


**EINSTEIN**  
Software und Methode

**Expertensystem EINSTEIN zur  
Optimierung der Wärmeversorgung**


**Jürgen Fluch**

AEE – Institut für Nachhaltige Technologien (AEE INTEC)  
A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19  
AUSTRIA

[www.aee-intec.at](http://www.aee-intec.at) AEE - Institut für Nachhaltige Technologien



Fachtagung Smart Production, Graz am 20.10.2011



**Überblick**

- Einleitung
- Idee und Ansatz von EINSTEIN
- EINSTEIN Software
- EINSTEIN Methode
- Ergebnisse von EINSTEIN  
Status Quo ↔ Vorschläge
- Energie-Audits

EINSTEIN

[www.aee-intec.at](http://www.aee-intec.at) AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

Fachtagung Smart Production, Graz am 20.10.2011

INTELLIGENT ENERGY EUROPE

AEE INTEC

## Energieverbrauch in EU27

- 25% des gesamten Endenergieverbrauchs der EU27 (2006) werden für **Raumwärme und -kühlung in Gebäuden** verwendet
- 28% des gesamten Endenergieverbrauchs der EU27 (2006) durch die **Industrie**
- 69,5% des Endenergieverbrauch in der Industrie werden zur **Wärmeerzeugung** verwendet
  - ⇒ 57% davon im niedrigen und mittleren Temperaturbereich bis 400°C

Strategic Energy Review 2008; Quelle: Eurostat  
Data für 2003, 32 Länder; Quelle: ECOHEATCOOL (IEE ALTENER Project)

www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

BEINSTEIN

Fachtagung Smart Production, Graz am 20.10.2011

INTELLIGENT ENERGY EUROPE

AEE INTEC

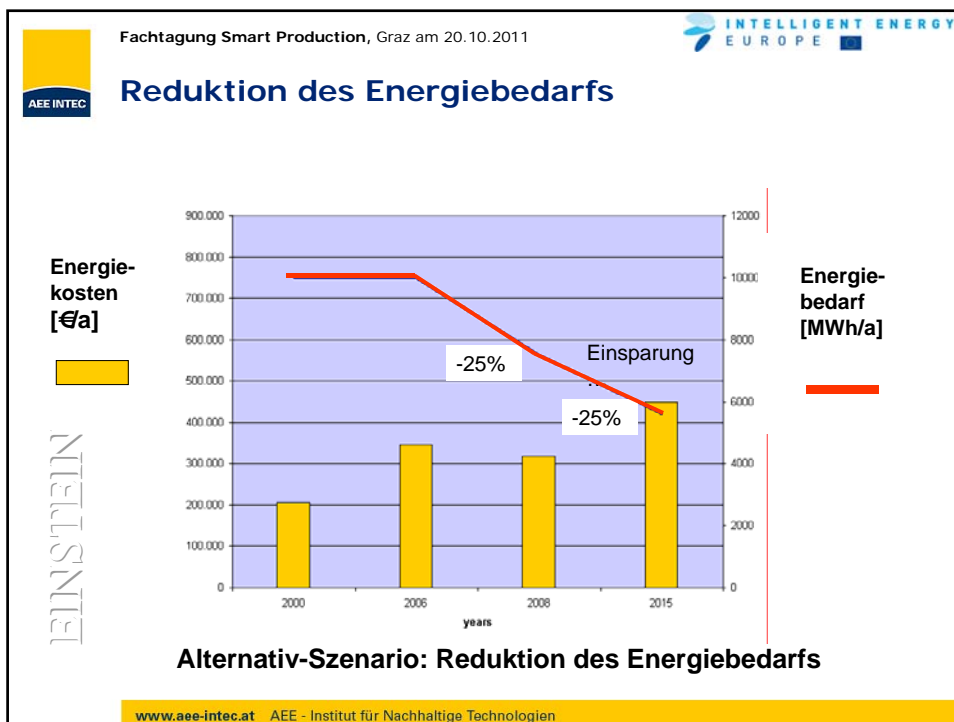
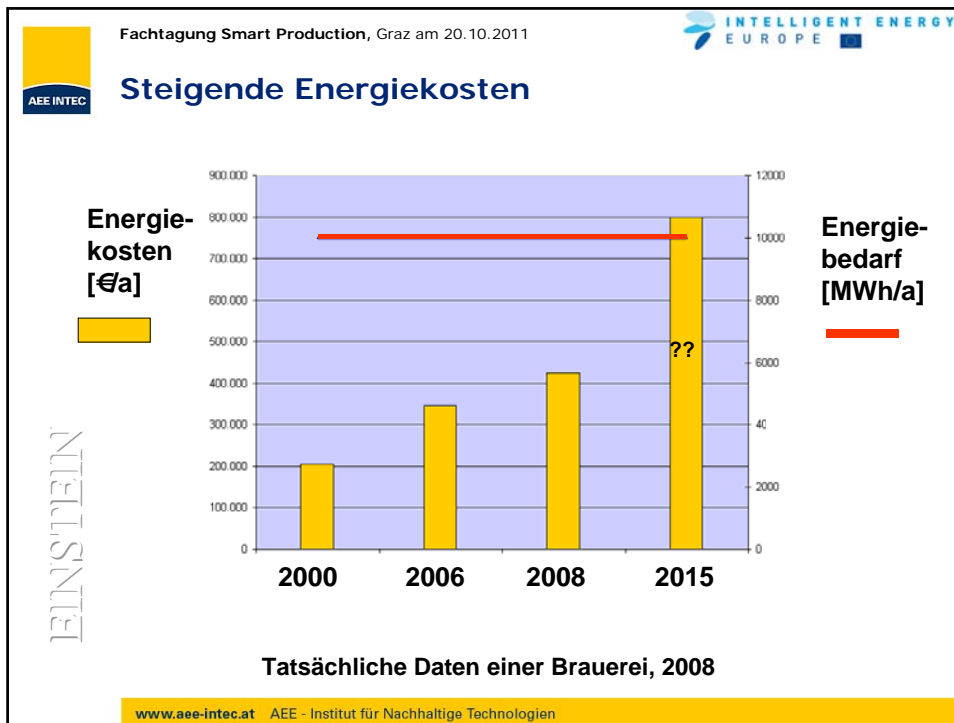
## Energiesparziele



