

# Energielandschaft Kanton Thurgau Langfristige Perspektiven und Potenziale

## Abschlusspräsentation

Prof. Dr. Konstantinos Boulouchos

Dr. Christian Lämmle

Dr. Fabrizio Noembrini



# Inhaltsverzeichnis

- Ausgangslage und Zielformulierung
- Gliederung und Vorgehensweise
- Entwicklung von visionären Ansätzen für das zukünftige Energiesystem
- Charakterisierung/Potenzialabschätzung/Bewertung ausgewählter Einzelmassnahmen auf der Nachfrage- sowie Angebotsseite, visionär und konventionell
- Systemansätze und –modellierung
- Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

# Inhaltsverzeichnis

- Ausgangslage und Zielformulierung
- Gliederung und Vorgehensweise
- Entwicklung von visionären Ansätzen für das zukünftige Energiesystem
- Charakterisierung/Potenzialabschätzung/Bewertung ausgewählter Einzelmassnahmen auf der Nachfrage- sowie Angebotsseite, visionär und konventionell
- Systemansätze und –modellierung
- Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

## Ausgangslage

Anlässlich des 10 Jahre Jubiläums der Stiftung Think Tank Thurgau wird das LAV der ETH Zürich eine Studie zum Thema Energielandschaft Kanton Thurgau durchführen

## Zielformulierung

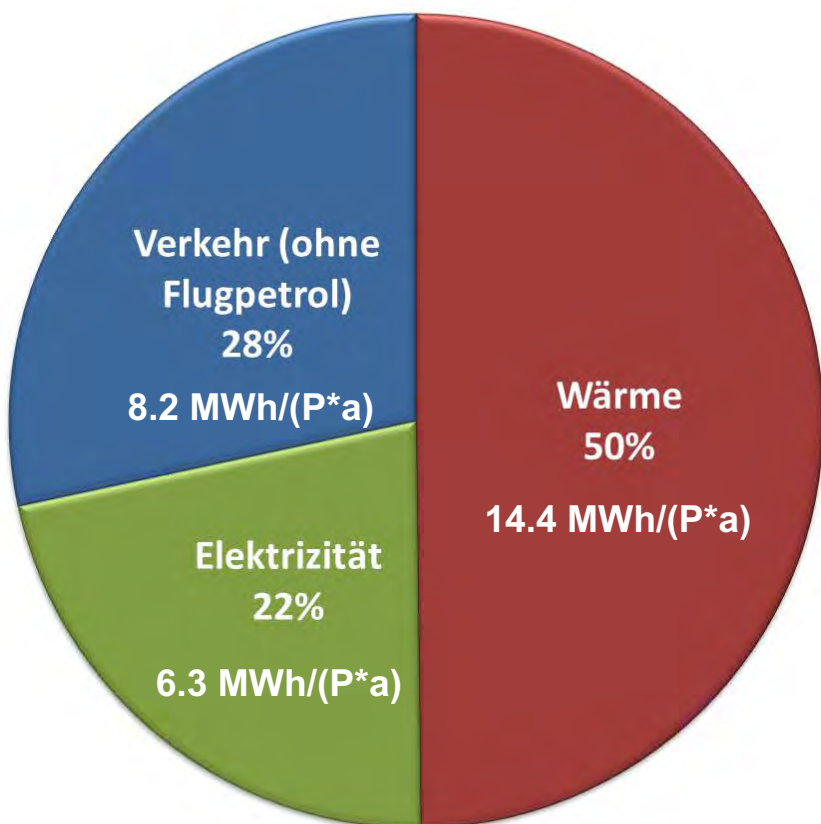
Gestützt auf existierende Szenarien, teils visionäre Wege aufzeigen, wie das Energiesystem 2050 im Kanton Thurgau aussehen könnte,

... unter Beinhaltung der langfristigen Klimaziele

... der Prämisse des Ausstiegs aus der Kernenergie bis 2035.

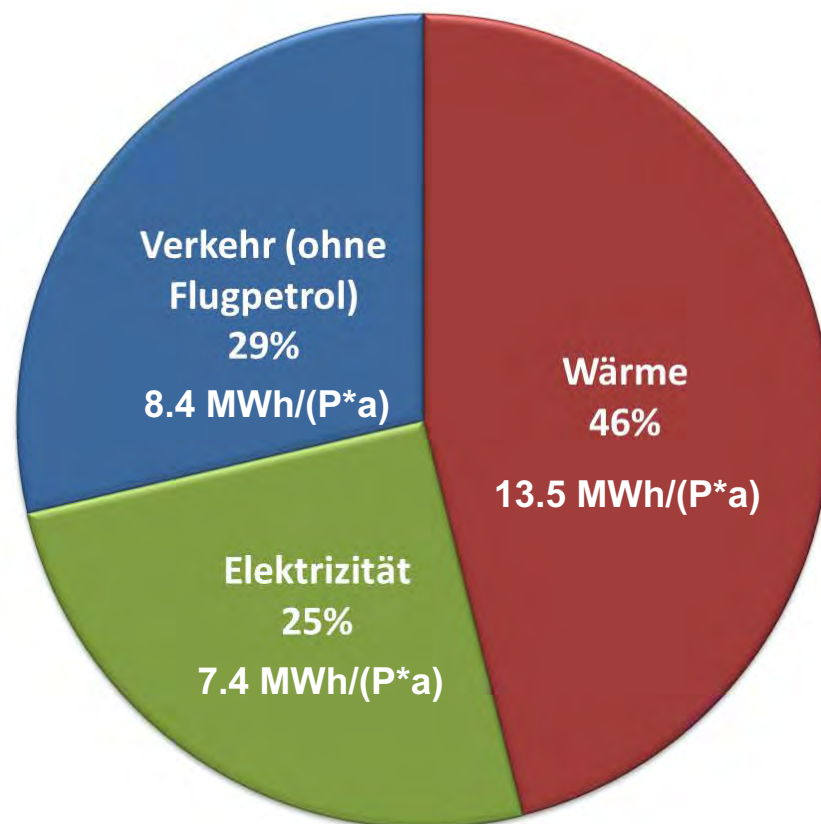
# Endenergiebedarf im Kanton Thurgau/Schweiz Zahlen von 2009 in MWh/(P\*a)

**Kanton Thurgau**



Total: 28.8MWh/(P\*a) (ohne Flugpetrol)

