

Isny Allgäu

- Das Isnyer Energiekonzept –

Vortrag im Kurhaus Isny/Allgäu am 28. März 2008

Prof. Klaus Pfeilsticker
Institut für Umweltphysik
Universität Heidelberg

Keine Armee der Welt kann ein Idee aufhalten, deren Zeit gekommen ist !

Victor Hugo (1802 - 1895)

downloads unter:

http://www.iup.uni-heidelberg.de/institut/forschung/groups/atmosphere/stratosphere/pfeilsti/energiestadt_isny.pdf

Prof. K. Pfeilsticker

Institut für Umweltphysik
University of Heidelberg

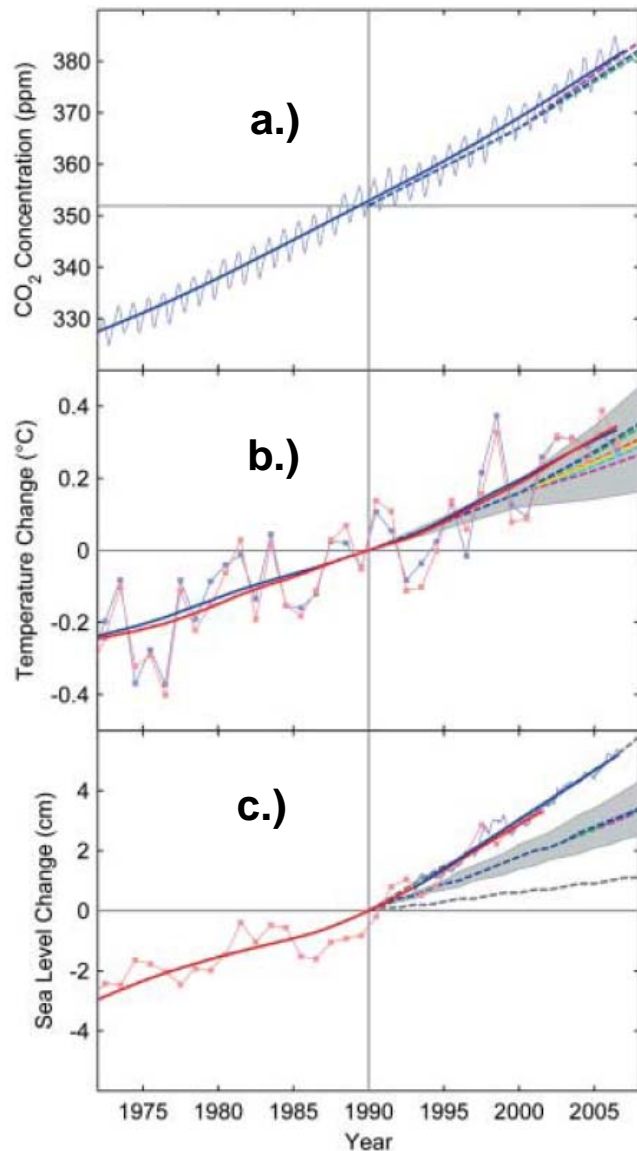


Gliederung:

1. **Warum Energiewende ? Klimawandel und Energiepreise**
2. **Inventur des Isnyer Energiebedarfs**
3. **Theoretisches Potenzial an regenerativer Energie in Isny**
4. **Das Isnyer Energiekonzept**
5. **Kosten&Nutzen**
6. **Zusammenfassung**
7. **Ausblick**



1a. Klimawandel: CO₂ als Treibhausgas !



Info: CO₂ ist ein sehr wirksames Treibhausgas (Svante Arrhenius, 1896). Der Anstieg des atmosphärischen CO₂ von 280 ppm (1750) auf heute 384 ppm ist maßgeblich für die globale Erwärmung von +0.7 °C verantwortlich (IPCC-2007).

Abbildung:

Änderungen von Klimaparameter seit 1970 und Modellrechnungen:

a.) Anstieg der atmosphärischen CO₂ Konzentration in Mauna Loa/ Hawaii in ppm (part per million)

b.) Anstieg der Erdoberflächentemperatur in 0.1 °C

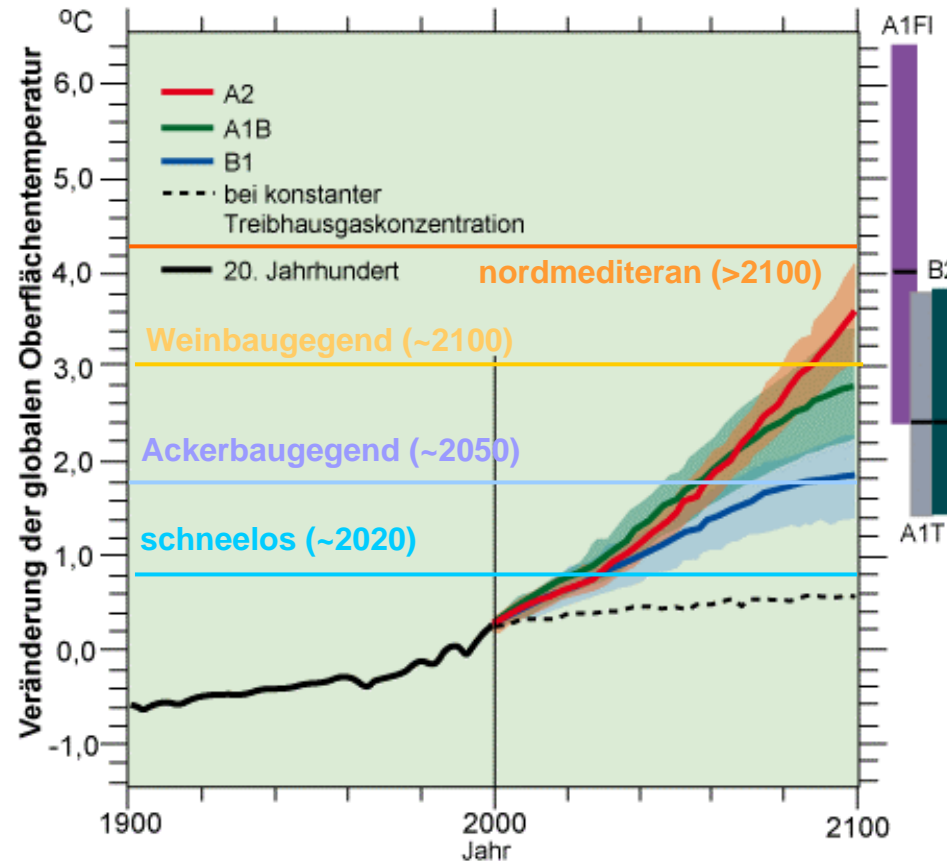
c.) Anstieg des Meeresspiegels in Zentimeter

Rahmstorf et al., Science, 316, 709, 4. Mai 2007.



1a. Klimawandel: Erwartete Zunahme der Erdoberflächentemperatur bis 2100 (IPCC)

Isny wird.....

