



# Tiefengeothermie - Technik und Wirtschaftlichkeit -

TU München  
Lehrstuhl für Energiesysteme, Prof. Dr.-Ing. H. Siplerhoff

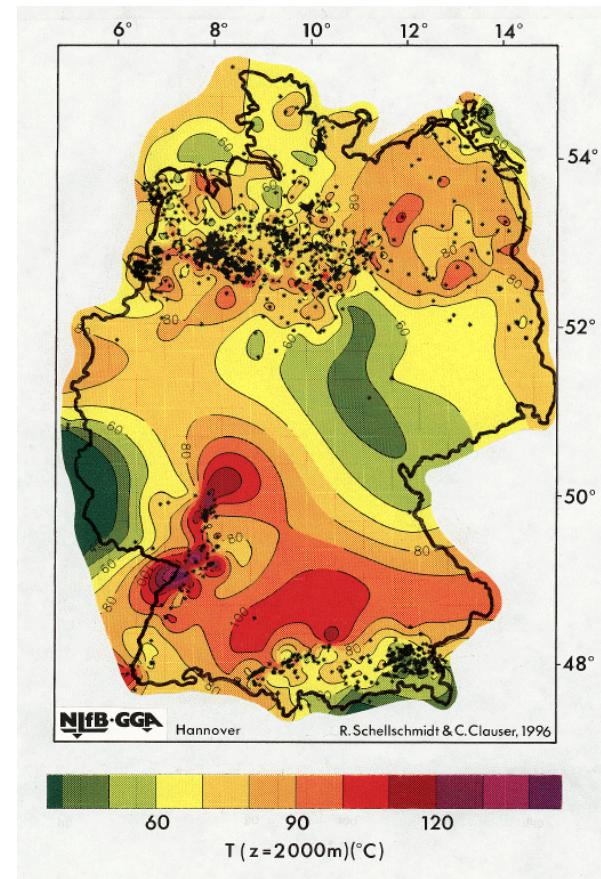
Dr. Thomas Reif, Sonntag & Partner

## Die Themen:

1. Geothermisches Potential und Nutzungsmöglichkeiten
2. Rahmenbedingungen Strom vs. Wärme
3. Wirtschaftlichkeitsanalyse von Geothermieprojekten
4. Technik und Ökonomie – Stromerzeugung
5. Technik und Ökonomie – Wärmeverversorgung
6. Überblick ökonomische Merkmale bei Strom und Wärme
7. Hybride Projekte Strom / Wärme / Biomasse
8. Risiken und deren Absicherung
9. Resümee
10. Über uns

# 1. Geothermisches Potential und Nutzungsmöglichkeiten

## a) Hydrothermale Vorkommen in Deutschland



Quelle: Bayerischer Geothermieatlas

- Kritische Parameter der Umsetzung:
  - Temperatur
  - Fließraten
  - Nachhaltigkeit der Fließraten
- Die Schwierigkeit:
  - Die Erdwärme benötigt ein Transportmedium zur Oberfläche
    - Sehr günstige Voraussetzungen in Südbayern (Molassebecken)
    - günstige Voraussetzungen im Oberrheingraben
    - Noch günstige Voraussetzungen im Norddeutschen Becken

## → Alternativen:

- Hot-Dry-Rock / Enhanced Geothermal Systems / Hot-Fractured-Rock
  - Der Wärmeträger Wasser wird zur Wärme gebracht
- Tiefe Erdwärmesonden
  - Geschlossenes Erschließungssystem
  - Einsatz bei geringer Schüttung
  - Konstantes Temperaturniveau
  - Bsp.: Arnsberg im Sauerland
    - Wärmeversorgung eines Freizeitbades
    - Einsatz von 3 km tiefen Sonden
    - Ca. 75% Deckung des Wärmebedarfs

## b) Temperaturabhängige Nutzungsmöglichkeiten

Temperatur in °C	Anwendung	
> 200 - 120 [100]	Stromerzeugung	
120 [100] - 50	Wärmeversorgung	
50 - 35	Balneologische Nutzung (Thermalwasser)	
35 - 20	Wärmepumpenheizung	Badewasserheizung, Eisfreihaltung (Strassen)
< 20		Natürliche Kühlung

→ Bei Temperaturen von ca. 150°C und 120 l/s kann eine elektrische Leistung von rund 5 MW erzeugt werden.

## c) Geothermische (hydrothermale) Wärmegewinnung

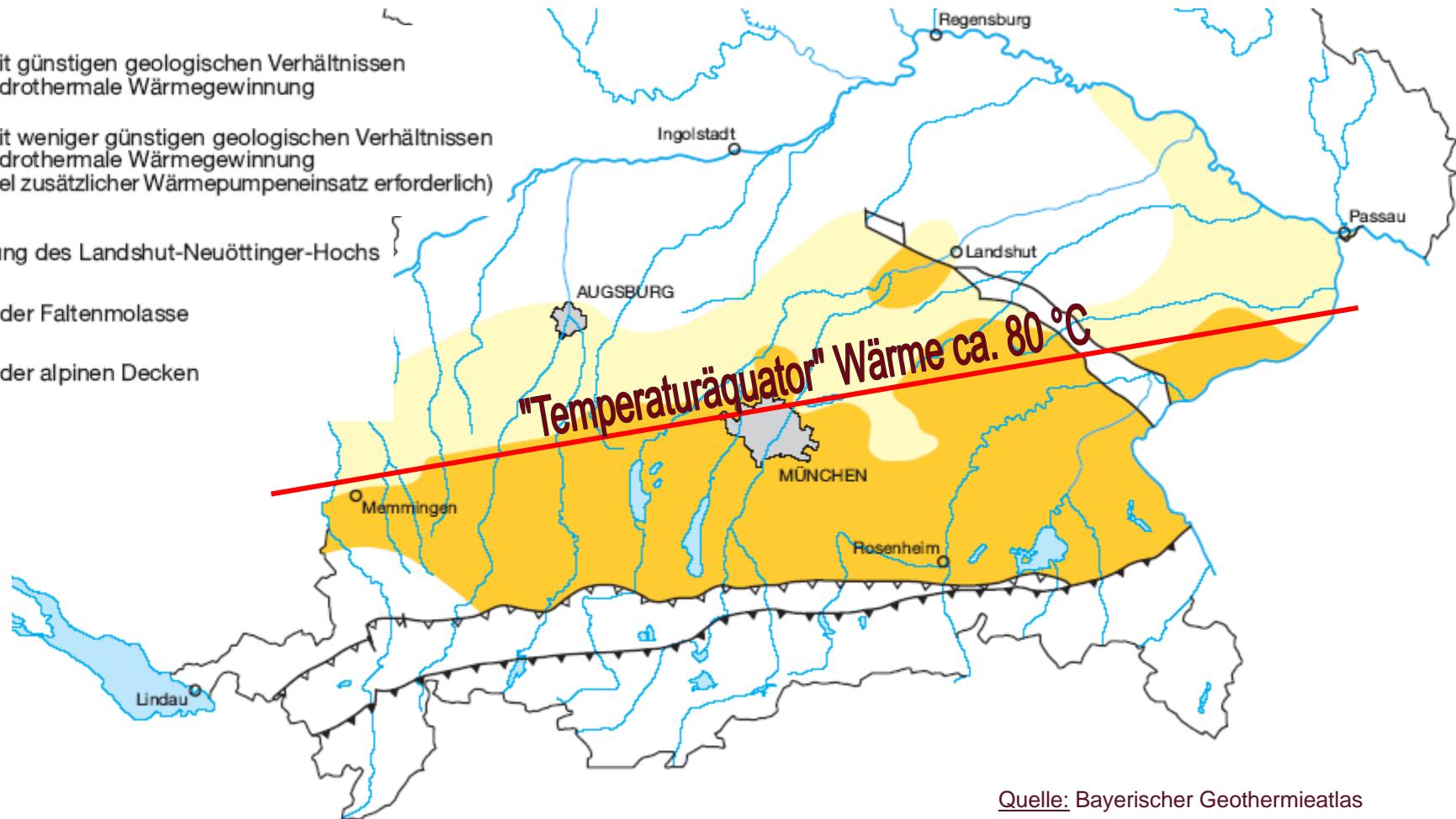
 Gebiete mit günstigen geologischen Verhältnissen für eine hydrothermale Wärmegewinnung

 Gebiete mit weniger günstigen geologischen Verhältnissen für eine hydrothermale Wärmegewinnung (in der Regel zusätzlicher Wärmepumpeneinsatz erforderlich)

— Umgrenzung des Landshut-Neuöttinger-Hochs

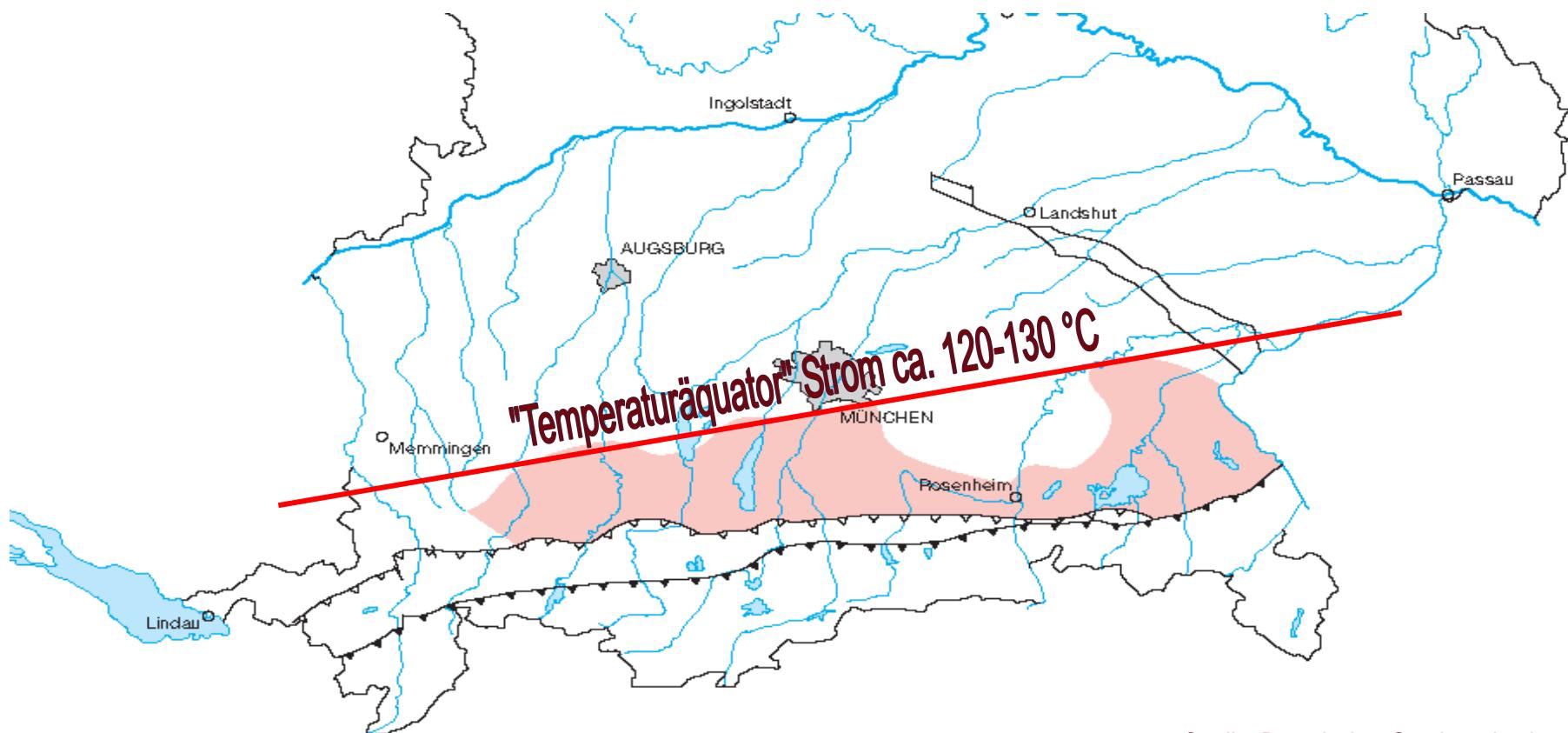
▼ Nordrand der Faltenmolasse

▼ Nordrand der alpinen Decken



Quelle: Bayerischer Geothermieatlas

## d) Geothermische Stromerzeugung



Quelle: Bayerischer Geothermieatlas

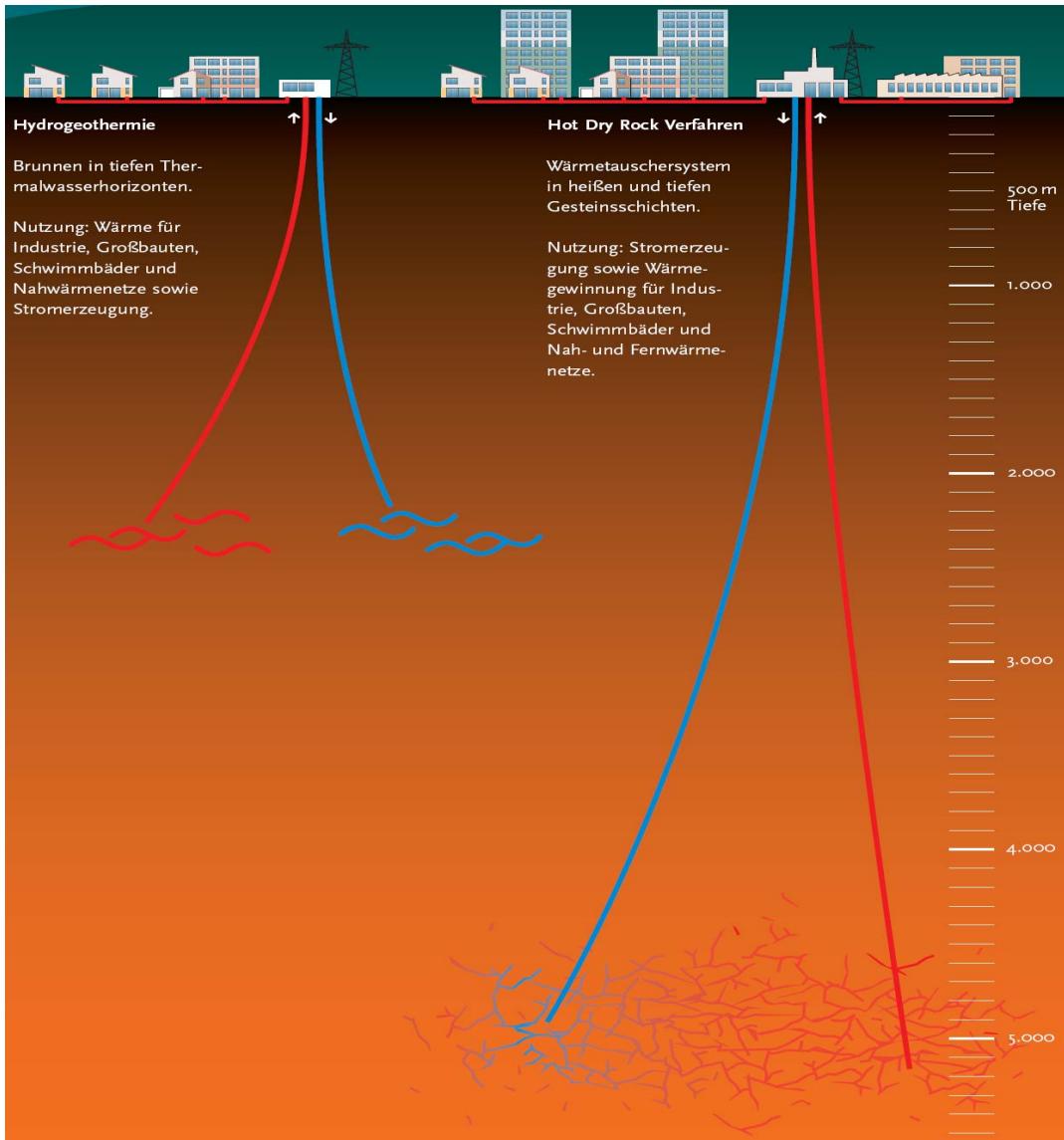
## e) Erschließungstechniken



### Geschlossene Systeme:

- Oberflächennahe Geothermie
- Sonderfall: tiefe Erdwärmesonden (> 400m)

