



---

## Stellungnahme

Prof. Dr. Ing. Reinhard Müller-Syhre

Gesellschaft für FORTSCHRITT in FREIHEIT e. V.

---

Gesetzentwurf der Bundesregierung  
**Entwurf eines Gesetzes zur Beschleunigung der Genehmigungsverfahren  
von Geothermieanlagen, Wärmepumpen und Wärmespeichern sowie zur  
Änderung weiterer rechtlicher Rahmenbedingungen für den  
klimaneutralen Ausbau der Wärmeversorgung**  
BT-Drucksachen 20/13092, 20/13556

Dem Ausschuss ist das vorliegende Dokument in nicht barrierefreier Form zugeleitet worden.

**Siehe Anlage**

---

Für Gesellschaft für Fortschritt in Freiheit e.V., Freiheitliche Denkfabrik

Deutscher Bundestag  
20. Wahlperiode

Drucksache 20/13092  
30.09.2024

## **Stellungnahme zum Gesetzentwurf der Bundesregierung**

### **„Entwurf eines Gesetzes zur Beschleunigung der Genehmigungsverfahren von Geothermie-Anlagen, Wärmepumpen und Wärmespeichern sowie zur Änderung weiterer rechtlicher Rahmenbedingungen für den klimaneutralen Ausbau der Wärmeversorgung“**

#### **0. Präambel**

Eine Stellungnahme zu einem komplexen Thema, wie es der invasive Eingriff in organisch gewachsene Strukturen bei der Errichtung geothermischer Anlagen darstellt, muss sorgfältig formuliert werden. Sie sollte geotektonische, landwirtschaftliche sowie umwelt- und wasserhaushaltsrelevante Aspekte umfassen. Das Ziel ist, Inhalt, Zweck und Nutzen der Maßnahmen darzustellen. Zudem sollten die Kostenprognosen und die damit verbundenen Risiken klar und verständlich aufgezeigt werden, um dem obersten Dienstherrn des Gesetzgebers und letztlich dem Steuerzahler diese Informationen nachvollziehbar zu machen.

Entscheidungen sollen in nachvollziehbarer Form auf naturwissenschaftlichen Grundlagen und ingenieurtechnischen Gesetzen basierend verifiziert und widersprüchliche Auffassungen zu Sinn und Zweck unter einer entsprechenden Nutzenprämisse sachlich diskutiert werden.

Dieser Grundansatz fehlt in Gänze bei dem hier zu beurteilenden Gesetzesentwurf.

Der Leser wird hier nicht mit den oben genannten Abwägungen und entsprechenden Expertisen konfrontiert. Stattdessen muss er nach ermüdendem Studium spröder Gesetzestexte zur Kenntnis nehmen, wie eine bereits festgelegte und nicht hinterfragte Entscheidung abgewickelt werden soll. Ziel ist es dabei, die Entscheidung gesetzeskonform zu präsentieren.

Wer diese Sache wo beschlossen hat, in welchem Gremium und mit welcher Expertise, wird dabei nicht oder zumindest nur verklausuliert erwähnt.

Es handelt sich nicht um neutrale, lokale und unabhängige geologische Fachgremien, die diese Entscheidungen begründen. Stattdessen basieren die Begründungen auf allgemein gehaltenen Forderungen internationaler Organisationen, UN-Resolutionen zur Transformation und EU-Richtlinien über den Temperaturverlauf der Erde in den kommenden Jahren. Auch Bekenntnisse zu ökologischem Handeln, Allgemeinplätze zur CO<sub>2</sub>-Thematik, Erderwärmung und dem menschengemachten Klimawandel im Besonderen spielen eine Rolle. Für all diese Themen fehlt jedoch noch ein wissenschaftlich sauber geführter Beweis, der den Zusammenhang zum besagten Vorgehen beim Geothermie-Ausbau belegt.

Daher befasst sich der Gesetzesentwurf auch nicht mit der Sache an sich und verunmöglicht damit die Frage nach dem „ob überhaupt“.

Er fordert lediglich ein Einverständnis darüber ein, dass in allen diesen tangierenden, zuständigen Gesetzestexten sowie den Verwaltungsstrukturen (hier besonders das BundesBergGesetz sowie das Wasserhaushaltsgesetz)

- mittels Textumschreibungen,
- Streichungen, Einfügungen und Erweiterungen im Sinne der Ausräumung,
- Streichung aller Gefahrenrisiken,
- Streichung aller Vorsichtsmaßnahmen,
- Unterdrückung aller Gegenklagemöglichkeiten,
- Streichung bürokratischer Hürden bei der Beantragung oder Vorgabe unangemessen
- kurzer Einspruchsfristen für Einspruchsverfahren,
- Umformulierungen im Sinne der sofortigen und rücksichtslosen Realisierung,

die bestehenden Gesetze – aus einer Zeit stammend, in der Schutzrechte für Umwelt und Verbraucher noch eine gesetzlich verbriefte Bedeutung hatten – ausgehebelt werden.

In Übereinstimmung mit meinem Gewissen werde ich der wichtigen Funktion der naturwissenschaftlichen Betrachtung dieses Gesetzesentwurfs nachkommen. Dabei werde ich darüber informieren, welche grundlegenden Aspekte zu berücksichtigen sind. Zudem werde ich auf die Punkte hinweisen, auf die man besonders achten muss, wenn ein solcher Eingriff in unsere ökologischen Strukturen erfolgt.



## 1. Naturwissenschaftliche Vorbetrachtungen

Die Erdkruste in ihrer heutigen Form ist das Ergebnis des Zusammenwirkens chemischer, mechanischer, thermischer und biologischer Wechselwirkungen, die sich über Millionen von Jahren entwickelt haben. Diese Wechselwirkungen prägen ihre Struktur, Schichtung und chemische Zusammensetzung sowie ihre Porosität, Dichte und Wasserdurchlässigkeit. Sie beeinflussen zudem die thermische und elektrische Wärmekapazität sowie die Leitfähigkeit der Erdkruste. Die Erdkruste bildet so, ähnlich der Wurzel eines Baumes, eine lokal angepasste ökologische Einheit und spiegelt eine nahezu unendlich lange Entwicklungsgeschichte wider.

Durch die erdgeschichtliche Entstehung unseres Planeten ist dieser Prozess alles andere als statisch. Vielmehr ist er höchst dynamisch und steht ständig unter dem Einfluss lokal verschiebender Energiepotenziale. Diese Verschiebungen werden durch die Abkühlvorgänge des glühend flüssigen Erdinneren hin zur kühlen Peripherie im kalten Weltall verursacht. Hinzu kommen die durch die Erdrotation existierenden Flieh- und Corioliskräfte, die auf das bewegte Erdinnere wirken und die verkrusteten, erstarrten Teile stets nach außen drücken. Auch wenn diese Vorgänge innerhalb eines Menschenlebens in manchen Regionen, wie in Mitteleuropa, oft als statisch und unverändert wahrgenommen werden, zeigen sie sich an anderen Orten als hochdynamisch. In Gebieten mit tektonischen Aktivitäten, an Plattengrenzen oder in Regionen mit sehr dünner Erdkruste werden ihre Auswirkungen bereits in kürzeren Zeiträumen spürbar. Die Folgen sind oft gigantisch und übertreffen alle menschlichen Vorstellungen, mit tiefgreifenden Auswirkungen auf die Gesellschaft der dort lebenden Menschen.

Einseitig motivierte Eingriffe in dieses voneinander abhängige und sich bedingende System haben zwangsläufig sofortige Auswirkungen auf die beteiligten anderen Komponenten dieses Systems. Diese Eingriffe müssen im Verhältnis zu den wirkenden eigendynamischen Zeitkonstanten des Systems als direkt einwirkender Dirac-Stoßimpuls angesehen werden.

Ungünstig dabei erweisen sich die extrem großen Zeitkonstanten der Eigendynamik des Systems in Bezug auf die Antwortreaktionen. Dadurch wird jeder Verursacher eines solchen Eingriffs niemals direkte Konsequenzen in den nächsten Jahren oder, um es direkter zu formulieren, innerhalb der nächsten Legislaturperioden zu spüren bekommen.

Insofern ist gerade im Sinne der Nachhaltigkeit – ein Begriff, der in Zusammenhang mit diesem Gesetzesentwurf in pervertierender Weise als zuträglich angegeben wurde – besondere Sorgfalt bei der Betrachtung der langfristigen Auswirkungen und Systemveränderungen aus fachlicher Expertise heraus geboten.

