

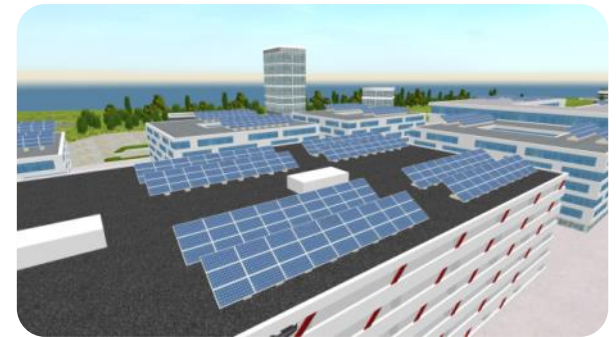
---

# VIRTUELLE REALITÄT IN DER ENERGETISCHEN PLANUNG INDUSTRIELLER GROßPROJEKTE

19. Forschungskolloquium Fraunhofer IFF

Magdeburg, 24. November 2017

---



Nicole Mencke, Pio Lombardi, Ronny Franke, Przemyslaw Komarnicki

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb  
und -automatisierung IFF Magdeburg

# GLIEDERUNG

1. Motivation
2. Anforderungen
  - Zielstellung
  - Lösungsansatz
3. VR-basierte Planung energieeffizienter Standorte
  - Virtuelle Abbildung des Standortes
  - Systemmodellierung
  - Versorgungsplanung
4. Zusammenfassung
5. Ausblick



# Industrielle Großprojekte

## Motivation

- Großprojekte der Olympischen Spiele in London 1 Mrd. € günstiger und 4 Monate früher fertig [Grewe, 2012]
- Großprojekte scheitern oft aufgrund von Mängeln in der Planung (u.a. [PWC, 2016c], [BAPP, 2013], [Grewe, 2017])



---

# Anforderungen

## Ziel- und Begriffsdefinition

---

Ansatz: **Kombination von ...**



- ... Planungsinteraktivität der Anwendung
- ... Lösung mit zielgerichteten Funktionalitäten
- ... Anschauliche VR-Visualisierungen
- ... Nutzung von heterogenen Daten

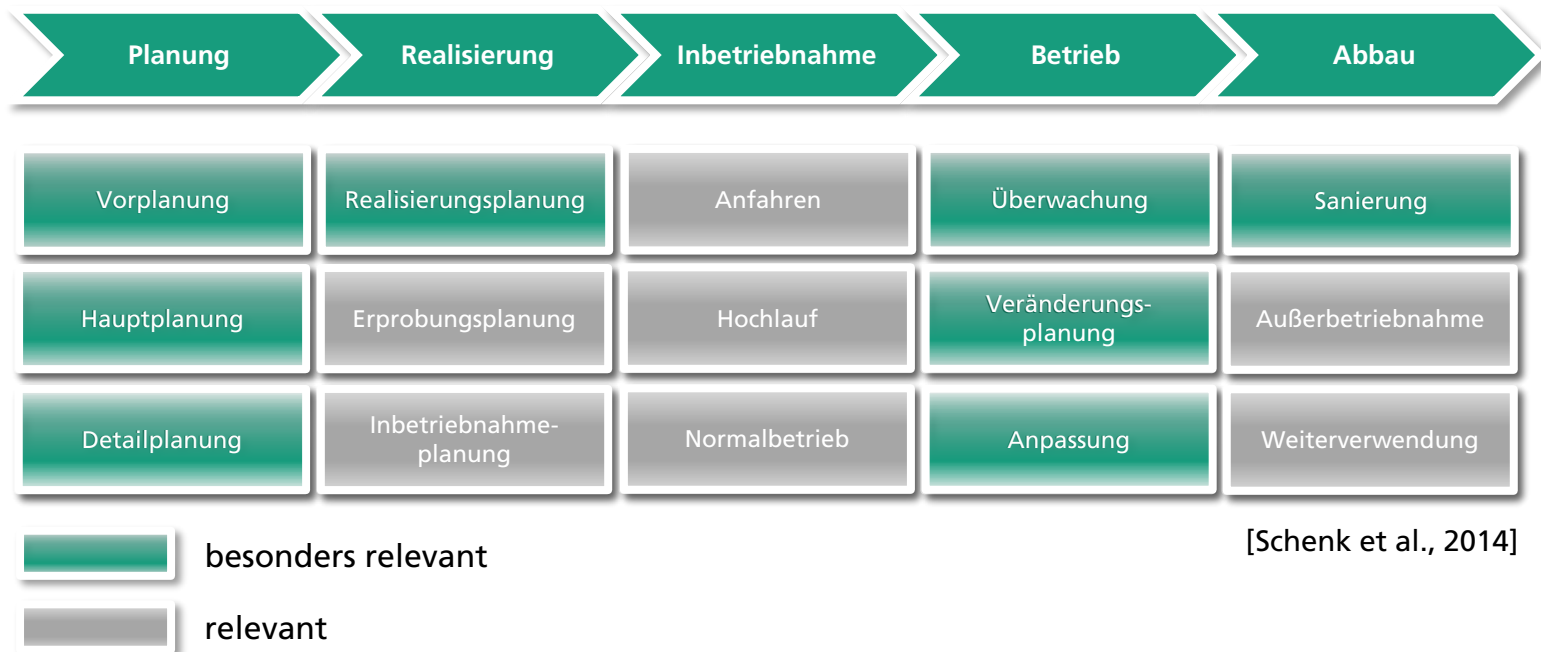
➤ **Führt zu einem verbesserten Planungs- und Optimierungsprozess**