- **EU-Ziel bis 2020 (20-20-20):**
  - ⇒ Reduktion der Emissionen um 20%,
  - ⇒ **Steigerung der Energieeffizienz um 20%**
  - ⇒ Erhöhung des Einsatzes erneuerbare Energie auf 20%

www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

BEINSTEIN



Fachtagung Smart Production, Graz am 20.10.2011

INTELLIGENT ENERGY EUROPE

AEE INTEC

## Anwendungsbereiche (1)

➤ **Potentiale für Einsparungen in**

- ⇒ Industriebetrieben und KMUs mit großem Bedarf an thermischer Energie im niedrigen & mittleren Temperaturbereich bis 400°C

➤ **Industriezweige:**

- Lebensmittelindustrie
- Metallverarbeitung
- Pharma-, chemische Industrie
- Papier- und Zellstoffindustrie
- Textilindustrie



www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

BEINSTEIN

Fachtagung Smart Production, Graz am 20.10.2011


INTELLIGENT ENERGY EUROPE

AEE INTEC

## Anwendungsbereiche (2)

**...aber auch andere Mittel- und Großverbraucher von Wärme und Kälte:**



- ⇒ große Gebäude (Einkaufszentren, Krankenhäuser, Bürogebäude)
- ⇒ Fernwärme und –kältenetzwerke
- ⇒ andere (z.B. Meerwasserentsalzung, ...)



www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

BEINSTEIN

Fachtagung Smart Production, Graz am 20.10.2011



## Herausforderungen in Energieaudits

**EINSTEIN**

- **Optimierung der Versorgung mit thermischer Energie ist sehr komplex:**
  - ⇒ Gewachsene Betriebs-Infrastruktur mit kaum verfügbaren Ist-Daten (speziell in KMUs)
  - ⇒ Nur gemittelte Daten über unterschiedliche Zeiträume
  - ⇒ Kosten- und zeitaufwändige Messungen notwendig
  - ⇒ Prozesse bei unterschiedlichen Temperaturniveaus und sehr unterschiedlichen Betriebszeiten müssen integriert werden
  - ⇒ Kombination verschiedener Wärmeversorgungs-technologien zur optimierten Energieversorgung
  - ⇒ Schwer a-priori abzuschätzender Nutzen bei gleichzeitig hohem Erhebungs- und Auswertungsaufwand

