Willkommen
Welcome
Bienvenue

Materials Science & Technology

Simulationsplattform für urbane Energiesysteme

25.03.2014

Dr. L. Andrew Bollinger
Postdoc
Urban Energy Systems Laboratory, Empa

Projekte

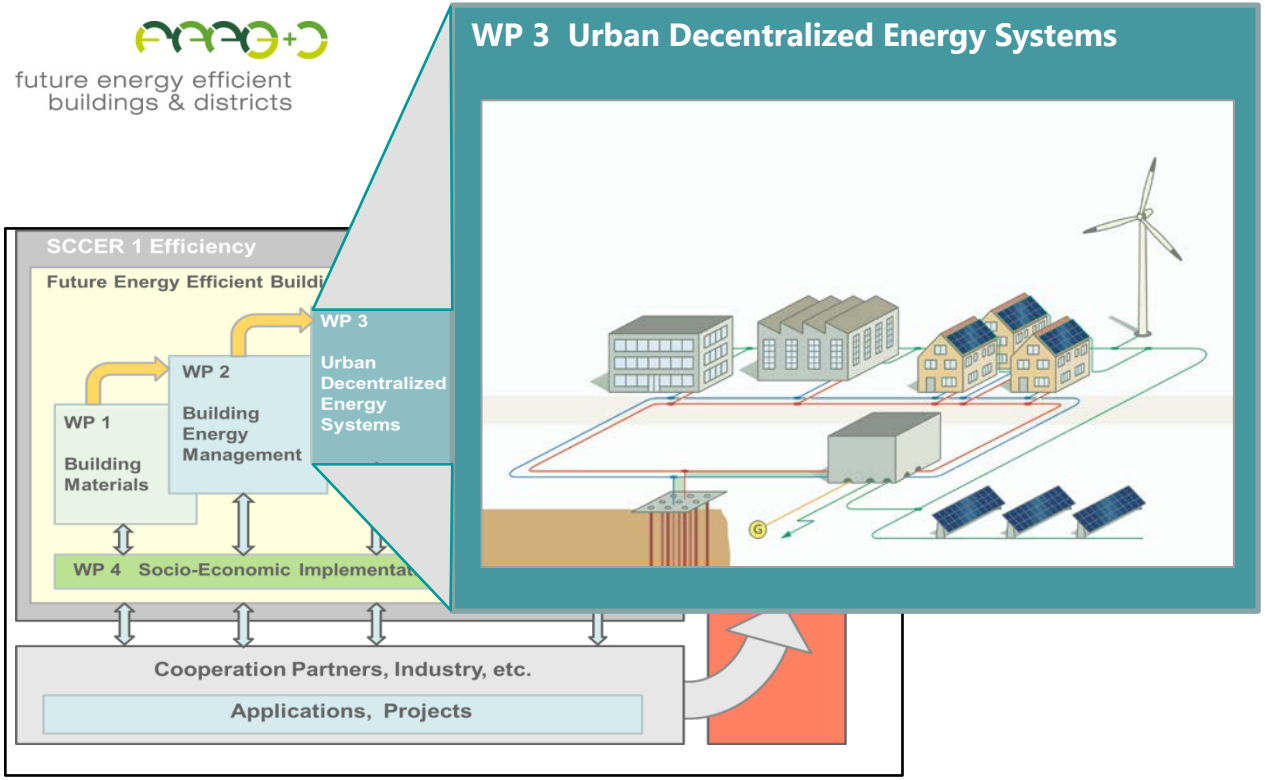
EMPA
Materials Science & Technology

SCCER FEEB&D

future energy efficient buildings & districts

CCEM *IDEAS4cities*

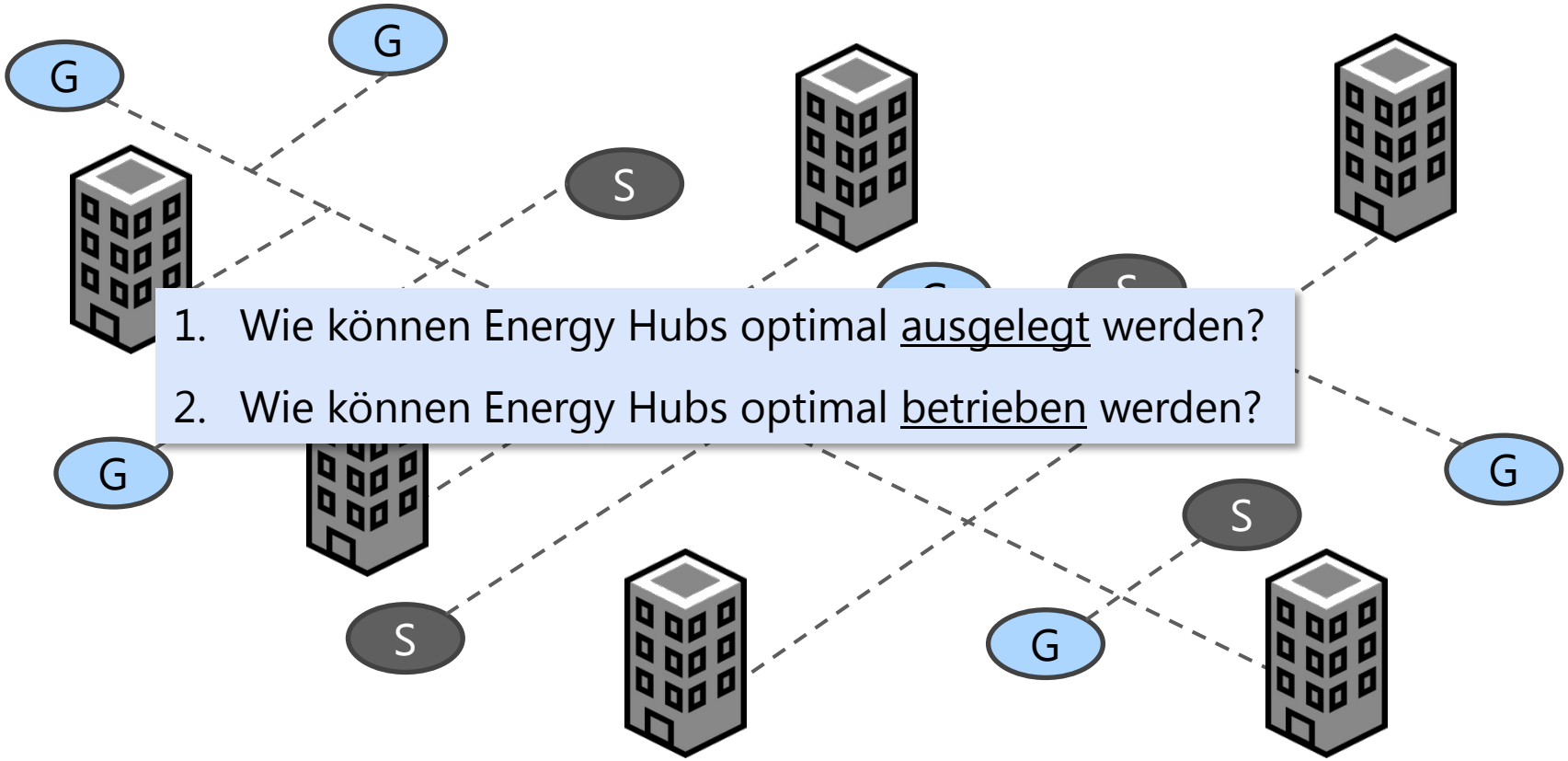
ccem.ch



Module 2 Modeling and Simulation

Empa/ETHZ-BP	R. Evins, K. Orehounig, V. Dorer, J. Carmeliet
EPFL-LESO	J.-L. Scartezzini, J. Kämpf
ETHZ-SuAT	A. Schlüter
HSLU-ZIG	M. Sulzer

