

IWB MPA **FACHTAGUNG „MIT ENERGIE IN DIE ZUKUNFT“**
 Heilbad Heiligenstadt, 10. April 2014

innovative gebäude- und haustechnische Systeme

↕

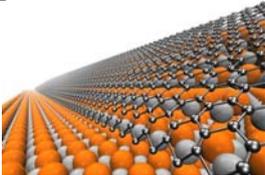
optimale Nutzung und Speicherung von Energie

Mit ENERGIE in die ZUKUNFT

Harald Garrecht

Universität Stuttgart
 Institut für Werkstoffe im Bauwesen
 Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart

IWB MPA **Zukunftsvisionen anderer Branchen am Bsp. CPU**



Kohlenstoff für kühle Rechner
 Die Welt, Ausgabe 15. März 2014
 Autor Bernd Schöne

Graphen, und die Renaissance des Graphits
 führende Forschungen an Uni Hannover
 und an Uni Bremen

Was ist so revolutionär an Graphen ?

Graphen entsteht an den Kanten von nanostrukturiertem Siliciumcarbide, das hier Strom um das **1.000- bis 10.000-fache** besser leiten kann.

Welche Bedeutung hat dies für eine CPU ?

Heutige CPU verfügt über Verbindungsleitungen zwischen 2,4 Mrd. Transistoren. Diese wirken wie „Widerstandsdrähte im Heizkissen“ → Heizwerk
 Nur ein Bruchteil der Energie kommt hiervon heute der Rechenleistung zugute.
 Konsequenzen: z.B. Superhin der NSA benötigt täglich 6,5 Mio. m³ Kühlwasser.

Universität Stuttgart
 Institut für Werkstoffe im Bauwesen
 Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart

IWB MPA **Zukunft gestalten im Gebäudesektor**

Herausforderungen kommender Jahrzehnte:

- Umsetzung Energiewende
- Bevölkerungswachstum und demographischer Wandel
- Regionaler und globaler Umweltschutz
- Katastrophen und Krisen
- Verknappung natürlicher Ressourcen
- Verdichtung von Städten
- Veränderungen in der Mobilität
- ...

→ effiziente Ressourcennutzung
 → nachhaltige Werkstoffkonzepte
 → Energiegewinnung und effiziente Energieverwendung
 → Intensivierung des Umweltschutzes

Universität Stuttgart
 Institut für Werkstoffe im Bauwesen
 Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart

Beispiel Beton - ein Werkstoff für die Energiewende ?

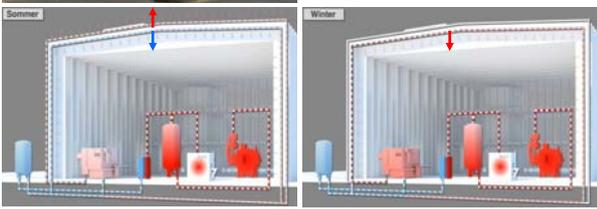
Einsatzbereiche von Beton:

- thermische Aktivierung von Betonbauteilen
- hybride Konstruktionen aus zementgebundenen Werkstoffen für das energieeffiziente Bauen
- Betonbauteile für das Einlagern von Biomassen (z.B. Silagesäfte)
- Energiespeicher aus Beton
- Betone zur Realisierung netzreaktiver Gebäude
- mineralisch gebundene Wärmedämmstoffe
-

Beispiel zur thermischen Aktivierung der Gebäudehülle



- thermisch aktivierte hybride Wand- und Deckenbauteile zum Kühlen und Heizen
- Betonbehälter zur Speicherung von thermischer Energie



Quelle: PTW TU Darmstadt

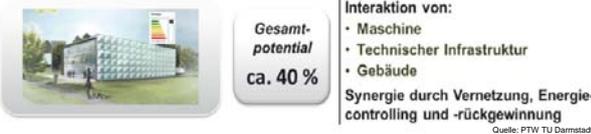
Forschungsziele η -Fabrik

Energieeffiziente Fabrik für interdisziplinäre Technologie- und Anwendungsforschung

