

Olaf Steinmeier | Fraunhofer IAPT

## LASER DRILLING - GESTEINSBOHRUNGEN DURCH LASERSTRAHLSCHMELZEN MIT GASHEBEVERFAHREN

Der Laserstrahl hat als Werkzeug einen entscheidenden Vorteil. Er besitzt keinen mechanischen Kontakt zum Werkstück und unterliegt demzufolge keinerlei mechanischem Verschleiß. Für die Gesteinsbearbeitung mittels Laser Drilling ist lediglich ausreichend Laser-leistung notwendig, um das Gestein zu schmelzen. Zusätzlich können im Laserprozess aber auch Spallations- und in geringem Maße sogar Verdampfungseffekte genutzt werden, die den Materialabtrag unterstützen. Der erzeugte Bohrdurchmesser entspricht dem Spotdurchmesser des Laserstrahls und übertrifft den Durchmesser des Bohrstrangs, sodass um das Bohrrohr ein Ringraum entsteht, durch den das Gestein in Partikelform an die Erdoberfläche transportiert werden kann. Eine wasserasierte Bohrspülung ist nicht erforderlich; stattdessen werden die Gesteinspartikel mit Stickstoff aus dem Bohrloch ausgeblasen. Voraussetzung für die Wirksamkeit des Gashebeverfahrens ist, dass nur kleine Gesteinspartikel ( $\varnothing$ 1-2mm) entstehen.

Das Laser-Bohrverfahren wurde vom Fraunhofer IAPT gemeinsam mit verschiedenen internationalen Partnern in einem EU-geförderten Projekt entwickelt und Ende 2025 im Auftrag der Laser Drilling GmbH in einem Granitsteinbruch in Sachsen erstmals im Freien eingesetzt. Eine hohe Bohrgeschwindigkeit insbesondere in hartem Gestein und die Verzichtbarkeit einer flüssigen Bohrspülung sowie verschleißbedingter Komponentenwechsel prädestinieren das Laser Drilling speziell für tiefe Bohrungen.

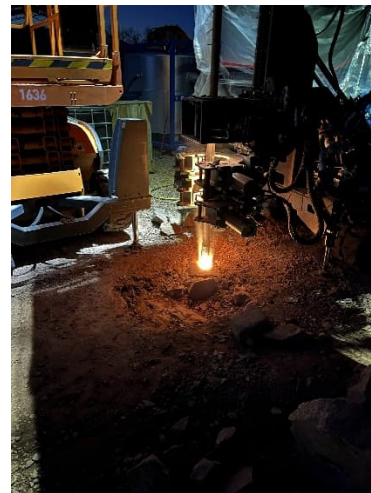


Abbildung: Einsatz des neu entwickelten Laser-Bohrverfahrens in einem Granitsteinbruch in Sachsen; Setup der Bohrtechnik (links) und Laserprozess (rechts)

09. Juni 2026

---

# Laser Drilling – Gesteinsbohrungen durch Laserstrahlschmelzen mit Gashebeverfahren

Olaf Steinmeier

# Technische Universität Hamburg und LZN Laser Zentrum Nord



# Technische Universität Hamburg und Fraunhofer IAPT



# Fraunhofer-Gesellschaft

Die führende Organisation für angewandte Forschung in Europa

- 80 Institute und Forschungseinrichtungen
- > 32.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
- Forschungsvolumen: 3,6 Milliarden Euro, davon 3,1 Milliarden Euro im Leistungsbereich Vertragsforschung