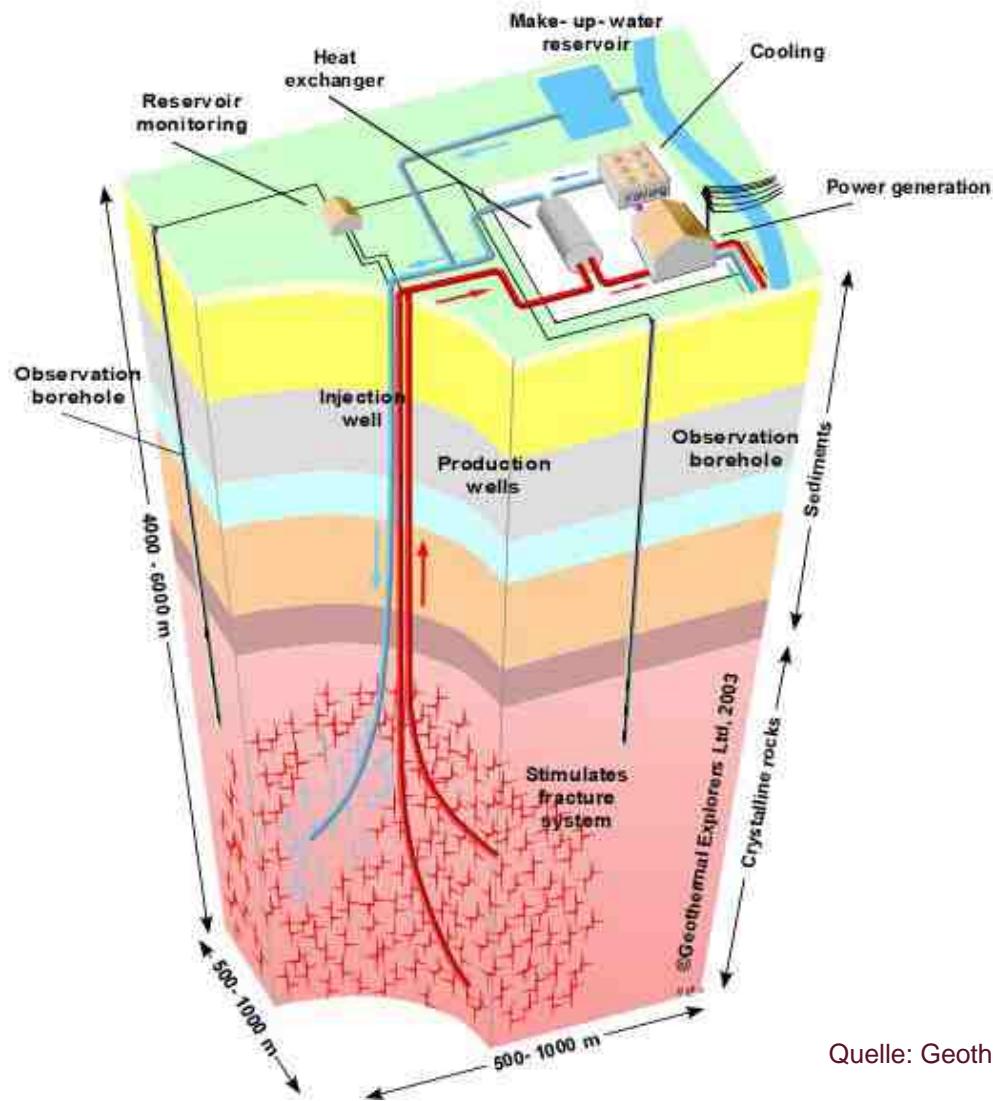
Quelle: fesa e.V. Freiburg



## Offene Systeme: Tiefengeothermie

- Hydrogeothermie
- HDR / EGS / HFR

Quelle: fesa e.V. Freiburg



## Schaubild EGS / HDR / HFR

Quelle: Geothermal Explorers Ltd

## f) Aktuelle Projektsituation (Auszug)

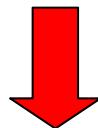
Standort	Zustand	geotherm. Leistung in MW	Nutzung	Temperatur in °C	Schüttung in l/s	Teufe in m
<b>Erding</b> (Bayern)	Betrieb	8,0	Fernwärme, Balneologie	65	55	2.200
<b>München Riem</b> (Bayern)	Betrieb	9,0	Fernwärme	90	64	2.747
<b>Pullach</b> (Bayern)	Betrieb	5,2	Fernwärme	102	30	3.443
<b>Simbach-Braunau</b> (Bayern)	Betrieb	7,0	Fernwärme	80	80	1.942
<b>Straubing</b> (Bayern)	Betrieb	4,0	Fernwärme, Balneologie	37	45	825
<b>Unterhaching</b> (Bayern)	Betrieb	30,0	Fernwärme, Stromerzeugung	120	118	3.446
<b>Unterschleißheim</b> (Bayern)	Betrieb	13,0	Fernwärme	81	90	1.960
<b>Neubrandenburg</b> (Mecklenburg-Vorp.)	Betrieb	3,8	Fernwärme	53	28	1.267
<b>Neustadt-Glewe</b> (Mecklenburg-Vorp.)	Betrieb	7,0	Fernwärme, Stromerzeugung	95	35	2.320
<b>Aschheim, Feldkirchen, Kirchheim</b> (Bayern)	Bau	5,5 (geplant)	Fernwärme	83	50	ca. 2.500
<b>Unterföhring</b> (Bayern)	Bau	4,8 (geplant)	Fernwärme	81	48	ca. 2.500

Quelle: GeotIS,  
Geothermische  
Vereinigung

## 2. Rahmenbedingungen Strom vs. Wärme

### a) Eckdaten

Geothermische **Stromerzeugung**  
(primär: „Renditeüberlegung“)



EEG-Einspeisevergütung

vom Stromkunden  
subventionierte  
Energie mit festen  
Vergütungssätzen  
**grundlastfähig!**

Geothermische **Wärmeversorgung**  
(primär: „Infrastrukturüberlegung“)



vereinbarter Wärmetarif

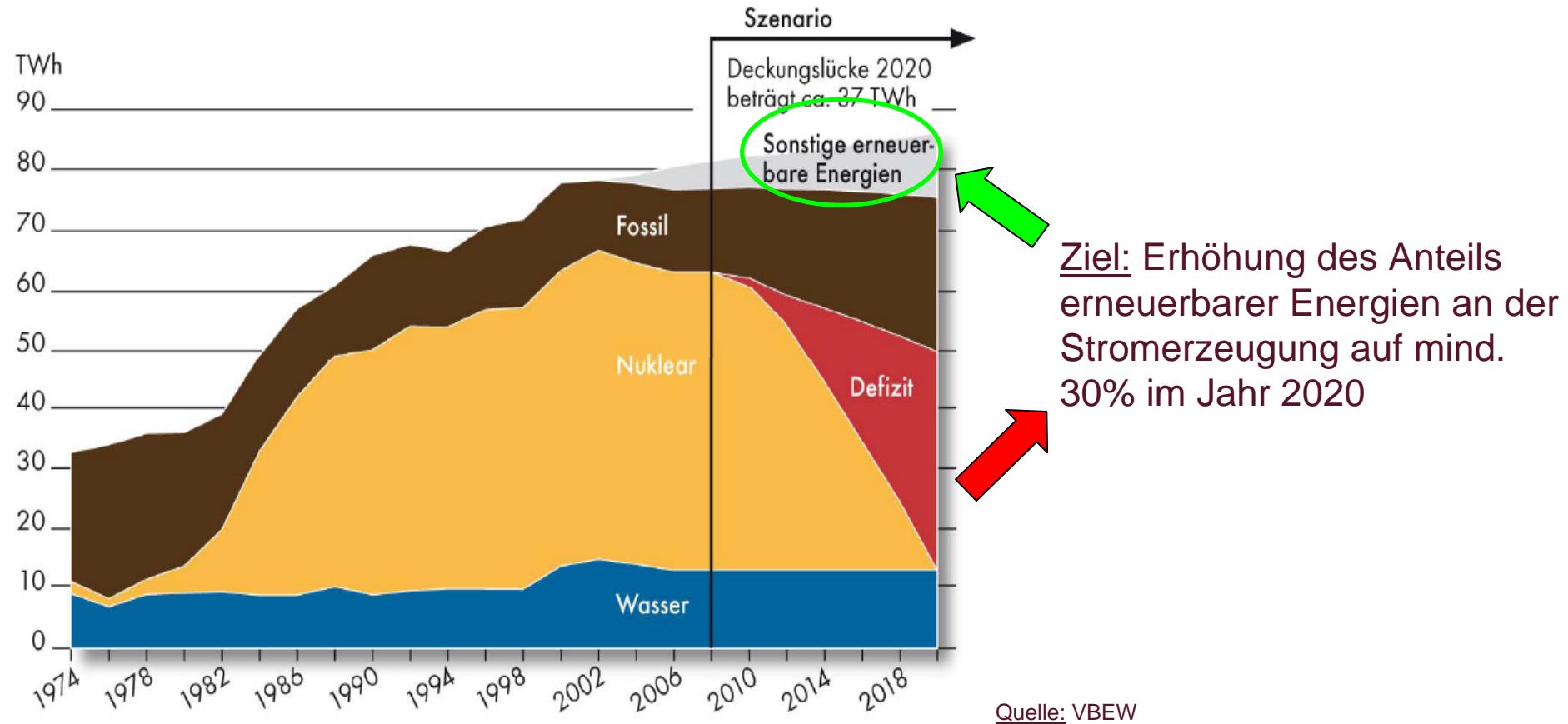
„marktgängiger“  
Preis im Hinblick  
auf Wettbewerbsenergien  
Öl, Gas, Biomasse etc.  
**„subventionsfrei“**

## b) Energieverwertung: Nutzung von 1 MWh thermisch

	Strom	Wärme
Wirkungsgrad	13% (gute Konstellation)	95%
Erlös / MWh	200 €	35 € (marktabhängig)
Wertschöpfung	<b>26,00 € (sinkend)</b>	<b>33,25 € (steigend)</b>

- Energiepotential wird bei Wärme besser genutzt!
  - Wertschöpfung bei Strom konstant bis sinkend, bei Wärme steigend!
  - Wärmenutzung - soweit Netzaufbau wg. **Kundenpotential** möglich - ökologisch und ökonomisch vorteilhaft!
  - Stromerzeugung aber unabhängig von **Siedlungsdichte** möglich
- Im Zweifel / bei knapper Geothermieressource: **Wärme vor Strom!**

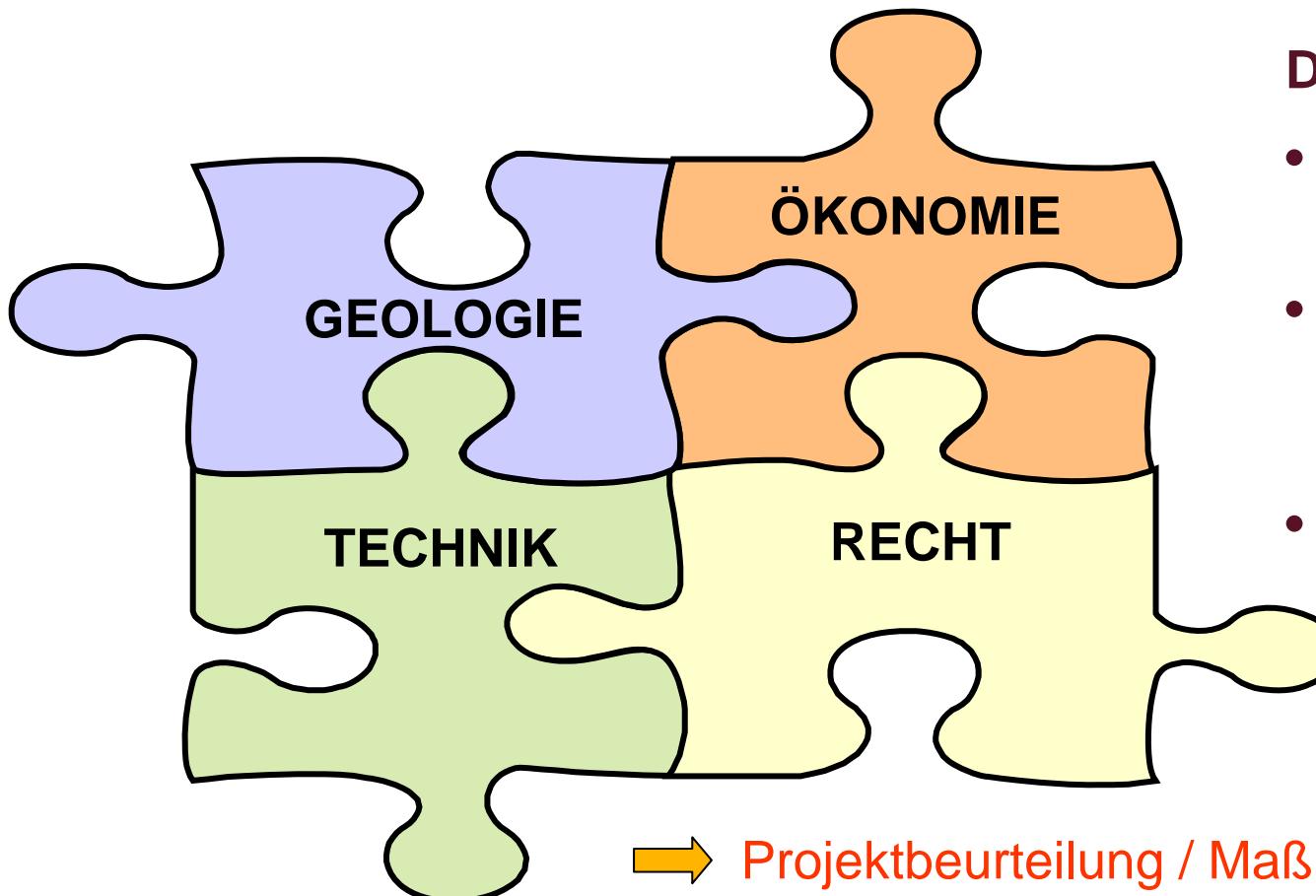
### c) Entwicklung der Stromerzeugung in Bayern (Stand 2008)



## d) Einige Entscheidungskriterien für den Projektzuschnitt

- Energieversorgungsziel: Wärme und / oder Strom?
  - Aufsuchungserlaubnis vorhanden oder erwerbbar, ggf. durch Beteiligung?
  - Welches Temperaturniveau ist im Aufsuchungsfeld zu erwarten?
    - Eignung zur Wärmeversorgung? Ggf. hybrid mit Biomasse? Stromproduktion?
    - Lassen sich Kraft- und Wärmeprozess rentabel kombinieren?
    - „Heiße“ Erdwärme oder Kraftwerksabwärme für die Wärmeversorgung?
  - Welche Tiefen müssen erschlossen werden (Bohrkosten!)?
    - Lassen sich die Bohrungen allein über die Wärmeversorgung amortisieren?
    - Existiert die kritische Kundenmasse für die Wärmeinfrastruktur?
  - Eigenfinanzierung durch die Kommune oder PPP?
- **Der konkrete Geothermie-Projektzuschnitt ist stets Maßarbeit!**

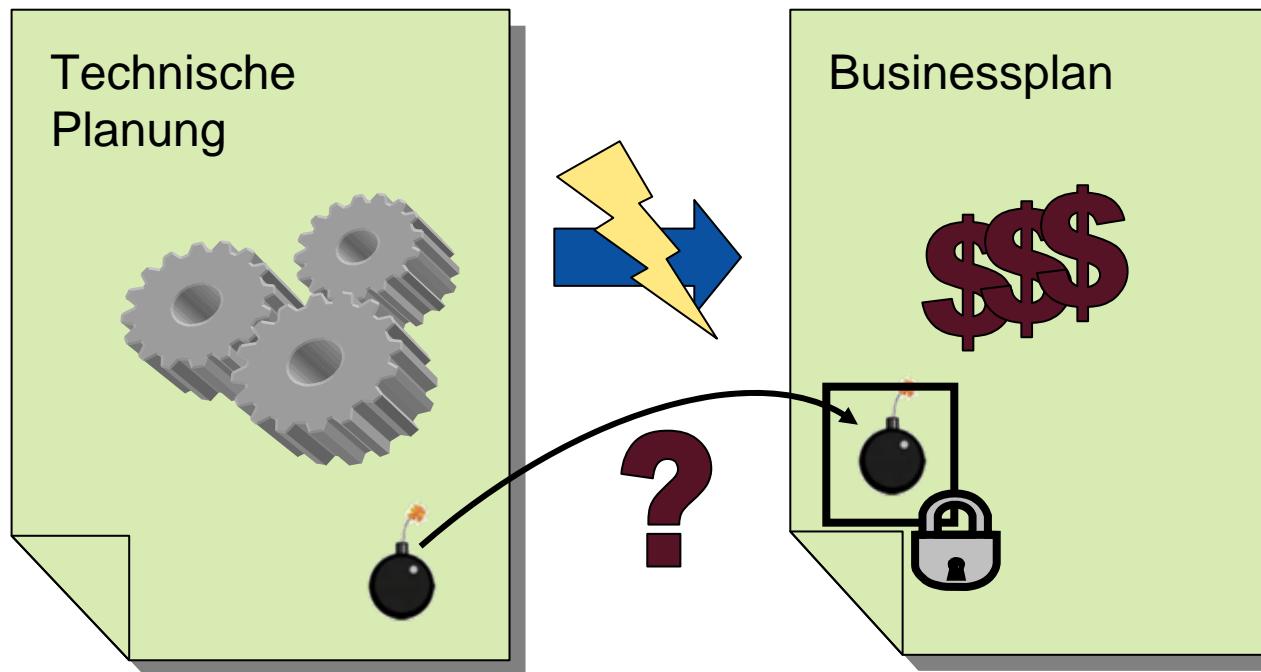
### 3. Wirtschaftlichkeitsanalyse von Geothermieprojekten



#### Die Herausforderung:

- Das Gesamtprojekt verstehen
- Die Wechselwirkungen zwischen den Disziplinen abbilden
- Parametervariationen simulieren

## Ist die technische Planung auch im Businessplan abgebildet?



## Der Businessplan / Projektwirtschaftlichkeit

- Die Annuitätsrechnung nach **VDI 2067** ist nicht geeignet, die komplexe Projektökonomie und Risiken im Zeitablauf transparent zu machen
- Mindeststandard:  
**integrierte Finanzrechnung**
  - Cashflow Rechnung
  - Bilanz sowie Gewinn- und Verlustrechnung
  - Investitions- und Finanzplanung
- Wünschenswert:  
**Vollintegrierte technisch / ökonomische Projektsimulation**
  - Einschließlich Geologiemodul
  - Einschließlich Technologiemodul
  - Einschließlich Wärmeproduktions- und -absatzmodul

- Die Maßstäbe / Prüfung:
  - Handwerklich in Ordnung?
    - Rechenkreise geschlossen?
    - Laufen die Variationen durch etc.?
    - Kennzahlen / Auswertungen richtig gerechnet?
  - Realistische Annahmen / Bandbreitenbildung?
  - Werden alle Einzelaspekte (Geologie, Technik, BWL etc.) abgebildet?
  - Konsistenz der Detailplanungen / -disziplinen mit dem Businessplan?
  - Szenario- / Simulationsfähigkeit gegeben?