**Wichtige Begriffe: Industrielles Großprojekt, Virtuelle Realität, energetische Planung**

# Lösungsansatz

## Energetische Planung in industriellen Großprojekten

- **Lebenszyklusmodell** mit spezifischen Anforderungen aufgrund der Eigenschaften **von Großprojekten** am Beispiel der **Relevanz der energetischen Planung**



[Schenk et al., 2014]

# Lösungsansatz

## Identifikation fachlicher Parameter und VR-Komponenten

Art Energie	elektrisch	chemisch	mechanisch	kinetisch	potentiell	thermisch
Arten elektrischer Strom	Wechselstrom	Gleichstrom	Produktion	Infrastruktur	Mobilität	
Energiebedarf	Wohneinheiten	Arbeitsplätze				
Art Energieerzeugung	erneuerbar	konventionell				
Energieerzeuger	Solar	Wind	Wasserkraft	Biomasse	Geothermal	
Ort Energieerzeugung	Fassade	Dach	Freifläche			
Art Energieerzeugung solar	Photovoltaik	Solarthermie	Solar-Stirling	Thermik		
Energieerzeuger konventionell	Kohle	Gas	Öl	Kernkraft	Müllverbrennung	
Energieerzeuger	Gebäudetyp	Nutzungsart	Auslastung			
Minimierung Energieverlust	Isolierung	Wirkungsgrad	Standby	Umwandlungsverluste	Übertragungsverluste	nichttechnische Netzverluste
Art Energieerzeugung	thermisch	chemisch	mechanisch	kinetisch	potentiell	elektrisch
Art Energieerzeugung	thermisch	chemisch	mechanisch	kinetisch	potentiell	elektrisch
Bestandteile Energieerzeugung	Niederspannung	Mittelspannung	Hochspannung	Höchstspannung		
Elektrizität	Leiterselle		Isolatoren			
Arten Stromerzeugung	Freileitung	Erdkabel				
Energieverteilung	NS / MS	MS / HS	HS / H05	Chemisch zu Strom		
Energieumwandlung	Strom zu Wärme	Wärme zu Gas	Wärme zu Strom	Chemisch zu Strom		
Realisierungskosten	Baukosten	Betriebskosten	Energiekosten			
Realisierungskosten	Maximum	Durchschnitt				

Fachliche Parameter

Immersion	visuell	akustisch	haptisch	olfaktorisch
Detailstufen	LoD 1	LoD 2	LoD 3	LoD 4
Abstraktionsgrad	abstrakt	situativ abstrakt	Realitätsgetreu	...
Visualisierungsstil	realitätsgetreu	comic-ähnlich	semitransparenz	...
Grad der Realität	Augmented Reality	Augmented Virtuality	Virtual Reality	
technische Integration	separiert	gekoppelt	integriert	
Basisfunktionen VR-System	Visualisierung	Interaktion	Autotracking	Schnittstellennutzung
Qualität der Visualisierung	Polygonzahl	Texturierung	Belichtungsmodell	
Präsentationstechnologie	Workstation	Laptop	3D-Beamer / 3D-Fernseher	HMD
Navigationsarten	Translation	Rotation	Zoom	
Eingabetechnologien	Tastatur	Mouse	Daumen-Handschuh	Sprachsteuerung
Projektspezifische Funktionen	Monitoring / Berichte	Simulation	Analyse	Planung / Optimierung
Visualisierungstechniken	geometriebasiert	iconbasiert	isophbasiert	pixelbasiert
Präsentationsmodi	frei	geführt	Präsentation	

