

Wege in die Energiezukunft: Erneuerbare Energien in der Energieforschung der EnBW

EnBW Energie Baden-Württemberg AG
Forschung, Entwicklung und Demonstration
Dr. Wolfram Münch
18. April 2008



Energiezukunft: die richtigen Fragen stellen

Wir sind auf dem Weg in die globale Hochenergiegesellschaft:

- Energiebedarf steigt weltweit stark
- Fossile Ressourcen sind mittelfristig zu moderaten Preisen verfügbar

Jedoch ...

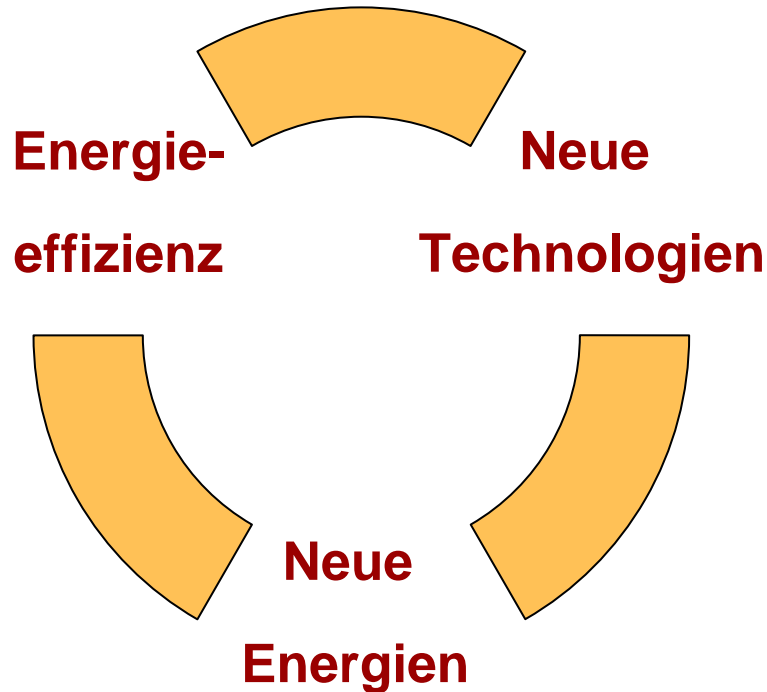
- Klima wird sich erwärmen
- CO₂-Emissionen müssen verringert werden

Wir brauchen Lösungen für eine nachhaltige Energieversorgung!



Wie erreichen wir eine nachhaltige Energieversorgung?

- › Energie-nachfrage
- › Energie-sparen
- › ...



- › Weiterentwicklungen beim Einsatz regenerativer Energien
- › Verbesserung fossiler Energiewandlung (Erzeugungstechnologie)
- › KWK-Technologien, Brennstoffzellen
- › ...

- › Erkundung und Erschließung neuer, auch unkonventioneller Kohlenstoffvorkommen
- › **Verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien**
- › Kernenergie
- › Fusionsenergie

Wie erreichen wir eine nachhaltige Energieversorgung? Beispielsweise ist ja genug Sonne da ...

- Vom Menschen verursachter Energieverbrauch
 - Deutschland: (4000 TWh/a) **1,3 W/m²**
 - Sonnenenergie (1010 kWh/m²a) **115 W/m²**
- Es ist also genug Sonne da!
- Warum Kohle und Co ?
 - **Energiekosten / -preise**
- Energieforschung für ...
 - bessere Technologien
 - **bessere Technologien wirtschaftlich machen!**

Wie erreichen wir eine nachhaltige Energieversorgung?

Energieeffizienz - Neue Energien - Neue Technologien

Für die Forschung der EnBW heißt das ...

... forschen und entwickeln, um die Energieversorgung auf eine **breitere technologische Basis** zu stellen

- Bestehende Technologien zur Energiegewinnung und -verteilung effizienter machen
- Neue Energiequellen - insbesondere die Erneuerbaren – erschließen
- Energie noch effizienter nutzen
- Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung