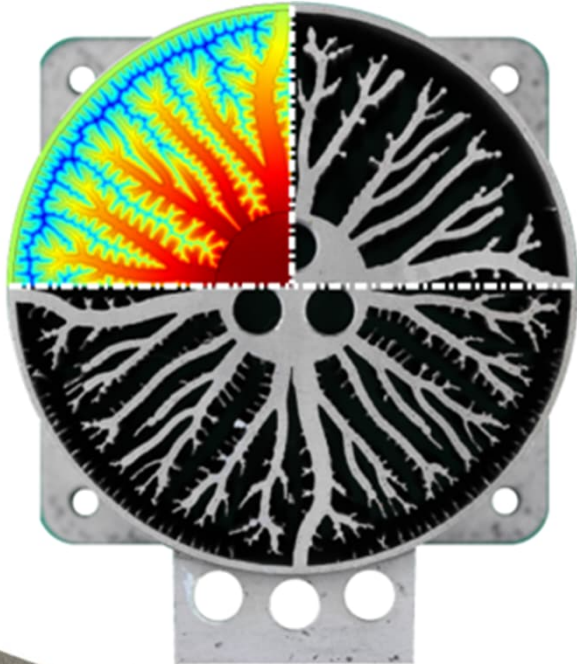


# Bauteile aus der additiven Produktion des Fraunhofer IAPT

Leichtbau



Wärme-transport



Strömungs-optimierung



Source: Herzog et al., ICALEO 2022

TUHH  
Hamburg  
University of  
Technology

 **AIRBUS**  
 **Fraunhofer IAPT**  
**CONCEPTLASER**  
a GE Additive company



   **Fraunhofer IAPT**

Bionisches Design

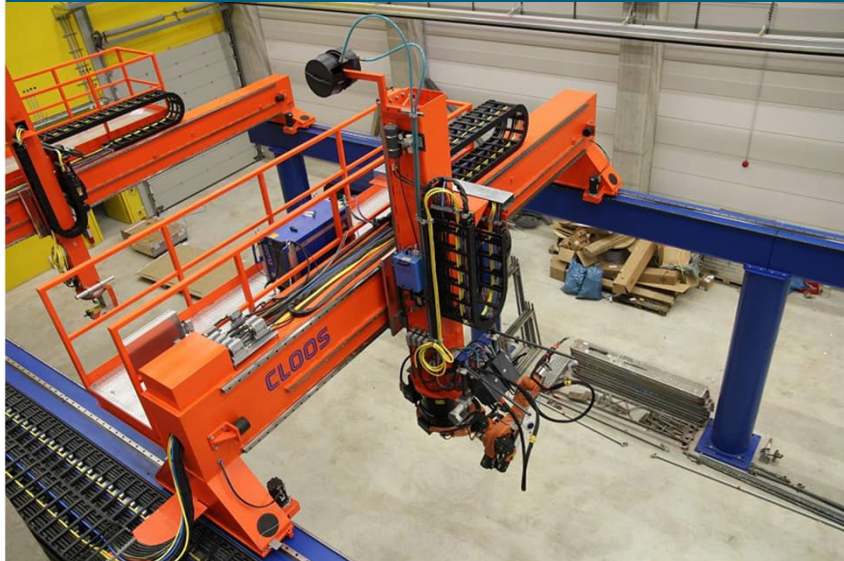


 **Fraunhofer IAPT**  
 **BUGATTI**  **BIONIC PRODUCTION**

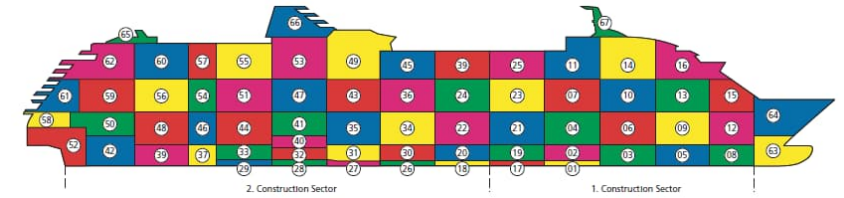
# Laser- und Laser-Hybridschweißen



## Portalanlage



## Hybridschweißen



Quelle: Meyer Werft

## Schiffbaudemonstrator



## 30 kW Laser

- Ausstattung: 30m-Portalanlage und 30-kW-Laser
- Einsatz im Schiff- und Kranbau

# Rock Fracturing mittels Laser seit 2016

200 mm Granitblock



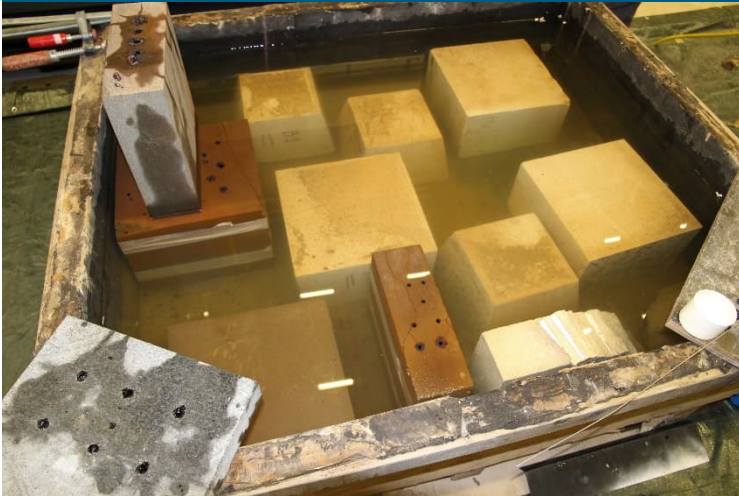
400 mm Granitblock



- Bearbeitung verschieden großer Gesteinsquader
- Einbringen thermischer Spannungen
- Spaltung eines Steins mit einem „Schuss“ möglich
- Bearbeitungszeit etwa 10 Sekunden

