



## Monte Carlo und Projektwirtschaftlichkeit

### 4. [GGSC] Erfahrungsaustausch Kommunale Geothermieprojekte

Alexandros Savvatis / Dr. Thomas Reif  
Erdwerk GmbH / [Gaßner, Groth, Siederer & Coll.]



[Gaßner, Groth, Siederer & Coll.]  
Partnerschaft von Rechtsanwälten

### Die Themen:

- I. Warum Monte Carlo Simulation?
- II. Der Simulationsworkflow
- III. Auswertungsbeispiele

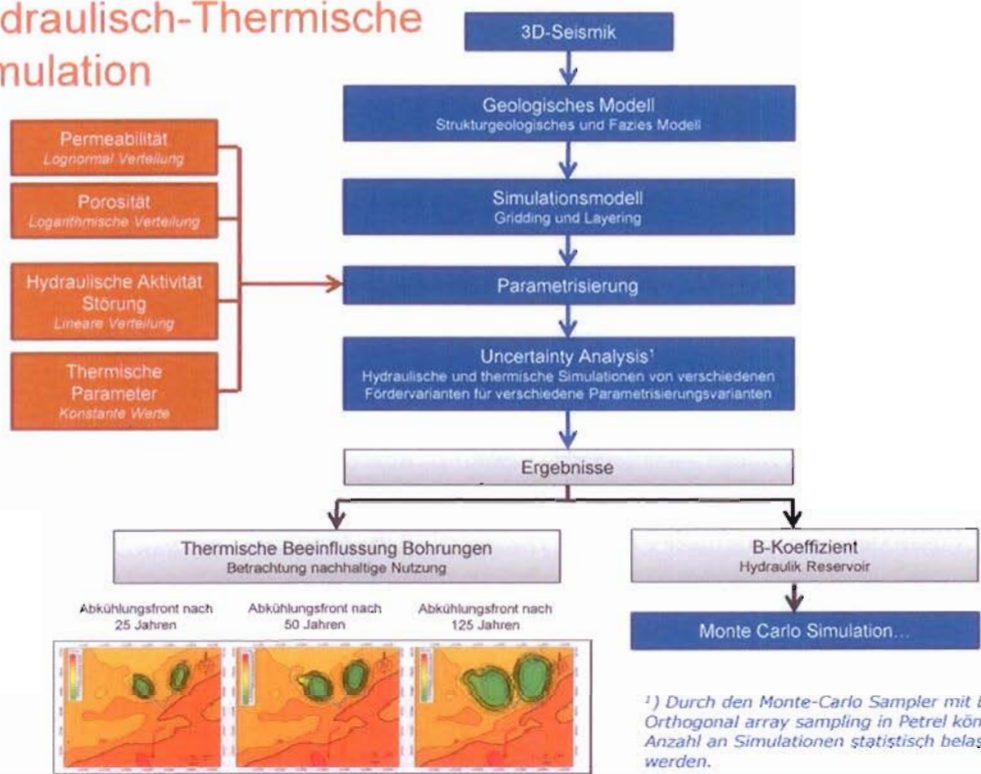


## I. Warum Monte Carlo Simulation?

- Aus der Molasse liegen mittlerweile ausreichend Daten vor, um belastbare Rechenergebnisse zu liefern
  - Investoren wünschen neben Empfindlichkeitsanalysen Aussagen über die Wahrscheinlichkeit einer Projektrendite
  - Zur Konzeption der Fündigkeitsversicherung sind Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen
    - zur Produktivität einer Dublette und
    - zum Risiko des Unterschreitens einer Wirtschaftlichkeitsbenchmark hilfreich
- ➔ Über die integrierte geologisch / wirtschaftliche Simulation kann man
- den Reservoiraufschluss nach wirtschaftlichen Vorgaben optimieren / steuern
  - Ertüchtigungsmaßnahmen bewerten (Sidetrack, Bohrverlängerung etc.)