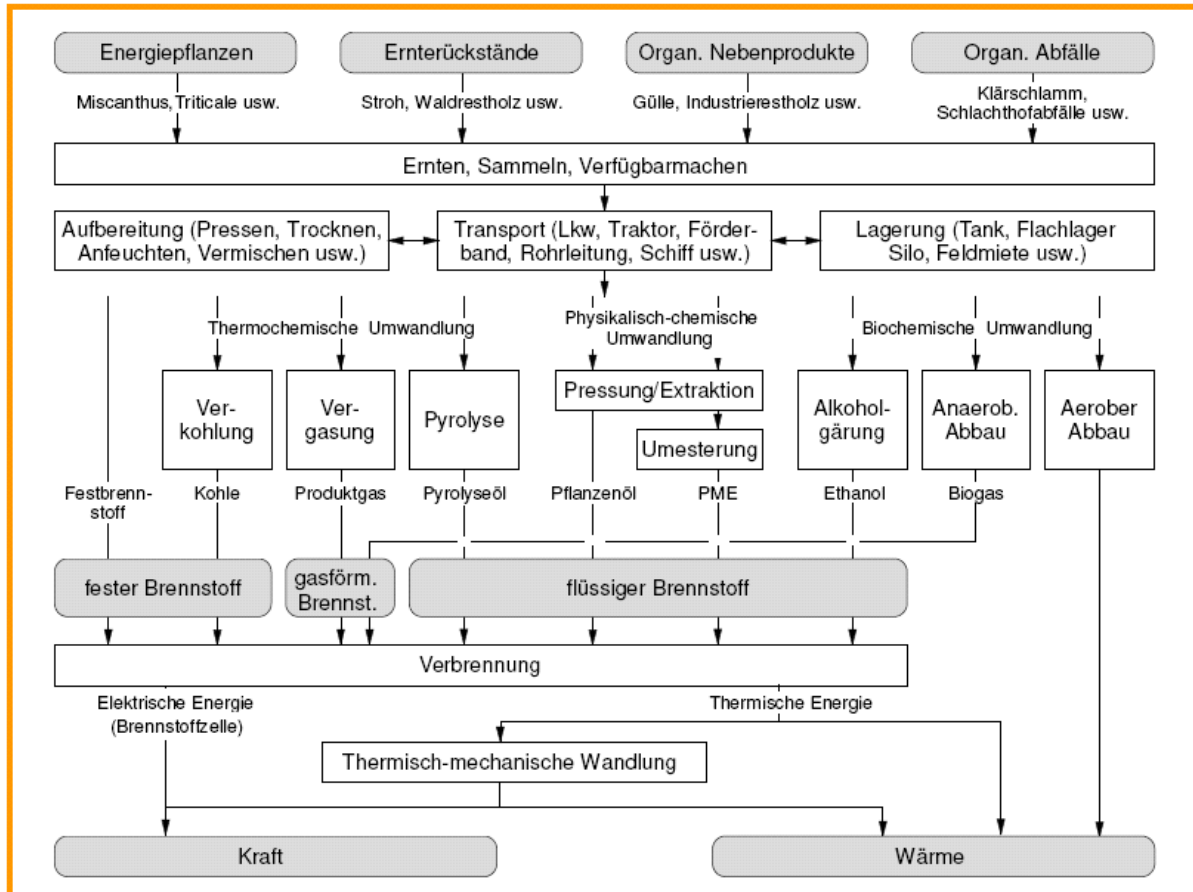


Altbekannt, aber es geht noch besser: z.B. ...

- Optimierung und Ausbau von Pumpspeicherkraftwerken
- Kostengünstig die Durchlässigkeit von Fließgewässern zur Fischwanderung herstellen



Viele Wege führen zur Bioenergie



Biomasse



Veredelung



Energieträger



Nutzenergie

Quelle: FNR 2007

Biogas - Baustein für die Energiezukunft

Hier entsteht die Biogasanlage Bühl

und Baden-Württembergs erste

Biogas-Aufbereitungsanlage mit Einspeisung in das Erdgasnetz

Anlagendaten:

| | |
|------------------|---|
| Jahresproduktion | 5,1 Mio m ³ Rohbiogas |
| Aufbereitung zu | 2,8 Mio m ³ Biogas in Erdgasqualität |
| Baubeginn | Juni 2007 |
| Inbetriebnahme | März 2008 |



Eine Kooperation der

Bioenergie Laupheim
GmbH & Co. KG

Bauherr Biogasanlage
Bioenergie Laupheim GmbH & Co. KG
Weldenstraße 47
88471 Laupheim



Planung und Bauausführung
NQ-Anlagentechnik GmbH
St. Ulrich Straße 22
86733 Alerheim-Rudelstetten