## Projektrentabilität - Erfolgsgrößen

- **Erlöse**
  - Stromabsatz (incl. Boni)
  - Wärmeabsatz
- **EBITDA** (Ergebnis vor Zinsen, Steuern und Abschreibungen)
  - Cash-orientiert
  - durch Finanzierungsstruktur nicht beeinflussbar („objektive“ Ausgangsgröße)
- **EBIT** (Ergebnis vor Steuern und Zinsen)
- **EBT** (Ergebnis vor Steuern)
- **Kapitaldienst** (Darlehenstilgungen + Zinsaufwendungen)
- **FCF** (Free Cashflow = EBITDA – Investitionen)

## Projektrentabilität - Kennzahlen

- **Internal Rate of FCF**

- Interne Verzinsung des FCF
- Vergleich der internen Projektrendite mit der Ø erwarteten Mindestverzinsung der Kapitalgeber (WACC) möglich → „value spread“ erzielbar?

→ Die Investorensicht: lohnt sich der Einstieg ins Projekt?

- **Schuldendienstdeckungsgrad**

- FCF / Kapitaldienst
- Zeitdauer der Erbringung des jährlichen Kapitaldienstes durch den FCF

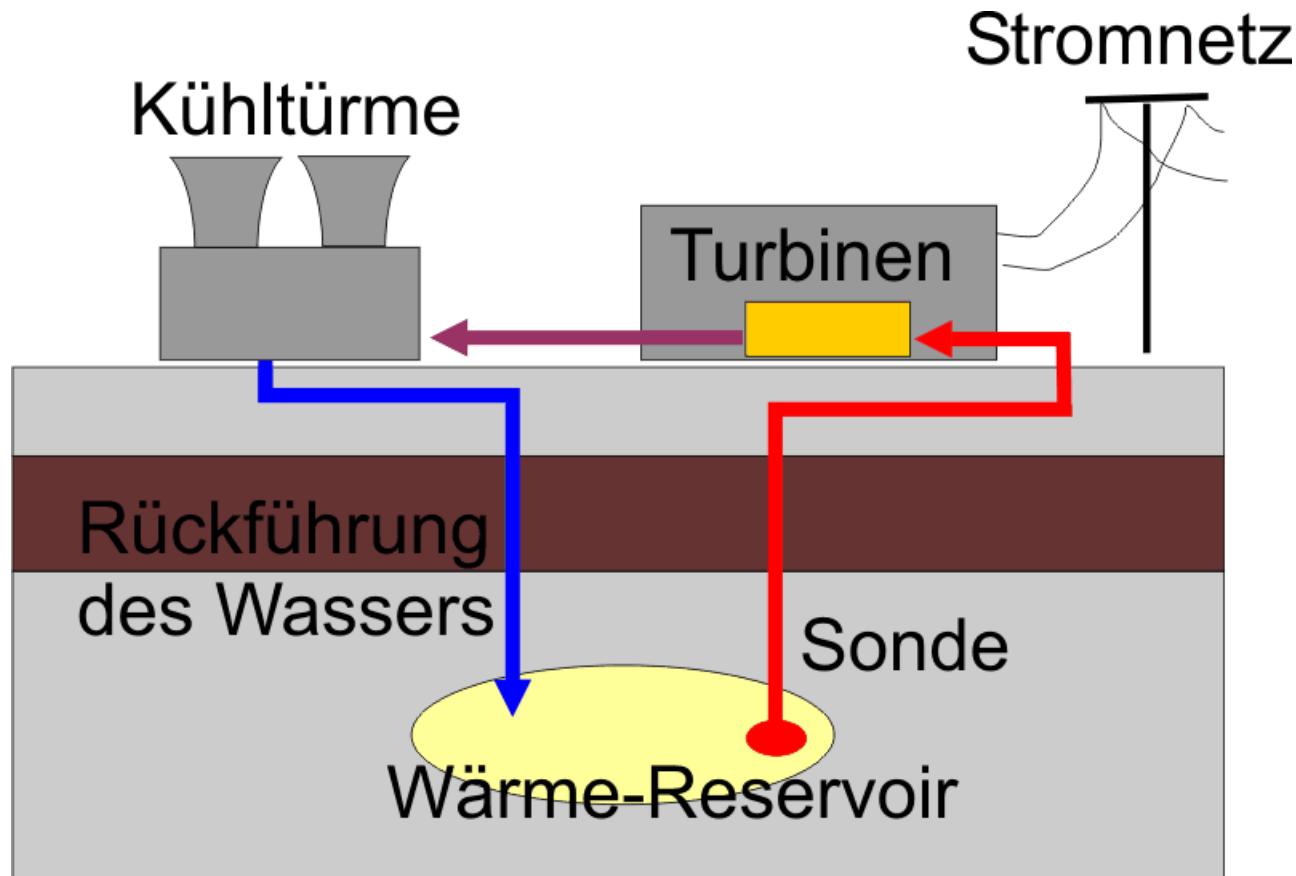
→ Die Bankensicht: kann das Projekt / der Kunde uns bedienen?

Typischer Wunschkfaktor: > 1,5

- **Gesamtkapitalrendite**

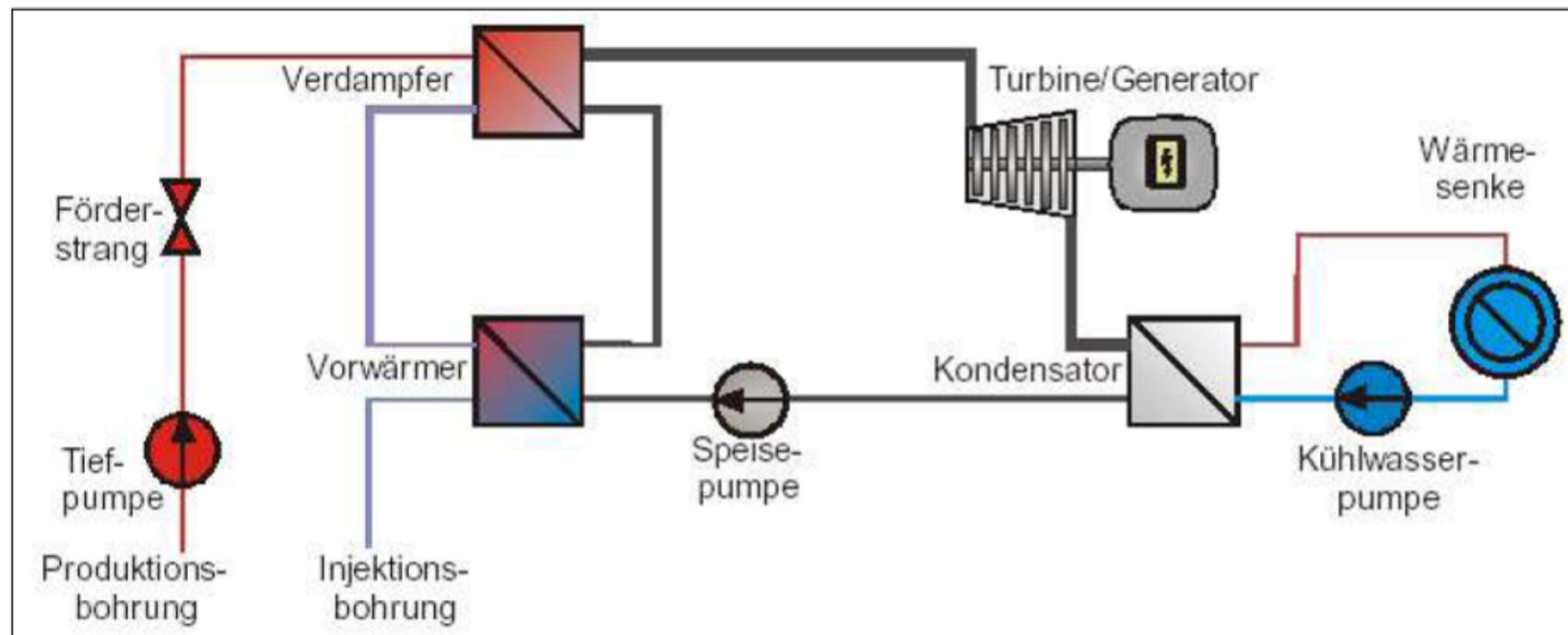
- $(\text{Ergebnis} + \text{Zinsaufwand}) / \text{Gesamtkapital}$

## 4. Technik und Ökonomie - Stromerzeugung



- Je nach Druck und Temperatur Wasser- oder Dampfvorkommen
  - Günstig in Hochenthalpielagerstätten  
=> mehrere hundert Grad bei < 2.000m Tiefe
  - Problem in Deutschland: zu niedriges Temperaturniveau für direkte Stromnutzung
  - Lösung: Einsatz binärer Kraftwerkstechniken
    - ORC – Verfahren
    - Kalina-Prozess
- Für rentable geothermische Stromerzeugung mind. 120 °C notwendig!

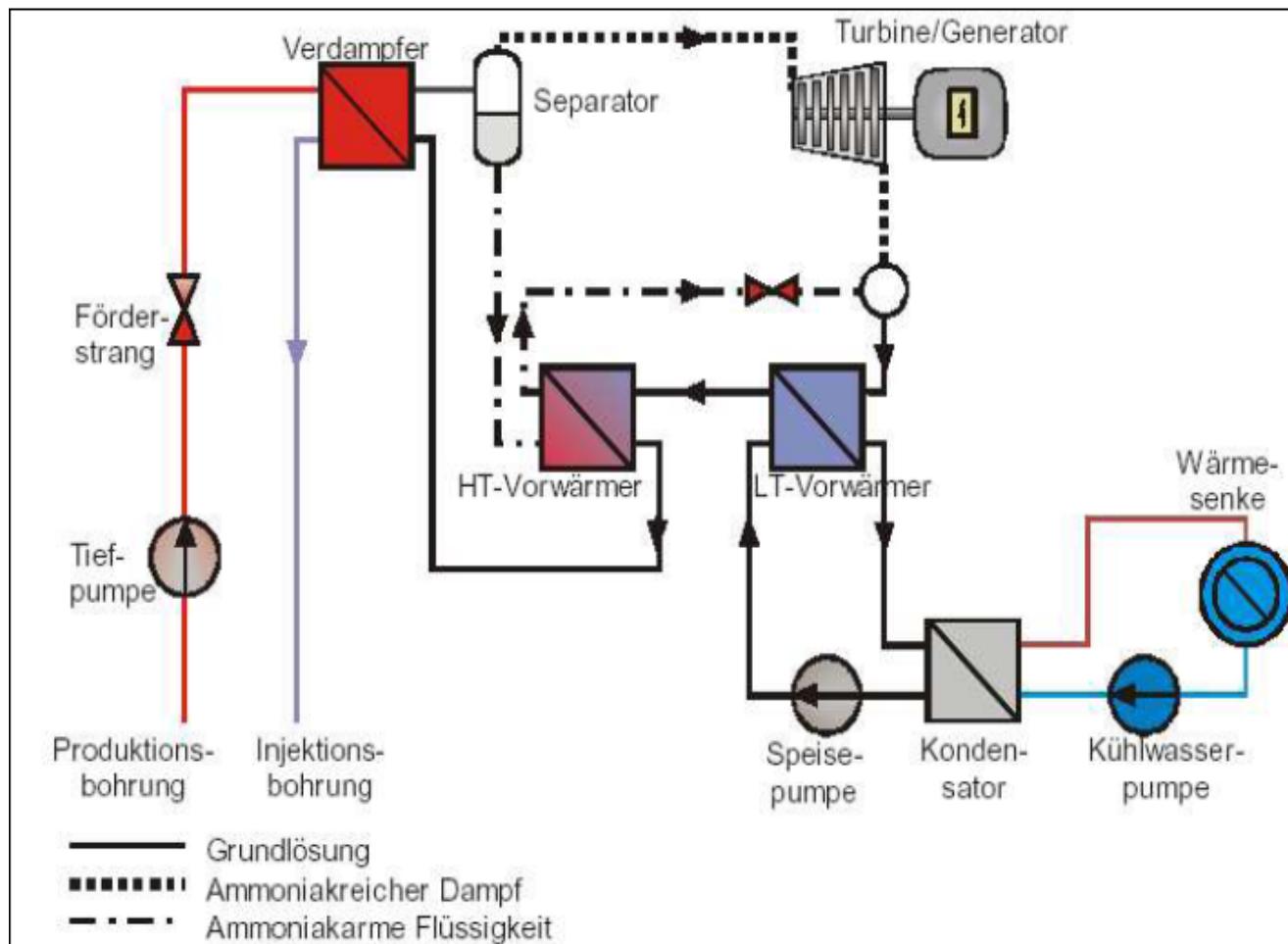
# Organic Rankine Cycle – Verfahren (ORC)



Quelle: COLUMBUS

- Als Arbeitsmittel dienen organische Arbeitsstoffe (i.d.R. Kohlenwasserstoffe)
- Durch die Verdampfung des erwärmten Mediums wird dem Prozess mechanische Energie entzogen
- Das Arbeitsmittel hat fest definierte Siede- und Kondensationspunkte  
=> Prozessstabilität

# Kalina - Prozess



Quelle: COLUMBUS

- Basiert auf einem Ammoniak-Wasser-Gemisch als Arbeitsmittel
  - Durch Veränderung der Zusammensetzung kein fester Siedepunkt
  - Korrodierende Wirkung des Ammoniaks => hoch legierte Stähle für die Anlagenbauteile erforderlich
  - Notwendigkeit, Technik zur Zusammensetzung der Medien in den Kreisprozess zu integrieren => Steigerung der Komplexität
  - Dennoch: das Gemisch ermöglicht die Anpassung an die tatsächlichen thermodynamischen Bedingungen
- Bei niedrigen Temperaturen höherer Wirkungsgrad als bei ORC

# Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkte Stromerzeugung

## a) Projektparameter

Zeitplan	
Projektstartjahr	2008
KW-Inbetriebnahme	2011
Geologie	
Schüttung in l/s	120
Fördertemperatur in °C	140
Förderhöhe in m/GOK	300
Kraftwerk	
Kreisprozess	ORC
Temperatur nach KW-Prozess in °C	70
Wirkungsgrad Kraftwerk	11,50%
Stromerzeugung Nennleistung in kW	3.961
Investitionen / Finanzierung	
Investitionsvolumen (ohne Reinvest.) ca.	42.200.000
Zufuhr Eigenkapital	16.900.000
nachrichtlich: in % von Investitionen	40%

## b) Investitionen

	2008	2009	2010	
Grundstück	500.000	0	0	
Exploration	3.000.000	0	0	
Bohrplatz	1.000.000	0	0	
Bohrungen	0	24.000.000	0	
Fündigkeitsversicherung / Selbstbehalt / Mehrkosten	4.200.000	0	0	
Kraftwerk (incl. Technik)	0	3.272.000	3.272.000	
Förderpumpe	0	0	600.000	
Pumpenelektrik	0	0	400.000	
Netzanschluss / Infrastruktur	0	0	300.000	
Bau- / Außenanlagen	0	0	500.000	
Kraftwerksgebäude	0	0	500.000	
Schaltanlagen	0	0	200.000	
Wärmeübergabe	0	0	500.000	
<b>SUMME</b>	<b>8.700.000</b>	<b>27.272.000</b>	<b>6.272.000</b>	<b>42.244.000</b>