VR-Komponenten



# VR in der energetischen Planung industrieller Großprojekte

## Prozessschritte

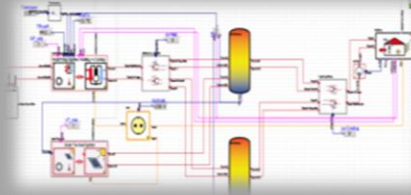
### Planung energieeffizienter industrieller Großprojekte



P1 - Virtuelle Abbildung

Semiautomatische Erstellung von 3D-Umgebungen

- Geländemodell
- Gebäude
- Vegetation



P2 - Systemmodellierung

Implementierung eines Simulationsmodells für die Gebäude

- Energieerzeuger
- Energieverbraucher
- Klimatische Parameter



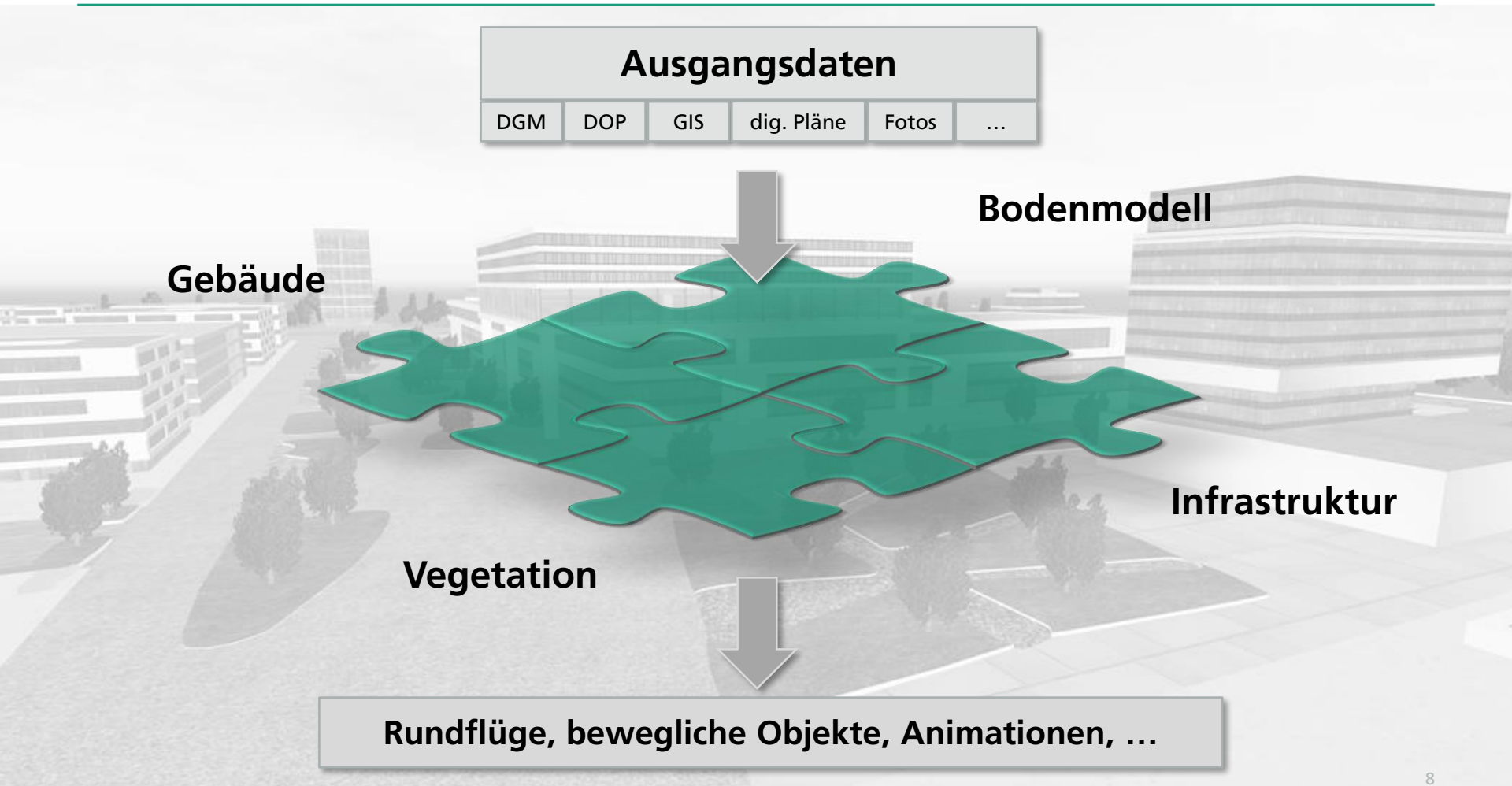
P3 - Planung & Optimierung

Parametereinstellung

- Austausch der Erzeuger
- Skalierung der Verbrauchswerte
- Analyse auf verschiedenen Ebenen

# VR in der energetischen Planung industrieller Großprojekte

## Prozessschritt I - Virtuelle Abbildung



# VR in der energetischen Planung industrieller Großprojekte

## Prozessschritt I - Virtuelle Abbildung



# VR in der energetischen Planung industrieller Großprojekte

## Prozessschritt II – Systemmodellierung - Ansatz

### ■ Elektrische und thermische Systemkomponenten

#### ■ Energieproduktion

- Windenergie
- Wasserenergie
- Biomasse und Abfallmaterialien
- Photovoltaik als Gebäudeinstallation, Solarthermie und Wärmepumpe



#### ■ Energieverbrauch

### ■ Initiale Kopplung von Erzeugungs- und Verbrauchswerten mit den Gebäuden

- Betrachtung der Gebäudeparameter
- Betrachtung der klimatischen Parameter
- Speicherung in einer Datenbank

# VR in der energetischen Planung industrieller Großprojekte

## Prozessschritt II – Systemmodellierung - Verbraucher

Gebäudetyp	Volumen in [m³]	Genutzte Fläche in [m²]	Energiebedarf
Rechenzentrum	9.000-35.000	3.000-5.500	Elektrisch und thermisch (Wärme)
Bürogebäude 1	19.000-88.000	6.337-13.035	Elektrisch und thermisch (Wärme und Kälte)