[www.aee-intec.at](http://www.aee-intec.at) AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

Fachtagung Smart Production, Graz am 20.10.2011

## Ansatz von EINSTEIN (1)

**EINSTEIN**

- **Entwicklung eines Schnell-Audits zur Abschätzung der Potentiale**
  - ⇒ Standardisierte Datenerhebung, Modellierung und Audit-Schritte
  - ⇒ Automatisierte Hintergrundberechnungen
- **Ganzheitliche Betrachtung Energieversorgung und -nutzung**
- **Prozessoptimierung → Bedarfsreduktion**
- **Wärmerückgewinnung**
- **Intelligente Kombination von Wärme- und Kälteversorgungstechnologien**
- **Einbindung erneuerbarer Energien**

[www.aee-intec.at](http://www.aee-intec.at) AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

Fachtagung Smart Production, Graz am 20.10.2011

INTELLIGENT ENERGY EUROPE

**Ansatz von EINSTEIN (2)**

**Standardisierung**

- Standardisierte Abläufe
- Standardprozessmodule
- Standardmodule für Systeme zur Wärmeversorgung
- Berücksichtigung aller verfügbaren energieeffizienten Technologien

**“Quick & dirty”-Abschätzung fehlender Daten**

- Instrument zur Erlangung eines kompletten Datensatzes über begrenzte und unvollständige Information

**EINSTEIN AUDITS**

- kostengünstig
- hohe Qualität
- zuverlässig
- anwenderfreundlich

**Halb-Automatisiert**

- gelenkter Auditablauf
- Entscheidungshilfen zur Ausarbeitung von Alternativen
- automatische energetische, ökonomische und ökologische Bewertung
- automatische Berichterstellung

**Fern-Dateneingabe**

- Schnell-Audits auf Basis von Daten, die mittels ausgefülltem Fragebogen per Email erhoben werden
- Möglichkeit zur Datenüberprüfung → Plausibilitätscheck

www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

Fachtagung Smart Production, Graz am 20.10.2011

INTELLIGENT ENERGY EUROPE

**Ansatz von EINSTEIN (3)**

**EINSTEIN**

**Bedarfsreduktion  
Prozessoptimierung**

**Wärmerückgewinnung und  
Prozessintegration**

**Wärmetauscher  
PINCH-Analyse  
Wärmetauschernetzwerke**

**Kältemaschinen  
und  
Wärmepumpen**

**Wärme- und Kältenetzwerke**

**KWK & Trigeneration  
(Motoren Turbinen, Brennstoffzellen)**

**Polygeneration  
Strom, Wärme & Kälte**

**Solarthermie**

**Erneuerbare  
Energien**

**Biomasse**

**Kein Einsatz  
von Strom  
für  
thermische  
Prozesse**

**Effiziente  
Wärme- &  
Kälteversor-  
gung**

**Effiziente  
Anlagen  
Heizkessel,  
Brenner, Kälte-  
maschinen**

**Effiziente  
Verteilung  
(Dampf usw.)**

www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

Fachtagung Smart Production, Graz am 20.10.2011

**INTELLIGENT ENERGY EUROPE**

**AEI INTEC**

**Ansatz von EINSTEIN (4)**

- **Analyse des Energiebedarfs und der Verfügbarkeit von Energie**
  - ⇒ **QUANTITÄT** der Energie
  - ⇒ **QUALITÄT** der Energie (Temperatur)
- **Potentialabschätzung und Bewertung von EINSTEIN für:**
  - ⇒ Wärmerückgewinnung
  - ⇒ Einsatz effizienter Technologien bei geringeren Temperaturniveaus
  - ⇒ Einsatz erneuerbarer Energien