Nur eine, diesem geschlossenen Systemcharakter entsprechende Herangehensweise an größere, von Menschen geplante Eingriffe in dieses komplexe System kann die Basis zur Beurteilung invasiver Vorgehensweisen in diesem System sein.

Im Folgenden sind nur einige der langfristigen Wechselwirkungsszenarien aufgezeigt, mit denen dieses voneinander abhängige System antworten wird:

- Veränderung der strukturellen lokalen Zusammensetzung der Erdkruste durch kurzzeitige Kraft- und daraufhin permanente Vibrationseinwirkungen.
- Tektonische Provokationen durch mikroseismische Veränderungen:  
Diese Vorgänge werden wegen des Vorsatzes „mikro“ oft übersehen, obwohl sie besondere Aufmerksamkeit verdienen. Auch kleine Einflüsse können ein ausbalanciertes System stören. Wenn ein Gesamtsystem unter gleichmäßig verteilten isometrischen Spannungen steht, reicht schon eine minimale einseitige Störung aus, um heftige und miteinander gekoppelte, nichtlineare Reaktionen auszulösen. Dieser Effekt ist bekannt durch Veröffentlichungen des US Geological Survey (USGS), die über seismische Aktivitäten und Kernwaffentests berichten und deren Rolle bei der Auslösung seismischer Ereignisse beschreiben. Vergleichbar ist das damit, dass kein Mensch auf die Idee kommen würde, in einen Staudamm, der eine potenzielle Energie von mehreren Petawattstunden gespeichert hält, eines oder mehrere Löcher zu bohren.
- Aufbau neuer, im Systemgleichgewicht undefinierter, unterirdischer statischer Kraftwirkungen durch erzwungene lokale Temperaturänderungen, die sich den elementaren Gesetzen der Mechanik folgend in unkontrollierten Verschiebungen freisetzen werden. Denken Sie daran, dass bereits im Winter allein durch gefrierendes Wasser in geschlossenen Volumina jedes Gebäude zerstört werden kann. Denken Sie an die Vorsorge von Ausdehnungsfugen in Bauwerken, Brücken, Talsperren etc. und die Konsequenzen bei deren Versagen oder Wegfall. Die Modellierung und Identifikation derart komplexer seismischer Prozesse steht leider noch am Anfang. Aufgrund der begrenzten, punktuellen Informationen, die durch Probebohrungen gewonnen werden, können die Ergebnisse nicht einfach auf benachbarte Gebiete übertragen werden. Die Auswirkungen solcher Interventionen lassen sich daher meist eher schätzen als präzise berechnen. Einige Pilotprojekte sind weltweit in diversen Veröffentlichungen zu finden, sind aber sehr aufwendig und mit erheblichem Forschungsaufwand für den Einzelfall verbunden. Bezogen auf die in dem Gesetzesentwurf geplante Masseninstallation derartiger seismischer Interventionen ist dieser sorgfältige Untersuchungsaufwand in der Ausführung weder gefordert noch vorgesehen und schon gar nicht kostenmäßig einkalkuliert.
- Beeinträchtigung des Schichtenaufbaus durch Wassereinspülungen in die Erdkruste: Hierdurch wird die Porosität und damit die Wärmeleitfähigkeit des Bodens sowie dessen mechanische Verlässlichkeit für dieses Vorgehen gegen das beabsichtigte Ziel beeinträchtigt.
- Auswaschungen und Veränderungen der Porosität angelagerter Erdschichten sowie die Provokation daraus folgender Setzungen und Verschiebungen.
- Unkontrollierter Wasserentzug aus dem geschlossenen System mit Auswirkungen auf den Grundwasserspiegel und die Bodendurchfeuchtung.

- Einbringen von chemisch kontaminierten Flüssigkeiten im Bereich des Eingriffs aufgrund spezieller Adhäsive im Wärmetransportmedium für den Korrosionsschutz der Anlagen sowie die Versetzung des Wärmetransportmediums mit Bioziden zur Abtötung von Bodenflora und Pilzen im Bereich des Wärmetransports.
- Beeinträchtigung der erdnahen Flora und Fauna durch Infraschallemissionen, bedingt durch permanent niederschwingende Körperschallemissionen der Pumpen im Frequenzbereich zwischen 16 und 50 Hz.
- Veränderung des Wärmehaushalts und der lokalen Ausdehnungsverhältnisse der Erdschichten, was Verschiebekräfte in den beteiligten Gebieten auslöst und damit unberechenbare mechanische Kräfte auf das installierte Anlagensystem und die Wärmeleittransporteinrichtungen zur Folge hat.
- Veränderungen des lokalen Wärmehaushalts an der Oberfläche und damit eine Herabsetzung der land- oder forstwirtschaftlichen Erträge im direkten lokalen Umfeld.
- Veränderung der Fauna sowie der mikrobiologischen und pilzlichen Zusammensetzung der oberflächennahen Erdkruste.
- Langfristige Herabsetzung der Quelltemperaturen durch lokale, sich ausgleichende Abkühlungsprozesse im Umfeld der Quelle.  
Hier muss der im Gesetzesentwurf formulierten Vorstellung deutlich widersprochen werden, dass Geothermie eine unerschöpfliche Quelle kontinuierlicher Energie sei. Eine solche Annahme widerspricht bereits im Ansatz dem Energieerhaltungssatz. Energie ist eine transportierbare Ware, und es ist klar, dass bei einem lokalen Abbau einer Ressource diese von irgendwoher nachgeliefert werden muss. Selbst wenn man sich mit einer Bohrung in unmittelbarer Nähe des flüssigen Magmas befindet und diese Energie nutzen möchte, muss klar sein, dass durch dieses Absaugen das Magma abkühlt, erstarrt und der Wärmetransport daraufhin drastisch abnehmen wird. In diesem Sinne ist die Menge der Wärmeausbeute und die Leistungsentnahme aus geothermischen Quellen sorgfältig zu planen, um einen möglichst integralen maximalen Nutzen zu erzielen.

Alle der hier nicht vollständig aufgezählten Auswirkungen müssen nicht zwangsläufig die Sinnhaftigkeit der Geothermie in Frage stellen.

Schließlich gibt es 11 stromerzeugende Anlagen in Deutschland, bei denen in den vergangenen 18 Jahren nach sorgfältiger Prüfung der Risiken günstige Verhältnisse zur Nutzung der Energie aus Tiefengeothermie, durch Bohrungen tiefer als 400 m, genutzt werden. Dabei wurden die Kosten und Risiken sorgfältig – also gerade nicht so, wie es die Gesetzesentwurfverfasserin fordert und durch Gesetzesmanipulation hintertreiben will – im Sinne einer kostengünstigen Energieversorgung gegeneinander abgewogen.

Diese Objekte haben jeweils eine mittlere Leistung zwischen 3 und 6 MW und sind in der Lage, die gewonnene Wärme auch in Elektroenergie umzuwandeln, da die Temperaturen hoch genug sind, um dampfbetriebene Generatoren zu betreiben.

Die Errichtung dieser Objekte erfolgte noch unter einer anderen gesetzlichen Ägide. Diese Projekte unterlagen noch nicht den vorrangig politisch motivierten Forderungen einer rücksichtslosen und hastig vorangetriebenen Durchsetzungskampagne, wie sie im vorliegenden Gesetzesentwurf beworben wird.

Inzwischen sind auch viele oberflächennahe Geothermie-Anlagen entstanden, die vorrangig zur Erzeugung von Fernwärme verwendet werden und mittels Wärmepumpen die Zieltemperatur aufrechterhalten.

## **2. Geothermietechnische Grundlagen für das Verständnis der Thematik und immanente Risiken**

Geothermie ist die Nutzung der Wärme des Erdinneren zur Energiegewinnung, indem Wärmetauscher tief in speziell dafür angelegte Bohrlöcher eingebracht werden. Dies wird hier als Grundwissen vorausgesetzt.

In der Geothermie wird zwischen Tiefengeothermie und oberflächennaher Geothermie unterschieden. Die gesetzte Grenze zwischen diesen beiden Arten liegt bei einer Bohrtiefe von 400 m und ist nicht willkürlich. Sie leitet sich aus dem Temperaturgradienten über der Bohrtiefe ab. Dieser steigt relativ linear mit etwa 3°C pro 100 m und nimmt ab 400 m meist nichtlinear zu höheren Temperaturen zu.

