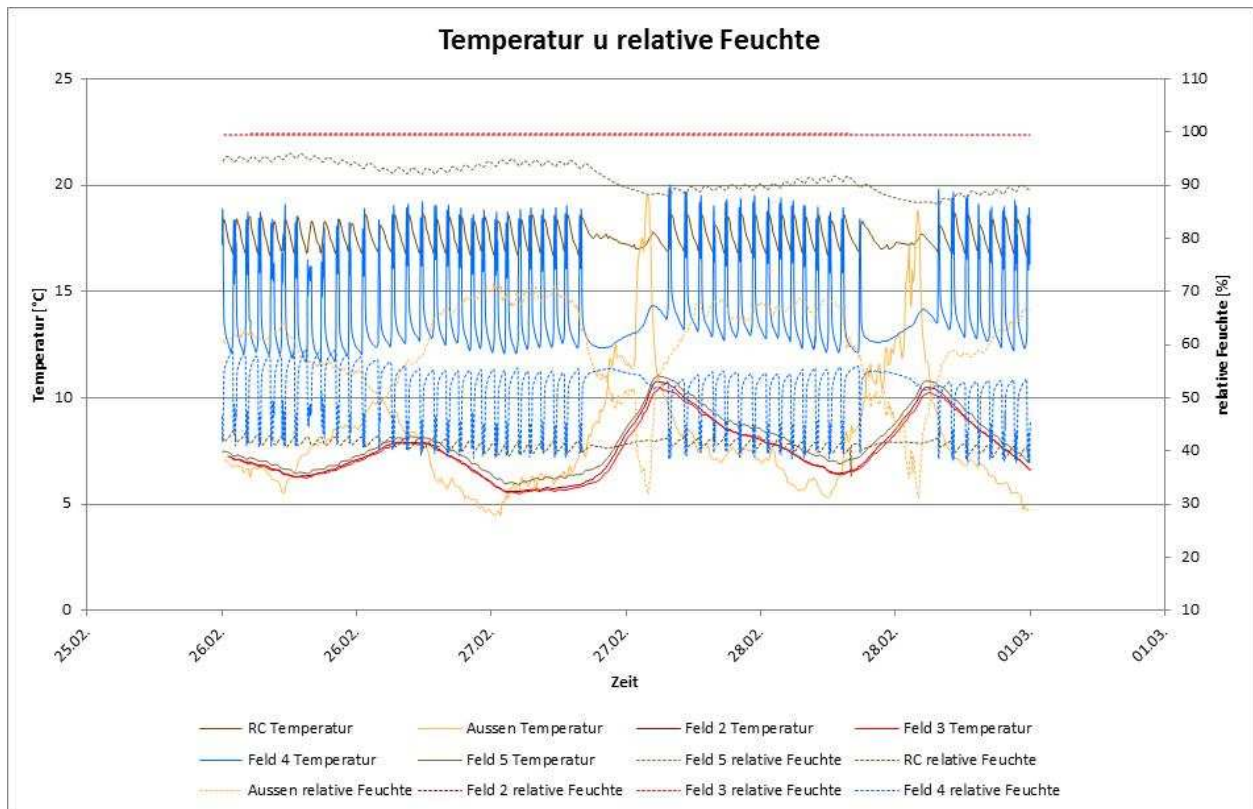


Abbildung 95: Temperatur und relative Feuchte, alle Sensoren, Messzeitraum 20150226 bis 20150301

### 3.5.6 Komfort-Messung am Prüfstand

Die Messung wurde im Prüfstand Lienfeldergasse an einem Messpunkt durchgeführt. Die Nummerierung der Messpunkte entspricht der zeitlichen Reihenfolge der Messungen, wobei jeweils in 20-Minuten-Spannen gemessen wurde.

### 3.5.7 PMV, PPD Testraum Prüfstand (Verlauf)

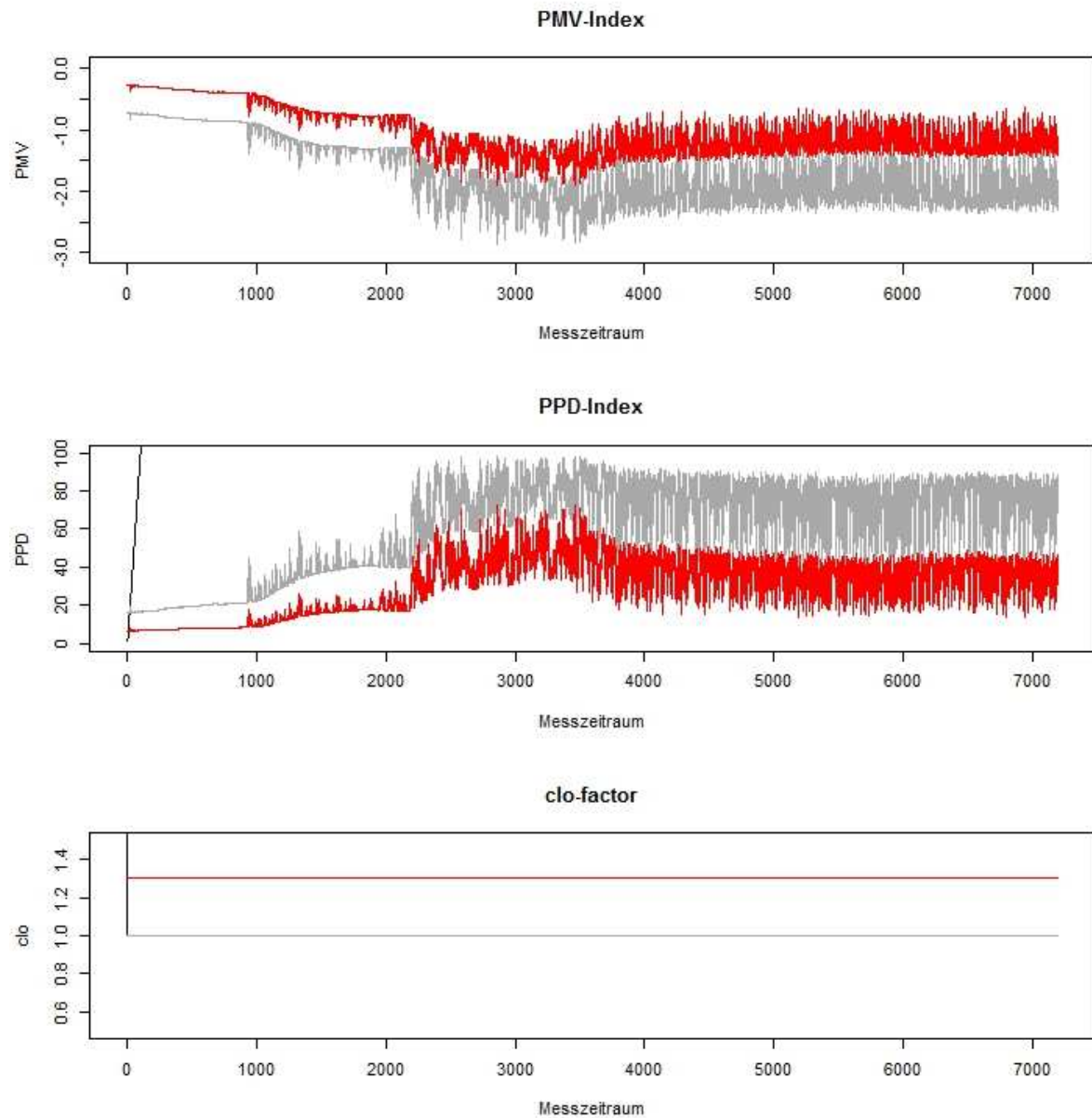


Abbildung 96: PMV- und PPD- Index sowie clo-Faktor im zeitlichen Verlauf

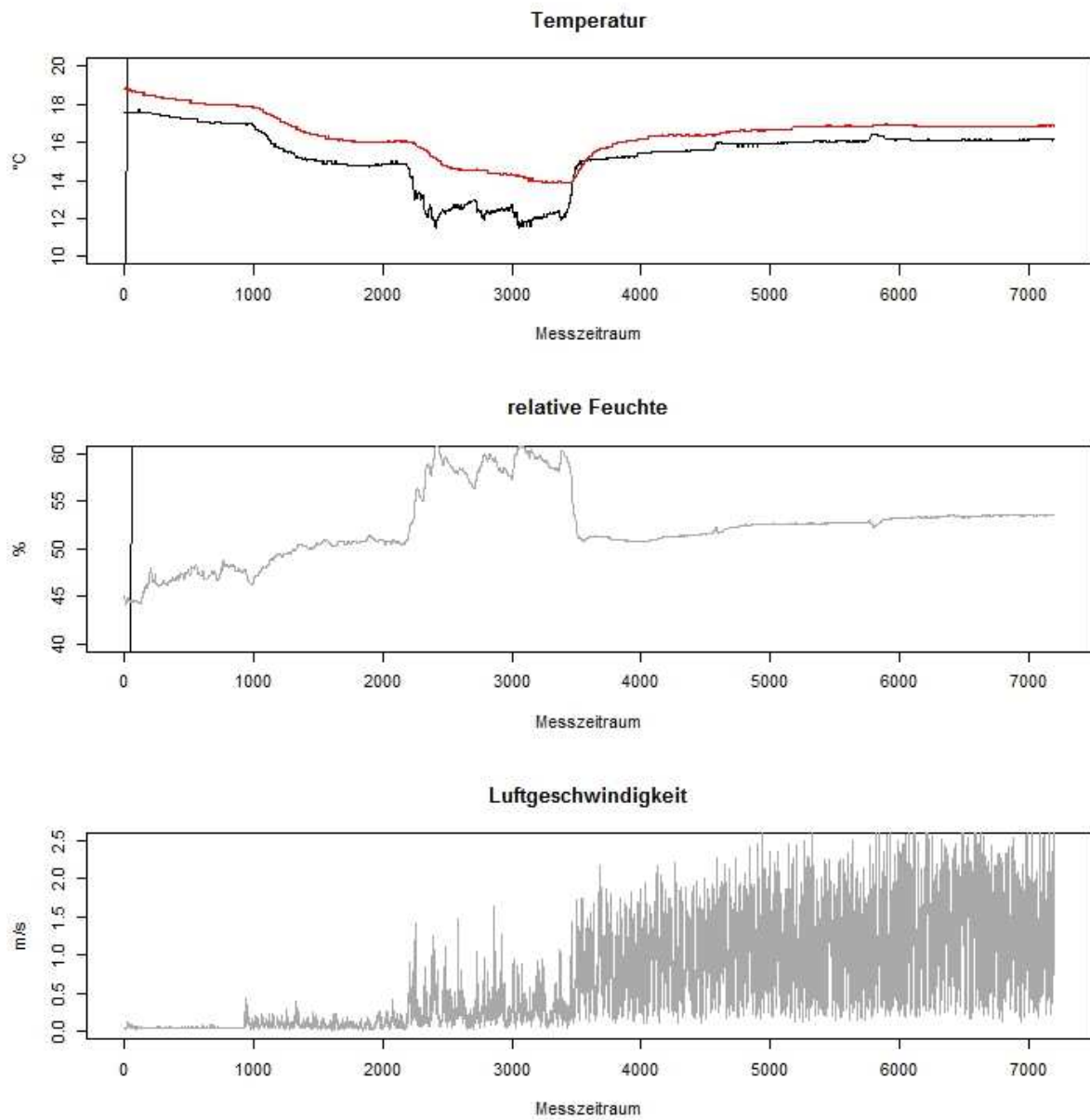


Abbildung 97: Messgrößen Temperatur, relative Feuchte und Luftgeschwindigkeit

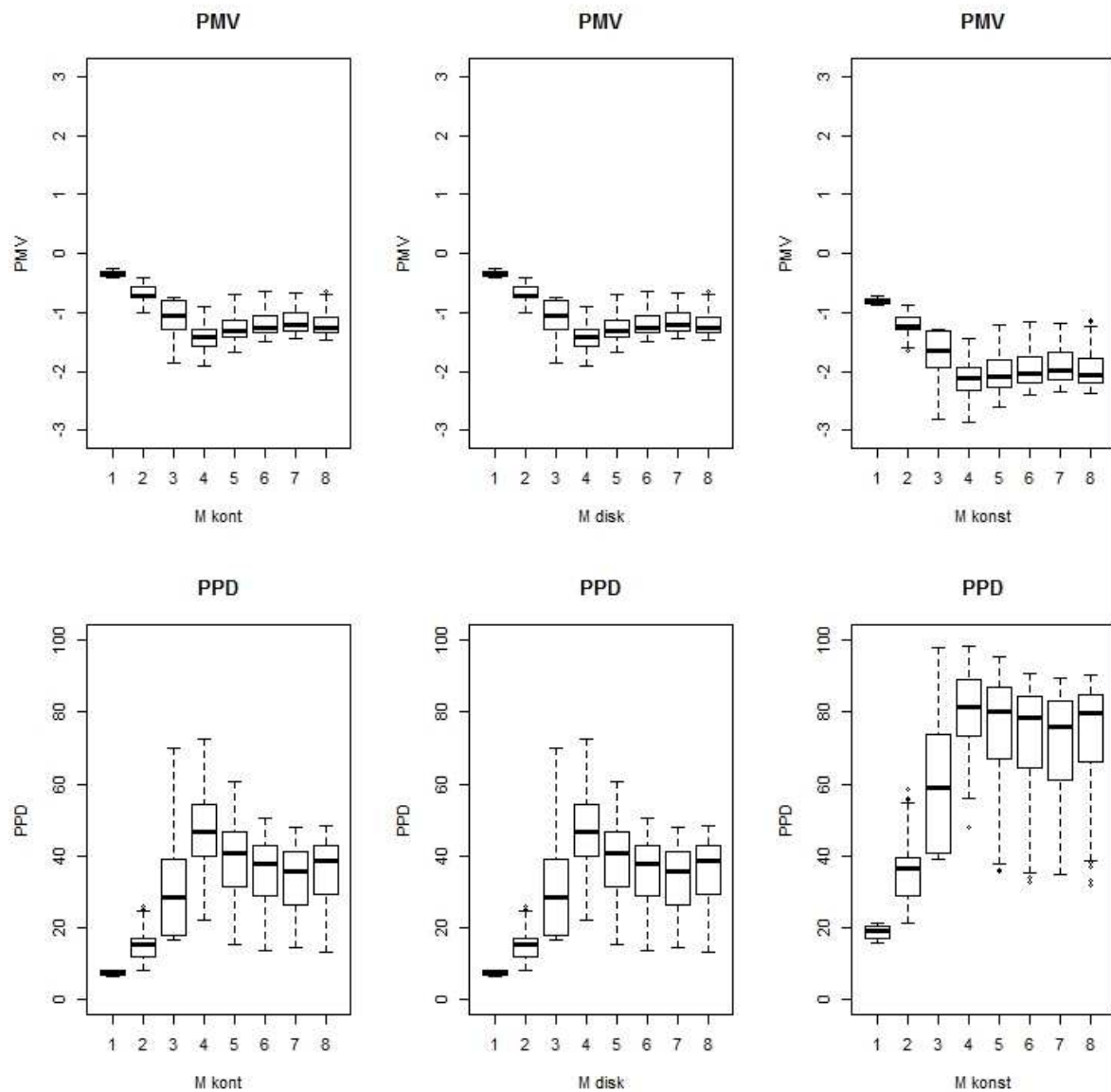


Abbildung 98: PMV und PPD-Index, Position1 bis 8, Betrachtungszeitraum 27.03.2015

### 3.5.8 PMV-, PPD-Index Vergleich (Boxplot)

Messpunkte 1 bis 8, und Messzeitpunkte 27.03.2015, Testraum Prüfstand



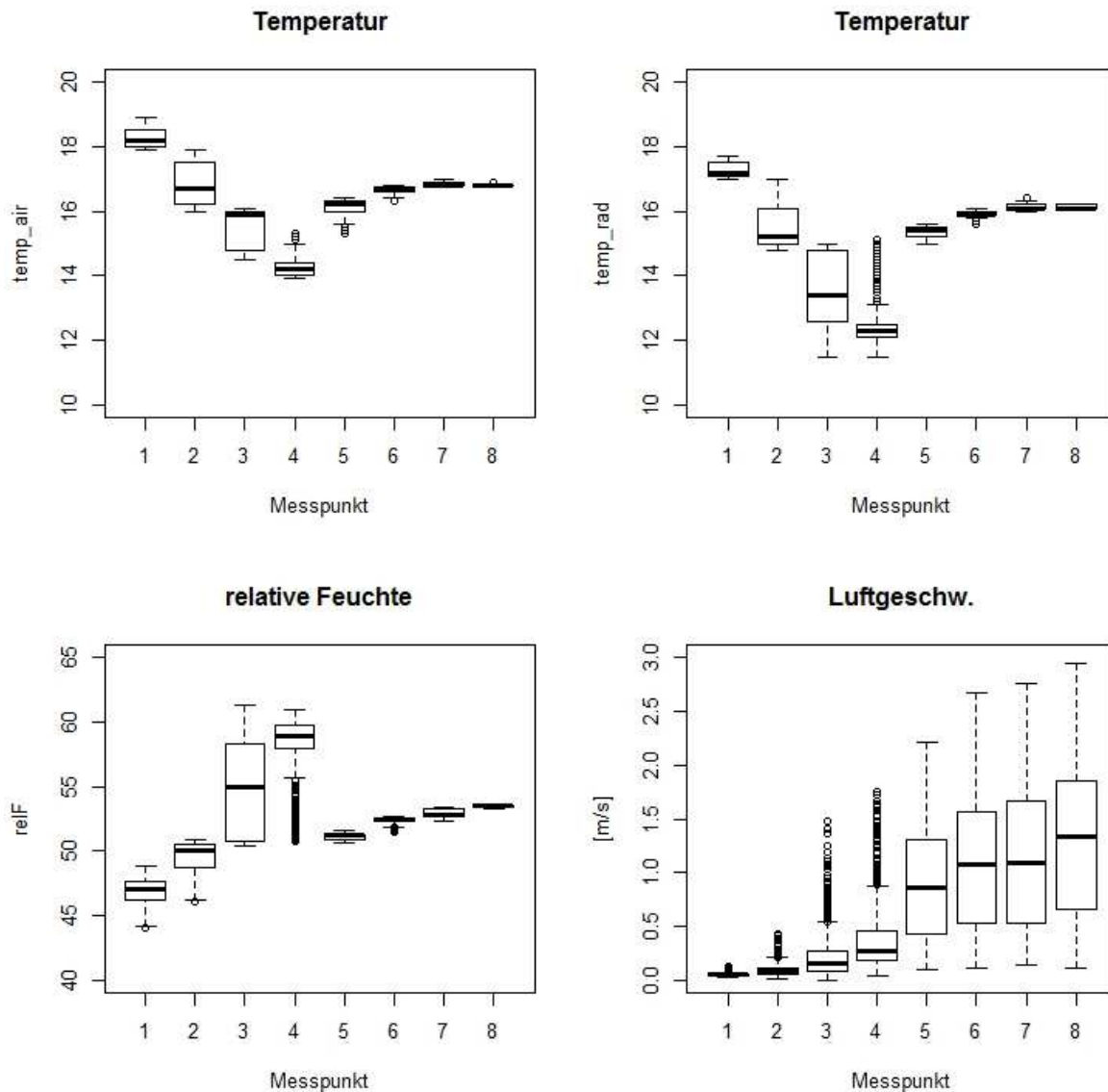


Abbildung 99: PMV-, PPD-Index Betrachtungszeitraum 27.03.2015, Vergleich verschiedener Messpunkte, Softwarepakete: R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

### 3.5.9 Schimmelpilzbildung und Holzverrottung ausgeschlossen

Am Beispiel der messtechnisch begleiteten praktischen Umsetzung in der Barichgasse wird beispielhaft gezeigt, dass die Auswertung der ersten Messdaten (Abbildung 100) die Ergebnisse aus der Berechnung bzw. der bauphysikalischen Nachweisführung bestätigt hat und dass es in den untersuchten Bereichen der Konstruktion nicht zu Schimmelpilzbildung (Abbildung 102 und Abbildung 103) und Holzverrottung kommt (Abbildung 101).