Bauherr Aufbereitungsanlage
Erdgas Südwest GmbH
Siemensstraße 9
76275 Ettlingen



Planer Aufbereitungsanlage
RBS Wave GmbH
Zeppelinstraße 15-19
76275 Ettlingen

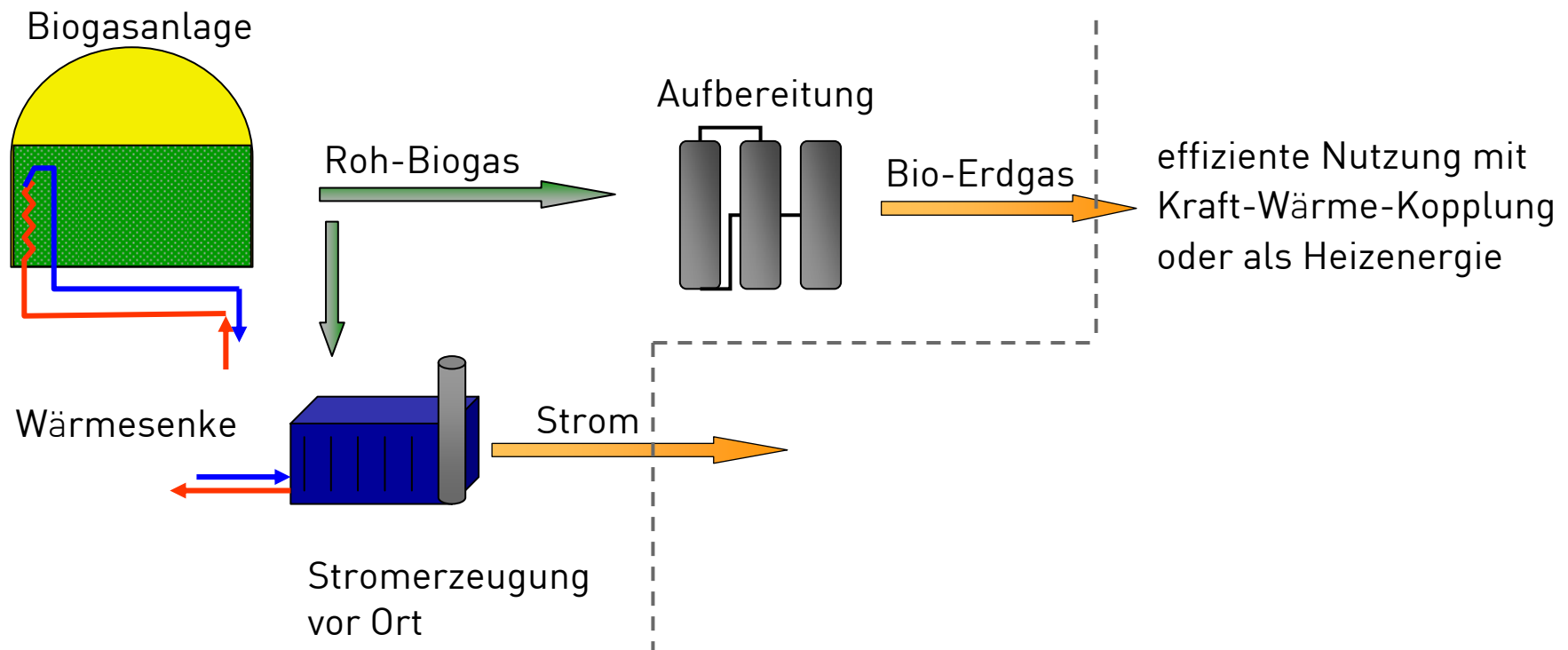


Ein Demonstrationsprojekt
der EnBW Forschung

BioErdgas-Einspeisung ins Erdgasnetz eine innovative Biomassenutzung

Die Biogasaufbereitung erlaubt die Nutzung an einem anderen Standort als die Erzeugung

→ Effizienzsteigerung durch Kraft-Wärme-Kopplung und Wärmenutzung



Partnerschaft mit der Landwirtschaft BioErdgas-Projekt Laupheim

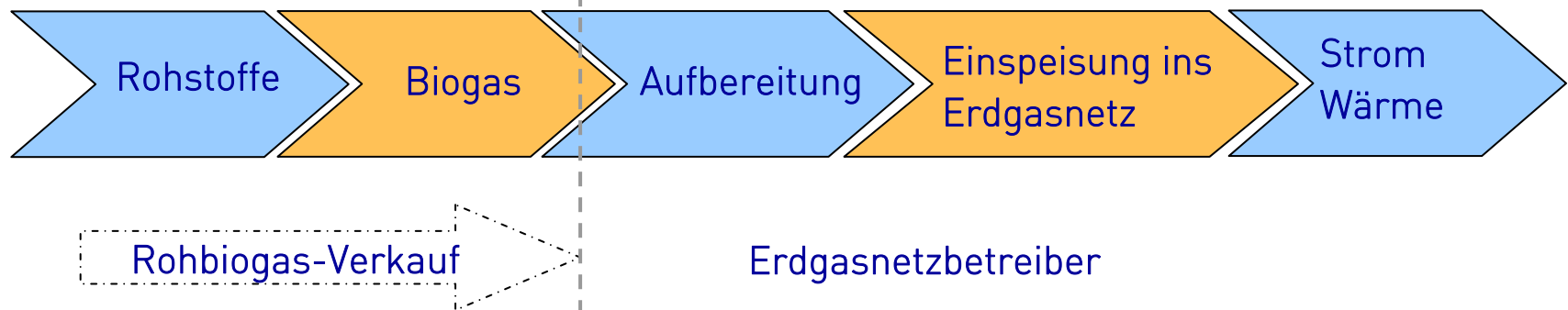


Landwirtschaft

- Biogas Laupheim GmbH
- 22 Landwirte
- ca. 600 ha

Energiewirtschaft

- Erdgas Südwest
- 600 Nm³ Rohbiogas/h
- Vermeidung von Methanemissionen mit innovativer Technik
- Probeweise Bioerdgaseinspeisung seit März 2008
- Einweihung Mai 2008



EnBW plant Biogas-Durchleitung:

- **Gasaufbereitung:**
größer 500-1000 Nm³ Biogas/h
(ca. 1-2 MW el., bzw. 300 – 450 ha je 1 MW)
- **Wärmenutzung:**
vorrangiges Standortkriterium für BHKW
- Gasproduktion zeitlich entkoppelt vom Gasverbrauch

| Kosten <small>(Quelle: BGW)</small> | ct/kWh Gas |
|-------------------------------------|------------|
| Biogas-Erzeugung | 3,3-7,9 |
| Biogas-Aufbereitung | 1,2 - 6,3 |
| Netznutzung | 0 - 3,5 |
| BHKW O&M | 0,9- 1,0 |

Wirtschaftliche Bedingungen

- moderate jährl. Preissteigerungen, Entkoppelung von Öl-/Gaspreis
- **70% gesicherte Strom-Vergütung nach EEG:**
EEG-Basis + Technologie-Bonus + evtl. NaWaRo-Bonus
+ viel mehr KWK-Bonus (durch Wärmenutzung am BHKW)
- 30% Wärmeverkauf

