

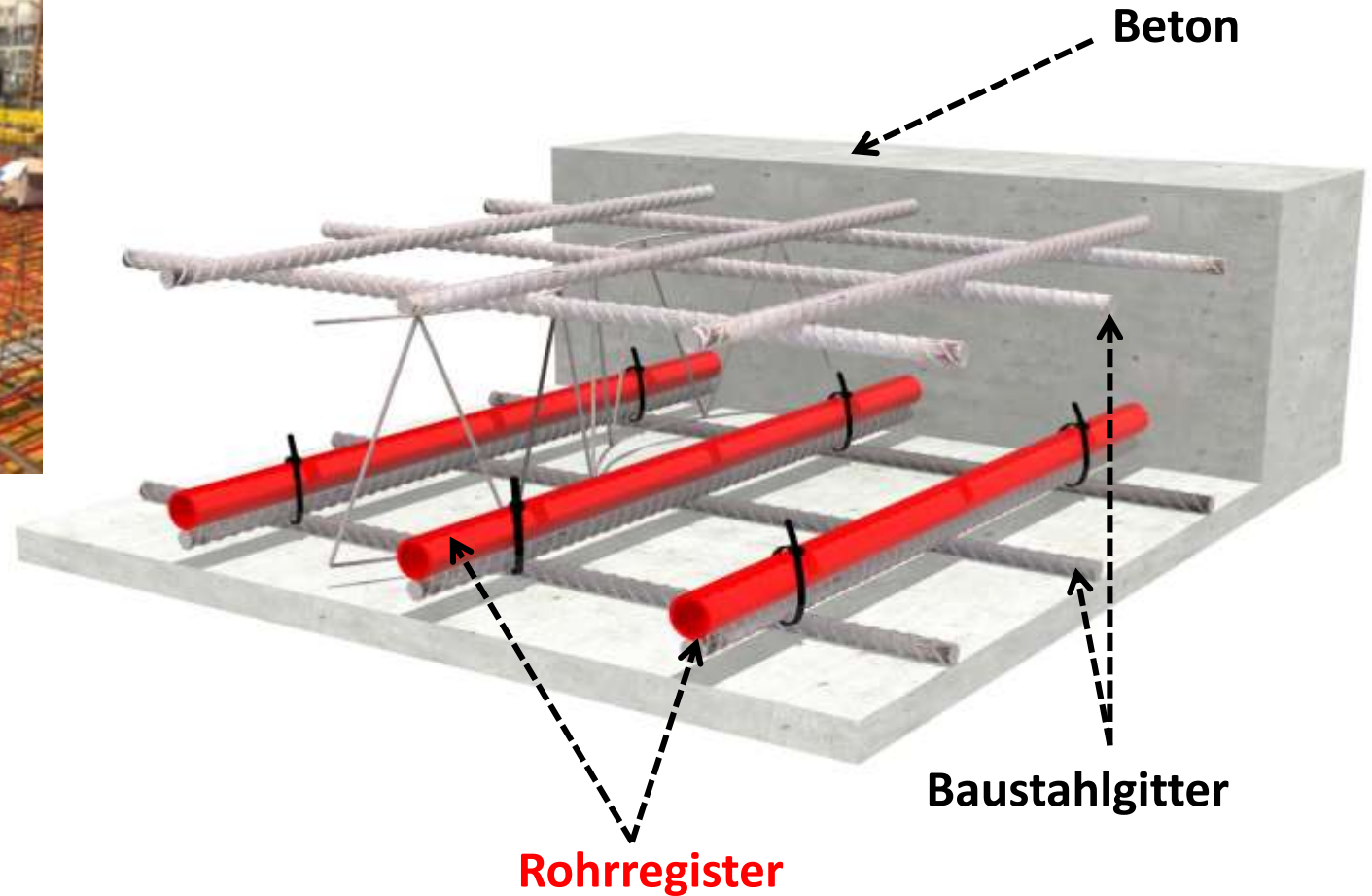
TBA in der Praxis, so einfach geht's!

DI Claudia Dankl, Zement und Beton
Workshop EU-BIT, Graz am 15. Juni 2018

- **ENERGIESPEICHER BETON – Grundlagen**
 - Materialeigenschaften
 - abgeleitete Kenngrößen
- **Pilotprojekt – massives Einfamilienhaus im Weinviertel**
 - Planung und Errichtung
 - Monitoring
- **Weitere aktuelle Vorzeigeprojekte**
- **Potential und Ausblick**



Quelle: Zement+Betton



- außerordentlich hohe Wärmeleitfähigkeit
- hohes spezifisches Gewicht von 2.400 kg/m³
- exzellente Eignung von Betonbauteilen zur thermischen Bewirtschaftung

Tabelle 1: Thermodynamische Kennwerte exemplarischer Baustoffe

				>28 cm Beton	>18 cm Ziegel	>10 cm Holz	2,5 cm GKP
Wärmeleitfähigkeit	λ	W/mK		1,8	0,2	0,1	0,2
Wärmespeicherkapazität	c_p	kJ/kgK		1,0	1,0	2,5	1,1
Spezifisches Gewicht	ρ	10 ³ kg/m ³		2,4	0,8	0,5	0,9
Temperaturleitfähigkeit	a	10 ⁻⁶ m ² /s	$a = \lambda / (\rho * c_p)$	0,8	0,3	0,1	0,2
dynamische Eindringtiefe für T=24h	δ	m	$\delta = T * a / \pi$	0,14	0,09	0,05	0,08
flächenbez. wirksame Wärmekapazität	χ'	Wh/(m ² K)	lt EN ISO 13786A.2.3	27	13	12	1
volumsbezogene Wärmespeicherfähigkeit	C	Wh/(m ³ K)	$C = \rho * c_p$	667	222	347	263

Quelle: Peter Holzer, 2014

▪ Flächenheizung:

- Oberflächentemperaturen nahe der Lufttemperatur
- nahezu reine Strahlungsheizung

 **hohe thermische Behaglichkeit**

▪ Fluidtemperatur in Rohren:

- niedrige Temperaturen im Winter ($< 30,0 \text{ }^\circ\text{C}$)
- hohe Temperaturen im Sommer ($> 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$)

 **TBA ist für die Nutzung erneuerbarer Energien bestens geeignet**

▪ Regelung :

- Einregelung nur am Anfang
- Selbstregelungseffekt

 **Sehr einfaches, robustes System**

Ziel: ganzjährige Konditionierung eines Gebäudes **allein** mittels thermischer Aktivierung der Decken unter Wahrung hohen thermischen Komforts

Bedingung in Hinblick auf **thermischen Komfort:**

$$|\Theta_s - \Theta_a| \leq 4,0 \text{ K}$$



Θ_s ... Oberflächentemperatur der aktivierten Decke

Θ_a ... Lufttemperatur im Raum

Winter: max. Wärmeabgabeleistung $\leq 26 \text{ W/ m}^2$

Sommer: max. Wärmeaufnahmeleistung $\leq 43 \text{ W/ m}^2$

Bezugsfläche: **Registerfläche!**



Sofern die ganze Deckenfläche thermisch aktiviert ist, gilt:

Winter: Heizlast $\leq 26 \text{ W/ m}^2$

Sommer: Kühllast $\leq 43 \text{ W/ m}^2$



Ein Passivhaus ist für die ganzjährige Konditionierung mittels thermischer Aktivierung der Decken prädestiniert

Beheizung/Kühlung der tragenden Struktur eines Gebäudes

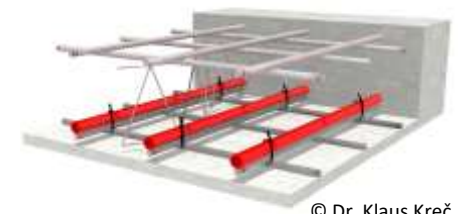
- Wände:**
- + sehr effektiv in Hinblick auf thermischen Komfort
 - beidseitige Wärmeabgabe macht Regelung schwierig
 - Gefahr bei Bohrung von Dübellöchern
 - Möblierung beeinflusst Wärmeabgabe