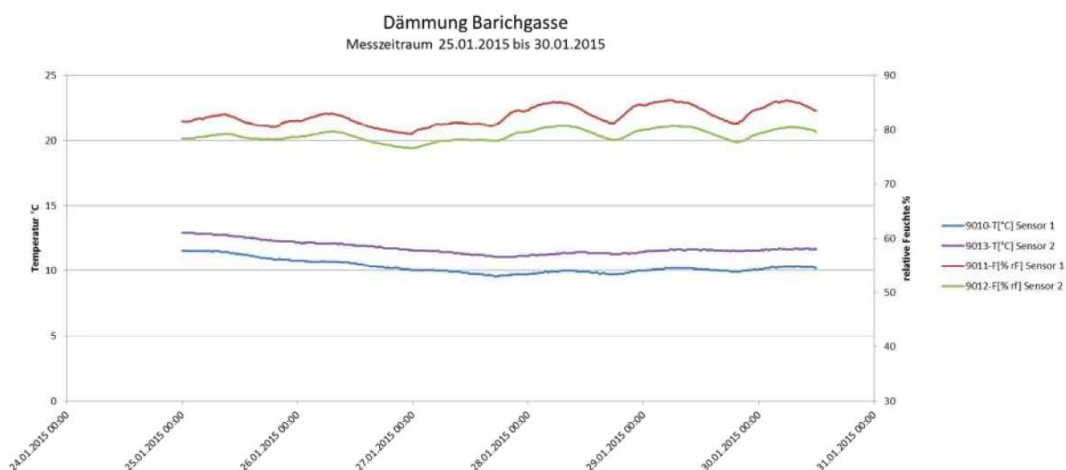


Abbildung 100: Darstellung der Messdaten, Sensoren zwischen Dämmung und Bestandsmauerwerk, Messzeitraum 25.1. bis 30.1.2015

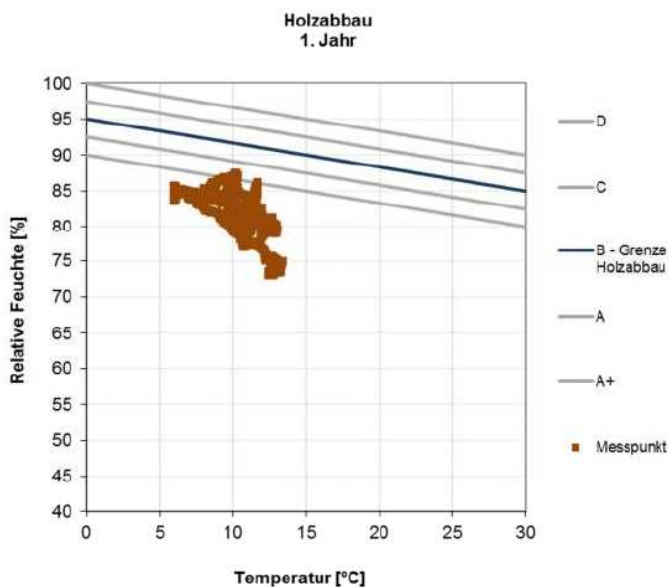


Abbildung 101: Holzabbau Sensor 2 Holzständerkonstruktion-Dämmung/Bestand, Messzeitraum 23.12.2014 bis 30.01.2015

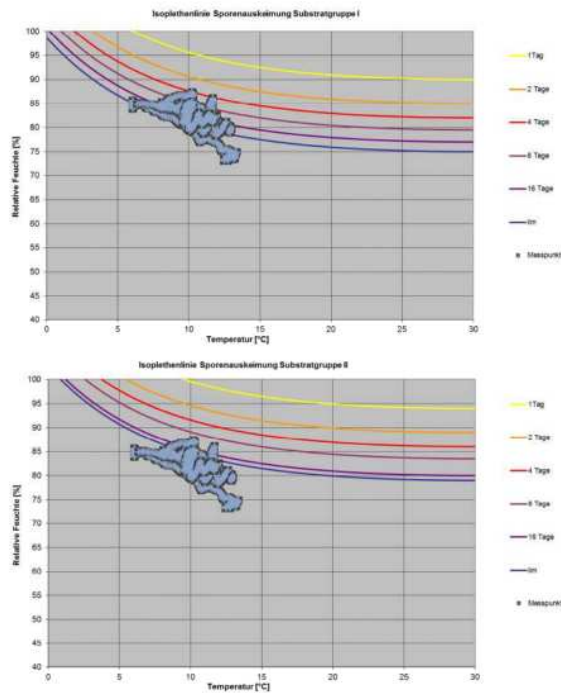


Abbildung 102: Beurteilung des Risikos für Schimmelpilzbildung - Sensor 1 Dämmung/Bestandsmauerwerk, Isoplethenlinie Sporenauskeimung Substratgruppe I und II; Messzeitraum 23.12.2014 bis 30.01.2015

Messpunkt		Isoplethenmodell Substrat 0
Mindestdauer	Tatsächliche maximale Dauer	Bewertung
1 Tag	0	Schimmelpilzbildung nicht möglich
2 Tage	0	Schimmelpilzbildung nicht möglich
4 Tage	0	Schimmelpilzbildung nicht möglich
8 Tage	0	Schimmelpilzbildung nicht möglich
16 Tage	0	Schimmelpilzbildung nicht möglich
lim	52	Schimmelpilzbildung möglich

Messpunkt		Isoplethenmodell Substrat I
Mindestdauer	Tatsächliche maximale Dauer	Bewertung
1 Tag	0	Schimmelpilzbildung nicht möglich
2 Tage	0	Schimmelpilzbildung nicht möglich
4 Tage	0	Schimmelpilzbildung nicht möglich
8 Tage	0	Schimmelpilzbildung nicht möglich
16 Tage	0	Schimmelpilzbildung nicht möglich
lim	0	Schimmelpilzbildung nicht möglich

Messpunkt		Isoplethenmodell Substrat II
Mindestdauer	Tatsächliche maximale Dauer	Bewertung
1 Tag	0	Schimmelpilzbildung nicht möglich
2 Tage	0	Schimmelpilzbildung nicht möglich
4 Tage	0	Schimmelpilzbildung nicht möglich
8 Tage	0	Schimmelpilzbildung nicht möglich
16 Tage	0	Schimmelpilzbildung nicht möglich
lim	0	Schimmelpilzbildung nicht möglich

Abbildung 103: Überschreitungzeiten Sensor 1 Dämmung/Bestandsmauerwerk, Substratgruppe I und II; Messzeitraum 23.12.2014 bis 30.01.2015

### 3.6 Ökologische und ökonomische Systemanalyse

Als besonderes Highlight kann auch der im Rahmen des Projekts für die Anforderungen der Sanierung mit Innendämmung weiterentwickelte Amortisationsrechner gesehen werden. Hierbei wurden nicht nur aktuelle Kostenkennwerte erfasst, sondern auch ein Postprocessing zur anwendungsorientierten Darstellung entwickelt. Die Ausgabe der ökologischen wie auch wirtschaftlichen Amortisationsdauer stellt dabei ebenso eine Neuheit dar wie eine u-Wert bezogene Gegenüberstellung der Varianten. Für die Innendämmsysteme wurden die Kosten hierfür in fixe und variable Kosten aufgeteilt, um diese in Abhängigkeit der Dämmstoffstärke darstellen zu können.

Nachfolgend beispielhaft die Beurteilung der Systemkomponente Fenster der Muster-Sanierungs-Lösungen hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Praxistauglichkeit, Raumkomfort und Lebenszyklus. Beschreibung der Methodik und der Beurteilungskriterien sind in Teil 2 des Leitfadens IDSolutions zusammengefasst.

### **3.6.1 Fenster**

Die Fenster als integraler Bestandteil der Außenhaut eines Gebäudes stellen bei der Renovierung immer eine besondere Herausforderung dar. Dabei haben Fenster eine Fülle von Aufgaben zu erfüllen. Sie sollen ausreichend Lichteinfall gewährleisten, Wetter und Kälte draußen halten, solare Gewinne ermöglichen, zum Lüften geöffnet werden können und Mindestanforderungen im Schallschutz erfüllen. Unter Umständen kommen noch Anforderungen wie Sichtschutz, Sonnenschutz, Durchbruchschutz oder Brandschutz hinzu.

Im Laufe der Zeit unterlagen Fenster also einer umfassenden Entwicklung, sodass bei einer Sanierung mit den unterschiedlichsten Ausprägungen von Fenstern zu rechnen ist, die in der Folge auch bereits wieder einem oder mehreren Sanierungsprozessen unterworfen waren. Ein Großteil der heute noch im Bestand erhaltenen Fenster in Wien stammt aus der Gründerzeit und ist nach Art des „Wiener Kastenfensters“ konstruiert. Hierbei handelt es sich um Doppelfenster, bei denen beide Rahmen konstruktiv zusammengefasst sind. Daraus ergibt sich ein kastenförmiger Hohlraum zwischen den beiden Glasflächen. Während sich beim Grazer Fenster der äußere Flügel nach außen, und der innere nach innen öffnet, öffnen sich beim Wiener Kastenfenster beide Flügel nach innen. Damit das möglich ist, muss das äußere Fenster etwas kleiner sein als das innere. Bereits seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts gibt es Verbundfenster, sie fanden aber erst nach dem zweiten Weltkrieg breite Anwendung. Beim Verbundfenster sind zwei Glasscheiben in einem Fensterflügel integriert, wobei eine Scheibe des Verbundflügels zum Putzen geöffnet werden kann. Seit 1959 sind Isolierglasfenster am Markt erhältlich. Schließlich, da die Anforderungen an den Wärmeschutz strenger wurden, kam das Wärmeschutzfenster auf den Markt.

#### **3.6.1.1 Fensterglas**

Fensterglas wird heute wegen der besseren Glasqualitäten überwiegend im Floatglasverfahren hergestellt. Dabei läuft das geschmolzene Glas (aus Kalkstein, Quarz und Soda) unter Schutzgas über eine mit geschmolzenem Zinn gefüllte Wanne.

Isolierglasfenster sind Einfachfenster mit 2- oder 3-Scheiben-Verglasung. Der Zwischenraum ist mit getrockneter Luft gefüllt und luftdicht abgeschlossen. Sie repräsentieren im Wesentlichen das Verglasungssystem der 80er Jahre und haben die Verbundfenster fast gänzlich verdrängt. Wärmeschutzfenster sind Einfachfenster mit edelmetallbeschichteter 2- oder 3-Scheiben-Verglasung. Als Beschichtungsmaterial kommt meist Silber in Frage. Diese Silberschicht lässt kurzwellige Lichtstrahlen durch, reflektiert aber langwellige Wärmestrahlung zurück in den Raum. Der Zwischenraum zwischen den Glasscheiben ist mit Gas gefüllt. Die Edelgasfüllung vermindert den Wärmetransport über Konvektion. Meistens wird Argon zur Füllung eingesetzt, da es als Nebenprodukt bei der Ammoniaksynthese nach dem Haber-Bosch-Verfahren anfällt und daher ohne zusätzlichen Energieaufwand oder sonstige Kosten zur Verfügung steht. Für jedes Edelgas ergibt sich ein günstigster Scheibenabstand (16 mm für Argon, 12 mm für Krypton, 8 mm für Xenon). Diese Fenster sind derzeit der modernste technische Stand. Wärmeschutzverglasungen sind vergleichsweise aufwändig in der Herstellung. Die Bedampfung und der relativ hohe Anteil an Fremdstoffen erschwert das Recycling. Trotzdem sind Wärmeschutzverglasungen in ihrer

Bilanz über dem gesamten Lebenszyklus positiv zu bewerten, da der hohe Wärmeschutz zu großen Energieeinsparungen und damit Umweltentlastungen führt. Als Grundregel für die optimalen Eigenschaften von Fensterglas gilt: möglichst geringer Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) mit möglichst hohem Gesamtenergiedurchlassgrad, wobei die Orientierung des Fensters eine wesentliche Rolle für die Optimierung spielt.

### 3.6.1.2 Fensterrahmen und Profile

Bis in die 50er Jahre wurden Fensterrahmen in Wohngebäuden aus Holz gefertigt, Fenster in Nutz- und Industriebauten waren mit Holz oder Stahlprofilen versehen. 1954 kam das erste Kunststofffenster serienmäßig auf den Markt. Der weitaus größte Anteil der am Markt befindlichen Kunststofffenster besteht aus PVC-Hohlkammerprofilen mit drei oder vier Kammern, welche teilweise ausgeschäumt werden. Heutige Fensterprofile sind aus Aluminium, Holz-Aluminium und PVC. Es gibt aber auch Stahlprofile, Gusseisen und sehr selten noch Blei. Der Vorteil von Aluminium besteht darin, dass es nicht abwittert. Seine Herstellung ist zwar mit einem hohen Energieaufwand verbunden, aber das Material kann im Anschluss an die Nutzung wiederverwertet werden. Aluminium leitet Wärme sehr effektiv, weshalb Aluprofile heute oft mit PU-Schäumen ausgefüllt sind. Holz-Aluminium-Rahmen erlauben im Innenraum die angenehme Holzoberfläche und schützen das Holz an der Außenseite effektiv vor Verwitterung. Sie sind im Neubau eine beliebte Variante. Auf PVC-Fenster sollte soweit wie möglich verzichtet werden. PVC erfordert in der Herstellung den Einsatz von höchst bedenklichen Vorstufenmaterialien. Zudem gibt es noch keine Möglichkeit der Wiederverwendung. Es gibt keinen natürlichen Abbauweg, was allerdings für alle Kunststoffe gilt. Wegen des hohen Chlorgehaltes kann es in Mitverbrennungsanlagen nur in sehr geringen Mengen zugesetzt werden.

### 3.6.1.3 Sanierung Fenster

Nach der heutigen Bauordnung erfüllen alte Kastenfenster, Verbundfenster und Isolierglasfenster die Anforderungen an den Wärmeschutz nicht mehr. Im Fall einer Sanierung ist daher Handlungsbedarf gegeben. Dabei ist bemerkenswert, dass Kastenfenster oft bessere oder zumindest gleichwertige Wärmedämmeigenschaften besitzen als Isolierglasfenster, durch die sie in den letzten Jahrzehnten leider häufig ersetzt worden sind. Wo immer möglich, sollten Kastenfenster, nicht nur aus Gründen des Denkmalschutzes, sondern auch aus wärmetechnischen Überlegungen, erhalten bleiben.

Art des Fensters	Gesamt-U-Wert [W/m <sup>2</sup> -K]
einfaches Fenster	~ 5,8
Kastenfenster	~ 2,3

Verbundfenster	~. 2,3
Isolierglasfenster	1,9-2,7
Wärmeschutzfenster	0,5-1,1
saniertes Kastenfenster	0,91-1,1

*Tabelle 3: U-Werte von Fenstern*

Der größte Sanierungsbedarf ist in Österreich bei Kastenfenstern gegeben, weshalb hier im Wesentlichen die Sanierung von Kastenfenstern betrachtet wird. Auf Verbundfenster und Isolierfenster wird im Weiteren nur am Rande eingegangen.

### **Winddichtheit**

Bei der Sanierung von Kastenfenstern ist insbesondere darauf zu achten, dass die Fenster gut schließen. Dies schließt auch die Reduzierung oder gänzliche Eindämmung des unkontrollierten Luftaustausches, je nach Anforderungen an die Luftdichtheit des gesamten betroffenen Objektes, durch Anbringen von durchgängigen Dichtungslippen mit ein. Auf jeden Fall ist darauf zu achten, dass in Altbauten der Wechsel zu luftdichten Fenstern zu Feuchteschäden führen kann. Im Rahmen einer Gesamtsanierung ist deshalb im Vorhinein abzuklären, ob eine kontrollierte Wohnraumlüftung eingesetzt wird. Darauf wird die Luftdichtheit der Fenster abzustimmen sein.

### **Verglasung**

Eine thermische Aufwertung der meisten 2-Scheiben-Fenster, also Kastenfenster oder Verbundfenster, kann durch das Ersetzen einer Glasscheibe durch ein Isolierglas erzielt werden. Bei Kastenfenstern ist das in der Regel das Innenfenster, im Verbundglas kann die innere Glasscheibe durch ein Isolierglas ersetzt werden. Es kann aber auch Situationen geben, in denen es günstiger ist, die äußere Scheibe durch ein Isolierglas zu ersetzen.

### **Rahmen**

#### *Holz*

Kastenfenster sind immer aus Holz hergestellt. Die Tatsache, dass heute noch so viele Fenster aus der Gründerzeit bestehen, spricht für die hervorragende Holzver- und Bearbeitung jener Zeit (siehe auch 3.6.1.4). Hervorzuheben ist, dass selbst Fenster, die sehr nachlässig gewartet wurden, alleine durch die sehr gute Qualität ihrer Erstbehandlung erstaunlich wenig Schaden genommen haben. In den meisten Fällen sind sie besser erhalten als Fenster, die bereits saniert worden sind. Dabei sind die Hauptursachen von Schäden am Fenster bedingt durch technisch fehlerhafte Reparaturen, mangelhafte Ausführungen und die Wahl des falschen Beschichtungssystems. [32]

Anstrichsysteme bilden eine deckende Schicht auf dem Holz. Ist das System nicht genügend diffusionsoffen, kann Feuchtigkeit nicht ausreichend aus dem Holz austreten. Die Folge ist, dass die Beschichtung flächig abgehoben wird, Risse bekommt und abblättert.

Kunstharzlacke können zudem mit der historischen Grundierung keine dauerhafte Bindung eingehen und blättern bereits nach kurzer Zeit ab. Noch größere Schäden sind oft verursacht durch lösemittelhaltige Kunstharzlacke, da diese besser an der historischen Grundierung haften. Die darunter eingesperrte Feuchtigkeit kann hier noch länger und effektiver das Vermorschen und Verfaulen des Holzes vorantreiben.