Vermeidung von Methanemissionen mit innovativer Technik

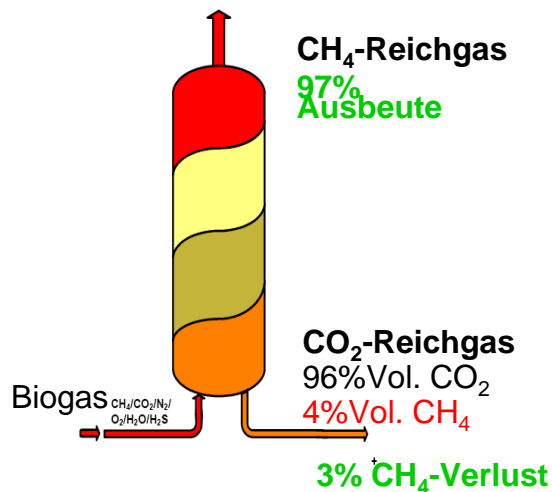
- 21-fache Klimawirksamkeit von Methan gegenüber CO_2

Gärreste:

- 3-10% Methanemission aus Nachgärung → alle Behälter gasdicht

Biogasaufbereitung:

- Methanschleup aus CO_2 -Abtrennung → Nachverbrennung von Methanschleup mit Wärmenutzung zur Fermenterheizung



Die Vielfalt der Bioenergie



trockene/feste Biomasse zur Verfeuerung



Altholz



Waldrestholz

Schwachholz, Käferholz, Bündelholz



feuchte/flüssige Biomasse zur Fermentierung (Biogas)



Weizen (anteilig)

Mais

Pflanzenöl

Lebensmittel-Abfälle

Hygienisierung!

Gülle, Mist

weitere Reststoffe!

Walddüngung durch Feuerraum-Holzasche

- Schließung des Nährstoffkreislaufs bei Waldrestholz
- Waldrestholz enthält besonders viel Nährstoffe/Asche
- Mischung 30% Asche : 70% Kalkstein → Dünger
- nachhaltige Ascheentsorgung
- Kostenersparnis offen
- Pilotprojekt soll Machbarkeit demonstrieren und Nachahmer motivieren
- In Prüfung: Einsatz der Aschen aus der Rindenverbrennung in Oberrot der gemeinsamen Anlage Klenk/EnBW

Projektplan

- Zusammenarbeit mit FVA Freiburg
- Dauer 3 Jahre



Entwicklung eines kontinuierlich arbeitenden Karbonisierungsreaktors

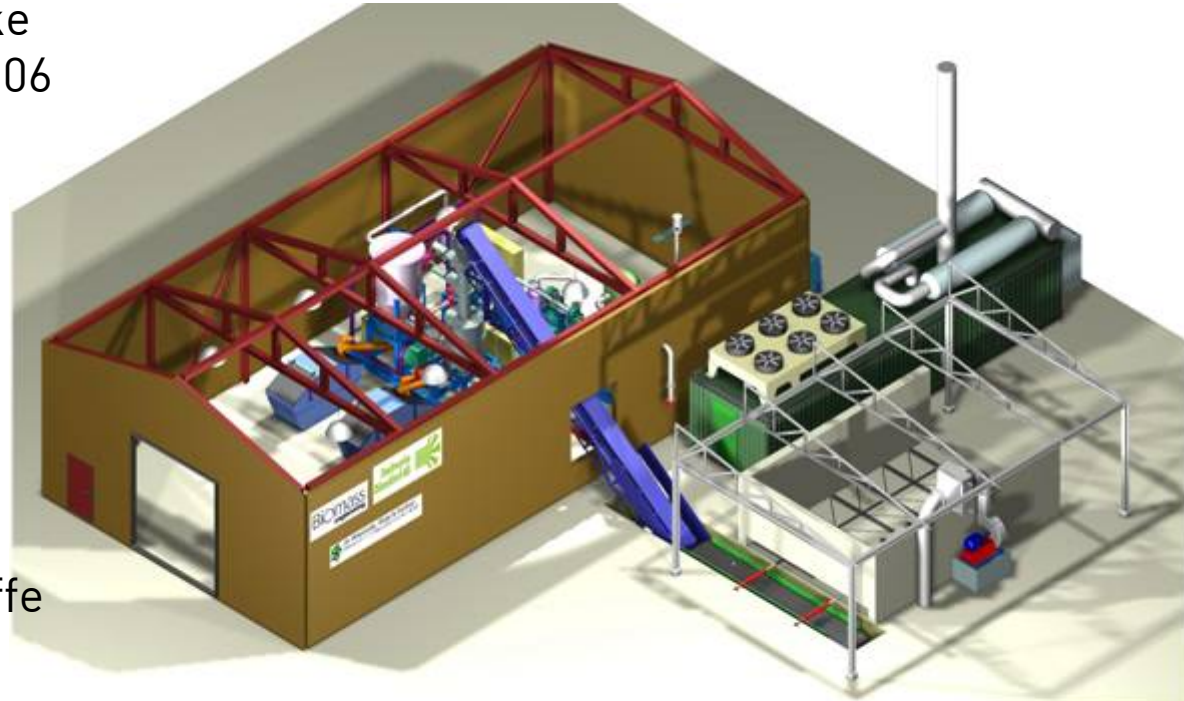
- exotherme Karbonisierung von cellulose- und lignin-basierten Niederenergiematerialien (Stroh, Grünschnitt,...)
- energetische Nutzung der Kohle; ggf. Verwendung in anderen Einsatzgebieten (Aktivkohle, Färberuß,...)