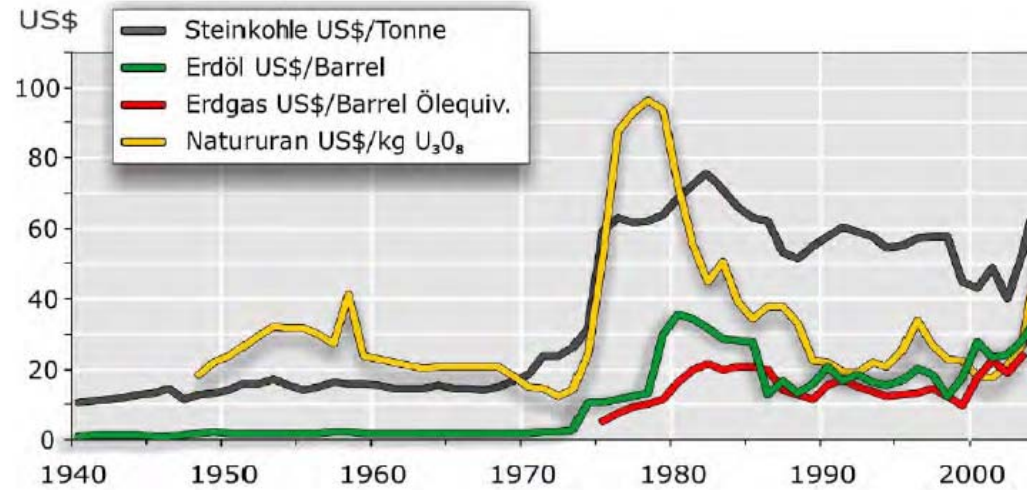


Modellierte Temperaturveränderungen der Erde bis 2100 nach verschiedenen Szenarien des Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC, www.ipcc.ch). Szenarien A2 (CO₂-Anstieg auf ca. 850 ppm), A1B (CO₂-Anstieg auf ca. 720 ppm), B1 (CO₂-Anstieg auf ca. 540 ppm), A1FI (CO₂-Anstieg auf ca. 1000 ppm) und sofort gestoppte Emission aller Treibhausgase (konstante Treibhausgasemissionen).



1b. Energiepreise: Zunahme der Energiepreise seit 1940

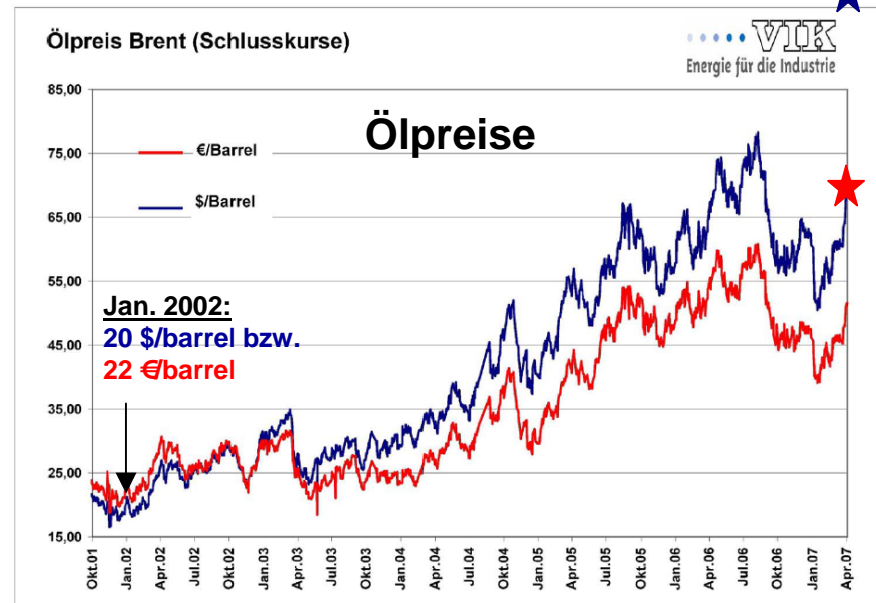
von 1940



bis

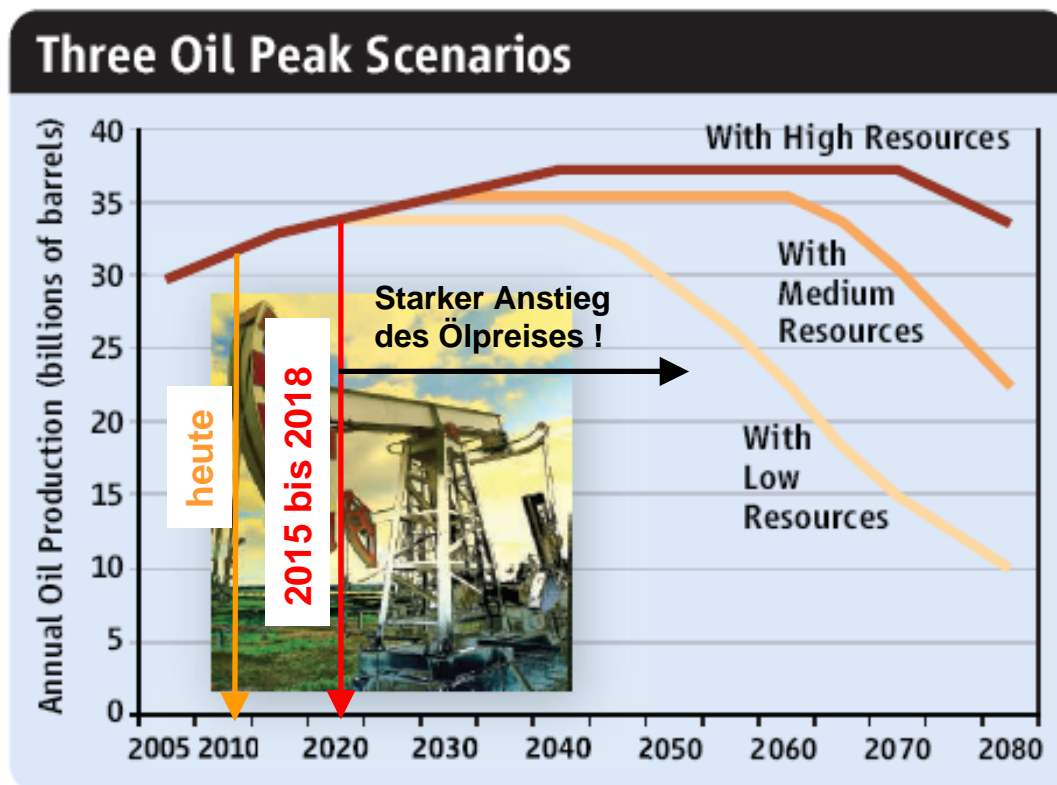
Abb. a (Entwicklung der nominalen Preise für Energieträger (weltweit))⁴

April 2007



1b. Energiepreise: Prognose der weltweiten Rohölförderung bis 2080

„The Looming Oil Crisis Could Arrive Uncomfortably Soon....“



... due to oil demand larger than supply !

Sooner or later. The less oil left to be pumped from the ground, the earlier world production reaches a peak. In a new analysis, only the earliest, low-resource peak looks reliable.