Dezentrale urbane Multi-Energie-Systeme (Energy Hubs)



1. Wie können Energy Hubs optimal <u>ausgelegt</u> werden?
2. Wie können Energy Hubs optimal <u>betrieben</u> werden?

- Gebäude, und andere Verbraucher von Energie
- Quellen von Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung
- Elektrizitäts- und Wärmespeicherungstechnologien
- Netzwerke (Strom, Wärme, Kälte)

Komplexität als Herausforderung

EMPA
Materials Science & Technology

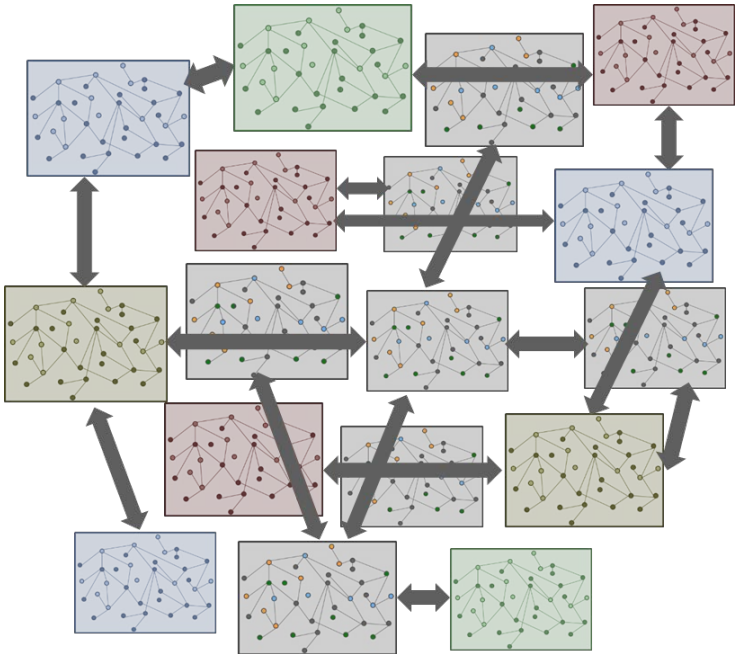
1. **Vielzahl von Komponenten unterschiedlicher Art**
   - Mehrere Erzeugungs- und Speichertechnologien
   - Mehrere Quellen der Energienachfrage
2. **Wechselwirkungen zwischen den Komponenten**
   - Mehrere Netze
   - Mehrere Sorten von Energieträgern
3. **Mehrere Akteure**
   - unterschiedliches Nachfrageverhalten
   - unterschiedliche Präferenzen
4. **Dynamisches Umfeld**
   - Wechselnde Wetterbedingungen
   - Wechselnde Rahmenbedingungen
   - Weiterentwickelnde Bauten und Infrastruktur

Wie können wir die relevanten Aspekte dieser Komplexität in unseren Modellen erfassen?

Modellierungsansatz – Multi-model ecologies

EMPA
Materials Science & Technology

- System von miteinander verbundenen Modellen
- Verschiedene Entwicklungsteams
- Entwickelt sich parallel zu Wissensstand und -bedürfnissen
- Zusammenspiel zwischen den Modellen ergibt sich aus diesem Entwicklungsprozess
- Flexibilität in der Zusammensetzung und Verwendung des Modellsystems



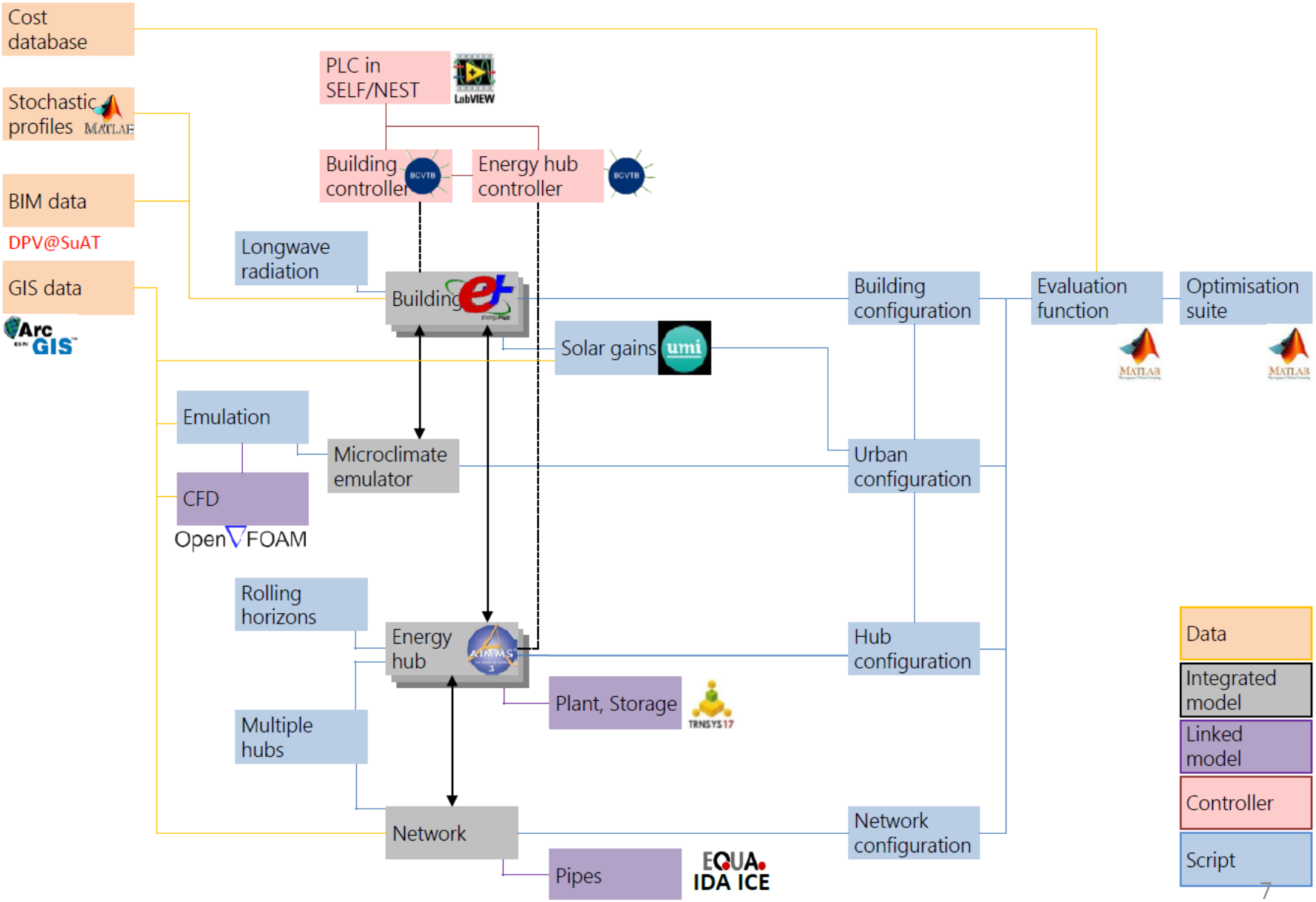
L. Andrew Bollinger, Igor Nikolic, Chris B. Davis, and Gerard P.J. Dijkema. Multi-model ecologies: cultivating model ecosystems in industrial ecology. *Journal of Industrial Ecology*, 2015 (in press).