Die Festlegung von 400 Metern als Unterscheidung zwischen Tiefengeothermie und oberflächennaher Geothermie basiert auf praktischen, technischen und geologischen Kriterien, die sich auf die Temperaturverhältnisse und die Art der Nutzung der Erdwärme beziehen.

- **Oberflächennahe Geothermie:**

In der Regel wird Erdwärme bis zu einer Tiefe von etwa 400 Metern als oberflächennah betrachtet, da in diesen Tiefen die Erdtemperaturen relativ stabil und moderat sind, typischerweise zwischen 10°C und 20°C. Diese Temperaturen eignen sich vor allem zur Wärmeabgewinnung für Heizzwecke mittels Wärmepumpen. Der Temperaturanstieg ist dabei relativ gleichmäßig, etwa 3°C Zunahme pro 100 Meter Tiefe.

Es ist jedoch für den Begriff „Geothermie“ geologisch erforderlich, dass das umliegende Material am Bohrlochende in einer Region liegt, die besonders günstige Verhältnisse für die Wärmeleitung der stabilen Erdwärme an einen Abtransport-Ort der Wärme bietet, sei es durch ein eingeschlossenes Tiefenwasserreservoir oder eine anderweitig günstig wärmeleitende Erdschicht.

Ein triviales Bohrloch irgendwo reicht da nicht aus, weshalb im Falle der Geothermie immer eine umfangreiche geologisch fundierte Erschließung verbunden mit Probebohrungen erforderlich ist.

- **Tiefe Geothermie:**

Ab Tiefen von mehr als 400 Metern wird der Temperaturanstieg deutlich stärker, und in größeren Tiefen (bis zu mehreren Kilometern) können Temperaturen von 100°C und mehr erreicht werden. Diese höheren Temperaturen ermöglichen nicht nur die Wärmeabgewinnung, sondern auch die Stromerzeugung. In diesen Fällen wird ab dieser Tiefe keine Wärmepumpe mehr benötigt; sie wäre kontraproduktiv und wirtschaftlich unnützlich, da die Temperaturen hoch genug sind, um direkt nutzbare Energie zu liefern. Hierfür sind sorgfältige geologische Voruntersuchungen und Probebohrungen in besonderem Maße erforderlich, um die Langlebigkeit und den wirtschaftlichen Erfolg der Investitionen nicht zu gefährden.

Ebenso müssen ausreichende Risikoauswirkungen evaluiert werden, um die geotektonischen Auswirkungen einer oder mehrerer paralleler Bohrungen in dieser Tiefe zu beurteilen.

Es ist auch offensichtlich, dass der infrastrukturelle Aufwand zum Ernten der Energie in einem heißen Medium, das sich 1 bis 2 km unterhalb der Erdoberfläche befindet, nicht trivial ist. Es müssen umfangreiche thermische Isolationsmittel in die Erde eingebracht

und Reinjektionskanäle eingeführt, sowie extreme Pumpleistungen aufgewendet werden, um die Kontinuität der Energiegewinnung zu sichern.

Ein weiteres Unterscheidungskriterium, das auf beide Geothermie-Verfahren angewendet werden kann, ist die Art und Weise des Wärmetransportes. Dieser kann in offenen und geschlossenen Systemen erfolgen.

### **Offene Systeme:**

Hier wird für den Transport des wärmehaltigen Mediums kein isoliertes Verrohrungssystem verwendet. Stattdessen dient das Bohrloch selbst, gegebenenfalls mit einer Auskleidung oder Versiegelung, als direkter Medienleitkanal für das unter Druck eingebrachte Transportmedium. Dieses Verfahren birgt einige Risiken, ähnlich dem Fracking-Verfahren zur Gewinnung von Erdgas aus tieferen Gesteinsschichten.

Obwohl das offene System aufgrund der guten Wärmeübertragung eine effiziente Methode zur Energiegewinnung darstellt, sind damit erhebliche Risiken und Gefahren für die Umwelt und die öffentliche Gesundheit verbunden. Die wichtigsten Gefahren sind:

- **Verunreinigung von Grundwasser**  
Eines der größten Risiken bei offenen Systemen ist die potenzielle Verunreinigung von Grundwasser. Die Medienflüssigkeit, die Wasser, Chemikalien und Sand enthält, wird unter hohem Druck in das Gestein gepumpt. Wenn es zu Leckagen oder Rissen in den Bohrröhren kommt, können Chemikalien und giftige Adhäsive in das Grundwasser gelangen, was ernsthafte Auswirkungen auf die Trinkwasserqualität und die Gesundheit der Bevölkerung haben kann.
- **Erdbebenrisiko (Induzierte Seismizität)**  
Hohe Drücke in perforierten, seismisch empfindlichen Gebieten, wie es bei der Tiefengeothermie der Fall ist, können Mikro-Erdbeben auslösen, die normalerweise zu klein sind, um spürbar zu sein. In einigen Fällen können jedoch auch größere, spürbare Erdbeben verursacht werden. Besonders das Reinjektieren des Abwassers (also das Einpressen des gebrauchten Wassers zurück in den Untergrund) kann das Erdbebenrisiko erhöhen. In Regionen wie den USA wurden bei Geothermieprojekten großer Tiefe und bei Wasserinjektionen bereits Erdbeben der Stärke 3 bis 5 ausgelöst.
- **Hoher Wasserverbrauch**  
Offene Systeme erfordern enorme Mengen an Wasser. Dies ist besonders in wasserarmen Regionen problematisch, wo die Verfügbarkeit von Wasser bereits eingeschränkt ist. Der hohe Wasserverbrauch kann zu Wasserknappheit führen und die landwirtschaftliche Nutzung sowie die Versorgung der Bevölkerung beeinträchtigen. Wenn man das im Gesetzesentwurf formulierte Ziel von 10 TWh jährlich durch eine Geothermieanlage mit offenen Medienaustauschsystemen realisieren wollte, so würde bei der vorausgesetzten Wärmekapazität von glykolhaltigem Wasser ein Wasserverbrauch von  $31,7 \text{ m}^3$  pro Sekunde erforderlich sein, welches kontinuierlich wärmeausgetauscht werden müsste. Dies würde eine Wassermenge pro Jahr von  $31,7 \text{ m}^3/\text{s} \times 31.536.000 \text{ Sekunden} = 999.475.200 \text{ m}^3$  ergeben. Dies entspräche einem Würfel von 1 km Kantenlänge, gefüllt mit Wasser, das in die Umwelt verteilt werden müsste. Wegen dieses enormen Wasserverbrauchs arbeiten die meisten Systeme daher mit Reinjektion, welche jedoch die genannten seismischen Risiken birgt.



- **Entsorgung des Wassers in offenen Systemen**

Das in der offenen Geothermie verwendete Wasser wird mit Chemikalien sowie natürlich vorkommenden radioaktiven Stoffen oder Schwermetallen verunreinigt, die im Gestein gelöst werden. Dieses Abwasser muss entweder gereinigt oder sicher entsorgt werden. Unsachgemäße Entsorgung kann zu Umweltverschmutzung führen, wenn es in Flüsse oder Seen gelangt oder bei der Einlagerung im Untergrund ins Grundwasser eindringt. Außerdem birgt das Einpressen von Abwasser in den Untergrund bei Reinjektionen das bereits erwähnte Risiko der Erdbebenauslösung.

#### **Geschlossene Systeme:**

In geschlossenen Systemen wird für den Transport des wärmeführenden Mediums ein getrenntes, nicht direkt mit dem Erdreich in Kontakt kommendes, thermisch isoliertes Rohrleitungssystem verwendet. Dieses System verhindert weitgehend, außer im Falle einer Leckage, den Kontakt des Mediums mit dem Erdreich.

Die Nachteile dieses Systems liegen in den drastisch höheren Gesteinskosten für den Wärmetransport und dessen Isolation.

Zudem kann das System nicht zu 100 % geschlossen gehalten werden und muss zur Wartung regelmäßig ausgetauscht bzw. mit Frischwasser aufgefüllt werden, wodurch das Wasserverbrauchs- und Abwasserproblem zwar deutlich geringer, aber nicht vollständig ausgeräumt ist.