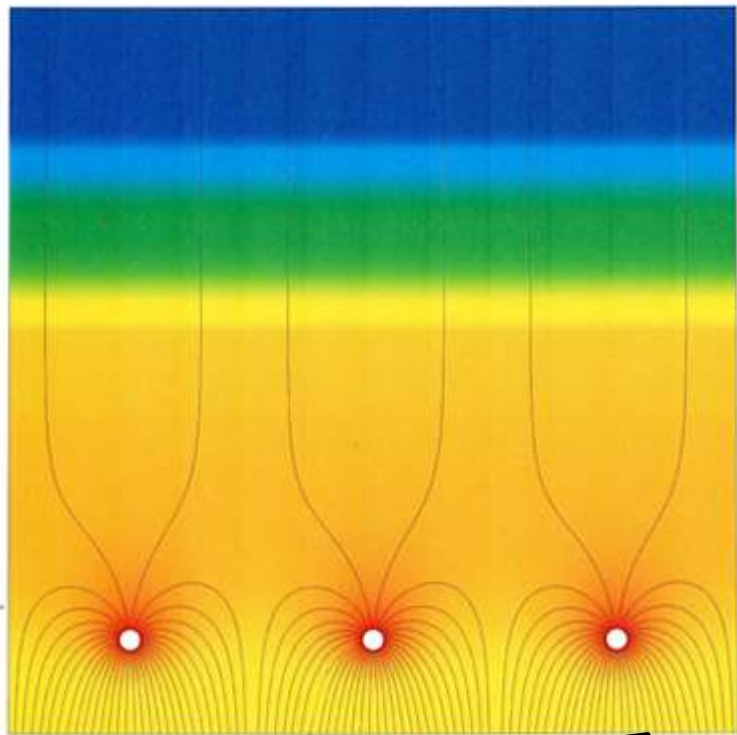
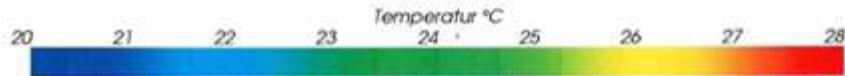
- Fußboden:**
- + hohe Wärmeabgabeleistung bei Beheizung
 - „normale“ Fußbodenaufbauten kontraproduktiv
 - Möblierung beeinflusst Wärmeabgabe
 - für Kühlung nur bedingt geeignet (Kaltluftsee)



- Decke:**
- + sehr leicht und kostengünstig umsetzbar
 - + hohe Wärmeaufnahmeleistung bei Kühlung
 - + Möblierung beliebig
 - relativ kleine Wärmeabgabeleistung bei Beheizung



© Dr. Klaus Kreč



Aufbau

- 1,0 cm Bodenbelag
- 6,0 cm Zementestrich
- 3,0 cm Trittschalldämmung
- 10,0 cm Dämmschüttung
- 25,0 cm Stahlbetondecke

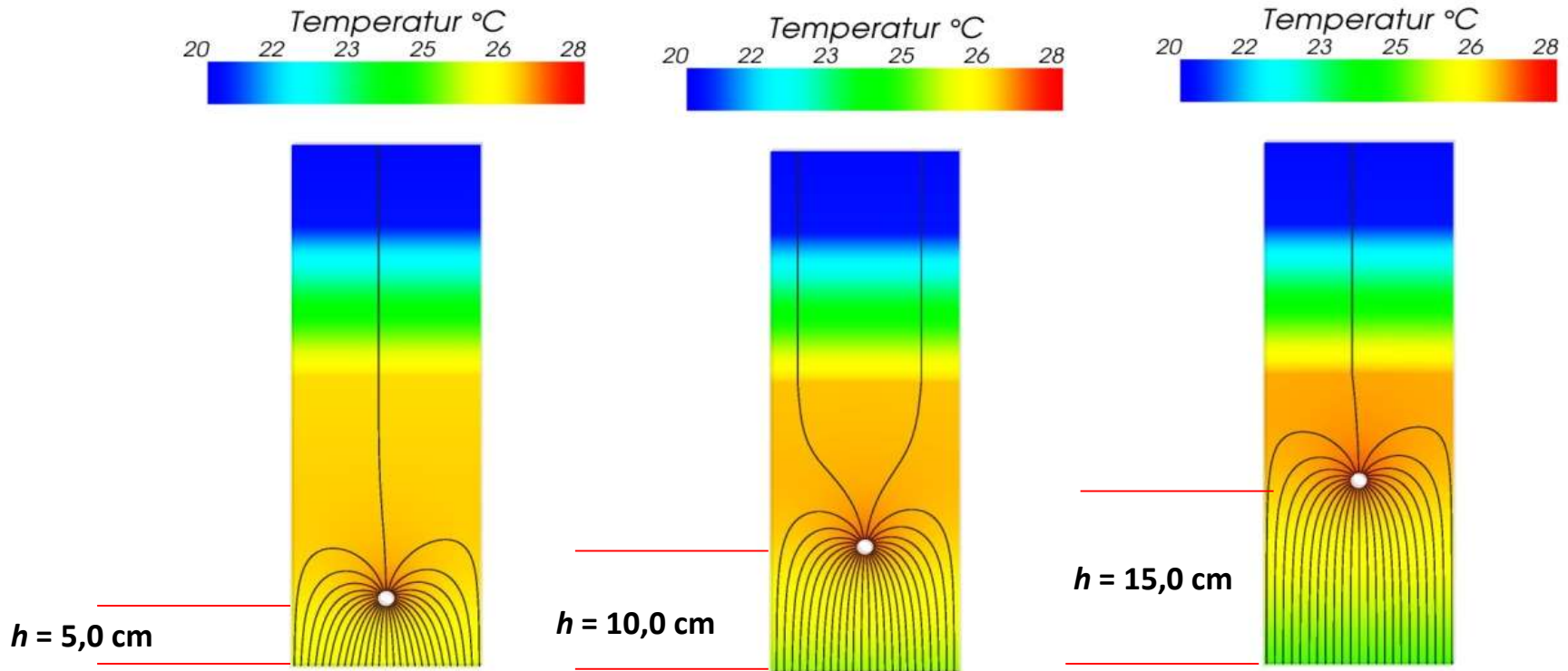
1. die Betondecke ist nahezu isotherm

2. der überwiegende Teil der vom Rohrregister abgegebenen Wärme fließt in den Raum unter der Decke

