

# **EMBAS: Energiemanagementmodul zur Anbindung von Mikro-BHKWs an das Niederspannungsnetz**

**Jürgen Rühl, 2.12.2015**

---

# Inhalt

1. Kurzdarstellung Projektpartner
2. Ausgangssituation und Zielsetzung
3. Wesentliche Arbeitsergebnisse im Projekt
4. Verwertung der Ergebnisse

# 1. Kurzdarstellung Projektpartner

## Technische Hochschule Mittelhessen

FB EI, Institut LEA, Prof. Dr. Probst  
seit über 10 Jahre Lehre,  
Intensive Industriekontakte

Master-Studiengang seit SS 2012

Aktuell neuer Studiengang „Elektrische Energietechnik für regenerative  
Energiesysteme“ gestartet

Projekt-Schwerpunkte:  
Simulationen (EMV, Verlustleistung)  
Leistungselektronik

# 1. Kurzdarstellung Projektpartner

## LTi Motion GmbH

Seit 1971 im Bereich Leistungselektronik und elektr. Antriebstechnik aktiv. Derzeit ca. 430 Mitarbeiter, davon 50 in F+E

Die LTi-Gruppe gehört seit 2013 zum Körber-Konzern, in dem die Unternehmen LTI Motion, LTI Reenergy und Sensitec den Geschäftsbereich Automation bilden

Projekt-Schwerpunkte:

Systemkonzept, Leistungselektronik, Regelungssoftware, HW-Realisierung

## 2. Ausgangssituation und Zielsetzung

LTi-Gruppe ist seit vielen Jahren im Bereich der Windenergie, der Photovoltaik und in Sonderlösungen für die dezentrale Energieerzeugung aktiv

Sonderlösungen für die BHKW-Technik, insbesondere auch für sogenannte „Mikro-BHKWs“ (2,5 – 12 kWel),

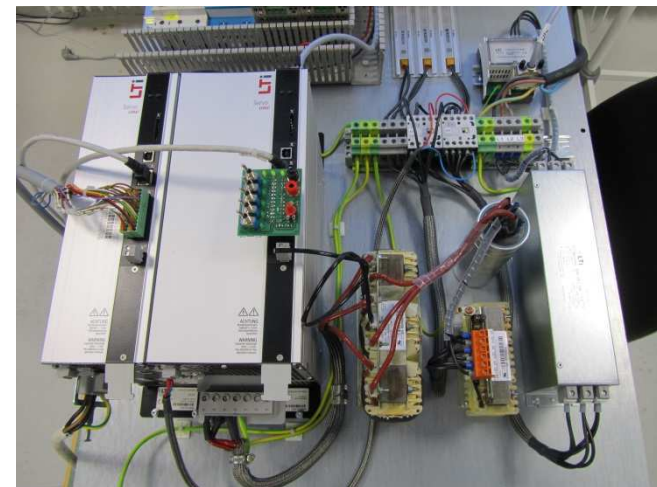
BHKW-Technik als dezentrale Lösung zur Wärme- und Stromerzeugung mit deutlich höheren Gesamtwirkungsgraden (90% statt 50% in Großkraftwerken) grundsätzlich akzeptiert

Lösungen für den Zielmarkt für Mikro-BHKWs, d.h. Wohnanlagen, Handwerksbetriebe und Kleingewerbe noch suboptimal bzw. im Umbruch

## 2. Ausgangssituation / Zielsetzung

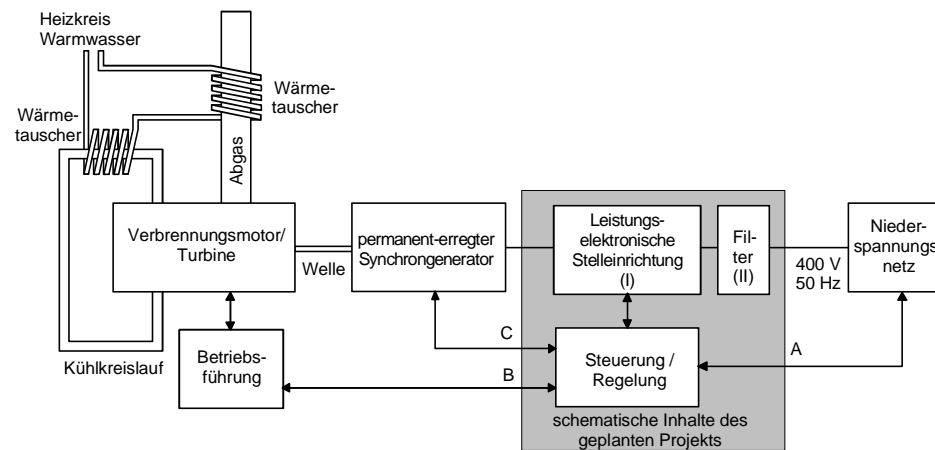
Stand der Technik (2012/13) im Leistungsbereich 2,5 – 12 kW