#### **Reinjektionsbohrung:**

Sowohl offene als auch geschlossene Geothermie-Anlagen können mit oder ohne Reinjektionsbohrungen gebaut werden. Das hängt von der geologischen Beschaffenheit und der lokalen Qualität der Wärmeausbeute ab.

Im Allgemeinen ist es effektiver, aber auch teurer und besonders bei Tiefen-Geothermie gefährlicher, mit einer Reinjektionsbohrung zu arbeiten.

Geothermie-Anlagen können also grob in acht Varianten auftreten:

- *Offen oder geschlossen*
- *Tief oder bodennah*
- *Ohne Reinjektion oder mit Reinjektion*

Unabhängig davon, ob es sich um eine offene oder geschlossene Geothermie-Anlage handelt, ob mit oder ohne Reinjektionsbohrung gearbeitet wird und ob tiefgebohrt wird oder an der Oberfläche, ergeben sich für alle acht Systeme folgende, nicht zu unterschätzende Gefährdungspotenziale, die im vorliegenden Gesetzesentwurf teils verharmlost dargestellt werden. Diese Risiken bestehen vordergründig durch die Verwendung von Chemikalien, die in allen acht Varianten eingesetzt werden und deren Kontaminierung des Standortes, insbesondere im Havariefall und bei Leckagen, nicht vollständig ausgeschlossen werden kann – auch wenn diese bei geschlossenen Systemen deutlich geringer ist.

Diese unmittelbaren physikalischen Gefährdungspotenziale bestehen zusätzlich zu den bereits für offene Systeme in Tiefenbohrungen erwähnten Risiken:

#### **Zur Verwendung von Chemikalien:**

Geothermie erfordert den Einsatz von Chemikalien, von denen viele als giftig oder gesundheitsschädlich gelten und dem Transportmedium beigemischt werden, um die Wärmetauschanlagen sowie die Pumpen zu schützen. Einige dieser Chemikalien können krebserregend

sein oder andere schädliche Wirkungen haben. Da die genaue Zusammensetzung der eingesetzten Chemikalien oft als Geschäftsgeheimnis behandelt wird, ist es schwierig, die vollständigen Auswirkungen zu bewerten. Gelangen diese Chemikalien ins Trinkwasser oder die Umwelt, kann das schwerwiegende Folgen haben.

**Bekannte Chemikalien sind:**

- **Frostschutzmittel**
  - Propylenglykol
  - Ethylenglykol
  - Ethanol
  -
- **Korrosionsinhibitoren**
  - Phosphate: Phosphathaltige Verbindungen wirken als Korrosionsinhibitoren, indem sie eine dünne Schutzschicht auf den Metalloberflächen bilden, die den Kontakt zwischen dem Wasser und dem Metall verhindert.
  - Nitrite: Nitrit-basierte Korrosionsschutzmittel werden häufig in geothermischen Kreisläufen verwendet. Sie verhindern die Bildung von Rost (Eisenoxid) auf Metalloberflächen, indem sie eine Schutzschicht bilden, die den Sauerstoffkontakt minimiert.
  - Silikate: Diese Inhibitoren bieten Korrosionsschutz, indem sie eine dünne Schicht von Silikatkristallen auf den Oberflächen der Rohre und Wärmetauscher ablagern.
  - Amine: Flüchtige Amine werden oft in Systemen verwendet, in denen Dampf erzeugt wird (z. B. in tiefen geothermischen Anlagen). Diese Chemikalien schützen die Anlage, indem sie die pH-Werte des Wärmeträgermediums regulieren und somit die Korrosion in den Dampfkreisläufen verhindern.
- **Antifouling-Mittel**

In geothermischen Systemen kann es zu Ablagerungen (Fouling) durch Mineralien kommen, insbesondere bei tiefen geothermischen Systemen, in denen das Wärmeträgermedium mit hohen Temperaturen und mineralhaltigem Wasser in Kontakt kommt. Um die Bildung von Ablagerungen an den Rohrwänden und Wärmetauschern zu verhindern, können Antifouling-Chemikalien eingesetzt werden.
- **Dispergiermittel**

Diese Chemikalien verhindern die Ausfällung von Mineralien (wie Kalk oder Eisenoxid) und halten diese in Lösung, sodass sie sich nicht an den Rohrwänden oder im Wärmetauscher absetzen.
- **Chelatbildner**

Chelatbildner wie EDTA (Ethylen-Diamin-Tetraessigsäure) binden Metallionen (wie Calcium oder Magnesium), damit diese keine Ablagerungen bilden und sich an den Rohren absetzen können.
- **pH-Regulatoren**

Der pH-Wert des Wärmeträgermediums spielt eine entscheidende Rolle für die Korrosionsneigung und die Ablagerung von Mineralien. Ein leicht alkalisches Milieu (pH-Wert > 7) ist oft wünschenswert, da es die Korrosion verlangsamt und die Bildung von Mineralablagerungen verringert.

  - Alkalische Zusätze: Natriumhydroxid (NaOH) oder Kaliumhydroxid (KOH)

werden manchmal dem Wärmeträgermedium hinzugefügt, um den pH-Wert zu erhöhen und ein alkalisches Milieu zu schaffen.

- **Biozide**

In geschlossenen Systemen besteht bei niedrigen Temperaturen oder in feuchten Umgebungen die Gefahr, dass sich Mikroorganismen wie Bakterien oder Algen ansiedeln. Diese Organismen können das System verstopfen oder die Wärmeübertragung beeinträchtigen. Um das Wachstum von Mikroorganismen zu verhindern, können Biozide dem Wärmeträgermedium zugesetzt werden. Diese Chemikalien töten oder hemmen das Wachstum von Bakterien und Algen, was besonders in Systemen mit niedrigen Temperaturen und feuchten Bedingungen notwendig ist. Sie sind auch für den Menschen toxisch.
- **Wärmeleitungsverbesserer**

In einigen geothermischen Systemen werden Chemikalien verwendet, um die Wärmeleitfähigkeit des Wärmeträgermediums zu verbessern und so die Effizienz des Systems zu erhöhen.

  - Wasser-Glykol-Mischungen: Neben der Frostschutzeigenschaft von Glykol kann auch die Wärmeleitfähigkeit durch gezielte Mischungsverhältnisse zwischen Wasser und Glykol angepasst werden. Eine sorgfältig abgestimmte Mischung verbessert die Wärmeübertragung in der Anlage, reduziert allerdings deren Wärmekapazität.
- **Beeinträchtigung von Ökosysteme**

Offene Geothermie-Anlagen führen durch den Bau von Straßen, Bohrplattformen und Pipelines zu einer Zerstörung von Lebensräumen. Wälder, Wiesen und andere empfindliche Ökosysteme werden oft durch den Ausbau der Geothermie-Infrastruktur beeinträchtigt. Dies kann die Tierwelt stören und die Biodiversität gefährden.
- **Gesundheitsrisiken für die Bevölkerung**

Menschen, die in der Nähe von offenen Geothermie-Anlagen leben, sind potenziell einem erhöhten Risiko von gesundheitlichen Beeinträchtigungen ausgesetzt. Dazu gehören:

  - Krebsrisiken durch den Kontakt mit giftigen Chemikalien
  - Wasserverunreinigung, die das Trinkwasser ungenießbar macht
  - Psychische Belastungen durch Erdbebengefahr oder andere Umweltveränderungen

Studien haben gezeigt, dass Menschen, die in der Nähe von großen Energieinfrastruktur-Standorten leben, häufiger unter Kopfschmerzen, Schlaflosigkeit und nervlichen Beschwerden leiden.
- **Zerstörung der Landschaft**

Der Bau von offenen Geothermie-Anlagen, Bohrstellen und der dazugehörigen Infrastruktur kann die Landschaft erheblich verändern. Neben der optischen Beeinträchtigung führt dies auch zu Lärm, erhöhtem Verkehrsaufkommen und Störungen der Natur. Vor allem in ländlichen Gebieten kann dies zu einem deutlichen Verlust an Lebensqualität führen.

### 3. Energetische Berechnungen zu dem im Gesetzesentwurf avisierten Energiemengen

Die im Gesetzesentwurf durch Geothermie avisierte Energieerzeugungsmenge soll laut Gesetzesentwurf auf

**10 TWh/Jahr** ausgebaut werden.

Dieses Entspricht einer Jahresdauerleistung von **1,41 GW**.