Die HUES Plattform

EMPA
Materials Science & Technology

- HUES = “Holistic Urban Energy Simulation” Plattform
- Erweiterbare Simulationsumgebung, die die Untersuchung von dezentralen urbanen Multi-Energie-Systemen ermöglicht und erleichtert.
- Module: Wiederverwendbare Pakete von Computer-Skripten und/oder Daten.

Die HUES Plattform



Forschung auf der HUES Plattform – Beispiel 1

EMPA
Materials Science & Technology

Optimal design of energy hubs under uncertainty

Georgios Mavromatidis

- Nutzerverhalten
- Klimawandel
- Physikalische Materialeigenschaften
- Gebäudekonstruktionsparameter
- …

Wie können wir unter unsicheren Bedingungen einen optimalen Energy hub entwerfen?

Gebäudeenergiemodell
Berechnung Wärme- und Strombedarf des Gebäudes

EnergyPlus

MILP
Operative Planung der Energieerzeugung und -speicherung

AIMMS

Genetic algorithm
Optimierung der Konfiguration des Energy Hubs

Robustes Energy Hub Design

G Mavromatidis, R Evins, K Orehounig, V Dorer, J Carmeliet. Multi-objective optimization to simultaneously address energy hub layout, sizing and scheduling using a linear formulation. *Engineering Optimization* 2014, 603-608.

Forschung auf der HUES Plattform – Beispiel 2

EMPA
Materials Science & Technology

Holistic optimization of decentralized multi energy systems for sustainable urban districts

Boran Morvaj

Wie können Stromnetze und Wärmenetze optimal zusammen genutzt werden, um nachhaltige urbane Gebiete mit hoher Integration erneuerbarer Energien zu schaffen?

- KWK-kapazität
- PV-kapazität
- Speicherkapazität
- Kesselkapazität

Gebäudeenergiemodell
Berechnung Wärme- und Strombedarf des Gebäudes

EnergyPlus

MILP
Ablaufplanung des Energy Hubs; Wärmenetz

AIMMS

Genetic algorithm
Optimierung der Konfiguration des Energy Hubs

Elektrisches Stromflussmodell
Kapazitätsbeschränkungen überprüfen

MATPOWER
PSERC

Morvaj B., Evins R., Carmeliet J. Optimal selection and operation of distributed energy resources for an urban district. *Int. Conference on Engineering Optimization* 8-11 Sep. 2014, Lisbon, Spain

Forschung auf der HUES Plattform – Beispiel 3

EMPA
Materials Science & Technology

The effects of behavioral stochasticity on optimal energy hub design

L. Andrew Bollinger

Stochastisches Energiebedarfs-Modul
Statistische Erzeugung von Gebäudenutzungsprofilen