Ursache für die Feuchtigkeit im Holz ist oft die untere äußere Kittfuge. Kunstharzlacke können noch nicht ausgehärtetes Leinöl aus dem Kitt lösen. Dies führt zu einer Rissbildung im Kitt. Hier kann nun stetig Wasser in das Holz eindringen. [32]

Zur Verhinderung des Eintrittes von Wasser ist immer das gesamte Fenstersystem zu betrachten und zu optimieren. So können auch Fehler im Putz über Wassereintritt ins Mauerwerk angrenzende Holzbauteile beschädigen. Hilde Lerner und Franz Leutgeb schlagen daher in ihrem Leitfaden zur Fenstersanierung [32] als wichtigste Maßnahmen um Materialqualität und den konstruktiven Holzschutz zu erreichen folgende Punkte vor:

- richtige Holzwahl, richtig geschlägert, ausreichend lang gelagert
- Der Kontakt mit Wasser über Niederschläge oder mögliche Kondensate muss zeitlich und räumlich durch folgende Maßnahmen minimiert werden:
  - Diffusionsoffenes Beschichtungssystem, sodass eingedrungene Feuchtigkeit jederzeit flächig ausdiffundieren kann. Das heißt auch, dass das Beschichtungssystem „Imprägnierung-Grundierung-Decklack“ immer von „mager“ zu „fett“ ausgeführt werden muss.
  - Alle konstruktiven Möglichkeiten müssen ausgeschöpft werden. Verblechungen intelligent eingesetzt: richtig situiert, richtiges Gefälle, richtig montiert (kein Annageln an das Holz)

Das Beschichtungssystem im Holzschutz spielt also gerade bei der Sanierung von Fenstern eine zentrale Rolle. Diffusionsoffener Beschichtungssysteme wie Alkydharzlacke oder Acrylate weisen zwar die Anforderungen an die Diffusionseigenschaften, sind aber aus anderen Gründen bedenklich.

Für Beschichtungen von Holzbauteilen wie Fenster, Türen etc. wurde bis ins späte 20. Jahrhundert Bleiweiß wegen seiner hervorragenden technischen Eigenschaften verwendet. Alte Beschichtungen auf Holz können also mit dem Gefahrstoff Blei belastet sein. Dies stellt für die übliche Nutzung keine Gefahr dar. Eine einfache Neubeschichtung mit Leinöl auf einem intakten historischen Beschichtungssystem führt ebenfalls zu keiner Gefahr, weder für den ausführenden Restaurator noch für die späteren Benutzer. Oft wurden diese alten Beschichtungen überstrichen, sodass in den oberen Beschichtungsschichten kein Blei mehr zu erwarten ist. Eine Überholungsbeschichtung auf einem tragfähigen Untergrund ist also ohne großen Aufwand möglich.

Erst eine mechanische Bearbeitung des Holzes bzw. der Beschichtung wie abrasive oder thermische Behandlung zur Entfernung vorhandener Beschichtungen können zu einem erhöhten Anteil von Blei in Staub und Luft führen. Wird also durch Bearbeitungsmethoden wie Schleifen, Abbrennen, Erweichen, Abschaben, Fräsen oder Sägen bleihaltiger Staub freigesetzt, werden besondere Arbeits- und Umweltschutzmaßnahmen erforderlich, festgeschrieben in den „Technischen Regeln für Gefahrenstoffe“ [32]. Detaillierte und umfangreiche Information über das richtige Vorgehen bei der Sanierung von bleihaltigen Beschichtungen auf Holz bzw. die Konsequenzen für den Arbeitsschutz bietet das von der wissenschaftlich-technischen Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege erstellte Merkblatt in [33].

*Empfehlung:* Wo immer möglich, sollte auf das historische Leinölsystem zurückgegriffen werden. Dieses Anstrichsystem hat hervorragende Diffusionseigenschaften. Es wittert flüchtig ab (Kreiden), sodass erkannt werden kann, wann ein Neuanstrich erforderlich ist. Vor einem Neuanstrich muss die Oberfläche lediglich aufgeraut werden, ev. genügt sogar ein Abwischen mit Spiritus und einem Schuss Salmiak.

Nachteilig ist sicher, dass dieses System von erfahrenen Fachmännern ausgeführt werden muss und die frisch behandelten Fenster unter Umständen bis zu 14 Tage trocknen müssen. Die Oberfläche weist typischerweise immer Pinselstriche auf, was in der Altbausanierung sogar gewünscht oder gefordert sein kann. [32]

#### *Purenit*

Ein relativ neues Material in der Sanierung von Kastenfenstern stellt Purenit dar. Es wird häufig als „Holzersatzwerkstoff“ verwendet. Zum Beispiel als Einleimer in Tür- und Sandwich-Konstruktionen oder als Kernmaterial in Sandwich-Elementen für Möbel in Nass- und Feuchträumen. Zur Fertigung der holzspanähnlichen Werkstoffe werden zerkleinerte PU-Produktionsreststoffe mit Bindemittel (wie die PU-Reststoffe ebenfalls auf MDI-Basis) verpresst.

Aus ökologischer Sicht wirkt sich die Verwendung eines Produktionsabfalls für die Herstellung eines hochwertigen Produkts positiv aus (Purenit besteht zu ca. 80 % des Produktgewichts aus PU-Hartschaum-Reststoffen). 1997 hat der Hersteller Puren-Schaumstoff GmbH dafür einen Preis im Rahmen des „2. European Recycling Award“ erhalten. Die Jury würdigte dabei besonders, dass es sich bei den entstehenden Produkten um "Upcycling", also die Herstellung höherwertigerer Sekundär-Produkte handelt, die bisher als Abfall klassiert wurden.

Es besteht die Gefahr, dass HFKW enthalten sind. HFKW (teilhalogenierte Fluor-Kohlenwasserstoffe) werden als Treibmittel in PU-Schäumen eingesetzt. Wegen ihres hohen Treibhauspotentials ist ihr Einsatz in Österreich weitestgehend verboten, im umliegenden Ausland, aus dem die Recyclingstoffe ebenfalls stammen können, ist der HFKW-Einsatz nach wie vor erlaubt.

Nachteilig an Purenit ist, dass vergleichsweise hohe Mengen an einem ökologisch ungünstigen Bindemittel notwendig sind, um die PU-Reststoffe zu verkleben:



MDI ist die Kurzbezeichnung für polymeres MDI (Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat oder 4,4'-Methyldiphenyldiisocyanat). MDI ist in Carc. 2 H351 (Verdacht auf krebserzeugende Wirkung, krebserzeugende Arbeitsstoffe) eingestuft. Der Herstellungsprozess verläuft mehrstufig über eine Reihe von gesundheitsgefährdenden Zwischen- und Nebenprodukten wie Nitrobenzol, Chlorgas, → Phosgen und Formaldehyd. Trotz der üblicherweise deutlichen Unterschreitung der MAK-Werte in medizinischen Untersuchungen sind Erkrankungen bei isocyanatexponierten Arbeitnehmern feststellbar. Besonders bei der Verarbeitung von 2-komponentigen Produkten sind daher umfangreiche Arbeitsschutzmaßnahmen nötig. Bereits ausgehärtete Polyurethane sind dagegen unproblematisch. Im Brandfall erfolgt bei polyurethanhaltigen Materialien eine der Bildungsreaktion analoge Rückreaktion und größere Mengen Isocyanate werden freigesetzt, sowie Blausäure [34].

#### *PVC*

Die Herstellung von PVC ist dermaßen bedenklich, dass generell vom Einsatz von PVC-Fenstern abgeraten wird. Daher wird in diesem Leitfaden nicht weiter auf diese Produktgruppe eingegangen.

### **Ökologische und ökonomische Bewertung**

Mit dem Wiener-Komfort-Fenster wurden 2008 – im Rahmen eines vom ZIT - Zentrum für Innovation und Technologie der Stadt Wien „Call Vienna Environment 2008“ – geförderten Projekts - die Besonderheiten des Kastenfensters einer zeitgemäßen, wirtschaftlich attraktiven, energetisch effizienten und architektonisch ästhetischen Modernisierungslösung zugeführt.

Außenflügel und Fensterkasten bleiben erhalten. Das alte Innenfenster wird durch ein modernes Holzfenster mit zeitgemäßen Wärme- und Schallschutzwerten ersetzt. Bewohner werden durch den schnellen, staub- und lärmarmen Einbau kaum gestört. Da die Außenflügel des Fensters und der Fensterkasten nicht abgebrochen werden, kann zu jeder Jahreszeit und bei jeder Witterung montiert werden.

Seit der Entwicklung des Wiener-Komfort-Fensters vor 5 Jahren findet diese Variante der Modernisierung von Kastenfenstern eine breite Anwendung. Der Einsatz reicht von einzelnen Zimmern, die Modernisierungen von Büro- oder Wohneinheiten hin zu ganzen Gebäuden. Weitere Maßnahmen zur Steigerung von Behaglichkeit und Energieeffizienz - das Aufbringen einer Innendämmung, die Implementierung einer Lüftungsanlage, u.ä. können mit dem Wiener-Komfort-Fenster kombiniert werden.

Bei der Entwicklung des Wiener-Komfort-Fensters wurde von einem frühen Planungsstadium weg, eine baupraktisch umsetzbare und dauerhafte Lösung angestrebt, bei der Materialien eingesetzt wurden, die eine erhöhte bauphysikalische sowie materialtechnische Sicherheit bieten und auch in Bezug auf die Verarbeitbarkeit den komplexen Anforderungen gerecht werden. Durch den bauphysikalischen Nachweis kritischer Details konnte die Anwendungssicherheit und Dauerhaftigkeit bestätigt, Planungs- und Rechtssicherheit geschaffen, und letzten Endes, der hohe Anspruch in Gestaltung, Nachhaltigkeit und Erhaltung der Bausubstanz erfüllt werden.

Für die thermische Qualität der Verglasung stehen verschiedenen Aufbauten zur Verfügung. Die Konstruktionsvariante des Wiener-Komfort-Fensters mit 2-Scheibenverglasung 4-16-4 und Argon-Füllung ergibt nach der Modernisierung einen U-Wert - gesamtes Kastenfensters, 4-flügeliges Fenster, Stocklichte 100/200 cm, Breite des Fensterzwischenraums 22,5 cm - von 0,97 W/m<sup>2</sup>K. Bei einer 3-Scheibenverglasung 3-8-2-8-3 und Krypton-Füllung wird ein U-Wert von 0,91 W/m<sup>2</sup>K erreicht. [35]



*Abbildung 104: Sanierung auf Ebene der Nutzungseinheit mit Wiener Komfort Fenster (Bildquelle und Copyright Wiener-Komfort-Fenster Lux e.U.)*

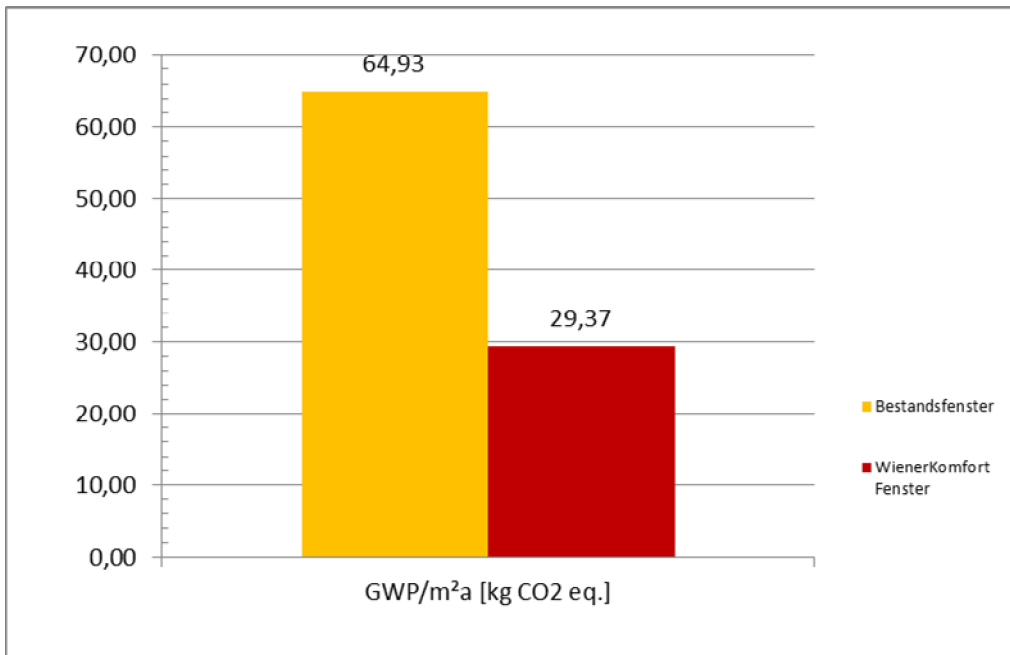


Abbildung 105: GWP für Herstellung des Fensters und Heizung (Energieträger: Gas)

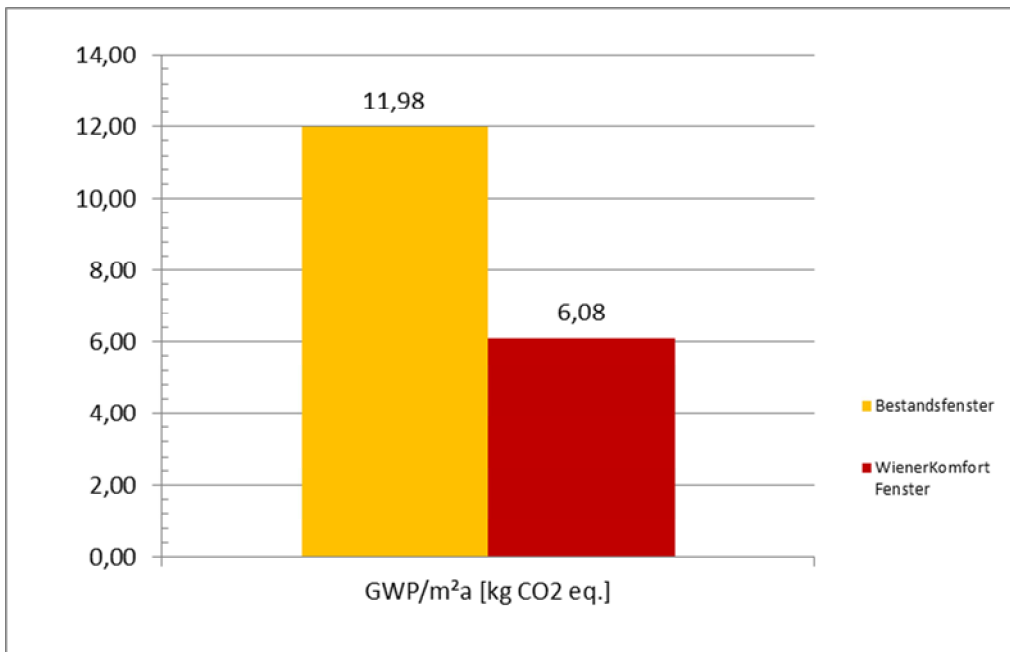


Abbildung 106: GWP für Herstellung des Fensters und Heizung (Energieträger: Fernwärme)

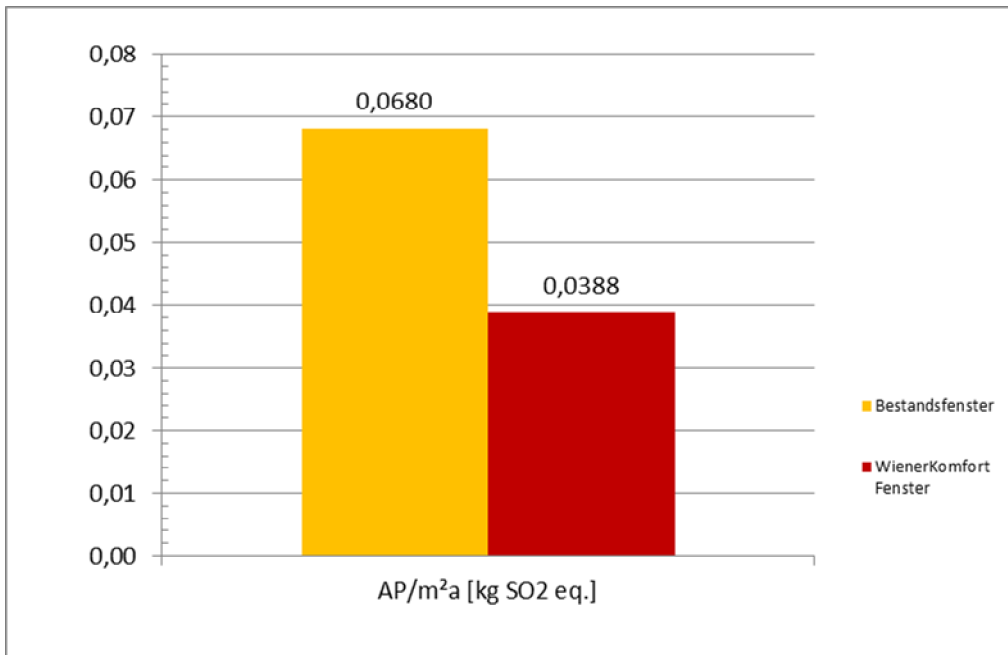


Abbildung 107: AP für Herstellung des Fensters und Heizung (Energieträger: Gas)

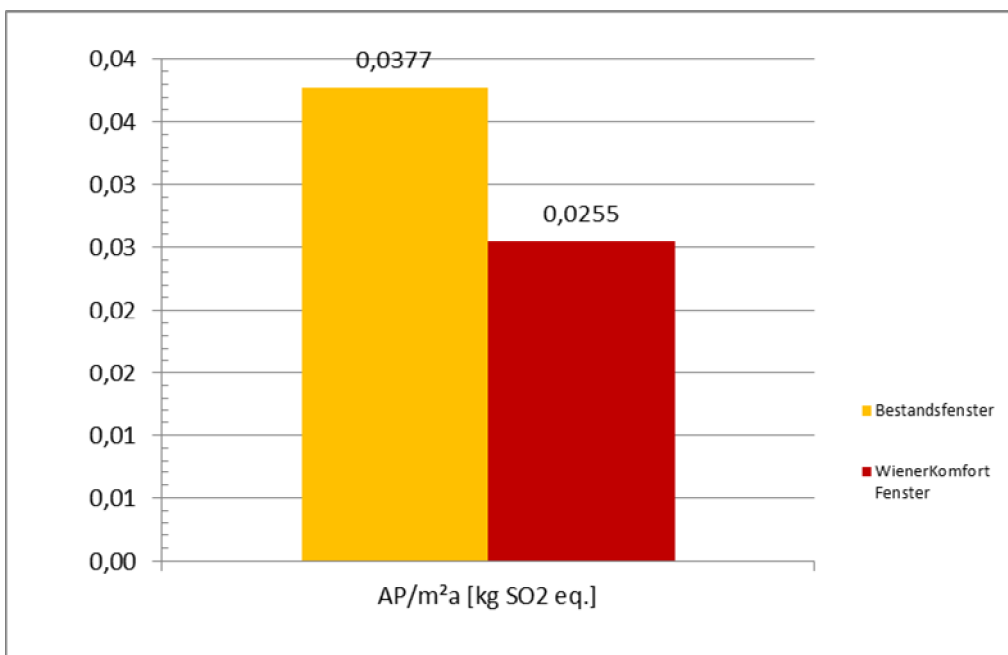


Abbildung 108: AP für Herstellung des Fensters und Heizung (Energieträger: Fernwärme)