Parkhaus	112.000-119.000	26.242-13.035	Elektrisch
Produktionsgebäude 2	60.000-150.000	5.674-33.980	Elektrisch und thermisch (Wärme)



# VR in der energetischen Planung industrieller Großprojekte

## Prozessschritt II – Systemmodellierung - Verbraucher

Energie-  
produktionswerte

Energie-  
verbrauchswerte

Klimatische  
Parameter

SimulationX - Modell

The image shows two overlapping windows from the SimulationX software. The top window is titled 'Properties - building (Modell1)' and the bottom window is 'Properties - environment (Modell1)'. Both windows show various input parameters for a building model.

**Properties - building (Modell1)**

Parameter	Value
buildingType	Non-residential building
buildingAge	ENEV 2016 (from 2016)
Relative deviation from maximum heat transmission v... deltaU	20 %
nFloors	5
Heated (living) area	6337 m²
Clear room height	3 m
Window surface area of whole building, only used... AWindows	994 m²
flanking buildings (0: solitary building, 1: neighboring... flanking	0
Layout of building; true: long-stretched, false: compact outline	False
File where electric load profile is stored	[N_Campus.Utilities.Functions.getJFFModelDataDirectory() + "%\SelfConfigur...
Annual electric Energy consumption per m³	15 kWh
File where presence profile is stored	[N_Campus.Utilities.Functions.getJFFModelDataDirectory() + "%\SelfConfigur...
Number of persons per 100m³	0.7

**Properties - environment (Modell1)**

Parameter	Value
Specific heat capacity of the ground	cGround: 1.332 kJ/(kg·K)
Heat conductivity of the ground	lambdaGround: 1.45 W/(m·K)
Density of ground	rhoGround: 1800 kg/m³
Geothermal gradient	GeoGradient: 0.025 K
Heat transmission coefficient between grou... alphaAirGround	1.8 W/(m²·K)