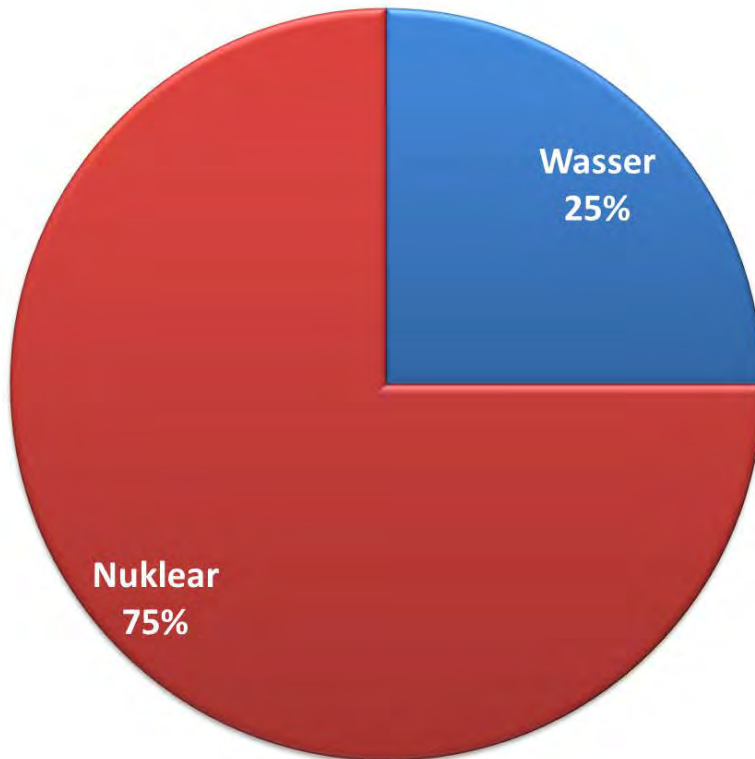
**Schweiz**



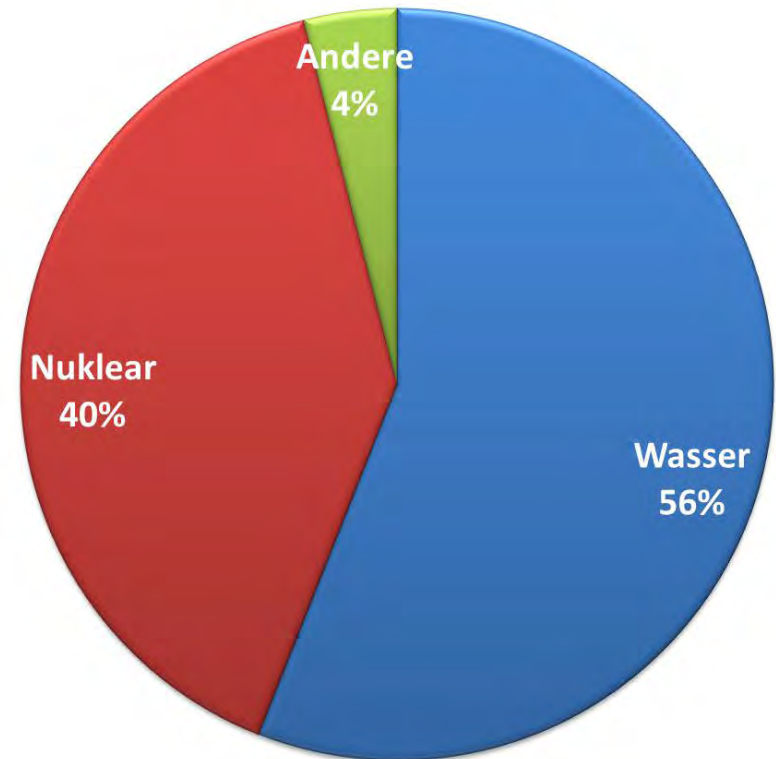
Total: 29.3MWh/(P\*a) (ohne Flugpetrol)

# Strommix im Kanton Thurgau / in der Schweiz

**EKT**

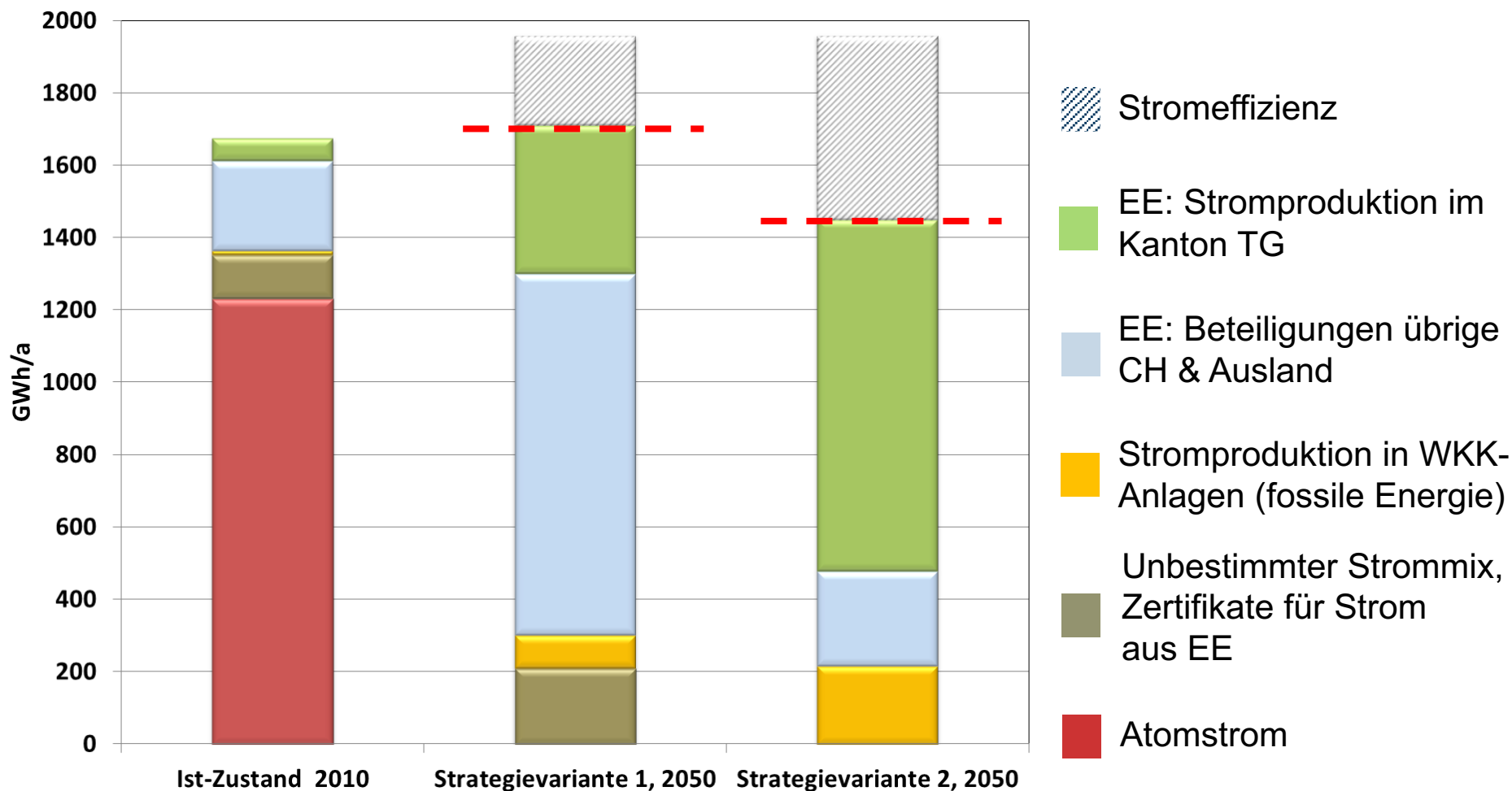


**Schweiz**

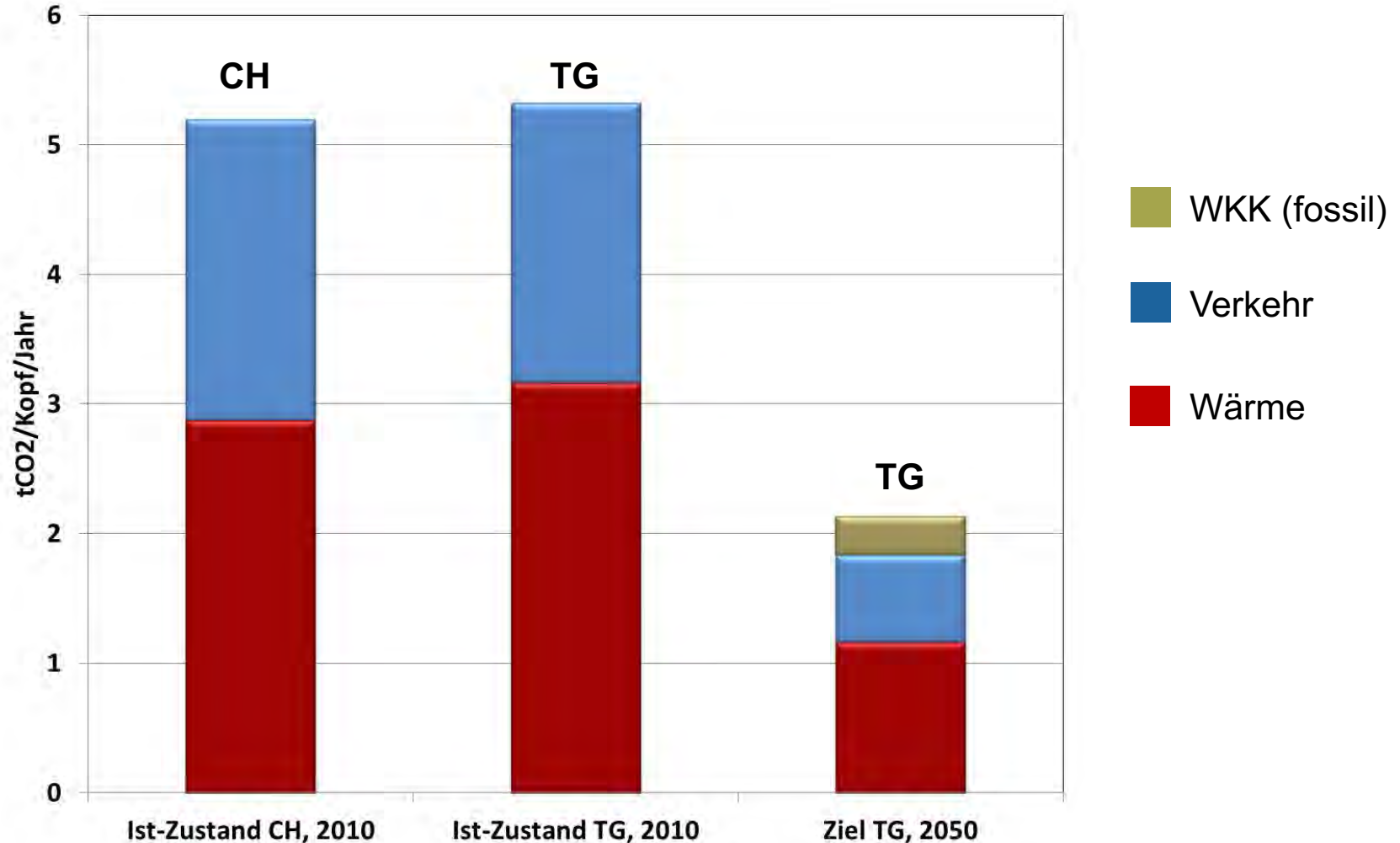


89% des Strombedarfs im Kanton Thurgau wird von EKT geliefert

# Szenario für Nachfrage und Angebot im Kanton Thurgau (EBP, 2013, Strategievariante 1/2)



# CO<sub>2</sub>-Absenkepfad für den Kanton Thurgau (in Analogie zu den Klimazielen der Schweiz)



# Gliederung und Vorgehensweise

## Schritt 1

### Ideenfindung und Auslegeordnung

- **Visionäre Ansätze**
- **Unterstützende Technologien**
  - Neue Speicher-  
methoden
  - IT/Kommunikation
  - Energy Management
  - Dezentrale  
Umwandlungs-  
optionen

