

Innovationsanalyse von Technologien in der Geothermie im Vergleich zur Solarenergie: Patentanalyse mittels Topic Modelling

Forschungsfragen

- Was sind die wichtigsten Unterschiede, im ökologischen und ökonomischen Sinne, von Geothermie und Solarenergie?
- Wie haben sich die Energieträger in den letzten Jahrzehnten bezüglich Wertschätzung und technologischem Fortschritt entwickelt?
- Lassen sich in den Patentbeschreibungen Basistechnologien erkennen, die in der Lage sind die Energieeffizienz zu erhöhen?

Geothermie

- **Wärmegewinnung:**
 - Erdwärmekollektoren (oberflächennah)
 - Erdwärmesonden (oberflächennah)
 - Erdwärmesonden (tief)
 - hydrothermale Lagerstätten mit niedriger Enthalpie (tief)
- **Stromgewinnung:**
 - hydrothermale Lagerstätten mit hoher Enthalpie (tief)
 - hydrothermale Lagerstätten mit niedriger Enthalpie + ORC (Organic Rankine Cycle) (tief)
 - **Enhanced Geothermal Systems** (bei petrothermalen Lagerstätten, tief): hydraulische Stimulation (Fracking)

Solarenergie

- **Photovoltaik:**
 - Solarzellen (Umwandlung von elektromagnetischer Strahlung in elektrische Energie)
- **Solarthermie:**
 - Sonnenkollektor (Umwandlung von Wärme in elektrische Energie)

Innovation:

„Innovation ist die Erfindung, Entwicklung und Einführung eines neuen Produktes, Verfahren oder Dienstes, um Leistungskraft, Effizienz und Wettbewerbsstärke zu verbessern. ...“

Ökologische Analyse

| | Geothermie | Solarenergie |
|--|---|---|
| Aufbau Kraftwerk | <ul style="list-style-type: none"> • Seismische Aktivitäten möglich • Hoher fossiler Energieverbrauch bei Bohrung | <ul style="list-style-type: none"> • Herstellung erfordert sehr langen energieaufwendigen Prozess |
| Rückbau Kraftwerk | <ul style="list-style-type: none"> • Fläche vollkommen reversibel • Bohrloch wird abgedichtet, damit keine Schadstoffe ins innere der Erde gelangen | <ul style="list-style-type: none"> • Sehr langer Recyclingprozess, durchschnittlich 18 Monate |
| Fossiler Primärenergieverbrauch | <ul style="list-style-type: none"> • Wärme: 200 GJ/GWh • Strom: 1020 GJ/GWh (Verluste) | <ul style="list-style-type: none"> • 3500 GJ/GWh (Photovoltaik) |
| CO₂ - Äquivalente Emissionen | <ul style="list-style-type: none"> • Wärme: 20 t/GWh • Strom: 80 t/GWh (Chemikalien) | <ul style="list-style-type: none"> • 240 t/GWh (Photovoltaik) |
| LCOE (Levelized Cost of Electricity) | <ul style="list-style-type: none"> • 34,47 €/MWh | <ul style="list-style-type: none"> • Photovoltaik: 41,13 €/MWh • Solarthermie: 109,08 €/MWh |