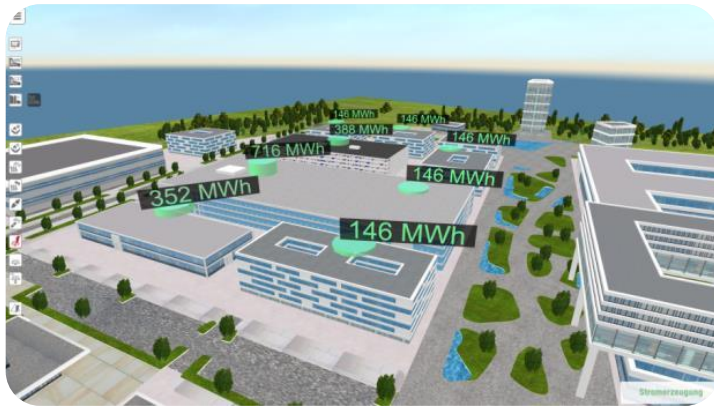
**Ambience**

Parameter	Value
Average ambient temperature in a ... TAveragesAmbientAnnual	9.76 °C
Maximum monthly averaged ambient temperat... TAmbientMax	19.1 °C
Month with maximum average temperature	MaxMonth: 7

# VR in der energetischen Planung industrieller Großprojekte

## Prozessschritt III – Planung und Optimierung - Visualisierung

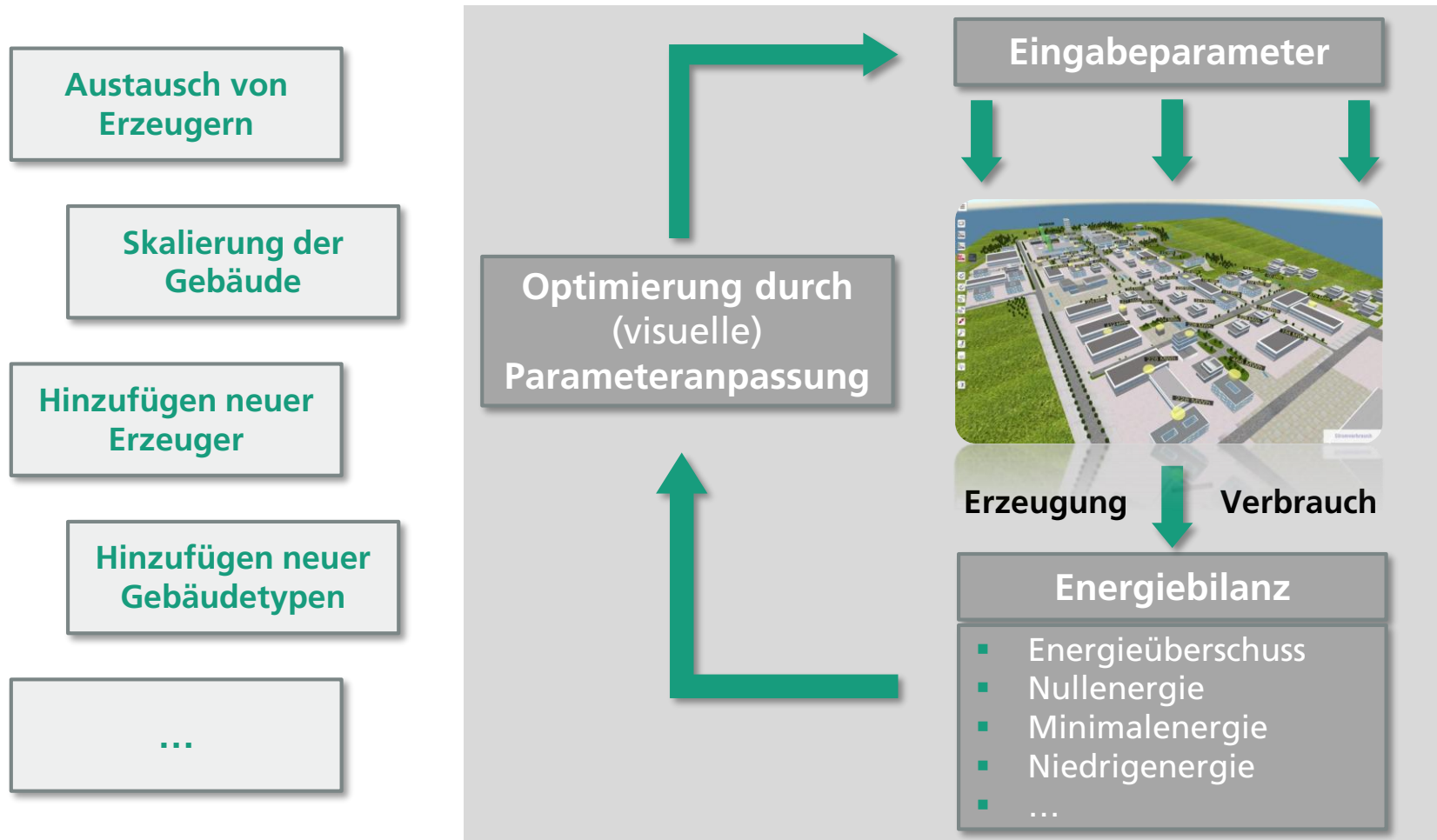
- Analyse und Präsentation auf mehreren Ebenen
  - Gebäude
  - Gebäudecluster
  - Kompletter Standort