A. Kerr, Science, 316, 351, 2007



2. Inventur des jährlichen Isnyer Energiebedarfs

1. **Stromverbrauch (7.300 kWh/Einwohner/Jahr): 97.500.000 kWh mit einem Primärenergieverbrauch von 187.000.000 kWh (EnBW)**
2. **Haushaltswärme (6.300 kWh/Einwohner/Jahr): 85.000.000 kWh**
3. **Industriewärme (6.820 kWh/Einwohner/Jahr): 92.000.000 kWh**
4. **Verkehr (14.818 kWh/Einwohner/Jahr): 200.000.000 kWh**
5. **Industrielle Produkte (6.820 kWh/Einwohner/Jahr): 92.000.000 kWh**

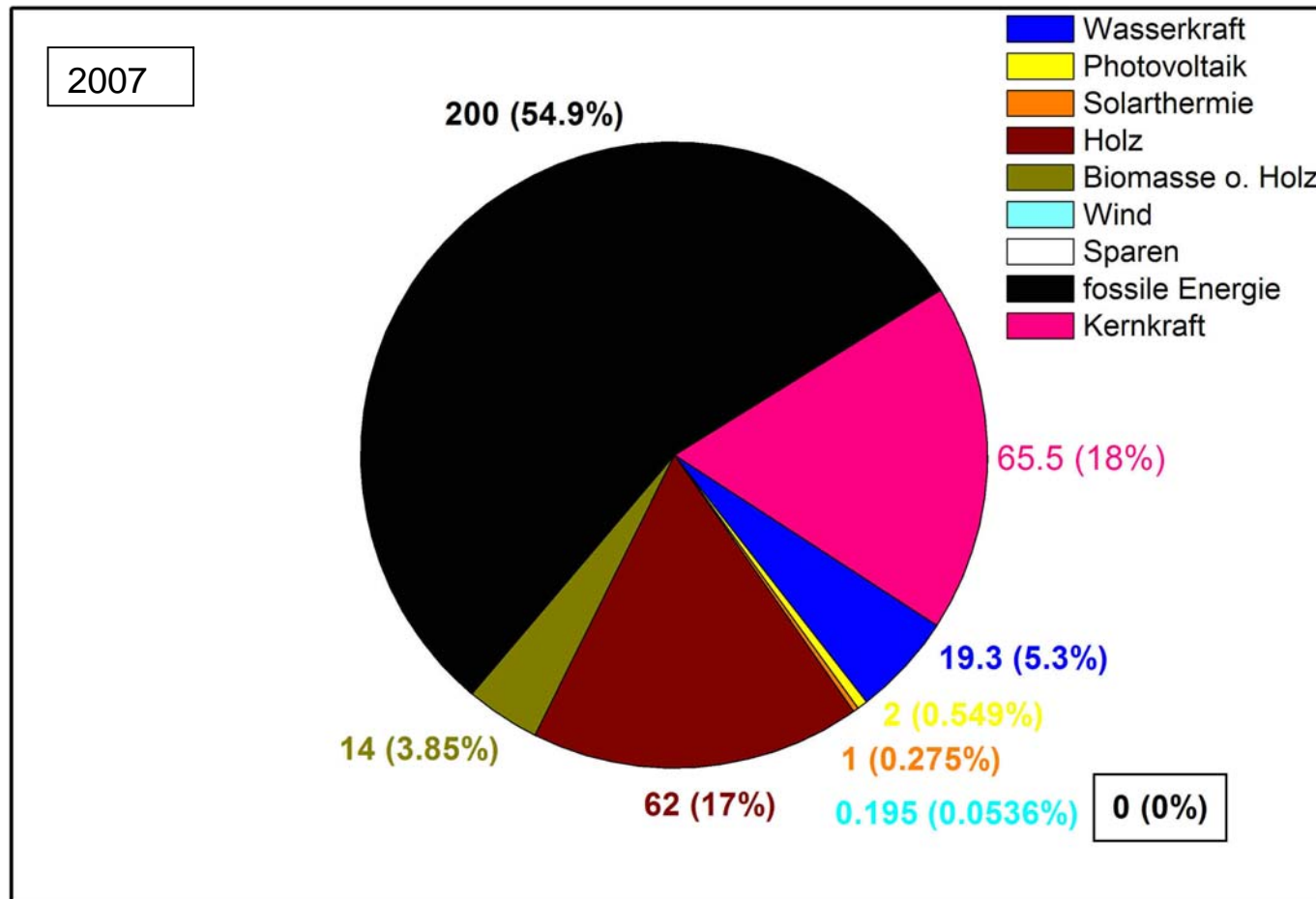
→ **Isnyer Primärenergieverbrauch: 656.000.000 kWh/Jahr
bzw. 48.900 kWh/Einwohner/Jahr**

→ **durch lokales Energiekonzept erreichbar (Pos. 1, 2 und 3):**

364.000.000 kWh/Jahr !



2a. Inventur des Isnyer Energiebedarfs



Primärenergieeinsatz (Pos. 1, 2 und 3) der Isnyer Energieversorgung im Jahr 2007. Die erste Angabe ist jeweils in Millionen kWh, die zweite Angabe ist der Primärenergiebedarf in %.



2b. Jährliche Isnyer CO₂ Emissionen

1. Stromerzeugung (4,0 tCO₂/Einwohner): 53.000 tCO₂
2. Haushaltswärme (1,6 tCO₂/Einwohner): 21.600 tCO₂
3. Industriegwärme (1,75 tCO₂/Einwohner): 23.700 tCO₂
4. Verkehr (2,1 tCO₂/Einwohner): 28.350 tCO₂
5. Industrielle Produkte (0,85 tCO₂/Einwohner): 11.500 tCO₂

- CO₂ Emissionen etwa 140.000 tCO₂/Jahr
- bzw. 10,4 tCO₂/Jahr pro Einwohner

Information (CO₂ Emissionen/Jahr/Einwohner):

- Deutschland: 10,23 tCO₂
- Nordamerika: 22,4 tCO₂
- Indien: 2,4 tCO₂
- Welt: 4,2 tCO₂

- Bis 2050 notwendig für Eindämmung des Klimawandels: - 2,5 tCO₂
- In Isny bis 2050 möglich (Pos. 1, 2, und 3): - < 3 tCO₂



2c. Jährliche Isnyer Energiekosten (2007)

1. Stromerzeugung (15 Cent/kWh): 14.625.000,- €
2. Haushaltswärme (6 Cent/kWh): 5.100.000,- €
3. Industriegwärme (6 Cent/kWh): 5.520.000,- €
4. Verkehr (13 Cent/kWh): 26.000.000,- €
5. Industrielle Produkte (4 Cent/kWh): 3.680.000,- €

→ direkte Energiekosten von 51.245.000,- € (Pos. 1. bis 4.)