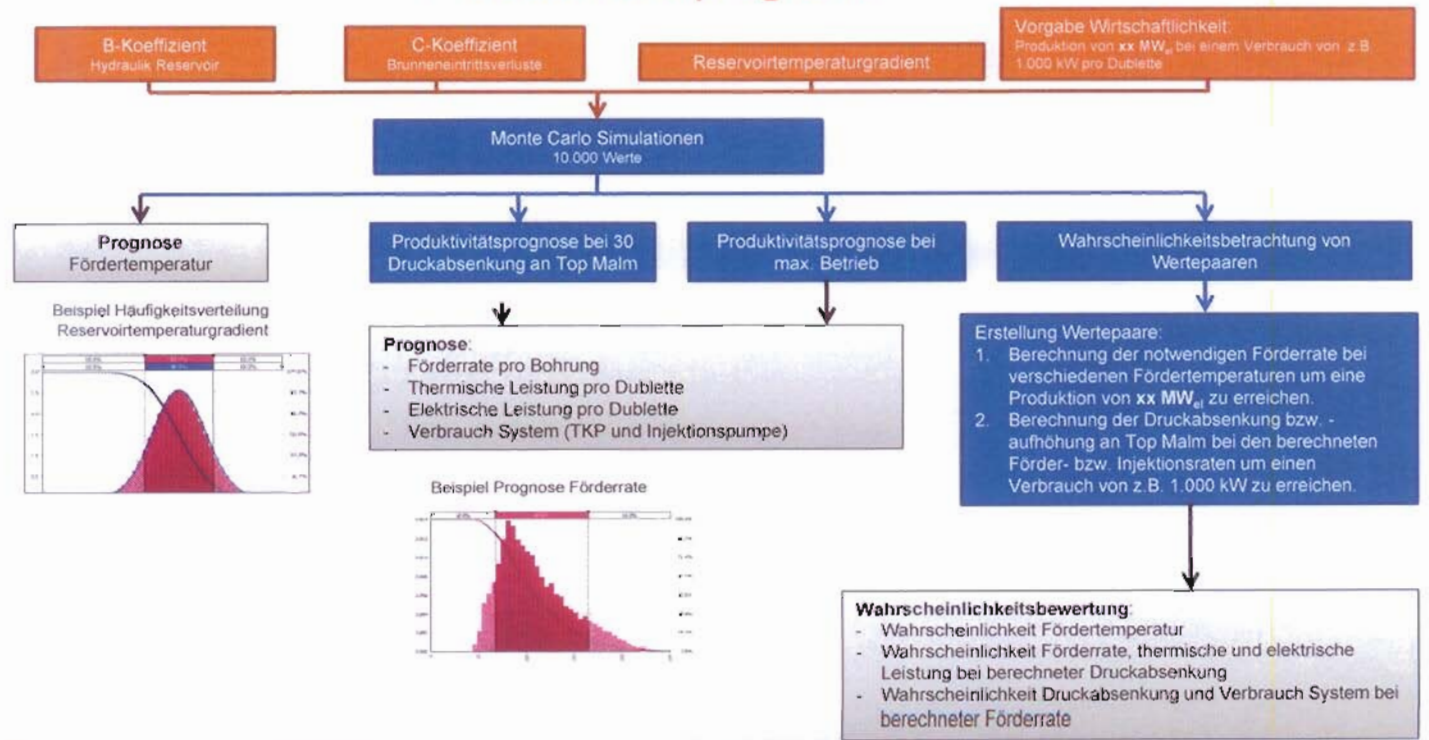
## II. Der Simulationsworkflow

# Hydraulisch-Thermische Simulation



<sup>1)</sup> Durch den Monte-Carlo Sampler mit Latin-hybercube sampling und Orthogonal array sampling in Petrel können durch eine relativ geringe Anzahl an Simulationen statistisch belastbare Ergebnisse produziert werden.