Bisher: Isolierte Optimierung der einzelnen Teilsysteme einer Fabrik



Ziel der η -Fabrik: Optimierung der Fabrik unter Berücksichtigung aller Teilsysteme



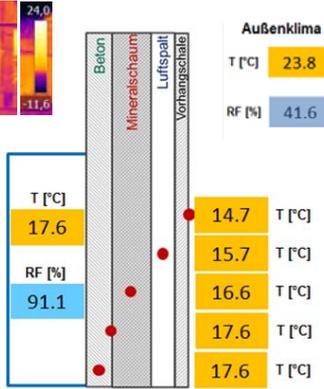
Quelle: PTW TU Darmstadt

Freibewittertes Demonstrationsfeld



Technikzentrale Aktivierte UHPC-Hüllflächenelemente mit KAROMA Langzeitverhalten der UHPC-Dachelemente Fassadenprüfstand

Fassadenprüfstand

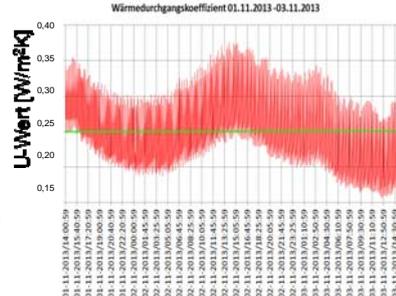
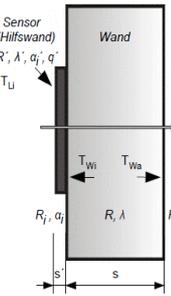


Experimenteller U-Wert

$$\text{Wärmedurchgangskoeffizient } U = \frac{\text{Wärmestromdichte } q}{(\text{Luftinnentemperatur } T_{Li} - \text{Luftaußentemperatur } T_{La})}$$

$$q = C U_{th} U_m$$

q = Wärmestromdichte in [W/m²]
 C = Kalibrierkonstante in [W/m²mV]
 U_m = Messspannung in [mV]



Kapillarrohrmatten zur Aktivierung von Betonbauteilen



Zielsetzung:

- Analyse Wärmeabgabeleistung während warmer bis heißer Sommertage (Kühlleistung im Tagesverlauf)
- Analyse des Wärmeabgabevermögens im Jahresverlauf
- Analyse der Umweltwärmegewinnungspotenziale im Jahresgang

Methodik:

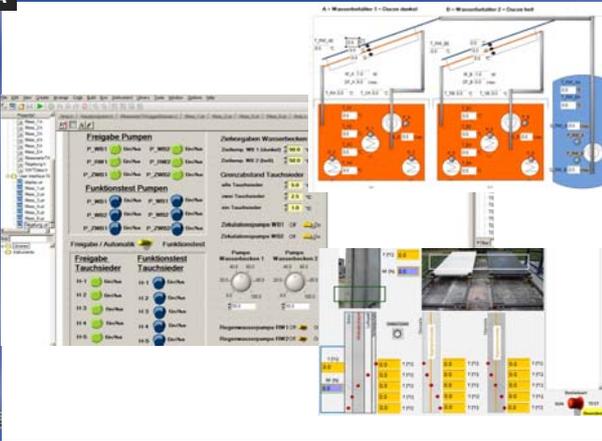
- Wärme- und Kälteconditionierung des Trägerfluids zur Simulation:
- einer umweltfreundlichen Wärmevermichtung während hoher Auslastung der Produktionsanlagen an warmen bis heißen Sommertagen
- einer umweltfreundlichen Wärmegewinnung für Beheizung (Massivabsorber)

Hydraulik und Messtechnik



Regenwasserbehälter
Versorgung weißes UHPC-Element
Versorgung schwarzes UHPC-Element

Automatisierter Versuchsstand zur Systemanalyse



IWB MPA Wirkanalyse aktivierter UHPC-Elemente bei künstl. Beregnung



Universität Stuttgart
 Institut für Werkstoffe im Bauwesen
 Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart