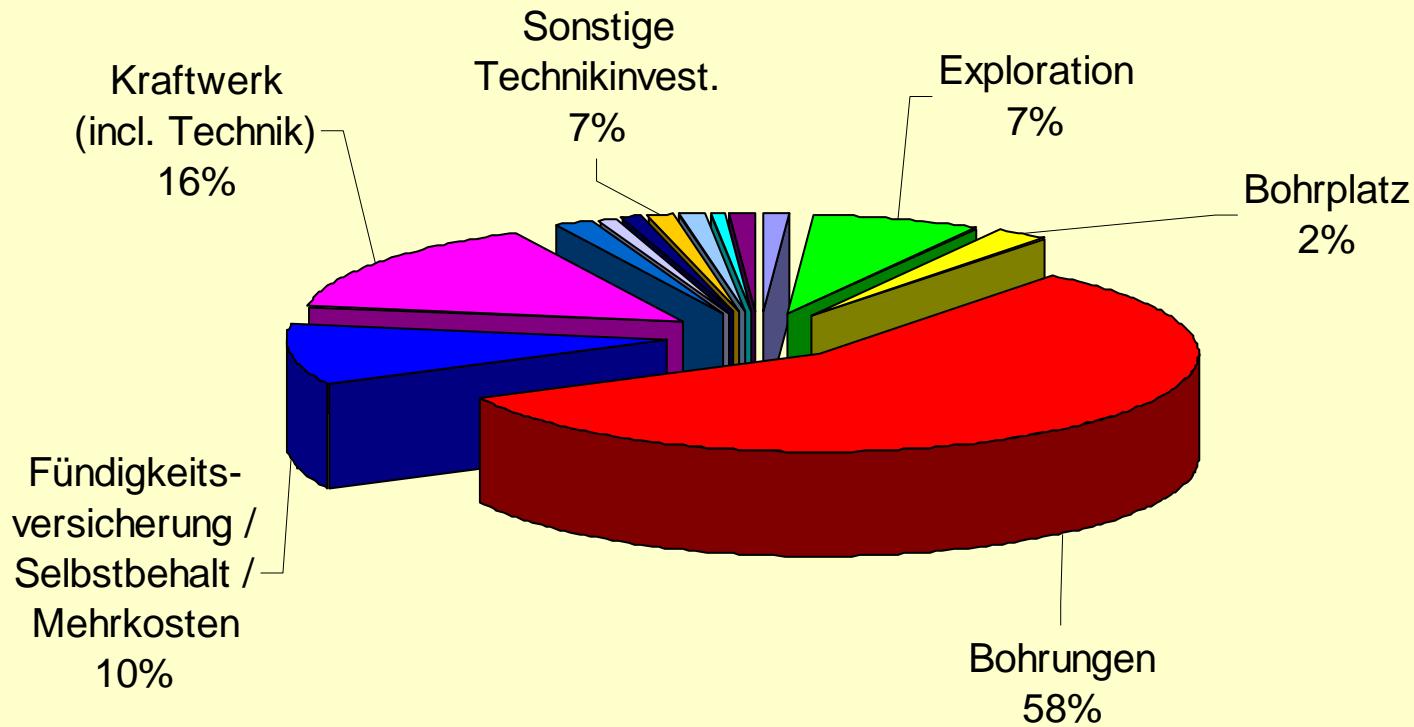
**Beispiel:**

**140 °C  
Fördertemperatur  
120 l/s Schüttung**

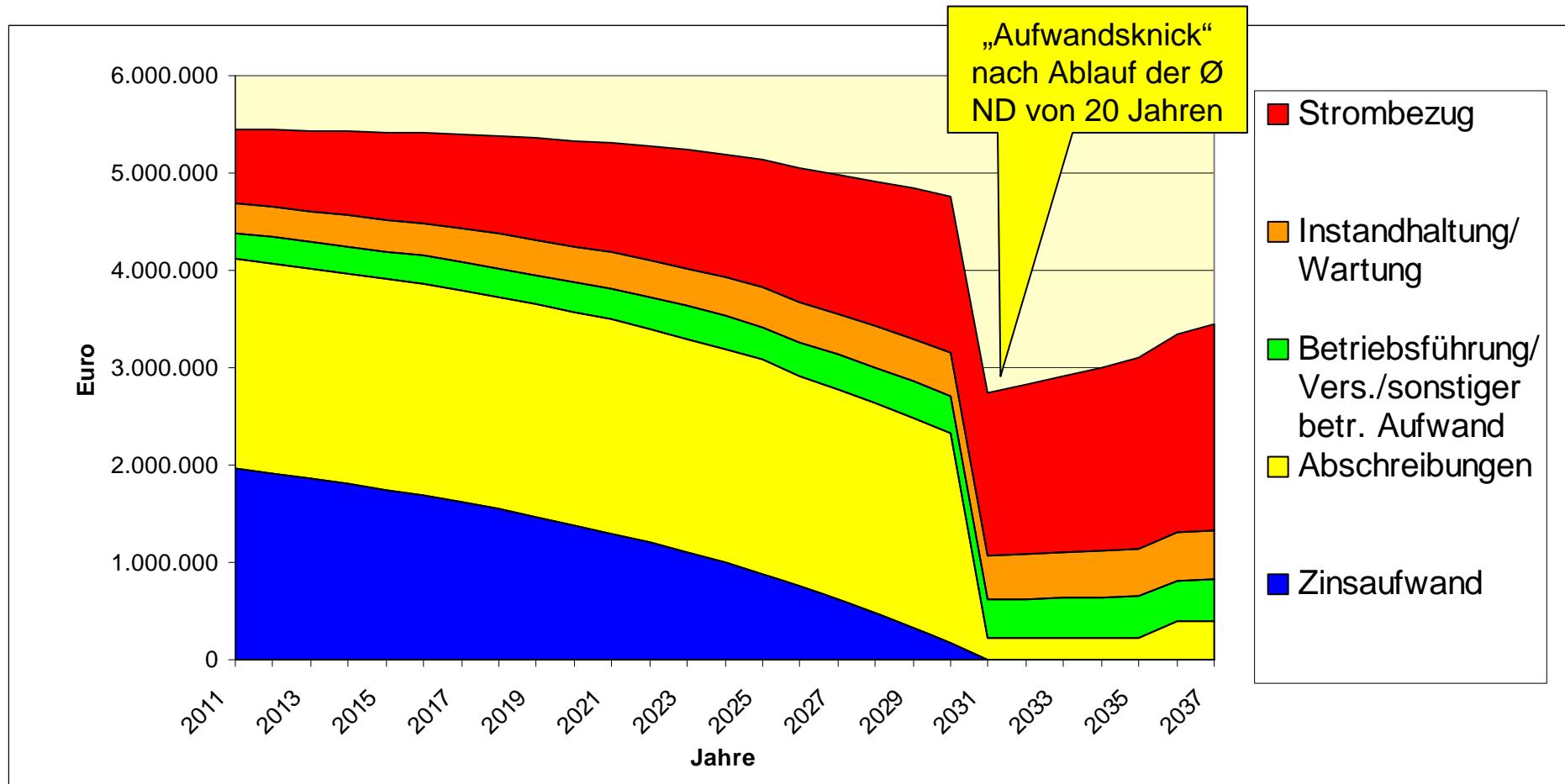
Die wesentlichen Investitionen fallen an für die:

- Exploration
- Bohrungen
- KW-Errichtung

## Aufteilung Investitionen Stromprojekt (ohne Reinvestitionen)



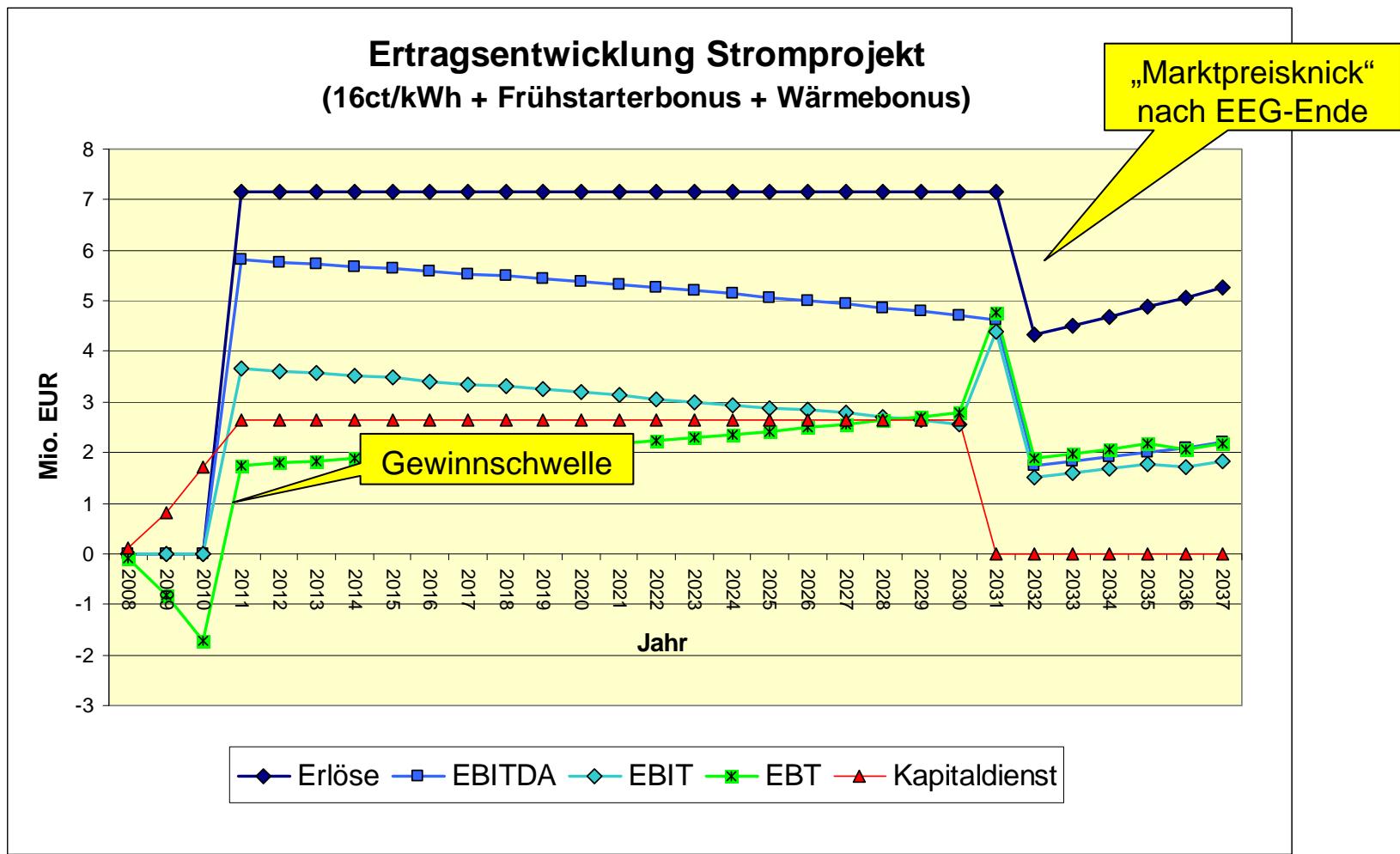
## c) Entwicklung der Betriebsaufwendungen



## d) Erlöse: Einspeiseerlöse EEG

	<b>EEG 2004</b>	<b>EEG 2009</b>
<b>Grundvergütung ct/kWh</b>		
bis 5 MWel	15,00	16,00
bis 10 MWel	14,00	16,00
bis 20 MWel	8,95	10,50
ab 20 MWel	7,16	10,50
<b>Frühstarterbonus ct/kWh</b>		
Inbetriebnahme bis 31.12.2015	-	4,00
<b>Wärmenutzungsbonus ct/kWh</b>		
Anlagen bis 10 MWel	-	3,00
<b>Technologiebonus ct/kWh</b>		
Petrothermale Technik	-	4,00

## e) Projektrentabilität - Erfolgsgrößen



## Verlauf der Erfolgsgrößen – Erläuterung

- **Gewinnschwelle**

- Zeigt das erste positive Projektergebnis vor Steuern
- Erreichung mit dem Jahr der Kraftwerks-Inbetriebnahme

- **Erlöse**

- Konstant gemäß EEG-Vergütung
- Nach 20 Jahren Vergütungszeit entsprechend dem Marktpreis (i.d.R. niedriger als der EEG-Vergütungssatz)

- **EBITDA**

- Jährlich sinkend wegen konstanter Erlöse, aber steigender laufender Betriebsaufwendungen (Material, Personal, Verwaltung und Instandhaltung)
- Nach EEG-Ende jährlich etwas steigend wegen marktbedingter Strompreissteigerungen

- **EBT**

- Jährlich steigend, da die vereinnahmten Erlöse über den gesamten Aufwendungen liegen und v.a. die Zinsaufwendungen sinken

- **Kapitaldienst**

- Bis Ablauf der festgelegten Darlehenslaufzeit von 20 Jahren konstante Zins- und Tilgungszahlungen

→ **Renditen bei Stromprojekten liegen bei ca. 5 – 12%,**

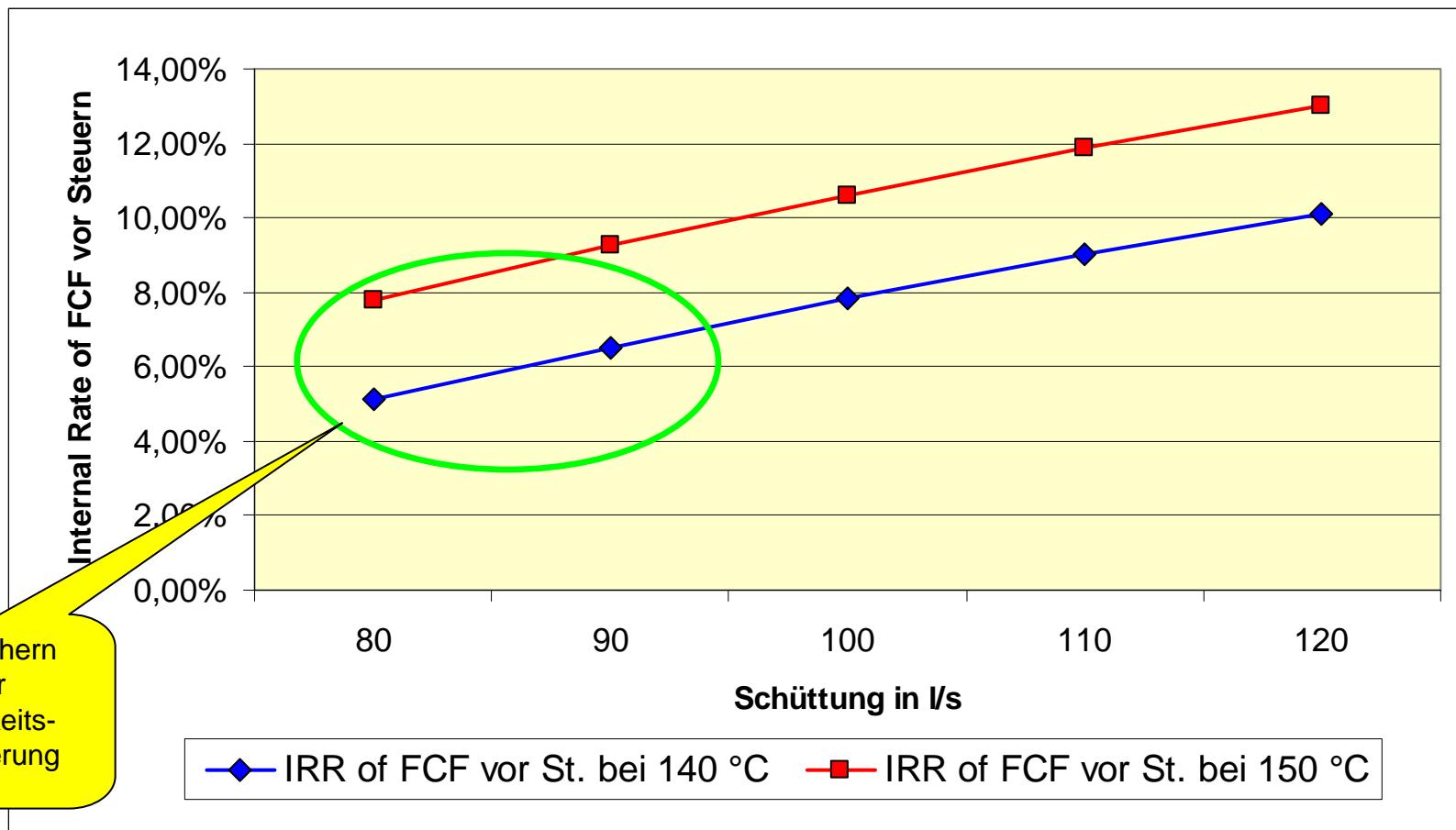
abhängig von

- Standort und Bohrtiefe, also von
- den Temperaturverhältnissen und der Schüttung

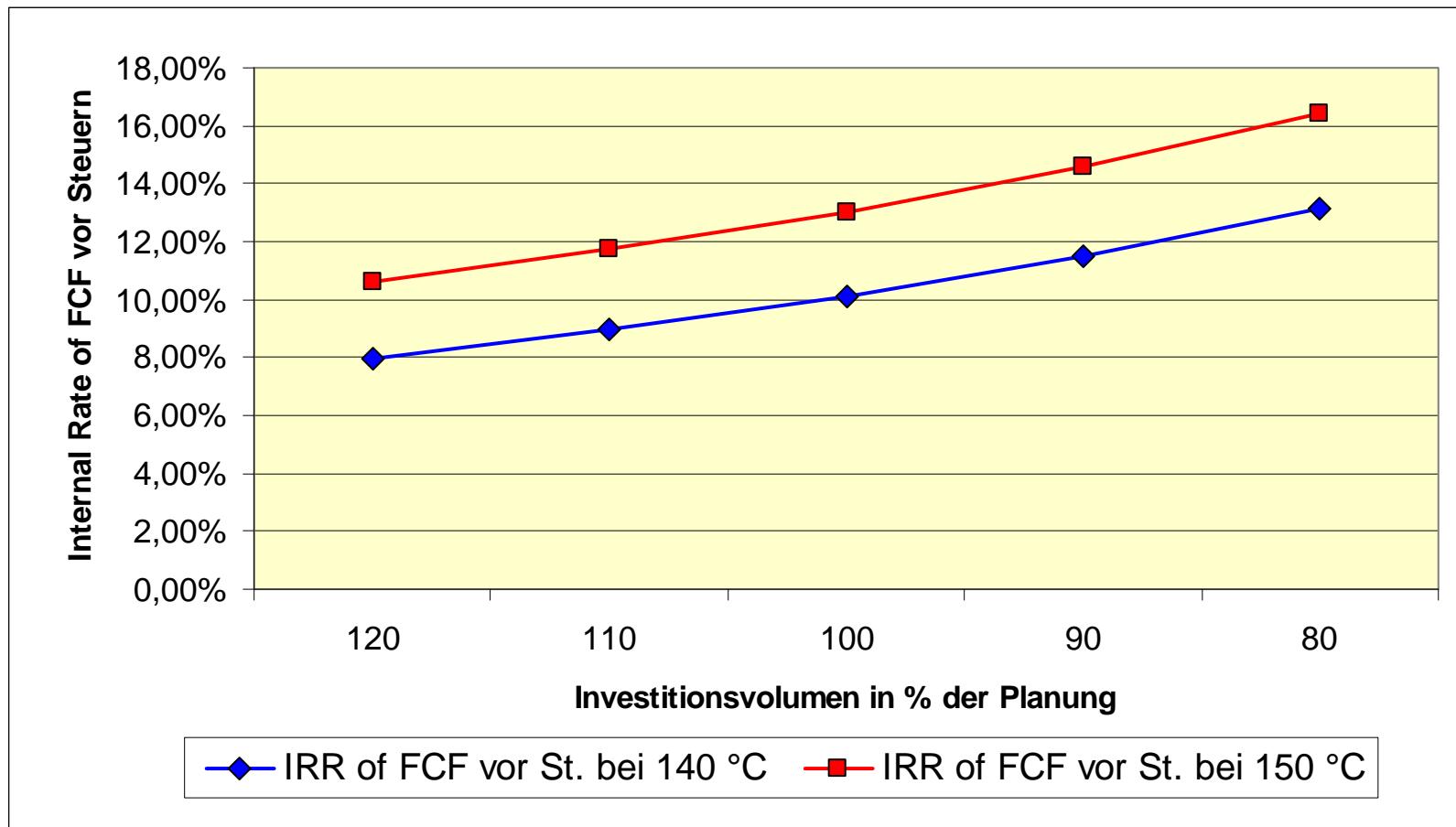
## Kennzahlenauswertung

Betrachtungszeitraum über 30 Jahre	
Internal Rate of FCF vor Steuern	<b>10,13%</b>
Internal Rate of FCF nach Steuern	<b>8,69%</b>
Ø EK-Rendite kapitalgewogen vor Steuern	<b>14,42%</b>
Ø EK-Rendite kapitalgewogen nach Steuern	<b>10,22%</b>
Ø GK-Rendite kapitalgewogen vor Steuern	<b>10,82%</b>
Ø GK-Rendite kapitalgewogen nach Steuern	<b>8,68%</b>