- Standard: Asynchrongenerator mit konstanter Drehzahl betrieben
- Schlechter Gesamtwirkungsgrad im Teillastbereich, Anlaufverhalten
- Modifizierte Servoregler für erste PSM-Konzepte mit variablen Drehzahlen
- Großes Bauvolumen
- hoher Kostendruck
- Eingeschränkte Leistungsmerkmale (Netzersatzbetrieb, smart-grid-Funktion)



## 2. Ausgangssituation / Zielsetzung

Projektziel: Entwicklung eines Energiemanagement-Moduls zum Einsatz in neuen BHKW- Lösungen



Einbindung des Energiemanagement-Modul in das BHKW-Konzept

⇒ Enger Austausch mit BHKW-Herstellern während der Projektlaufzeit

## 2. Ausgangssituation / Zielsetzung

Wesentliche Ziele im Projekt EMBAS:

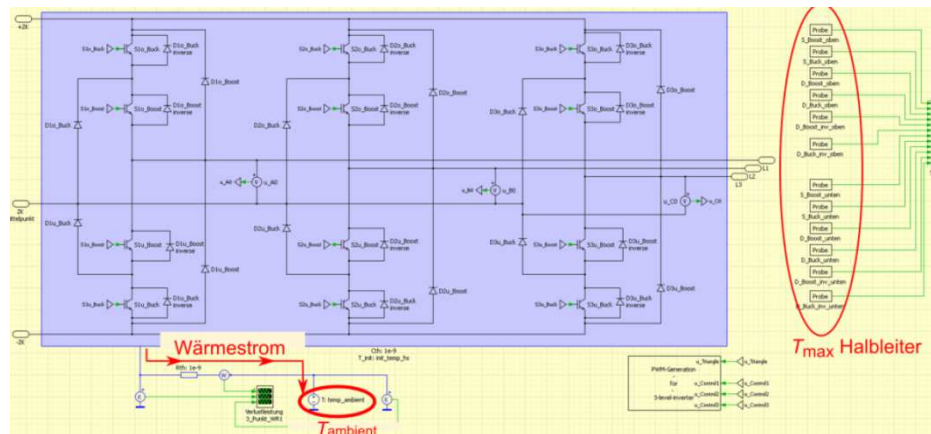
- Verringerung Verluste zur Steigerung des Gesamtwirkungsgrads
- Reduzierung der Baugröße
- Keine Zusatz-Geräusche
- „Netzfrendliche“ Lösung
- Konzepte für Netzersatzbetrieb
- Kostenreduzierung



# 3. Wesentliche Arbeitsergebnisse /erreichte Ziele

## Simulation als Entwurfswerkzeug für die Leistungselektronik

Vorauswahl und Modellierung von möglichen Schaltungskonzepten für die Leistungselektronik zur Netzeinspeisung



- Modellerweiterung: Bestimmung der Verluste auf Komponentenebene
- Modellerweiterung: Berücksichtigung von optimierten SW-Verfahren
- => Ausgewählte Leistungselektronik-Topologie mit variablen Parametern
- => Wirkungsgrad ca. 98,5 % bei Taktfrequenz 64 kHz

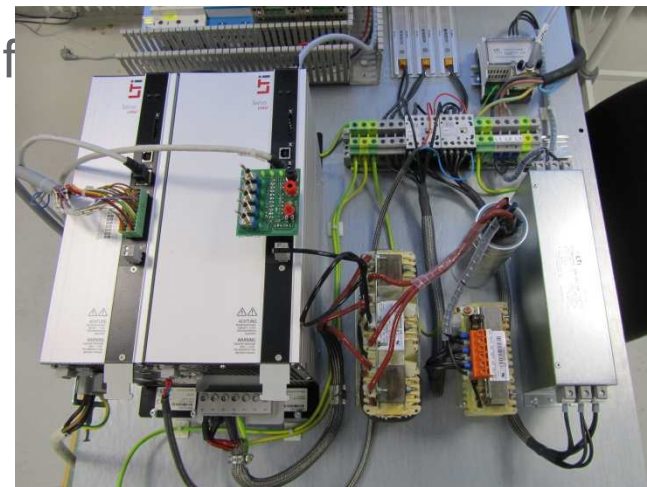
## 3. Wesentliche Arbeitsergebnisse /erreichte Ziele