# Produktivitätsprognose



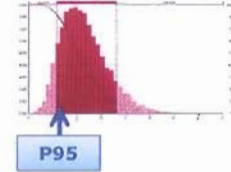
## Beispiel Wertepaarauspielung (Fiktive geothermische Dublette in der Molasse)

### Vorgabe Wirtschaftlichkeit:

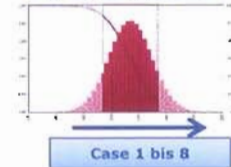
Produktion von 5  $MW_{el}$  bei 30 bar Druckabsenkung an Top Malm

Cases	$T_{for}$ [°C]		Q [l/s]		$P_{th}$ [ $MW_{th}$ ]		$P_{el}$ [ $MW_{el}$ ]
Case 1	135	100%	130	45%	45	80%	5
Case 2	140	100%	116	60%	42	85%	5
Case 3	145	98%	105	70%	40	89%	5
Case 4	150	88%	95	85%	38	93%	5
Case 5	155	69%	85	95%	36	98%	5
Case 6	160	45%	75	99%	34	99%	5
Case 7	165	20%	70	100%	32	100%	5
Case 8	170	20%	63	100%	32	100%	5

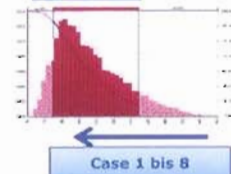
Elektrische Leistung



Fördertemperatur



Förderrate

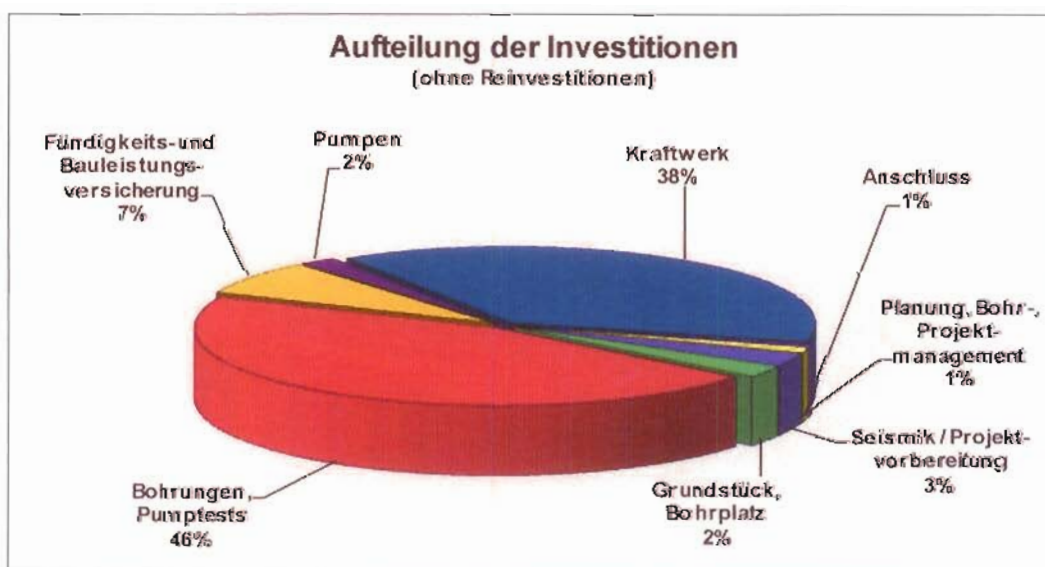


## III. Auswertungsbeispiele Projektparameter (Doppeldublette)

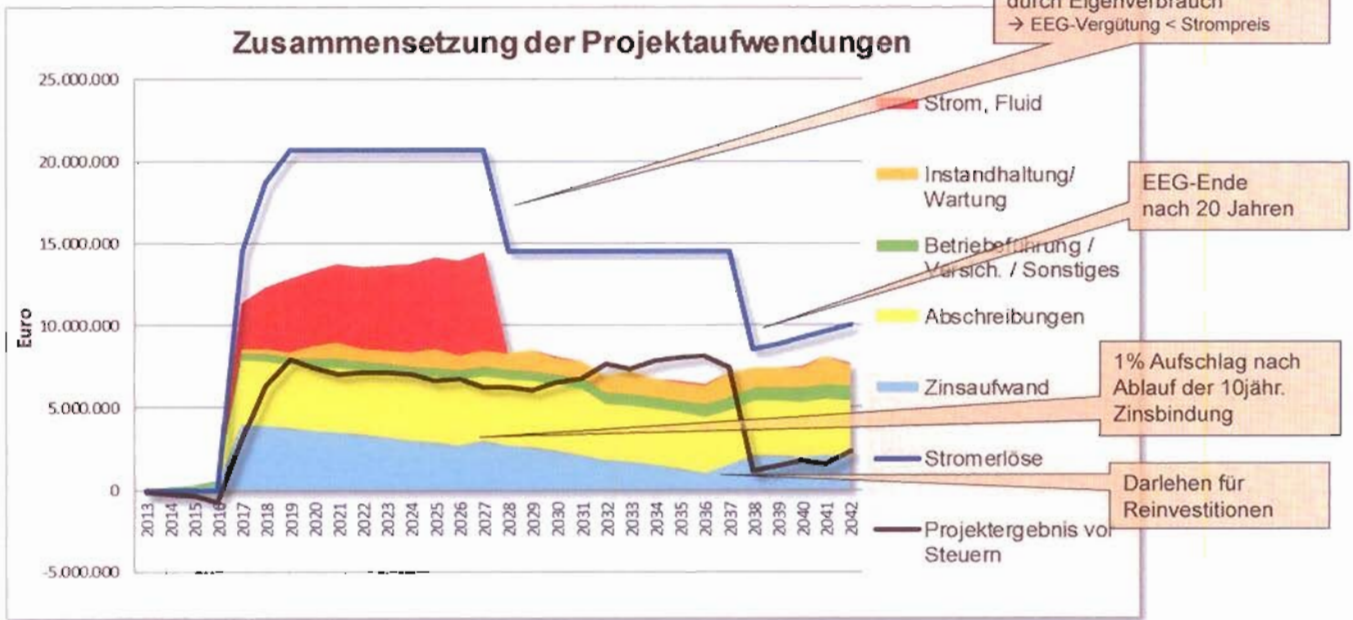
Projektzeitplan	
Startjahr / Vorplanung	2013
Bohrungen, Kraftwerk	2014 - 2016
KW-Inbetriebnahme	2017
Geologie	
Schüttung Doppeldublette in l/s	200,0
Fördertemperatur Bohrloch / Eintritt KW in °C	150,0
Rücklauftemperatur Bohrloch in °C	60,0
Leistung Doppeldublette $kW_{th}$	71.000
Stromerzeugung Nennleistung in $kW_{el}$	9.950
Wirkungsgrad Kraftwerk	14,00%