## Abhängigkeit der Rendite von der Geologie



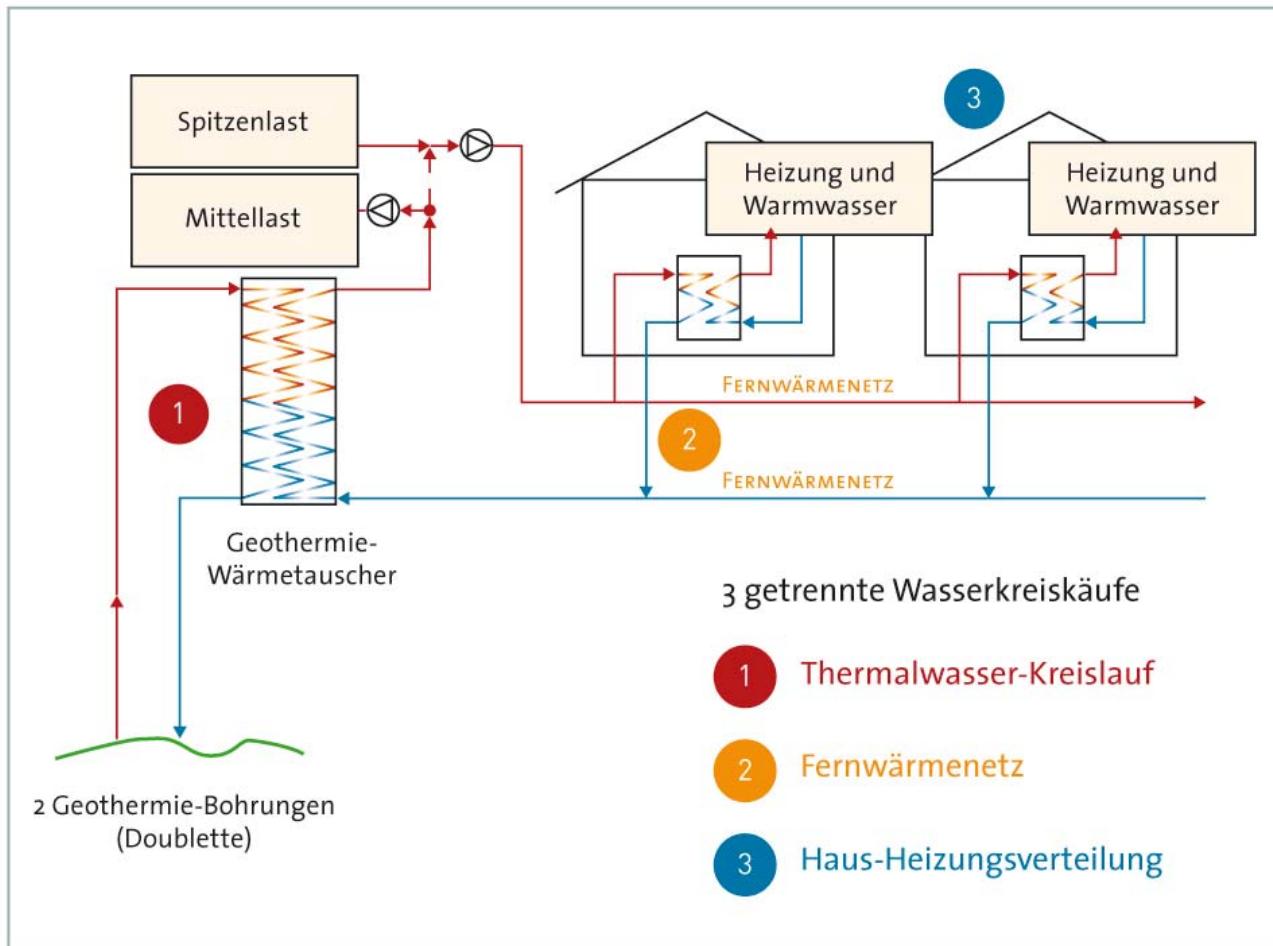
## Abhängigkeit der Rendite von den Investitionen (Schüttung 120 l/s)



## Projekterfahrungen 2008

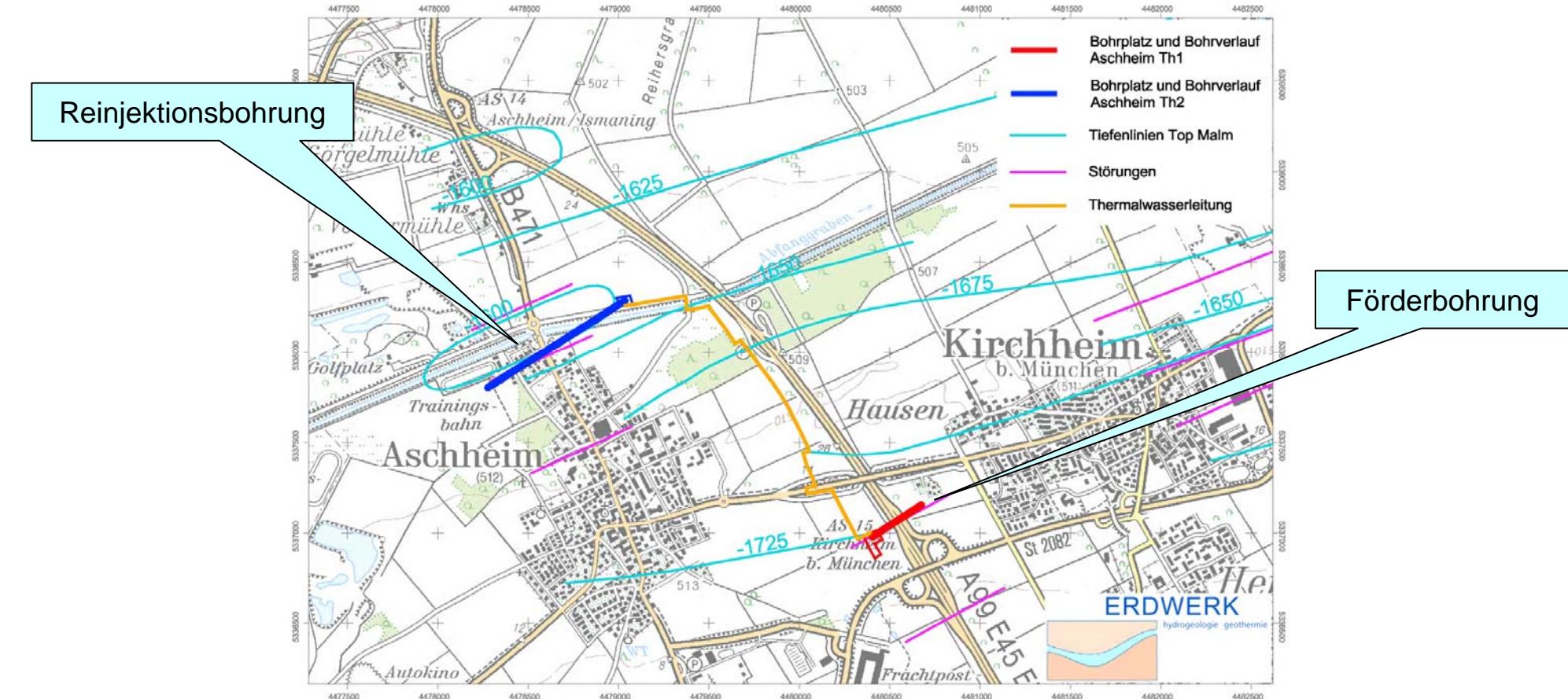
- Gute Projektplanung kostet Zeit und Geld, schlechte Projektplanung kostet noch mehr Zeit und Geld
- Irgendetwas Unvorhergesehenes passiert beim Bohren > 4.000m immer
- Eine Dublette kostet nicht selten deutlich über 20 Mio. €
- Schüttungen > 100 l/s sind selbst in der Molasse keine Selbstverständlichkeit

## 5. Technik und Ökonomie - Wärmeversorgung



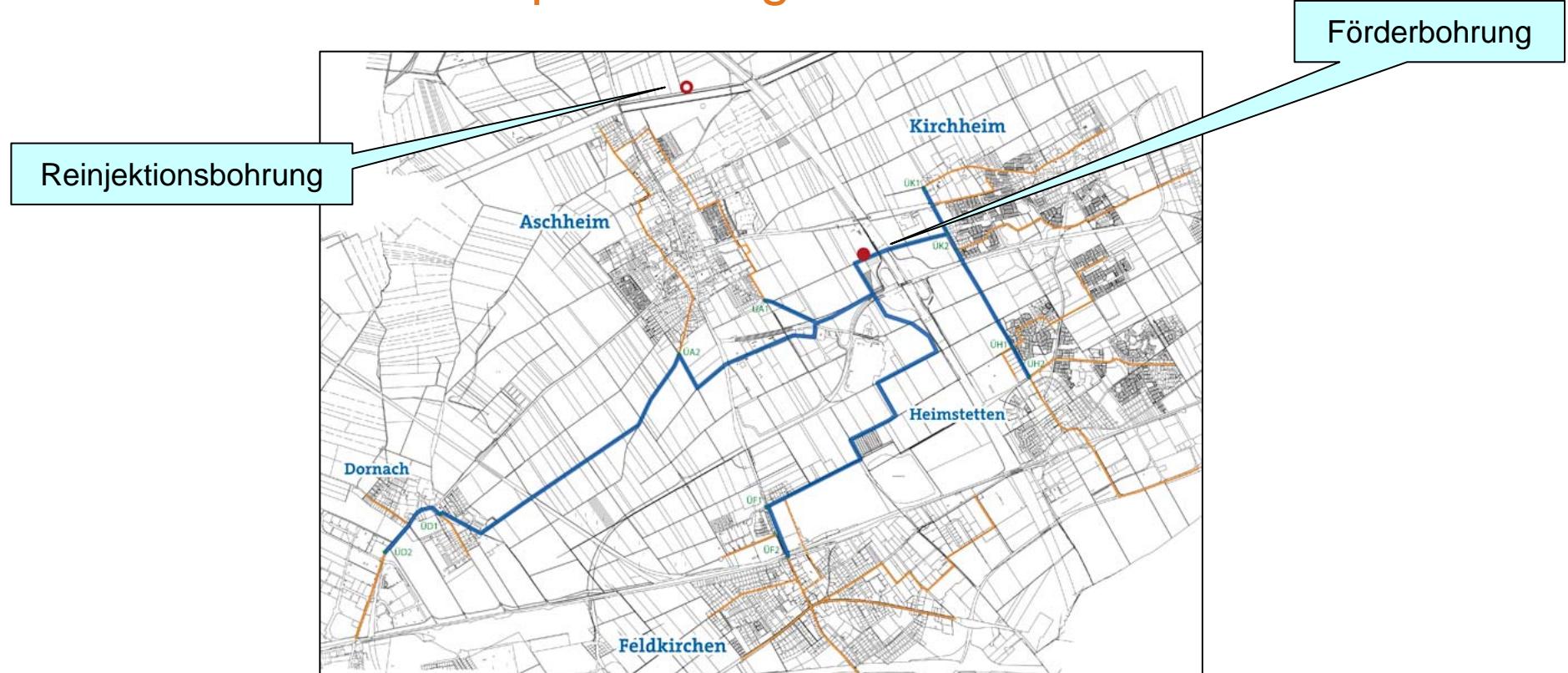
Quelle: AFK Geothermie GmbH

# Bohrplanung AFK



Quelle: AFK Geothermie GmbH

## Fernwärmennetz Transportleitungen



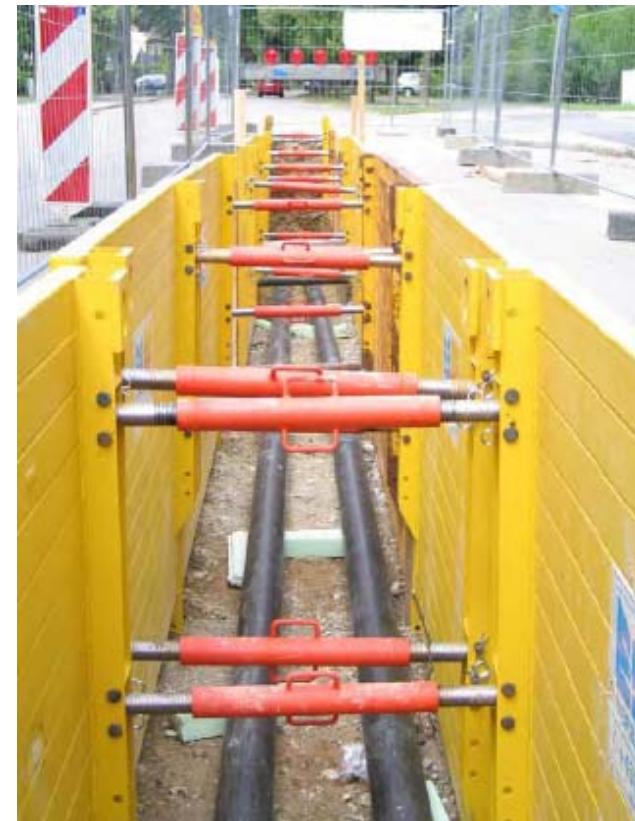
- ➡ Anbindung der einzelnen Orte an die Geothermie-Energiezentrale
- ➡ Verteilung der Wärme innerhalb der einzelnen Orte bis hin zum Endverbraucher

Quelle: AFK Geothermie GmbH

## Verlegung des Fernwärmennetzes



Quelle: AFK Geothermie GmbH



Quelle: AFK Geothermie GmbH,  
GEOVOL Unterföhring GmbH

## a) Projektparameter „Standardprojekt“

<b>Zeitplan</b>	
Projektstartjahr	2008
Beginn Netzbau	2009
<b>Geothermie</b>	
Fördertemperatur in °C	90
Schüttung in kg/s	60
geplantes thermisches Potential in kW	9.553
<b>Mittellastabdeckung</b>	
Einsatz Biomasse	nach 8 Jahren
<b>Absatz</b>	
Anschlussleistung in kW (im Endausbau) ca.	35.000
Wärmeabsatz in MWh (im Endausbau) ca.	65.000
Anzahl angeschlossener Objekte (im Endausbau)	1.000
<b>Investitionen / Finanzierung</b>	
Investitionsvolumen (ohne Reinvest.) ca.	43.400.000
Zufuhr Eigenkapital	19.000.000
nachrichtlich: in % von Investitionen	44%

## b) Investitionen

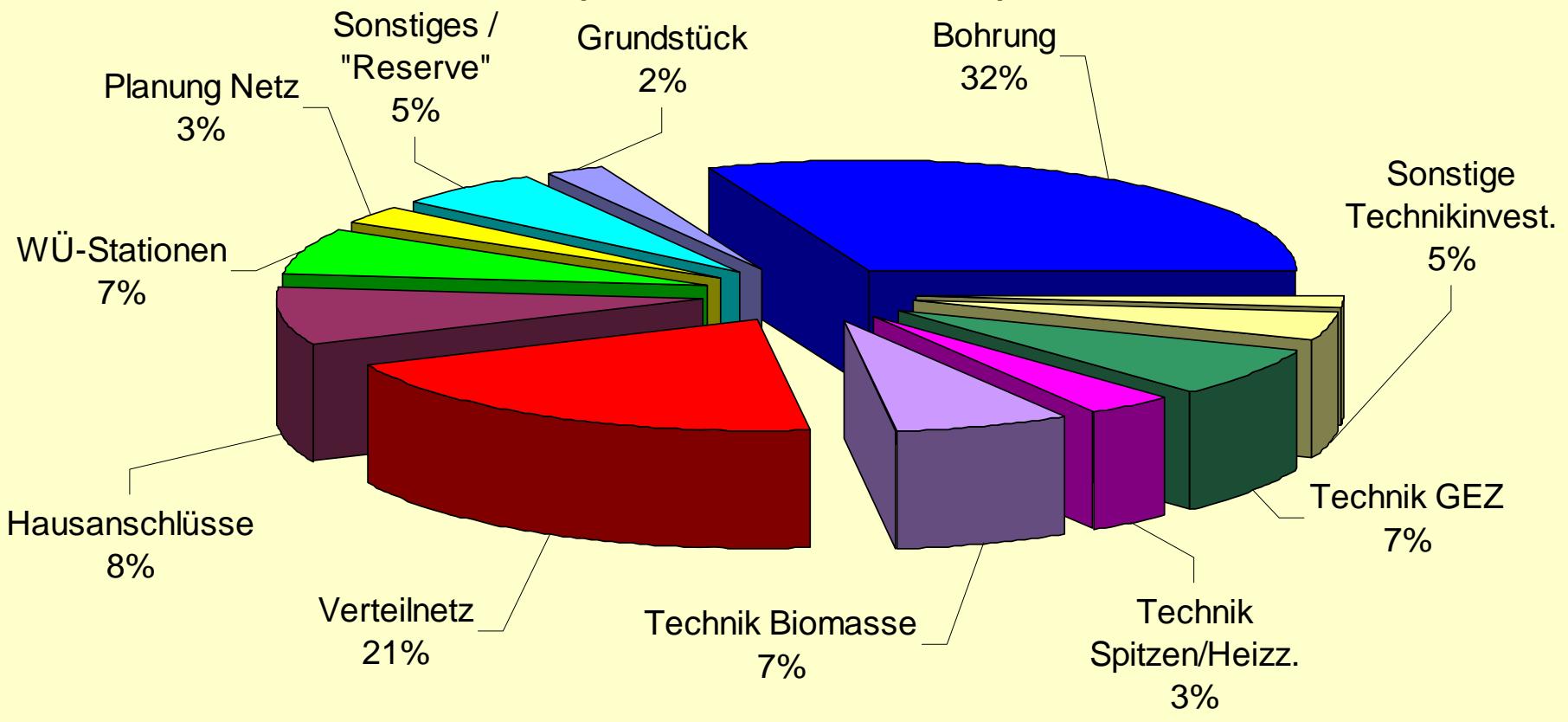
	über 30 Jahre
Grundstück	1.000.000
Bohrung	13.500.000
Thermalwasserpumpen	600.000
Bau / Außenanlagen	1.900.000
Technik GEZ	3.100.000
Technik Spitzen/Heizz.	1.400.000
Technik Biomasse	2.900.000
Verteilnetz	8.800.000
Hausanschlüsse	3.600.000
WÜ-Stationen	2.900.000
Planung Netz	1.300.000
Sonstiges / "Reserve"	2.400.000
<b>SUMME</b>	<b>43.400.000</b>