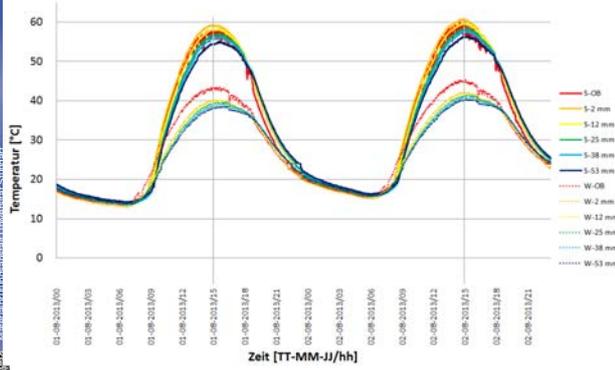
Ziel:

- **Verdunstungskühlung:** Wärmeabgabe durch künstliche Beregnung der Elementoberfläche infolge Verdunstung
- **Strahlungskühlung:** Wärmeabgabe über Konvektion, Verdunstung und vor allem Strahlungsaustausch mit dem „Himmel“
- **Erstarrungswärme:** Berieselung bei Temperaturen um den Gefrierpunkt durch Eisbildung (Latentwärme bei Phasenwechsel)

Methodik:
künstliche Beregnung, Erfassen und Bewerten

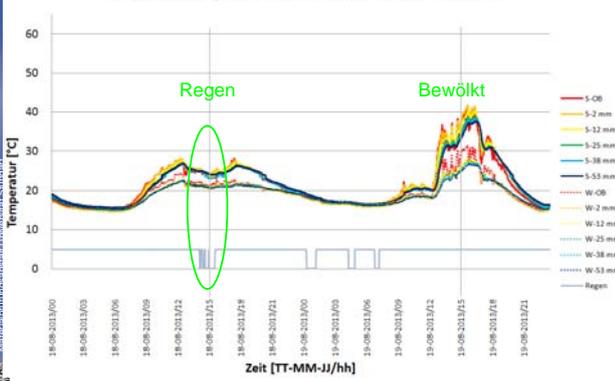
IWB MPA Einfluss der Farbtönung während zweier Sonnentage

Freibewitterungsversuch Messwerte 01.08.2013 - 02.08.2013



IWB MPA Temperaturverhalten an regnerischen und bewölkten Tagen

Freibewitterungsversuch Messwerte 18.07.2013 - 19.08.2013



IWB MPA Wirkung der Verdunstung bei den beregneten Elementen

Sonnenschein, Temperatur ca. 22 °C im Schatten

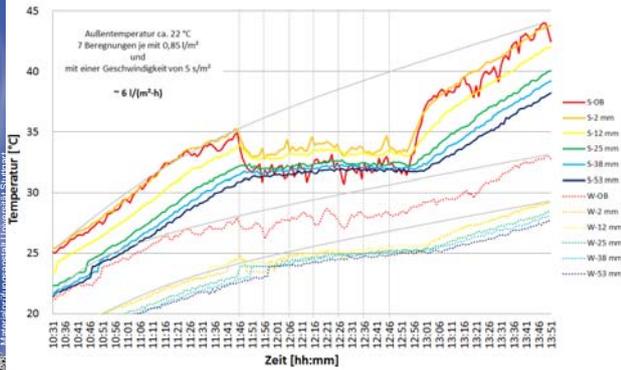


unmittelbar nach Berieselung

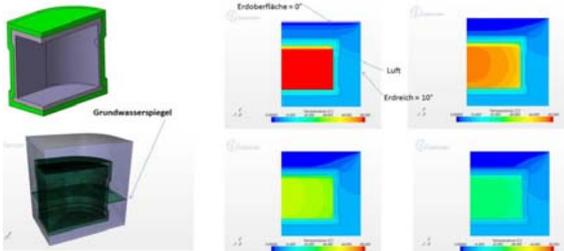
nach 4 Minuten

IWB MPA Temperaturverhalten der UHPC-Elemente bei Berieselung

Freibewitterungsversuch Messwerte Do 22.08.2013



IWB MPA Betonbehälter als Fluidspeicher (offener Energiespeicher)



