

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



# Forschungsergebnisse Projekt Migrate!

## Projektüberblick

|                |   |
|----------------|---|
| Projekttitlel: | Migrate! - Modelle, Verfahren und Werkzeuge für die Migration in Cloud-basierte energieoptimierte Anwenderinfrastrukturen und deren Management  |
| BMWl FKZ:      | 01 M1105 2 bis 01M11058   |
| Laufzeit:      | 01.10.2011 bis 30.09. 2014  |
| Konsortium:    | Universität Hohenheim (FZID)<br>IBM Deutschland Research & Development GmbH<br>Drees & Sommer Advanced Building Technologies AG<br>Brandenburgischer IT-Dienstleister (ZIT-BB)<br>Universität Stuttgart (IAAS)<br>Robert Bosch Gesellschaft für medizinische Forschung mbH<br>Flughafen Stuttgart |
| Projektleiter: | Dr. Jörg Leukel, Universität Hohenheim  |
| Webseite:      | <a href="http://www.migrate-it2green.de">www.migrate-it2green.de</a>  |

## Forschungsthemen

Das Projekt Migrate! entwickelt Lösungen für die Überführung (Migration) bestehender lokaler IKT-Anwendungen (Quellsysteme) in integrierte, Cloud-basierte IKT-Anwenderinfrastrukturen (Zielsysteme) mit dem Ziel einer ganzheitlichen Energieeinsparung.

Kernthemen der Forschung sind:

- Entwicklung eines prozessorientierten Migrationsmodells für Anwendungen inklusive einer Analyse des Quell- und Zielsystems
- Integration von sozio-ökonomischen und ökologischen (Green) Anforderungen in das Migrationsmodell
- Software-Lösungen für eine automatisierte Modellbildung (TOSCA)
- Exemplarische Modellbildung für ausgewählte Anwendungen
- Bestimmung von Energieeffizienzpotenzialen durch Cloud-Migration

# Automatische Migration zum energieeffizienten System

## Ausgangslage:

- Aktuell werden die meisten IKT-Anwendungen manuell in die Cloud migriert.
- Dies erfordert Spezialwissen, ist arbeitsintensiv und damit teuer.
- Energieeffizienz wird in diesem Zusammenhang nicht integriert adressiert.
- Daher müssen eine Vielzahl von Tools über die gesamte Hardware und Software individuell konfiguriert und kalibriert werden.

## Der Ansatz von MIGRATE!:

- Die zu migrierende IKT-Anwendung wird in einem standardisierten und erweiterbaren Modell mittels eines Software-Tools (TOSCA) beschrieben.
- Im Modell wird eine Vielzahl von Anforderungen hinterlegt einschließlich energiebezogener Leistungskennzahlen (Green Policies).
- Wenn Zielsysteme dem spezifischen Anforderungskatalog einer Anwendung entsprechen, wird die Anwendung automatisch in die Cloud migriert.

# Analyse Anwendersysteme und Modellbildung

Im Projekt wurden wesentliche Aspekte eines Prozessmodells für die Migration von IKT-Anwendungen aus den Bereichen Krankenhaus, Flughafen, Behörde und Wohnungsbaugesellschaft entwickelt:

- Beschreibung und Analyse der Anwendersysteme der Quell- und Zielsysteme
- Messung energiebezogener Leistungsdaten und Simulation des Systemverhaltens im Quell- und Zielsystem
- Integration sozio-ökonomischer sowie ökologischer Aspekte in den technischen Prozess der Migration
- Die Berücksichtigung rechtlicher Randbedingungen sowie Nutzeranforderungen beispielsweise bezüglich des Datenschutzes
- Erstellung der Migrationsszenarien mit dem Ziel der Energieeinsparung
- Werkzeuge zur Planung, Durchführung und Überwachung der Migration

## Open Source Tool „TOSCA“

Die zu migrierende Applikation wird im standardisierten und erweiterbaren TOSCA-Modell beschrieben:

- Als Software-Lösung dient hierzu die im Advanced Open Standards for Information Society (OASIS) entwickelte Topology and Orchestration Specification for Cloud Applications (TOSCA).
- TOSCA beschreibt die Topologie und Wechselwirkung von Anwendungen auf den Ebenen Betriebssystem, Middleware, Anwendungslogik einschließlich aller notwendigen Deployment-Schritte.
- Das TOSCA Template der Applikation wird vom sogenannten TOSCA Container verarbeitet.
- Der TOSCA Container steuert direkt den Hypervisor der Cloud-Infrastruktur, um die Applikation zu migrieren.