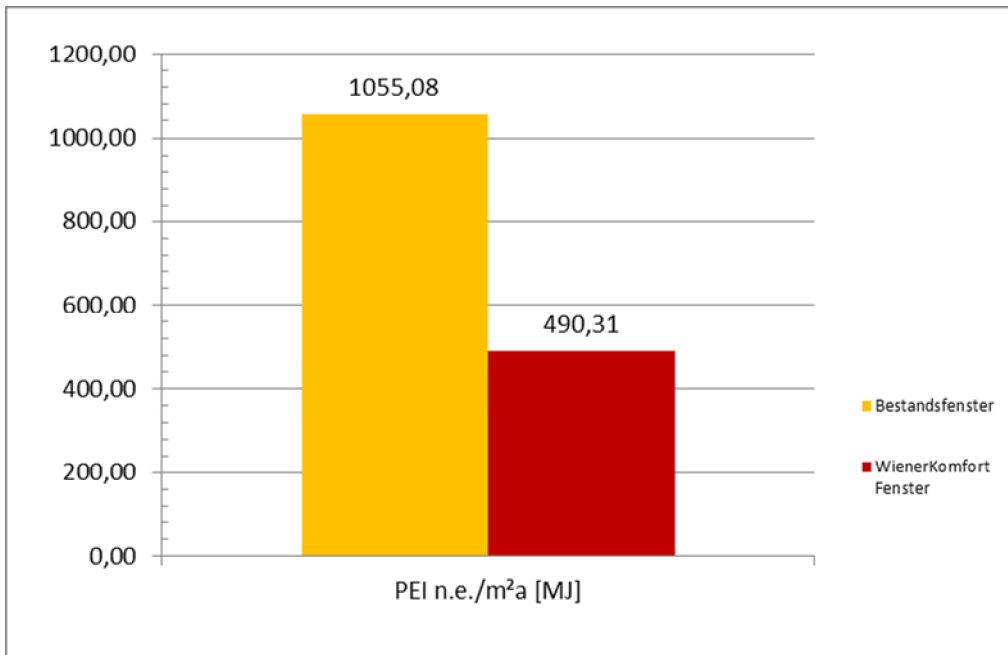


Abbildung 109: PEI n.e. für Herstellung des Fensters und Heizung (Energieträger: Gas)

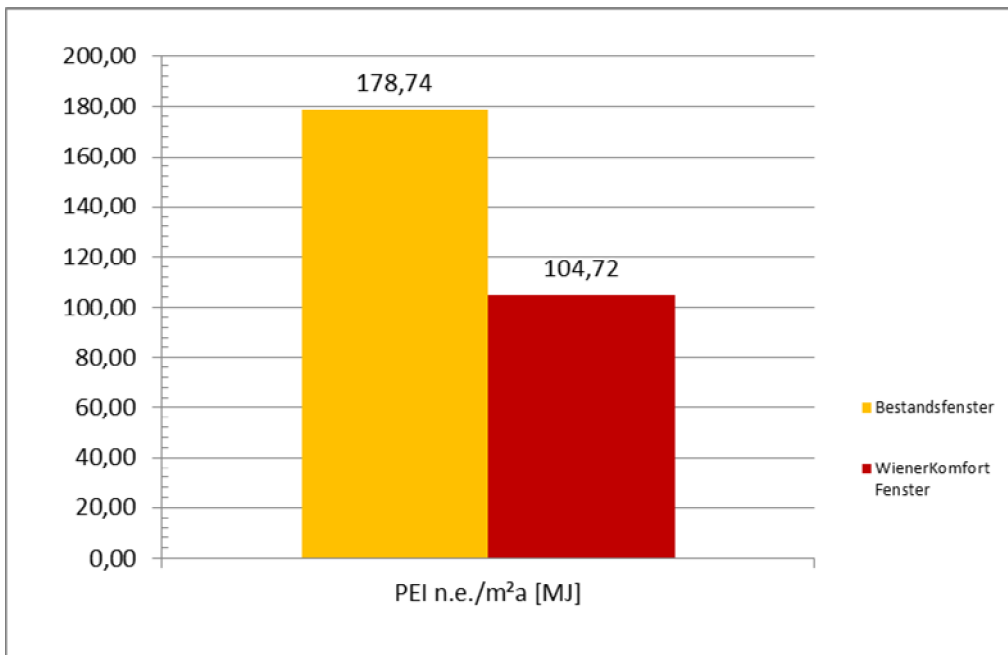


Abbildung 110: PEI n.e. für Herstellung des Fensters und Heizung (Energieträger: Fernwärme)

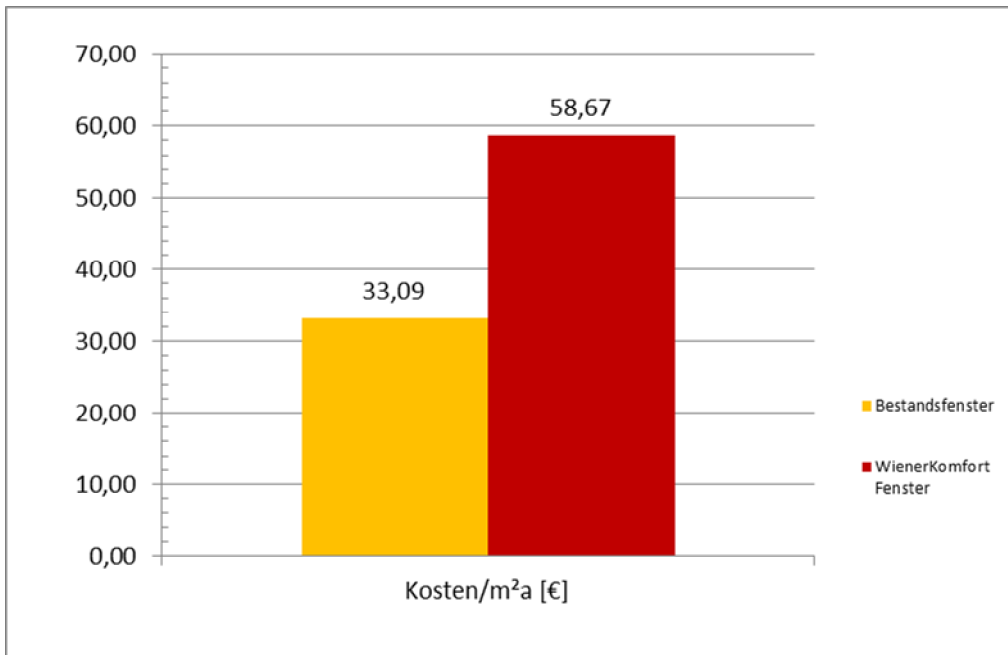


Abbildung 111: Kosten für Herstellung des Fensters und Heizung (Energieträger: Gas)

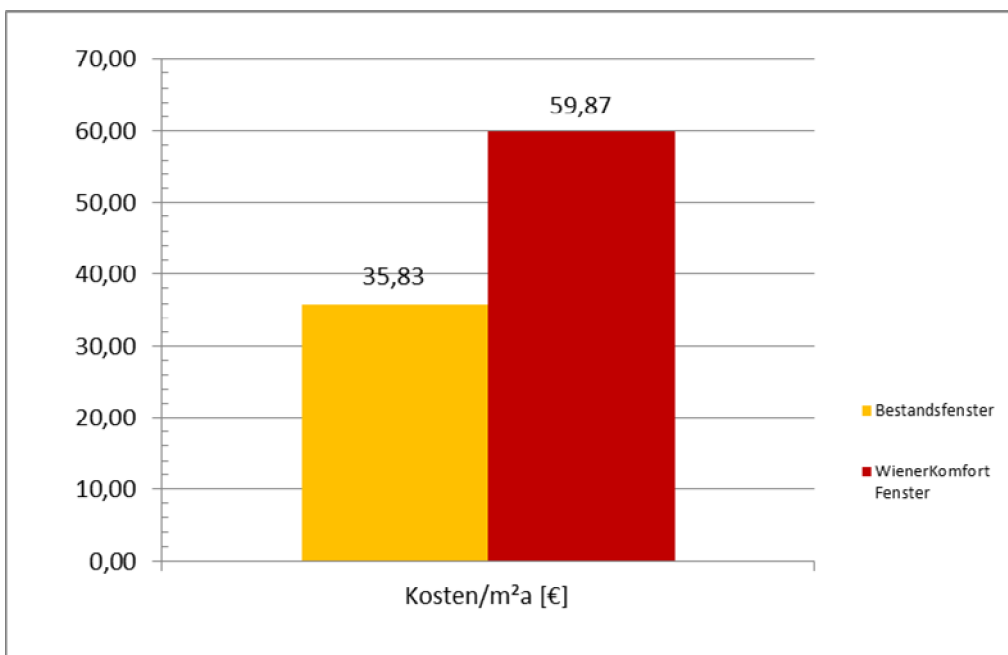


Abbildung 112: Kosten für Herstellung des Fensters und Heizung (Energieträger: Fernwärme)

Bauökologische Richtwerte und produktspezifische Ökobilanzdaten für weitere Fenster sind auf der Plattform [baubook](http://www.baubook.info) veröffentlicht und können im Ökobilanzrechner [eco2soft](http://www.baubook.info/eco2soft/) verwendet werden.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> <http://www.baubook.info> bzw. <http://www.baubook.info/eco2soft/>

#### **3.6.1.4 Holz**

Holz ist ein uralter Werkstoff, der, bei richtiger Handhabung, Jahrhunderte überdauern kann. So sind norwegische Stabkirchen aus dem 13. Jahrhundert heute noch vereinzelt erhalten. In Wien sind Fenster aus vergangenen Jahrhunderten im Bestand heute keine Seltenheit. Die Existenz derartig alter Bauten bzw. Bauteile ist ein Hinweis auf das Jahrhunderte alte Wissen vergangener Kulturen um die Behandlung von Holz. In und um Wien wurde beispielsweise Holz ausschließlich im Winter geschlägert, also zu einer Jahreszeit, zu der es nicht im Saft steht. Teilweise wurden die Holzstämme geflößt, das heißt, die schwimmenden Holzstämme wurden auf Wasserwegen transportiert. Dadurch wurden einerseits Salze aus dem Holz gelöst, wodurch sich das Holz bei der anschließenden Trocknung nicht mehr so stark verwirft, andererseits wurden mikrobiell leicht lösliche Stoffe ausgewaschen. Zur Jahrhundertwende wurde das in Wien verwendete Holz aus dem mittleren Kamptal oder aus dem Wienerwald über die Donau nach Wien geschwemmt. Anschließend wurde das Holz ausreichend getrocknet, mitunter einige Jahrzehnte lang. Holz wurde prinzipiell händisch bearbeitet. Dies bot die Möglichkeit einer ständigen Qualitätskontrolle, denn drehwüchsiges oder zu astreiches Holz konnte gar nicht mit dem Handhobel bearbeitet werden [32]. Insbesondere für die Herstellung von Fenstern wurde nur feinjähriges Holz aus höheren Lagen verwendet. Kiefernholz war wegen seines hohen Harzanteils für den Fensterbau besonders geeignet.

#### **Holzschutz**

Holz ist im Bau unterschiedlichen Einflüssen durch Witterung (Feuchtigkeit, UV, Temperaturschwankungen), biologischen Angriff (Insekten, Bakterien und Pilze) oder chemischen Einflüssen ausgesetzt. Ein umfassender Holzschutz zielt also darauf ab, folgende Bereiche zu optimieren:

- Verhindern des natürlichen Holzabbaus
- Vorbeugung und Bekämpfung der Befalls von Insekten, Bakterien und Pilzen
- Verhindern von Schwinden und Quellen durch Wasser oder Feuchtigkeit aus der Umgebung
- Erhöhung der natürlichen Dauerhaftigkeit
- Erhöhung des mechanischen Widerstandes
- Vorbeugen gegen Witterung in Form von Wasser, Feuchte oder Sonneneinstrahlung

#### **Konstruktiver Holzschutz**

Der konstruktive Holzschutz stellt eine dauerhafte Trockenhaltung des Holzes sicher, wodurch Pilz- oder Bakterienbefall weitgehend verhindert werden kann und vorbeugender chemischer Holzschutz entbehrlich gemacht wird. Auf konstruktiven Holzschutz von Bauteilen im Außenbereich sollte generell immer geachtet werden, auch wenn er hier nicht immer alleine ausreichend ist und das Holz eventuell zusätzlich noch anderweitig geschützt werden muss. Dieser Prozess beginnt bereits in einer sehr frühen Planungsphase.

#### **Natürlicher Holzschutz**

Der natürliche Holzschutz bezieht sich auf die Haltbarkeit des Holzes und dessen Widerstandsfähigkeit gegenüber Insekten, Pilzen und Bakterien. Die DIN EN 350-2 gibt die

Zuordnung verschiedener Hölzer zu den unterschiedlichen Dauerhaftigkeitsklassen an. Dabei wird zunächst grundsätzlich zwischen Splint- und Kernholz unterschieden. Der Splint ist generell als wenig- bis nicht dauerhaft eingestuft (Dauerhaftigkeitsklasse 5). Bei den Resistenzen wird nach Art der Holzzerstörer unterschieden (Insekten, Pilze, Termiten, marine Holzschädlinge).

<b>Dauerhaftigkeit gegen Pilzbefall</b>		<b>Beispiele Holzart</b>
Dauerhaftigkeit 1	sehr dauerhaft	z.B. Afzelia, Bilingia, Greenheart, Padouk, Jarrah, Makoré, Mansionia, Teak
Dauerhaftigkeit 1-2	sehr dauerhaft bis dauerhaft	Robinie
Dauerhaftigkeit 2	dauerhaft	Stiel- oder Traubeneiche, Edelkastanie, Western Red Cedar, Bankirai, Bubinga, Marbau, Bongossi, Mahogany
Dauerhaftigkeit 2-3	dauerhaft bis mäßig dauerhaft	Yellow Cedar, amerik. Douglasie
Dauerhaftigkeit 3	mäßig dauerhaft	Pitch Pine
Dauerhaftigkeit 3-4	mäßig dauerhaft bis wenig dauerhaft	Europ. Lärche, europ. Douglasie
Dauerhaftigkeit 4	wenig dauerhaft	Tanne, Fichte, Ulme; amerik. Roteiche, Yellow Meranti
Dauerhaftigkeit 5	nicht dauerhaft	Birke, Buche, Esche, Linde, White Meranti

<b>Dauerhaftigkeit gegen Insekten</b>		
Dauerhaftigkeit D	dauerhaft	gegen Hylotrupes bajulus: Brasilkiefer, Sugi
Dauerhaftigkeit S	anfällig	gegen Anobiom punctaum: Kiefer, Lärche, Ulme, Eiche, Robinie, Walnuss, Esche, Buche, Erle, Douglasie, Eibe
Dauerhaftigkeit SH	auch Kernholz ist als anfällig bekannt	gegen Hylotrupes bajulus: Tanne, Fichte

<b>Dauerhaftigkeit gegen Termiten</b>		
Dauerhaftigkeit D	dauerhaft	Robinie, Maobi, Walaba, Bubinga, Bongosse, Wenige, Afrormosia, Padouk, Bankirai
Dauerhaftigkeit M	mäßig dauerhaft	Edelkastanie, europ. Eiche, americ. Cedar, Basralocus



Dauerhaftigkeit S	anfällig	Douglasie, Fichte, Kiefer, Lärche, Mahogany
-------------------	----------	--

### **Physikalischer Holzschutz**

Physikalischer Holzschutz soll Holz vor witterungsbedingten Schädigungen schützen, wie Feuchtaufnahme, Sonnenlicht oder mechanischen Einflüssen. Darunter fallen Beschichtungen, die das Eindringen von Feuchtigkeit oder die Belastung durch UV-Strahlen verhindern sollen, oder die Behandlung von Holz mit hohen Temperaturen (160 °C unter Sauerstoffmangel), was zu erhöhter Fäulnisresistenz führt.

### **Chemischer Holzschutz**

Pilze, die das Holz zerstören, bauen organisches Material aus dem Holz ab. Dies geschieht meist in Bereichen, die von einem Luftaustausch ausgeschlossen sind. Darunter fällt der echte Hausschwamm, der dem Holz die Zellulose entzieht und Lignin zurücklässt. Andere Holz zersetzende Pilze sind der Kellerschwamm, der weiße Porenschwamm, der Eichenwirrling oder der Eichenporling. Der Bläuepilz oder andere Schimmelpilze sind nicht gefährlich, da sie das Holz nicht zersetzen. Sie können aber das Aussehen eines Bauteils beeinträchtigen. Wenn der Bauteil beschichtet war, so können sie die Beschichtung zerstören, sodass Feuchtigkeit in das Holz eindringen kann.

Unter den Insekten sind besonders der Hausbock (meldepflichtig), der gemeine Nagekäfer und der braune Splintholzkäfer zu erwähnen, deren Lochfraß das Holz vollkommen aushöhlen kann.

Chemische Wirkstoffe, meist Biozide, können Holz vor solchen Schädlingen schützen. Solche Stoffe sind dazu bestimmt, Schädlinge zu töten. Der große Nachteil von Bioziden ist, dass diese Stoffe auch auf den menschlichen Organismus wirken, meist als Nervengifte. Daher ist es unerlässlich, dass der Inhaber des Gebäudes über Kenntnisse und Fähigkeiten auf dem aktuellen Stand der Technik verfügt, um über sachgemäße Vorbereitung, Durchführung und Prüfung von gesundheitlich unbedenklichen und umweltverträglichen Holzschutzmaßnahmen zu entscheiden.

Holz kann an der Oberfläche behandelt werden oder mit einem Holzschutzmittel durchtränkt werden.

Bläue ist für das Holz unbedenklich, sie kann aber die Optik eines Gebäudes beeinträchtigen. Wo möglich sollte auf Bläueschutz verzichtet werden, am ehesten sollte hier als Vorbeugung in einen konstruktiven Holzschutz investiert werden.

Durch konstruktive Maßnahmen und Wahl geeigneter Hölzer wie Lärche oder Eiche ist es möglich, auf ökologisch bedenklichen chemischen Holzschutz zu verzichten. Bei Bewitterungsversuchen des österreichischen Holzforschungsinstituts [36] zeigten Biozidausrüstungen keinen erkennbaren Einfluss auf das Abwitterungsverhalten und damit auf die Lebensdauer des Holzes oder der Beschichtung selbst, sodass laut Holzforschungsinstitut kein Anlass besteht, bei statisch nicht beanspruchten Holzteilen wie

z.B. Fenstern an einer Schutzausrüstung gegen holzerstörende Pilze weiter festzuhalten. Ein Bläueschutz gegen die in der Praxis immer wieder beobachteten Verblauungen wird vom Holzforschungsinstitut weiterhin als sinnvoll erachtet.

Es sollte jedenfalls bedacht werden, dass die Verbrennung von Hölzern, die mit Holzschutzmitteln behandelt wurden, in Anlagen erfolgen muss, die über eine entsprechende Zulassung verfügen.

### **Beschichtungen und Holzrenovierungsmassen**

Jede Art von Imprägnierung oder Beschichtung basiert auf einem chemischen System, in welchem kleinere Bestandteile entweder in Wasser oder in einem Lösemittel gehalten auf den entsprechenden Bauteil aufgetragen werden, um dort miteinander eine chemische Reaktion ein zu gehen, in der sie sich miteinander vernetzen und große untereinander verwobene Ketten, eventuell auch mit Quervernetzungen, bilden. Heute kommen fast ausschließlich synthetische, aus Mineralöl erzeugte Systeme zur Anwendung, doch das ist erst seit Mitte des letzten Jahrhunderts so. Zuvor wurden Jahrhunderte lang Imprägnierungen und Beschichtungen aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt, ein wertvolles Wissen, das vereinzelt noch ausgegraben werden kann.