Arbeitsplan

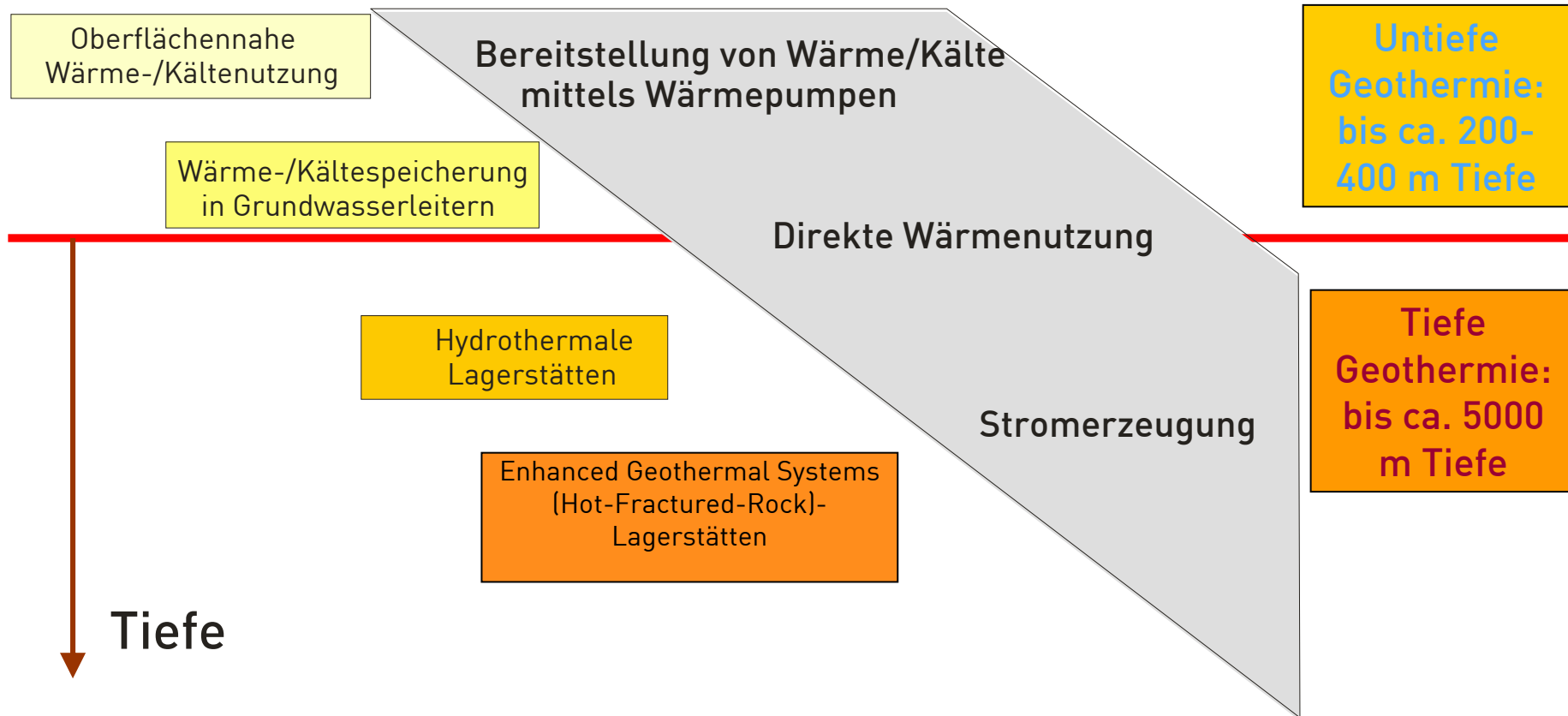
- Experimente im Institut für Chemische Technologie der Universität Karlsruhe (TH) bei Prof. Bockhorn
- diskontinuierlicher Betrieb im Labormaßstab erreicht
- kontinuierlicher Betrieb und Hochskalierung (Technikumsmaßstab) in 2008



- Testanlage der Stadtwerke Düsseldorf seit August 2006 in Betrieb
- 410 kW Wärmeabgabe (max. 95°C, Grundlast!)
- Waldholz-Verbrauch: 1500-2000 t pro Jahr
- niedriger Wärmepreis
- 270 kW Stromleistung
- zukünftig evtl. Bioreststoffe wie Haferspelzen, ...