Es ist aus geologischen und auch ökonomischen Gegebenheiten unrealisierbar diese Leistung aus Tiefengeothermieanlagen mit nachgelagerter Wärme-Kraft-Wandlung (WKW) elektrisch zu produzieren, da diese Leistung durch eine Menge von **250** Tiefen-Geothermie-Anlagen geleistet werden müsste, die in etwa jeweils der Größe der bereits vorhandenen Anlagen dieser Art einer Leistung von ca. durchschnittlich **4,7 MW** entsprechen.

Betrachtet man die Tatsache, dass in den vergangenen 15-20 Jahren, in denen man noch durchaus von wirtschaftlicher Prosperität Deutschlands reden konnte gerade einmal **11** dieser Anlagen in Betrieb gehen.

Die Vorstellung **250** weitere solcher Anlagen in den nächsten Jahren ans Netz zu bringen um dieser Ideologie gerecht zu werden bedeutet 250 mal Die Kosten von ca. **50 M€** , also eine Investitionssumme von **12,5** Milliarden Euro bereitzustellen oder unternehmerisch gewinnbringend einzuplanen.

Da wir weder über die Gelder, noch die wirtschaftliche Kapazitäten und letztlich schon gar nicht die Standorte, die bei besten Wünschen vollkommen ideologieunabhängig und für Tiefengeothermie nur begrenzt möglich sind, verfügen, bleibt diese Vorstellung ein fiktiver, unrealisierbare Wunsch.

Es wird daher im Gesetzesentwurfsformular weiterhin darauf verwiesen die Haupterzeugung der geothermischen Energiegewinnung in Form von oberflächennaher Geothermie in Verbindung mit unterstützender Wärmepumpe zu forcieren.

Hier belaufen sich die Gestehungskosten auf ca. **4.5 M€/100 kW**. Diese Kosten inkludieren die Bohrungen, den Fernwärmeanschluss und die Wärmepumpe.

Damit kommt man zu Investitionskosten im avisierten beschleunigten

Umsetzzeitraum auf **51.3 Milliarden Euro**. Diese Investitionskosten müssen mit eventuell gewinnbringendem Betrieb der Anlage gegengerechnet werden um dem Steuerzahler nicht mit den Subventionskosten zu belasten.

#### 3.1 Betriebskosten und der Gewinnberechnung.

Das Verhältnis der Wärmemenge, die mittels einer Wärmepumpe aus einer Flüssigkeit gezogen wird, im Vergleich zu der dafür aufgewendeten Energie, wird als Leistungszahl (COP, Coefficient of Performance) bezeichnet. Die Leistungszahl einer Wärmepumpe gibt an, wie effizient eine Wärmepumpe bei der Übertragung von Wärme aus einer Quelle (z.B. dem Boden, Wasser oder der Luft) zu einem Ziel (z.B. einem Gebäude) arbeitet.

Die Formel zur Berechnung des COP einer Wärmepumpe lautet:

$$COP = \frac{W_{\text{gewinn}}}{W_{\text{nötig}}}$$

wobei  $W_{\text{gewinn}}$  die abgegebene Wärmemenge (in Watt oder Joule) ist, die an das Ziel übertragen wird, und  $W_{\text{nötig}}$  die aufgewendete Arbeit oder Energie (in Watt oder Joule) ist, um die Wärmepumpe zu betreiben. Im Idealfall kann der  $COP$  einer Wärmepumpe Werte von 3 bis 5 oder sogar höher erreichen. Das bedeutet, dass für jede Einheit an elektrischer Energie, die zum Betreiben der Wärmepumpe verwendet wird, die Wärmepumpe 3 bis 5 Einheiten an Wärmeenergie an das Heizsystem abgeben kann.

Die tatsächliche Leistungszahl hängt jedoch von vielen Faktoren ab, darunter die Art der Wärmepumpe, die Qualität der Installation, die Außentemperaturen und die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmeziel.

Der nicht zu überschreitende physikalische theoretische Nutzungsfaktor der aus Erdwärme zu ziehenden Energie findet nun seine theoretische Grenze im Carnot-Koeffizienten. Dabei handelt es sich bei den Temperaturen um absolute Temperaturen in K.

$$C = \frac{T_{soll}}{T_{soll} - T_{ist}}$$

Man sieht also sofort, dass der theoretisch größte Nutzungsfaktor dann entsteht, wenn sich das Ganze auf sehr hohen Temperaturen abspielt und die Hebetemperatur so gering wie möglich ist. Der Carnot-Faktor ist nur dann erreicht, wenn alle Übertragungsvorgänge und technischen Realisierungsmöglichkeiten mit einem Wirkungsgrad von 100 % vonstattengehen.

Wie erfolgt nun die Realisierung?

Sie wissen, dass die Heizschlange eines Kühlschranks oder einer Kühltruhe warm wird. Diese Wärme ist die Summe aus den Verlusten des Kühlaggregates und der aus dem Kühlgut gezogenen Wärme. Eine Wärmepumpe funktioniert genau so, indem die Umgebung das Innere der Kühltruhe darstellt und die Abwärmekühlwendel als Heizspirale der zu erzeugenden Wärmenutzungsquelle dient.

Dies erfolgt durch einen mit Pumpen forcierten Kompressions- und Entspannungsvorgang eines chemischen Stoffes wie z.B. Ammoniak oder Freon in einem abgeschlossenen Volumen, wobei über dessen fortwährenden Aggregatzustandswechsel durch Entspannung (Eis bei Propangasflaschen) kalte Zustände erzeugt werden, auf die die Energie, die ja der Entropie folgend niemals freiwillig von kalten auf warme Körper wandert, von der bereits kalten Seite der Umgebung auf eine noch kältere Seite des Kühlmittels wandert. Diese im Kühlmittel nun eingebrachte Energie wird dann durch Pumpenkompression und Verdampfung wieder herausgeholt und erhitzt die Abgabewendel, die dann zum Heizen verwendet werden kann.

Nehmen wir an, die zu erzeugende Vorlauftemperatur an der zu nutzenden Heizwendel soll 50 °C betragen und die zur Verfügung stehende Geothermie Quelltemperatur bewegt sich noch bei ca. 20 °C und soll genutzt werden, so wäre idealisiert ein theoretischer *COP* von:

$$COP_{th} = 313.15K/30K = 10.44$$

möglich.

Das klingt zunächst vielversprechend, aber im Idealfall kann der COP einer Wärmepumpe lediglich Werte von 3 bis 5 oder etwas höher erreichen. Das bedeutet, dass für jede Einheit an elektrischer Energie, die zum Betreiben der Wärmepumpe verwendet wird, die Wärmepumpe 3 bis 5 Einheiten an Wärmeenergie an das Heizsystem abgeben kann. Die tatsächliche Leistungszahl hängt jedoch von vielen Faktoren ab, darunter die Art der Wärmepumpe, die Qualität der Installation, die Außentemperaturen und die wechselnde Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmeziel. Alle internen Wirkungsgrade müssten 100 % sein, d.h. im Folgenden sind einige wesentliche Faktoren real genannt, die die theoretische Zahl dann relativieren, die wiederum nicht auf 100 % ohne Kostenexplosion der Einrichtung zu realisieren sind.

- Die Pumpe müsste komplett mechanisch verlustlos, reibungsfrei sein.  
Realität: 80%
- Der Elektromotor der Pumpe und des Umrichters müsste einen Wirkungsgrad von 100% haben.  
Realität: 86%

- Interne Wärmetauscher müssten ohne jegliche Verlustwärme arbeiten.  
Realität: 80%
- Das Kühlmittel müsste keine Lecks haben und eine konstante Aufnahmefähigkeit besitzen.  
Realität: 98%
- Die Temperatur auf der kalten Seite darf sich durch den Pumpvorgang nicht abkühlen.  
Realität: 90%
- Die Temperatur auf der Heizseite darf sich beim Pumpvorgang nicht abkühlen.  
Realität: 90%

Multipliziert man die Verlustfaktoren, so ergibt sich eine Reduzierung auf das **0,44**-fache. Also wird aus einem theoretischen  $COP$  von 10,44 ein realer Gewinnfaktor von  $COP_{ref} = 4,59$ , den man als Kostenreferenzfaktor einer Anlage heranziehen kann und der auch einen durchaus mittleren Wert für sehr gute Wärmepumpen im Bereich der Nutzung von Erdwärme darstellt. Mit zunehmender Temperaturdifferenz sinkt der  $COP$ . Wenn die Außentemperatur sehr niedrig ist (bei Luft/Wasser-Wärmepumpen) und/oder die gewünschte Innentemperatur sehr hoch ist, muss die Wärmepumpe härter arbeiten, um diese größere Differenz zu überwinden. Dies führt zu einem höheren Energieverbrauch im Verhältnis zur übertragenen Wärmemenge. Bei sehr großer Temperaturdifferenz kann der  $COP$  auf Werte nahe 1 oder sogar darunter fallen, was bedeutet, dass die Effizienz der Wärmepumpe stark abnimmt oder gegen 0 geht und sie aufwändiger und teurer arbeitet als direkte elektrische Heizmethoden.