Fluidspeicher zur Energiepufferung

- 3 Stück je 25.000 l Betonzisternen mit Mineralschaumdämmung

-gewählte Temperaturniveaus: 20 °C, 50 °C und 80 °C

-1 Stück 25.000 l Regenwasser-sammler für Berieselung



Beton als Energiespeicher

- temperaturfester Beton bis 500°C einsetzbar
 - Rohrregister im Beton eingegossen
 - modularer Aufbau von Speicherkaskaden
 - Wärmeträger Thermoöl oder Wasser/Dampf
- spezifische Speicherkapazität 20-40 kWh/m³

2. Generation in Stuttgart:
100 kW, 400 kWh, 3 Jahre Test



Theoretische Wärmehalte bei Aufheizung von 20 °C auf 100 °C

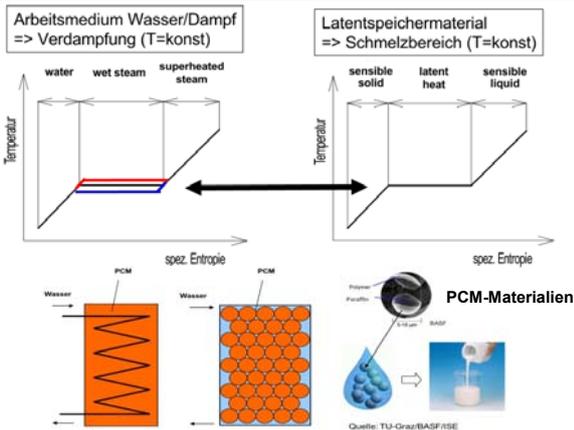
(Wasserspeicher)
 $Q = 1\text{m}^3 \cdot 1000\text{kg/m}^3 \cdot 4,19\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K}) \cdot (80\text{K}) = 391,2\text{ kJ}$

(Betonpeicher)
 $Q = 1\text{m}^3 \cdot 2400\text{kg/m}^3 \cdot 0,89\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K}) \cdot (80\text{K}) = 170,88\text{ kJ}$

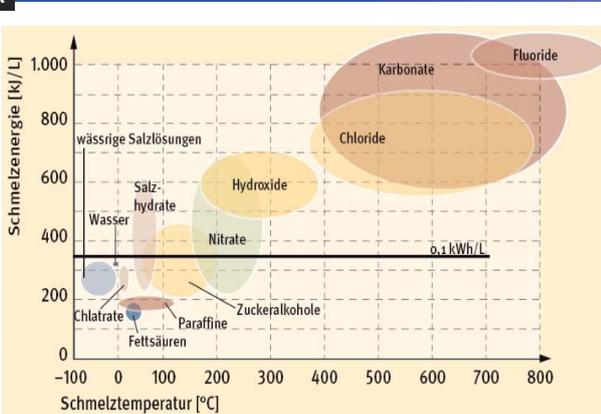
Das sind die theoretisch möglichen Wärmemengen die beide Würfel unter sonst gleichen Bedingungen aufnehmen - in adiabater (d.h.100% isolierter) Umgebung speichern und später wieder abgeben können.

Quelle: DLR

Steigerung Speicherwirkung durch Latentwärme



Übersicht der wichtigsten Phasenwechselmaterialien



IWB MPA Wirtschaftlichkeit am Bsp. sommerlicher Wärmeschutz

PCM-Oberflächen: 360 kg PCM, 3500 € Investment
 120m² Deckenflächen
 Klimagerät: 4kWh el. = 12kWh Kälte, 2200 € Inv. & Montage
 0 €
 0,76 €/h
 300 Std. im Jahr
 Amortisation nach 5 Jahren*
 * Bei 5% Strompreiserhöhung pro Jahr

Quelle: BASF

IWB MPA Energiebedingte CO₂-Emissionen

Ist-Situation und erwartete Entwicklungen

Millionen t p.a.