Ökonomische Analyse

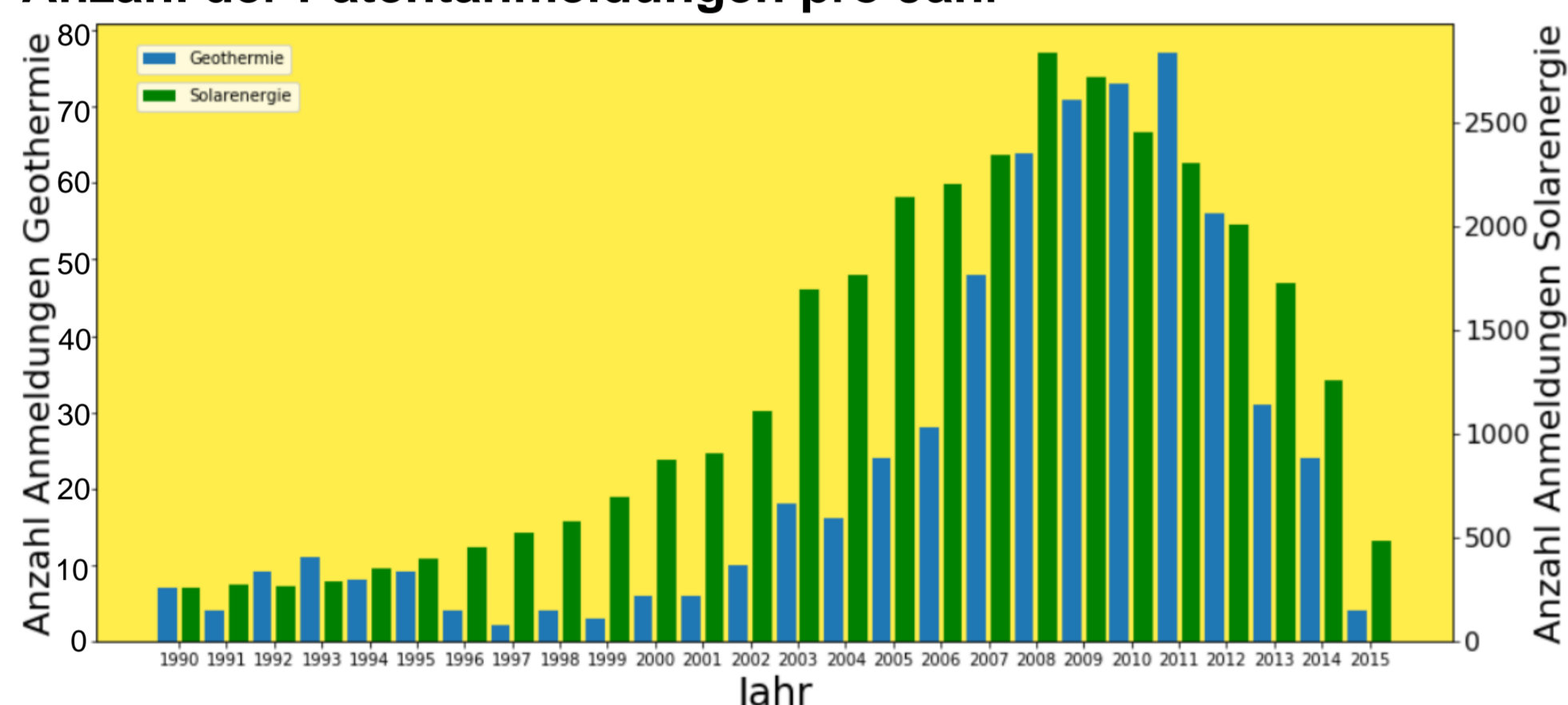
| | Geothermie | Solarenergie |
|---------------------------------------|---------------------------------|---|
| Investitionen 2017 | 1,31 Mrd. € | 2,28 Mrd. € |
| Spezifische Investitionskosten | 1000-2000 €/m (70%, Bohrkosten) | <ul style="list-style-type: none"> • 900-1600 €/kW (Photovoltaik) • 3800-5600 €/kW (Solarthermie) |
| Fündigkeitsrisiko | Ja, Risiko vorhanden | Nein, kein Risiko |
| Grundlastfähigkeit | Ja | Nein, Wetter- und Tageszeitabhängig |

Daten

- Patentdaten von der PATSTAT Datenbank und von der US-Patentdatenbank
- Zeitraum von 1990 bis 2016
- Nur Betrachtung des ältesten Patents einer Patentfamilie
- Es werden nur Patente berücksichtigt, die in den USA angemeldet wurden
- Anzahl betrachtete Patente im Bereich der Geothermie: **617**
- Anzahl betrachtete Patente im Bereich der Solarenergie: **32894**