# Laserbearbeitung verschiedener Gesteinsarten

verschiedene Gesteinsarten

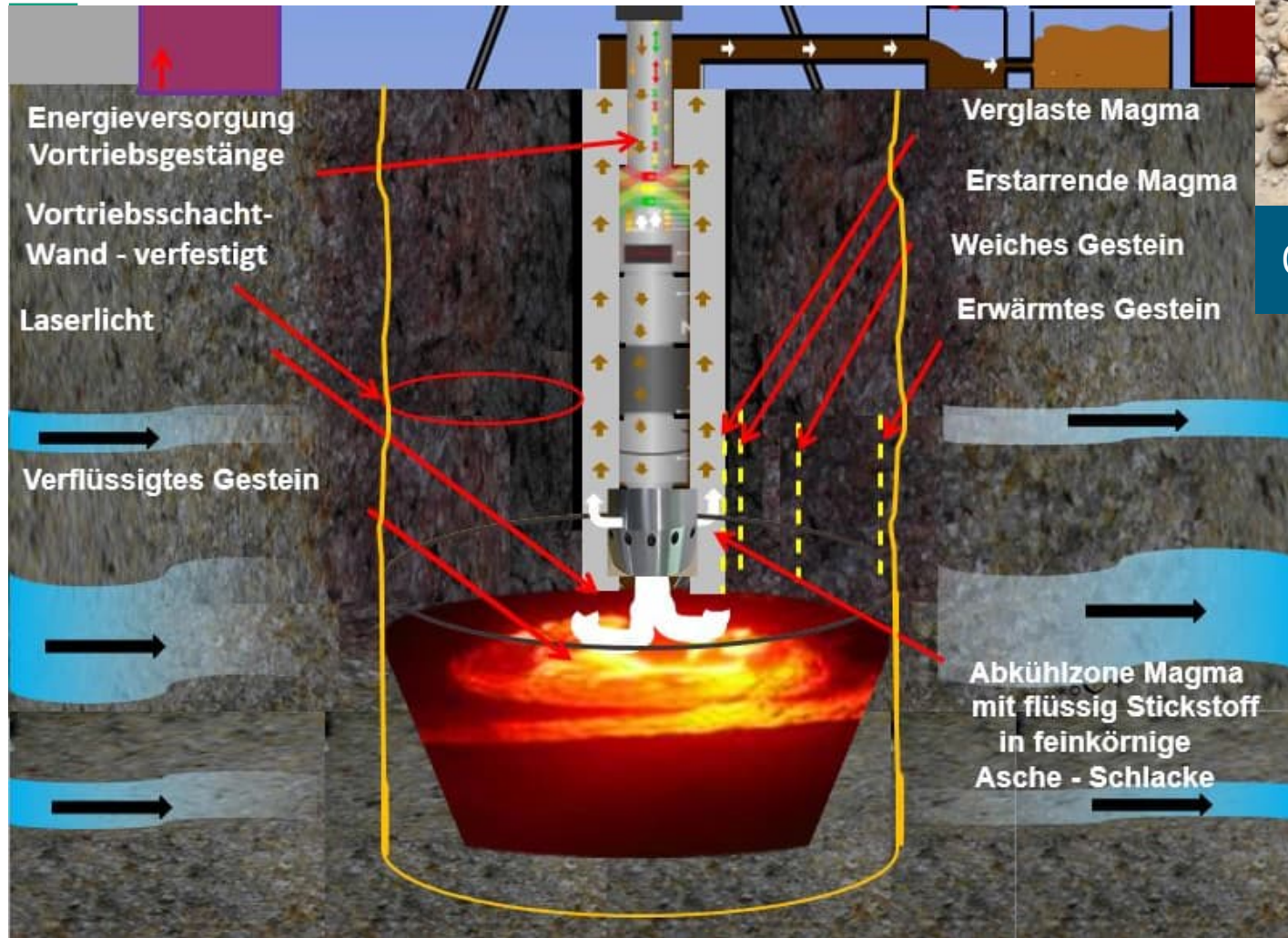


- Erzeugen von Bohrungen in Sandstein und Kalkstein durch Lasereinsatz
- Rissbildung in Sandstein
- Kalkstein: Zersetzung von  $\text{CaCO}_3$  oberhalb von  $825^\circ\text{C} \Rightarrow$  bes. einfach bearbeitbar

Anwendungsfall Dredging:

- Laser als verschleißfreies Werkzeug einsetzbar
- Erhöhen der Standzeiten von mechanischen Schneidköpfen (siehe Abbildung)

# Laser Drilling für Tiefengeothermie



Gesteinsschmelze