## Schritt 2

### Charakterisierung, Bewertung, Poten- zialabschätzung

- **Bewertung ausge-  
wählter Einzel-  
massnahmen**
- Pragmatische  
erneuerbare
- Visionäre Ansätze
- Unterstützende  
Technologien

## Schritt 3

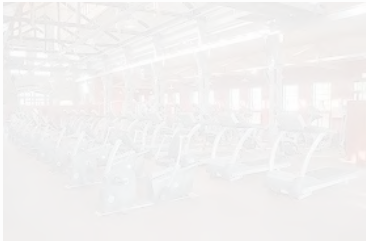
### Systemansätze

- **Zusammenspiel  
der Technologien**
- **Matching  
Angebot/Nach-  
frage**
  - Rolle der Speicher-  
technologien
  - Wechselwirkung  
zwischen den  
Energiesektoren

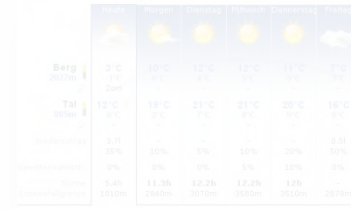
# Inhaltsverzeichnis

- Ausgangslage und Zielformulierung
- Gliederung und Vorgehensweise
- **Entwicklung von visionären Ansätzen für das zukünftige Energiesystem**
- Charakterisierung/Potenzialabschätzung/Bewertung ausgewählter Einzelmassnahmen auf der Nachfrage- sowie Angebotsseite, visionär und konventionell
- Systemansätze und –modellierung
- Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

# Ausschnitt aus dem Fundus von Ideen, visionäre Ansätze



Energieerzeugungszentren/KEV für Sportler



Smart Consumption/Metering/  
Charging



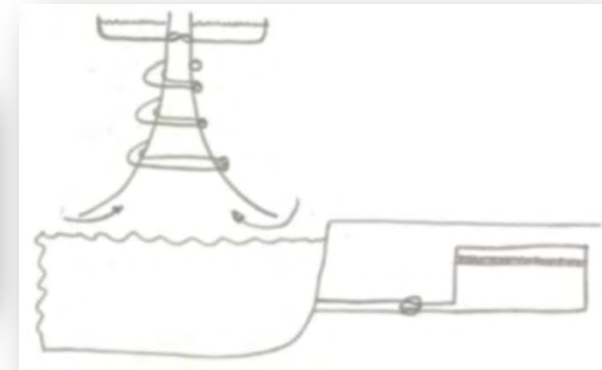
Energiesäule vor dem Haus



Reduktion der Arbeitswege  
Community Office



Multifunktionale Gebäude/Fassaden/Strassen



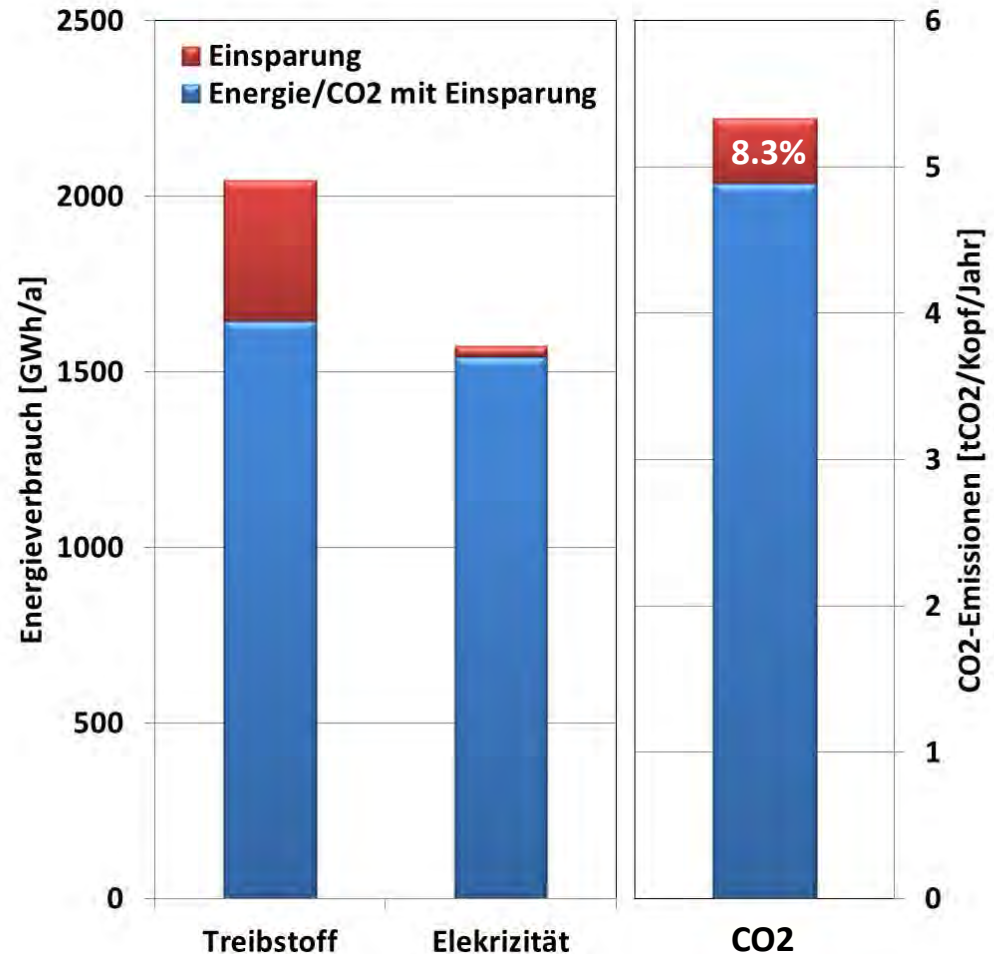
Energie 2.0 / Wasserpark  
Potenzial des Bodensees

# Inhaltsverzeichnis

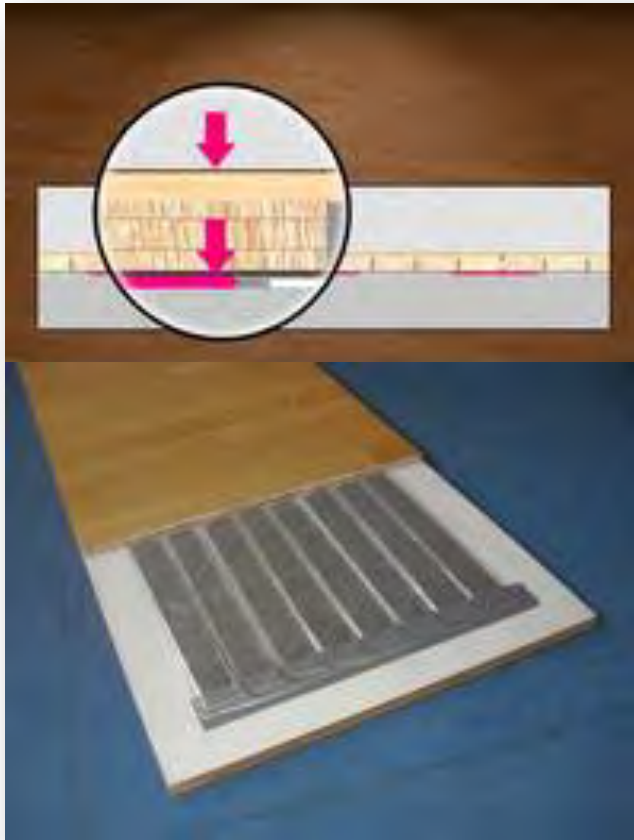
- Ausgangslage und Zielformulierung
- Gliederung und Vorgehensweise
- Entwicklung von visionären Ansätzen für das zukünftige Energiesystem
- **Charakterisierung/Potenzialabschätzung/Bewertung ausgewählter Einzelmassnahmen auf der Nachfrage- sowie Angebotsseite, visionär und konventionell**
- Systemansätze und –modellierung
- Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