### **Historische Beschichtungssysteme - Oxydativ trocknende natürliche Öle**

Öle können in trocknende, halb-trocknende und nicht-trocknende Öle eingeteilt werden. Nicht-trocknende Öle bestehen zum überwiegenden Teil aus gesättigten Fettsäuren und können daher nicht polymerisieren. Wegen ihres hohen Molekulargewichts ist ein Trocknen durch Verdunstung eben so wenig möglich. Halb-trocknende Öle wie Sojaöl oder Sonnenblumenöl trocknen nur langsam und ungenügend, sodass auch sie für Schutzbeschichtungen von Holzbauteilen nicht in Frage kommen. Trocknende Öle besitzen einen besonders hohen Anteil an ungesättigten Fettsäuren, die nach dem Auftragen an der Luft unterschiedlich schnell polymerisieren. Die wichtigsten Öle hier sind Leinöl, Mohnöl und Walnussöl, von denen wiederum das Leinöl den höchsten Anteil an ungesättigten Fettsäuren hat. Für ölasierte Beschichtungssysteme wird daher im Weiteren ausschließlich auf Leinöl eingegangen.

Reine Öle bestehen aus Dreifachestern des Glycerins (Triglyceride), wobei die Kohlenwasserstoffketten der Ester aus langen ungesättigten Fettsäuren bestehen. Diese mehrfach ungesättigten Bindungen bewirken eine Krümmung in der Kette, die Ursache dafür, dass sich die einzelnen Triglyceride nicht in so geordneten Reihen aneinander legen können, wie es beispielsweise bei Fetten (Triglyceride aus gesättigten Fettsäuren) der Fall ist. Dies ist die Ursache dafür, dass Öle bei Raumtemperatur in flüssiger, Fette jedoch in fester Form vorliegen. An diesen ungesättigten Bindungen kann zunächst der Oxidationsprozess angreifen, die Startreaktion für die anschließende Polymerisation der einzelnen Fettsäureketten untereinander, siehe Abbildung 113. Dabei greift Luftsauerstoff an der Doppelbindung der Fettsäure an und bildet mit der Fettsäure ein Peroxid. Die Bindung, die zwischen den zwei Sauerstoffatomen liegt, bezeichnet man als Peroxidbindung. Sauerstoffatome haben die Eigenschaft, Elektronen sehr stark zu sich zu ziehen. In der Peroxidbindung führt das dazu, dass die Bindung erstens destabilisiert ist und zweitens beim

Aufbrechen der Bindung die beiden Bindungselektronen, anders als bei anderen Bindungstypen, nicht auf eines der beiden Atome übertragen werden, sondern zu gleichen Anteilen auf beide Sauerstoffatome aufgeteilt werden. Jedes Sauerstoffatom erhält ein ungepaartes Elektron, ein freies Radikal. Diese Radikale sind hoch reaktiv und können andere Moleküle angreifen, wobei eine kovalente Bindung zum neuen Molekül aufgebaut wird und das freie Elektron (das Radikal) auf ein benachbartes Atom des neuen Moleküls übertragen wird. So kann eine einmal in Gang gesetzte Polymerisation sich selbständig fortsetzen. Der Prozess des Zerfalls des Peroxids ist hier der geschwindigkeitsbestimmende Schritt. Um diesen zu beschleunigen, werden dem Öl Sikkative zugesetzt. Historisch war das in den meisten Fällen Bleiweiß, Zink oder Kobalt.

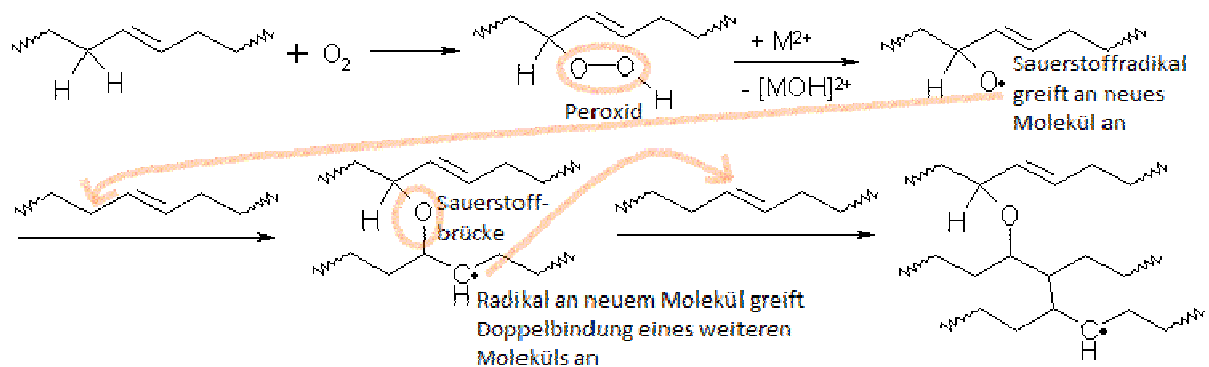


Abbildung 113: Oxidative Polymerisation bei der Trocknung von natürlichen Ölen

#### Technische Eigenschaften von Beschichtungssystemen aus natürlichen Ölen

Ölanstriche zeichnen sich durch ihre Diffusionsoffenheit aus. Die vernetzten Fettsäuren weisen einerseits Wasser von außen ab, bilden aber andererseits ein molekulares Kapillargeflecht, das es eingedrungener Feuchtigkeit erlaubt, nach außen hin wieder auszutrocknen.

Ölanstriche wittern flächig ab. Dieser Prozess wird als Kreiden bezeichnet und beschreibt den Zustand, wenn durch Witterung die äußerste Schichte des polymerisierten Öls schwindet und Pigmentteilchen bloßgelegt werden. Dies ist neben der relativ langen Trocknungszeit der Grund, weshalb Bauherren bei der Renovierung im Holzschutz häufig vor Ölsystemen zurückschrecken. Auf lange Frist gesehen stellt dieses Kreiden jedoch einen Vorteil dar, denn es zeigt einerseits den Zeitpunkt an, zu dem ein Neuanstrich vorgenommen werden sollte, andererseits genügt bei einem Neuanstrich lediglich das Aufräuen der Oberfläche zur besseren Haftung der neuen Beschichtung. Laut Ausführungspraktikern genügt sogar ein einfaches Abwischen mit Spiritus und einem Schuss Salmiak [32]. Auf jeden Fall kann auf eine chemische Vorbereitung wie Abbeizen oder auf holzabtragende Techniken wie Schleifen, Schmirgeln oder Abflexen gänzlich verzichtet werden.

Dieses System des Holzschutzes hat sich über Jahrhunderte bewährt. Ihm und der umsichtigen Auswahl und Verarbeitung des verwendeten Holzes (siehe Abschnitt 3.6.1.4) ist es zu verdanken, dass ein großer Teil der Holzbauteile wie Fenster, Türen etc. heute im historischen Bestand noch aus Originalhölzern besteht.

Ölbasierte Systeme erfordern jedenfalls ein hohes technisches Know-how und ausreichende Erfahrung des Professionalisten. Besonders wenn zu Beginn fachmännisch aufgetragen, erweisen sich diese Systeme aber später als sehr robust auch gegen nachlässige Aufbringung von Neuanstrichen mit demselben System. Frisches Öl kann sich immer mit der tief in die Poren eingedrungenen Imprägnierung vernetzen.

Im Vergleich zu neueren Beschichtungssystemen zeichnen sich ölbasierte Systeme durch einen schlechteren Verlauf der Beschichtung aus. Die typische Pinselstrichstruktur ist aber heute in der Renovierung wieder eine gewünschte Voraussetzung.

Der in der Vergangenheit häufig im Zuge einer Renovierung bevorzugte Umstieg auf andere erdölbasierte Anstrichsysteme hat unwiederbringlichen Schaden insbesondere an der Substanz des Holzes angerichtet. Werden heute Bauteile mit einer solchen Vorgeschichte renoviert, und soll wieder auf das ursprüngliche Öl-System umgestiegen werden, ist es unerlässlich, dass die alte Beschichtung vor einer Neuimprägnierung restlos entfernt wird. [32, 37]

### **Leinöl als wichtigster Repräsentant von Beschichtungssystemen**

Historisch gesehen ist Leinöl bei weitem das wichtigste Öl in der Herstellung von Beschichtungssystemen, weshalb in der Folge nur noch auf dieses genauer eingegangen wird.

#### *Leinöl*

Das in Europa zur Jahrhundertwende am weitesten verbreitete System für Holz als Holzschutzmaßnahme ist ein Beschichtungssystem basierend auf Leinöl. Leinöl ist ein reines Naturprodukt, das kalt oder warm aus den Samen der Flachspflanze gewonnen wird. Die Fasern dieser Pflanze können zur Herstellung von Flachs verarbeitet werden. Leinöl hat einen sehr hohen Anteil an ungesättigten Fettsäuren, weshalb es einerseits ein hochwertiges Nahrungsmittel ist und andererseits die notwendigen chemischen Eigenschaften besitzt, die zur oxidativen Härtung erforderlich sind. Es wird seit Jahrhunderten als Bindemittel in Farben und Beschichtungen zur Konservierung von Holzbauteilen wie Fachwerk, Türen und Fenstern bis in die 1950er Jahre verwendet. „*Die neu erfundenen Leinöl-Farben kann man überall anwenden, sie bestehen trotz aller Unbill von Luft und Himmel ewig.*“[38] In einer neueren Anwendung kommt es sogar bei der Herstellung von Linoleum zum Einsatz.

Die Behandlung mit Leinöl bedingt ein ganzes System aus Leinölprodukten, von der Grundierung über die Imprägnierung bis hin zur endgültigen Beschichtung:

- **Halböl:** Zur Grundierung von frisch bearbeiteten Hölzern wurde Halböl eingesetzt. Für eine gute Grundierung ist es wichtig, dass das Grundiermittel möglichst tief in die Poren des Holzes eindringen kann. Dazu wurde Leinöl mit Terpentinöl (siehe weiter unten in diesem Kapitel) im Verhältnis 1:1 gemischt.

*„Zum Schutze gegen Feuchtigkeit müssen die Fenster vor Verlassen der Werkstatt einen Leinöl-Grundanstrich erhalten. Diese Anstricharbeiten sind grundsätzlich nur vom*

*Maler auszuführen, damit der Ölanstrich dem Material des Fertiganstrichs entspricht.“*  
[39].

- **Firnis:** Dem Begriff Firnis wurden abhängig von Epoche oder Anwendungsart leicht unterschiedliche Bedeutungen zugeordnet. So verstand man in der Malerei einen transparenten Überzug, der einerseits das Gemälde schützen sollte, aber andererseits auch dem Gemälde einen Glanz verlieh und gleichzeitig die Farbtiefe erhöhte. In der Anstrichtechnik bezeichnet Finis das Anstrich- bzw. Bindemittel Leinölfirnis, auf das hier näher eingegangen werden soll.

Leinölfirnis ist im Wesentlichen getrocknetes Leinöl. Bei reinem Leinöl dauert der Aushärtungsprozess abhängig von Untergrund und Schichtdicke mehrere Tage. Um diesen Prozess abzukürzen, werden dem Leinöl Sikkative (Trocknungsmittel) zugesetzt. Traditionell war das Bleiweiß, Mennige, Zinkweiß, Braunsteinpulver oder Chromgelb. Durch die katalytische Wirkung der Metallionen härtet Leinölfirnis an der Oberfläche bei 20 °C bereits nach 24 Stunden.

- **Standöl:** Standöle sind geklärte Pflanzenöle. Früher reinigte man Öle, indem man sie längere Zeit stehen ließ. Dadurch konnten sich Schwebstoffe und andere Verunreinigungen absetzen. Das gereinigte Öl wurde abgeschöpft. Dieser Prozess fand meistens unter Luftabschluss statt, damit das Öl nicht ranzig wurde.

Während des Stehenlassens bilden sich gleichzeitig bereits einige Vernetzungen, sodass Standöle eine höhere Viskosität haben als frische Öle. Dadurch eignen sich solche Öle besonders gut für die Herstellung einer schützenden Deckschichte. Insbesondere Leinöl wurde traditionell so behandelt.

Heute wird Standöl unter Schutzgasatmosphäre und Erhitzen auf ca. 250 °C hergestellt.

- **Ölfarben:** Für die Fensterbeschichtung werden Ölfarben aus Leinölfirnis, Pigmenten, Füll- und Trockenstoffen verwendet. Sie dienen als Grundierung bei Fensterbeschichtungen und -sanierungen.
- **Standölfarben:** Standölfarben sind Farben, denen 5-10 % Standöl zugesetzt wurde. Bei Fensterbeschichtungen werden sie als Decklacke eingesetzt.
- **Linnoxin:** Linnoxin ist das ausoxidierte, d.h. auspolymerisierte, Endprodukt der oxidativen Polymerisation von Leinöl. Es ist eine feste, elastische und kautschukähnliche Masse.
- **Fensterkitt:** Fensterkitt ist ein Gemisch aus 85 % Schlämmkreide (Calciumcarbonat) und 15 % Leinölfirnis.
- **Terpentinöl:** Traditionell wurde Terpentinöl aus den Harzausflüssen von Koniferen (Terpentin) wie zum Beispiel hauptsächlich aus Kiefern gewonnen. Dabei wurde durch Destillation das Terpentinöl von den Rückständen, dem Kolofonium, getrennt. Terpentinöl besteht hauptsächlich aus 2-Pinen, 2(10)-Pinen, 3-Caren und anderen monocyclischen Terpenen, wobei die Zusammensetzung wesentlich von der Herkunft des Öls abhängt. Terpentin ist gesundheitsschädlich und umweltgefährdend.

Heute wird als Terpentinölersatz häufig Testbenzin eingesetzt, ein reines Erdölprodukt, ebenfalls umweltgefährdend.

- **Sikkative:** Sikkative sind Stoffe, die ölhaltigen Farben und Lacken zugesetzt werden, da sie die Trocknung, also den Polymerisationsprozess, beschleunigen. In der Regel wurden und werden auch heute noch Schwermetalloxide von Blei, Mangan, Kobalt oder Zink als Sikkative eingesetzt, oder die Metallsalze von meist ungesättigten Fettsäuren. Einige Pigmente wie Bleiweiß haben bereits eine eigene sikkative Wirkung.
- **Bleiweiß:**  $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$  wird auch Cerussa, Kremserweiß oder Hydrocerussit genannt, ist ein basisches Bleicarbonat und seit dem Altertum ein bedeutendes Weißpigment. Es besitzt eine hohe Deckkraft und kann so Holzbauteile vor UV-Strahlung schützen. Es ist nicht in Wasser, sehr wohl aber in Ölen löslich und besitzt dort auch erhebliche Lichtbeständigkeit. Daher wurde es besonders in Grundierungsfarben für Holz und als Grundierungs- und Korrosionsschutz für Metalle bis ins späte 20. Jahrhundert verwendet. Bleiweiß ist heute mit H360Df (Kann das Kind im Mutterleib schädigen), H410 (Sehr giftig für Wasserorganismen, Langzeitwirkung) zu kennzeichnen [40]. Die Giftigkeit von Bleiweiß war bereits in der Antike bekannt. Dennoch begann man erst ab Mitte des 19. Jahrhunderts, es durch andere Pigmente zu ersetzen, wie z.B. Zinkweiß. In Grundierungsfarben für Holz und als Grundierungs- und Korrosionsschutz für Metalle wurde es bis ins späte 20. Jahrhundert verwendet. Bleiweiß ist trotz seiner geringen Löslichkeit stark Gewässergefährdend (H410). Farben, die Bleiweiß enthalten, stellen ein Risiko zur Bleivergiftung in allen Stufen des Lebenszyklus dar, also bei der Herstellung, Verarbeitung und dem Recycling damit gestrichener Teile. Gefährlich sind vor allem Aerosole und Abrieb, die in die Lunge gelangen können. Blei schädigt das zentrale und das periphere Nervensystem, beeinträchtigt die Blutbildung und führt zu Magen-Darm-Beschwerden und Nierenschäden. Bleiverbindungen sind als fortpflanzungsgefährdend (H360) eingestuft. Im Tierversuch ist es krebserzeugend. Schwere Vergiftungen führen zu Koma und Tod durch Kreislaufversagen. Beim Verbrennen von mit Bleiweiß gestrichenen Gegenständen, wie Fensterrahmen, gelangt das gesamte Bleioxid in die Rauchgase.
- **Mennige:**  $\text{Pb}_3\text{O}_4 = \text{Pb}_2[\text{PbO}_4]$ , Blei(II,IV)-oxid oder auch Minimum ist ein leuchtend rotes Pigment und war bereits in der Antike bekannt. So wurde es in den Sand im Zirkus gemischt, um die blutigen Spuren der Kämpfe zu kaschieren, oder man färbte das Gesicht des Triumphators beim Triumphzug damit. Als Pigment in Malerfarben – lateinisch: Minimum – prägte es schließlich den Begriff Miniatur. Mennige wird als Pigment verwendet und ist mit Bindemitteln sehr gut mischbar. Unter Lichteinfluss ist es aber unbeständig und zerfällt in schwarzes Blei(IV)oxid. Heute wird es hauptsächlich als Rostschutzfarbe verwendet. Im Altertum wurde es durch Oxidation von Bleiweiß hergestellt, heute erfolgt die Herstellung durch Luftoxidation von Blei(II)oxid bei  $500^\circ\text{C}$ . [32] Mennige muss heute folgendermaßen gekennzeichnet werden: H360Df (Kann das Kind im Mutterleib schädigen), H410 (Sehr giftig für Wasserorganismen, Langzeitwirkung); Mennige kann über die Lungenbläschen fast vollständig, über den Magen-Darm-Trakt nur zu 15 % aufgenommen werden. Akut toxische Symptome beim Menschen umfassen Erbrechen, Verstopfung, Koliken des

Darms, Schädigungen von Blut und Nieren und Kreislaufkollaps. Chronisch geringen Mengen ausgesetzt treten unspezifische Symptome wie leichten Kopfschmerz, Schwindel, Schlafstörungen, Schmerzen in Muskeln und Gliedern und Appetitverlust auf. Insgesamt wirkt es giftig auf Blut, Muskulatur und Zentralnervensystem, es beeinträchtigt die Fortpflanzungsfähigkeit und verursacht Aborte bei Schwangeren und Schädigungen des Nervensystems von Embryonen. [40]

- **Zinkweiß:** ZnO, H410 (Sehr giftig für Wasserorganismen, Langzeitwirkung); Es wurde traditionell als weißes Farbmittel in Malerfarbe eingesetzt. Wegen seiner antiseptischen Wirkung wird es auch zur Behandlung von Wunden eingesetzt. Industriell hergestelltes ZnO ist häufig bleihaltig und wird deshalb auch oft mit dem Gefahrensymbol Xn (gesundheitsschädlich) gekennzeichnet.
- **Pigmente:** Pigmente wurden historisch nicht nur wegen ihrer schönen Farben zur kreativen Gestaltung von Holzbauteilen eingesetzt, sondern vor allem wegen ihrer hervorragenden Eigenschaften, das Holz vor UV-Strahlen zu schützen. Früher wurden helle Grautöne, seltener Rottöne oder Grün verwendet, seit der Gründerzeit überwogen Brauntöne. Im Jugendstil kam dann noch weiß dazu, meist als Bleiweiß, später Baryt- oder Titanweiß.

### **Polyester - keine Beschichtung, aber zur Reparatur von kleinen Holzfehlern**

Ester entstehen bei der Reaktion von einer organischen Säure mit einem Alkohol. Wenn organische Moleküle sowohl über eine Säuregruppe als auch über eine Alkoholgruppe verfügen, können sie sich in langen Ketten unter Esterbildung zu Polymeren aneinanderhängen und bilden so Polyester. Diese Reaktion ist auch möglich, wenn zweiwertige Alkohole mit Dicarbonsäuren reagieren. Werden höherwertige Alkohole eingesetzt, bilden sich dreidimensional vernetzte Riesenmoleküle. Die bekannteste Verbindung ist PET (Polyethylenterephthalat), welches als Thermoplast zur Herstellung von Folien und Textilfasern verwendet wird.