Wärmestrom zwischen je 2 Stromlinien: $0,2 \text{ Wm}^{-1}$

AnTherm V.7.125 2013.10.03 © T.Kornicki www.kornicki.com

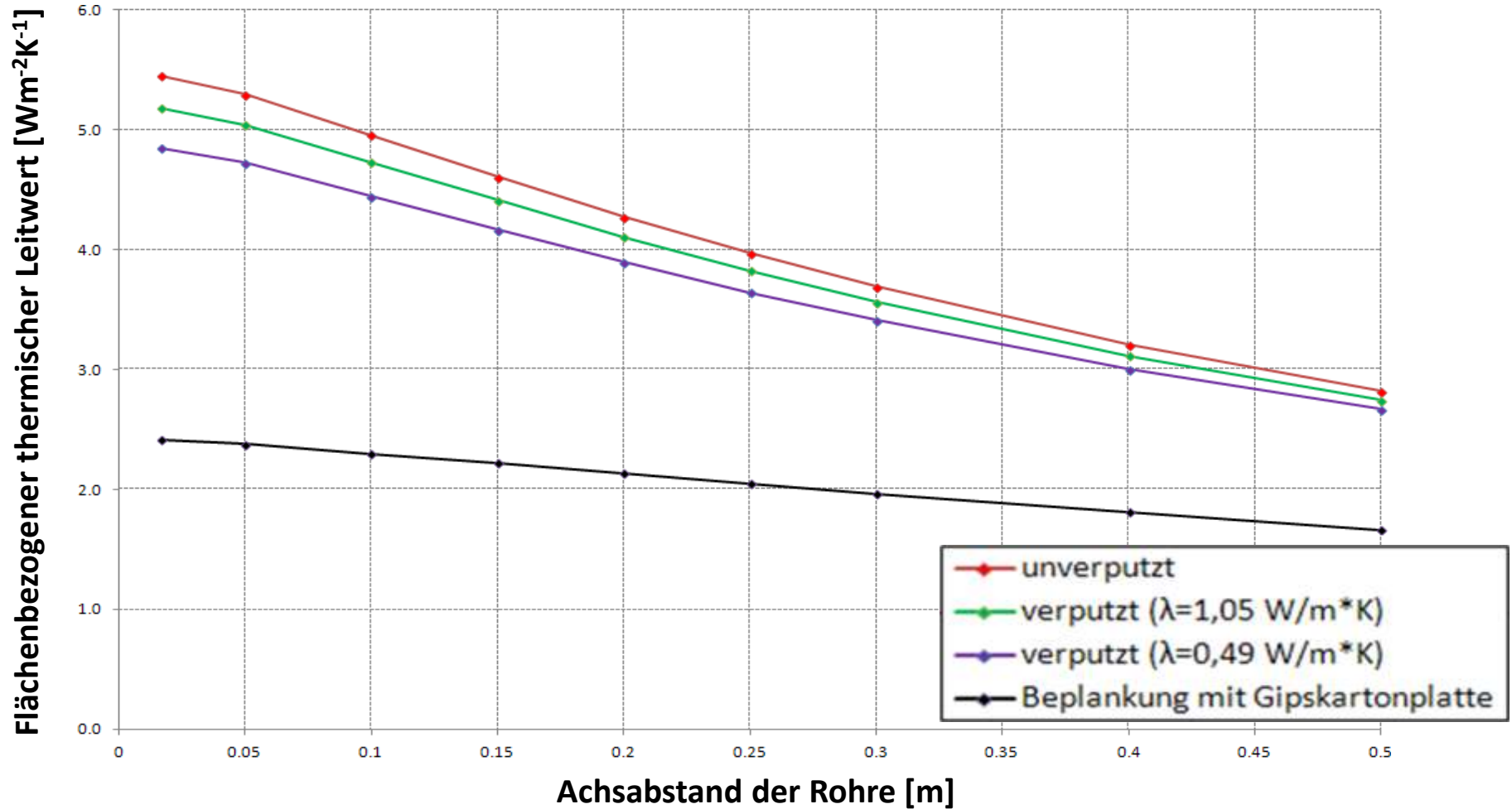
© Dr. Klaus Kreč



h ... Betonüberdeckung

Wärmestrom zwischen je 2 Stromlinien: $0,2 \text{ Wm}^{-1}$

© Dr. Klaus Kreč



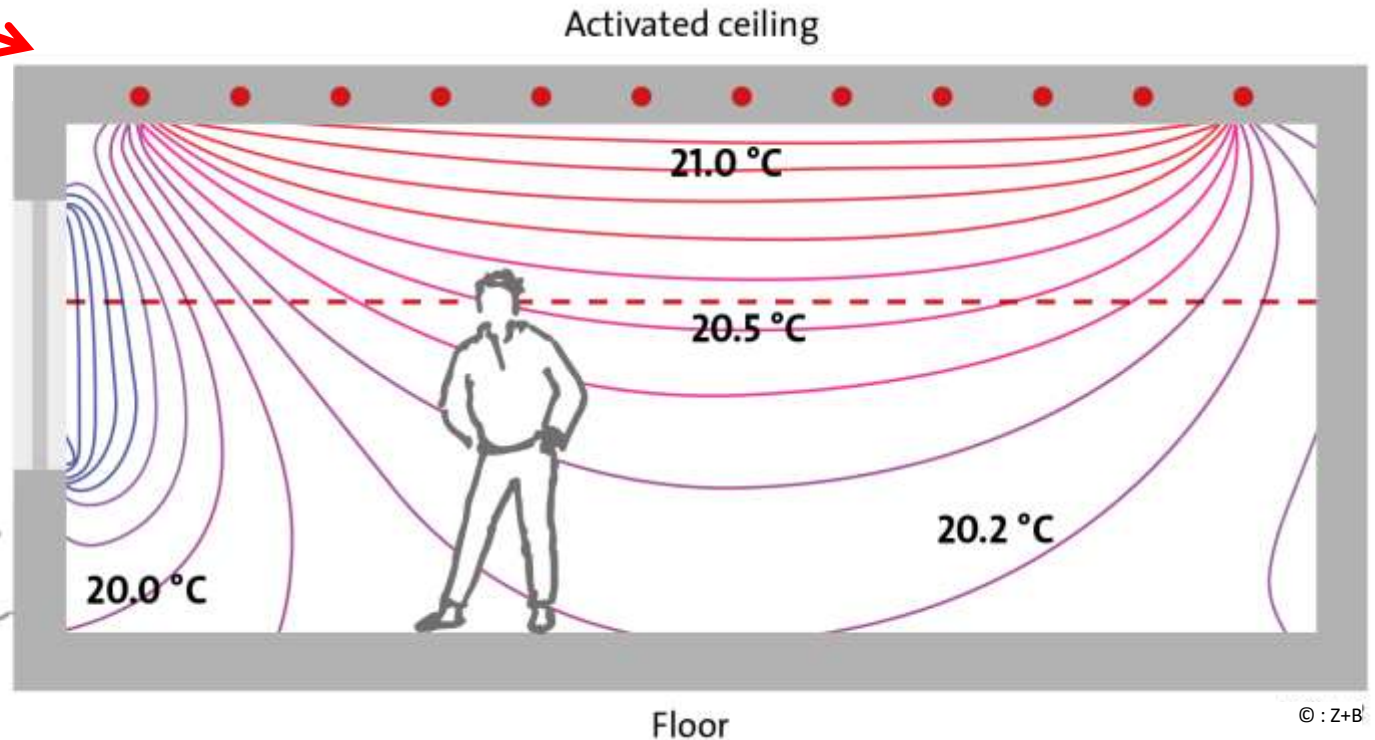
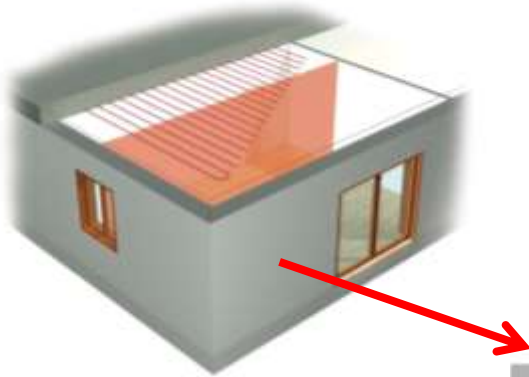
Rohr 17 x 2,0; 50 mm Betonüberdeckung; Heizungsfall

© Dr. Klaus Kreč

1. großflächig aktivierte Oberflächen → **keine unangenehmen Luftbewegungen**
2. thermisch aktivierte Decken → **Strahlungsheizung bzw. -kühlung**
→ **kein „oben“ oder „unten“**
3. **Staub nicht aufgewirbelt** und verteilt → kein "Heizungsgeruch"
4. Strahlungsaustausch → **gleichmäßige Wärmeverteilung** auf alle Oberflächen
5. **Strahlung** → **Abstände** zwischen beheizten/unbeheizten Flächen spielen praktisch **keine Rolle**
6. **gleichmäßigen Oberflächentemperaturen** → sehr hohe thermische Behaglichkeit
7. **Keine Einschränkung der Raumnutzung** durch Heizkörper oder Kühlgeräte

Ein Höchstmaß an thermischer Behaglichkeit

Raum im obersten Geschoß eines Passivhauses
 Außenwände west- und nordseitig
Schwere Bauweise





Hochwertige **Gebäudehülle**, ca. 120 m² WNFL

Fertigstellung: Ende 2015

Zielsetzung:

- kostenoptimierte Energieversorgung:
Wärmepumpe + Erdkollektor + Wind-Spitzenstrom
- einfache Haustechnik
- einfache Bauweise
- einfache Steuerung
- wirtschaftliche Lösung

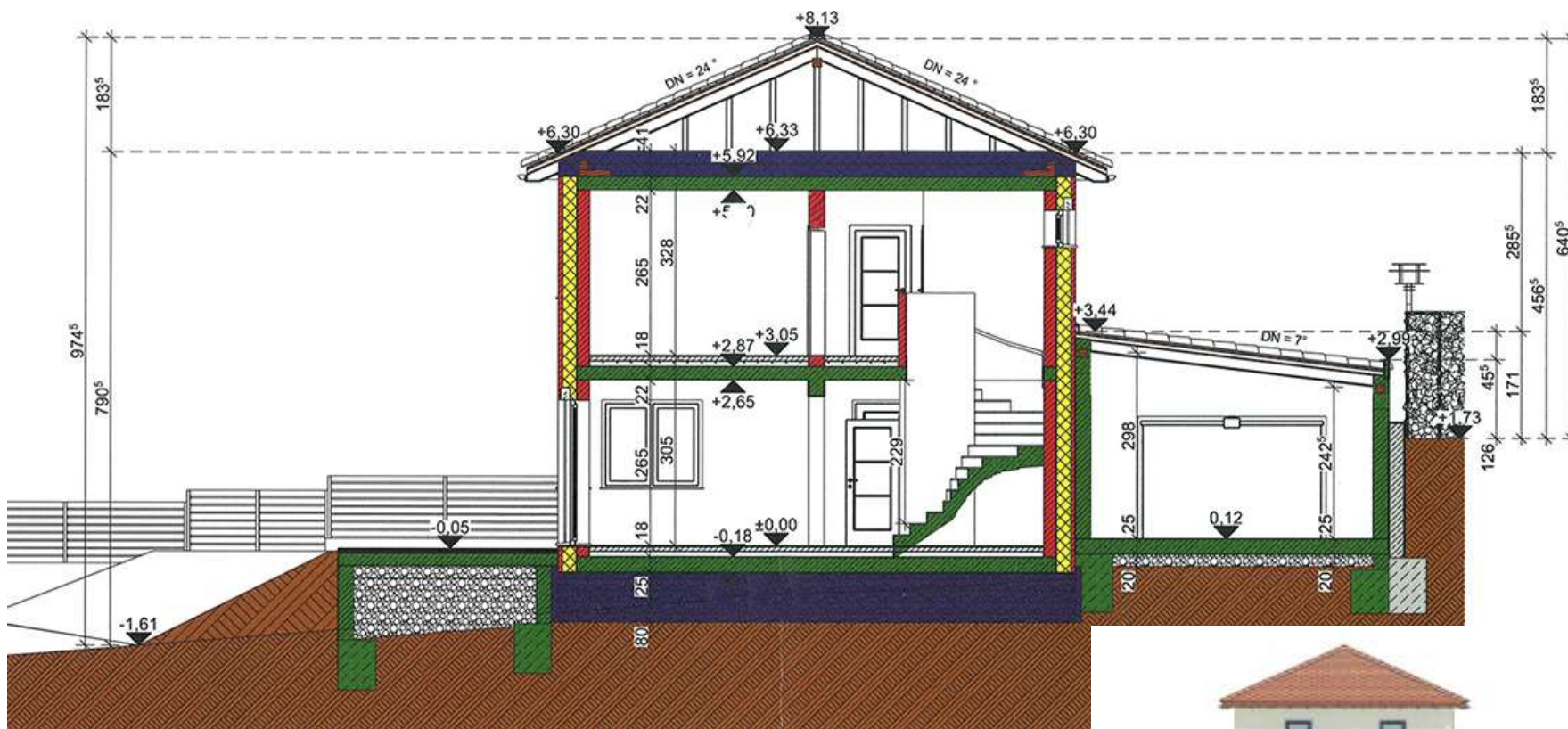


Wind

Planung: FIN – Future Is Now, Kuster Energielösungen GmbH

Begleitforschung: Univ.-Prof. Dr. Klaus Kreč, TU Wien, Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Dr. Simon Handler, Forschungsinstitut der Zementindustrie Dipl.-Ing. F. Friembichler, Dipl.-Ing. S. Spaun, VÖZ