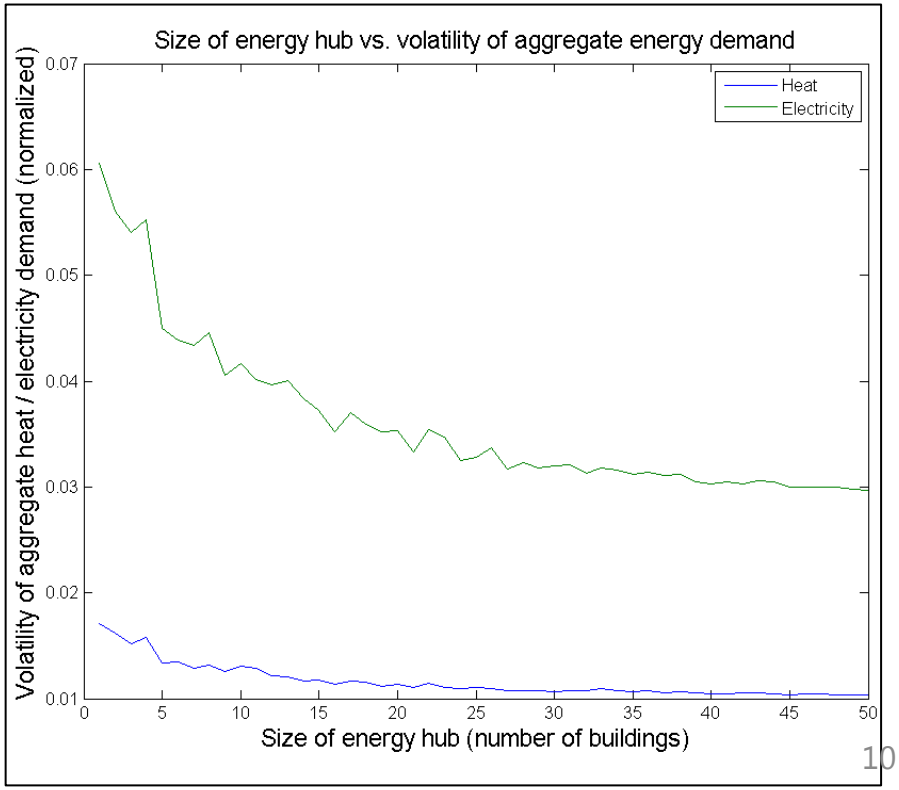
↓

Gebäudeenergiemodell
Berechnung Wärme- und Strombedarf des Gebäudes

↓

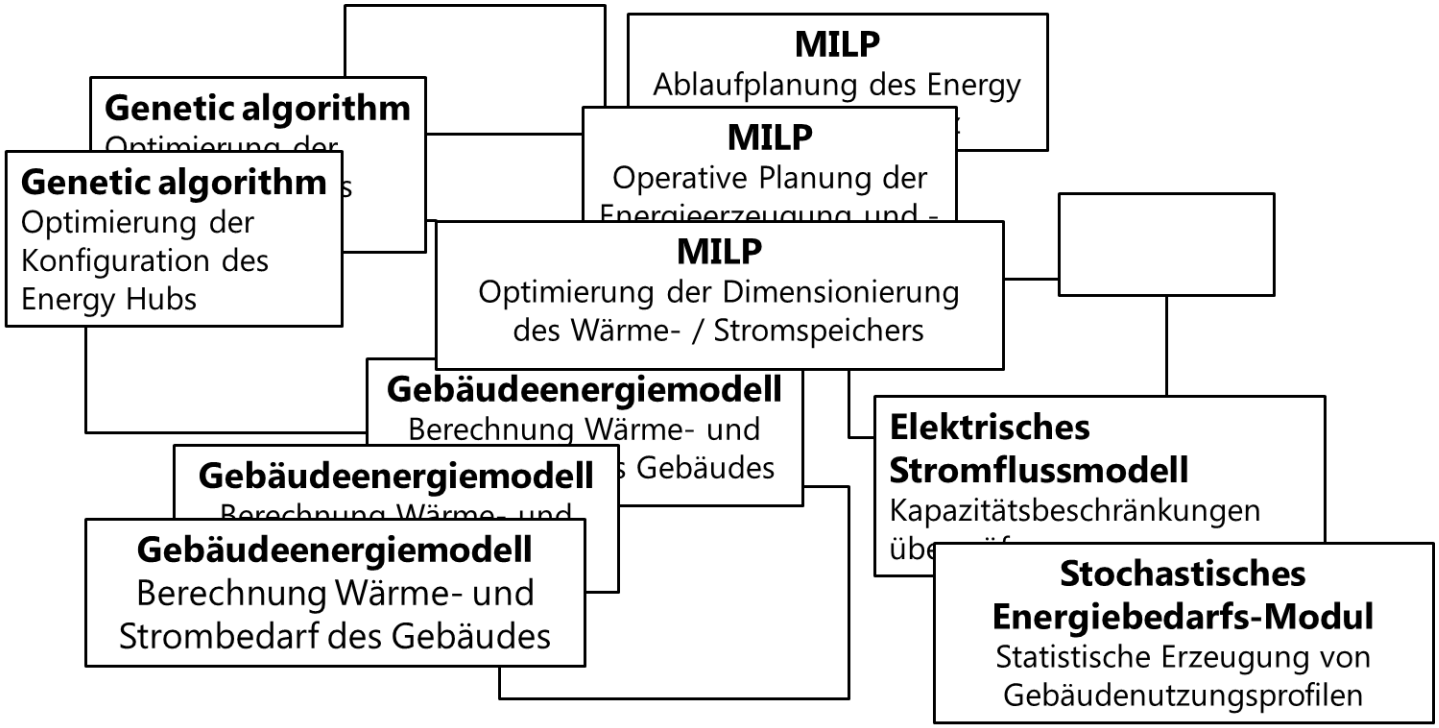
MILP
Optimierung der Dimensionierung des Wärme- / Stromspeichers

Wie wirkt sich die Größe eines Energy hubs (Anzahl von Gebäuden) auf die Volatilität des Energiebedarfs aus-> optimale Dimensionierung von Wärme- und Stromspeicherung?

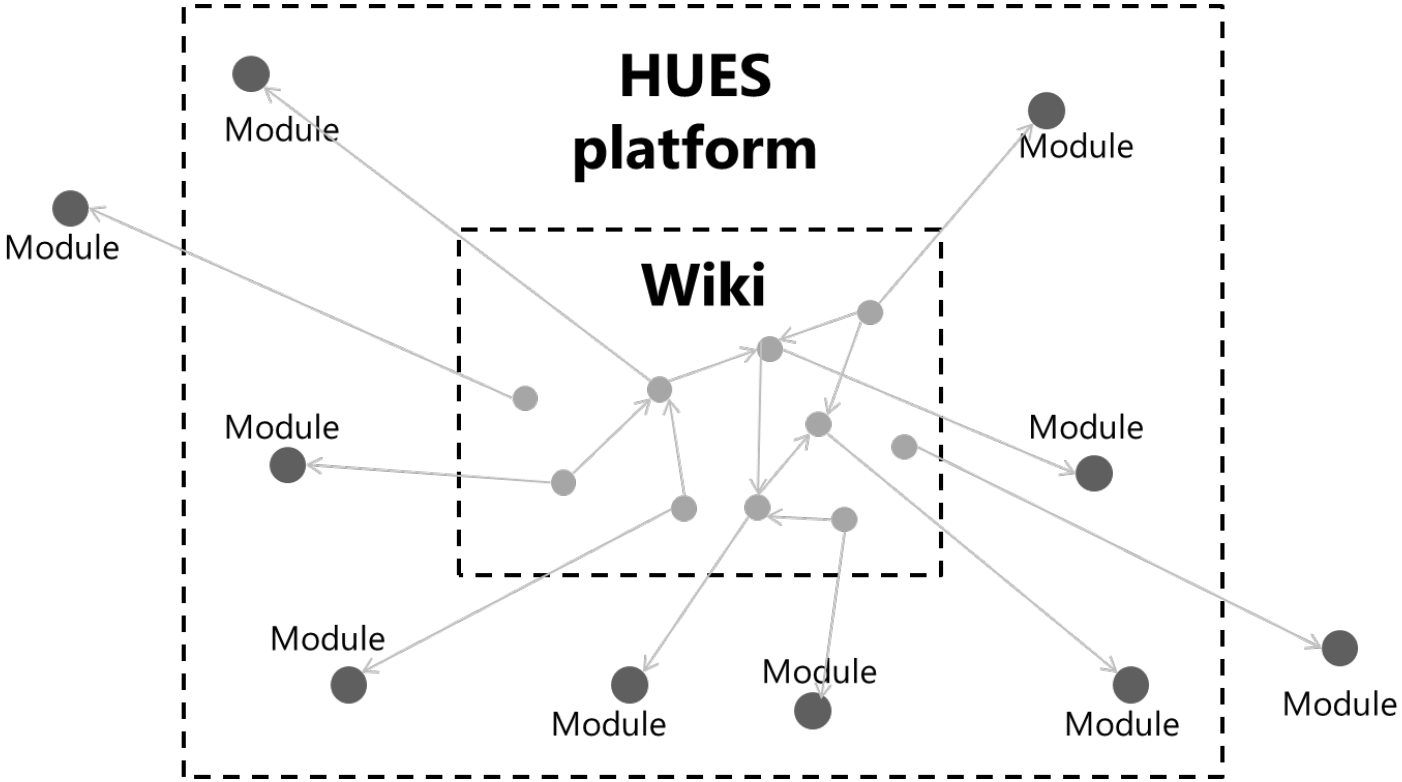


Die HUES Plattform
… als Model Repository

- Modelle sollen als Ressource für zukünftige Forschung dienen
- Module entwerfen und verpacken, so dass sie für andere zugänglich und nutzbar sind
- <u>Model Repository:</u> eine Plattform, die den Austausch von und Zugriff auf die entwickelten Modelle ermöglicht