# Energieverbrauch Arbeitsweg: Motorisierter Verkehr/öffentlicher Verkehr (Nachfrage)

- Ziel
  - Abschätzen des Potenzials „Community Office“ / Reduktion der Arbeitswege
- Das 100%-Einsparpotenzial beschreibt die Situation, wenn alle Erwerbstätigen zu Hause arbeiten oder mittels Langsamverkehr zu Bürozentren fahren/gehen



# Potenzialabschätzung Multifunktionale Strasse (Angebot)

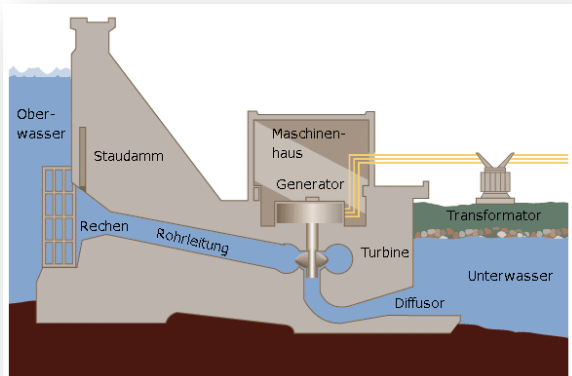


- Resultierendes Potenzial für die Neubaustrassen BTS/OLS (57km, 10'000Fzg/Tag): **ca. 300MWh/Jahr (0.018% vom Strombedarf 2010, maximales Potenzial <1%)**

Quelle: Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Fachgebiet Mikrostrukturierte Mechatronische Systeme, TU München