1990 2005 2008 2015 2020 2025 2030

Sonstige Umwandlungssektoren
 Industrie/GHD
 Raumwärme/Warmwasser - gesamt
 Stromerzeugung
 Verkehr

politische Zielsetzung

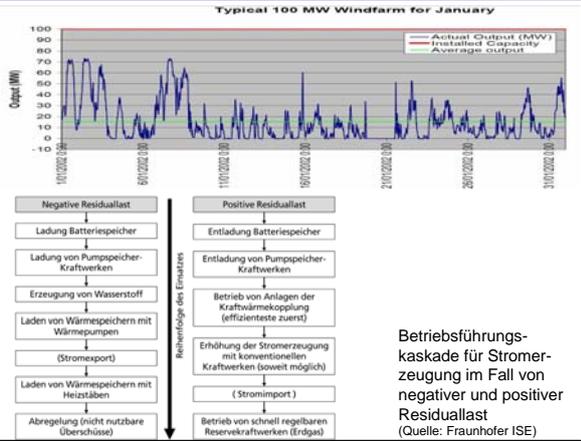
Quelle: Fraunhofer ISE-Studie (UBA 2013-II)

IWB MPA Ausbau regenerative Energien und Angebotsverteilung

Parameter	Küste	Nordost	Mitte	Süd	Stadt	Total
Netzlänge je Region (HS, MS, NS)	25 %	16 %	27 %	15 %	17 %	1.696.442 km
NS-Kunden	17 %	14 %	29 %	9 %	31 %	48,2 Mio.
Inst. Windleistung 2010	63 %	12 %	23 %	1 %	1 %	26.605 MW
Inst. PV-Leistung 2010	15 %	7 %	44 %	31 %	4 %	12.470 MW
Inst. Windleistung 2009/ P _{Max}	0,99	0,28	0,16	0,03	0,02	
Inst. PV-Leistung 2009/ P _{Max}	0,11	0,07	0,15	0,39	0,03	
Zuwachs inst. Windleistung 2009-2020*	29 %	29 %	29 %	29 %	29 %	
Zuwachs inst. PV-Leistung 2009-2020*	260 %	260 %	218 %	200 %	260 %	

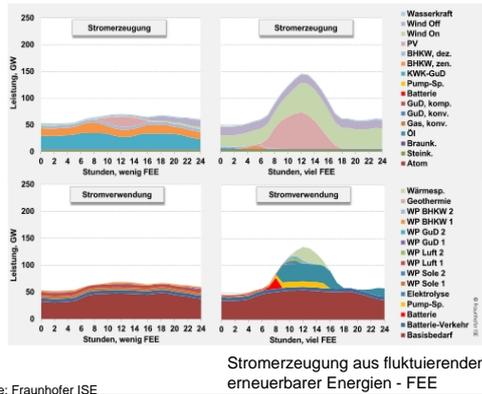
Studie zum Netzausbaubedarf in Deutschland
 Quelle: RWE Deutschland

Stromangebot und Nachfrage – was tun ?



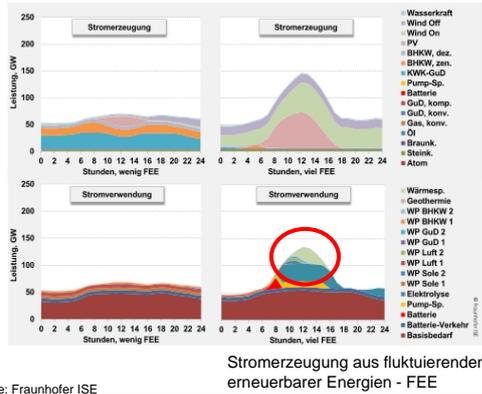
Antwort auf Ungleichförmiges Energieangebot

„Netzreaktive Gebäude“



Chancen für die Wärmespeicherung mit Beton

„Netzreaktive Gebäude“



Chancen intelligente Netzlastnutzung

Thermische Speicherkapazitäten im Bestand - Speicherheizungen und Warmwasserspeicher