Fraunhofer IAPT hat mit der Laser Drilling GmbH eine Laserbohrtechnologie für Hartgestein entwickelt, mit der Tiefengeothermie technisch und wirtschaftlich realisierbar wird.

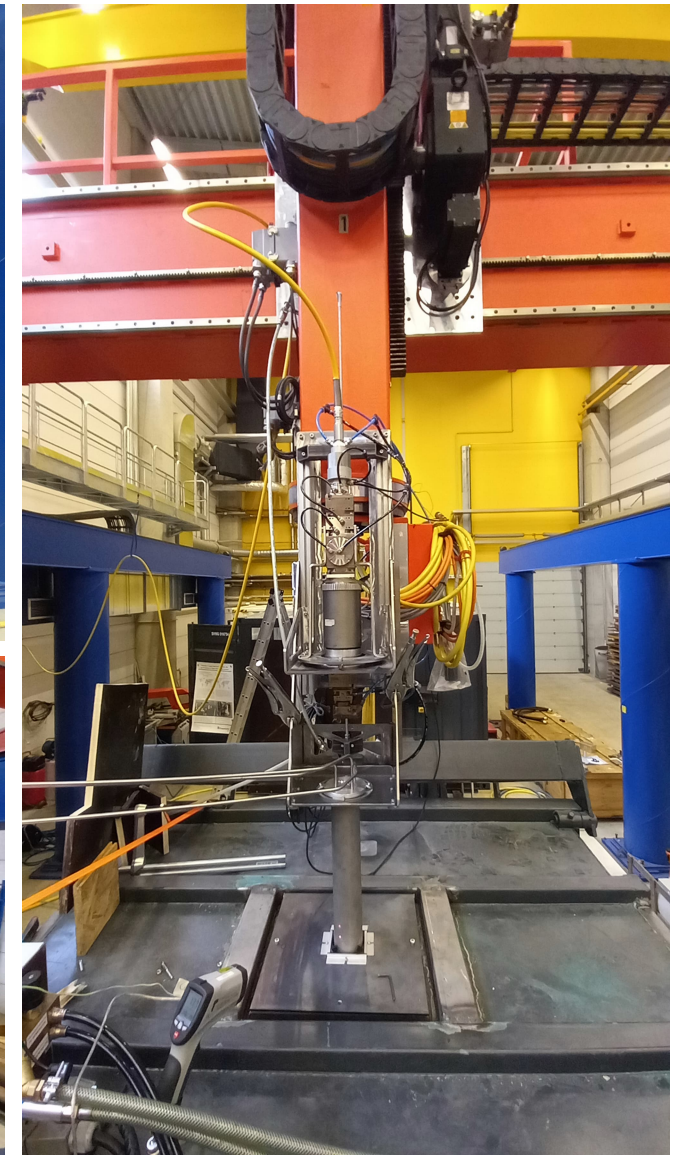
- Gestein wird mittels Laser aufgeschmolzen und mit Stickstoff aus dem Bohrloch ausgeblasen
- Kein mechanischer Verschleiß (kein Meißel)
- Keine wasserbasierte Bohrspülung
- Ringraum um den Bohrstrang notwendig, damit die Gesteinspartikel vom Stickstoff an die Oberfläche getragen werden können (pneumatischer Transport / Gashebeverfahren)
- Bohrtiefen > 4.000 Meter möglich
- Erdtemperaturen > 300°C erreichbar