- Darstellung von
  - Erzeugung
  - Verbrauch
  - Energiebilanz

# VR in der energetischen Planung industrieller Großprojekte

## Prozessschritt III – Planung und Optimierung



# VR in der energetischen Planung industrieller Großprojekte

## Prozessschritt III – Planung und Optimierung – nächste Schritte

- **Betrachtung der Basisparameter während der Anpassung**
  - Natürliche Bedingungen
  - Gesetze
  - Politische Ziele
  - Interesse der Bürger
- **Präsentation von Zusatzinformationen, z. B.**
  - Anschaffungskosten
  - Betriebskosten
  - Realisierungsaufwände
  - Mögliche Energieeinsparungen
  - Erweiterungsmöglichkeiten

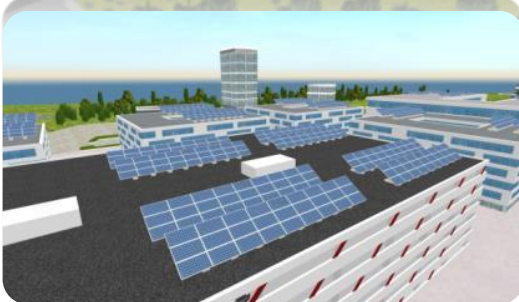


**Kosten**



# VR in der energetischen Planung industrieller Großprojekte

## Zusammenfassung



### VR-basiertes Planungstool

#### Ausgangssituation

- Steuerung von Planungsprozessen

#### Ziel

- Nullenergie- oder positive Energiebilanz

#### Lösung

- Visualisierung aller Standort- und Energiesystemkomponenten
- Analyse und Berechnung der Energieeffizienz



- Optimierung der Energieeffizienz
- Steigerung der Energieautarkie

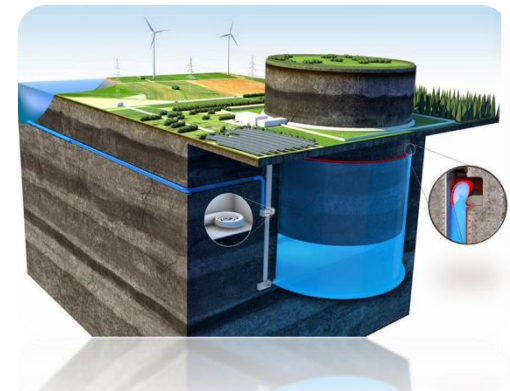
# VR in der energetischen Planung industrieller Großprojekte

## Ausblick

- **Integration von Energiespeichern**
- **Entwicklung von Algorithmen für systemseitige Optimierungsvorschläge, z. B.**



- Verwendung einer Raumwiderstandskarte bzw. Unterlagen zu Vorrangflächen für Vorschläge zur Platzierung von Energieerzeugungsanlagen
- Automatische Variantenplanung für die technische Realisierung von Energieerzeugungsanlagen (z. B. PV-Anlagen mit Solarzellen unterschiedlicher Effizienzklassen)



- **Integration von zusätzlichen Ressourcen (Kälte, Frischluft, ...)**
- **Weitere Anwendungsgebiete (Städte, ...)**
- **Weiterentwicklung zu einem öffentl. Kommunikations- und Partizipationsportal**

---

# VR in der energetischen Planung industrieller Großprojekte

## Fragen?

---



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

---

# Literatur

---

---

## **[McKinsey & Company, 2008]**

McKinsey & Company (2008). Deutschland 2020 - Zukunftsperspektiven für die deutsche Wirtschaft - Zusammenfassung der Studienergebnisse.

## **[Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur, 2016]**

Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur (2016). Bundesverkehrswegeplan 2030.