**Beispiel:**

**90 °C Fördertemperatur  
60 l/s Schüttung**

- Ca. 50 – 75% der Investitionen fallen in den ersten 1 - 3 Jahren an (Bohrung + technische Anlagen + Basisnetz)
- Der Rest fällt in den Jahren 4 - 15 an (Netzausbau)

## Aufteilung Investitionen Wärme Projekt (ohne Reinvestitionen)



## c) Projektdimensionen

Geothermisches Potential in kW				
Schüttung in kg/s	Fördertemperatur in °C			Rücklauf- temperatur in °C
	70	90	110	
50	3.771	7.961	12.151	50
60	4.525	9.553	14.581	50
70	5.279	11.145	17.011	50
<hr/>				
<u>zum Vergleich:</u>	Riem	IEP	AFK	GEOVOL
Potential in MW ca.	10,0	8,0	geplant 5,5	geplant 4,8
Einwohnerzahl ca.	16.000	8.800	25.300	8.500
Anschlusswert Wärmenetz in MW ca.	geplant 40	geplant 15	geplant 77	geplant 30

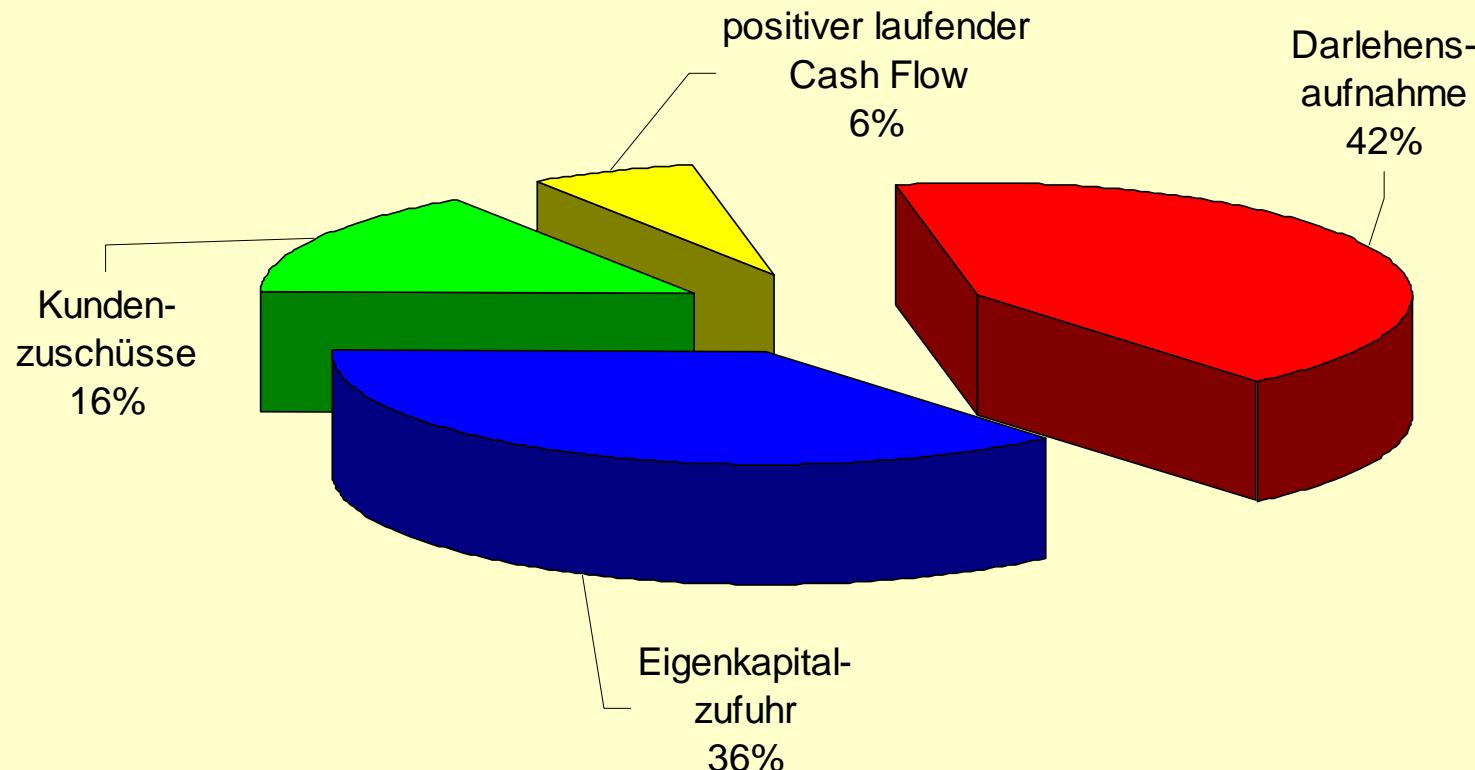
## d) Finanzierung

- Gemeinde → Eigenkapital (mind. Bohrung und negativer Cashflow)
  - Privatinvestoren (ggf. zusammen mit Gemeinde als PPP)
  - Banken → Fremdkapital
  - Kunden (Baukostenzuschüsse, Hausanschlusskostenbeiträge)
  - Fördermittel (Land, Bund, EU, Infrastruktur und Innovationsförderung)
- 💣 Wärmeprojekte derzeit **nicht** zu finanzieren ohne Haftungsübernahme !
- 💣 Restriktionen des EU-Beihilferechts werden gerne verdrängt!

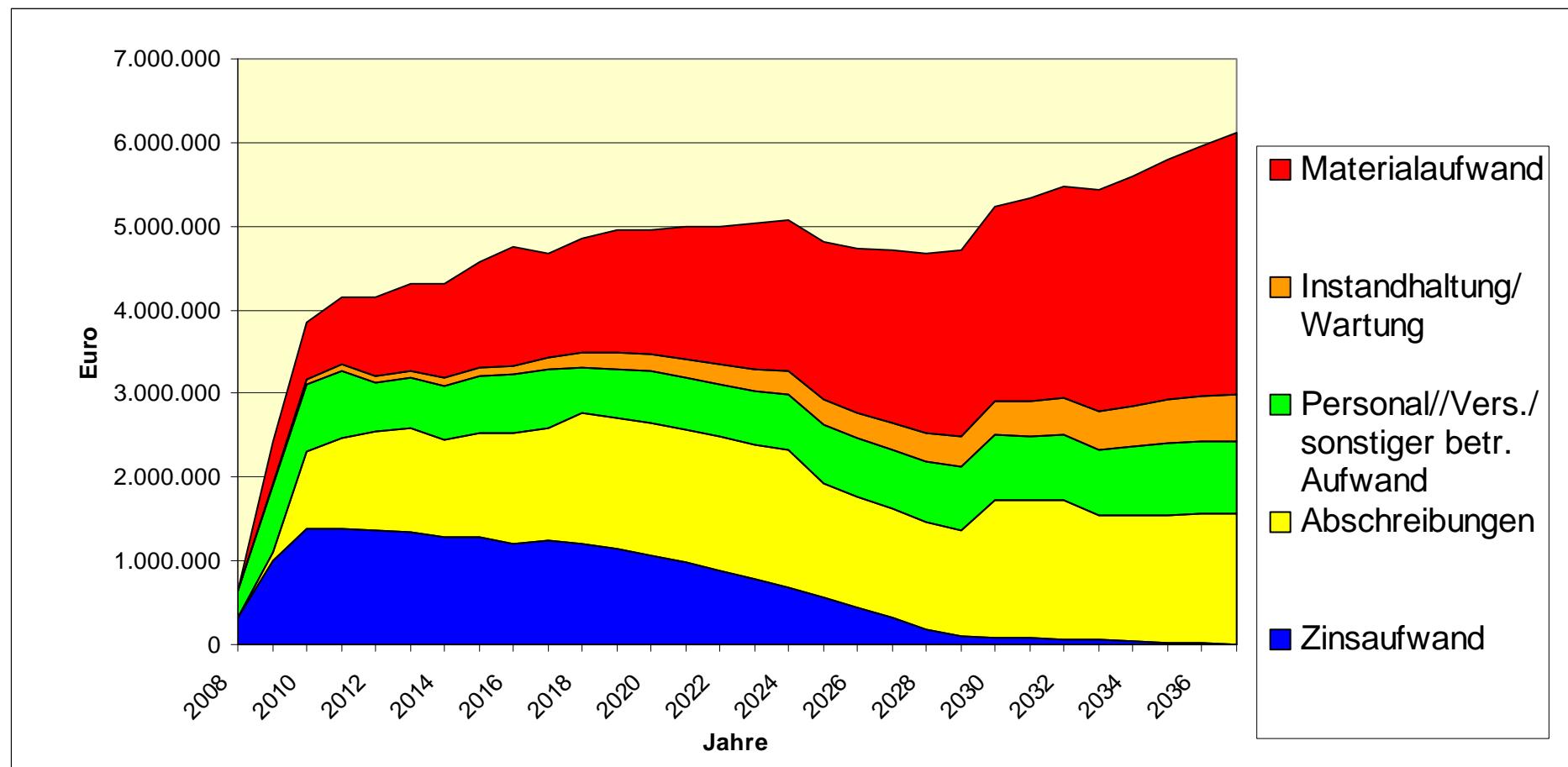
### Planungsprozess:

- ➡ In Abhängigkeit von der Projektstruktur
- ➡ Der Detaillierungsgrad der Finanzplanung nimmt mit dem Projektfortschritt zu

## Mittelherkunft in den ersten 10 Jahren

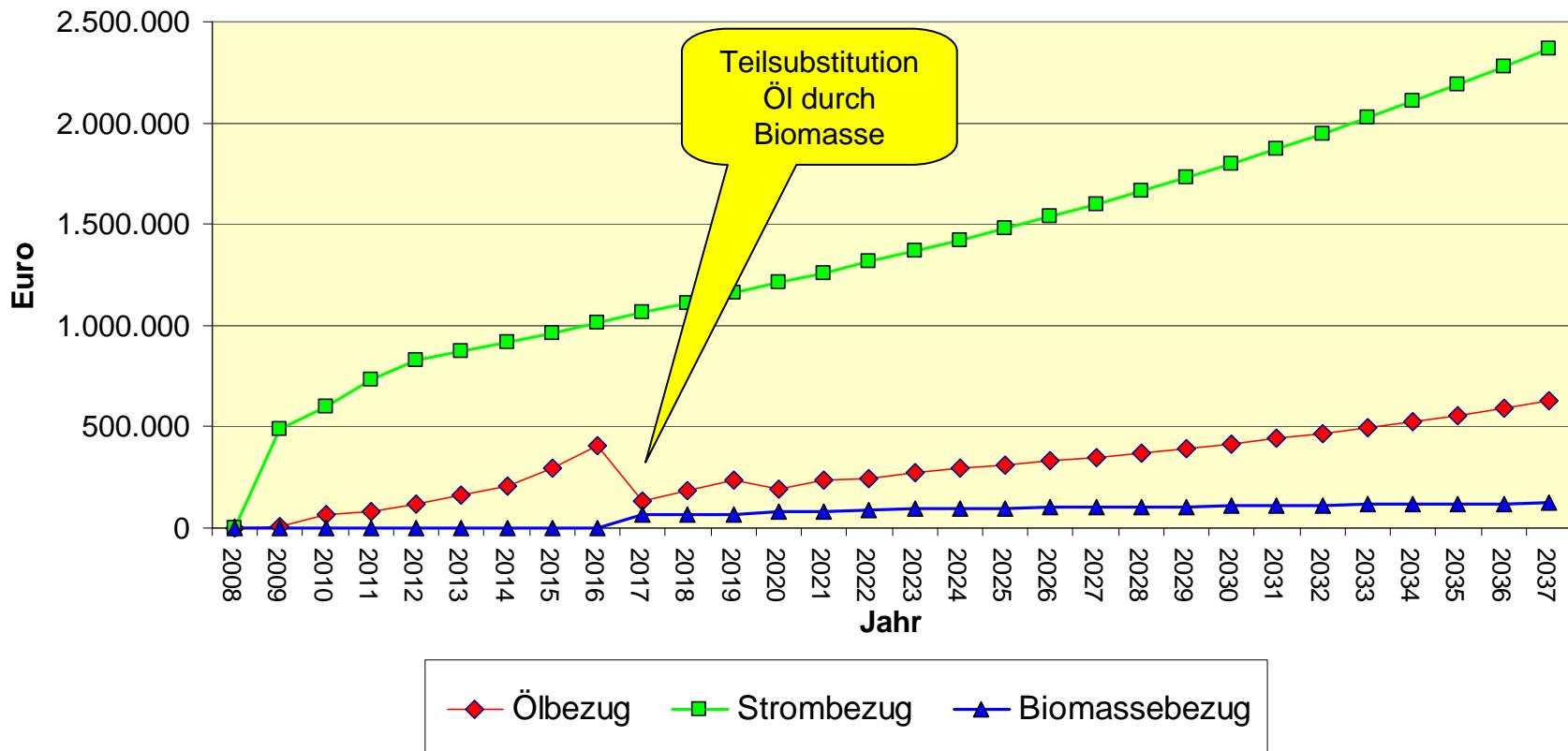


## e) Entwicklung der Betriebsaufwendungen



## Materialaufwendungen

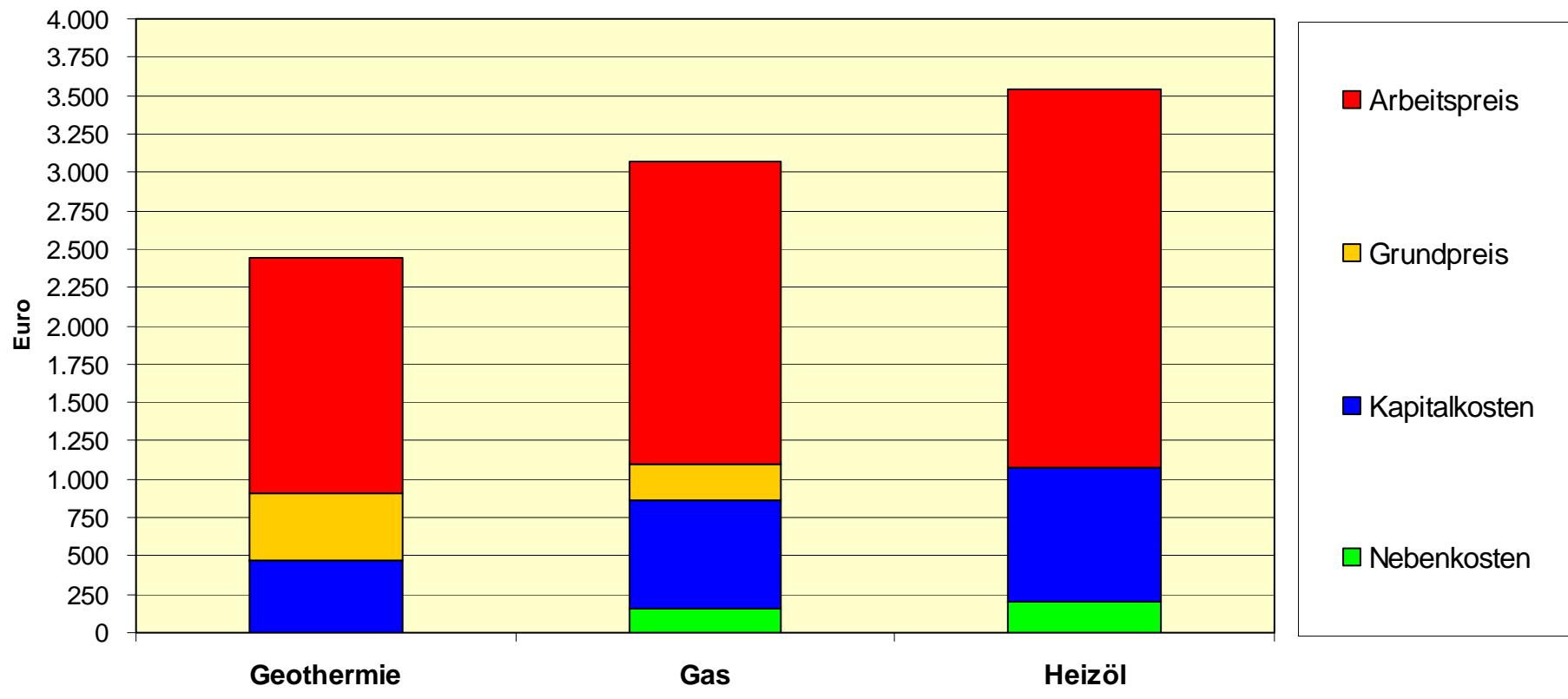
### Zusammensetzung und Verlauf des Materialaufwands