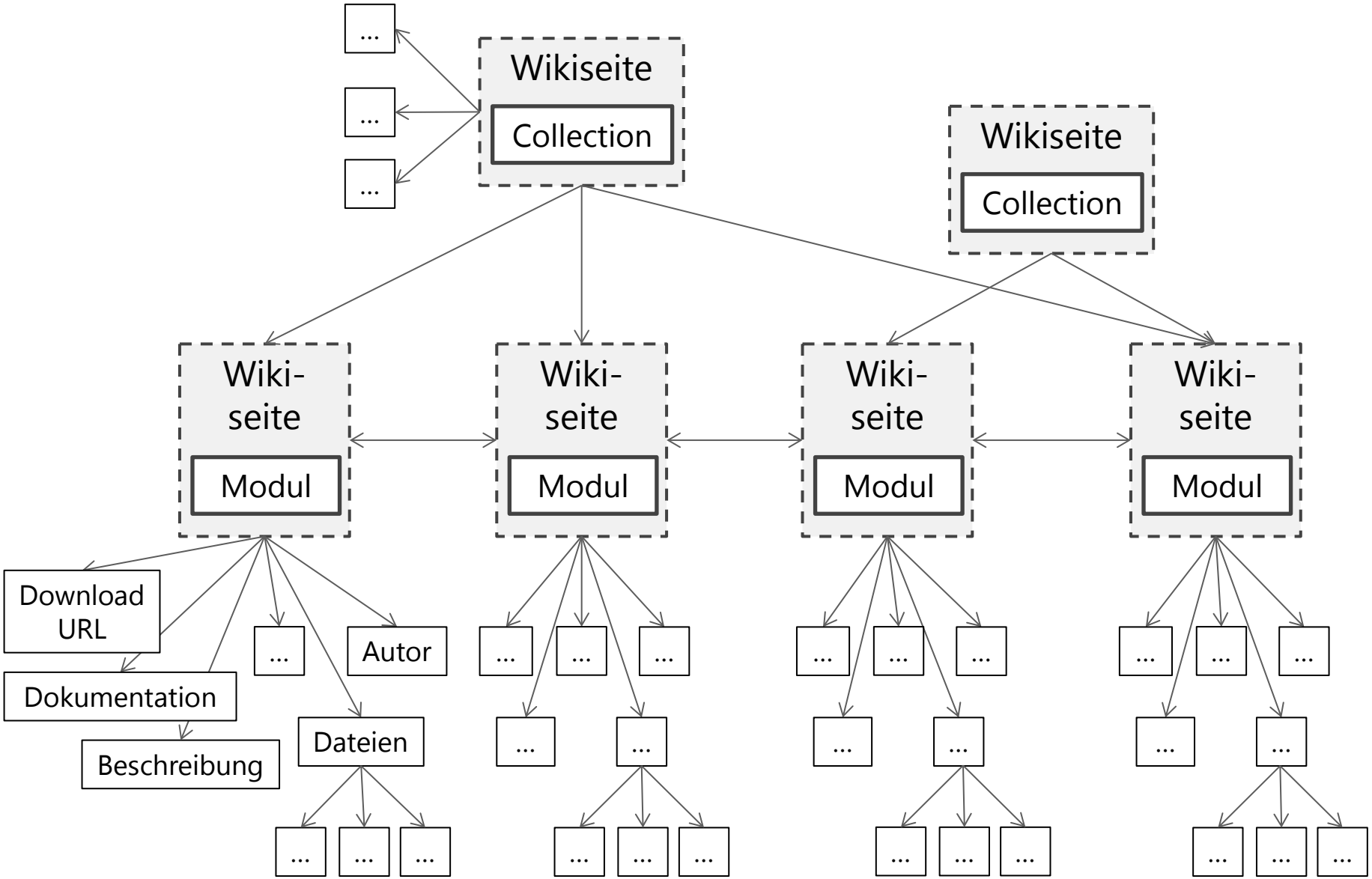


Die HUES Plattform
… als Informationsaustauschsystem



Webbasiertes Portal für den Austausch von Modulen und wichtigen Informationen über diese Module

Das HUES Plattform Wiki



Das HUES Plattform Wiki

HUES Platform Wiki

Welcome to the HUES platform wiki. This wiki serves as a s
the HUES platform - an extendable simulation environment
systems. Click on the links below to access information abo
andrew.bollinger@empa.ch

Modules [edit]

Rolling Horizon AIMMS
EnergyPlus batch run module
NSGA-II
YALMIP EHUBV1 0
IDF Viewer
Climate change morphing of weather files
Occupancy profile generator
Stochastic building energy demand generato
Bilevel GA+MILP combined with MATPOWE

Contributors [edit]

	Affiliation(s)
Andrew Bollinger	Empa, ETH
Christoph Waibel	ETH, Empa
Georgios Mavromatidis	ETH, Empa
Julien Marquant	ETH, Empa
Marc Hohmann	Empa, ETH
Ralph Evins	Empa, ETH

Page Discuss

Rolling Horizon AIMMS

File name(s)	AIMMS_Control.py, AIMMS_Control_Rolling_Horizon.py
Description	From an existing AIMMS model, the implementation of a rolling horizon approach is done in two stages: 1) Systematic creation of a second model using Python script 'AIMMS_Control_Rolling_Horizon.py' (procedure described in documentation, section 2.1) : - Copy-paste of the original model with new names for identifiers and sections: e.g. 'Horizon_Name' - Replace the time definition 't' by 'h' 2) Manual tuning directly done on AIMMS file situated in '...MainProject\\ProjectName.ams' (procedure described in documentation, section 2.2).
Documentation URL(s)	pdf attached
Author	Julien Marquant
Tag(s)	energy hub model, rolling horizon, computational time, Mixed Integer Linear Programming
Derivation of	Rolling_Horizon_AIMMS
Timestamp	NA