## **[Fischer, 2015]**

Fischer, M. (2015). Die Macht der kleinen Zahlen – Interview mit Klaus Grewe. DOAG Online.

## **[Beyer et al., 2002]**

Beyer, C., Binder, B., Dietrich, T., Gemeinböck, J., Kerimoglu, E., Leitner, J., und Solarzyk, M. (2002). Großprojekte als Instrument der Stadtentwicklungspolitik und -planung.

## **[Dudenredaktion, o. J. (a)]**

Duden, Stichwort: Industrie. Link: <http://www.duden.de/node/729691/revisions/1624799/view> (Abrufdatum: 05.09.2017).

---

# Literatur

---

---

## **[Dudenredaktion, o. J. (b)]**

Duden, Stichwort: Industrie. Link: <http://www.duden.de/node/710705/visions/1297781/view> (Abrufdatum: 05.09.2017).

## **[Verein Deutscher Ingenieure, 2009]**

Verein Deutscher Ingenieure (2009). VDI 5200. Technischer Bericht, Verein Deutscher Ingenieure.

## **[Schenk et al., 2014]**

Schenk, M., Wirth, S., und Müller, E. (2014). Fabrikplanung und Fabrikbetrieb - Methoden für die wandlungsfähige, vernetzte und ressourceneffiziente Fabrik. Springer Vieweg, 2. Auflage.

## **[Magerkurth, 2011]**

Magerkurth, J. (2011). Bundesverwaltungsamt-Kompetenzzentrum Großprojektmanagement. 11. Sitzung des Arbeitskreises IT.

---

# Literatur

---

---

## **[Verein Deutscher Ingenieure, 2015]**

Verein Deutscher Ingenieure (2015). Frühe Öffentlichkeitsbeteiligung bei Industrie- und Infrastrukturprojekten. VDI-Richtlinie, Verein Deutscher Ingenieure.

## **[Loeffler und Anderson, 1994]**

Loeffler, C. und Anderson, T. (1994). The Virtual Reality Casebook. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA.

## **[Burdea und Coiffet, 1994]**

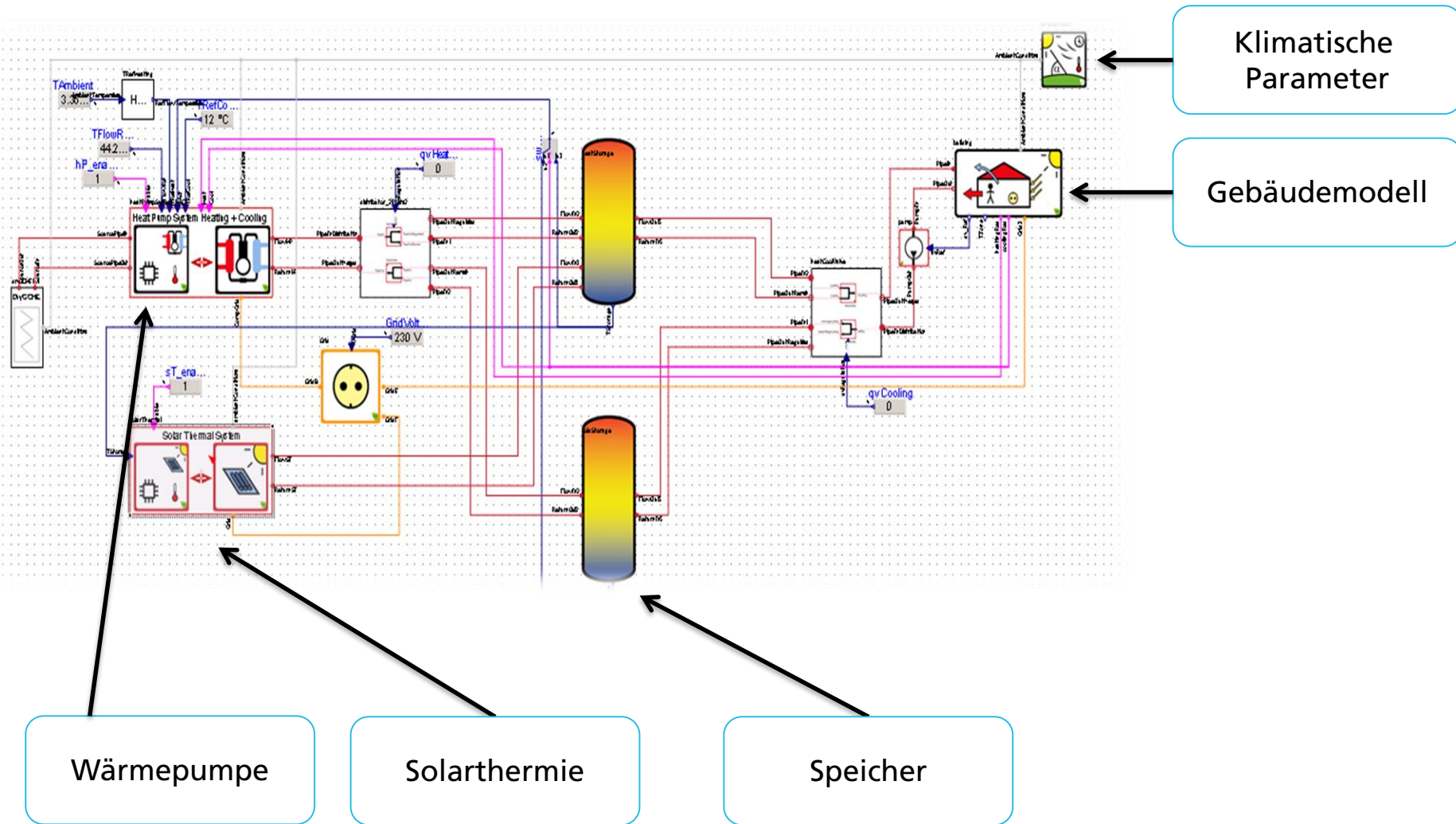
Burdea, G. und Coiffet, P. (1994). Virtual Reality Technology. John Wiley and Sons, New York.