→ Indirekte Energiekosten, d.h. über industrielle und Konsumgüter bezogene Energie von 3.680.000,- €/Jahr (Pos. 5)

→ Isnyer Marktpotential (Pos. 1, 2 und 3): **25.245.000,- €/Jahr**



3a. Isnyer Potenzial an regenerativer Energie

Ausgangspunkt:

1. Isnyer Fläche, 8.537 ha:
Wald (~ 43.29 %) **3.696 ha**; landwirt. Fläche (46%) **3.927 ha**;
Naturschutzgebiete (8.55 %) 73 ha; Siedlungsfläche (~10%), 85 ha
2. Primärenergiebedarf (Pos. 1, 2 und 3): **364.000.000 kWh/Jahr**

1. Sparen:

- Strom (25 % aus Pos. 1): **24.375.000 kWh/Jahr** (lt. Bundesverband Dt. Industrie, BDI)
- Wärme für Haushalte (50 % aus Pos. 2): **45.500.000 kWh/Jahr** (lt. einschlägiger Erfahrung)
- Wärme für Industrie (14 % aus Pos. 3): **12.900.000 kWh/Jahr** lt. BDI

2. Biomasse (für Pos. 1, 2 und 3):

- Grünland: 20t/Jahr/ha oder 35.000 kWh/Jahr/ha
→ verfügbar **3.927 ha** oder **137.000.000 kWh/Jahr !**
- Wald: 12t/Jahr/ha (Heizwert 4 kWh/kg), bzw. 50.000 kWh/Jahr/ha
→ verfügbar **3.696 ha** oder **184.000.000 kWh/Jahr !**



3a. Isnyer Potenzial an regenerativer Energie

3. Photovoltaik (nur Pos. 1, Stromproduktion):

- 93 MW peak (bei 1050 kWh/Jahr/kWpeak und 7 qm/kWpeak)
- → Flächenbedarf 68 ha (derzeit 1 ha)

4. Wind (nur Pos. 1, Stromproduktion):

- 2.3 MW (peak) Anlagen produzieren 4.5 Millionen kWh/Jahr (bei 2000 h Betriebsdauer/Jahr wie in Kimratshofen) → 21 Windkraftanlagen z. B. auf der Adelegg !

5. Hydroenergie (nur Pos. 1, Stromproduktion):

- 116 kW oder 1 Millionen kWh/Jahr (bei Betriebsdauer von 8760 h /Jahr)

6. Geothermie (Pos. 1, 2 und 3):

- Flache Geothermie
 - ineffizient für Heizung
 - effizient zur Kühlung
- Tiefe Geothermie
 - großes Potential aber mit großem Erschließungsrisiko !



3b. Der optimale Energieeinsatz ?

1. Strom

- Erzeugungspotential: ~ 150.000.000 kWh
- Aktueller Verbrauch: 97.500.000 kWh, bzw. 187.000.000 kWh als Primärenergie

2. Wärme

- Erzeugungspotential: ~ 322.000.000 kWh
- Aktueller Verbrauch: 177.000.000 kWh

→ d.h. das Energieerzeugungs- und Einsparpotenzial ist in Isny deutlich größer als der Bedarf !

Welche Energiemix ist optimal ? Welche Ziele sollen erreicht werden ?

Ziele:

- wirtschaftlich
- auf lokale Ressourcen bauend
- ressourcenschonend
- klimaschonend
- nachhaltig
- natur- und landschaftserhaltend
- sozial ausgewogen

→ optimaler Energiemix ?