Download module as ZIP

Category: Modules

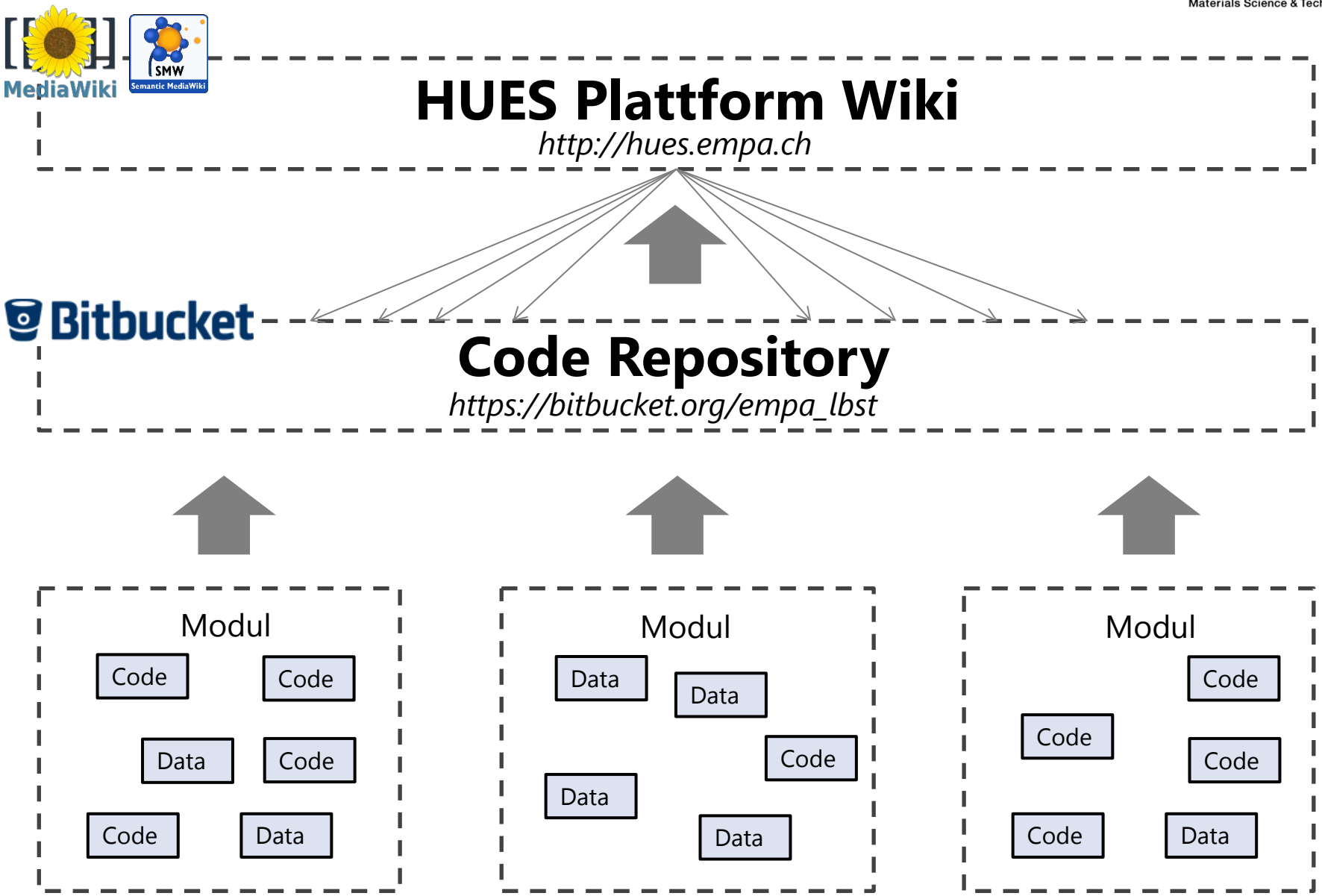
Page Discussion Read Edit with form Edit View history Search

AIMMS Control.py

File type	Python
Timestamp	2015-03-11 21:22:44+00:00
Download URL	https://bitbucket.org/empa_lbst/rolling_horizon_aimms/src/master/RH_Implementation_Scripts/AIMMS_Control.py
Dependencies	

Category: Files

Wie funktioniert dieses System?



Nutzung der HUES Plattform

Eine Forscherin / Ein Forscher…

1

Navigiert durch die verfügbaren Module über das Wiki -> Erkennt, versteht und downloadet nützliche Module

2

Ändert die heruntergeladenen Module und integriert sie mit seinen eigenen Modulen

3

Lädt neue Module auf die Plattform

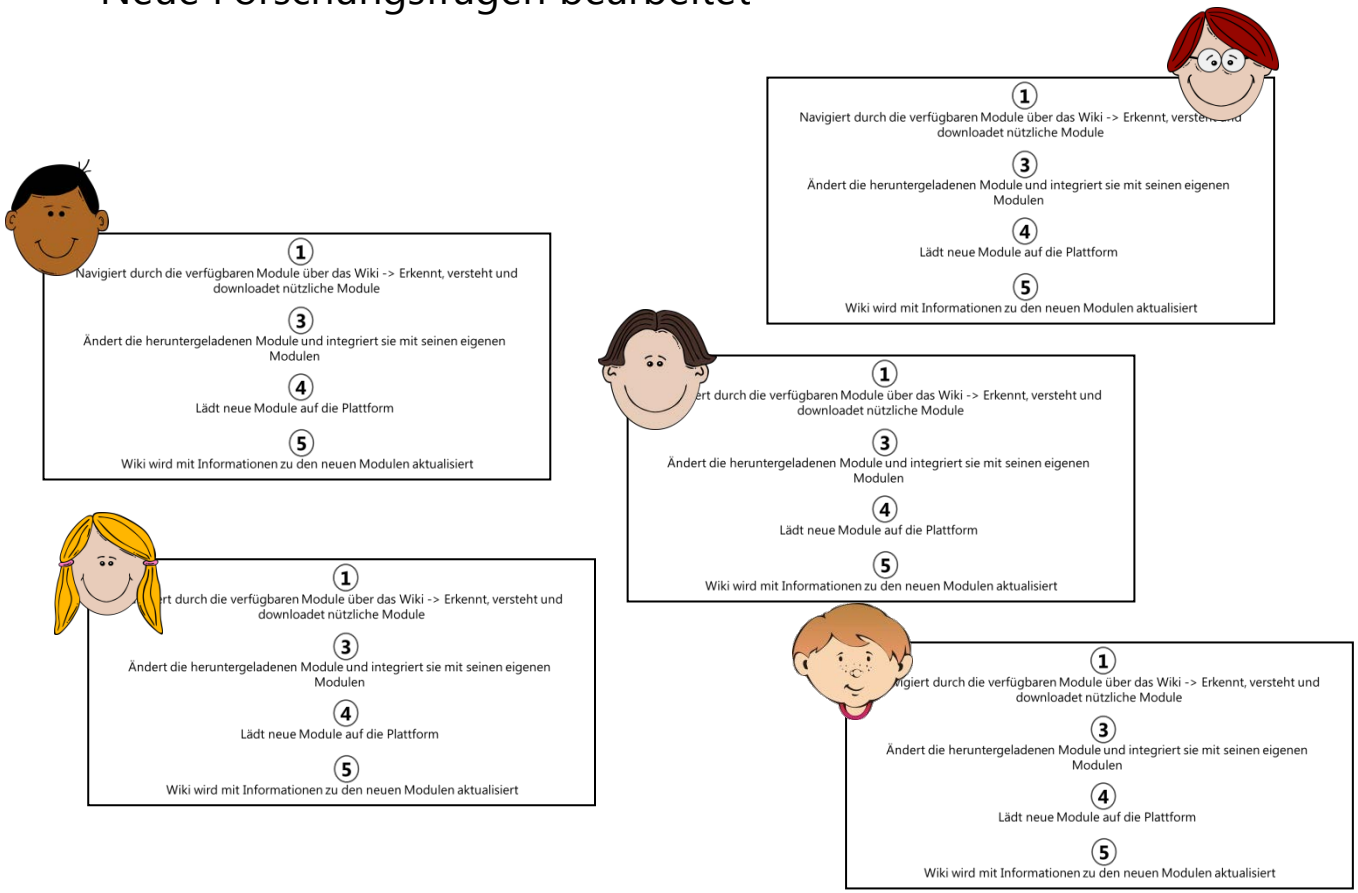
4

Wiki wird mit Informationen zu den neuen Modulen aktualisiert

Nutzung der HUES Plattform

Durch diesen kollektiven Prozess werden:

- Neue Module/Collections entwickelt
- Neue Kombinationen von Modulen erstellt
- Neue Forschungsfragen bearbeitet



Vorteile und Herausforderungen

EMPA
Materials Science & Technology

Vorteile:

1. Erzeugung von Möglichkeiten für **Wiederverwendung und Integration** von Modellen
2. **Reduzierter Aufwand** bei Modellentwicklung und Datensammlung
3. Verbesserte Fähigkeit, **zunehmend komplexere** Probleme zu lösen

Herausforderungen

- Fragen des geistigen Eigentums
- Leitlinien für die Modellentwicklung und Dokumentation
- Kommunikation von Modellvalidität
- Umgang mit Daten
- Nutzen für die Industrie
- …

Zusammenfassung

EMPA
Materials Science & Technology

- **Komplexität** ist eine grosse Herausforderung bei der Untersuchung von dezentralen urbanen Energie-Systemen
- Umgang mit dieser Komplexität erfordert einen **modularen, evolutionären** Simulationsansatz -> Multi-model Ecologies
- Die **HUES Plattform** dient als Model Repository und Informationsaustauschsystem
- Diese Plattform ermöglicht die Bearbeitung von immer **komplexeren Problemen**

Die HUES Plattform wird nächsten Monat online geschaltet (https://hues.empa.ch)

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

L. Andrew Bollinger
Urban Energy Systems Laboratory, Empa
andrew.bollinger@empa.ch
https://hues.empa.ch

Literaturhinweise

Lee, D. B. 1973. Requiem for large-scale models. *Journal of the American Institute of Planners*, 39(3):163-178.

Voinov, A. and H. H. Shugart. 2013. Integronsters, integral and integrated modeling. *Environmental Modelling and Software,* 39:149-158.

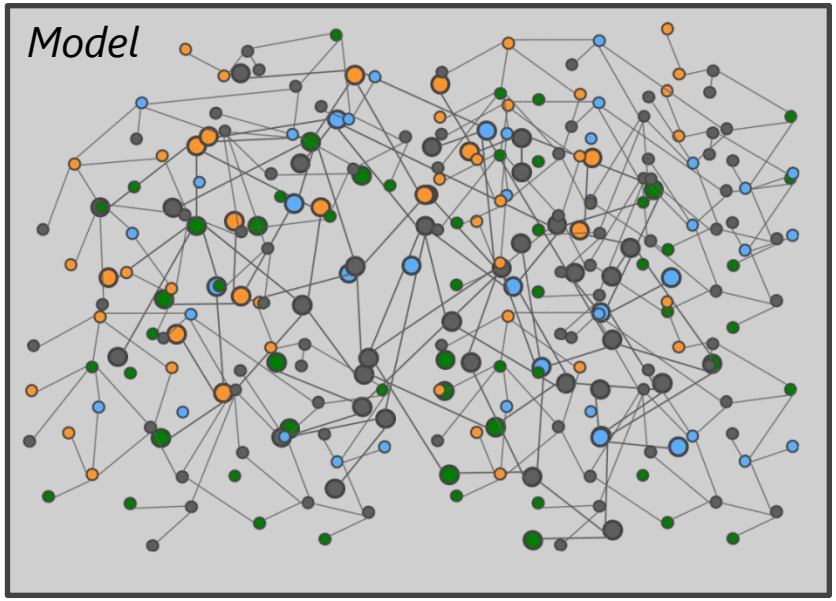
L. Andrew Bollinger, Igor Nikolic, Chris B. Davis, and Gerard P.J. Dijkema. Multi-model ecologies: cultivating model ecosystems in industrial ecology. *Journal of Industrial Ecology*, 2015 (in press).

Modellierung von Energy Hub Design
Ansatz 1

EMPA
Materials Science & Technology

Integrale Modellierung

- Ein monolithisches Modell
- Ein Entwicklungsteam
- Begrenzte Berücksichtigung der Komplexität
- Notwendige Kenntnisse innerhalb eines einzigen Teams
- Die '7 Sünden der Großmodelle'*

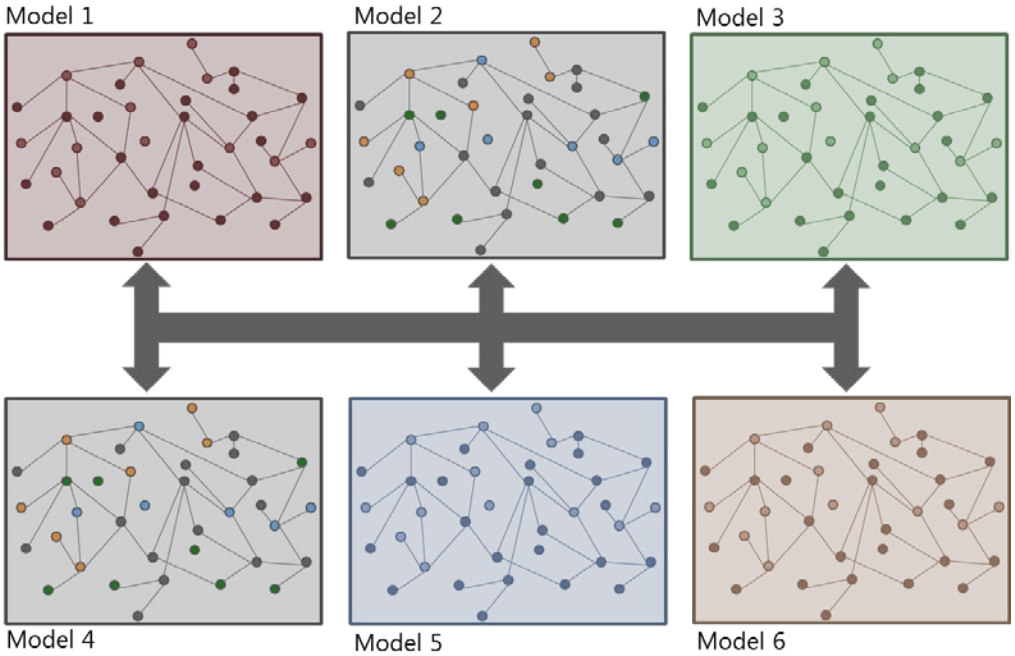


* hypercomprensiveness, grossness, hungriness, wrongheadedness, complicatedness, mechanicalness and expensiveness (Lee, 1973)

Modellierung von Energy Hub Design
Ansatz 2

Integrierte Modellierung*

- System von miteinander verbundenen Modellen
- Definierte Schnittstellen
- Verschiedene Entwicklungsteams
- Größere Fähigkeit, wichtige Aspekte der Komplexität zu erfassen
- Inflexibilität aufgrund des Top-Down-Designs
- Einschränkungen bzgl. Weiterentwicklung aufgrund der Gesamtarchitektur