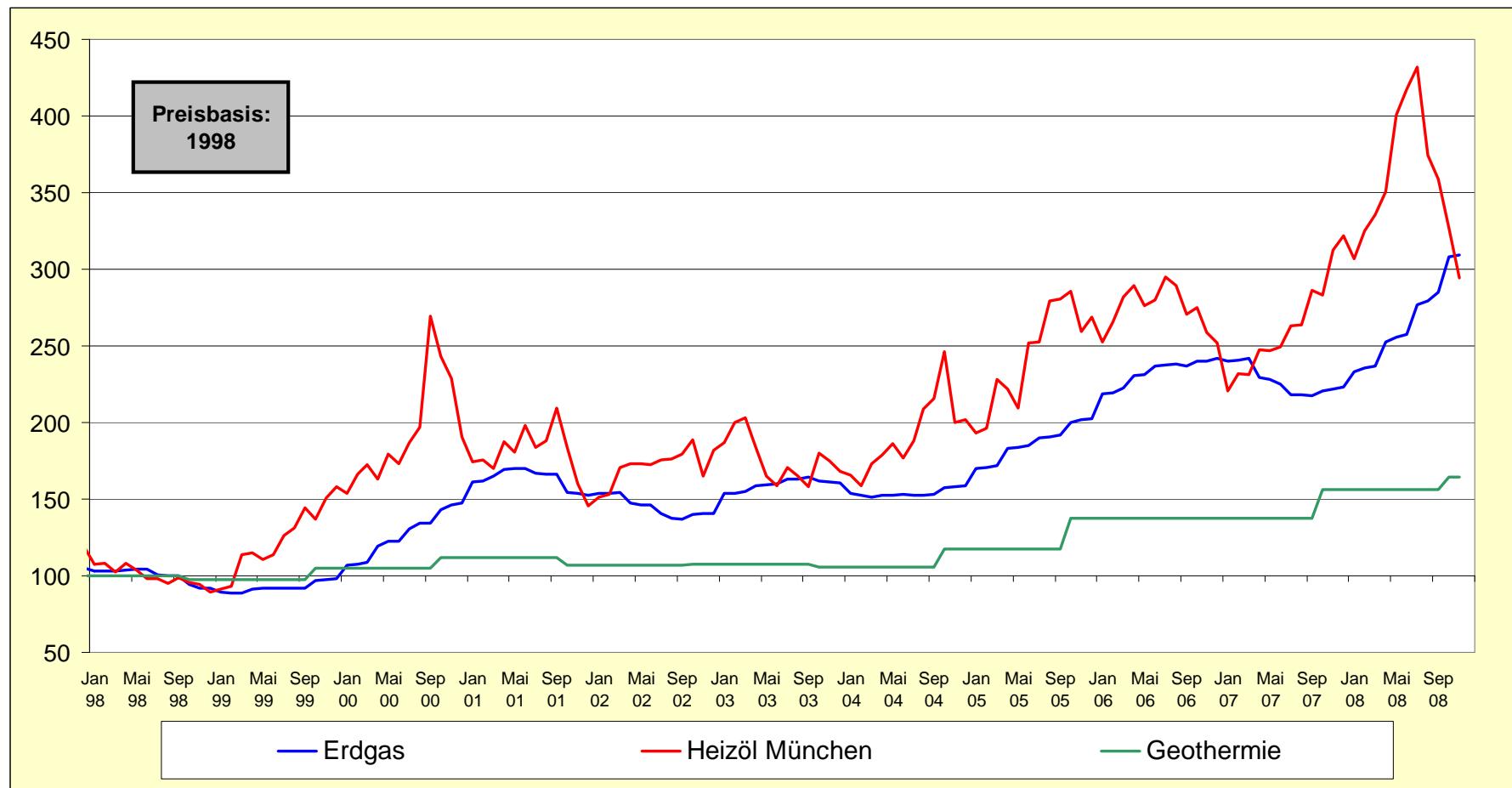
## f) Erlöse: Wärmepreise

- Wettbewerb zu Öl, Gas, Hackschnitzel etc.
  - => Anreiz zum Umsteigen, anlegbarer Geothermiepreis brutto ca. 80 - 85 €
  - => Wettbewerbsfähiger Geothermie-Wärmepreis ist bei Thermalwasser-temperaturen  $> 70^{\circ}\text{C}$  bereits heute möglich, künftig auch bei  $< 70^{\circ}\text{C}$
  - aber: seriöser Vergleich nur bei Vollkostenbetrachtung
- Preiskomponenten
  - Grundpreis (anschlussabhängiger Fixpreis)
  - Arbeitspreis (mengenabhängiger Verbrauchspreis)
  - Baukostenzuschüsse (für das Verteilnetz)
  - Hausanschlusskosten (für den Hausanschluss)
- Preisentwicklung / Preisgleitklausel (geringe Bindung an Energiepreise)  
(Arbeitspreis: z.B. 10% Öl, 30% Strom, 20% Biomasse, 30% Invest., 10% Löhne)

## Jahreskosten bei 25 MWh Verbrauch (inkl. MwSt) Stand Oktober 2008

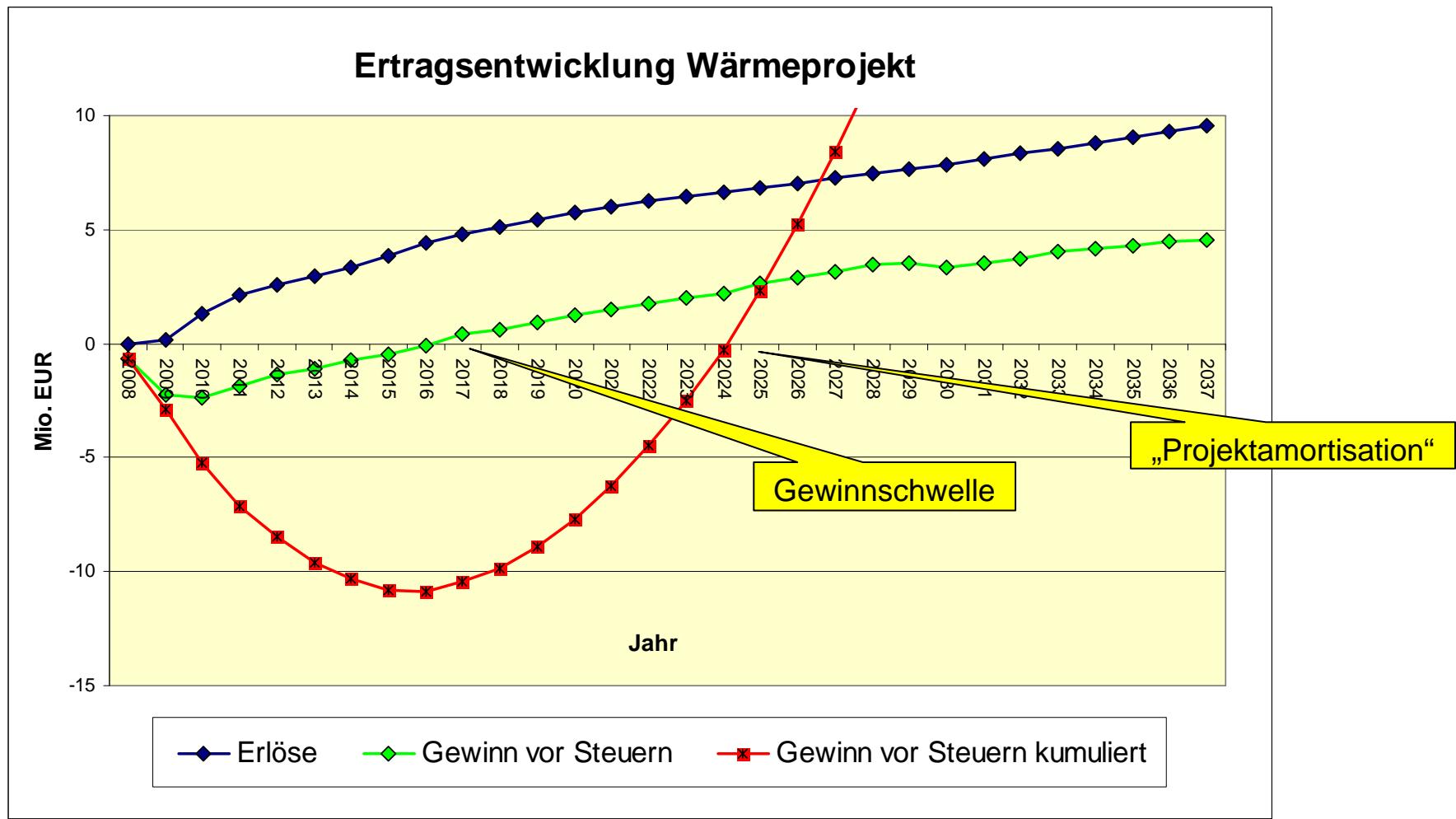


## Energiepreise vs. Geothermiewärmepreise



Quelle: IB NEWS GmbH

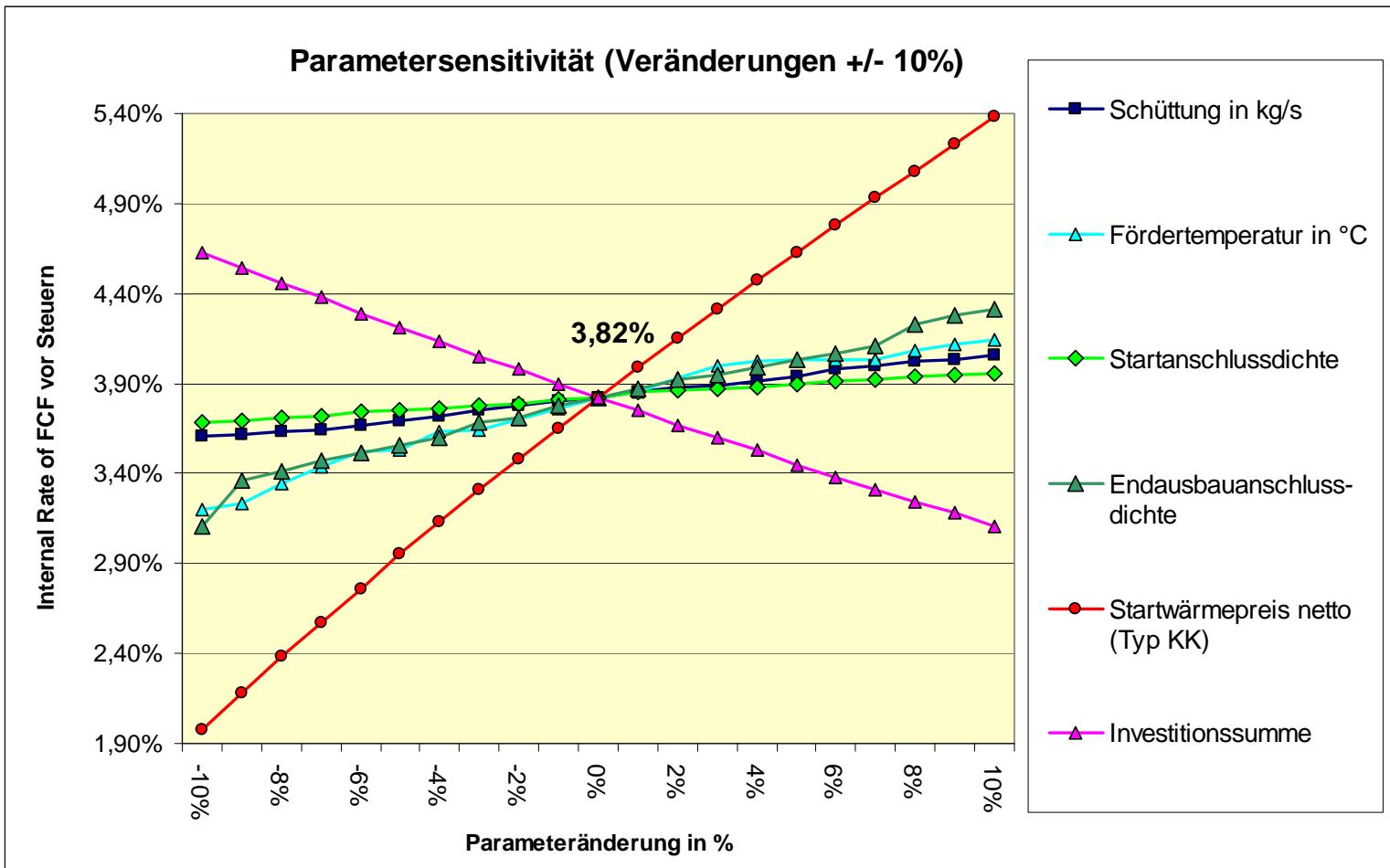
## g) Projektrentabilität



## Kennzahlenauswertung

Betrachtungszeitraum über 30 Jahre	
Internal Rate of FCF vor Steuern	<b>3,82%</b>
Internal Rate of FCF nach Steuern	<b>1,29%</b>
Ø EK-Rendite kapitalgewogen vor Steuern	<b>8,27%</b>
Ø EK-Rendite kapitalgewogen nach Steuern	<b>5,03%</b>
Ø GK-Rendite kapitalgewogen vor Steuern	<b>6,97%</b>
Ø GK-Rendite kapitalgewogen nach Steuern	<b>5,05%</b>

## Sensitivitätsanalyse



„Sprünge“ in den Kurven sind auf Rundungsdifferenzen und Un teilbarkeiten bei der Anlagenkonzeption zurückzuführen.

## Verlauf der Erfolgsgrößen – Erläuterung

- **Gewinnschwelle**

- Erreichung i.d.R. nach Abschluss der Hauptinvestitionsphase (Jahr 10 – 15)

- **Erlöse**

- Jährlich steigend mit zunehmendem Netzausbau
  - Wärmepreis abhängig u.a. von der Entwicklung der in der Preisgleitklausel zugrunde gelegten Energie- und sonstigen Preisbezüge

- **Gewinn vor Steuern (EBT)**

- Stetig steigend mit zunehmendem Netzausbau

- **Gewinn vor Steuern kumuliert**

- Zeigt die nominale „Projektamortisation“
  - Das Gesamtprojekt hat ab diesem Zeitpunkt die Anfangsverluste kompensiert

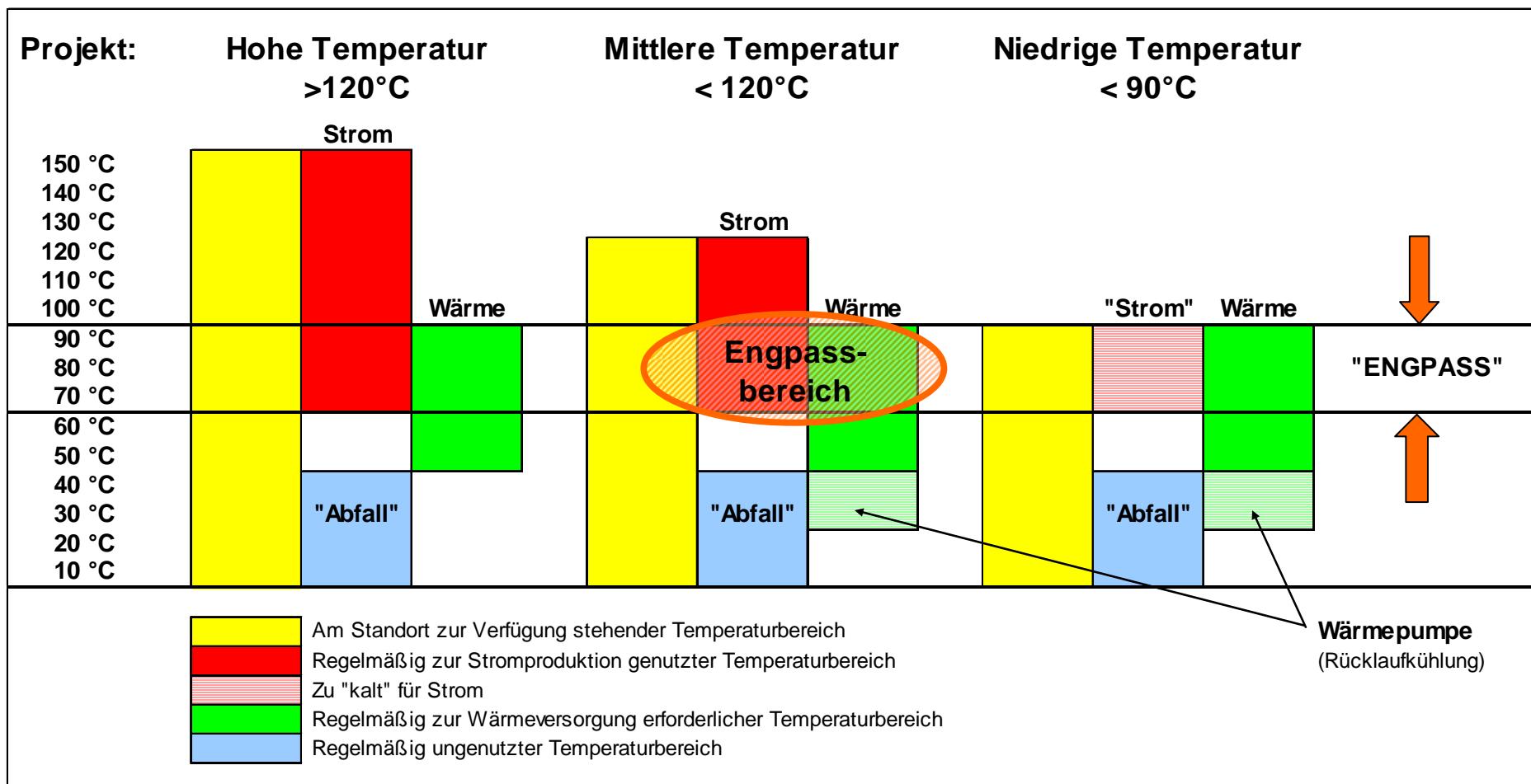
→ **Renditen bei Wärmeprojekten liegen bei ca. 4 – 8%**

## 6. Überblick ökonomische Gesichtspunkte Strom/Wärme

	Stromprojekt	Wärmeprojekt
Gewinnschwelle	schnell, ab KW-Betrieb	lange "Durststrecke"
Hauptinvestitionen	in der Bauphase (1 - 4 Jahre)	in der Bauphase und Betriebsphase ( <b>Netz!</b> )
Finanzierung	gut kalkulierbar	wenig kalkulierbar, da von zukünft. Netzausbau abhängig
Absatz / Vertrieb	Abnahme- und Vergütungsgarantie	Wettbewerb / umkämpfter Kundenmarkt
Erlöse	konstant, genau kalkulierbar durch feste Vergütungssätze	Preis ist marktabhängig, Erlössteigerung gemäß Ausbau
Materialaufwand	steigend	stark steigend mit zunehmendem Netzausbau
Risikofokus	Fündigkeits	Fündigkeits <b>und</b> Absatz / Vertrieb

→ Kombination Strom und Wärme als Lösung?