Stromerzeugung aus Erdwärme



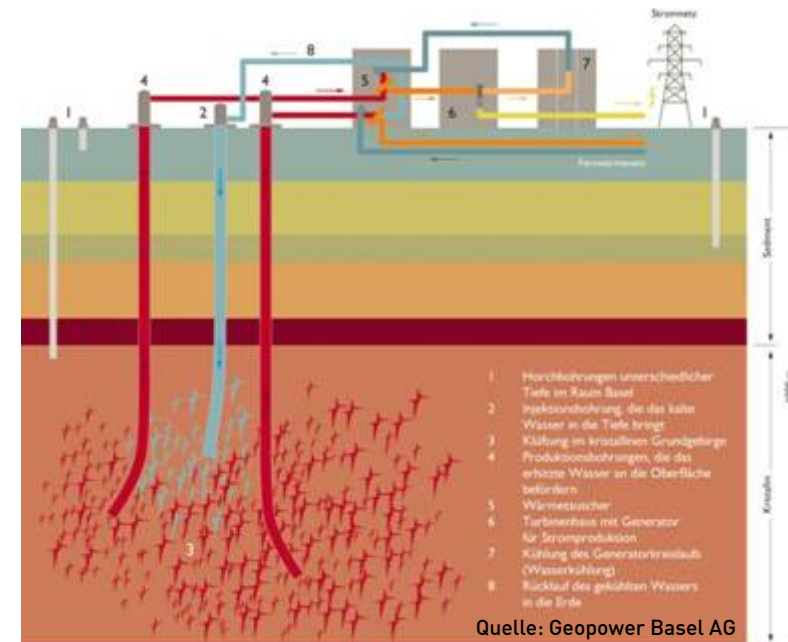


- > mehr als 99 % der Erdmasse sind wärmer als 1000 °C
- > 3° Temperaturanstieg je 100 m Tiefe (in der Erdkruste)

- > Herkunft der Erdwärme:
 - > **oberflächennah** vor allem **Sonnenenergie**
 - > vor allem **natürliche Radioaktivität** (U, Sr, Th, Rb)

Stromerzeugung aus Erdwärme

- Technisches Potenzial
 - mehr als 50 % der dt. Stromerzeugung heute (300 Milliarden kWh/Jahr) *
 - Einteilung der Vorkommen
 - 95 % kristalline Gesteine
Enhanced Geothermal Systems (EGS)
 - 4 % Störungszonen
 - 1 % Heißwasser-Aquifere
hydrothermale Verfahren
- Grundvoraussetzungen für die wirtschaftliche Nutzung -> die 3 T (ideal)
 - Temperatur > 130 °C
 - Transportmedium: min. 50 l/s, besser 100 l/s Wasser
 - Transportwege: hydraulische Leitfähigkeit



Funktionsweise des Deep Heat Mining
Die in der Abbildung gezeigten Ausmaße der Gebäude entsprechen nicht den Originalgrößenverhältnissen, sie dienen lediglich der besseren Anschauung.

- Bohrtechnik vorhanden aus Erdöl-/Gas-Exploration, aber zu teuer
- Geothermiekraftwerke weltweit an geologisch günstigen Standorten in Betrieb
- In Deutschland:
 - Reservoirs in einigen Kilometern Tiefe; nur teuer erschließbar
 - Projekte auf dem Reißbrett oder in der Forschung
 - Erzeugungskosten übersteigen den EEG-Försersatz deutlich



Bruchsal – ein geologischer Glücksfall

Wärmequelle in geologischer Bruchzone

- zwei vorhandene Bohrungen in 2000 bzw. 2500 Meter Tiefe nutzbar (24 l/s, 118°C)

Stadtwerke Bruchsal und EnBW errichten gemeinsam Geothermiekraftwerk

- ca. 500 kW elektrisch
- Inbetriebnahme Herbst 2008



Geothermische Stromerzeugung am Beispiel Bad Urach

Gegenstand des Projekts, Ziel

- Prüfung und Einschätzung der Bad Uracher Anlage (Zustand und Funktionalität der Bohrungen)
- Ziel ist die Reaktivierung der bestehenden Bohrungen und die Herstellung eines untertägigen Wärmetauschers

Projektstatus und -partner

- Partner: BMU, LGRB, verschiedene Ing.-Büros, Bad Urach
- Projektdauer 1 Jahr



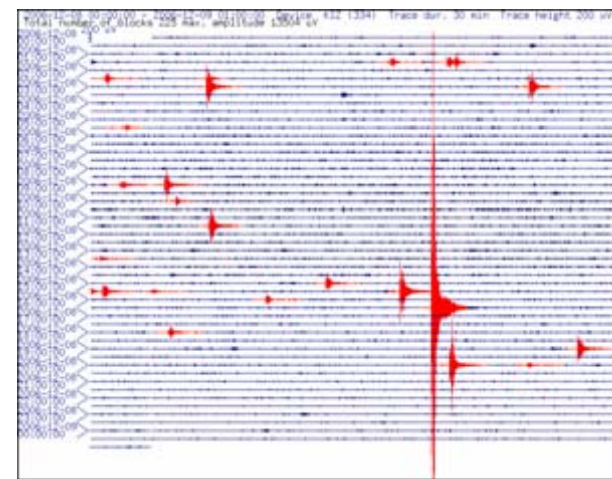
Geothermische Stromerzeugung am Beispiel Basel

Ziel des Projekts

- Entwicklung eines wirtschaftlich erfolgreichen HDR-Projekts
- 95 % des geothermischen Potentials sind nur mit der HDR-Technik erschließbar

Status quo

- mit dem Projekt wurde ein einzigartiger Datensatz gemessen
- eine Fortsetzung des Projekts ist unsicher, endgültige Entscheidungen seitens der Politik sind erst Ende 2008 bzw. Anfang 2009 zu erwarten