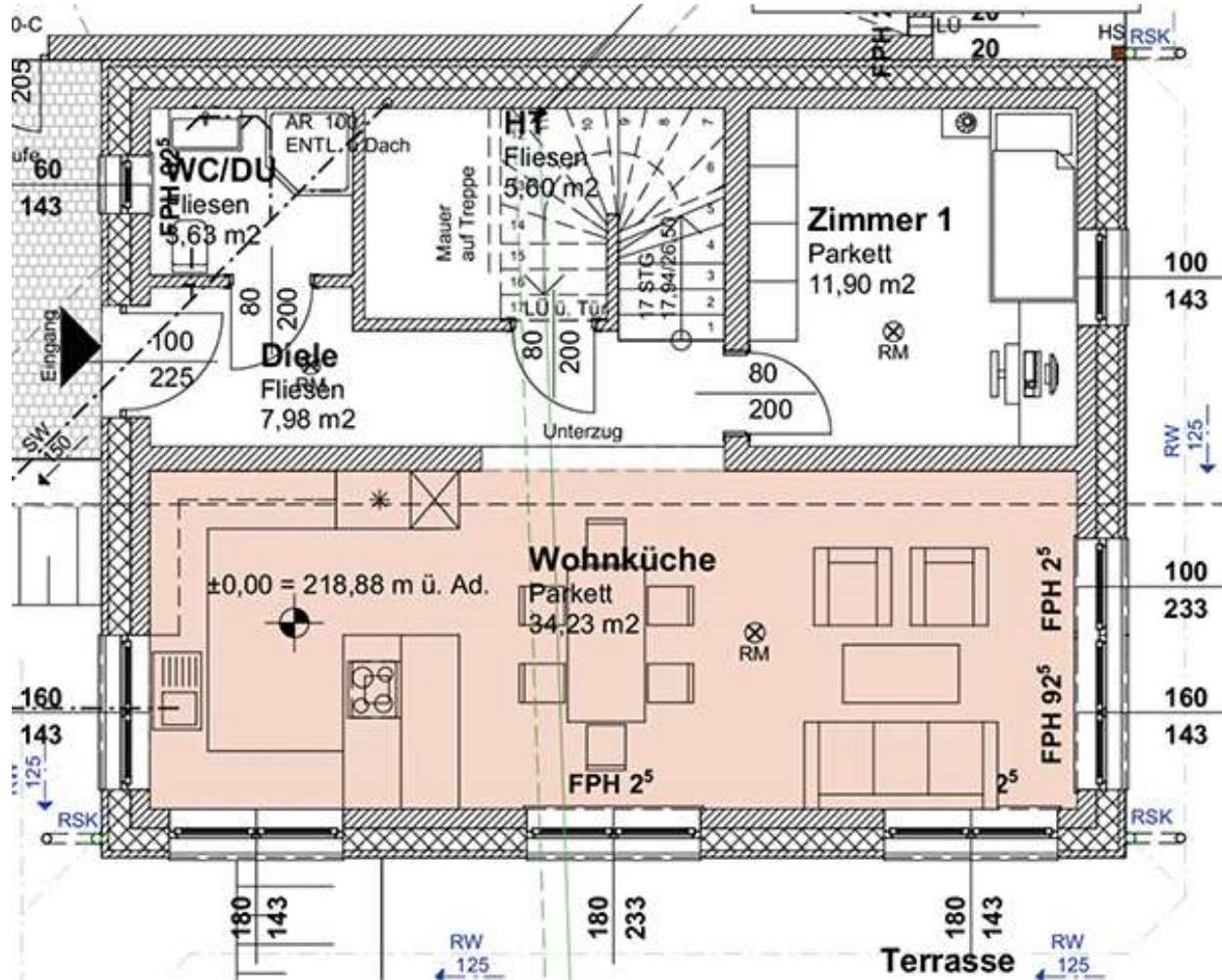
Schnitt 1-1 M 1:100

Schnitt durch den Hausentwurf des Berechnungsbeispiels

© FIN – Future Is Now, Kuster Energielösungen GmbH bzw. Aichinger Hoch- u. Tiefbau GmbH

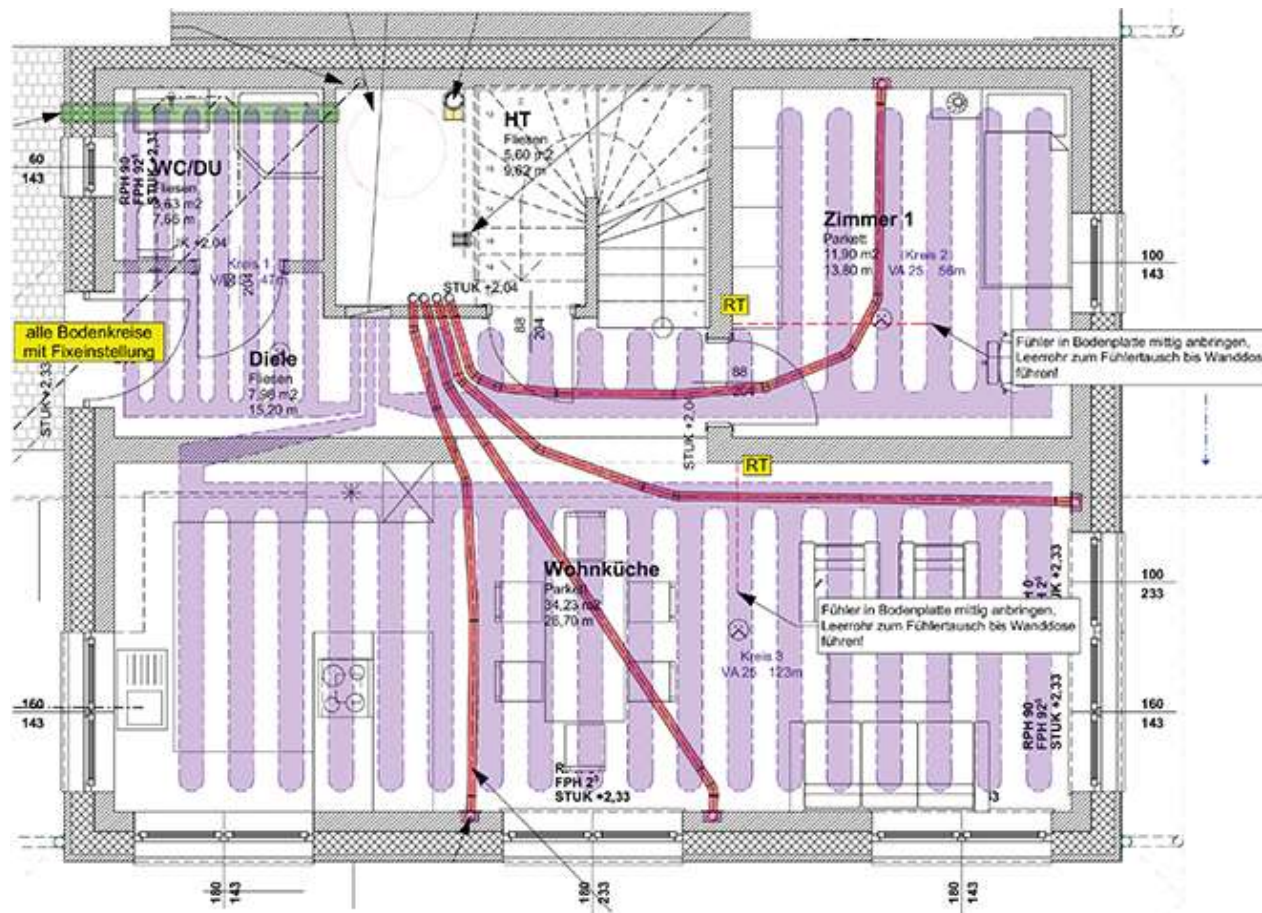


Ansicht Nordwest M 1:100



Lageplan Erdgeschoß des Berechnungsbeispiels

© Aichinger Hoch- u. Tiefbau GmbH



Verlegungsplan des Rohrregisters in der Geschoßdecke EG

© FIN – Future Is Now, Kuster Energielösungen GmbH



Verteilerkasten



Fläche für Montage Verteilerkasten



Aufstellen Verteilerkasten



© Aichinger Hoch- u. Tiefbau GmbH

Montage Verteilerkasten



Endlosschlauch zur Abhängung der Rohrleitungen



Sauerstoffdichter Schlauch



Verteilerkasten



© Aichinger Hoch- u. Tiefbau GmbH

Verlegung Schlauch



Verlegung in Mäandern



© Aichinger Hoch- u. Tiefbau GmbH

Anschluss an den Verteilerkasten, Schutzüberzug für Schläuche



Erdgeschoß mit verlegten Schläuchen



© Aichinger Hoch- u. Tiefbau GmbH

Verteilerkasten mit Manometer, Druckprüfung vor, während und nach Betonierarbeiten