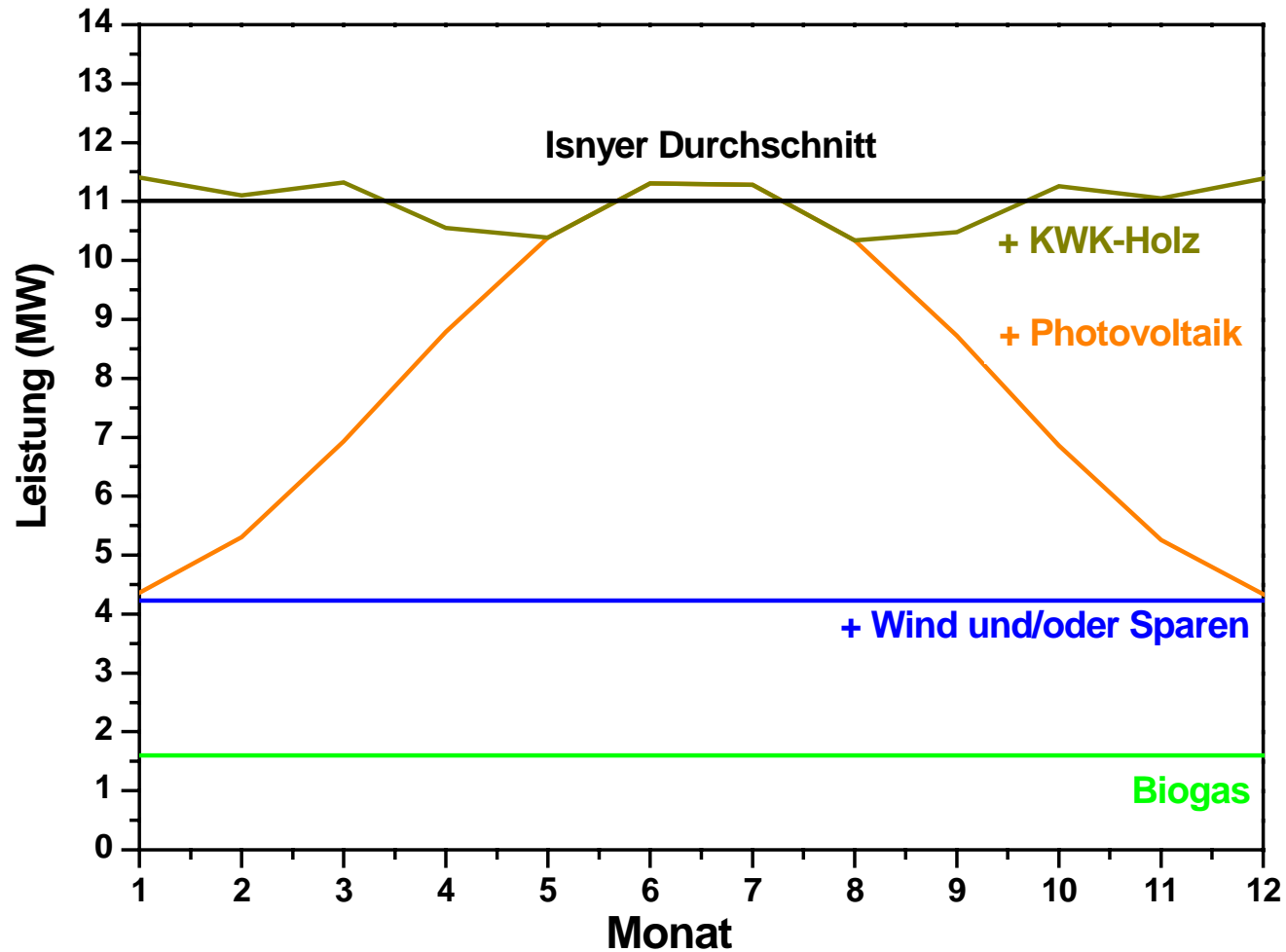


4a. Deckung des Strombedarfs von 97.500.000 kWh/Jahr

1. Hydroenergie, 4 Cent/kWh (1 %):
 - 1.000.000 kWh/Jahr (Bestand: **1.000.000 kWh/Jahr**)
 2. Strom aus Kraftwärmekopplungsanlagen (Biogas), 16 Cent/kWh (14,35 %):
 - 14.000.000 kWh/Jahr (Bestand: **14.000.000 kWh/Jahr**)
 3. Strom aus Kraftwärmekopplungsanlagen (Holz), 16 Cent/kWh (27,1 %):
 - 26.400.000 kWh/Jahr (Bestand: **0 kWh/Jahr**)
 4. Photovoltaik, 46.75 Cent/kWh in 2008 (32,3 %):
 - 31.500.000 kWh/Jahr (Bestand: **1.400.000 kWh/Jahr in 2007**)
 5. Sparen, ≤ 20 Cent/kWh (25 %):
 - 25.000.000 kWh/Jahr (Bestand: **0 kWh/Jahr**)
 6. Windenergie, < 8.5 Cent/kWh (27,6 %):
 - 27.000.000 kWh/Jahr (Bestand: **0 kWh/Jahr**)
- Summe: 124.900.000 kWh/Jahr (potentiell 128.1 %);
16.400.000 kWh/Jahr (16.82 %) in 2007 realisiert !