Polyesterspachtelmassen können für kleinere Ausbesserungsarbeiten als Ersatzstoff für Holz verwendet werden. Vor größeren Ausbesserungen von Löchern oder Rissen im Holz ist wegen der unterschiedlichen Diffusionseigenschaften (Feuchtigkeit) und des unterschiedlichen Temperaturverhaltens zwischen Holz und Polyester grundlegend abzuraten.

### **Alkydharze und ihre Lacke**

Alkydharze sind synthetische Polyesterharze. Sie werden in der Regel in einer Umesterung von natürlichen Ölen hergestellt, wobei die natürlichen Fettsäuren an den Glycerinbauteilen (dreiwertiger Alkohol) durch andere natürliche oder synthetische Fettsäuren ausgetauscht werden können. Diese können beliebig variieren in ihrem Anteil an ungesättigten Bindungen oder der Anzahl mehrbasiger Carbonsäuren. Diese Flexibilität eröffnet eine unüberschaubare Vielfalt an Zusammensetzungen und technischen Spezialanwendungen. Die Systematik teilt die Alkydharze nach der Höhe des Ölgehaltes relativ zum Glyceringehalt ein und kennt kurzölige (<40 %), mittelölige (40-60 %) und langölige Alkydharze (>60 %). Kurzkettige Alkydharze werden als Bindemittel in Einbrennlacken eingesetzt, mittelölige in

luft- und wärmetrocknenden Industrielacken und langölige für Maler- und Bautenlacke und für Korrosionsschutzfarben. [41]

Lösungsmittel ist zumeist Testbenzin, welches wegen seines hohen Aromatengehalts besonders gesundheitsgefährdend ist. So enthalten, nach der Richtlinie des Verbands der Deutschen Lackindustrie, „Alkydharzlacke aromatenarm“ immer noch bis zu 15 % als Lösemittel, „Alkydharzlacke aromatenfrei“ maximal 1 % [42].

Alkydharzlacke sind heute bei der Sanierung von Bauteilen, die bisher in historischer Weise mit Leinöl beschichtet wurden, das am ehesten verträgliche Kunstharzsystem, da sie auch in diffusionsoffener Qualität hergestellt werden können. Lerner und Leutgeb weisen aber in [32] ausdrücklich darauf hin, dass gerade bei ursprünglich mit Alkydharz-beschichteten Bauteilen wegen der Verwendung von Materialien mit ungünstigen Diffusionsqualitäten häufig massive Feuchtigkeitsschäden aufgetreten sind. Der Vorteil von Alkydharzsystemen gegenüber einem Beschichtungssystem auf Leinölbasis ist der bessere Verlauf der Farbe und das Ausbleiben des Kreidens. Hier können Anstriche ohne bleibende Pinselstriche erzielt werden. [32]

### Acrylate

Acrylate sind die Salze, Ester und konjugierte Basen von Acrylsäure und ihren Derivaten.

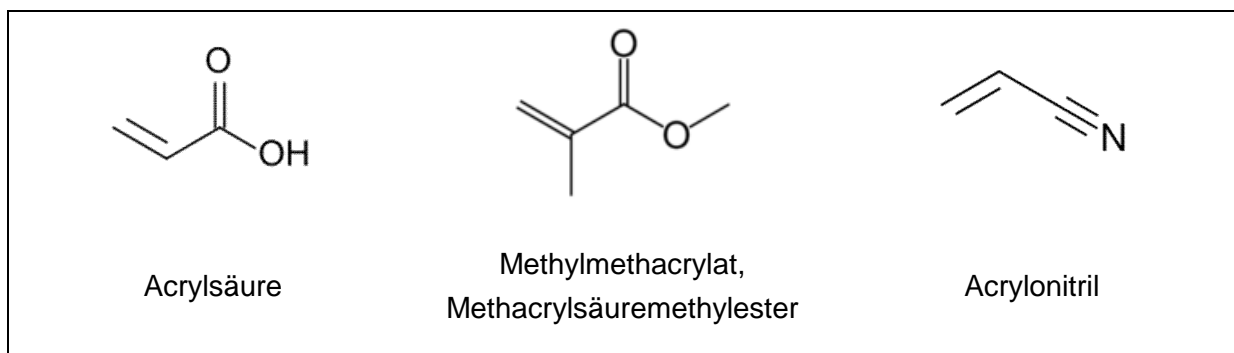
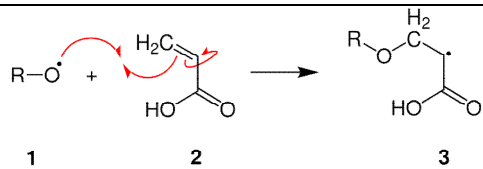


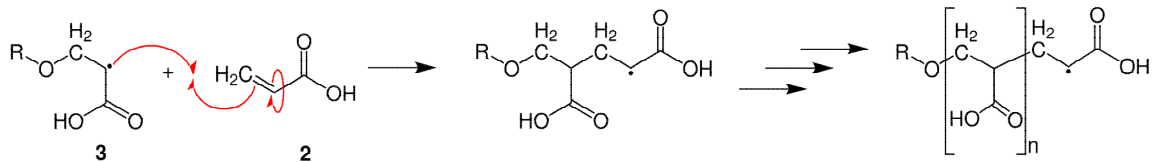
Abbildung 114: Monomere in der Herstellung von Acrylpolymeren

Acrylsäuremonomere werden über einen radikalischen Mechanismus miteinander verknüpft. Als Radikalbildner dienen dabei zum Beispiel Peroxide oder Azoverbindungen, in Abbildung 115 mit 1 gekennzeichnet. Dieses Startradikal kann an der Doppelbindung der Vinylgruppe der Acrylsäure (2 in Abbildung 115) angreifen, hängt sich über eine Sauerstoffbrücke (Etherbindung) an die Acrylsäure und überträgt das freie Radikal an die Acrylsäure (3 in Abbildung 115). Dieses kann nun eine weitere Acrylsäure angreifen und so fort. Es bildet sich ein beliebig langes Polymer, solange, bis eine der beiden Abbruchreaktionen stattfindet.

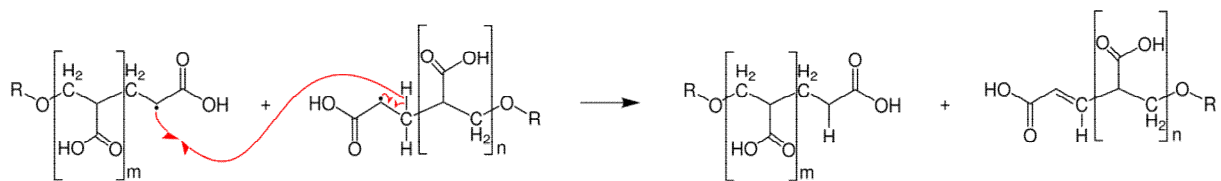




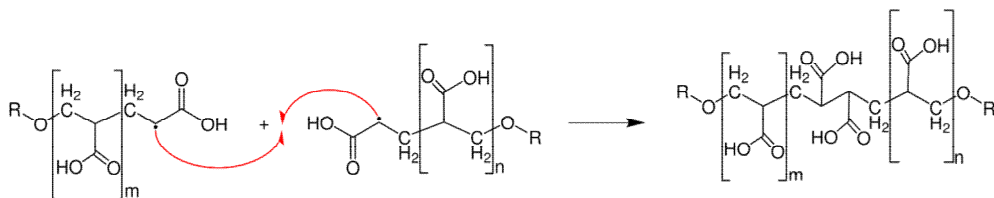
Erste Bildung eines Acrylsäureradikals durch den Angriff eines Startradikals.



Polymerisationsreaktion: beliebig viele Acrylsäuremoleküle werden miteinander verknüpft.



Erste Variante der Abbruchreaktion: Zwei radikale Polymere treffen aufeinander, ein Radikal übernimmt das Wasserstoffatom des anderen Moleküls, wodurch es sein Radikal an das andere Polymer übergibt, welches nun zwei Radikale besitzt, die sich in einer Doppelbindung neutralisieren können.



Zweite Variante der Abbruchreaktion: Die beiden Radikale von zwei Polymeren neutralisieren sich in der Bildung einer kovalenten Bindung zwischen den beiden Polymeren, die beiden Polymere werden also zu einem riesigen Polymer verbunden.

Abbildung 115: Polymerisationsschema von Polyacrylsäure

Acrylharze sind synthetische Harze aus der Acrylsäure oder der Methacrylsäure und gelten als besonders haltbar. Reinacrylate bestehen nur aus Acryl- und/oder Methacrylverbindungen. Meistens werden jedoch noch andere Monomere wie Styrol, Vinyltoluol oder Vinylester, also ungesättigte Monomeren, copolymerisiert.

Acryllacke sind Lacke auf Basis von Acrylharzen. Als Lösungsmittel kommen organische Lösemittel zum Einsatz, in Wasser können sie als Dispersion in Lösung gehalten werden. Alternativ werden sie auch als Pulverlack eingesetzt. Einmal ausgehärtet sind Acrylharzlacke dauerhaft haltbar und fest, glänzen und sind witterungsbeständig. Wasserverdünnbare Acrylharzfarben enthalten immer noch beträchtliche Anteile (>10 %) an Lösemittel als Emulgatoren und Filmbildungsmittel und, zur Konservierung vor bakteriellem Befall, auch Biozide. Acrylharze enthalten mitunter erhebliche Mengen an Lösemittel, die beim Trocknen

in die Umwelt gelangen. Die darin enthaltenen hochsiedenden Anteile können unter Umständen auch lange Zeit nach Aufbringen der Schichte ausdampfen (tertiäre Amine, Glykolverbindungen, Weichmacher). Der Gehalt an Restmonomeren kann bis zu 0,01 % betragen. [41]

Unter den Wasserlacken sind die Acrylharzlacke das meist verwendete System. Sie sind weniger spröde als Polyurethanlacke, dafür auch weniger hart. Die Kombination zu Acryl-Urethan-Copolymeren vereint die Eigenschaften beider Lacke.

Bei der Beschichtung neuer Fenster sind solche Acryl-Urethan-Copolymersysteme eine vertretbare Alternative, auch bei der Sanierung von nicht ölbasierten Fenstern. Historische Fenster, die ursprünglich mit einem ölbasierten System behandelt wurden, sollten auf keinen Fall mit einem Wasserlack saniert werden, da eine langfristige Haftung auf dem Untergrund nicht gewährleistet werden kann und der Lack nach einiger Zeit wieder abblättert. Acrylbasierte Deckbeschichtungen sind im allgemeinen Diffusionsbremsen und verursachen im Holz einen Feuchtestau, oft gekoppelt mit Pilzbefall. [32]

Acryldichtstoffe sind chemisch nicht reaktive Dichtstoffe, Ein-Komponenten-Systeme auf Basis von Acrylat-Dispersionen. Sie emittieren Butanol oder Glykolverbindungen und Alkane und enthalten in der Regel Weichmacher in Form von Phthalaten. Wegen ihrer Sprödeheit sind sie ungeeignet für Bewegungsfugen. Sie sind überstreichbar, weshalb sie meist den silikonbasierten Dichtstoffen vorgezogen werden. [41]

Im Korrosionsschutz finden Acrylharze als Grundierung nur unter Zugabe von Additiven wie Haftvermittlern und Pigmenten Anwendung. Anschließend kann mit einem mit Füllstoffen versetzten Acrylharz beschichtet werden. Solche Systeme finden bei der Instandhaltung von großen Stahlbauteilen wie Stahlbrücken ihre Anwendung.

Acrylsysteme sind auch die Basis vieler Klebstoffe, die am Bau ihre Anwendung finden.

### **Polyurethane**

**Lacke** auf Basis von Polyurethanen gehören zu den Reaktionslacken, reagieren also nach dem Aufbringen mit Luft oder Komponenten des Lacks aus. Sie bilden besonders harte und abriebfeste Beschichtungen und sind beständig gegen Chemikalien. Daher werden sie als Beschichtungen für Holz, Beton, Kunststoffe und Metalle eingesetzt. Als 1-Komponenten-System enthalten sie ein modifiziertes Polyisocyanat, welches erst mit Luftfeuchtigkeit reagiert. Im 2-Komponenten-System werden Polyisocyanat und Polyolkomponente kurz vor dem Auftrag gemischt. Neben Lösemitteln (Ketone, Ester oder Glykole mit Siedepunkten um 145 °C) können auch Weichmacher wie Tris-octyl-phosphat enthalten sein. Auf jeden Fall problematisch sind aber die Isocyanate. Isocyanatdämpfe, insbesondere von HMDI, können neben Reizerscheinungen an Haut und Schleimhaut auch Hornhautschädigungen, Kontaktexzeme und toxische Dermatitis verursachen. MDI und TDI wirken stark sensibilisierend. Wer sensibilisiert ist, reagiert bereits auf sehr geringe Konzentrationen heftig, auch mit Isocyanat-Asthma. Durch Isocyanat ausgelöste Atemwegserkrankungen können als Berufserkrankung anerkannt werden. Weitere Gesundheitsgefahren gehen von eventuell enthaltenen Aminen aus, die als Härter zugesetzt wurden.

Wegen ihrer guten Haftung auf fast allen Materialien werden Polyurethane gerne auch als 1-K- oder 2-K-Kleber im Bau eingesetzt.

## 3.7 Leitfaden Sanierung mit Innendämmung

### 3.7.1 Zielsetzung und Zielgruppe

Hohe und oft sehr spezielle Anforderungen an Sanierungsprojekte stellen Architekten und Planer ebenso wie Bauherren und Nutzer vor besondere Herausforderungen. Der Umgang mit Innendämmung, Fenstertausch, haustechnischen Systemen und architektonischen Konzepten im Zuge einer Bestandssanierung erfordert nicht nur eine umfassende bauphysikalische, wirtschaftliche und ökologische Betrachtung, sondern auch Strategien für den Betrieb.

Damit wirtschaftliche und zugleich überzeugende Gesamtlösungen entstehen können, ist eine Abstimmung der beteiligten Gewerke unter Berücksichtigung der projektbezogenen Anforderungen notwendig.

Der vorliegende Leitfaden soll Planer, Architekten und Bauherren bei Sanierungs-Projekten mit Innendämmung unterstützen und durch Vermittlung des erforderlichen Basiswissens die Zusammenarbeit und Kommunikation mit Fachplanern erleichtern.

### 3.7.2 Aufbau und Handhabung

Der Leitfaden IDSolutions – Lösungen für die Sanierung mit Innendämmung im mehrgeschoßigen Gebäudebestand auf Ebene der Nutzungseinheit gliedert sich in fünf Abschnitte mit folgenden Inhalten:

**Teil 1** führt in das Thema ein und befasst sich mit den Herausforderungen im Bereich der Sanierung und Modernisierung des Gebäudebestands. Hier werden grundlegende Überlegungen zum Thema Sanierung angeführt, Zielsetzung und Zielgruppe festgelegt und Hinweise für Aufbau und Handhabung des Leitfadens gegeben.

In **Teil 2** werden wesentliche Aspekte und Fragestellungen einzelner Systemkomponenten der Muster-Sanierungs-Lösungen (Bestandkonstruktion, Innendämmung, Fenster, Heizung und Lüftung) thematisiert sowie Berechnungsverfahren und Methodik beschrieben, auf die sich die Beurteilung stützt.

**Teil 3** fasst die Sanierungsaufgaben nach ausgewählten Bauepochen zusammen: Gründerzeit, Zwischenkriegszeit, Wiederaufbau, Gebäude der 70er Jahre sowie Bauordnung ab 1976. Die Bewertung der Muster-Sanierungs-Lösungen hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Praxistauglichkeit, Raumkomfort und Lebenszyklus gibt wertvolle Hinweise für die Anwendung in der Praxis.

In **Teil 4** des Leitfadens wird anhand von zwei Beispielen die Umsetzung in die Praxis gezeigt. Hier wird neben der wirtschaftlichen, bauphysikalischen und ökologischen Systemauswahl der Projektablauf von der Planung bis hin zu Betrieb und begleitender Qualitätssicherung beschrieben.

**Teil 5** umfasst eine Dokumentation der Modellgebäude bzw. -Räume und Bauteilaufbauten, eine detaillierte Beschreibung der durchgeführten Parameterstudien, Randbedingungen für die Beurteilung und getroffene Annahmen.

## **3.8 Zertifizierung**

### **3.8.1 Güte- und Prüfzeichen**

Für das gegenständliche Forschungsprojekt ist hinsichtlich der Zertifizierung von Systemkomponenten eine Zertifizierung der Innendämmung von besonderem Interesse. Für andere Komponenten der Muster-Sanierungs-Lösungen (Fenster, Heizung, Lüftung) liegen z.T. bereits entsprechende Prüfkriterien, Prüfzeichen und Gütesiegel vor, die zur Anwendung kommen können.

### **3.8.2 Gremien- und Netzwerkarbeit**

Im Rahmen dieses und weiterer Forschungsprojekte wurde durch Gremien- und Netzwerkarbeit aktiv bei der Entwicklung von Zertifizierungsmöglichkeiten für Innendämm-Systeme mitgewirkt. Um die aktuellen Tendenzen hinsichtlich Zertifizierung von Innendämm-Systemen verstehen zu können, hier ein kurzer Blick hinter die Kulissen.

### **3.8.3 WTA Arbeitsgruppe Innendämmung**

Im Rahmen der WTA (Wissenschaftlich-technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.) Arbeitsgruppe Innendämmung bestehen seit 2009 Bestrebungen zur Zertifizierung der Anwendungssicherheit von Innendämm-Systemen, wobei die Arbeiten an diesem Merkblatt unter der Leitung des IBO, bzw. unter der Leitung von Tobias Steiner erfolgen.

Vereinsinterne Umstrukturierungen in der WTA wie auch Veränderungen in der Arbeitsgruppe führten Ende 2014 dazu, dass die Arbeit am WTA Merkblatt Zertifizierung der Anwendungssicherheit von Innendämmsystem ruhend gestellt wurde.

### **3.8.4 RAL Gütezeichen Innendämmung**

Das zuvor genannte Merkblatt ‚Zertifizierung der Anwendungssicherheit von Innendämm-Systemen‘ sollte die Basis für das vom FVID e.V. eingereichte RAL Gütezeichen Innendämmung darstellen. Die Bestrebungen des FVID e.V., dieses Gütezeichen einzurichten, führten zu rechtlichen Zerwürfnissen zwischen RAL und FVID, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll. Die Bestrebungen des FVID e.V., Innendämmung inhaltlich voranzutreiben, mündeten in eine Teilnahme und Zuarbeit bei der Entwicklung der RAL Güte- und Prüfbedingungen, bei der auch die Anforderungen des zuvor angesprochenen WTA-Merkblatts im Sinne einer Gleichstellung Berücksichtigung finden.

### **3.8.5 Gütezeichen für Innendämmung im Fachverband Innendämmung**

Im Rahmen der Mitgliederversammlung des FVID im März 2015 – bei dem das IBO wissenschaftliches Mitglied ist – wurden die Bestrebungen in Richtung eines Gütezeichens für Innendämmung im Fachverband Innendämmung, aufbauend auf den Inhalten des WTA-Merkblatt-Entwurfs, wieder aufgenommen.