## Investitionen (Grobplanung)

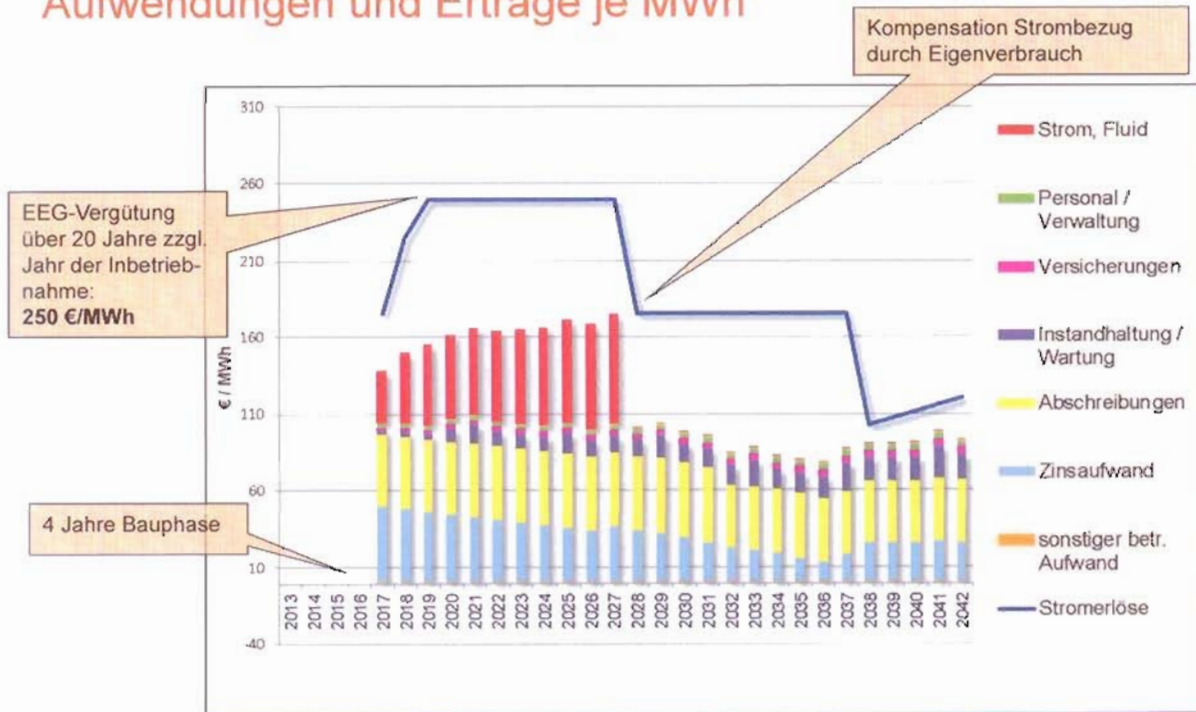
	2013	2014	2015	2016	
Seismik / Projektvorbereitung	3.000.000	0	0	0	→ca. 2 Mio. € / 1.000 m MD (je Bohrung ca. 5.500 m MD), zzgl. Pumpstest und Bohrconsulting
Grundstück, Bohrplatz	0	2.500.000	0	0	
Bohrungen, Pumpstest, Consulting	0	0	23.000.000	25.000.000	BauleistungsV für beide Bohrungen, FündigkeitsV für die 1. Dublette
Fündigkeits- und Bauleistungsversicherung	0	0	7.710.000	0	
Pumpen	0	0	0	2.100.000	
Kraftwerk	0	0	0	39.830.000	
Anschluss	0	0	0	500.000	
Planung, Bohr-, Projektmanagement	300.000	300.000	300.000	300.000	
<b>SUMME</b>	<b>3.300.000</b>	<b>2.800.000</b>	<b>31.010.000</b>	<b>67.730.000</b>	<b>104.840.000</b>