4b. Seasonaler Gang der Isnyer Stromproduktion (MW) in 2050

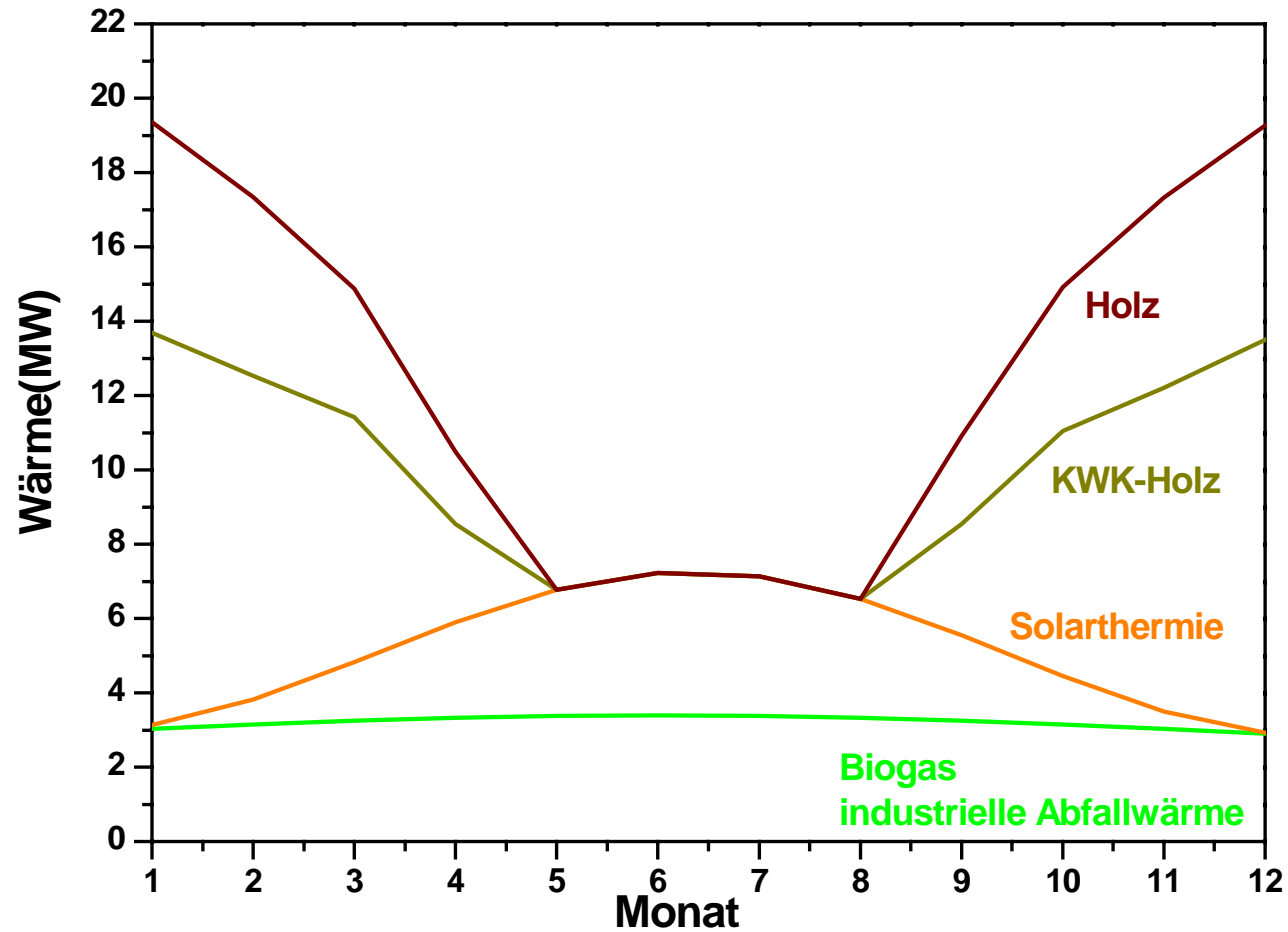


4c. Deckung des Wärmebedarfs von 177.000.000 kWh/Jahr

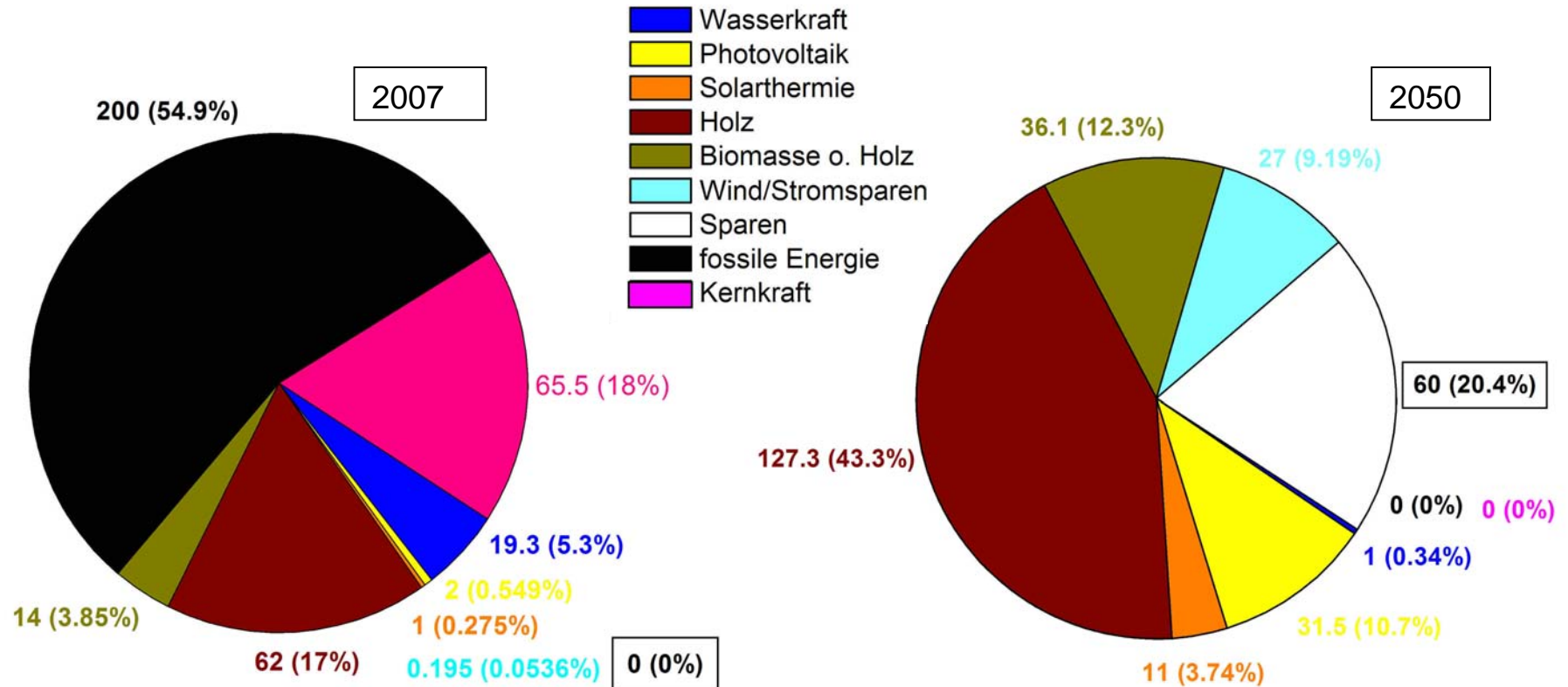
1. **Sparen, 15 – 20 Cent/kWh (33.8 %):**
 - 60.000.000 kWh/Jahr
 2. **Thermische Solarenergie, 12 Cent/kWh (6.2 %):**
 - 11.000.000 kWh/Jahr (derzeitige Erzeugung unbekannt)
 3. **Wärme aus Kraftwärmekopplungsanlagen (KWK), 6 Cent/kWh (46,3 %)**
 - 82.000.000 kWh/Jahr (derzeitige Erzeugung von **22.000.000 kWh/Jahr** praktisch ohne Nutzung)
 4. **Thermische Verwertung von Holz, 3 Cent/kWh (15,5 %)**
 - 24.000.000 kWh (derzeit geschätzt **62.000.000 kWh/Jahr**)
- Summe:
- 177.000.000 kWh/Jahr (100 %) !
 - **62.000.000 kWh/Jahr (35 %)**, aber bisher ineffizient realisiert !



4d. Seasonaler Gang der Isnyer Wärmeproduktion (MW) in 2050



4e. Energiekonzept Isny: Primärenergieeinsatz 2007 vs. 2050



Primärenergieeinsatz (Pos. 1, 2 und 3) der Isnyer Energieversorgung im Jahr 2007 (links) und 2050 (rechts). Die erste Angabe ist jeweils in Millionen kWh, die zweite Angabe ist der Primärenergiebedarf in %.



5. Kosten und Nutzen

	Kosten (€)	Kostenanteil (%)	Energieanteil (%)	Amortisationsdauer (Jahre)
Biomassenutzung	33.000.000	6,4	55,45	4,5
Solarthermie	32.000.000	6,2	3,75	25
Photovoltaik	135.000.000	26,3	10,7	12,5
Gebäudesanierung	300.000.000	58	20,4	Jahrzehnte
Windenergie	16.600.000	3,2	9,2	7,3
Summe	516.600.000			

Kosten/Nutzen des Isnyer Energiekonzeptes

- Energiekosten für das ‚Weiter wie bisher so‘: **25.245.000,- €/Jahr**
- Investitionskosten: **516.000.000,- €** bzw. **12.300.000,- €/Jahr** oder
~ **3.5 %** des Isnyer BIPs
- CO₂ Emissionsreduktion (- 71 %): **98.300 tCO₂/Jahr**



6. Zusammenfassung

1. Direkte Vorteile einer lokalen Energieversorgung

- Ankurlung der lokalen (Energie-)wirtschaft mit 25.245.000,- €/Jahr
- Erhöhte Preissicherheit
- Erhöhte Versorgungssicherheit
- Klimaschutz durch Einsparung von 2/3 bis 3/4 der Isnyer CO₂ Emissionen

2. Indirekte Vorteile einer lokalen Energieversorgung

- Alleinstellungsmerkmal ‚Energistadt Isny‘
- Ankurlung des Tourismus, der Tagungs- & Beratungsbesuche
- Zukunftsorientierte Ausbildungsberufe
- Beschäftigung mit hoher/höherer Qualifizierung



7. Ausblick

Bundesumweltministerminister Gabriel:

„Die Stadt Isny hat die Zeichen der Zeit erkannt: Anstrengungen für den Klimaschutz sind auf allen Ebenen notwendig. In Deutschland müssen wir bis 2050 gegenüber 1990 80% der Treibhausgasemissionen einsparen. Dazu brauchen wir Pioniere wie Isny! Ich bin beeindruckt von dem Engagement vor Ort und wünsche dem Projekt eine erfolgreiche Umsetzung.“

Prof. Hans Joachim Schellnhuber, Direktor des Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), Klimaberater des EU-Kommissionspräsidenten und Chefberater der Bundesregierung für den G-8/EU-Vorsitz 2007:

„Um Klima- und Energiesicherheit in Einklang zu bringen, müssen wir unserer Wirtschaftsleben auf eine nachhaltige Grundlage stellen – eine Jahrhunderaufgabe, die wir nicht weiter vor uns her schieben können. Innovative Projekte, wie in Isny sind ein unverzichtbarer Schritt auf dem Weg zur „Neufindung der Moderne“.



KWK-Wärme/Strom: Kosten/Nutzen

Voraussetzungen:

- Stromproduktion aus Biomasse (Holz und Biogas): 46.00.000 kWh/Jahr
- ‚Abfallwärme‘ aus Stromproduktion: 69.000.000 kWh/Jahr
- Energetische Verluste: 12 %

Kostenrechnung (€/Jahr):

(1) Einnahmen:

- Wärmeverkauf bei 12 % Verlust: 3.643.200.- (dt. Durchschnittspreis: 6 Cent/kWh)
- Stromverkauf bei 12 % Verlust: 6.476.800.- (EEG: 16 Cent/kWh)
- Zählerkosten (2000 Kunden): 80.000.-

Σ Einnahmen: 10.128.000.- €/Jahr

(2) Kosten (€/Jahr):

- 15 km Leitungskosten (1000.- €/m_{Trasse}, Abschr.+Tilg., 13%): 1.950.000.-
- 20 MW KWK Anlagen (900.- €/kW_{peak}, Abschr.+Tilg., 13%): 2.340.000.-
- Planungskosten: 100000.-
- Wartungskosten: 1.725.000.- (1.5 Cent/kWh)
- Kosten für biogene Brennstoffe: 2.875.000.- (2.5 Cent/kWh)
- allg. Betriebskosten (10 %): 1.000.000.- (5 Arbeitsplätze)

Σ Kosten: 9.990.000.- €/Jahr

Brutto Gewinn: 129.000.- €/Jahr !