### **3.8.6 Resümee Zertifizierung**

Die Entwicklung eines Qualitätszeichens Innendämmung, welches vom Markt bzw. der Industrie angenommen wird, ist von wirtschaftlichen und rechtlichen Hindernissen geprägt – welche einer raschen Implementierung entgegenstehen. Mittlerweile sind die Rahmenbedingungen für eine zeitnahe Umsetzung gegeben. Im Rahmen des Projekts angestrebte zertifizierbare Sanierungs-Lösungen auf Ebene der Nutzungseinheit konnten – mangels eines gültigen Zertifizierungsschemas – nicht realisiert werden. Allerdings können die entwickelten Lösungen – auf Grund der erfolgten Abstimmung bei der Merkblatt- und Prüfkriterien-Entwicklung – als zertifizierbar angesehen werden.

## **3.9 Workshops**

Hohes Interesse bestand hinsichtlich der im Rahmen des Projekts durchgeführten Workshops zur Dissemination der Projektergebnisse. Nachfolgend sind die wesentlichen Inhalte des Expertenworkshops Innendämmung in der Praxis [43] zusammengefasst.

### **3.9.1 Gut besucht**

Der Expertenworkshop ‚Innendämmung in der Praxis‘ – veranstaltet im Rahmen des diesjährigen internationalen BauZ!-Kongresses in Wien – erfreute sich großen Interesses seitens Bauherrn, Architekten, Baumeistern, Bauphysikern, Ökologen und weiteren Fachplanern.

Von sechs Referenten aus Industrie, Architektur und Bautechnik wurden die Herausforderungen der praktischen Umsetzung von Projekten mit Innendämmung diskutiert und mögliche Ansatzpunkte zur Qualitätssteigerung und -sicherung aufgezeigt.

Im Rahmen des Workshops wurden Ergebnisse aus dem von der FFG geförderten Projekt IDSolutions und dem ZIT geförderten Projekt Gründerzeit-Toolbox sowie weiteren aktuellen Forschungsprojekten gezeigt. Der durch das IBO initiierte und den Fachverband Innendämmung FVID e.V. unterstützte Workshop thematisierte wesentliche Aspekte für eine erfolgreiche Umsetzung von Projekten mit Innendämmung. Diese werden nachfolgend skizziert.

### **3.9.2 Einsatzgebiete**

Die breite Anwendung von Innendämmungen liegt in der Bestandssanierung. Im Bereich der Neuerrichtung von Gebäuden ist Innendämmung als Sonderlösung einzustufen. Als generelle Maßnahme ist die Einsatzmöglichkeit von Innendämmung nur bei unbewohnten Bestandsobjekten im Zusammenhang mit Erhöhung der Nutzungstauglichkeit oder auch bei Umnutzung früherer Betriebsobjekte zu Wohnobjekten zu sehen. Jedenfalls interessant ist die Anwendung von Innendämmung, wenn Außendämmung nur mit hohem Aufwand oder gar nicht in Frage kommt. Solche Gründe können etwa stark gegliederte Bestandsfassaden oder auch der Wunsch der Eigentümer nach Erhalt eines besonderen Erscheinungsbildes, wie etwa Sichtmauerwerk ehemaliger Betriebsgebäude, sein.

### **3.9.3 Anwendungsbereiche**

Wesentliche Anwendungsbereiche der Innendämmung sind deren Einsatz zur Feuchteregulierung und Schimmelprävention, so Markus Huber von der Sto Ges.m.b.H. Definition des Sanierungsziels, Berücksichtigung von Parametern aus der Nutzung, Detailausbildung, Ausführung von Leitungen, einbindende Bauteile und Überlegungen zur Lastabtragung bei der Montage von Leuchten, Möbeln u.Ä. ordnet er einer fachgerechten Planung zu.



### 3.9.4 Vorarbeiten auf der Baustelle

Für die Applikation einer Innendämmung – wie StoTherm In Comfort, StoTherm In Aevero oder Sto Therm In SiMo – nennt Markus Huber erforderliche Vorarbeiten auf der Baustelle wie Maßnahmen zur Trockenlegung des Mauerwerks, Heizungs- und Elektroinstallationsarbeiten sowie die Ausbesserung von Putzschäden an der Außenseite und ggf. die Entfernung nicht mehr tragfähiger oder bauphysikalisch und bautechnisch ungeeigneter Bestandputze an der Innenseite.

### 3.9.5 Fachgerechte Planung vorausgesetzt

Bestandteile fachgerechter Planung sind in relevanten Merkblättern und Leitfäden detailliert beschrieben. Sie reichen von der Erfassung und Bewertung der Bestandskonstruktion über die Auswahl geeigneter Dämmsysteme bis hin zur bauphysikalischen Nachweisführung.

Die bauphysikalischen und bautechnischen Eigenschaften sind spezifisch für jedes Innendämmsystem. Abhängig von projektbezogenen Voraussetzungen ist das System vorab auf seine Eignung für den konkreten Anwendungsfall zu prüfen. Dies kann durch Checklisten und Simulation erfolgen, so Peter Beneder von Ytong Porenbeton Österreich. Für die Multipor Mineraldämmplatte nennt er in diesem Zusammenhang das relevante Kriterium zur Bewertung im Zuge der Nachweisführung und gibt anhand ausgewählter realisierter Projekte wichtige Hinweise zu Verarbeitung und Putzauftrag.

### 3.9.6 Wandheizungen und Wandmalerei

Ein gelungenes Beispiel, wie sich Innendämmung und Wandheizung bei anspruchsvoller Nutzung ergänzen, zeigt Patrick Porth von der Calsitherm Silikatbaustoffe GmbH (Abbildung 116 und Abbildung 117). Auch für bestehende und schützenswerte Wandmalerei gibt es denkmalgerechte Lösungen mit Innendämmung – wie bei dem von ihm vorgestellten Projekt ‚Samariterhaus‘ – in dem die Calsitherm®-Klimaplatte zusammen mit Japanpapier zur Anwendung kam.



Abbildung 116: "Feuchteregulierende Klimaplatteninnendämmung in einer Ebene mit Wand Heiz- und Kühlsystem."



Abbildung 117: "Calsitherm Klimaplatten in der Kunsthalle Mannheim"

### **3.9.7 Modernisierung einzelner Nutzungseinheiten**

Zur Erreichung der Klimaziele und zur Erhöhung der Sanierungsquote ist eine Umsetzung von thermischen Sanierungsmaßnahmen auf Ebene der Nutzungseinheit erforderlich, meint Georg Lux vom Architekturbüro <baukanzlei>. Er beschreibt die im Forschungsprojekt Gründerzeit-Toolbox durchgeführte Umsetzung einer 2-lagigen Innendämmung in Kombination mit Fenster-Modernisierung durch Wiener-Komfort-Fenster sowie einer neuer Heizung und kontrollierter Wohnraumlüftung. Durch ausgeglichene Oberflächentemperaturen und die Vermeidung von Zugluft kann für die Nutzer eine erhebliche Steigerung von Wohnkomfort und Behaglichkeit erreicht werden.

### **3.9.8 Koordination und Abstimmung der Gewerke**

Bei der praktischen Umsetzung treten regelmäßig Unstimmigkeiten darüber auf, welcher Projektpartner wofür zuständig ist. Einhergehend mit der Applikation von Innendämmung sind häufig begleitende Maßnahmen wie Änderung von Nutzung, Heizsystem, Lüftungsanlage, Elektroinstallationen, Fenstertausch u.Ä. Die entstehenden Schnittstellen zwischen den einzelnen Gewerken sind zu identifizieren und in der Zeit- und Ablaufplanung zu berücksichtigen. Georg Lux weist darauf hin, dass für eine fachgerechte Ausführung die Koordination und Abstimmung der beteiligten Gewerke wesentlich ist. Besser noch die Reduktion der Anzahl der Gewerke.

### **3.9.9 Ausführende Unternehmen wählen**

Architekt und Bauherr Wolfgang Thanel teilt mit den Workshop-Teilnehmern seine Erfahrungen aus einem Dachgeschoßausbau in Wien. Neben der Wahl eines geeigneten Dämmsystems – bei der für ihn aus heutiger Sicht Anwendungssicherheit und Verarbeitbarkeit im Vordergrund stehen – spricht er die Schwierigkeit bei der Auswahl geeigneter ausführender Unternehmen an. Vor dem Hintergrund von Billigstbieter- und Sub-Auftragnehmer-Problematik betont er die Wichtigkeit von Ausbildung, einschlägiger Erfahrung und geschultem Personal.

### **3.9.10 Überwachung der Ausführung**

Für die Applikation von Innendämmung sollte nur Personal zum Einsatz kommen, welches mit der Thematik und der fachgerechten Montage des jeweiligen Dämmsystems vertraut und geschult ist. Verarbeitungsrichtlinien eingesetzter Produkte und Systeme sind jedenfalls einzuhalten. Wolfgang Thanel empfiehlt – um Mängel und spätere Bauschäden zu vermeiden – eine regelmäßige und häufige Überwachung der Ausführung sowie die Abnahme von Vor- und Zwischenleistungen. Eine Luftdichtheitsprüfung und ein Monitoring – eine messtechnische Begleitung – können zur Qualitätssicherung eingesetzt werden.

### **3.9.11 Sechs Hebel zu mehr Anwendungssicherheit**

Clemens Hecht von der Qualitätsgruppe Wärmedämmsysteme resümiert und fasst das Thema ‚Innendämmung in der Praxis‘ in sechs Punkten zusammen:

1. Kompetente Planer beauftragen
2. Normierung
  - a. Keine sanierungsspezifischen Normen, nur nachträgliche Bauwerksabdichtung (ÖNORM B 3355) und die Normen zur Erhaltung kulturellen Erbes. Daher auch keine Normung betreffend Innendämmung.
  - b. Innendämmspezifische Merkblätter und Regelwerke wie die Planungsleitfäden der WTA vorhanden.
3. Simulationswerkzeuge zur Nachweisführung werden wichtiger, diese sind zu nutzen.
4. Materialdaten für die Simulationswerkzeuge sind unabdingbar. Produkthersteller sind angehalten, diese zur Verfügung zu stellen.
5. Von öffentlicher Seite bedeutend: Sanierungsförderungen und faire Vergabe
6. Zertifizierung von Verarbeitern und Systemen

### **3.9.12 Zusammenfassung**

Die Ausführungsphase bei der Applikation einer Innendämmung ist von der Schnittstellen-Thematik zwischen den Gewerken geprägt. Daraus ergeben sich rechtliche, terminliche aber auch bautechnische Konsequenzen. Eine dauerhafte und schadfreie Innendämm-Maßnahme ist – eine fachgerechte Planung vorausgesetzt – nur durch geeignete Koordination der Gewerke, eine klare Leistungszuordnung und -trennung, sowie Abstimmung der Gewerke untereinander möglich. Eine Abstimmung mit dem Systemanbieter im Vorfeld, aber auch bei Unklarheiten und offenen Fragen hinsichtlich der Verarbeitung ist jedenfalls sinnvoll. Eine Luftdichtheitsprüfung und ein Monitoring – eine messtechnische Begleitung – können als Maßnahmen zur Qualitätssicherung eingesetzt werden. Erfahrung der Projektbeteiligten im Sanierungsbereich sowie ein umfangreiches bauphysikalisches und bautechnisches Verständnis sind Garant für eine erfolgreiche Umsetzung einer Innendämm-Maßnahme von der Planung in die Praxis.

### 3.10 Publikationen, Gremien- und Netzwerkarbeit

Im Rahmen des Projekts erfolgte eine intensive Abstimmung mit relevanten Verbänden, wobei die Ergebnisse in die Entwicklung von Merkblättern, Richtlinien zur Qualitätssicherung und Zertifizierung eingebracht werden konnten. Insbesondere ist hier auch auf das Kapitel Nachhaltigkeit, Lebenszyklus und Gesundheit zu verweisen, welches im Herbst dieses Jahres im Praxishandbuch Innendämmung des FVID erscheinen wird. Nicht unerwähnt sollen hier auch die Publikationen im Rahmen der enova, des BauZ-Kongresses sowie des IBOmagazin bleiben.

Eine Auflistung der aus dem Projekt heraus entstandenen Fachpublikationen:

- IBOmagazin 1/14 - Beitrag Kastenfenster zeitgemäß modernisieren [35]
- Wissenschaftlicher Beitrag im Tagungsband und Poster zur Präsentation der Projekteinhalte bei der enova 2013 – Innendämmung – Lösungen für den Gebäudebestand [30]
- IBOmagazin 4/14 - 21 Themen des Gründerzeitlichen Gebäudebestands [22]
- BauZ!-2015 Tagungsband - Innendämmung in der Praxis [44]
- IBOmagazin 1/15 Expertenworkshop - Innendämmung in der Praxis [43]
- IBOmagazin 2/15 Modernisierung auf Ebene der Nutzungseinheit, Maßnahmen und Musterlösung [45]
- Praxis Handbuch Innendämmung (Kapitel 10, Nachhaltigkeit, Lebenszyklus und Gesundheit) [6]
- Beitrag Innendämmung, Architektur aktuell, zusammen mit Karin Stieldorf von der TU-Wien [46]
- Tagungsband NOGOs Bauphysik – Innendämmung Varianten – dauerhaft und schadfrei [47]
- Charmant – Wiener Dachgeschoße [48]
- Wissenschaftlicher Beitrag im Tagungsband und Präsentation der Projektergebnisse bei der enova 2015 – IDSolutions – Lösungen für die Sanierung mit Innendämmung auf Ebene der Nutzungseinheit [49]

## 4 Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms

### 4.1 Einpassung in das Programm

Ab 2020 wird in Österreich eine Stagnation der Gebäudezahl erwartet. Im nach wie vor stattfindenden Neubau werden nur noch abgerissene Gebäude substituiert. Im Zeitraum von 2010 bis 2030 stehen neben den Sanierungen von Gebäuden der Gründerzeit- und Zwischenkriegszeit hauptsächlich die Sanierung der Gebäude der Bauperioden von 1945-1980, Wiederaufbauzeit, System- und Montagebauweise an. Die Bauwirtschaft wird demnach eine weiter zunehmende starke Umstrukturierung hin zur Gebäudesanierung erleben [1].

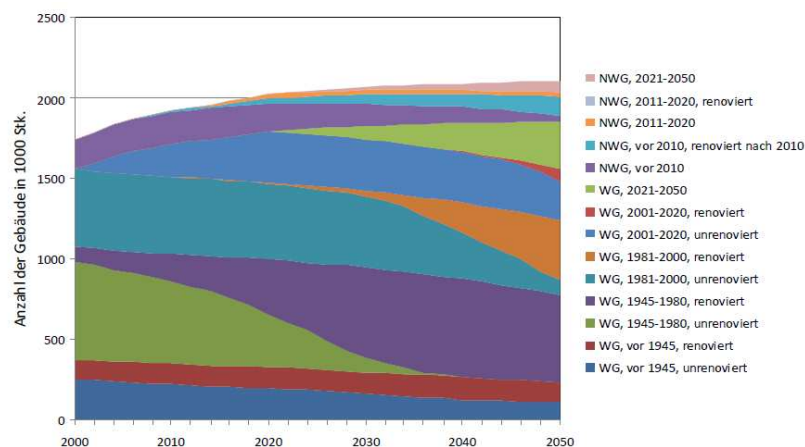


Abbildung 118: Entwicklung der Gebäudesanierung in Österreich bis 2050 nach Bauperioden und Gebäudeklassen. Quelle: Heizen2050. Abkürzungen: NWG: Nicht-Wohngebäude; WG: Wohngebäude;

Der Energiebedarf für Raumwärme und Brauchwassererwärmung in österreichischen Gebäuden erreichte im letzten Jahrzehnt sein Maximum und kann lt. [1] unter der Annahme von qualitativ hochwertigen Sanierungen bis 2050 um 50 % reduziert werden. Die Sicherstellung hoher Sanierungsqualität ist jedoch einer der wesentlichsten Punkte, da sonst schlecht sanierte, bis etwa 2050 konservierte Gebäude zum „Lock-in-Effekt“ führen. Zur Erreichung der Klimaschutzziele scheint es notwendig, neben den üblichen Sanierungsstrategien (z.B. Sockelsanierung) zusätzliche Werkzeuge zu entwickeln, um auf diesem Sektor mehr Einzelinitiative zu ermöglichen.

Das Projekt behandelt prioritär:

**Schwerpunkt** Schlüsseltechnologien für Gebäude der Zukunft

**Subschwerpunkt** Innovative Systemlösungen und Technologien zur Gebäudesanierung

**Begründung**

Die energetische Sanierung des Gebäudebestandes erfordert u.a. Lösungen auf Ebene der Nutzungseinheit. Einzelne Systeme, Komponenten und Maßnahmen einer Sanierung (Innendämmung, Heizung, Lüftung, u.ä.) sind aufeinander abzustimmen, oder besser, gemeinsam zu denken, um Sanierungs-Lösungen aus einem Guss, eine Systemlösung zu entwickeln. Muster-Sanierungs-Lösungen auf Ebene der Nutzungseinheit stellen eine auf den jeweiligen Kontext, hier den mehrgeschoßigen Gebäude-Bestand, abgestimmte System-Lösungen dar. Ansprüche von Nutzerinnen bzgl. Energieverbrauch, Behaglichkeit, Hygiene, Ökologie, Nachhaltigkeit und Architektur werden mit bautechnischen, bauphysikalischen, denkmalpflegerischen und rechtlichen Anforderungen abgestimmt und optimiert.

### **Ausschreibungsziele**

Durch Muster-Sanierungs-Lösungen auf Ebene der Nutzungseinheit für den mehrgeschoßigen Gebäudebestand können die Programmziele, eine wirtschaftliche Umsetzbarkeit, die Erhöhung der Energieeffizienz und eine möglichst geringe Eingriffsintensität in die vorhandene Bausubstanz bestmöglich verfolgt und erfüllt werden. Darüber hinaus tragen sie zu einer Erhöhung der Nutzerakzeptanz für hochwertige Sanierungsmaßnahmen bei und führen langfristig zu einer Steigerung der Marktdurchdringung und der Sanierungsrate.

Das Projekt liefert weiter Beiträge zu

**Schwerpunkt** Schlüsseltechnologien für Gebäude der Zukunft

**Subschwerpunkt** Innovative Gebäudekomponenten und -systeme

### **Begründung**

Sanierungen auf Ebene der Nutzungseinheit erfordern in der Regel Innendämmung. Innendämmung erfordert wiederum, wie grundsätzlich jede Sanierungsmaßnahme, eine ganzheitliche Betrachtung. Um Ansprüche und Herausforderungen optimalen Lösungen zuzuführen, ist eine Abstimmung der einzelnen Sanierungskomponenten (Innendämmung, Heizung, Lüftung) und eine Optimierung der Systeme, hier der Muster-Sanierungs-Lösungen, unabdingbar. Dabei ist es nicht nur Ziel des Projekts die einzelnen Komponenten aufeinander abzustimmen, sondern wo möglich und sinnvoll diese ineinander zu integrieren.