Soultz-sous-Forêts – Europas am besten erforschtes Geothermie-Reservoir



Langjähriges EU-Forschungsprojekt

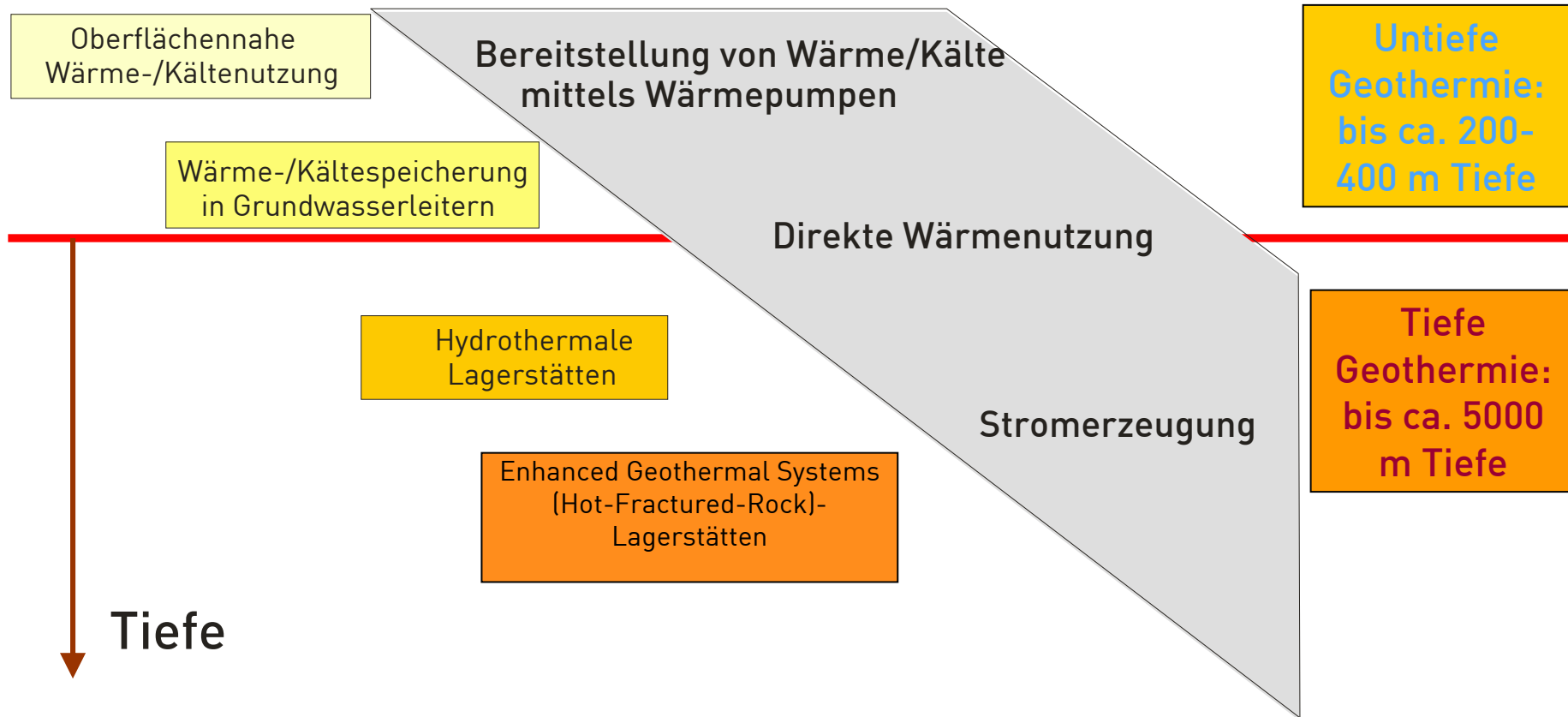
- 3 Bohrungen mit 5.000m

EnBW seit 2006 Partner von EDF, ES, Pfalzwerken und Evonik

- Demonstrationskraftwerk
 - 1,5 MW elektrisch,
 - Inbetriebnahme Juni 2008
 - Gesamtkosten des Forschungsvorhabens seit 2001: ca. 54 Mio €



Wärmeerzeugung aus Erdwärme



Energie zum Wohnen mit Erdwärme Erwartungen

- Starker Wärmepumpen-Zubau wird sich fortsetzen.
- Technisches Potenzial der Wärmepumpe ca. 700.000 Stück p.a.

Energieeffiziente Heizungen sind zukunftssicher!
Wärmepumpen-Absatz 2006 hat sich mehr als verdoppelt!



Erdwärme-
pumpenanteil:
auf fast 50 %
gestiegen

- **Wirtschaftlich und ökologisch überzeugende Anlagenkonstellationen wie z.B.**
 - Neubaugebiet Büchig West (wirtschaftlichste Lösung)
 - kalte Nahwärme March (14 zentrale Brunnen, 151 WE)
 - „EnBW-City“, Stuttgart-Möhringen
 - 13.000 Metern Sondenlänge, Wärme- und Kälteleistung je 1 MW
 - Einzigartige dynamische Ansteuerung zur bestmöglichen Bewirtschaftung des Untergrunds
 - Rasenheizung Wildparkstadion, Karlsruhe
 - Eisfreihaltung öffentlicher Plätze, Flughäfen etc.