### Sicherstellung der EMV, „netzfreundliche Lösung“

Motivation: Ein leistungselektronisches System an der Netzschnittstelle erzeugt „Störungen“ im Netz, d.h. Oberwellen und hochfrequente Netzströme

Konkrete Normen definieren Grenzwerte bzgl. EMV

Teilweise hoher Aufwand f



## 3. Wesentliche Arbeitsergebnisse /erreichte Ziele

### Sicherstellung der EMV, „netzfrendliche Lösung“

Motivation: Ein leistungselektronisches System an der Netzschnittstelle erzeugt „Störungen“ im Netz, d.h. Oberwellen und hochfrequente Netzströme

Konkrete Normen definieren Grenzwerte bzgl. EMV

Teilweise hoher Aufwand für Entstörmaßnahmen

Verifizierung in EMV-Abnahmemessungen

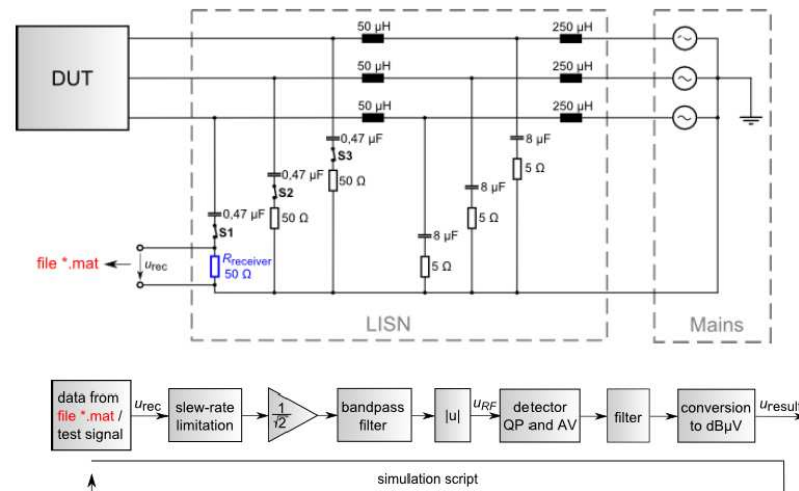
# 3. Wesentliche Arbeitsergebnisse /erreichte Ziele

## Simulation des EMV-Verhaltens

Lösungsidee:

Modellierung und Simulation des Systemverhaltens in einer „virtuellen“ EMV-Abnahmemessung;

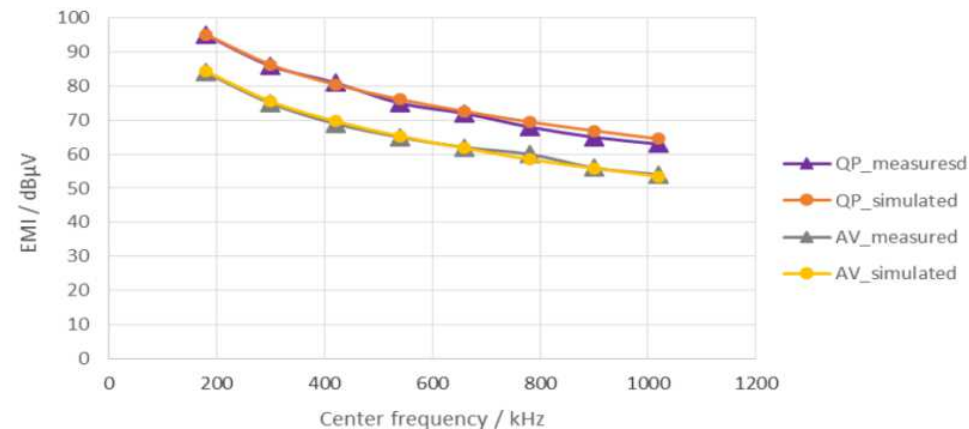
Optimierung des EMV-Filters bereits ohne Hardware-Aufbauten



## 3. Wesentliche Arbeitsergebnisse /erreichte Ziele

### Simulation des EMV-Verhaltens

Verifikation an beispielhaften Systemen:



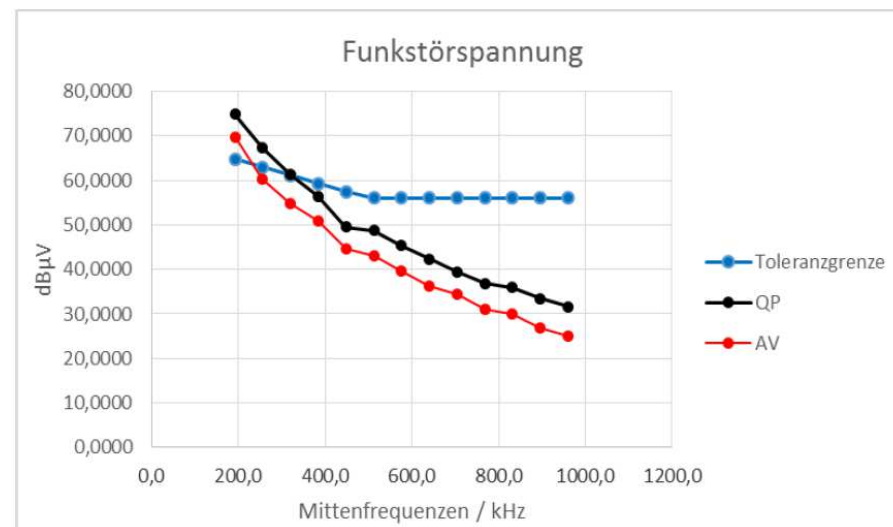
Geeignet für die Ermittlung bei Gegentaktstörungen

Veröffentlichung: PCIM Europe 2015

## 3. Wesentliche Arbeitsergebnisse /erreichte Ziele

### Simulation des EMV-Verhaltens

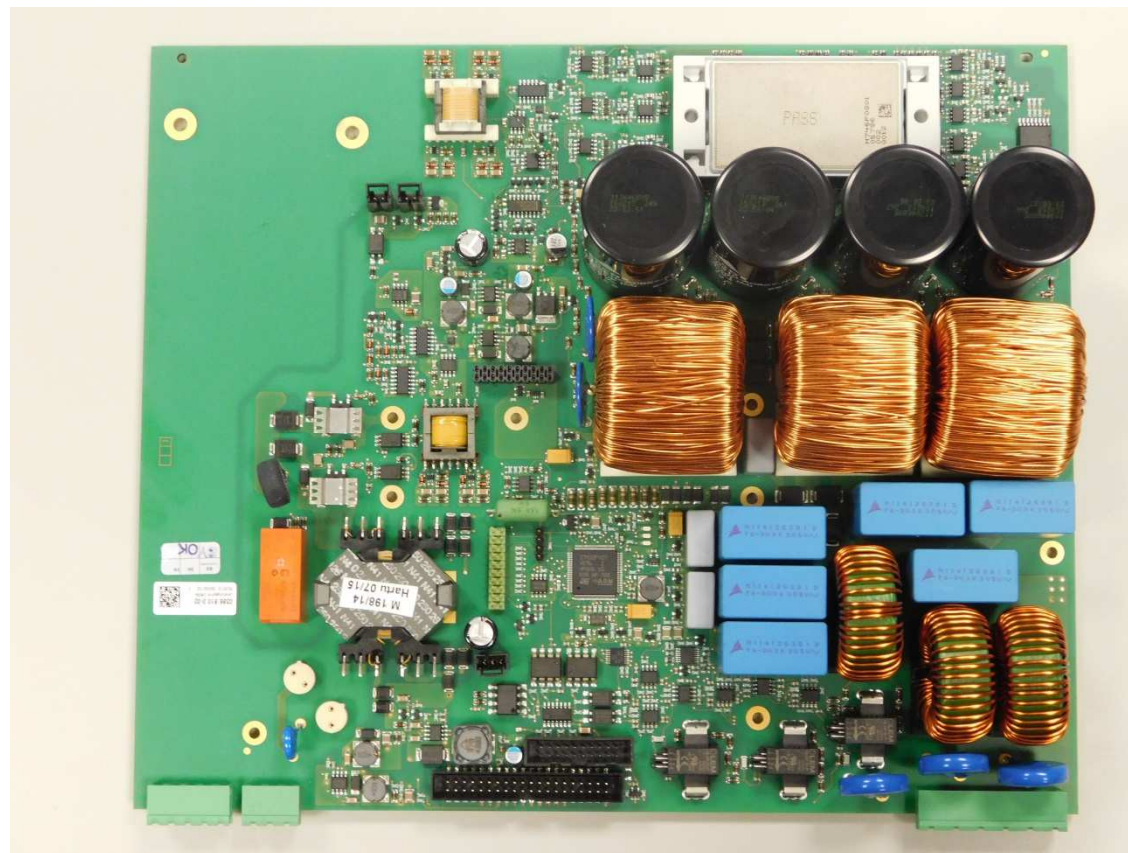
Simulationsergebnisse für eine EMV-Filterauslegung