Fühler zur Messung der Kerntemperatur wird mit einbetoniert



© Aichinger Hoch- u. Tiefbau GmbH

Einbringen und Verdichten des Betons; Rohrleitungen müssen vollständig umgeben sein



Betonieren



Erdgeschoßplatte fertig



© Aichinger Hoch- u. Tiefbau GmbH

Verteilerkasten für die Heizkreise



© Aichinger Hoch- u. Tiefbau GmbH

Decke Erdgeschoß



Verteilerbalken an Deckenuntersicht für die darüber liegenden Heizkreise (Decke EG)



© Aichinger Hoch- u. Tiefbau GmbH

Erdreichwärmetauscher – verlegte Leitungen im Gartenbereich



© Aichinger Hoch- u. Tiefbau GmbH

Verteilerkasten, eingebaut



© Aichinger Hoch- u. Tiefbau GmbH

Verteilerkasten, Decke



© Aichinger Hoch- u. Tiefbau GmbH

Technikraum mit Wärmepumpe und Wasserspeicher

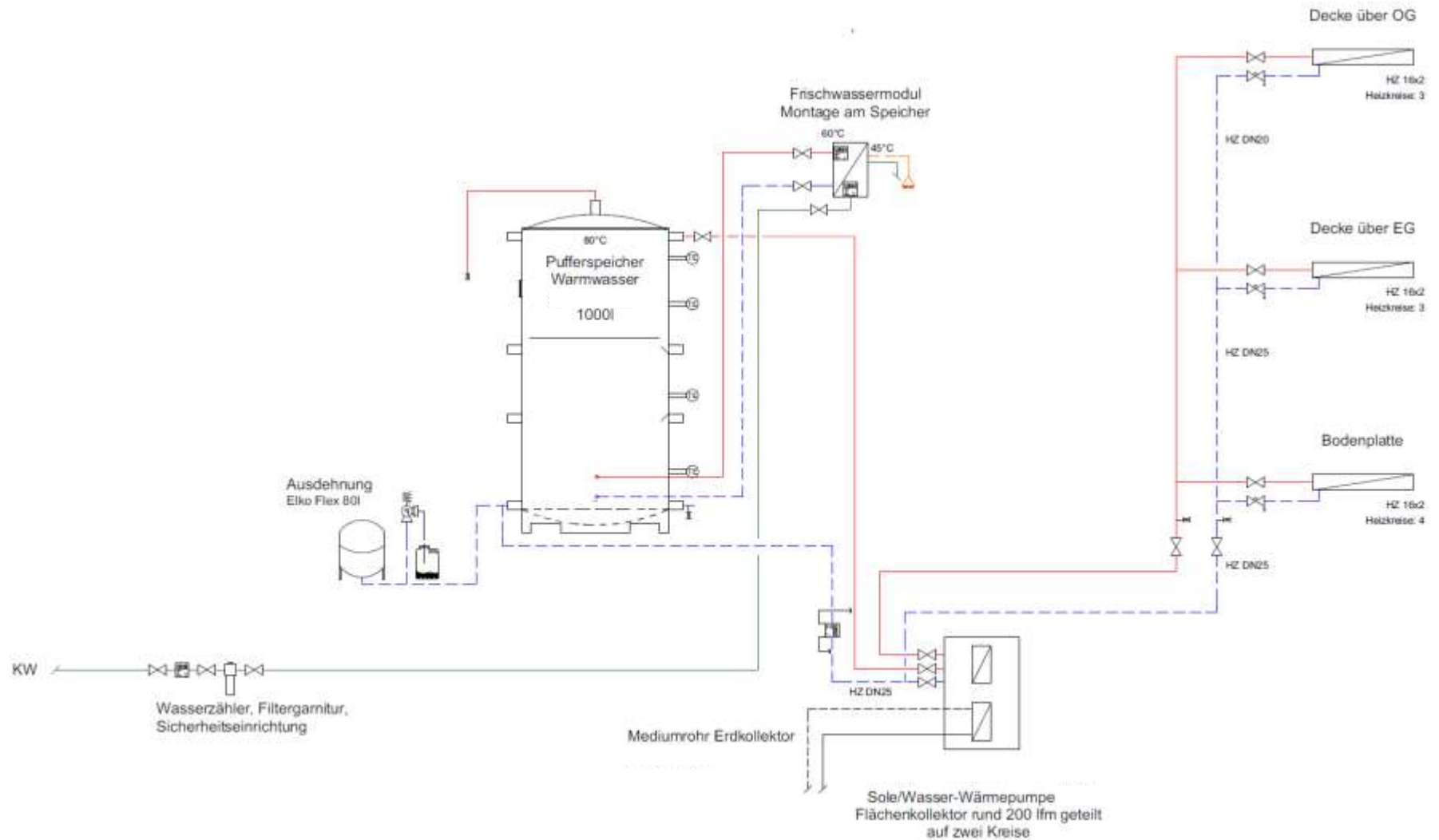


Details Technikraum



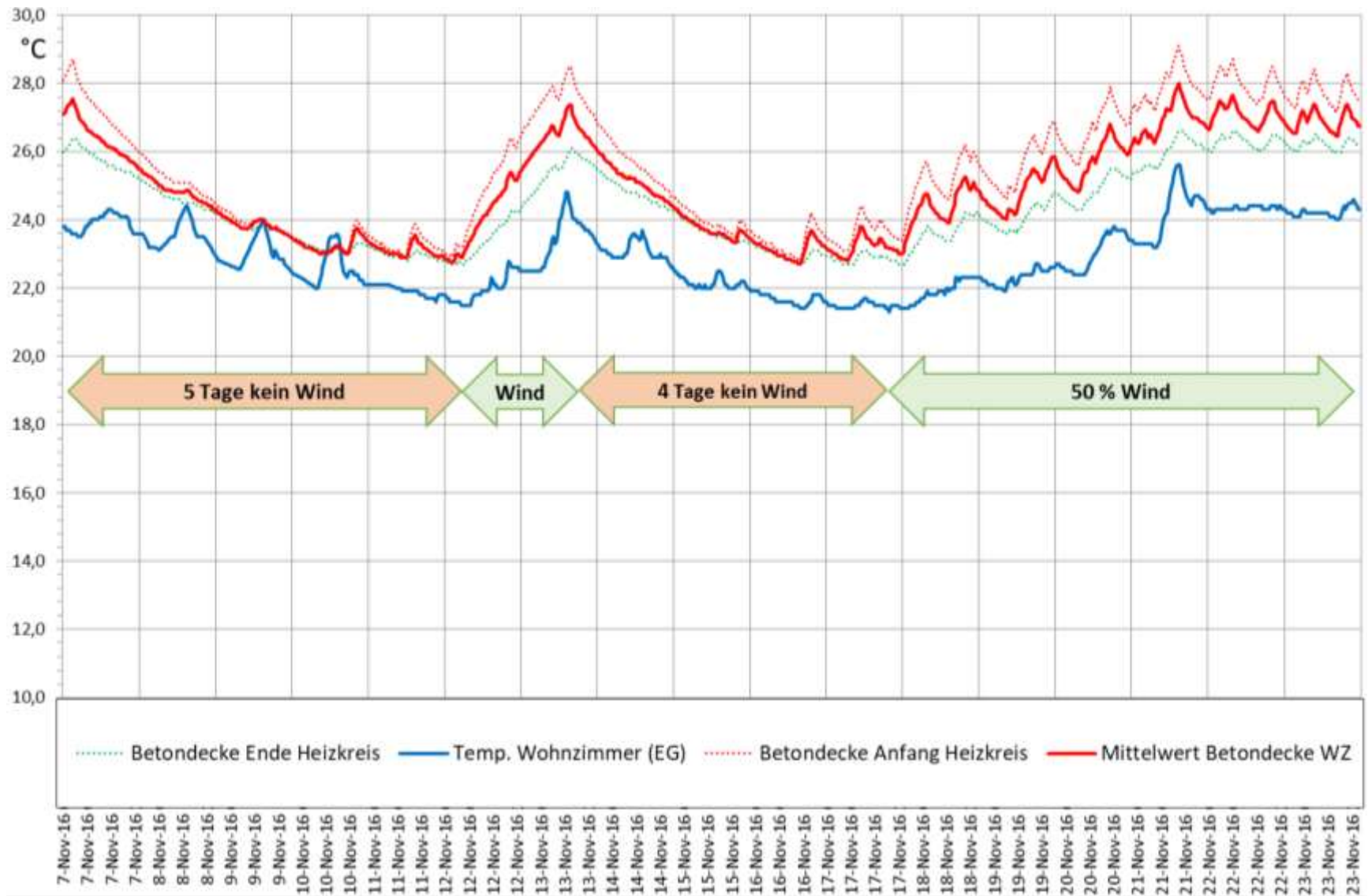
© Aichinger Hoch- u. Tiefbau GmbH

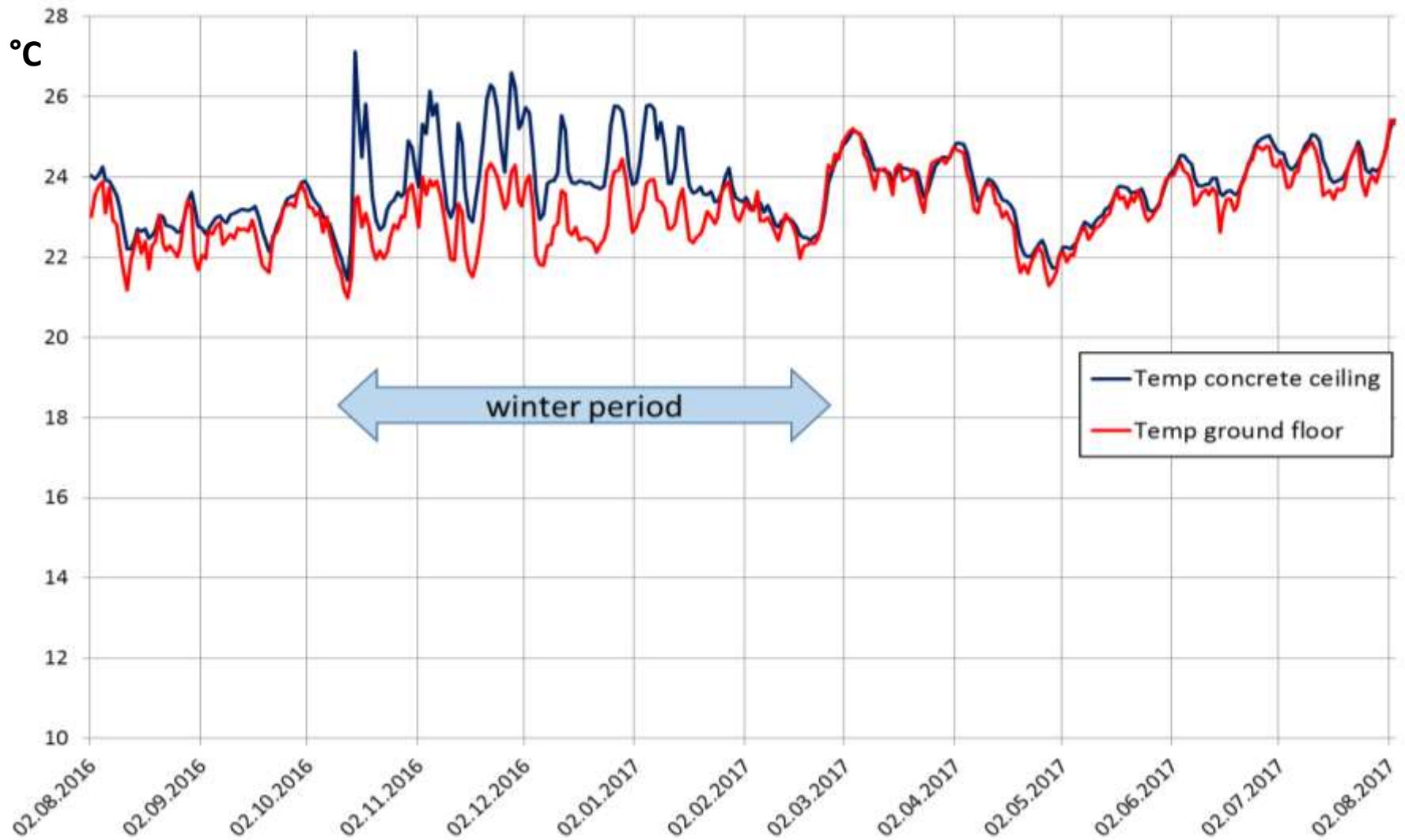
Display Wärmepumpe



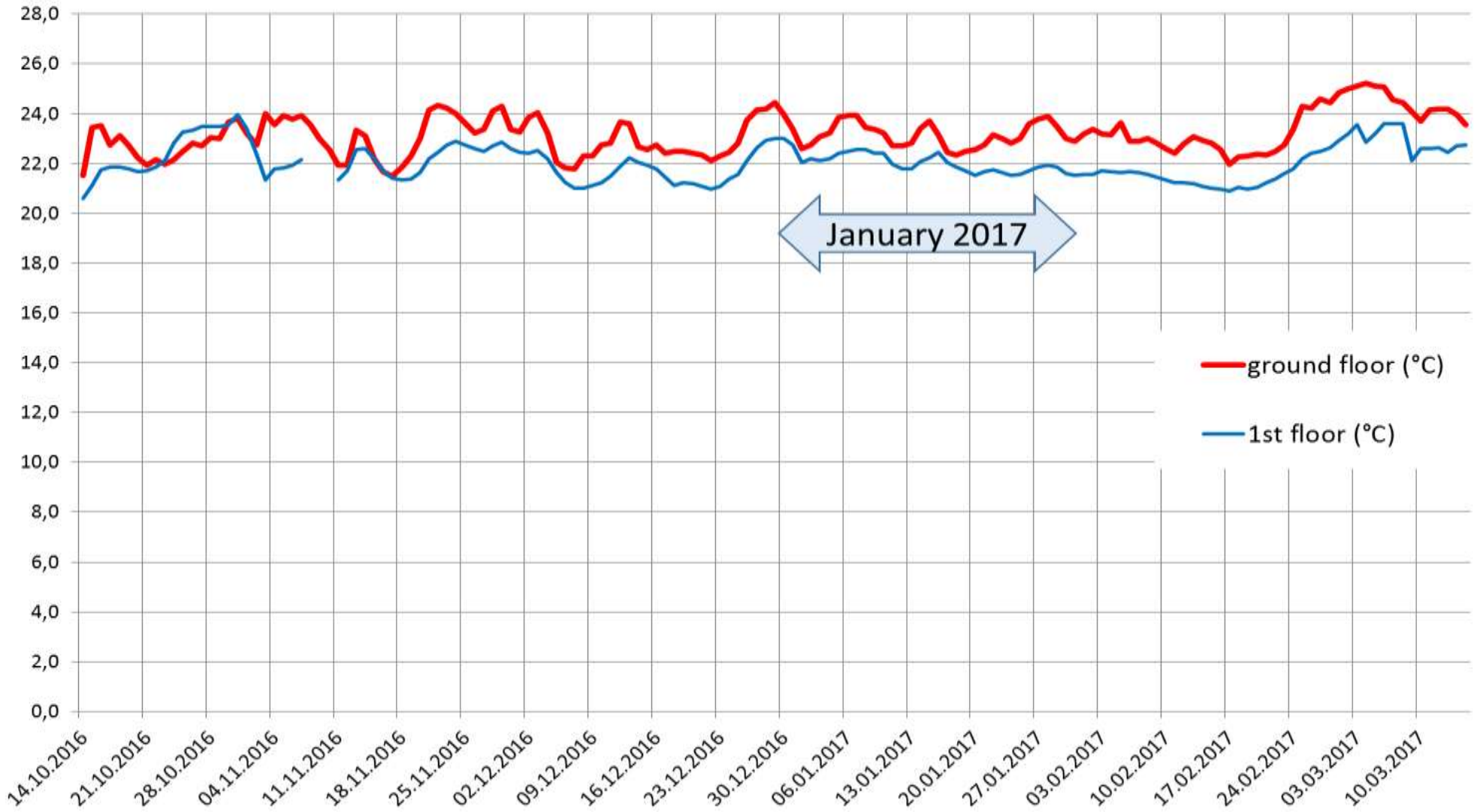
Hydraulik-Schema der Fa. FIN - Future Is Now, Kuster Energielösungen GmbH - Vorabzug