**EINSTEIN**

[www.aee-intec.at](http://www.aee-intec.at) AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

Fachtagung Smart Production, Graz am 20.10.2011

**INTELLIGENT ENERGY EUROPE**

**AEI INTEC**

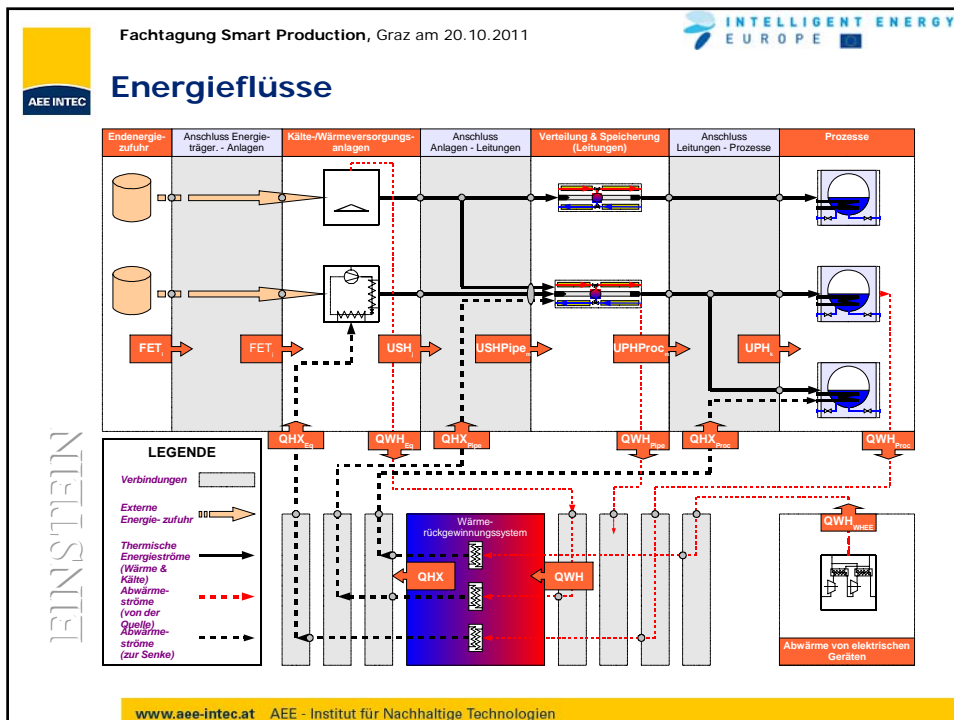
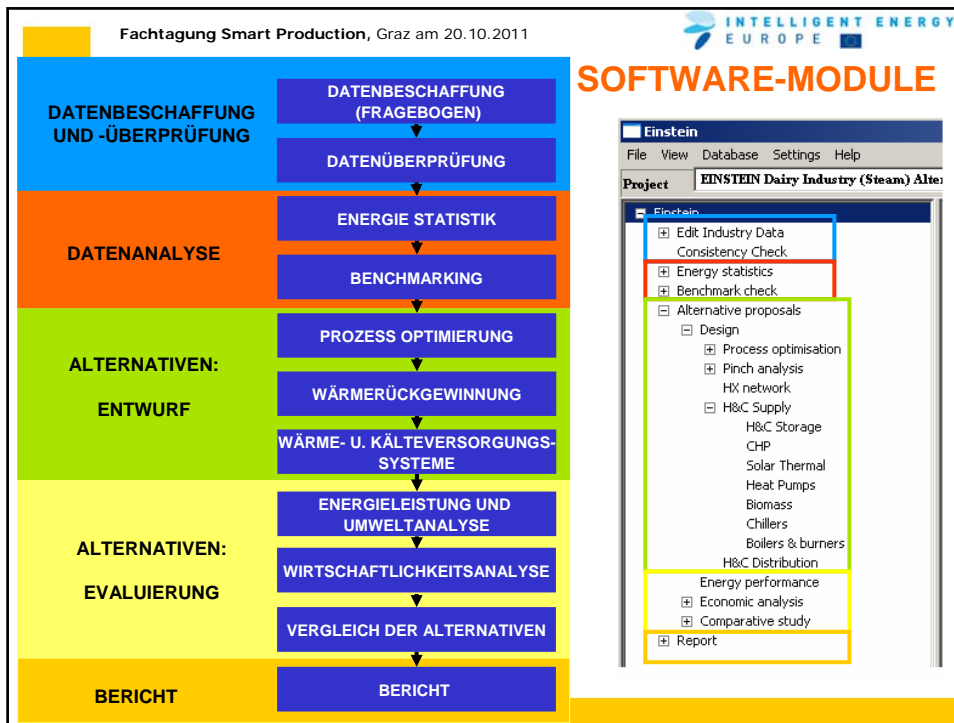
**10 EINSTEIN Audit-Schritte**

```

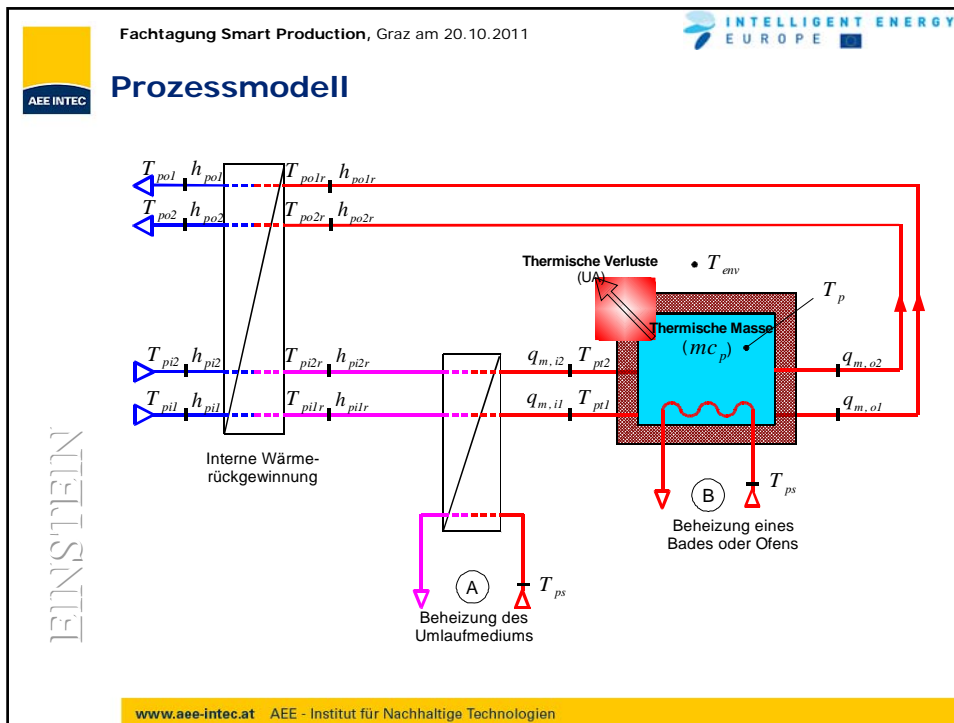
graph TD
    subgraph VOR-AUDIT
        S1[Erste Kontaktaufnahme: Informieren und motivieren] --> S2[Datenbeschaffung vor dem Audit]
        S2 --> S3[Verarbeitung der vorläufigen Daten]
        S3 --> S4[„Quick&Dirty“-Vorevaluierung]
    end
    subgraph AUDIT
        S4 --> S5[Betriebsbesichtigung vor Ort ODER Detaillierte Fern-Datenbeschaffung]
        S5 --> S6[Analyse des Ist-Zustands]
    end
    subgraph BEWERTUNG_DER_ALTERNATIVEN
        S6 --> S7[Erstellung des Konzepts der Einsparungsmöglichkeiten und erste Definition der Energieziele]
        S7 --> S8[Berechnung der Energieleistung und Umweltanalyse]
        S8 --> S9[Wirtschaftlichkeits- und Finanzanalyse]
    end
    subgraph VOR-SCHLAG
        S9 --> S10[Bericht und Präsentation]
    end
    
```