=> Die endgültige Leistungselektronik ist mit zugehörigen Kenndaten spezifiziert, auf Basis von Ergebnissen aus der Simulation!

## 3. Wesentliche Arbeitsergebnisse /erreichte Ziele

Umsetzung in echte Hardware-Lösung





## 3. Wesentliche Arbeitsergebnisse /erreichte Ziele

### Konzeptentwicklung für Netzersatzbetrieb

d.h. Versorgung von (ausgewählten) Verbrauchern auch nach Ausfall des öffentlichen Versorgungsnetzes

Ausgangssituation:

- Kaum Anwendungserfahrung für leistungselektronische Konzepte im adressierten Leistungsbereich
- Keine ausreichenden normativen oder technischen Standards verfügbar
- Kaum Beiträge zum Stand der Technik aus dem Bereich der universitären Forschung
- Festlegung der „anwendungstauglichen“ Lösungen aufgrund der notwendigen Abweichungen zu dem „Norm-Netz“ problematisch



# 3. Wesentliche Arbeitsergebnisse /erreichte Ziele

## Untersuchung Stromaufnahme im Haushaltsnetz

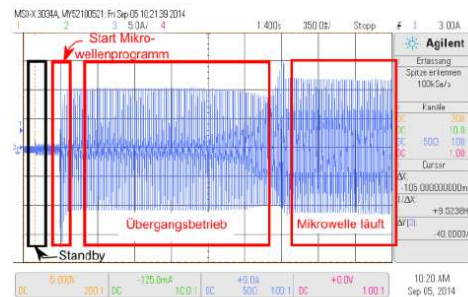


Abbildung 4-17: Mikrowelle; Strom (blau); Kompletter Startvorgang des Mikrowellenprogramms

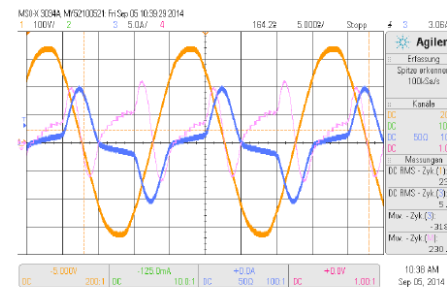


Abbildung 4-19: Mikrowelle; Spannung (gelb), Strom (blau), Leistung (pink); Übergangsbetrieb