- > Abschätzung zu vorhandenen Geräten
- > Szenarien mit 2% bzw. 5% jährlichem Rückgang der Anlagen bzw. Endenergiebedarfe

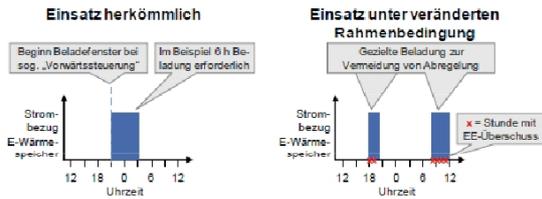
Speicherheizungen	2010	2020	2030	2050
Anzahl Wohnungen bei -2% p.a. [Tsd]	2.200	1.805	1.481	996
Endenergiebedarf [TWh]	19,05	15,63	12,82	8,63
Last [GW]	33,00	27,07	22,21	14,95
Anzahl Wohnungen bei -5% p.a. [Tsd]	2.200	1.351	829	313
Endenergiebedarf [TWh]	19,05	11,70	7,18	2,71
Last [GW]	33,00	20,26	12,44	4,69
Direkte Warmwasserspeicher				
Anzahl Geräte bei 2% p.a. [Tsd]	4.500	3.692	3.028	2.038
Endenergiebedarf [TWh]	8,64	7,09	5,81	3,91
Last [GW]	6,41	5,26	4,32	2,90

- > Im Vergleich Kapazität Pumpspeicherkraftwerke in Deutschland: 7 GW und 0,04 TWh
- Quelle: Stiebel Eltron auf Basis Studie Fraunhofer IBP 2013

Antwort nur mit Speicherheizung möglich ?

Funktionsweise und Verschiebepotential von Speicherheizungen

- > Ist: feste Freigabezeiten
- > Typischerweise 8h/d von 22:00 – 06:00



- > Potential: variable Freigabezeiten
- > Mindestens 8h/d
- > Gezielte Steuerung des Sollladegrads

Quelle: Stiebel Eltron

Verschiebepotential - Entwicklung Angebot

	2023	2033
Wind Onshore	49,3 GW	66,3 GW
Wind Offshore	14,1 GW	25,3 GW
PV	61,3 GW	65,3 GW
Sonstige EE	13,6 GW	16,3 GW
Konventionelle KWK	21,4 GW	21,3 GW

Jahr	Anzahl Phasen mit neg. Residuallast					Kumulierte Energie der neg. Residuallast	
	Insg.	≤ 16 h	≤ 12 h	≤ 8 h	≤ 4 h		≤ 1 h
2023	194 Phasen / 1.800 Stunden	169	155	126	61	16	19 TWh
2033	272 Phasen / 4.000 Stunden	212	191	161	60	12	85 TWh

Quelle: Consentec, 2013

Herausforderungen für die Bauwirtschaft

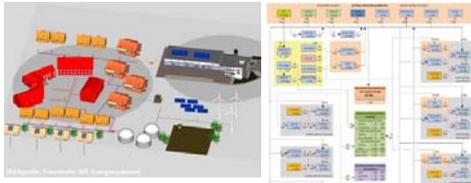
- Entwicklung optimal wärmedämmender Bauteile für die Gebäudehülle - Hybridbauweise (z.B. Mineralschaum und tragende Betonschale)
- Erhöhung des Wärmespeichervermögens der inneren tragenden Betonschale (z.B. durch Adaption von PCM)
- Optimierung der Systemkomponenten (Kopplung von Betonbauteilen, haustechnischen Systemen und intelligenter GLT zur Entwicklung netzreaktiver Gebäudekonzepte)
- Vernetzung auf Quartiersebene
→ Suche nach aktivierbaren Betonbauteilen

Junge Entwicklung → große Chancen für das Bauen

von der Detaillösung



bis zur ganzheitlichen Systemlösung



Zusammenfassung

Es gibt viel zu tun –packen wir's an

....

und es wird sich lohnen

Bauen für die Gestaltung des „Heute“ und die „Zukunft von morgen“

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!