### 3.1.1 Monetärer (nicht kalorischer) Aufwands-/Nutzenvergleich

Die im  $COP$  erreichbaren Gewinnfaktoren beziehen sich stets auf die Maßeinheit Joule. Da jedoch bei Betrieb der Wärmepumpe teure Energie aus veredelter Elektroenergie verwendet wird, die letztendlich zur Effizienzverbesserung der Gewinnung von Heizenergie herangezogen wird, ist dieser  $COP$  dahingehend zu berichtigen, dass der Gewinnfaktor aus den Kosten der gewonnenen Heizenergie im Vergleich zum Bezug konventioneller (nicht durch Wärmepumpen generierter) Heizenergie zu bestimmen ist.

Das bedeutet, am Ende rechnet sich die Sinnhaftigkeit der Maßnahme durch eine klare **Ja/Nein**-Entscheidung, nämlich ob die monetären Investitionskosten für die Pumpe, zuzüglich der Kosten für Betriebsstrom und Betriebspersonal über die Laufzeit, Kosten für Installationsinfrastruktur, Wärmetauscher, Wartungs- und Reparaturkosten über der gesamten Laufzeit geringer sind als die Kosten des Bezugs dieser zu erwartenden Energie ohne Investition.

Im ersten Halbjahr 2023 zahlten Haushalte in Deutschland durchschnittlich 12,26 Cent je Kilowattstunde (kWh) für Erdgas und 33,00 Cent je kWh für Strom. Für Fernwärme wurde ein Preis von 9,5 Cent pro kWh festgelegt. Wir haben es also mit einem Unterschiedsfaktor von **0,347** bezüglich der Preise für Energie geliefert in Form von Fernwärme bezogen auf stromgelieferte Energie zu tun. Dadurch sind die Bedingungen an die Sinnhaftigkeit exakt um das Inverse dieses Faktors erhöht. Für die monetäre Sinnhaftigkeit muss nun also der Joule-bezogene Gewinnfaktor mit dem €-bezogenen Nutzenfaktor multipliziert werden, wobei wir dann bei  $COP_{ref} = 4,59$  auf einen monetären Gewinnfaktor  $COP_{\epsilon}$  von lediglich

$$COP_{\epsilon} = 4,59 * 0,347 = 1,592$$

kommen.

Dass dieser Faktor hier noch geringfügig größer als 1 ausfällt, ist der Tatsache geschuldet, dass die Transportkosten für Fernwärmeenergie nicht explizit aus dem Gesamtpreis für Fernwärme (9,5 ct/kWh) herausgerechnet sind. Denn der Preis der Rohenergie muss ja günstiger sein als der Preis der gelieferten Energie. Für den  $COP_{\epsilon}$  gilt aber nur das Verhältnis der Größen Joule/€.

Insofern ist der  $COP_{\epsilon}$  hier dann deutlich kleiner als 1, weil die umgelegten Kosten für die Lieferinfrastruktur mehr als 2,8% der reinen Joule-Kosten ausmachen würden, wovon auszugehen ist.

Solange dieser Faktor  $COP_{\epsilon}$  größer als 1 ist, ist die Maßnahme prinzipiell sinnvoll, was bei  $= 1$  jedoch noch nicht zutrifft. Es müsste der Joule-bezogene Gewinnfaktor  $COP_{real}$  also mindestens bei 4,59 liegen, der dann aber lediglich die eingespeisten Stromkosten decken würde ohne weitere Deckung der Investitionen oder die Abdeckung zu erzielende Gewinne.

### **Dieser Faktor von 1 gilt hier als Alarmsignal für die Machbarkeit!**

Es muss hier nochmals mit aller Eindringlichkeit betont werden, dass bei Faktor 1 lediglich eine reine Kostendeckung der entstehenden Stromkosten bezüglich der Einnahmen aus gelieferter Fernwärmeenergie besteht. Hierbei sind nicht berücksichtigt, dass auch die Kosten für:

- die Wärmepumpe selbst,
- die Installation der Wärmepumpe,
- die Tiefbauarbeiten,
- die Rohrverlegungen,
- die thermische Isolation,
- die Wärmetauscher,
- die Heizungsmodifikation,
- die Wartungs- und Reparaturkosten,
- die Personalkosten des Anlagenbetriebs,
- den zu erzielenden Gewinn für Rücklagen und Betriebserhalt

enthalten sind, deren Abdeckung für die Sinnhaftigkeit des Projektes zwingend erforderlich ist

**Daher sollte der Faktor für eine wirtschaftliche Realisierung deutlich über 3 liegen.**

## **4. Wirtschaftliche und Ökonomische Betrachtungen, Gewinnberechnungen und Fragen der Finanzierung bei der Realisierung**

### **4.1 Trade-off zwischen Investitionskosten und Ausbeuteeffizienz**

Die Verfolgung des maximalen theoretischen Gewinns einer Wärmepumpe im Vergleich zur Optimierung für den maximalen wirtschaftlichen Gewinn führt in der Regel zu überproportional steigenden Kosten. Das liegt daran, dass die Annäherung an die theoretische Effizienzgrenze (z.B. die Carnot-Effizienz) exponentiell zunehmende Investitionen in Technologie, Materialien und Design erfordert, die oft nicht durch proportionale Effizienzsteigerungen oder Betriebskosteneinsparungen gerechtfertigt sind. Hier sind einige Faktoren, die zu dieser Kostensteigerung beitragen:

- **Hochentwickelte Komponenten:** Um die Effizienz zu maximieren, müssen hochentwickelte und oft teurere Komponenten verwendet werden, wie z.B. spezialisierte Hochleistungskompressoren, fortschrittliche Wärmetauscher mit besserer Wärmeübertragungseffizienz und präzise Steuerungs- und Regelungssysteme.
- **Bessere Materialien:** Die Verwendung von Materialien mit höherer Wärmeleitfähigkeit oder

speziellen Eigenschaften zur Minimierung von Wärmeverlusten kann die Kosten ebenfalls signifikant erhöhen.

Betrachtet man den Anlagen-Teuerungsfaktor  $kT$  über der Annäherung an den theoretischen Gewinnfaktor, so ist die Beziehung:

$$kT = \frac{COP_{th} - COP_{ref}}{COP_{th} - COP_{real}}$$

Bei einem angestrebten Nutzenfaktor von lediglich 1 und unter Berücksichtigung der gegebenen thermischen Bedingungen sowie einem  $COP_{real}$  von 4,49, würde man einen  $kT$  von 1 haben, was bedeutet, dass keine Verteuerung der Anlage gegenüber einer Referenzanlage stattfindet. Hierbei steht  $COP_{th}$  für den theoretischen COP-Wert,  $COP_{ref}$  für den Wert einer Referenzanlage mit einem Teuerungsfaktor von 1 und  $COP_{real}$  für den tatsächlich erreichten COP-Wert der Anlage.

Sollte jedoch das Ziel eine monetäre Verdopplung sein, würde dies einem  $kT$  von 4 entsprechen, also eine etwa 400% teurere Anlage, um lediglich die doppelten Wärmeenergieeinnahmen im Vergleich zu den aufgewendeten Kosten für die elektrische Energie der Wärmepumpe zu erzielen. Um nun zusätzlich Überschüsse zu erwirtschaften, die die Investition und die weiter oben genannten Kosten sowie Zusatzkosten (wie Betriebspersonal über die Laufzeit, Kosten für Installationsinfrastruktur, Wärmetauscher, Wartungs- und Reparaturkosten, die sich über die Laufzeit akkumulieren) abdecken, muss eine signifikante Steigerung des  $COP_{real}$  erfolgen. Dies ist notwendig, um die Amortisationsdauer der Maßnahmen zu verkürzen und wirtschaftliche Verluste zu vermeiden.