**EINSTEIN**

[www.aee-intec.at](http://www.aee-intec.at) AEE - Institut für Nachhaltige Technologien







Fachtagung Smart Production, Graz am 20.10.2011

**EINSTEIN – Ergebnisse Ist-Zustand (1)**

➤ **Primärenergieverbrauch**

- ⇒ Gesamt
- ⇒ Nach Brennstoffen
- ⇒ Nach Anlagen

The screenshots display the following data:

Category	Brennstoff	MWh	%
Gesamt	Gas	20	1.1
	Öl	8500	47.4
	Naturgas	120	2.2
	Wärmeübertragung	1	0.1
Nach Brennstoffen	Gas	20	1.1
	Öl	8500	47.4
	Naturgas	120	2.2
	Wärmeübertragung	1	0.1
Nach Anlagen	Gas	20	1.1
	Öl	8500	47.4
	Naturgas	120	2.2
	Wärmeübertragung	1	0.1

www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

Fachtagung Smart Production, Graz am 20.10.2011

INTELLIGENT ENERGY EUROPE

**EINSTEIN – Ergebnisse Ist-Zustand (2)**

➤ **Wärme- und Kältebedarf**

- ⇒ Nach Prozessen
- ⇒ Nach Temperaturniveaus
- ⇒ Nach Zeiten

Prozess	Anteil (%)
dryer_KTL	43.4%
dryer_DL	14.0%
pretreatment_KTL	10.5%
cooling_KTL_heat	8.90%
spray_DL	1.85%
rinsing_KTL	3.43%
phosphating_KTL	3.43%

www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

Fachtagung Smart Production, Graz am 20.10.2011

INTELLIGENT ENERGY EUROPE

**EINSTEIN – Wärmerückgewinnung (1)**

➤ **Nutzung vorhandener ungenutzter Energieströme**


- ⇒ Analyse eines minimalen externen Wärme- und Kältebedarfs
- ⇒ Potential für Wärmerückgewinnung

➤ **Planung des Wärmetauschernetzwerkes**


- ⇒ Planung und Optimierung eines Wärmetauschernetzwerkes
- ⇒ Verringerung von Wärmebedarf und notwendigen Temperaturniveaus
- > Basis für exergetisch optimierte Kälte- und Wärmeintegration

➤ **Methode: Pinch-Analyse**

www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien



Fachtagung Smart Production, Graz am 20.10.2011




## EINSTEIN – Wärmerückgewinnung (2)


EINSTEIN

- **Ziel:**
  - ⇒ Theoretisches Energiesparpotential durch Wärmerückgewinnung (vor Planung des Energieversorgungssystems)
- **Pinch-Analyse**
  - ⇒ Hot and cold composite curves
  - ⇒ Grand composite curve
- **Ergebnis**
  - ⇒ Theoretisches Wärmerückgewinnungspotential
  - ⇒ Notwendige externe Wärme-/Kälteversorgung auf verschiedenen Temperaturniveaus

[www.aee-intec.at](http://www.aee-intec.at) AEE - Institut für Nachhaltige Technologien



Fachtagung Smart Production, Graz am 20.10.2011

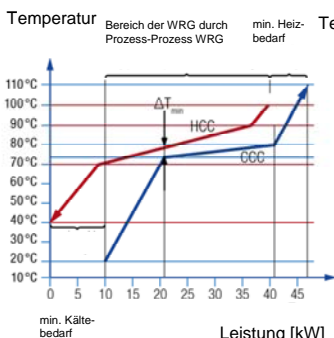


## Pinch Analyse

EINSTEIN

- **Hot and cold composite curve**
  - ⇒ Pinch-Temperatur – Teilung des Produktionsprozesses in zwei Hälften:
    - **Oberhalb des Pinch – keine Kühlung erforderlich**
    - **Unterhalb des Pinch – keine Heizung erforderlich**
    - **Über den Pinch sollte kein Wärmeaustausch erfolgen (effiziente thermodynamische Energienutzung)**