# Potenzial des Bodensees (Angebot)

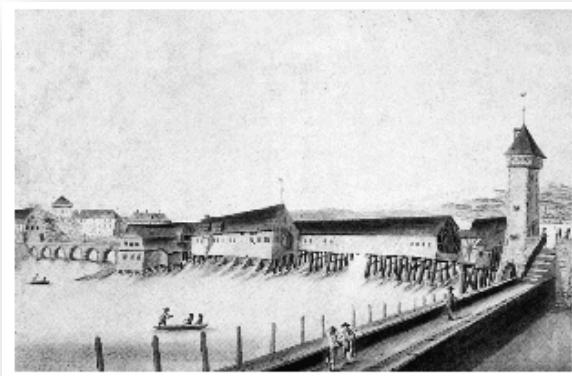
## Rheinregulierung Eschenz



**Abgeschätztes Potenzial:  
92 GWh/a**

**5.5% vom Strombedarf  
2010 (Realisierbarkeit:  
1/5)**

## Rheinstauung Konstanz



**Abgeschätztes Potenzial:  
115 GWh/a**

**6.9% vom Strombedarf  
2010 (Umweltverträglich-  
keit/Realisierbarkeit: 2/5)**

## Kleines Kraftwerk ohne Stauung Raum Gottlieben

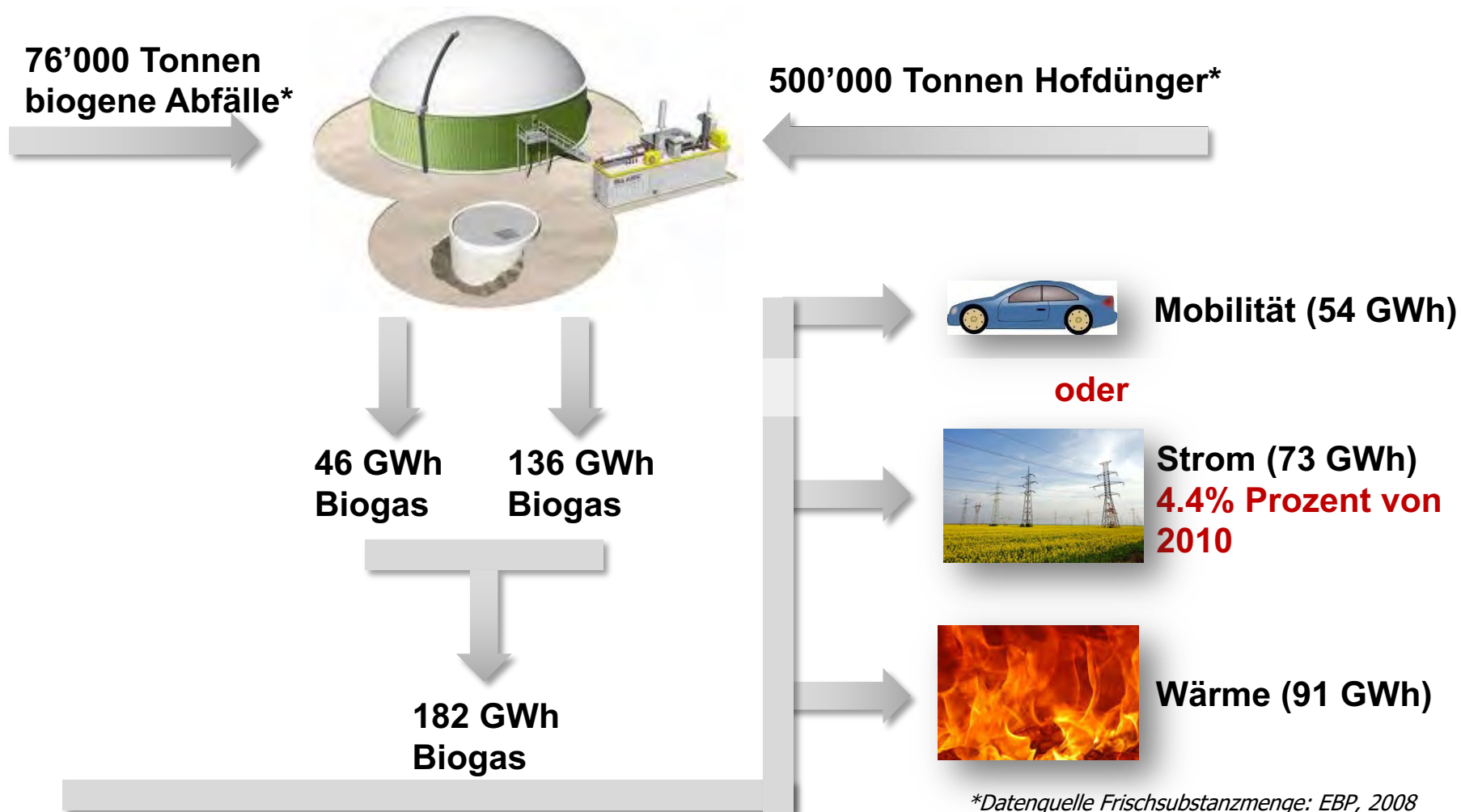


**Abgeschätztes Potenzial:  
7 GWh/a**

**0.4% vom Strombedarf  
2010 (Regulierung: 1/5)**

Quelle: EKT Gruppe Vision Rheinstrom

# Potenzialabschätzung Biogas (Angebot)



\*Datenquelle Frischsubstanzmenge: EBP, 2008

# Weitere Potenziale und Optionen (Angebot)

## Wasserkraft



2050: 35TWh in der Schweiz \* 3% = **1050GWh** für den Kanton Thurgau

## Photovoltaik



Theoretisches Potenzial gemäss EBP **1000GWh**,  
realistisch: **360GWh**

Im Mittelland: **1000kWh/kWpeak**

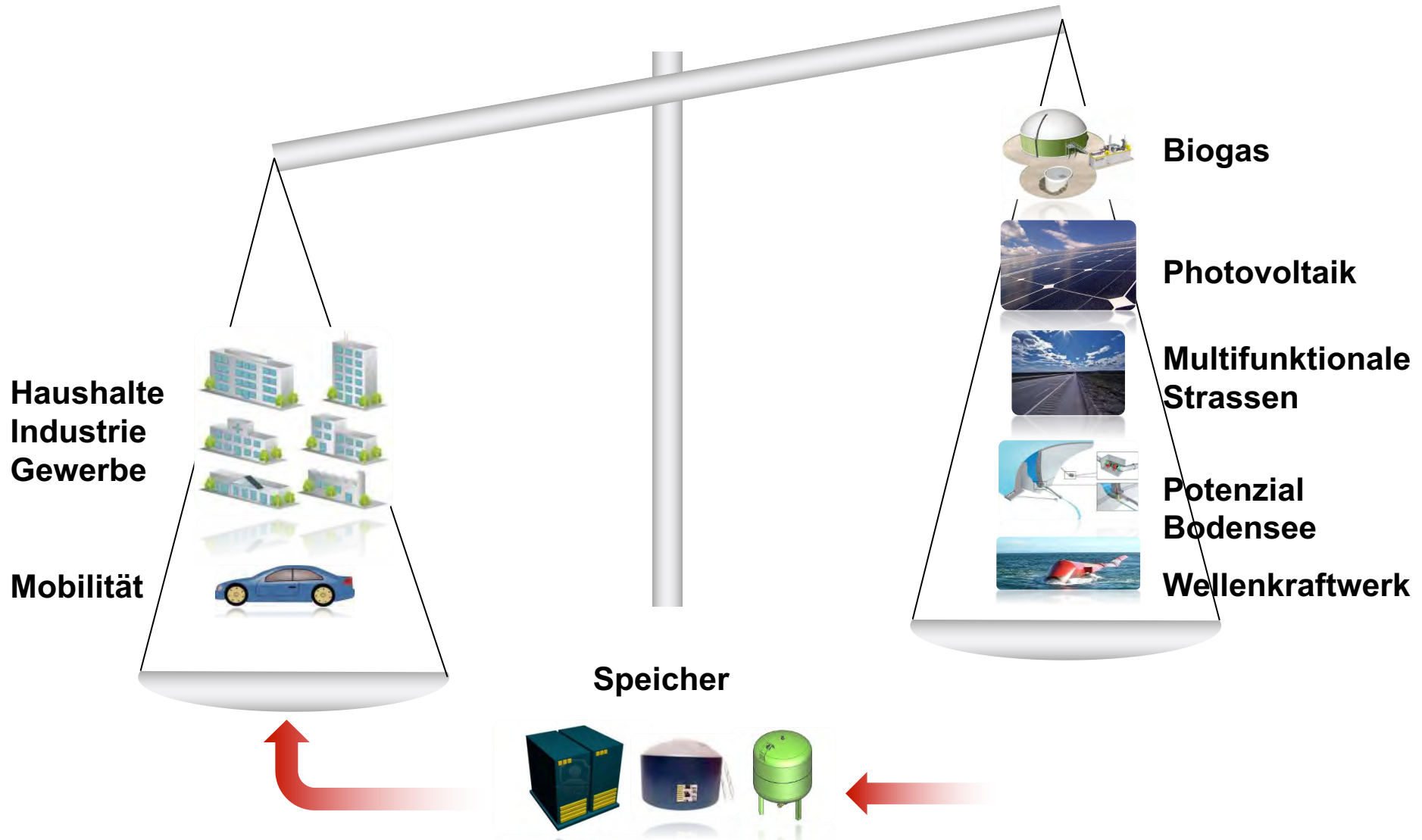
Im alpinen Raum: **1400kWh/kWpeak**

In Südspanien: **1800kWh/kWpeak**

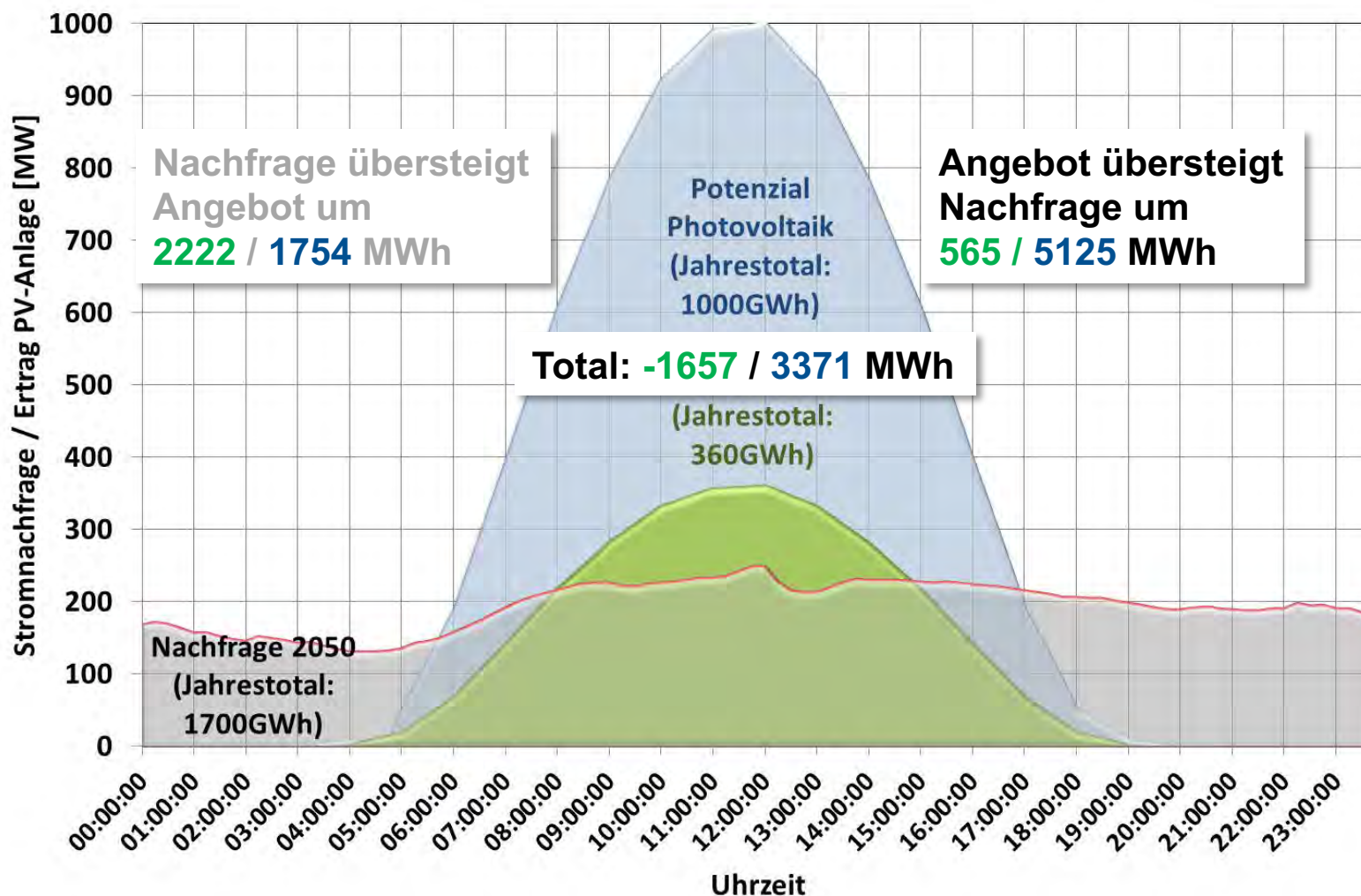
# Inhaltsverzeichnis

- Ausgangslage und Zielformulierung
- Gliederung und Vorgehensweise
- Entwicklung von visionären Ansätzen für das zukünftige Energiesystem
- Charakterisierung/Potenzialabschätzung/Bewertung ausgewählter Einzelmassnahmen auf der Nachfrage- sowie Angebotsseite, visionär und konventionell
- **Systemansätze und –modellierung**
- Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