## Energetische Steuerung auf Applikationsebene

Es wurden sogenannte Green Policies für das TOSCA-Modell erarbeitet. Dadurch wird es möglich, Energieoptimierung als Teil der Anforderungsspezifikation des applikationsgesteuerten Migrationsprozesses zu verankern:

- Der Cloud-Provider liefert Daten, die von einem lokalen Energie Management System (EMS) abgefragt und an den TOSCA Container des Cloud-Managements übergeben werden.
- Green Policies sind Regeln und Schwellwerte, die sogenannte Energiesparpläne verwirklichen.
- Die Green Policies werden ebenfalls vom TOSCA Container überwacht und über den Hypervisor wird die Cloud-Infrastruktur beeinflusst.
- Die Open Source Version mit Energy Policies wird in Migrate! entwickelt.

# Energieoptimierte Cloud-Systeme

## Erprobung von Allokationsverfahren:

- Auktionsbasierte Modelle: klassische Auktionsverfahren mit der Optimierung Nutzer-Anbieter-Situation unter Berücksichtigung grüner Aspekte (z. B. PuE)
- Reservationspreisbasiertes Verfahren: ein aus dem Dienstleistungsbereich übernommenes Verfahren bei dem durch Buchungsklassen Energieoptimierung berücksichtigt wird.

## Werkzeuge zur Energieoptimierung:

- Winery: grafischer Editor für TOSCA zur Erstellung von Applikationsmodellen
- GreenSLA: Einbeziehung von Energieoptimierungsaspekten in klassische SLA (Service Level Agreements)
- Energy Management System: Tools zur Erfassung und Bereitstellung von RZ-Messdaten für das Cloud Management um so Optimierungen zu ermöglichen

# Einsparpotenziale

## Ergebnisse der Simulationen und Feldtests

- Flughafen: bis zu 50%
- Wohnbaugesellschaft: 25 bis 54%
- Öffentlicher IT-Dienstleister: 10 bis 25% (Simulation)
- Krankenhaus: noch keine Simulationsdaten vorhanden

## Herausforderungen:

- Schwierigkeiten in der Identifikation geeigneter Applikationen
- Oftmals hoher Migrationsaufwand, Automatisierung noch ausbaufähig
- Teilweise Infrastrukturmaßnahmen (z.B. Tablets als Clients) eingesetzt

# Ergebnisverwertung

## Cloud-Migrationsmodell:

- Integriertes Modell veröffentlichen
- Anwendungsmigration als mögliches Geschäftsfeld

## Entwicklung des TOSCA-Standards und entsprechender Produkte:

- Öffentliche und teilöffentliche Entwicklungen im Projekt erzielt (OpenTOSCA, LEGO4TOSCA)
- Markt für solche Standards und Produkte steht aber noch am Anfang; konkurrierende Ansätze vorhanden

## Energie-Monitoring und Steuerung/ Facility Management:

- Nutzung der gewonnenen Einblicke in die Verbrauchsstrukturen von Gebäuden durch Partner für den Entwurf von Energiekonzepten und die Planung von Immobilienprojekten
- Unklare Marktlage, da bisher getrennte Teilmärkte

# Patente, Veröffentlichungen und Standardisierungen

- Keine Patentanträge
- Veröffentlichungen:
  - 25 überwiegend internationale Veröffentlichungen in einschlägigen Konferenzen und Zeitschriften
- Vorträge u.a.:
  - IEEE International Conference on Cloud Computing 2014, Anchorage
  - IEEE International Conference on Cloud Engineering 2013, San Francisco
  - Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2013, Leipzig
- Standardisierungen:
  - Beiträge zur TOSCA (Topology and Orchestration Specification for Cloud Application) des OASIS
  - Insbesondere Beiträge zur Berücksichtigung von „grünen“ Richtlinien