### **Ausschreibungsziele**

Durch Muster-Sanierungs-Lösungen für den mehrgeschoßigen Gebäude-Bestand auf Ebene der Nutzungseinheit können, u.a. eine bessere Strukturierung der Leitungsführungen, Straffung des Zeitplans für die Dauer der Arbeiten, eine Qualitätssicherung von der Planung bis zur Ausführung und eine weitest mögliche Vermeidung von Stemmarbeiten und statischen Eingriffen sowie formal überzeugende Detaillösungen auch in Hinblick auf Gestaltung und Denkmalschutz realisiert werden. Neben rein technisch-wirtschaftlichen finden auch ökologische und gesundheitliche Aspekte durch den Einsatz entsprechender Baustoffe umfassend Berücksichtigung. Hochwertige Sanierungen auf Basis von Muster-

Sanierungs-Lösungen können somit maßgeblich zur Erreichung der Programmziele beitragen.

## **4.2 Beitrag zum Gesamtziel des Programms**

Durch die im Projekt entwickelten Muster-Sanierungs-Lösungen können Qualitätsstandards gesetzt werden, die Dauerhaftigkeit und Schadensfreiheit sicherstellt sowie die Nutzerakzeptanz für hochwertige Sanierungsmaßnahmen gesteigert werden.

Durch das Angebot solcher Muster-Sanierungs-Lösungen, welche hinsichtlich Kosten, Nutzen, Risiko und Aufwand optimiert, leicht kalkulierbar und wirtschaftlich umsetzbar sind, kann die Sanierungsbereitschaft maßgeblich erhöht werden und so zur Erhöhung der Marktdurchdringung und Steigerung der Energieeffizienz des Gebäudebestandes entscheidend beitragen.

Die entwickelten Lösungen sind durch geeignete Adaption und Berücksichtigung der Randbedingungen auch auf den Gebäudebestand anderer Regionen mit ähnlicher Baugeschichte übertragbar.

## **4.3 Beitrag des Vorhabens zu Gender-Aspekten sowie gesellschaftlichen/sozialen/ethischen und Umweltaspekten**

### **4.3.1 Gender-Aspekte**

BewohnerInnen bzw. NutzerInnen von zu sanierenden Bestandsgebäuden stellen eine sehr heterogene Gruppe aus allen Bevölkerungsschichten dar. Im Projekt wurden Sanierungslösungen im Hinblick auf die Steigerung der Lebens- und Wohnqualität sowie Förderung der Gesundheit untersucht und optimiert. Mittels Monitorings kann die Optimierung der Behaglichkeitsparameter nachgewiesen werden. Schimmelpilzbildung, Gerüche wie auch Emissionen aus Baustoffen in die Innenraumluft wurden als Lebens- und Wohnqualität einschränkende bzw. gesundheitsgefährdende Risiken eingestuft und thematisiert.

Die entwickelten Muster-Sanierungs-Lösungen stellen eine erhebliche Vereinfachung des Modernisierungsverfahrens für alle Beteiligten dar und werden aktuellen wie auch künftigen Nutzer-Ansprüchen gerecht. Die Senkung des organisatorischen Aufwands und die vereinfachte Abwicklung kommen insbesondere auch Menschen zu Gute, für die die Abwicklung von Baumaßnahmen eine unüberwindliche Hürde darstellt oder die in technisch-geschäftlichen Bereichen unerfahren sind. Durch die Teamzusammensetzung und die unterschiedlichen Arbeitsschwerpunkte der projektbeteiligten Personen wird eine möglichst verständliche Aufbereitung der Ergebnisse ohne geschlechts-, alters-, gesellschafts- und fachspezifische Barrieren sowie deren wissenschaftlich korrekte, klare und einsichtige Darstellung für die unterschiedlichen AnwenderInnen begünstigt.





#### **4.3.2 Beitrag des Vorhabens zu gesellschaftlichen/ sozialen/ ethischen und Umweltaspekten**

#### **4.3.3 Energieverbrauch**

Zunehmend wird der Energieverbrauch für Bestandsgebäude am Maßstab von Neubauten gemessen. Lösungen für Einsparmaßnahmen beim Energieverbrauch bzw. eine Effizienzsteigerung existieren reichlich. Wenn eine Außendämmung nicht möglich ist, mangelt es in der Praxis vielfach an kompetenter Planung, sachkundiger Ausführung und/oder angepasster Nutzung für Innendämmung.

#### **4.3.4 Ökologie**

Durch die Auswahl sogenannter ökologischer Bau- (hier Dämm-)stoffe ist dieser Aspekt ohne jede Einschränkung umsetzbar [50].

#### **4.3.5 Erhaltenswerte Bausubstanz**

Im Sinne von Denkmalschutz und Denkmalpflege ist eine möglichst unveränderte Erhaltung historisch überlieferter Substanz und Erscheinung anzustreben. Geringe Eingriffsintensität bei gleichzeitiger Reduktion des Energieverbrauchs muss keinen Widerspruch darstellen, auch nicht in der Sanierung.

### **4.4 Einbeziehung der Zielgruppen**

Zielgruppe für die Umsetzung der Ergebnisse, sprich die Umsetzung der im Rahmen des Projekts entwickelten Muster-Sanierungs-Lösungen, sind private und öffentliche Bauherren, Architekten und Baumeister aber auch Immobilienverwalter und Projektentwickler. Die umfassende Betrachtung des Themas, von ökologischen über technische, rechtliche, architektonische bis hin zu wirtschaftlichen Aspekten und deren marktgerechte Aufbereitung erlaubt den jeweiligen Zielgruppen eine rasche Adaptierung der entwickelten Muster-Sanierungs-Lösungen auf ihr konkretes Projekt und gibt wertvolle Hinweise für die praktische Umsetzung. Durch die Realisierung der im Projektbericht beschriebenen Muster-Sanierungen konnten spezielle Bedürfnisse der unterschiedlichen Zielgruppen bzw. Projektbeteiligten identifiziert und berücksichtigt werden. Als wesentlicher Faktor für die erfolgreiche Umsetzung der Muster-Sanierungs-Lösungen ist u.a. die enge Zusammenarbeit mit den Produkt- und Systemanbietern zu nennen. Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde dies durch den intensiven Austausch zwischen den Konsortialpartnern sichergestellt.

### **4.5 Umsetzungs-Potenziale**

Durch die im Projekt entwickelten Muster-Sanierungs-Lösungen können Qualitätsstandards gesetzt werden, die Dauerhaftigkeit und Schadensfreiheit sichergestellt sowie die Nutzerakzeptanz für hochwertige Sanierungsmaßnahmen gesteigert werden.

Durch das Angebot solcher Muster-Sanierungs-Lösungen, welche hinsichtlich Kosten, Nutzen, Risiko und Aufwand optimiert, leicht kalkulierbar und wirtschaftlich umsetzbar sind,

kann die Sanierungsbereitschaft maßgeblich erhöht werden und so zur Erhöhung der Marktdurchdringung und Steigerung der Energieeffizienz des Gebäudebestandes entscheidend beitragen.

Die entwickelten Lösungen sind durch geeignete Adaption und Berücksichtigung der Randbedingungen auch auf den Gebäudebestand anderer Regionen mit ähnlicher Baugeschichte übertragbar.

## **5 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen**

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Ziele des Projekts erreicht wurden.

Im Projekt gewonnene Erkenntnisse wurden in einer Vielzahl von Fachpublikationen aufbereitet und bei Vorträgen, Workshops und Werkstattgesprächen präsentiert. In dem vom Fachverband Innendämmung e.V. entstehenden Praxishandbuch Innendämmung, einem Kompendium für die Sanierung mit Innendämmung und deren Aspekte im Bereich der Sanierung erfolgte aus dem Forschungsprojekt heraus ein umfangreicher Beitrag zu Nachhaltigkeit, Lebenszyklus und Gesundheit.

Im Rahmen dieses Projekts wurden für mehrgeschoßige Bestandsgebäude ausgewählter Bauepochen konkrete Muster-Sanierungs-Lösungen entwickelt. Durch diese im Projekt entwickelten Muster-Sanierungs-Lösungen konnten Qualitätsstandards gesetzt werden, die Dauerhaftigkeit und Schadensfreiheit sicherstellen. Dadurch konnte die Nutzerakzeptanz für hochwertige Sanierungsmaßnahmen gesteigert und das Planungs- und Realisierungsrisiko reduziert werden.

Auf Basis der im Projekt entwickelten Sanierungslösungen wurden Bauherrn-Beratungen und Planungsbegleitungen mit privaten Bauherren gemeinsam umgesetzt. Durch das Angebot solcher Muster-Sanierungs-Lösungen, welche hinsichtlich Kosten, Nutzen, Risiko und Aufwand optimiert, leicht kalkulierbar und wirtschaftlich umsetzbar sind, wird die Sanierungsbereitschaft maßgeblich erhöht werden und so zur Erhöhung der Marktdurchdringung beitragen.

Die entwickelten Lösungen sind durch geeignete Adaption und Berücksichtigung der Randbedingungen auch auf den Gebäudebestand anderer Regionen mit ähnlicher Baugeschichte übertragbar.

## 6 Ausblick und Empfehlungen

Auf Basis der im Forschungsprojekt gewonnenen Erkenntnisse und erweiterten Kompetenz werden vom Projektkonsortium u.a. weiterführende F&E-Aktivitäten angestrebt:

- Weiterführung des Prüfstands Innendämmung mit verschiedenen Temperatur- und Feuchtelastgängen sowie deren messtechnischer Begleitung und Auswertung.
- Weiterführende messtechnische Projektbegleitung und Auswertung von Demonstrationsprojekten.
- Weiterführende Projektbegleitung von in Realisierung befindlichen Demonstrationsprojekten, deren Umsetzung außerhalb der Projektlaufzeit liegt.
- Weiterführende Entwicklungsarbeit im Bereich des Bauteil- und Energie-Monitorings für den Sanierungsbereich, u. A. die Adaptierung des im Rahmen des Forschungsprojekts Schimmelpilz-Warnsystem entwickelten Monitoring-Systems um eine Erweiterungsmöglichkeit zur Integration von Temperatur- und Feuchtefühlern zum Bauteil-Monitoring.
- Weiterführende Forschung im Bereich der Bauteilsimulation hinsichtlich hygrothermischer Nachweisführung.
- Weiterführende Forschung im Bereich der Gebäudesimulation hinsichtlich des hygrischen und thermischen Raumkomforts.
- Weiterführende Forschung im Bereich der Lebenszyklusbetrachtung von Maßnahmen im Sanierungsbereich.

## 7 Anhang

- Leitfaden für die Sanierung mit Innendämmung
  - Teil 1 Einleitung und Grundlagen
  - Teil 2 Systemkomponenten und Beurteilungskriterien
  - Teil 3 Muster-Sanierungs-Lösungen
  - Teil 4 Umsetzung in die Praxis
  - Teil 5 Parameterstudien

## 8 Literatur

1. Müller, A.B.P.K., Lukas; Haas, Reinhard; Altenburger, Florian; Bergmann, Irene; Friedl, Günther; Haslinger, Walter; Heimrath, Richard; Ohnmacht, Ralf; Weiß, Werner, *Heizen 2050 - Systeme zur Wärmebereitstellung und Raumklimatisierung im österreichischen Gebäudebestand: Technologische Anforderungen bis zum Jahr 2050*. 2010: Wien.
2. Gänßmantel, J. and K. Horn, *Bauwerksdiagnostik - Ein wichtiger Faktor zur Qualitätssicherung bei der Werterhaltung und Sanierung von Gebäuden (Teil 3)*. 2013. **1**.
3. Gänßmantel, J. and K. Horn, *Bauwerksdiagnostik - Ein wichtiger Faktor zur Qualitätssicherung bei der Werterhaltung und Sanierung von Gebäuden (Teil 1)*. 2012. **2**.
4. Gänßmantel, J. and K. Horn, *Bauwerksdiagnostik - Ein wichtiger Faktor zur Qualitätssicherung bei der Werterhaltung und Sanierung von Gebäuden (Teil 2)*. 2012. **3**.
5. Arbeiter, K., *Innendämmung Auswahl, Konstruktion, Ausführung*. 2014, Köln: Verlagsgesellschaft Rufolf Müller GmbH & Co.KG.
6. Steiner, T., *Innendämmung - Nachhaltigkeit, Lebenszyklus und Gesundheit*, in *Praxishandbuch Innendämmung*, F.I. e.V., Editor. 2015, Rudolf Müller Verlag.
7. Steiner, T. and C. Hecht, *IDkonkret. Beitrag 1. Kooperation und Vernetzung für eine ganzheitliche Umsetzung des vorhandenen Wissens über Innendämmsysteme in die Praxis und deren gezielte Optimierung*. Bausubstanz - Zeitschrift für nachhaltiges Bauen, Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege, 2011. **2**(4): p. 31-35.
8. Steiner, T., et al., *IDkonkret. Beitrag 5. Evaluation Innendämmung* Bausubstanz - Zeitschrift für nachhaltiges Bauen, Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege, 2012.
9. Steiner, T. and C. Hecht, *Innendämmung - Anspruch und Wirklichkeit*. enova 2012, 2012.
10. -WTA, W.-T.A.f.B.u.D.e.V., *WTA Merkblatt 6-1-01/D Leitfaden für hygrothermische Simulationsberechnungen*. 2002.
11. -WTA, W.-T.A.f.B.u.D.e.V., *WTA Merkblatt 6-2-01 Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse*. 2002.
12. *Leitfaden Nachweisführung Innendämmung (Entwurf)*. 2012, Wien: IDkonkret Kompetenzzentrum Innendämmung.
13. WTA, *WTA Merkblatt 6-4 Ausgabe 05.2009/D. Innendämmung nach WTA I: Planungsleitfaden*. 2008, Stuttgart (Deutschland): Fraunhofer IRB Verlag. 12 S.
14. -WTA, W.-T.A.f.B.u.D.e.V., *WTA Merkblatt 6-5 Innendämmung nach WTA II Nachweis von Innendämmsystemen mittels numerischer Berechnungsverfahren*, in *Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. -WTA (Hrsg.)*. 2013.
15. -WTA, W.-T.A.f.B.u.D.e.V., *WTA Merkblatt 8-5 Fachwerkinstandsetzung nach WTA V: Innendämmungen*. 2008.
16. Zelger, T. and T. Waltjen, *IBO-Passivhaus-Sanierungs-Bauteilkatalog*. Endbericht Programmlinie HdZ Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften Berichte aus der Energie- und Umweltforschung [www.hausderzukunft.at](http://www.hausderzukunft.at). 2012.
17. Kautsch, P., *Projekt ÖKO-ID - Diffusionsoffene Innendämmsysteme und Holzbalkenköpfe auf dem Prüfstand*. Energy Day 2012, 2012.
18. Oettl, F., *Gründerzeit-Fenster- und Fassadenelement*. 2011.
19. Schmitzer, I., *Entwerfen im Kontext: Sanierung im Altbestand - Variantenstudie Gründerzeithaus in Wien*, in *E 260 - Institut für Städtebau, Landschaftsarchitektur und Entwerfen*. 2010, TU-Wien: Wien.
20. Ruisinger, U. and J. Grunewald, *Feuchteatlas zur Vermeidung Planungsbedingter Feuchteschäden Neue Beurteilungskriterien zur Bewertung innen gedämmter*

*Konstruktionen*, F.J. GmbH, Editor. 2009, Institut für Bauklimatik Technische Universität Dresden: Dresden.

21. BWM Architekten BEIRA, F., Kupf, Tabor, *Wiener Fenster - Gestaltung und Erhaltung A Allgemeiner Teil*
22. Steiner, T. and K. Keintzel-Lux, *21 Themen des gründerzeitlichen Gebäudebestands - Gründerzeit-Toolbox Beitrag 1*. *ibOmagazin*, 2014. **4/14**.
23. -WTA, W.-T.A.f.B.u.D.e.V., *WTA Merkblatt Luftdichtheit im Bestand Teil 3 Messung der Luftdichtheit*. 2013.
24. -WTA, W.-T.A.f.B.u.D.e.V., *WTA Merkblatt Luftdichtheit im Bestand Teil 1 Anforderungen an Planung und Ausführung Grundlagen der Planung*. 2014.
25. -WTA, W.-T.A.f.B.u.D.e.V., *WTA Merkblatt Luftdichtheit im Bestand Teil 2 Detailplanung u Ausführung*. 2014.
26. Austria, S., *Wohnungen (Hauptwohnsitzwohnungen) und Nutzfläche nach Art des Gebäudes, Heizungsart, Bauperiode*, Tabelle 13b. 2012.
27. *Entwicklung einer Bewertungsmethodik der Architektur von 1945 bis 1979 - Beschreibung der Methodik*
28. REQUEST, *Request Gebäudetypologie Wien Studie*. 2012.
29. Steiner, T., *Innendämmung in der Praxis*. Tagungsband BauZ! 2015, 2015.
30. Steiner, T. and F. Heisinger, *Innendämmung - Lösungen für den Gebäudebestand*. enova 2013, 2013.
31. Sto, *StoTherm In - Innendämmsysteme Verarbeitungsrichtlinie*. 2015.
32. MA22, Ö., *Leitfaden Fenstersanierung*. 2009.
33. *Technische Regeln für Gefahrstoffe, TRGS 505 Blei*. Ausgabe Feber2007.
34. Reimers, M., *Leserzuschrift "Innendämmung ohne Dampfbremse"*. 2007.
35. Steiner, T. and G. Lux, *Kastenfenster zeitgemäß modernisieren*. *IBOmagazin*, 2014. **1/2014**.
36. Michael Truskaller, G.G., Susanne Bollmus, *Feuchtehaushalt und Abwitterungsverhalten von modifiziertem Holz* Tagungsband Wiener Holzforschungstage 2010.
37. Köckl, I., *Chemie der Farbmittel in der Malerei*. 2015, Berlin/München/Boston: De Gruyter.
38. Alberti, L.B., *De re aedificatoria*, in *architektonischer Traktat*. 1452, Rom.
39. Richard Bermpohl, H.W., *Das Tischlerbuch*. 1952: Gütersloh.
40. Stoffdatenbank, G. [cited 2015 5.5.2015].
41. Gerd Zwiener, H.M., *Ökologisches Baustoff-Lexikon*. 2006, C.F.Müller Verlag: Heidelberg.
42. Druckfarbenindustrie, V.d.d., *VdL-Richtlinie 01, Richtlinie zur Deklaration von Inhaltsstoffen in Bautenlacken, Bautenfarben und verwandten Produkten*, VdL, Editor. 2013.
43. Steiner, T., *Expertenworkshop Innendämmung in der Praxis*. *IBOmagazin*, 2015. **1/15**.
44. Steiner, T., *Innendämmung in der Praxis*. BauZ! Tagungsband 2015.
45. Steiner, T. and K. Keintzel-Lux, *Modernisierung auf Ebene der Nutzungseinheit - Gründerzeit Toolbox Teil II*. *IBOmagazin*, 2015. **2/15**.
46. Stieldorf, K. and T. Steiner, *Innendämmung: Eine Bestandsaufnahme*. *architektur.aktuell*, 2015. **1**.
47. Steiner, T., C. Hecht, and O. Klar, *Innendämmung - Varianten - dauerhaft und schadfrei*. NOGOs Bauphysik, 2014.
48. Steiner, T., *Charmant - Wiener Dachgeschoße Musterbeispiele gelungener Wiener Dachgeschoßausbauten*. *IBOmagazin*, 2013. **2**.
49. Steiner, T. and F. Heisinger, *IDsolutions – Lösungen für die Sanierung mit Innendämmung auf Ebene der Nutzungseinheit*. Tagungsband enova 2015, 2015.
50. Hecht, C. and T. Steiner, *Aus dem Garten der Natur. Planung und Ausführung von Innendämmung*. *Bauen im Bestand B + B*, 2010. **33(5)**: p. 48-51.