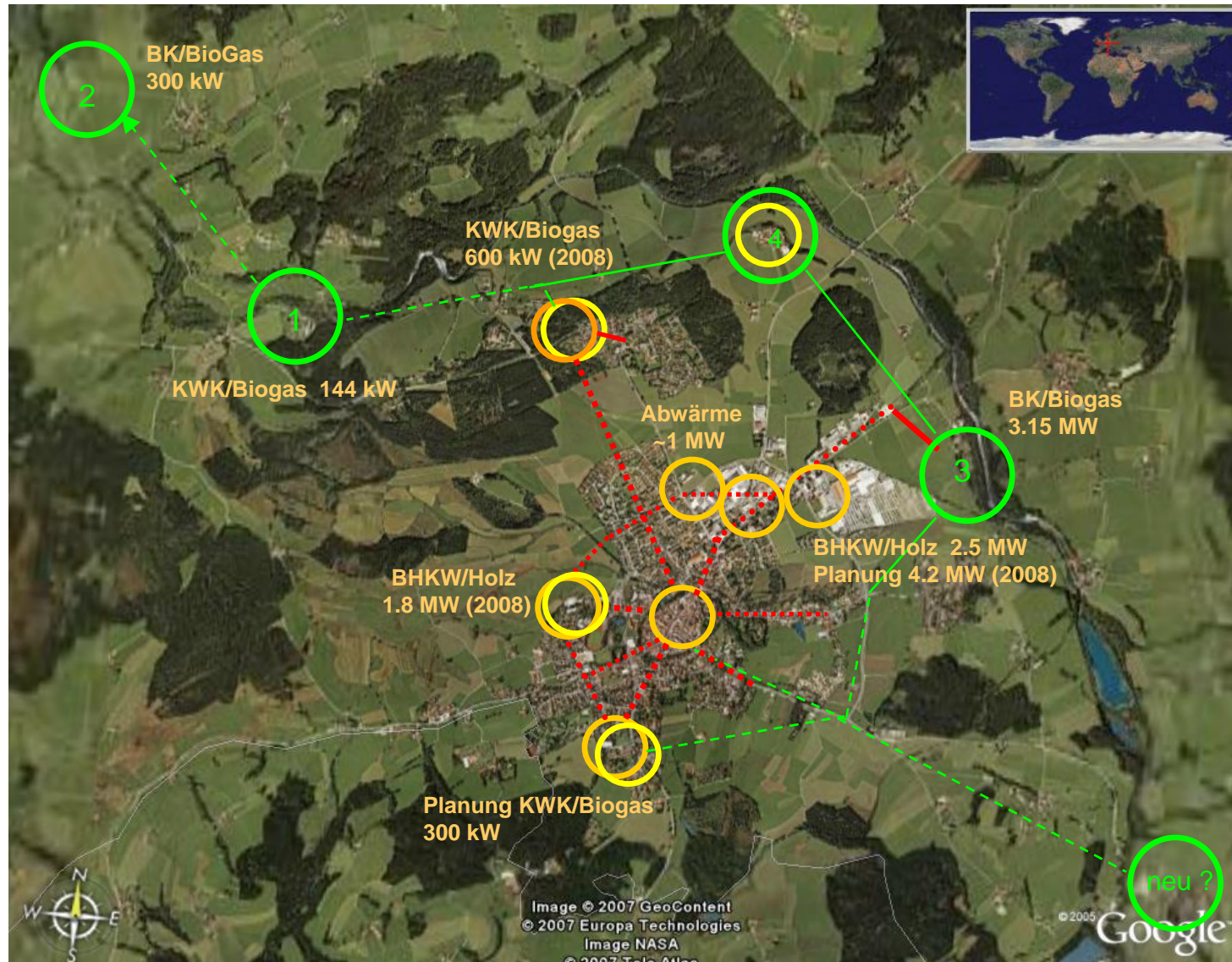
Isnyer Potential:

Stromproduktion: 40.400.000 kWh/Jahr (41.43 % des Isnyer Bedarfs)

Wärmeproduktion: 60.720.000 kWh/Jahr (40.7 % des Isnyer Bedarfs)



Energiekonzept Isny 2050: Mögliche Gas/Holz-KWKs (41.7 %)



Biogasanlagen
(Bestand 4 MW)
+ Biogasnetz (neu)

KWKs
~ 4 MW (Sommer, Gas)
20 MW (Winter, Gas/Holz)

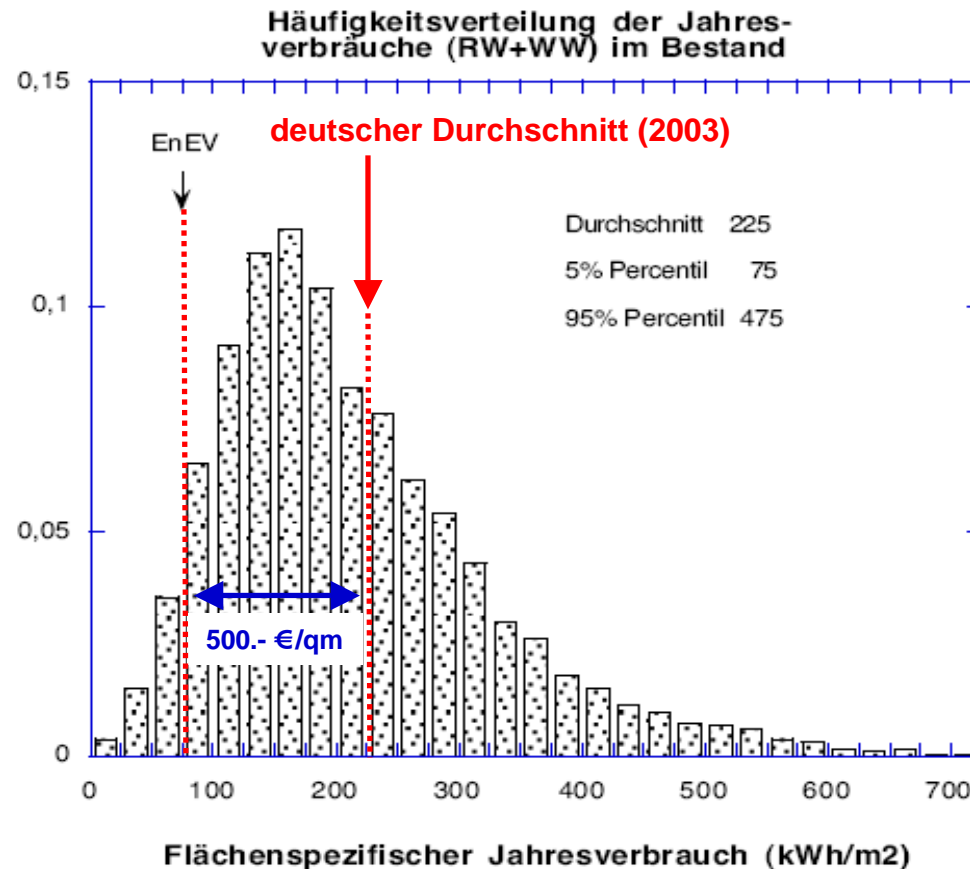
Fernwärmenetz
(Bestand)
— (z. bauen)