## **[Dierßen, 2002]**

Dierßen, S. (2002). Systemkopplung zur komponentenorientierten Simulation digitaler Produkte. Dissertation, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.

# Planung energieeffizienter Standorte

## 3.2 SimulationX – Systemmodell





# Grundlagen

## Eigenschaften von industriellen Großprojekten

- Unterschiedliche Dimensionen der Komplexität
- Veränderungen der Rahmenbedingungen im Verlaufe der Durchführung
- Einschränkungen in der Standortwahl
- Einzigartigkeit und Neuheit
- Projekteigene Aufbauorganisation
- Projektdauer
- Vielzahl an Teilprozessen
- Ausmaße des Projektrisikos
- ...

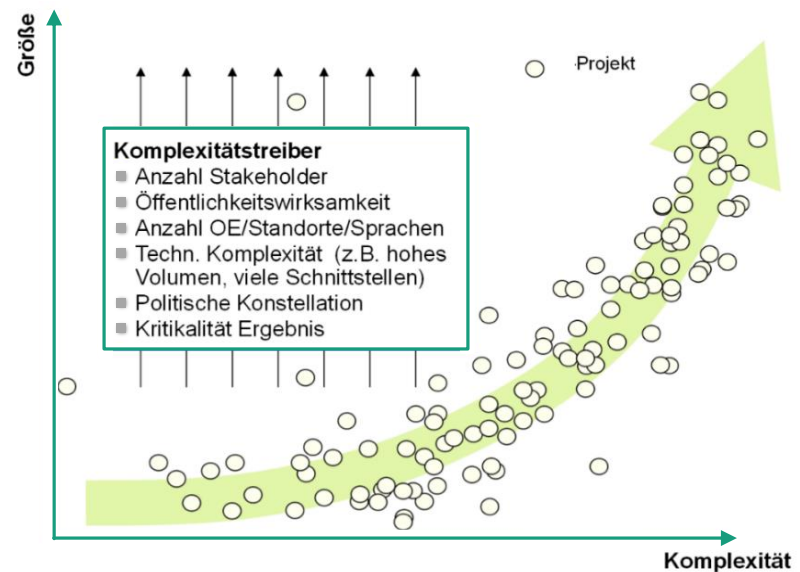


Abb.: Komplexitätstreiber in Großprojekten  
[Magerkurth, 2011]

# Grundlagen

## Virtuelle Realität



- Computergenerierte simulierte 3D-Umgebung
- Ein oder mehrere Nutzer **interagieren** in Echtzeit
- **Immersion** ist der Grad der physischen und psychologischen Eingebundenheit des Nutzers
- **Imagination** ist die Vorstellungskraft des Benutzers und hängt von der Qualität der Interaktion und Immersion ab