Monitoring



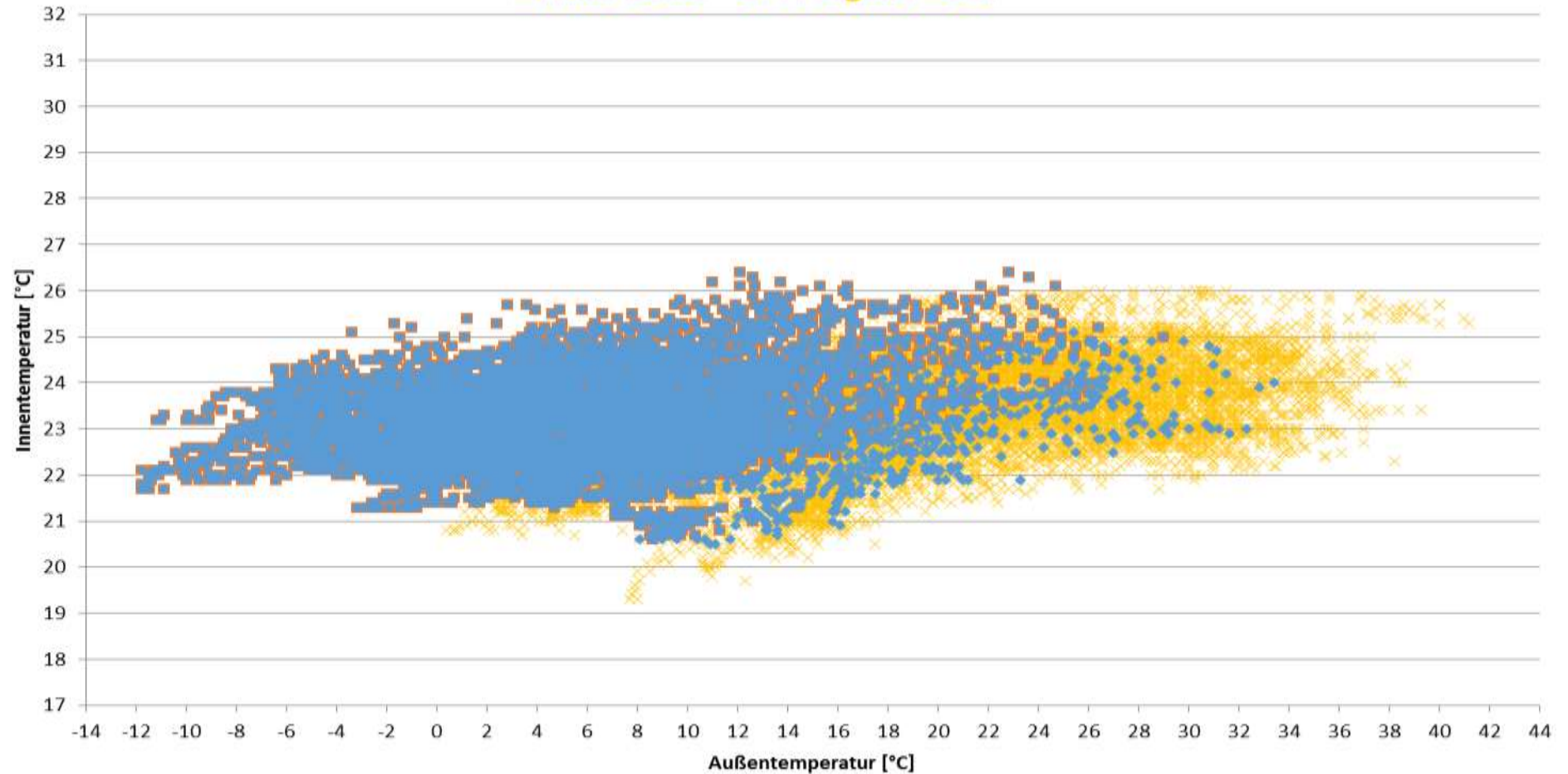


Winter 2016/2017



16. Sept 2016 - 31.3.2017 (Winter)

2. Mai 2016 - 17. August 2017



Haus H. Stockerau, NÖ

Anteil am Wärmepumpenstrombedarf für Heizzwecke

	Mit Windfreigabe (netzdienlich)	Ohne Windfreigabe (Normalstrom)
Winter 2016/2017	70%	30%
Winter 2017/2018	90 % !!!	10%
November 2016	93%	7%
Jänner 2017	63%	37%
Jänner 2018	94%	6%
Februar 2018	71%	29%