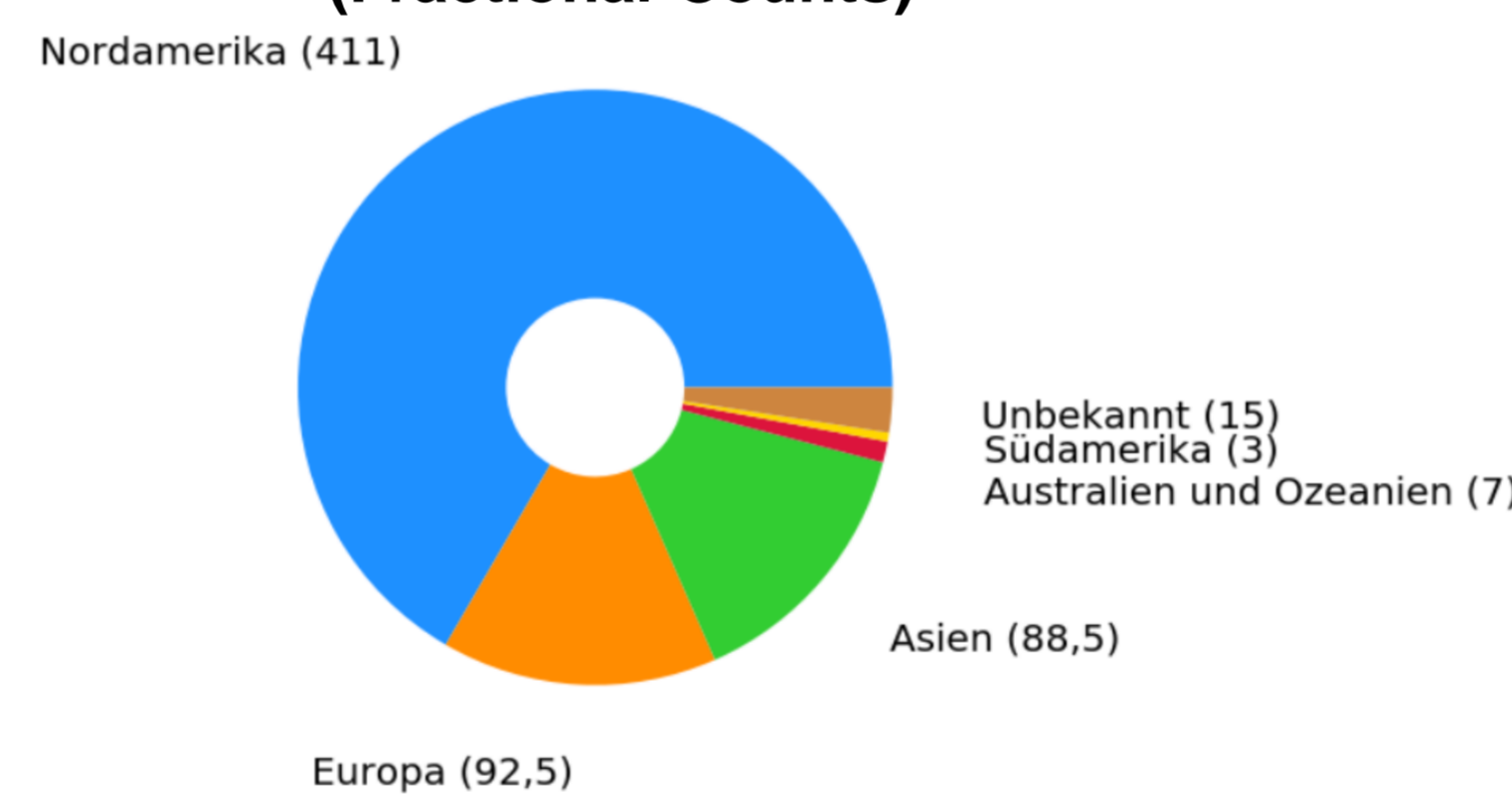
Ergebnisse Patentanalyse

Anzahl der Patentanmeldungen pro Jahr



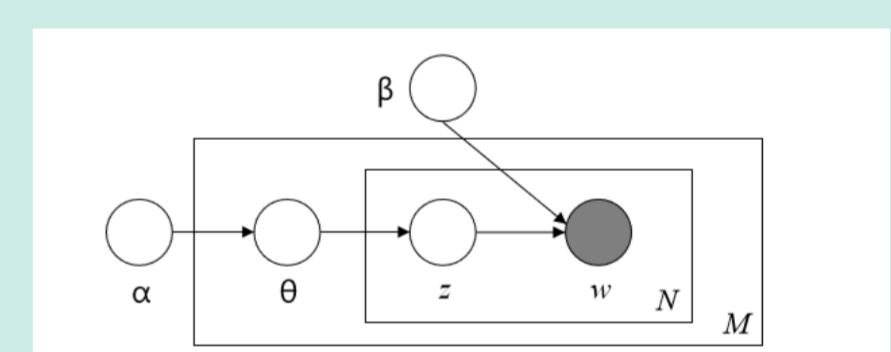
- ➔ Deutlich mehr Anmeldungen zu Technologien im Bereich der Solarenergie
- ➔ Meisten Patente wurden erst ab Anfang 2000 angemeldet

Kontinente der Erfinder Geothermie (Fractional-Counts)