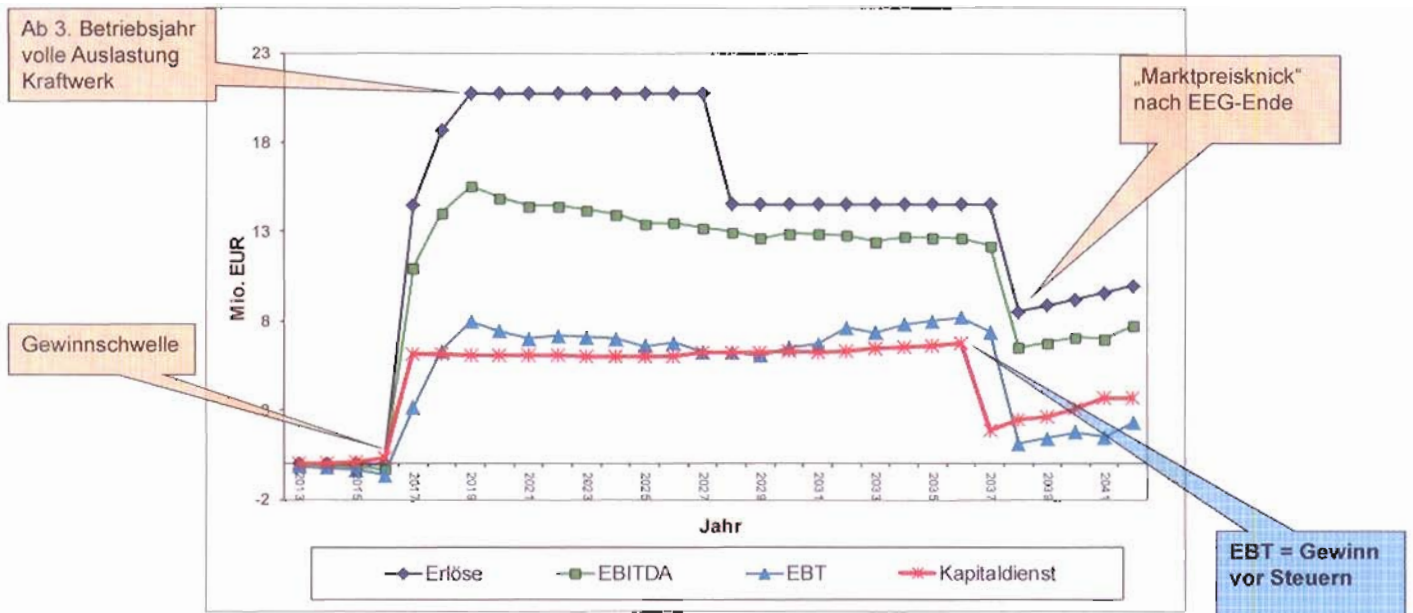
## Aufwendungen und Erträge nach Jahren



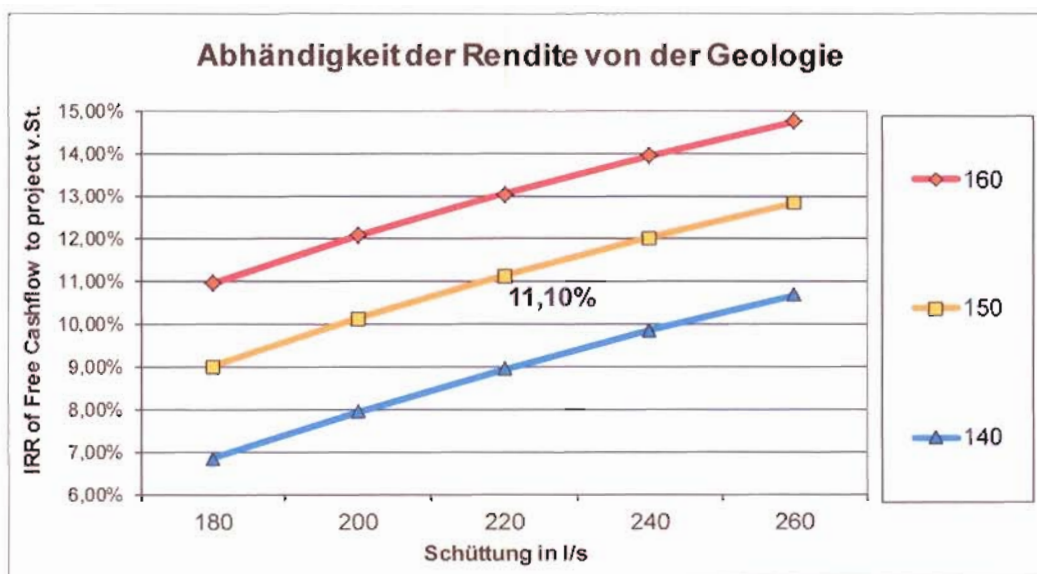
## Aufwendungen und Erträge je MWh



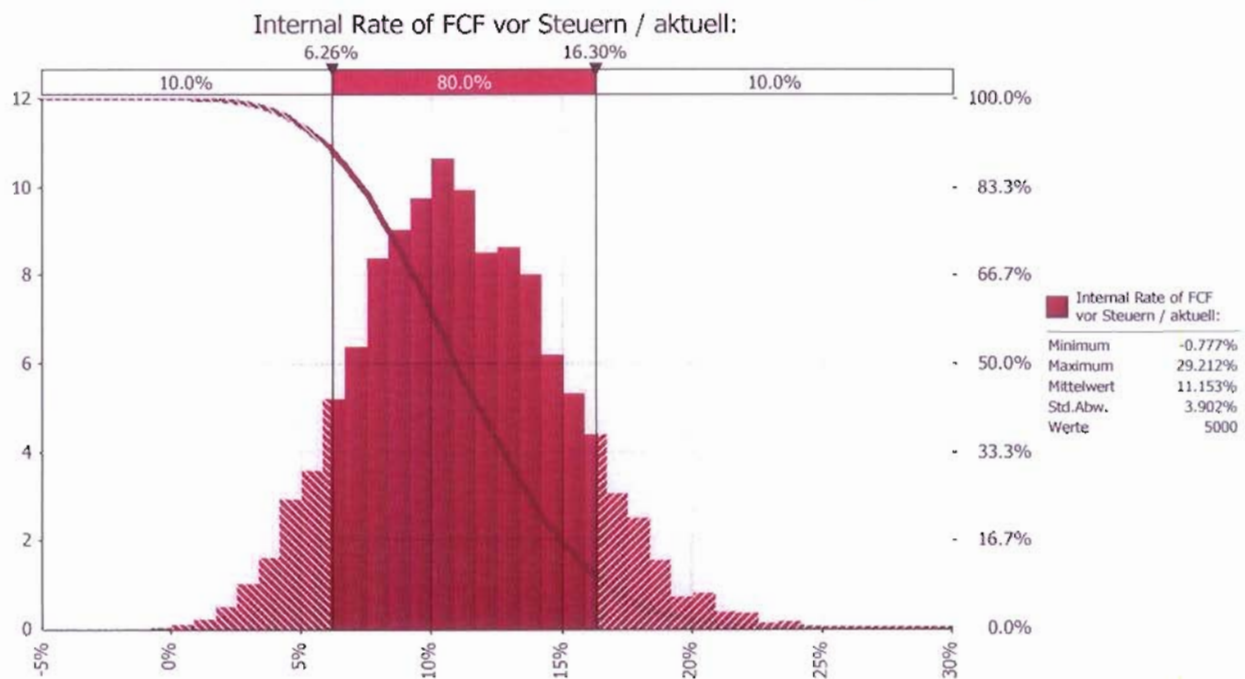
## Rentabilität und Einflussfaktoren



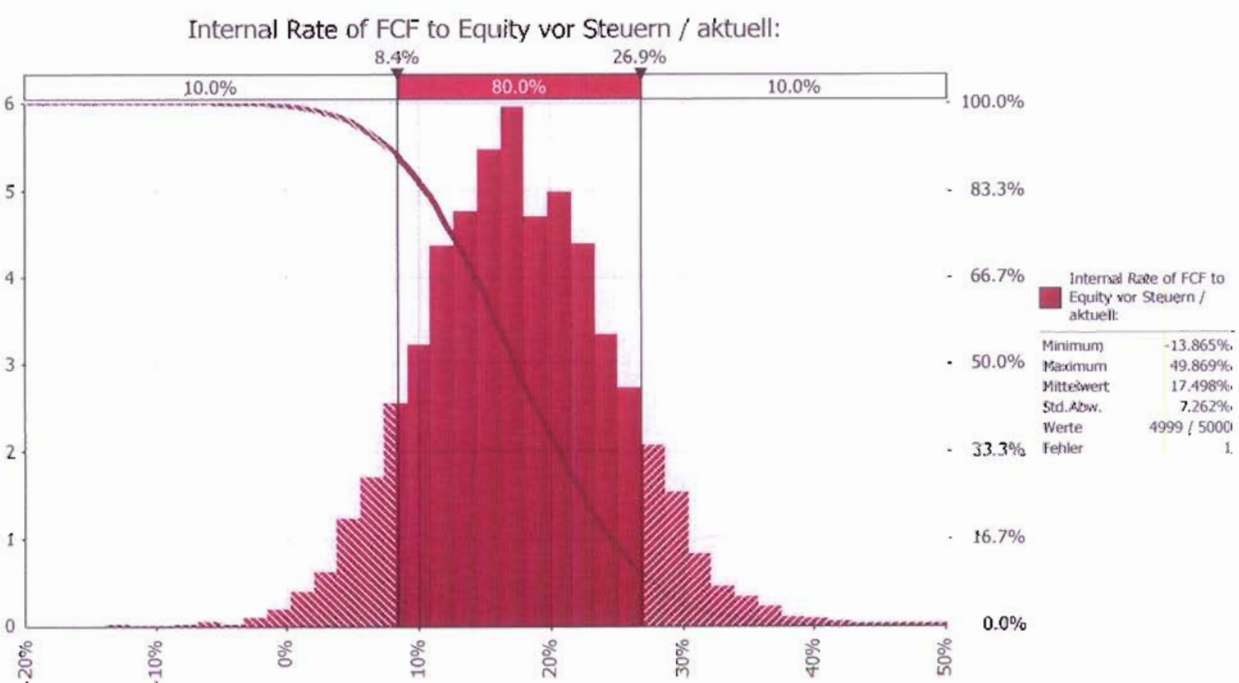
## Sensitivitätsanalyse



## MC Simulation: IRR of Free