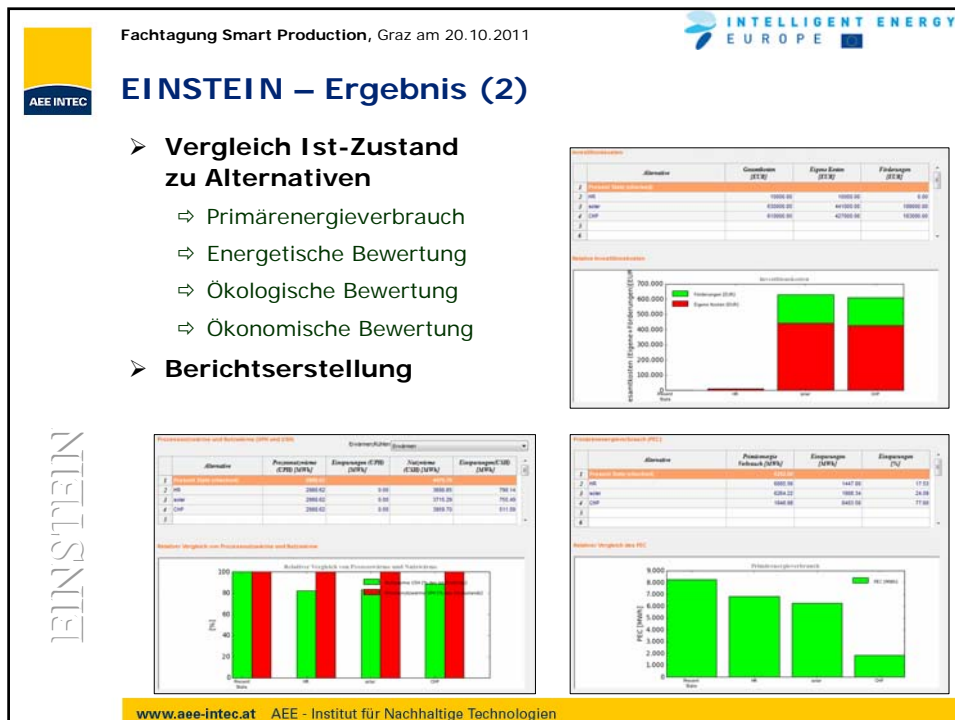
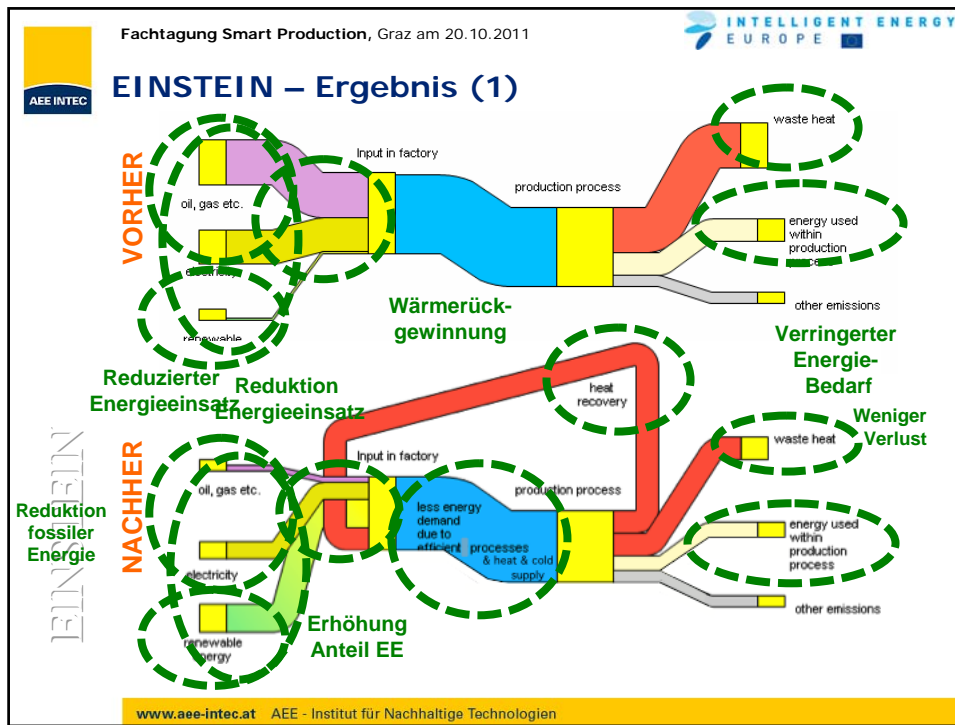
Temperatur