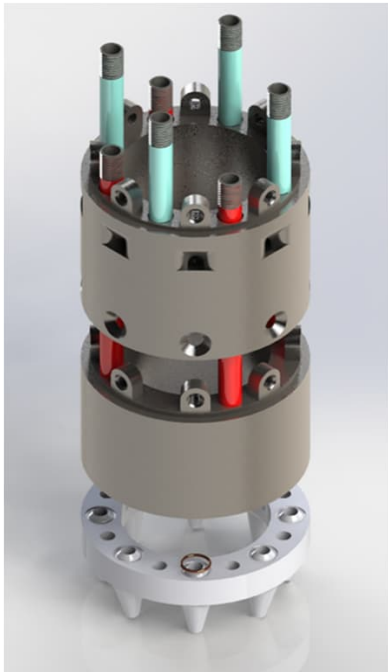
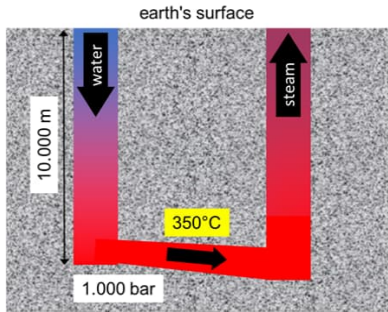
# Prozessentwicklung

## Laser plus Gas

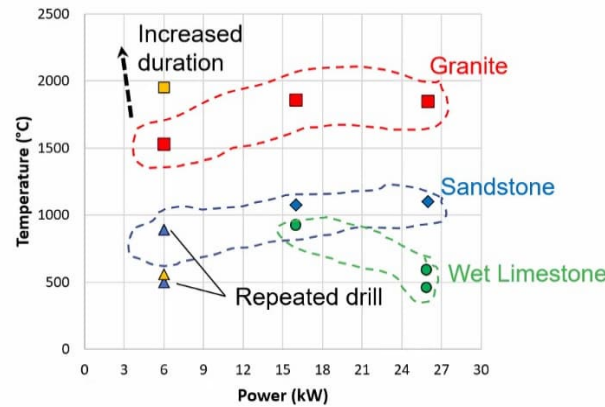
### Systemtechnik und Aufbau

- Verwendung eines Presscontainers als Sicherheitseinhausung
- Anordnung und Bearbeitung des Gesteins im Inneres des Containers
- Montage von Laser-Bearbeitungsoptik und Bohrstrang am Portal
- Anschluss von Laserstrahlquelle (30 kW) und Gasversorgung
- Realisierung der Vorschubbewegung durch den Roboter am Portalsystem





- Projektziel: Erzeugen eines U-förmigen Erdwärmetauschers im Labormaßstab (Closed Loop)
- Prozessentwicklung für verschiedene Gesteinsarten: Granit, Sandstein, Kalkstein, Gneis, Basalt, Schiefer, etc.
- Entwicklung und additive Fertigung eines funktions-integrierenden Laser-Bohrkopfes
- Ergebnisse: Bohrdurchmesser 80-100 mm, Bohrgeschwindigkeit ca. 20 m/h (in Granit)



Sandstein



Granit

# Vorbereitung der Freifelderprobung

## Adaption der Bohrtechnik

- Ausstattung eines Bohrgeräts mit der neuen Laser-Technologie: Montage der Bearbeitungsoptik am Bohrgerät
- Wegsteuerung anstelle einer kraftgesteuerten Vorschubbewegung (realisiert über elektrisch ansteuerbare Hydraulikventile)
- Installation einer übergeordneten SPS zur Steuerung aller notwendigen Funktionen (Vorschub, Laserleistung, Gasströmung)
- Implementierung eines Laser-Sicherheitskreises (Notabschaltung)



# Natursteinwerk Mittweida

## Freifeldversuche im Steinbruch



- Bohrgerät
- 50-kW-Laser
- Kühler (für den Laser)
- Generator
- Flüssigstickstoff