Cashflow to Project vor Steuern

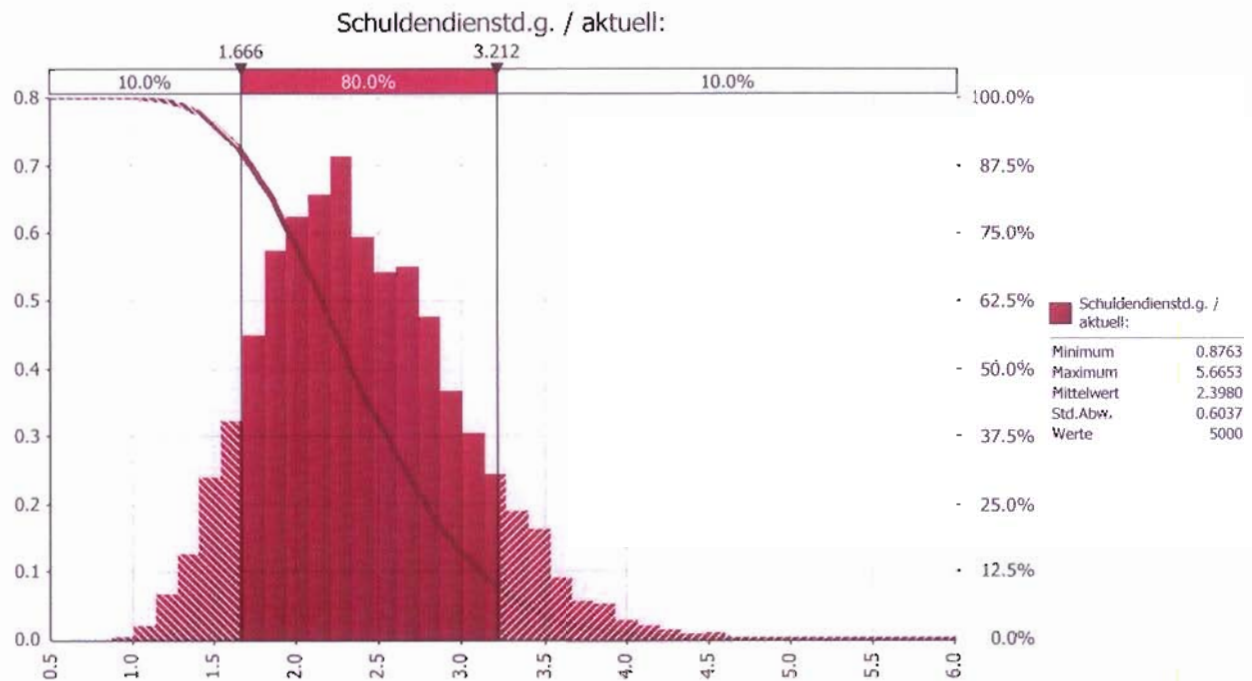


## MC Simulation: IRR of Free Cashflow to Equity vor Steuern





## MC Simulation: Schuldendienstdeckungsgrad (DSCR)



Alexandros Savvatis  
Dipl. Geologe

Erdwerk GmbH

München · Ulm

Bonner Platz 1 · 80803 München  
Telefon: 089 961 600 300 · Fax: 089 961 600 369

www.erdwerk.com  
office@erdwerk.com

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

[GGSC] Gaßner, Groth, Siederer & Coll.  
Partnerschaft von Rechtsanwälten  
Berlin · Frankfurt (O) · Augsburg

Provinostraße 52 · 86153 Augsburg  
Telefon 0821 / 747 782-0 · Telefax 0821 / 747 782-10

www.ggsc.de  
www.geothermiekompetenz.de  
reif@ggsc.de