## 7. Hybride Projekte Strom / Wärme / Biomasse



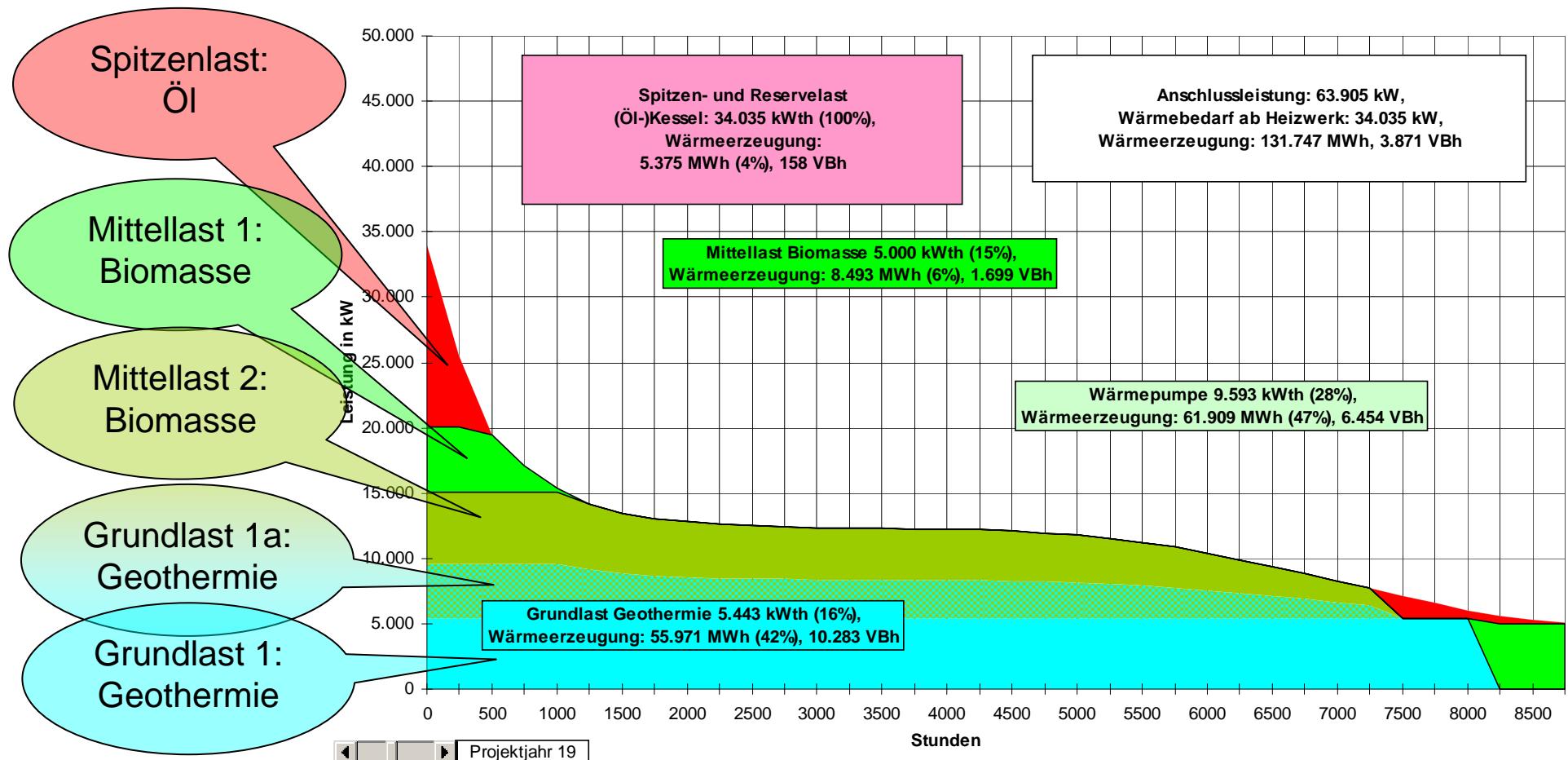
## Projektoptimierung – Lösung der „Nutzerkonkurrenz“

- **Wärmeprojekt**

- Spitzenlastdeckung durch zusätzliche Energiequelle
- Einbindung einer Mittellastkomponente
- Ertüchtigung der Geothermiequelle durch Rücklaufkühlung (Wärmepumpe)
- Verfeinerung der Mittellast (zweites Mittellastband) usw.

- ➡ Kapitaldienst statt „Brennstoffkosten“
- ➡ Die kapitalintensivste Geothermie möglichst voll in der Grundlast ausnutzen

# Hybride Energie- / Wärmebereitstellung



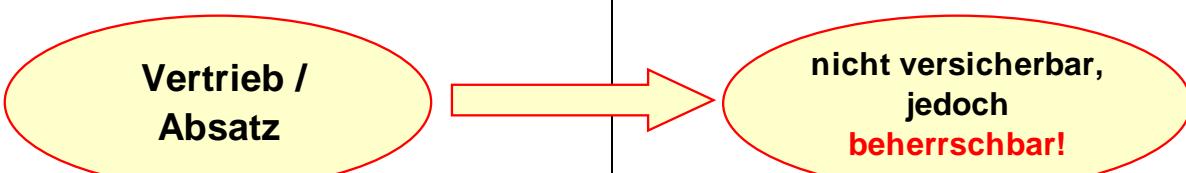
- **Strom- und Wärmeprojekt**

- Wärmegeführt vs. Stromgeführt  
(Optimale Wertschöpfung vs. Zwang zur Kraftwerksamortisation)
- Parallel vs. serielle Thermalwassernutzung
- Mischformen (Aufheizen der Kraftwerksrestwärme für die Wärmenutzung)
- Regimewechsel nach Kraftwerksamortisation usw.

→ **Die Engpasssituation ist nur teilweise auflösbar:**

- In Zeiten, in denen keine/weniger Heizwärme benötigt wird (Tag/Nacht, Sommer/Winter), liegt der Kraftwerkswirkungsgrad ca. 30% unter Durchschnitt!
- Strom im Sommer und Wärme im Winter ist daher nur eine Scheinlösung

## 8. Risiken und deren Absicherung

	Risiken	Absicherung
<b>Geologie</b>	<b>Geologische Risiken</b> - Nichtfündigigkeit / Teilstückfündigigkeit - "Andersfündigigkeit"	- Seismik / Machbarkeitsstudie / Reprocessing - "echte" Fündigkeitsversicherung
	<b>Bohrtechnische Risiken</b> - Bohrziel wird verfehlt - Bohrziel wird überschritten, lost in hole etc.	- Qualität der geologischen Planung - Qualität der Bohrgesellschaft - Bohrvertrag - "Bohrrisikoversicherung"
<b>Technik</b>	<b>Anlagentechnische Risiken / Betriebsrisiken</b>	- Planungsqualität - Know-how des Herstellers / Betreibers - Vorratshaltung (Pumpe!)
<b>Investition</b>	<b>Wirtschaftliche Risiken</b> - Investitionsbudget - Finanzierung - Preisentwicklung alternat. Energien	- Businessplan / laufende Fortschreibung - Finanzieller Spielraum (Reserven!) - Vertragsgestaltung - Moderate Wärmepreispolitik ...
<b>Ökonomie</b>		
<b>Marketing</b> (speziell für Wärmeprojekte)	<b>Vertrieb / Absatz</b> 	<b>nicht versicherbar, jedoch beherrschbar!</b>

## Kritische Projektparameter

- Temperatur
  - Schüttung
  - (Absenkung [Förderhöhe])
  - Investitionssumme
  - Finanzierungskosten (Eigenkapitalquote)
  - Anlagenverfügbarkeit
- 
- Absatzmenge
  - Anschlussdichte
  - Netz-Ausbaugeschwindigkeit
  - (Start-) Wärmepreis
  - Preisentwicklung Öl/Gas/Biomasse/Strom i.V.m. der gewählten Preisgleitklausen
- 
- W  
Ä  
R  
M  
E
- GEOLOGIE
- INVESTITION / FINANZIERUNG
- TECHNIK
- ABSATZPOTENTIAL / MARKETING
- WETTBEWERB

## 9. Resümee

- Geothermie = „sauber“, rentabel + schafft lokale Wertschöpfung
- Wärmeprojekte sind an einer Vielzahl von Standorten in Deutschland wirtschaftlich umsetzbar, sofern die kritische Kundenmasse erreicht wird.
- Bei Fördertemperaturen  $> 70^{\circ}\text{C}$  sind Wärmeprojekte bereits heute rentabel, mit steigenden Öl- und Gaspreisen wird es lohnend, auch immer „kühlere“ Erdwärmeverkommene zu erschließen.
- Bei Temperaturniveaus  $> 120^{\circ}\text{C}$  und ergiebigen Schüttungen ist Stromproduktion in Kombination mit Wärmeversorgung wirtschaftlich möglich (EEG!).
- Bei den Kommunen liegt der Schwerpunkt auf der Wärmeversorgung (Daseinsvorsorge!), sie verfügen regelmäßig über den „langen Atem“, der beim Aufbau von Netzinfrastruktur erforderlich ist.

# 10. Über uns

## a) S&P Geothermie-Team

**Harald Asum**  
Dipl.-Betriebswirt



**Irene Lang**  
Dipl.- Betriebswirtin



**Ramona Trommer**  
Dipl.-Kauffrau,  
Wiss. Assistentin



**Dr. Thomas Reif**  
Dipl.-Volkswirt, Rechtsanwalt,  
Fachanwalt für Steuerrecht



**Birgit Maneth**  
Rechtsanwältin, LL.M.,  
Fachanwältin für gewerblichen  
Rechtsschutz



**Dr. Martina Vollmar**  
Rechtsanwältin, Fachanwältin  
für Steuerrecht, Steuerberaterin



**Gerd Wolter, C.P.A.**  
Dipl.-Kaufmann, Steuerberater,  
Wirtschaftsprüfer



**Karin Gohm**  
Rechtsanwaltsfachangestellte

## b) Einige Referenzprojekte – [www.geothermiekompetenz.de](http://www.geothermiekompetenz.de)

- Geothermieprojekt Riem (Wärme) – umgesetzt
- Geothermieprojekt Pullach (Wärme) – umgesetzt
- Geothermieprojekt Mauerstetten/Kaufbeuren (Strom/Wärme) – in der Umsetzung
- Geothermieprojekt Aschheim/Feldkirchen/Kirchheim (Wärme) – in der Umsetzung
- Geothermieprojekt Sauerlach (Strom/Wärme) – in der Umsetzung
- Geothermieprojekt Dürrnhaar (Strom/Wärme) – in der Umsetzung
- Geothermieprojekt Unterföhring (Wärme) – in der Umsetzung
- Geothermieprojekt Oberhaching (Wärme) – in der Planung
- Geothermieprojekt Geretsried (Strom/Wärme) – in der Planung
- Geothermieprojekt Garching (Wärme) – in der Umsetzung
- Geothermieprojekt Grünwald (Wärme) – in der Planung
- Geothermieprojekt Vaterstetten/Grasbrunn – in der Planung
- Geothermieprojekt Holzkirchen – in der Planung
- Geothermieprojekt Traunstein (Strom/Wärme) – in der Planung
- Und viele weitere ...

## c) Dienstleistungsspektrum S&P erneuerbare Energien

### Projektkonzeption

- Maßgeschneiderte Projektgestaltung

### Wirtschaftlichkeitsberatung

- Wirtschaftlichkeitssimulationen
- Aufbau der Kostenrechnung
- Wirtschaftsplan / Finanzierung
- Quartalsberichterstattung etc.

### Rechtsberatung

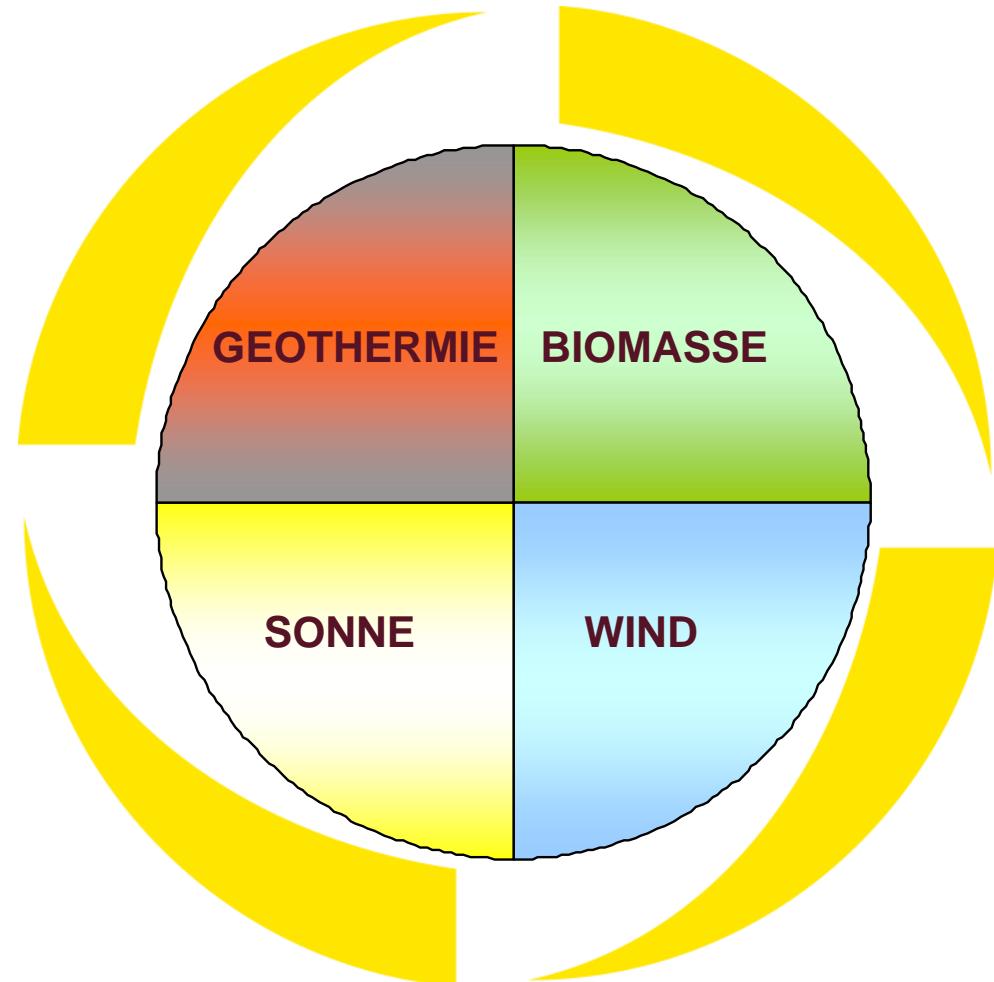
- Rechtliche und steuerliche Projektgestaltung
- Energie-, Vertrags-, Vergabe-, Kartell- und Beihilferecht etc.

### Steuerberatung

- Buchhaltung
- Jahresabschlusserstellung
- Steuererklärungen etc.

### Wirtschafts- / Projektprüfung

- Jahresabschlussprüfung
- Unternehmensbewertung
- Technische/ökonomische/rechtliche Due Diligence



**Dr. rer. pol. Thomas Reif**  
Dipl.-Volksw., Rechtsanwalt, Fachanwalt für Steuerrecht

[www.geothermiekompetenz.de](http://www.geothermiekompetenz.de)

**Sonntag & Partner**  
Wirtschaftsprüfer Steuerberater Rechtsanwälte  
Scherlinstraße 23 · 86159 Augsburg  
Telefon 0821/57058-0 · Telefax 0821/57058-153  
Elektrastraße 6 · 81925 München  
Telefon 089/2554434-0 · Telefax 089/2554434-9  
[www.sonntag-partner.de](http://www.sonntag-partner.de)