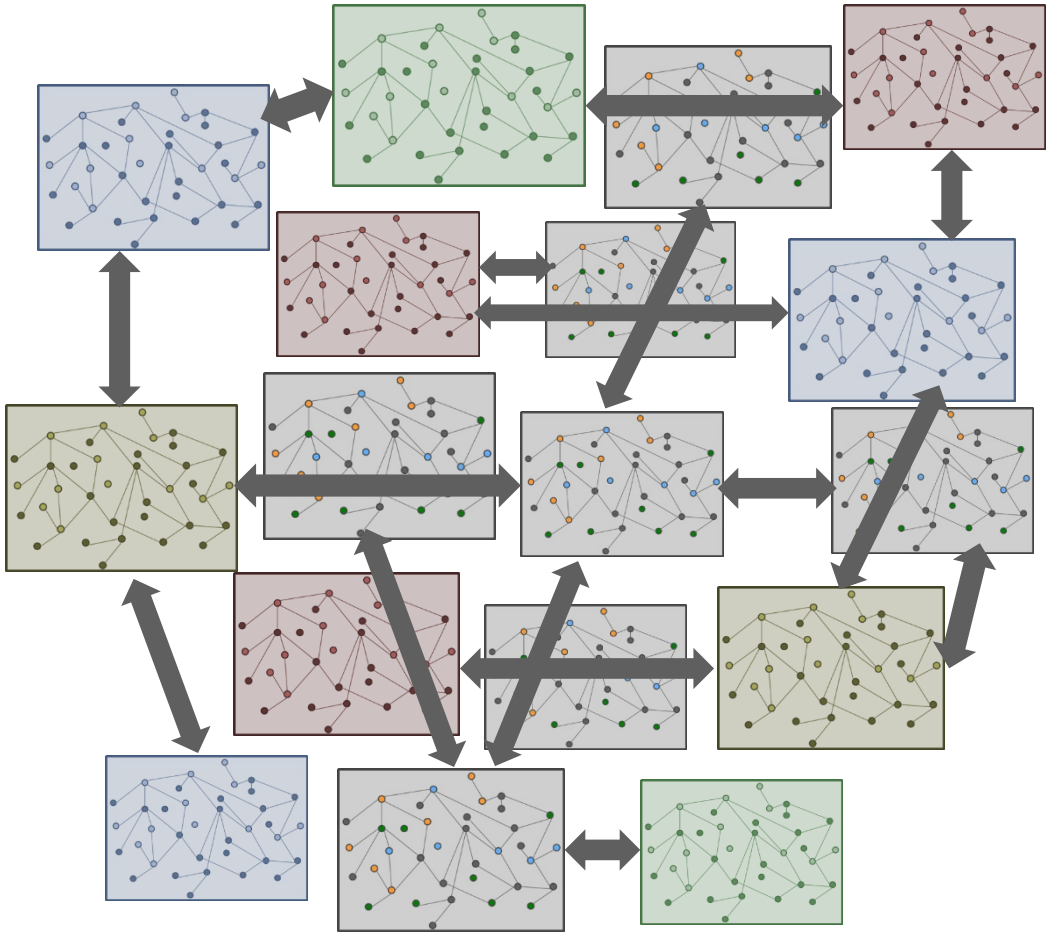
* (Voinov and Shugart, 2013)

Modellierung von Energy Hub Design
Ansatz 3

EMPA
Materials Science & Technology

Multi-model ecologies*

- System von miteinander verbundenen Modellen
- Verschiedene Entwicklungsteams
- Entwickelt sich parallel zu Wissensstand und -bedürfnissen
- Zusammenspiel zwischen den Modellen ergibt sich aus diesem Entwicklungsprozess
- Flexibilität in der Zusammensetzung und Verwendung des Modellsystems



* (Bollinger et al, 2015)

Nutzung der HUES Plattform

Eine Forscherin / Ein Forscher…

1

Navigiert durch die verfügbaren Module über das Wiki -> Erkennt, versteht und downloadet nützliche Module

3

Ändert die heruntergeladenen Module und integriert sie mit seinen eigenen Modulen

4

Dokumentiert die geänderten Module und seine eigenen Module, und lädt diese auf die Plattform

5

Wiki wird mit Informationen zu den neuen Modulen aktualisiert

EMPA
Materials Science & Technology

Genetic algorithm
Optimierung der
s

Genetic algorithm
Optimierung der Konfiguration des Energy Hubs

MILP
Ablaufplanung des Energy

MILP
Operative Planung der
Energieerzeugung und -

MILP
Optimierung der Dimensionierung des Wärme- / Stromspeichers

Gebäudeenergiemodell
Berechnung Wärme- und
s Gebäudes

Gebäudeenergiemodell
Berechnung Wärme- und

Gebäudeenergiemodell
Berechnung Wärme- und Strombedarf des Gebäudes

Elektrisches Stromflussmodell
Kapazitätsbeschränkungen
übe

Stochastisches Energiebedarfs-Modul
Statistische Erzeugung von Gebäudenutzungsprofilen

Das HUES Plattform Wiki

EMPA
Materials Science & Technology

HUES Platform Wiki

Welcome to the HUES platform wiki. This wiki serves as a space for accessing and sharing information about the modules of the HUES platform - an extendable simulation environment to facilitate the study of complex decentralized urban energy systems. Click on the links below to access information about the relevant modules. Form more information contact andrew.bollinger@empa.ch

Modules [edit]

	Last updated
Rolling Horizon AIMMS	12 March 2015 14:06:19
EnergyPlus batch run module	12 March 2015 17:28:39
NSGA-II	12 March 2015 17:32:54
YALMIP EHUBV1 0	12 March 2015 17:34:15
IDF Viewer	12 March 201
Climate change morphing of weather files	12 March 201
Occupancy profile generator	12 March 201
Stochastic building energy demand generator	12 March 201
Bilevel GA+MILP combined with MATPOWER for electrical grid power flow calculations	12 March 201

Contributors [edit]

	Affiliation(s)
Andrew Bollinger	Empa, ETH
Christoph Waibel	ETH, Empa
Georgios Mavromatidis	ETH, Empa
Julien Marquant	ETH, Empa
Marc Hohmann	Empa, ETH
Ralph Evins	Empa, ETH

Page Discussion Read Edit with form Edit View history Search

AIMMS Control.py

File type	Python
Timestamp	2015-03-11 21:22:44+00:00
Download URL	https://bitbucket.org/empa_lbst/rolling_horizon_aimms/src/master/RH_Implementation_Scripts/AIMMS_Control.py
Dependencies	

Category: Files

Page Discussion

Rolling Horizon AIMMS

File name(s)	AIMMS_Control.py, AIMMS_Control_Rolling_Horizon.py
Description	From an existing AIMMS model, the implementation of a rolling horizon approach is done in two stages: 1) Systematic creation of a second model using Python script 'AIMMS_Control_Rolling_Horizon.py' (procedure described in documentation, section 2.1) : - Copy-paste of the original model with new names for identifiers and sections: e.g. 'Horizon_Name' - Replace the time definition 't' by 'h' 2) Manual tuning directly done on AIMMS file situated in '...MainProject\\ProjectName.ams' (procedure described in documentation, section 2.2).
Documentation URL(s)	pdf attached
Author	Julien Marquant
Tag(s)	energy hub model, rolling horizon, computational time, Mixed Integer Linear Programming
Derivation of	Rolling_Horizon_AIMMS
Timestamp	NA

Download module as ZIP

Category: Modules

Bietet die Möglichkeit, Informationen über die Module auf der Plattform **zu navigieren**, **zu verstehen**, und für die Verwendung in seiner eigenen Forschung **zu downloaden**.