Es ist in diesem Zusammenhang auch auf das Dilemma hinsichtlich der „Maximalnutzung der vorhandenen Restwärme“ in Bezug auf „Anlageneffektivität“ zu verweisen.

Möchte man die maximale Energie aus der Restwärme Der Geothermie-Quelle ziehen, führt das zu einer Abkühlung des Energiemediums und zu einer schnellen Verschlechterung des  $COP_{real}$ . Möchte man diesen  $COP_{real}$  wiederum hochhalten, indem es zu nur geringer Abkühlung kommt, führt das zu größeren und teureren Wärmetauschern oder zur Planung größerer Durchflussmengen also letztlich zu einer nur geringeren Nutzung der Geothermie-Quelle.

Oftmals neigen Befürworter, die auf staatliche Subventionen für ihre Projekte hoffen, dazu, die realen Bedingungen der Geothermie zu optimieren, indem sie eine "Datenmassage" vornehmen, um den thermischen Leistungskoeffizienten  $COP_{th}$  künstlich zu frisieren und zu erhöhen. Dies geschieht durch die Annahme unrealistisch hoher Geothermischen Quell-Temperaturen oder durch das Ignorieren des natürlichen Wärmeverlusts an die Umgebung bis zum Erreichen des Wärmetauschers. Alternativ wird ein unrealistisch hoher Aufwand für thermische Isolation gerechtfertigt, um die Effizienz auf dem Papier zu verbessern.

Ebenso wird versucht, durch selektive Argumentation die erforderliche Hebetemperatur der Anlagen künstlich niedrig anzusetzen, um den  $COP_{th}$  auf dem Papier zu verbessern. Dabei werden die weitreichenden Konsequenzen, die eine solche Anpassung für das gesamte nachgelagerte Heizungskonzept mit sich bringt, oft außer Acht gelassen.

Die Ergebnisse dieser Berechnungen weisen ausdrücklich nach, dass bei einer Differenztemperatur von 30K zwischen Geothermie-Quelle und zu pumpender Zieltemperatur der Break-Even-Punkt jeglicher wirtschaftlicher Gewinnerzeugung erreicht ist. Eine wirtschaftliche Effizienzerhöhung kann nur stattfinden, wenn diese Differenztemperatur drastisch gesenkt wird.



Das ist aber nur mit größerer Bohrtiefe und höheren Quelltemperaturen oder Herabsetzung der gewünschten Pumpzieltemperatur zu erreichen. Bei einer Herabsetzung der Differenztemperatur von 10° hatte man dann den Faktor 1,5 bei der Ausbeute im Betrieb. Um jedoch auf eine Quelltemperatur von etwa 20 °C zu kommen, benötigt man meist eine Bohrtiefe von ca. 400 bis 600 Metern. Die Temperaturzunahme ist wie erwähnt 3° pro 100 m Tiefe

Bei der entsprechenden Teuerungsberechnung haben wir exponentielle Zusammenhänge zu berücksichtigen.

Kosten/pro Meter= Basispreis \* (1+0,08)^5

Bei einem Basispreis von 150 EUR pro Meter (das entspricht dem Normalkosten für 200 m Bohrung) ergeben sich dann die Gesamtkosten für eine Bohrung bis zur Tiefe, die eine **Quelltemperatur von 20°C** erreicht (ca. 200 Meter) auf etwa **35.000 Euro**. Die Erweiterung der Bohrtiefe auf eine wirtschaftlich zu vertretende Quelltemperatur von 30° hätte dann für eine Bohrung bis zur Tiefe, die eine **Quelltemperatur von 30°C** (ca. 533 Meter) hat, die Kosten von **120.494 Euro**, also nahezu 85.000€ mehr Investitionskosten.

Es ist jedoch nicht Aufgabe dieser Stellungnahme, aus diesen Berechnungen eine Entscheidung über die Installation einer Geothermie-Anlage abzuleiten, aber wenn die **COP<sub>€</sub>** Faktoren wie gezeigt physikalisch bedingt bereits nahe 1 oder gar darunter liegen, muss sehr sorgfältige, kleinteilige und professionelle Planung auch langfristig erfolgen, die in erster Linie von privatwirtschaftlichen Gewinn- und Kosten-Risikoabwägungen getragen sein muss. Die Berechnungen sind aus der Sicht der Gewinnerzielung und Amortisation über der Laufzeit, insbesondere bei Berücksichtigung der Teuerung bei Erhöhung des **COP<sub>€</sub>** unternehmerisch ohne Verwendung irgendwelcher Subventionen zu führen und daraus zu entscheiden. Sie sollten keinerlei Einfluss ideologisch getriebener „Möchtegern-Technologie“ unterliegen und dürfen vor allem nicht bei augenscheinlicher Verlustbilanz mit steuerfinanzierten Subventionsmitteln zu einer Scheineffizienz und erfolgreichen Technologie hochstilisiert werden.

Finanzielle Abhängigkeiten führen zu potenziellen Interessenkonflikten, die die Objektivität und Unparteilichkeit von Entscheidungen und Bewertungen beeinflussen. Insofern sind durch Subventionen finanzierte Projekte, aufbauend auf einer ideologisch vorangetriebenen Technologie, besonders dann sehr gefährlich, wenn sich deren sinnvolle Effizienz, wie im Falle des Wärmepumpeneinsatzes, nur sehr schwierig oder komplex realisieren lässt.

Es werden damit risikoscheue Vertreter der Auftragnehmerzunft, die sich gerne über Subventionen finanzieren, den Staat über Lobbyverbände zu ihrem Inkassounternehmen missbrauchen und damit vom Steuerzahler ihre Gewinne geschenkt bekommen möchten, auf den Plan gerufen.

Wenn ein Auftragnehmer finanziell stark von einer bestimmten Quelle abhängig ist, könnten bestimmte Entscheidungen oder Bewertungen zugunsten des Geldgebers ausfallen, um die Finanzierung nicht zu gefährden. Dies kann besonders problematisch sein, wenn die Finanzierung an komplexe technische Bedingungen geknüpft ist, die die Machbarkeit der Maßnahmen einschränken, oder wenn der Auftragnehmer das Gefühl hat, dass der Auftraggeber aus welchen Gründen auch immer die Technologie um jeden Preis forciert, wie in dem Gesetzesentwurf überdeutlich wird.

Je näher daher der Faktor **COP<sub>€</sub>** nur wenig über 1 liegt, desto größer ist das Verlustrisiko mit der Maßnahme, und dieses Risiko sollte nicht die deutschen Steuerzahler treffen. Entweder es rechnet sich, auch langfristig, oder eben nicht, und dann ist es abzulehnen. Die genauen Berechnungen dazu sind komplex, aber physikalisch eindeutig.

Es muss in diesem Zusammenhang eine Amortisationsdauerberechnung unter Berücksichtigung laufender Wartung und Instandhaltung aller wärmetauschenden Aggregate erfolgen, die deutlich unter der moralischen Lebensdauer der verwendeten Aggregate liegen muss.

Abschließend hierzu ist zu sagen: Wenn ein nicht subventionsbeziehender, privatwirtschaftlicher Unternehmer mittels einer geeigneten Technologie auf eigenes Risiko entscheidet, diese Projekte durchzuführen und dabei kostendeckend mit angemessenem Gewinn sich und seine Belegschaft langfristig arbeitsfähig hält, so ist dies zu begrüßen.