Mikrowärmenetze
(Bestand)
— (z. bauen)

Σ Wärmenetze 15 km



Flächenspezifische Verteilung des deutschen Wärmebedarf für Wohngebäude



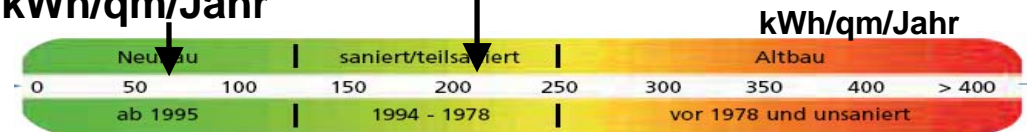
Gemessene, auf die Wohnfläche bezogene Jahresverbrauchswerte an Energie für Raumwärme und Warmwasser in einer deutschen Großstadt (alle Häuser-Größen und Altersklassen). Die Stichprobe kann für den ganzen deutschen Bestand genommen werden. Die Norm der neuen Energieeinspar-Verordnung (EnEV) für Neubauten ist ebenfalls eingetragen (aus *Klimaschutz und Energieversorgung in Deutschland 1990 – 2020 Studie; Eine Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft e. V.*, siehe auch *M. Kleemann, FZ Jülich, Aktuelle Einschätzung der CO₂-Minderungspotenziale im Gebäudebereich, Gutachten im Auftrag von Dena und BMWA, Jülich, Nov. 2003.*



Gebäudesanierung: Kosten/Nutzen

Voraussetzungen (an einem mir bekannten Beispiel):

- Deutscher Durchschnitt: 225 kWh/qm/Jahr
- Gesetzliche Auflagen (EnEV): 60 kWh/qm/Jahr



- Gebäude im Altbestand (vor 1978): Heizbedarf 250 kWh/qm/Jahr
- Sanierung: 60 kW/qm/Jahr (KW-60)
- Sanierungskosten für Wärme&Solaranlage: 500.- €/qm

Kostenrechnung:

(1) Einsparung: 13.- €/qm/Jahr (bei 190 kWh/qm/Jahr und 6.6 Cent/kWh)

(2) Kosten (pro qm/Jahr)

- Zinskosten (2.3 % KfW): 11.50.- €
- Abschreibung/Tilgung (2 %/Jahr): 10.- €
- Σ Kosten: 21.50.- €

Gewinn/Verlust: - 8.5.- €/qm/Jahr:

Isnyer Potential:

Potential: deutscher Durchschnittsverbrauch (225 kWh/qm/Jahr)

Einsparung Wärme: **37 Millionen kWh/Jahr (19.3 % des Isnyer Bedarfs)**



Kosten/Nutzen: Unterschiedliche Heizungstypen

Einfamilienhaus (150qm, Zentralheizung)

- 20000 kWh/a bzw. 133 kWh/qm/a (Neubau 1980):
- 4500 kWh/a bzw. 30 kWh/qm/a (Neubau 2007):

	Ölheizung (6.5 Cent/kWh)	Gasheizung (6.5 Cent/kWh)	Elektroheizung (18 Cent/kWh)	Pelletheizung (3.8 Cent/kWh)	Fernwärme (KWK) (6,0 Cent/kWh) (SW Heidelberg)
Investitions- kosten	11.150 € 6000 €/a	9.350 € 5000 €/a	8.800 € 3.300 €/a	12.250 € 9000 €/a	3000 €
Kapitaldienst /Jahr	972 €/a 523 €/a	815 €/a 423 €/a	767 €/a 277 €/a	966 €/a 785 €/a	236 €
Verbrauchs- kosten/Jahr	1300 €/a 292 €/a	1300 €/a 292 €/a	3600 €/a 810 €/a	770 €/a 170 €/a	1200 € 269 €/a
Betriebskosten/ Jahr	220 €/a	130 €/a	0 €/a	170 €/a	Grundpreis: 245 €/a Messpreis: 36.51 €/a
Jährliche Kosten	2492 € 1035 €/a	2245 €/a 845 €/a	3367 €/a 1087 €/a	1906 €/a 1124 €/a	1718 €/a 787 €/a



Photovoltaik: Kosten/Nutzen

Voraussetzungen:

- Stromernte in Isny: > 1050 kWh/Jahr
- Anschaffungspreis: 4000.- €/kWpeak
- Vergütung (2007): 49.21.- €/kWh (EEG)

Kostenrechnung:

(1) Bruttoertrag (pro kWpeak/Jahr)

Einnahmen: > 516.70.- €

(2) Kosten (pro kWpeak/Jahr)

- Zinskosten (KfW 5.02 %/Jahr): 201.- €
 - Abschreibung/Tilgung: 5 % Jahr: 200.- €
 - Dachmiete für 1 kWpeak/Jahr (~7qm), 14.- €
 - Versicherung 0.5%/Jahr, 30.- €
- Σ Kosten: 445.00.- €

Gewinn: 71.70.- €/kWpeak/Jahr !

Isnyer Potential:

Geeignete Dachfläche (220.000qm) oder 30.000 kWpeak

Installiert (2006): 1.100 kWpeak

Stromproduktion: **31.5 Millionen kWh/Jahr (32.30 % des Isnyer Bedarfs)**



Windenergie: Kosten/Nutzen

Voraussetzungen:

- Stromernte in Isny (Adelegg): 2000 kWh/kW_{peak} (wie Kimratshofen)
- Anschaffungspreis: 1200.- €/kW_{peak}
- Vergütung (EEG 2007): 8.7 Cent/kWh (≤ 5 Jahre) dann 5.5 Cent/kWh (EEG)

Kostenrechnung:

(1) Bruttoertrag (pro kW_{peak}/Jahr)

Einnahmen: 174.- € (≤ 5 Jahre), dann 110.- € (> 5 Jahre)

(2) Kosten (pro kW_{peak}/Jahr)

- Zinskosten: 5.0 %/Jahr: 60.- €
 - Abschreibung/Tilgung: 7 % Jahr: 84.- €
 - Miete für Grundstück 1.2%: 2.- €
 - Versicherung 0.57%, 1.- €
- Σ Kosten: 145.- €

Gewinn: **29.- €/kW_{peak}/Jahr:**

Isnyer Potential:

6 Windenergieanlagen (2.3 MW_{peak}, Nabenhöhe 100m) auf der Adelegg:
Stromproduktion: **27.6 Millionen kWh/Jahr (30.35 % des Isnyer Bedarfs)**