# Systemansätze und -modellierung



# Tagesverlauf Nachfrage/Angebot Photovoltaik für einen schönen Sommertag

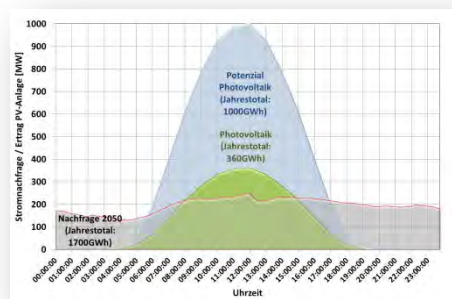


# Möglichkeiten Matching Angebot/Nachfrage Kurzzeitspeicherung – PV / Batterien

## Mobilität



Fahrzeuge haben durchschnittliche Batterie-Kapazität von 10kWh

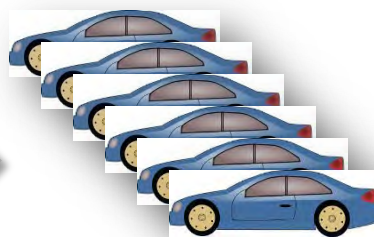


360GWh  
PV-Energie

## Photovoltaik

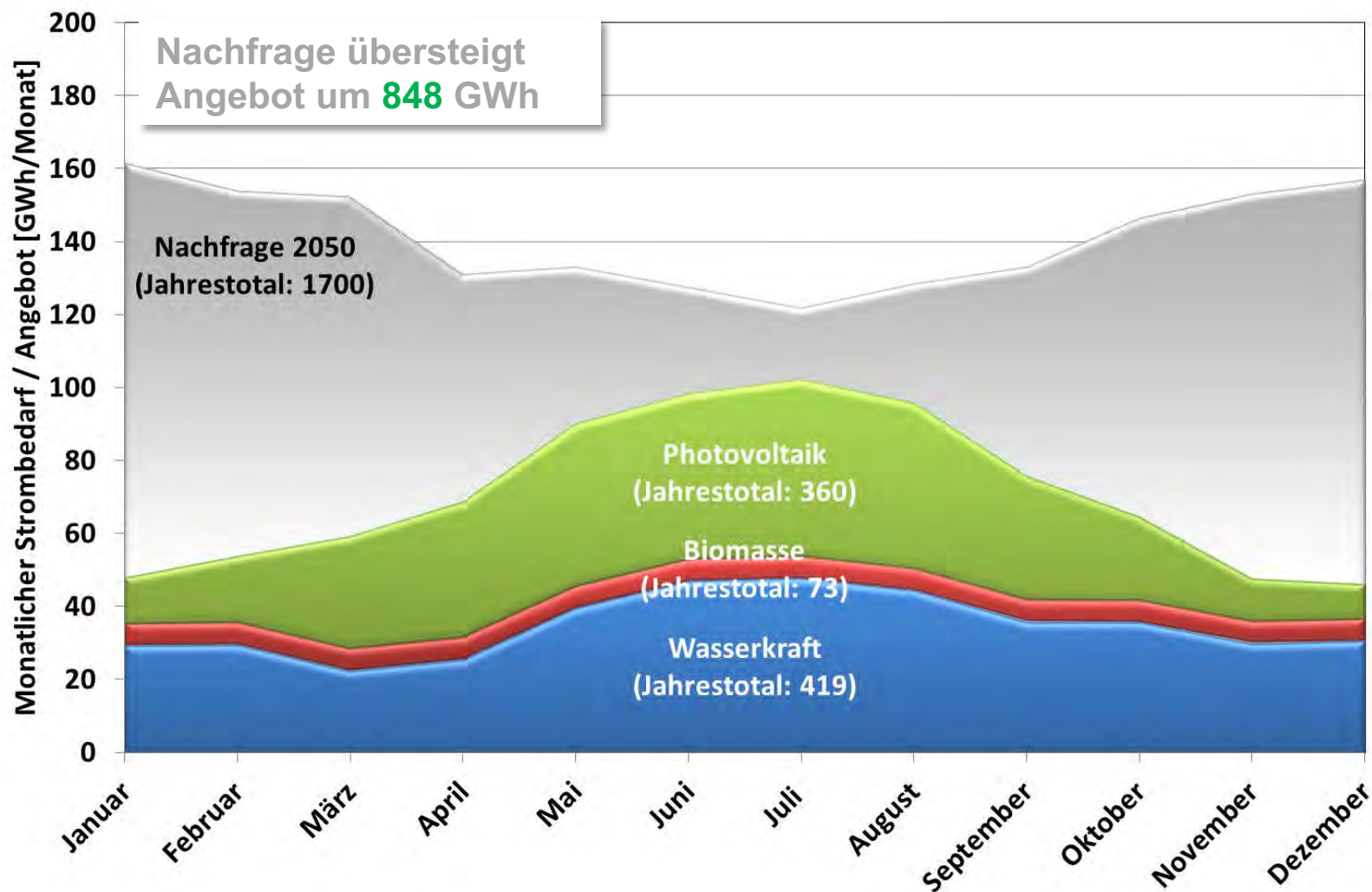


565 MWh Angebots-Überschuss,  
50 MW Leistungsüberschuss am Mittag

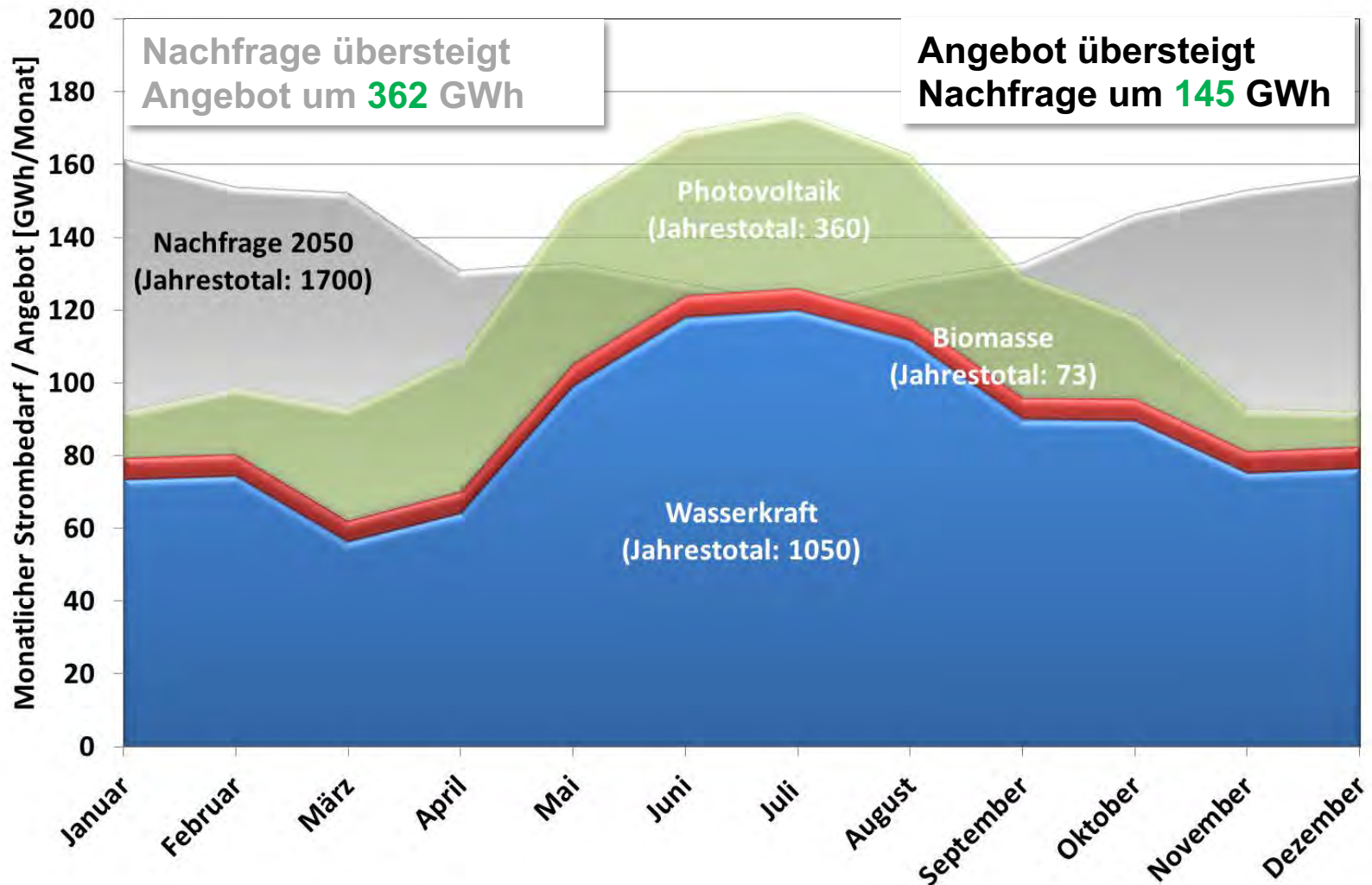


50'000 Fahrzeuge können mit dem Überschuss (565MWh) geladen werden (Ladewirkungsgrad rund 90%)