- ➔ Meisten Erfinder kommen aus Nordamerika
- ➔ Europa und Asien gleich auf

Latent Dirichlet Allocation



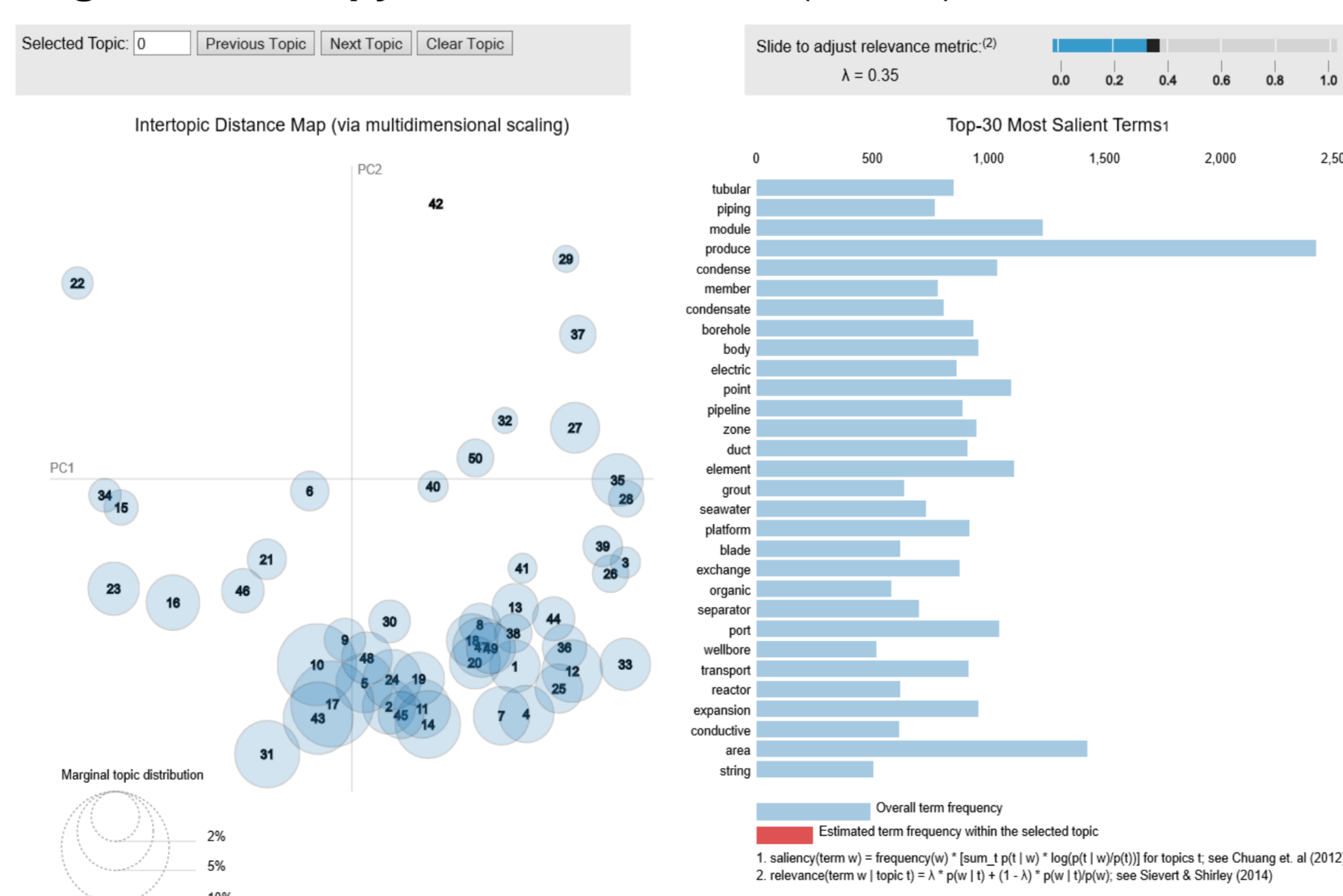
- Generatives Wahrscheinlichkeitsmodell aus dem Jahr 2003
- Unüberwachter Lernalgorithmus
- Dokumente in Bag of Words Struktur
- Einzelne Dokumente repräsentieren zufälligen Mix über verdeckte Themen und ein Thema ist über eine Verteilung von Wörtern definiert
- Annahme: Jedes Dokument ist durch einen „generativen Prozess“ erzeugt
- Wahrscheinlichkeit Korpus:

$$p(D|\alpha, \beta) = \prod_{j=1}^M \int p(\theta_j|\alpha) \prod_{i=1}^{N_j} \sum_{z_{ji}} p(z_{ji}|\theta_j) \cdot p(w_{ji}|z_{ji}, \beta) dz_{ji}$$