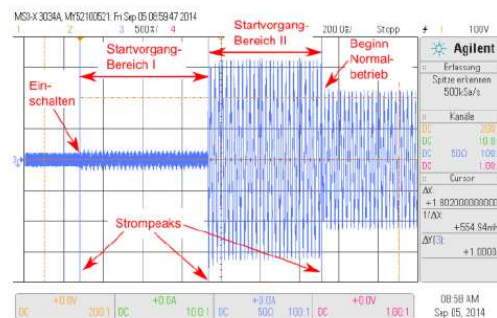


Abbildung 4-38: Leuchtstoffröhre; Strom (blau); Startvorgang

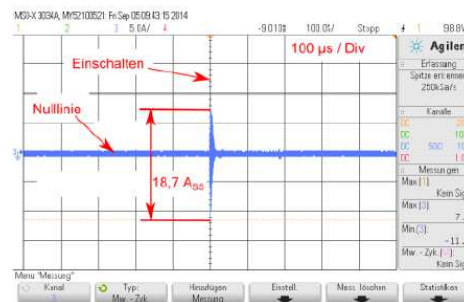


Abbildung 4-39: Leuchtstoffröhre; Strom (blau); Einschalten gezoomt, 1. Peak

### 3. Wesentliche Arbeitsergebnisse /erreichte Ziele

#### Untersuchung Stromaufnahme im Haushaltsnetz

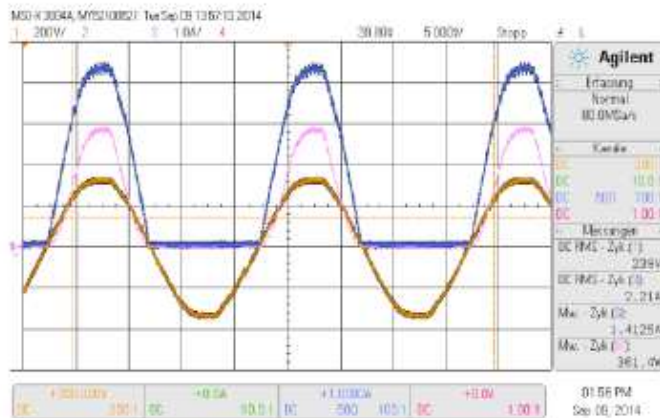


Abbildung 4-59: Föhn, Spannung (gelb), Strom (blau), Leistung (pink); Wärme 1 & Gebläse 1



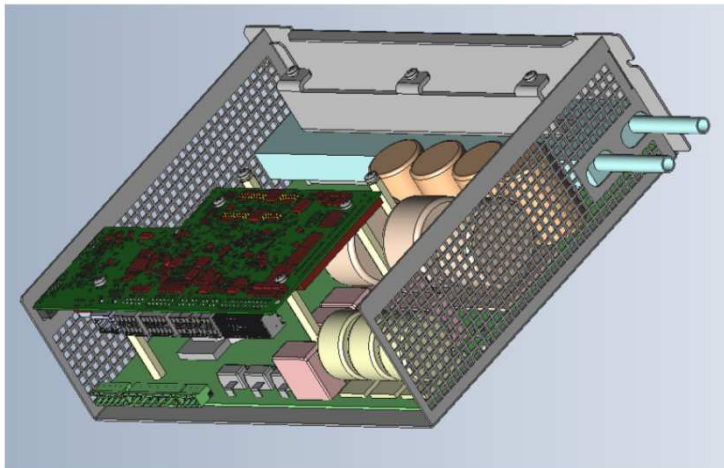
Abbildung 4-60: Föhn; Spannung (gelb), Strom (blau), Leistung (pink); Wärme 1 & Gebläse 2

Störende Gleichstromaufnahme aus dem Netz!

=> Erweitertes Schaltungskonzeptes ermöglicht aktuell auch skalierbare DC-Anteile im Laststrom

## 3. Wesentliche Arbeitsergebnisse /erreichte Ziele

### Kenndaten des Demonstrators



Wirkungsgrad (Generator – Netz):  
ca. 97 %

Leistung: 8kVA

Größe: ca. 250 \* 300 \* 50 mm

PWM- Frequenz: 64 kHz

## 2. Ausgangssituation / Zielsetzung

Technische Ziele für Projekt EMBAS:

- Verringerung Verluste zur Steigerung des Gesamtwirkungsgrades
- Reduzierung der Baugröße
- Minimierung der Geräusche
- Lösungen für Netzersatzbetrieb
- Kostenreduzierung



## 4. Verwertung der Ergebnisse

LTI:

1. Intensive Kontakte zu Anbietern in diesem Markt
2. Nutzung des entstandenen „Werkzeugkastens“ für die Auslegung von leistungs- und kostenoptimierter Leistungselektronik
3. Übertragung von Schaltungskonzepten in neue Geräteentwicklungen für Anwendungen im Bereich der elektrischen Antriebstechnik und Energietechnik

=> Forderungen nach Konzepten zur netzfreundlichen Energieeinspeisung in das Versorgungsnetz hochaktuell

---

## 4. Verwertung der Ergebnisse

THM:

1. Publikation PCIM 2015
2. Nutzung der Simulationsware in Forschung und Lehre  
Bereicherung der Lehre, hohe Akzeptanz bei den Studierenden
3. Präsentation auf HIT 2014, 2015

---

Vielen Dank an das Land Hessen und die  
Hessen-Agentur für die gute und  
unkomplizierte Betreuung und Unterstützung während  
der Laufzeit des Projektes und  
Ihnen heute für Ihre Aufmerksamkeit.



Dieses Projekt (HA-Projekt-Nr.: 373/13-12) wurde im Rahmen von Hessen Modellprojekte aus Mitteln der Energietechnologieoffensive Hessen – Projektförderung in den Bereichen Energieerzeugung, Energiespeicherung, Energietransport und Energieeffizienz gefördert



**HessenAgentur**

HA Hessen Agentur GmbH