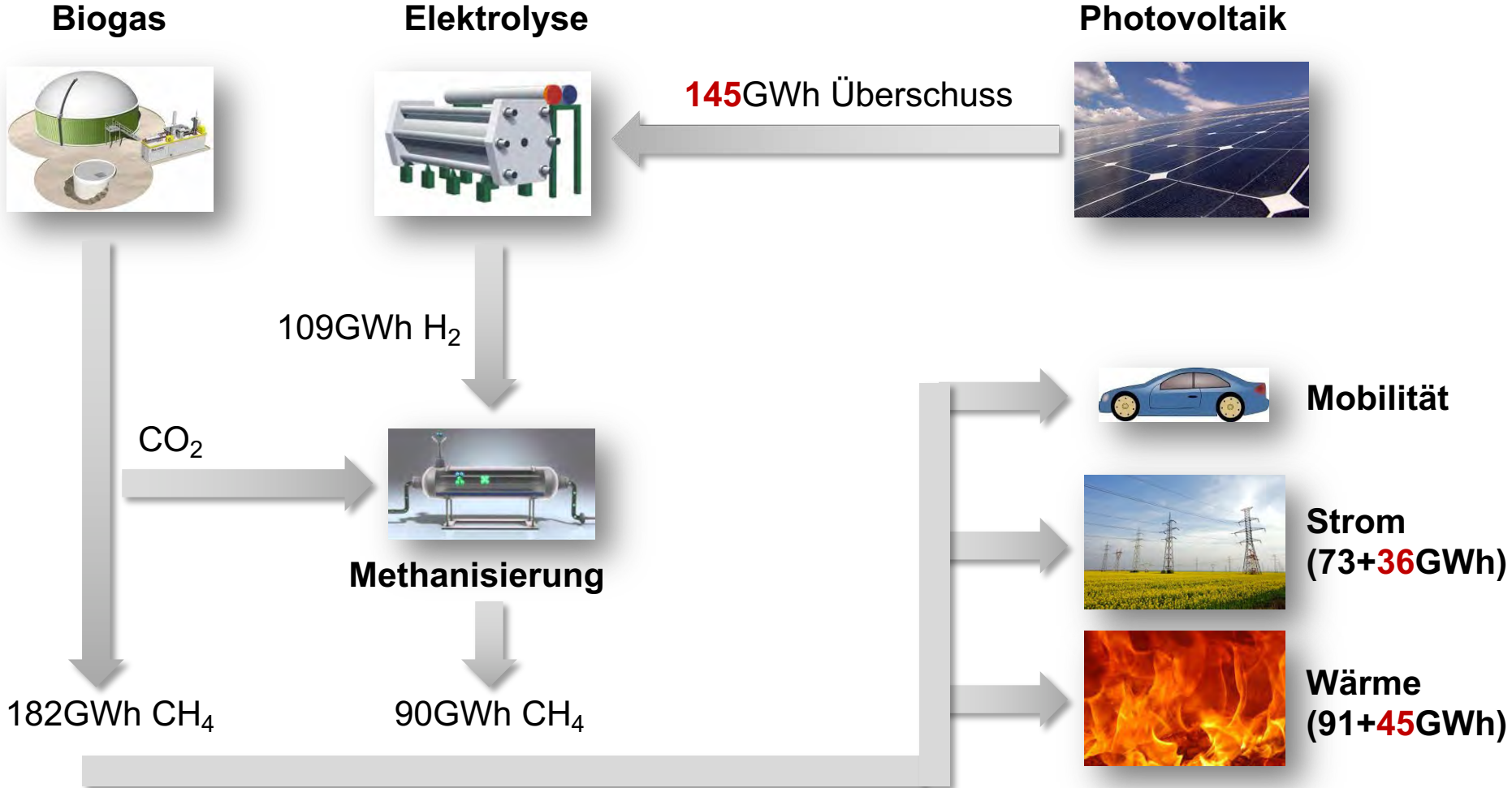
# Jahresverlauf Nachfrage/Angebot



# Jahresverlauf Nachfrage/Angebot: Ausbau der Beteiligung an Wasserkraft

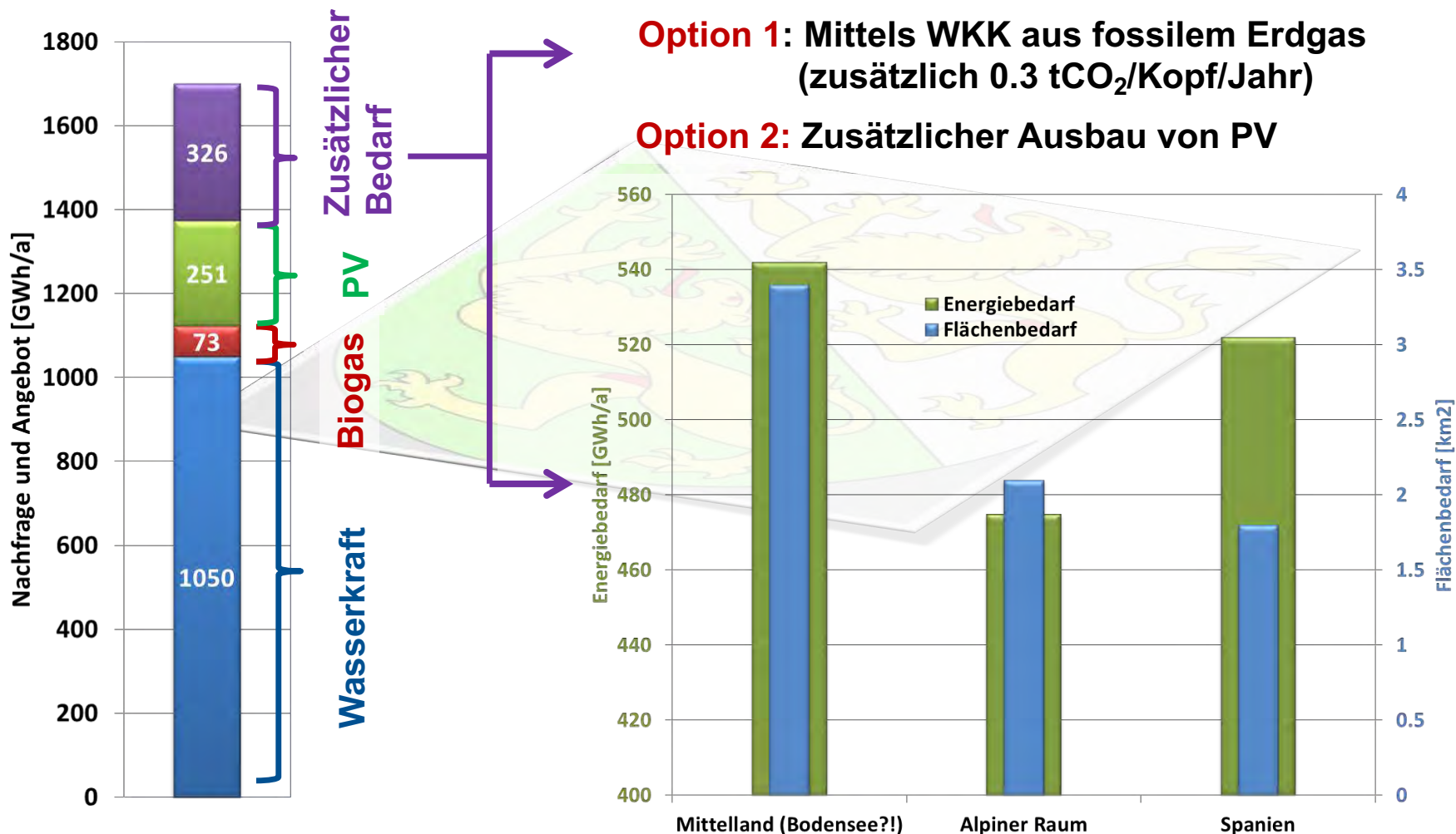


# Möglichkeiten Matching Angebot/Nachfrage Langzeitspeicherung – Power-to-gas/Biogas



# Möglichkeiten Matching Angebot/Nachfrage

## Optionen für den Kanton Thurgau



# Inhaltsverzeichnis

- Ausgangslage und Zielformulierung
- Gliederung und Vorgehensweise
- Entwicklung von visionären Ansätzen für das zukünftige Energiesystem
- Charakterisierung/Potenzialabschätzung/Bewertung ausgewählter Einzelmassnahmen auf der Nachfrage- sowie Angebotsseite, visionär und konventionell
- Systemansätze und –modellierung
- Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

# Schlussfolgerungen (1/3)

- **Herausforderung 1: CO<sub>2</sub>-Absenkpfad von 5.3 auf <2 tCO<sub>2</sub>/Kopf**  
  
Bedingt
  - Erhöhung der Effizienz in Gebäude und Mobilität
  - Wesentliche Teilelektrifizierung des Personen- und Güterverkehrs sowie vermehrter Einsatz von WP
- **Herausforderung 2: Elektrische Versorgungssicherheit bei Wegfall von KKW (75% im Kanton Thurgau)**
  - Bedingt Erhöhung der Effizienz im Elektrizitätssektor
  - Demgegenüber erhöht sich Stromnachfrage wegen Teilelektrifizierung der Mobilität

## Schlussfolgerungen (2/3)

- Unter optimistischen Annahmen bleibt der **Strombedarf stabil auf 1700GWh** (ähnliche Tendenz wie in der Schweiz gemäss NEP)

### Wie kann dieser Bedarf gedeckt werden?

- Eine massive Erhöhung der Beteiligung an der **Wasserkraft ist absolut erforderlich bis zu etwa 1050GWh** (analog zur gesamten Schweiz)
- Das relativ kleine Potenzial von Strom aus **Biogas (73GWh)** sollte ausgeschöpft werden, zumal es zur Spitzenlast beiträgt
- Bei einem realisierbaren Potenzial der **Photovoltaik (360GWh)** kann der Speicherbedarf im sommerlichen Tagesbedarf durch kurzzeitige Speicherung in Batterien für die Mobilität gut abgedeckt werden

# Schlussfolgerungen (3/3)

## Wie kann dieser Bedarf gedeckt werden?

- Bei Berücksichtigung der saisonalen Verteilung von Stromnachfrage sowie Angebot von Wasserkraft und PV entsteht ein **zusätzlicher Strombedarf im Winterhalbjahr von 326GWh**
  - Dazu gibt es zwei denkbare Optionen:
    1. Einsatz von WKK mit fossilem Erdgas  
Konsequenz: **+6% CO<sub>2</sub>/Kopf** bezüglich 2013
    2. Massiver Ausbau von **Photovoltaik** im In- oder Ausland und von rund **500GWh** und **Speicherung via Elektrolyse/Wasserstoff**  
→ Allerdings ist diese Technologie kostspielig und nicht erprobt
- **Fazit: Die Herausforderungen sind sehr gross, das Innovationspotenzial ebenfalls – Beginnen muss man jetzt**