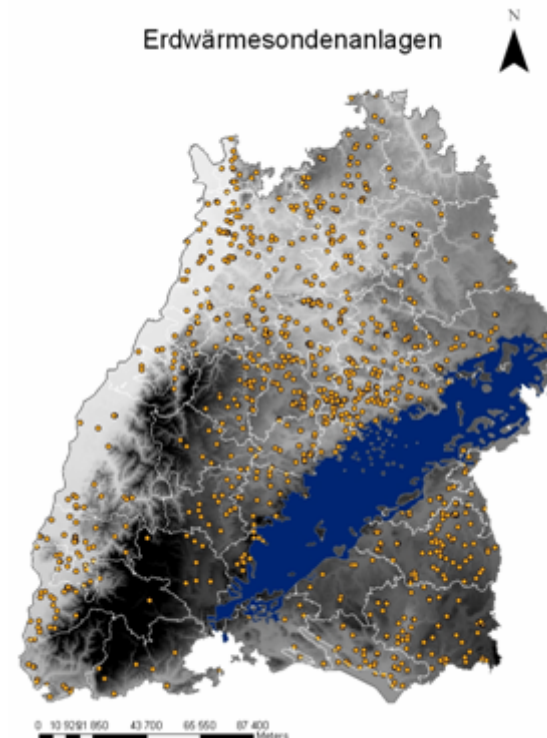
Erdwärme in wasserwirtschaftlich sensiblen Regionen: CO₂-Erdwärmesonde Triberg & Newfill

Wasserschutz vs. Geothermienutzung

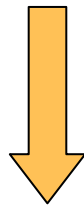
- knapp die Hälfte aller Baden-Württemberger leben in Gebieten, in denen herkömmliche Erdwärmesonden wegen des Grundwasserschutzes nicht erlaubt werden
- CO₂-Sonden und neu entwickelte Hinterfüllmaterialien bieten hier einen Ausweg

Projektstatus

- erste Geländeversuche mit dem neuen Hinterfüllmaterial belegten die Funktionalität
- die CO₂-Sonde in Triberg läuft seit wenigen Monaten, im Januar erfolgt die offizielle Inbetriebnahme
- Projektabschluss jeweils in 2008



- Wälder stellen gewaltige C-Speicher dar
- Durch die Photosynthese wird beim Pflanzenwachstum CO₂ der Atmosphäre entzogen und in organische C-Verbindungen überführt
- ca. 50% des C werden dabei langfristig im Boden eingelagert (sequestriert)



neue Wälder (Aufforstungen) in tropischen Zonen und der Schutz bestehender Wälder könnten helfen, CO₂ der Atmosphäre zu entziehen und damit den Klimawandel zu verhindern



Quelle: Stohr, Alexander (2004)

CDM-Pilotvorhaben Jatropha-Pflanzen auf degradierten Flächen

Neben der energetischen Nutzung von Biomasse stellt der natürliche Zuwachs von Biomasse eine CO₂-Senke dar.

Projekt Jatropha-Pilotprojekt in Madagaskar
mit 3000 ha Anbaufläche

Partner Jatro Solutions GmbH (Uni. Hohenheim)
Green Island SARL, Antananarivo

- › CO₂-Speicherung in Biomasse
- › Verbesserung der Bodenqualität
- › Öl-/Dieselprodukten aus Jatropha-Frucht für heimischen Bedarf
- › Nutzung des CD-Mechanismus des Kyoto-Protokolls

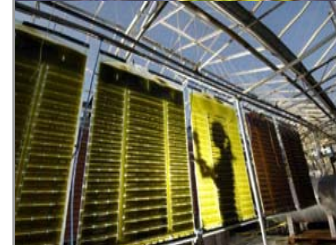
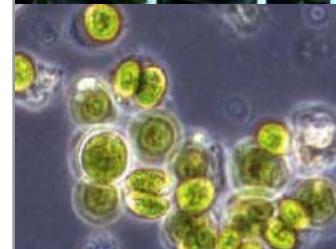
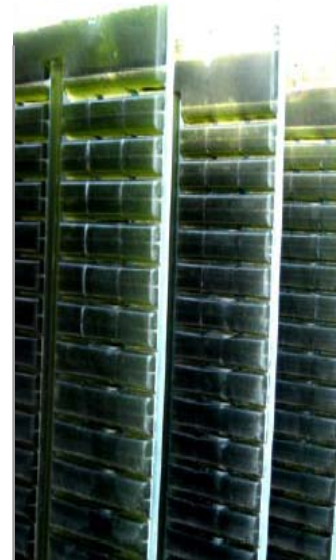


Mikroalgenkultivierung zur CO₂-Bindung

Mikroalgen lassen, verglichen mit Landpflanzen, mehr als zehnfach höhere Biomasseerträge erwarten. Ebenso wie Landpflanzen wachsen Algen in einer CO₂-angereicherten Atmosphäre besser.

- Geplant ist eine Pilotanlage in BW in der das CO₂ eines Biogas-Motoren-BHKW durch eine Mikroalgenzucht gebunden wird.
- Aus Algen können zudem hochwertige Produkte für z.B. die Pharmaindustrie oder Nahrungsergänzungsmittel gewonnen werden. Die Produktion von Algenöl/-biodiesel ist ebenfalls möglich
- Ideale Standorte verfügen jedoch über höhere Sonneneinstrahlungen als in D-Land üblich

Quelle: Subitec GmbH



Wege in die Energiezukunft:

Erneuerbare Energien in der Energieforschung der EnBW

EnBW

- Eine nachhaltige Energieversorgung ist erreichbar durch Innovationen, heute und in Zukunft:
 - Steigerung der Energieeffizienz
 - in allen Bereichen
 - Weiterentwicklung aller Energieträger
 - Neue Energien
 - Neue Technologien