# Laser Drilling Setup

## Freifeldversuche im Steinbruch



Stickstofftank 12 m<sup>3</sup>

Stickstoff-  
versorgung

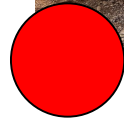


20'-Container mit 50-kW-Laser

Laserfaser



Laserbohrung  
(Wirkstelle)



Bohrgerät

Wasser-  
kreislauf



Wasserreservoir



Kühler 116 kW

Strom-  
versorgung

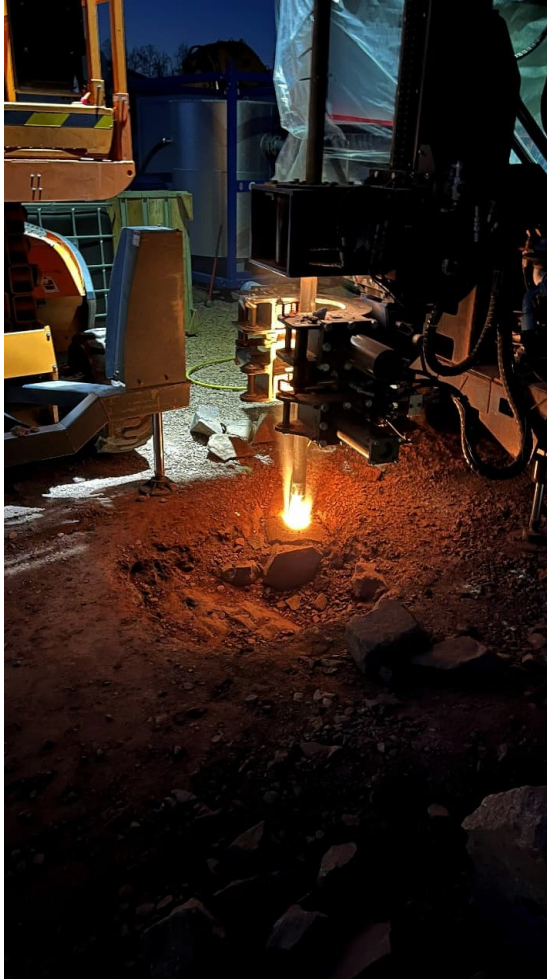
Strom-  
versorgung



Generator 500 kVA

# Mittweida

## Freifeldversuche



- 2 Monate Erprobung erfolgreich
- Bohrergerät funktionstauglich für den Lasereinsatz
- Zahlreiche Bohrungen in rotem Granit erzeugt (Durchmesser ca. 100 mm)
- Abbruch der Erprobung aufgrund von Nachtfrost und Schneefall Ende Nov 2025

# Zusammenfassung – Vorteile der Laser-Vortriebstechnologie

- Laser als verschleißfreies Werkzeug nutzbar
- Kein mechanischer Kontakt zwischen Bohrstrang und Gestein; daher keine Provokation von seismischer Aktivität durch die Laserbohrung
- Signifikante Steigerung der Vortriebsgeschwindigkeit in Hartgestein realistisch (Ziel: 20 m/h)
- Reduktion von Stillstandszeiten (kein verschleißbedingter Austausch von Bohrequipment)
- Bohrtiefen von mehr als 4.000 Metern wirtschaftlich darstellbar
- Geotemperaturen von ca. 300-500°C erreichbar
- Querbohrungen durch Strahlumlenkung des Lasers mittels Spiegel möglich (DeepU)
- Wasserkreislauf im Erdwärmetauscher ohne Pumpeneinsatz möglich (Closed Loop)
- Kraftwerksbetrieb mit Dampfturbinen auf Geothermiebasis (Temperaturniveau > 180°C) zur grundlasttauglichen Stromerzeugung möglich
- Zusätzliche Nutzung von Fernwärme

# Glück auf!

## Kontakt

---

Dipl.-Ing. Olaf Steinmeier  
Head of NextGen Energy  
Tel. +49 40 48 40 10 – 622  
Mobil +49 1 48 40 10 - 127  
[olaf.steinmeier@iapt.fraunhofer.de](mailto:olaf.steinmeier@iapt.fraunhofer.de)

Fraunhofer IAPT  
Am Schleusengraben 14  
21029 Hamburg  
[www.iapt.fraunhofer.de](http://www.iapt.fraunhofer.de)