***Es gibt nichts Gutes, ausser man tut es  
(Erich Kästner)***

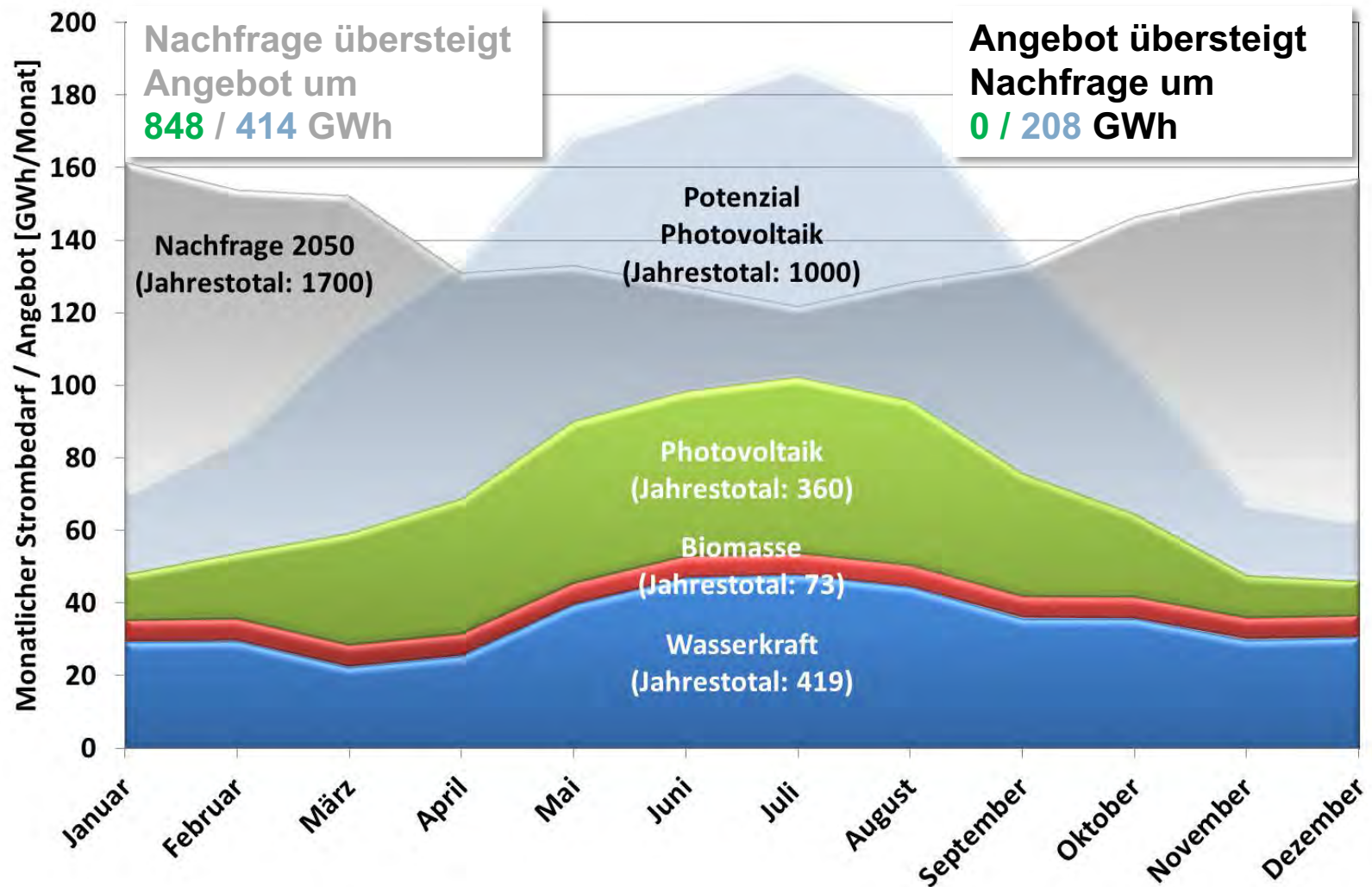
# Hilfs- und Reservefolien

# Bewertung der Varianten

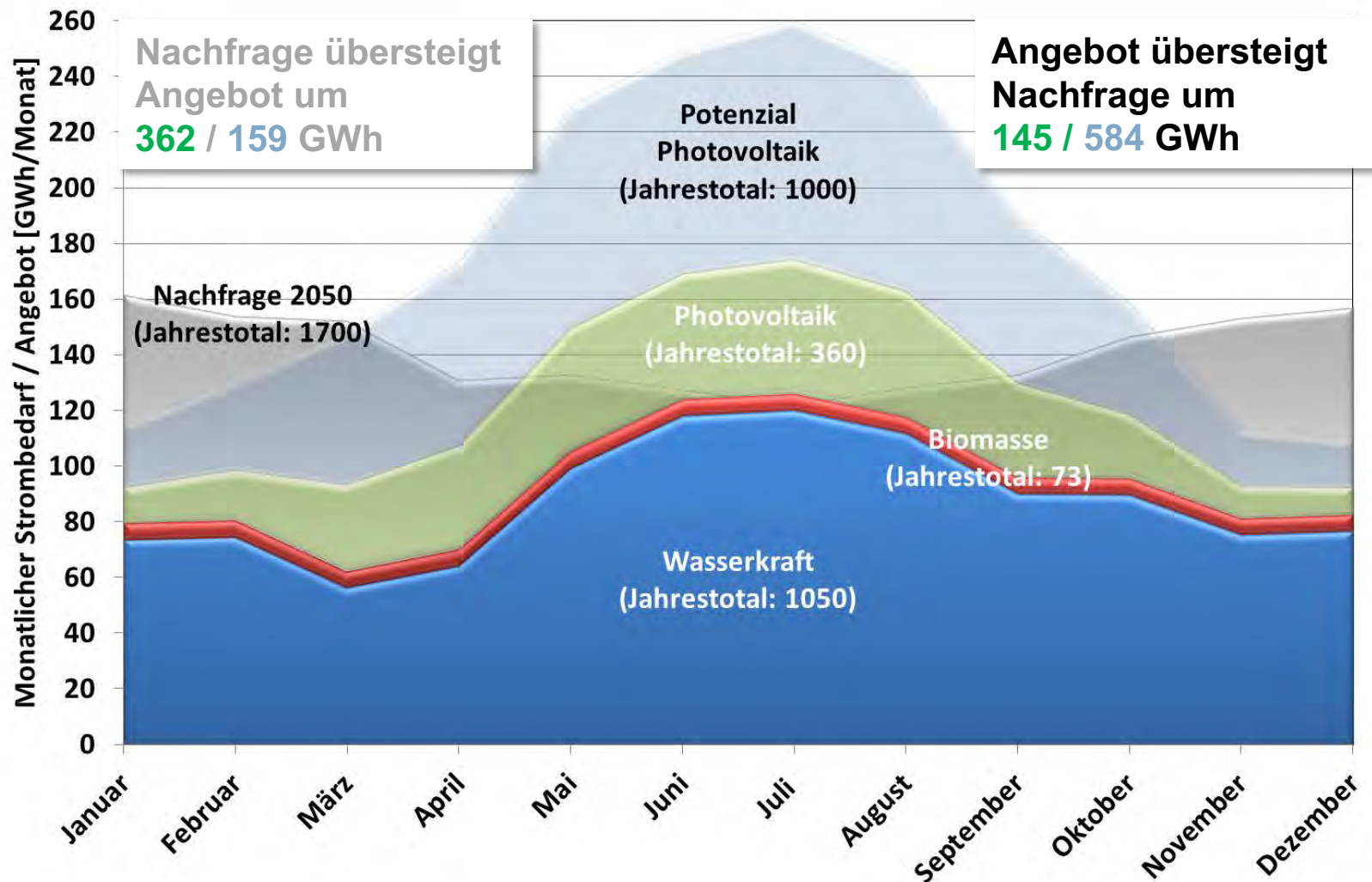
	Eschenz	Konstanz	Gottlieben
Wirtschaftlichkeit	4	5	3
Realisierbarkeit	1	2	5
Regulierung	5	3	1
Umwelt- verträglichkeit	3	2	5
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>14</b>

Skala: 1-5

# Jahresverlauf Nachfrage/Angebot



# Jahresverlauf Nachfrage/Angebot: Ausbau der Beteiligung an Wasserkraft



# Möglichkeiten Matching Angebot/Nachfrage Langzeitspeicherung – Power-to-gas/Biogas