Bereich der WRG durch Prozess-Prozess WRG    min. Heizbedarf    Te

min. Kältebedarf    Leistung [kW]

[www.aee-intec.at](http://www.aee-intec.at) AEE - Institut für Nachhaltige Technologien



Fachtagung Smart Production, Graz am 20.10.2011

 **EINSTEIN - Ausblick** 

**EINSTEIN**

- **EINSTEIN II:**
  - ⇒ Durchführung von 72 Energie-Audits in 10 europäischen Ländern (Österreich, Deutschland, Spanien, Italien, Frankreich, Luxemburg, Großbritannien, Irland, Slowakei, Bulgarien)
  - ⇒ Trainingskurse für Energieberater (aktuell für Fortgeschrittene, Wien 12. - 13.12.2011)
- **Zusätzlich Durchführung von 15 geförderten Energie-Audits in Österreich:**
  - ⇒ Angebot für produzierende Betriebe
  - ⇒ Angebot für Energieberater zur Darstellung der Potentiale von EINSTEIN
  - ⇒ Förderung 60%

[www.aee-intec.at](http://www.aee-intec.at) AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

Fachtagung Smart Production, Graz am 20.10.2011


 **EINSTEIN - Energieaudits** 


**EINSTEIN**

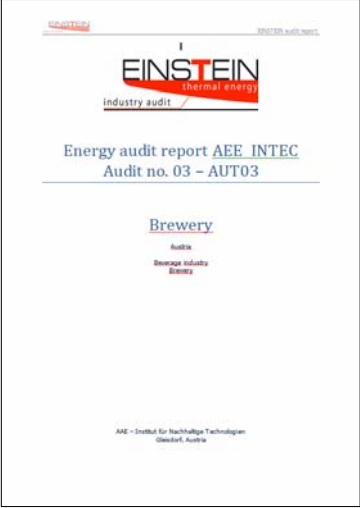
- **Umfang der Energie-Audits**
  - ⇒ Datenerhebung vor Ort (Fragebogen, evtl. Messungen) zur Bewertung der Prozesse und Diskussion der Möglichkeiten
  - ⇒ Bearbeitung der Daten:
    - **Plausibilitätsprüfung und Abschätzung fehlender Daten**
    - **Darstellung des Status-Quo (relevante Prozesse, Energieverbrauch, Energieerzeugung und -verteilung)**
    - **Erarbeitung von Alternativen mit Wärmerückgewinnung, Substitution der Energieversorgung und Einbindung erneuerbarer Energie**
    - **Energetische, ökologische und ökonomische Bewertung der Alternativen**
    - **Erstellung eines Berichts**
  - ⇒ Präsentation der Ergebnisse in der Firma und Diskussion weiterer Schritte


[www.aee-intec.at](http://www.aee-intec.at) AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

Fachtagung Smart Production, Graz am 20.10.2011

 **EINSTEIN**







Source: <http://solarenergie-investment.de/Dachborse.htm>

⇒ EINSTEIN ist ein *kostenloses open source software* Projekt auf Basis einer [GPL Lizenz](#):


- [www.sourceforge.net/projects/einstein](http://www.sourceforge.net/projects/einstein)

⇒ Die EINSTEIN Software ist unabhängig vom Betriebssystem

- Sie läuft unter **Linux, Unix, Windows, etc.**

**EINSTEIN**

[www.aee-intec.at](http://www.aee-intec.at) AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

 **EINSTEIN**  
Software und Methode

**Expertensystem EINSTEIN zur Optimierung der Wärmeversorgung**

**Jürgen Fluch**

AEE – Institut für Nachhaltige Technologien (AEE INTEC)  
A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19  
AUSTRIA

[www.aee-intec.at](http://www.aee-intec.at) AEE - Institut für Nachhaltige Technologien