**AKTUELLE VORZEIGEPROJEKTE –
Heizen und ökoeffizientes Kühlen im Wohnbau**

155 Wohnungen, Mühlgrundgasse, Wien 22



155 Wohnungen, Mühlgrundgasse, Wien 22





Quelle: VÖZ



Windpark EVN

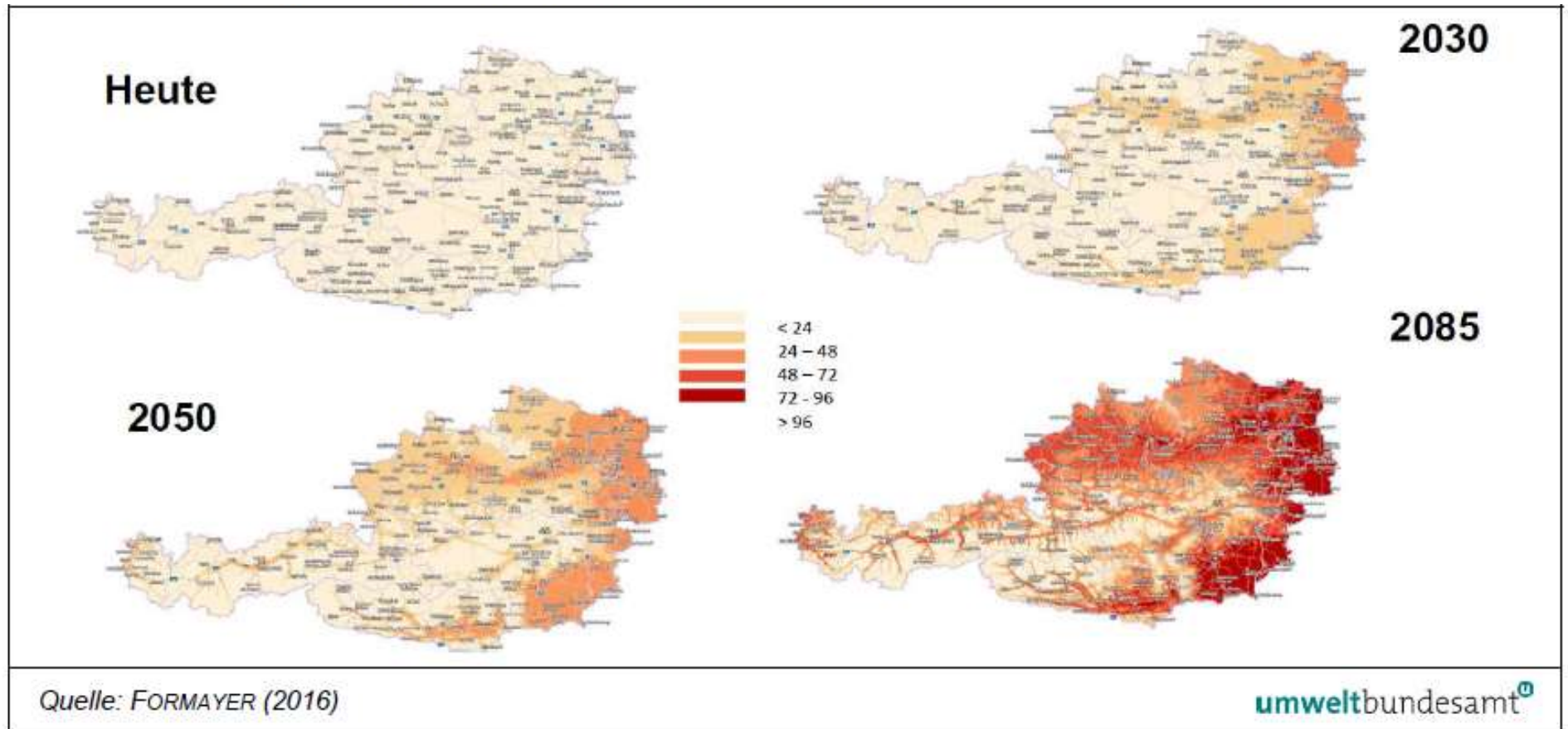


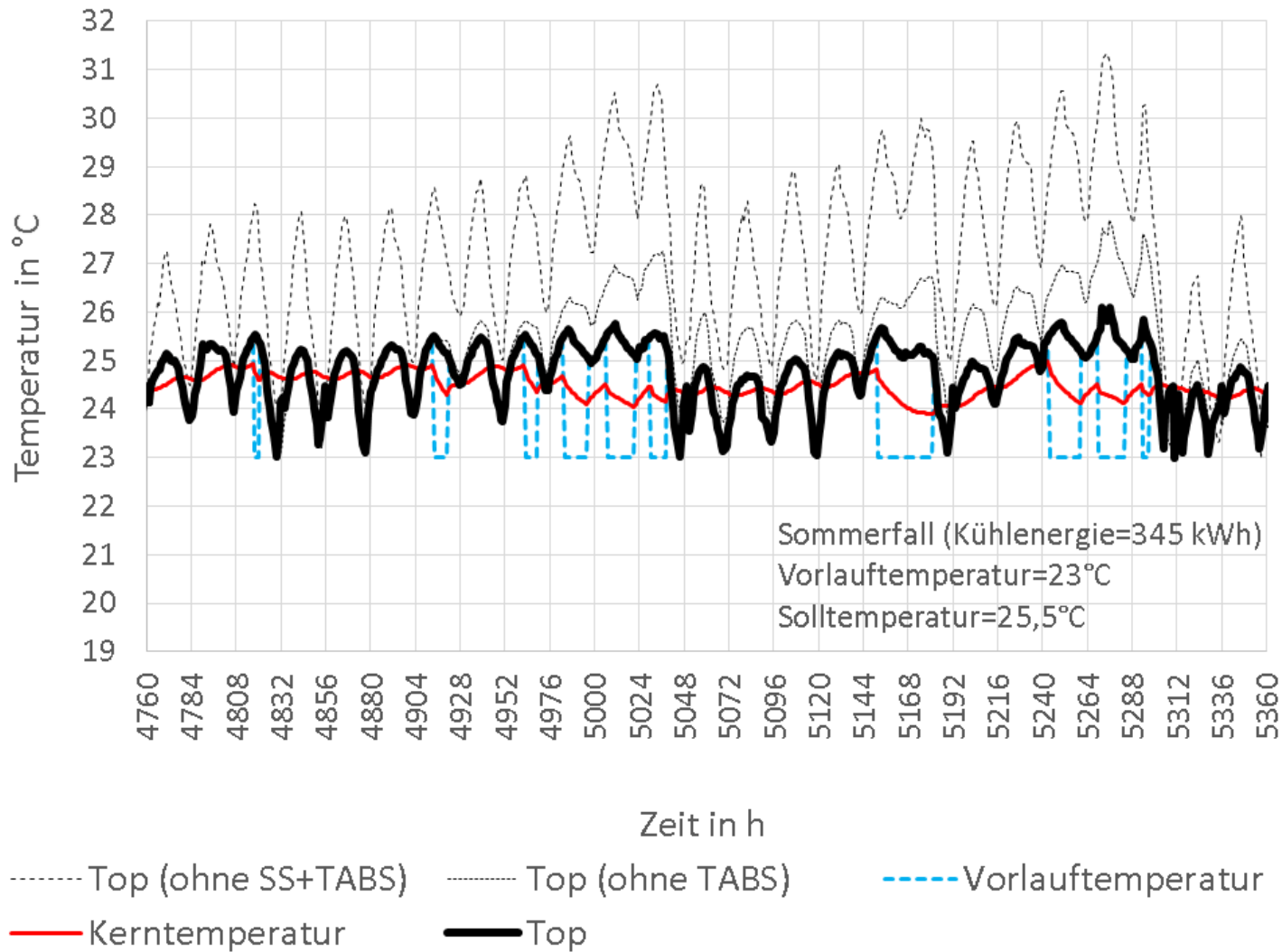
Sommerein: Baubeginn im Frühjahr 2018



POTENZIAL UND AUSBLICK

Zeitliche Entwicklung am Beispiel der Hitzetage $\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$





(Top = operative Temperatur im Gebäude, SS = Sonnenschutz, TABS = Thermoaktive Bauteilsysteme)

Quelle: S. Handler, 2015

Spezifisches Gewicht Beton: ca. 2.400 kg/m³

Volumsbezogene Wärmespeicherkapazität C: 667 Wh/m³K

→ 1 m³ Beton kann bei **Erwärmung** um 4 K eine Wärmemenge von **2,67 kWh abspeichern!**

→ **1 m² Betondecke (25 cm)** kann somit **0,68 kWh Wärme** speichern



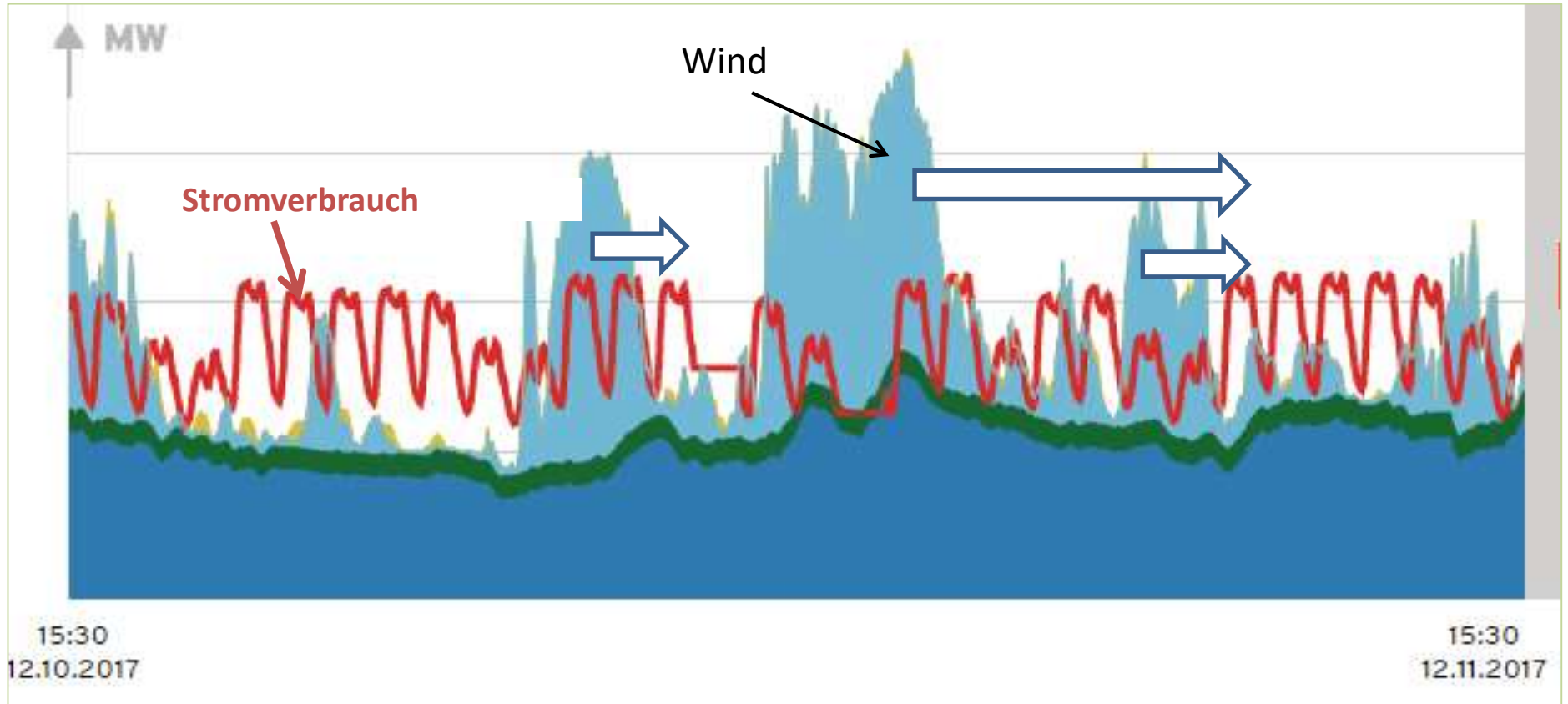
Neubauvolumen Wohnbau derzeit ca. 5 Mio. m² BGF p.a.

→ Geschätzt 4 Mio. m² Betondecken p. a.

Speicherkapazität:
2,67 GWh bei einmaliger
 Beladung

bei 40 maliger Beladung p.a.
 → **107 GWh pro Jahr**





Photovoltaik

Wind

Biomasse

Wasser

Verbrauch

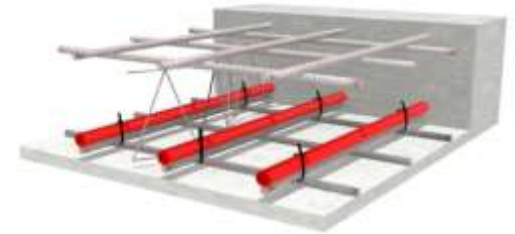
Für Einfamilienhäuser und Reihenhäuser, Sept. 2016



- Herausgeber BMVIT
- 5.000 Bücher (120 Seiten) gedruckt
- 4.000 Exemplare bis heute versandt
- Grundlage für die Aus- und Weiterbildung
- konkrete Berechnungsbeispiele



- ohne großen technischen Aufwand und **kostengünstig umsetzbar**
- höchster thermischer **Wohnkomfort** durch Nutzung von Wärmestrahlung
- energieeffizientes und gesundes **Kühlen!**
- niedrige Heizmitteltemperaturen und die Puffermöglichkeit begünstigen die Nutzung **erneuerbarer Energien**
- hohe Kühlmitteltemperaturen begünstigen **passive Kühlung**
- Die „Bauteilbatterie“ ist **sicher** und zu 100% **recyclierbar**



Ein großes Dankeschön den Partnern!

Ein Projektbericht
im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums
für Verkehr, Innovation und Technologie



**Die TBA ist ein ungehobener „Schatz“ in Sachen
Energieeffizienzsteigerung im Gebäudesektor!**

Forschungsergebnisse und Datengrundlagen:
<http://zement.at/services/publikationen/energiespeicher-beton>

Danke für die Aufmerksamkeit!

Vereinigung der österreichischen Zementindustrie

DI Claudia Dankl, Zement und Beton
dankl@zement-beton.co.at