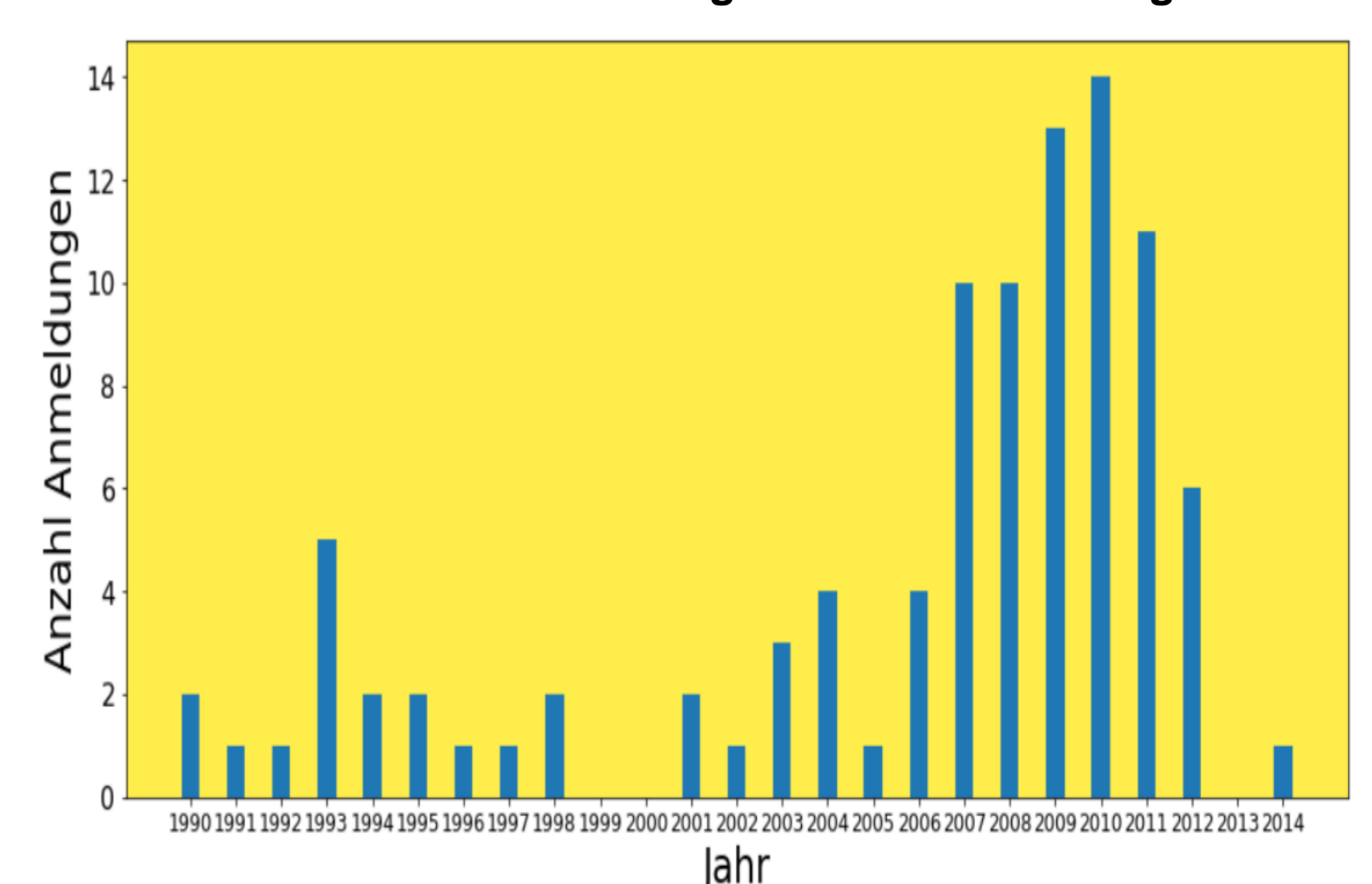
- ➔ Interpretation der Themen 14, 17, 23 und 43 mittels einer Word-Cloud
- ➔ Je größer das Wort, desto wichtiger

Ergebnisse mit pyLDAvis visualisiert (λ=0,35)



- ➔ Kreise stellen Themen dar
- ➔ Rechts Wortverteilung des Themas
- ➔ Anhand dieser lassen sich Patente klassifizieren, in denen es um „Bohrtechnologie“ geht

Anzahl der Patentanmeldungen zu Bohrtechnologien



- ➔ In rund 1/3 aller Patente ging es um Bohrtechnologien
- ➔ „Bohrtechnologie“ ist damit die wichtigste Basistechnologie im Bereich der Geothermie