#### **4.2 Dedizierte Benennung der lokalen Aufwendungen über den Infrastrukturaufwand von dezentralen Wärmetauschern oder thermischen Isolationen bei Geothermie**

Im Folgenden seien noch einige empfindliche Punkte erwähnt, die für die Machbarkeit eine wesentliche Rolle spielen und darüber entscheiden, ob die Unternehmungen sinnvoll sind oder ausgehen wie das „Hornberger Schießen“, bei dem trotz riesigen Aufwandes am Ende nicht das gewünschte Resultat erreicht wurde:

- **Thermische Verluste:** Diese entstehen durch die Übertragung von Wärme an die Umgebung, anstatt, dass die gesamte Wärme für den Heiz- oder Kühlprozess verwendet wird. Thermische Verluste können in allen Teilen des Systems auftreten, einschließlich der Verdampfer, Kondensatoren, Rohrleitungen und Isolierungen.
- **Elektrische Verluste:** Elektrische Verluste entstehen durch den Energieverbrauch der Wärmepumpe, insbesondere durch den Kompressor und die Ventilatoren. Der Wirkungsgrad der elektrischen Komponenten und der Leistungsfaktor des Systems können diese Verluste beeinflussen.
- **Leckagen:** Kältemittelleckagen können zu Verlusten führen, da das Kältemittel für den Wärmetransfer innerhalb der Wärmepumpe entscheidend ist. Solche Leckagen reduzieren nicht nur die Effizienz der Wärmepumpe, sondern können auch umweltschädlich sein, je nach verwendetem Kältemittel.
- **Mechanische Verluste:** Mechanische Verluste entstehen durch Reibung und Verschleiß von beweglichen Teilen, wie dem Kompressor. Diese Verluste können die Effizienz des Systems verringern und zu höherem Energieverbrauch führen.
- **Frostbildung:** Bei Luft-Wärmepumpen kann es an der Außeneinheit zur Bildung von Frost kommen, was den Wärmeaustausch behindert und den Energieverbrauch erhöht, da das Gerät regelmäßig abtauen muss.

- **Falsche Dimensionierung und Platzierung:** Eine nicht optimale Dimensionierung oder Platzierung der Wärmepumpe kann zu ineffizientem Betrieb führen. Eine zu große oder zu kleine Wärmepumpe für den vorgesehenen Raum führt zu unnötigem Energieverbrauch oder unzureichender Heiz- bzw. Kühlleistung.
- **Hydraulische Verluste:** Bei der Verwendung von Wasser als Wärmequelle oder -senke können hydraulische Verluste durch den Widerstand in den Rohrleitungen und den Wärmetauschern auftreten.
- **Regelungs- und Steuerungsverluste:** Unzureichende oder ineffiziente Steuerung und Regelung der Wärmepumpe können ebenfalls zu Energieverlusten führen. Eine optimale Anpassung der Betriebsparameter an die tatsächlichen Bedürfnisse ist entscheidend für die Effizienz.  
Die Minimierung dieser Verluste durch sorgfältige Planung, Auswahl hochwertiger Komponenten, korrekte Installation und regelmäßige Wartung ist entscheidend, um die Effizienz und Leistungsfähigkeit einer Wärmepumpe zu maximieren.

Zur Sicherung der erwähnten erforderlichen hohen  $COP_{\epsilon}$  Faktoren sind noch weitere Voraussetzungen erforderlich.

- Es ist eine klare Benennung der Energiepotenziale der Geothermie-Quelle erforderlich Und deren Orte, Bohrtiefen und deren verifizierte Quell-Temperaturen sind auf Karten zu vermessen.
- Es ist zu sichern, dass die notwendigen Restwärmemetemperaturen der Potenzialbereiche möglichst konstant über 20°C liegen und das optimale Wärmeübergänge in günstig einzurichtende Wärmetauscher erfolgt.
- Diese Energiepotenziale sind unter Umständen gegen gegenseitigen Wärmetausch zu isolieren bzw. der Energieabfluss in kältere, nicht nutzbare Bereiche ist zu verhindern.
- Die Auswahl der Geothermischen Quellen, in denen dann die Wärmetauscher anzubringen sind, müssen groß genug sein, dass sich durch den Einsatz der Wärmepumpen keine lokale Abkühlung des Bereiches ergibt, die den  $COP_{\epsilon}$  verringern würde und die langfristige Nutzbarkeit vereiteln
- Die Effizienz der Wärmetauscher ist durch regelmäßige Wartung und Kontrolle zu sichern und deren Güte ist gemäß der Erreichung hoher  $COP_{\epsilon}$  festzulegen.
- Die zu erzielende Ausgangstemperatur ist möglichst gering zu halten.
- Eventuell sind Heizungssysteme dahingehend auf geringere Vorlauftemperaturen notwendig anzupassen.

Wie man sieht, sind diese Bedingungen nicht gerade einfach zu handhaben und erfordern zum Teil langwierige Tiefbauarbeiten, haben privatrechtliche juristische Hindernisse bei Planung und Durchführung sowie zähe bürokratische Hindernisse. Sie sind daher sorgfältig abzuwägen und gegebenenfalls als Aufwendungen zur Effizienzbeurteilung zu monetarisieren.

## 5. Rechtssicherheit und Risikoverantwortung

Bei genauerer Prüfung des vorgelegten Gesetzesentwurfs wird klar, dass es sich nicht um eine technische oder ökonomische Analyse zur volkswirtschaftlichen Sinnhaftigkeit des Ausbaus der Geothermie handelt. Vielmehr erscheint der Entwurf als eine rücksichtslose Kampagne zur Durchsetzung einer ideologiegetriebenen Technologie. Dabei werden alle Risiken und Gefahren ignoriert und mögliche Vermeidungsmaßnahmen gezielt aus den relevanten Gesetzestexten gestrichen.

Es drängen sich in diesem Zusammenhang drei Fragen auf:

- a) Wem nützt das Ganze?
- b) Woher kommt das Geld, um dies zu finanzieren?
- c) Wer übernimmt bei den zu erwartenden Schäden für Vermögen, Gesundheit, Leib und Leben, die im Zusammenhang mit der massenhaften und beschleunigten Installation der Technologie einhergehen, die Bürgschaft und die Verantwortung?

### Zu a):

Eigentlich sollte diese Technologie dem Steuerzahler zugutekommen, indem sie seine Energiekosten senkt. Stattdessen dient sie ausschließlich der schnellen Durchsetzung im Sinne von Bekenntnissen zu abstrakten Inhalten und Zielen internationaler Gremien. Als Hauptziele werden die UN-Transformation und die EU-Klima-Richtlinien genannt. Die Dringlichkeit dieser Maßnahmen wird mit der Warnung vor drohenden, katastrophalen Folgen des menschlich beeinflussten Klimawandels begründet.

Diese Argumentation, obwohl sie immer wieder aggressiv und ermüdend wiederholt wird, findet mittlerweile keinerlei Widerhall mehr in den Ansprüchen des Souveräns an eine Gesetzgebung. In Wirklichkeit hat der Souverän, also der betroffene Bürger, längst erkannt, dass dieser Gesetzesvorschlag zuerst der Wärmepumpenindustrie und den Anlagenbetreibern – allerdings nur, sofern diese weder die Investitionskosten noch die Betriebsrisiken zu tragen haben – sowie letztlich der Regierung selbst, die diesen Weg einschlägt, zugutekommt.

Das bedeutet: Wenn es Betreibergesellschaften und Wärmepumpenherstellern gelingt, über ihre steuerlich absetzbaren Vertriebsausgaben und Lobbyorganisationen direkten Einfluss auf die gesetzgebenden Regierungsvertreter und das Wirtschaftsministerium zu nehmen (man spricht hier von Korporatismus zwischen Industrie und Staat gegen den Steuerzahler), entsteht eine Interessengemeinschaft, die davon profitiert.

Dabei hat der Staat die Aufgabe, die gesetzlichen Voraussetzungen zu schaffen, Subventionen bereitzustellen und die entsprechenden Gutachten sowie die mediale Propagation auf den Weg zu bringen.

Die Aufgabe der anderen beiden Interessenvertreter ist es, die Staatsvertreter für deren Dienste ausreichend zu begünstigen und dafür zu sorgen, dass das Vorgehen medial positiv aufgenommen wird.

Dass hier ein solches Interessengruppen-Troika existiert und diese drei Interessengruppen im speziellen Energie- und Wärmepumpenbereich gut miteinander vernetzt sind, zeigt sich überdeutlich in den unlängst bekannt gewordenen privaten und persönlichen Verflechtungen (Stichwort Graichen, Agora Energiewende) der Vertreter des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz mit den Industrieverbänden und Herstellerkonzernen der Wärmepumpen und Wärmetauscher.

**Zu b):**

Der Gesetzesentwurf insinuiert, dass der Staat über die finanziellen Mittel verfüge, dies zu finanzieren oder voranzutreiben.

Das ist jedoch nicht der Fall.

Der Staat ist der Angestellte seiner Bürger und diesen rechenschaftspflichtig. Die jeweilige Regierung erhält temporär die Kompetenz, wie einem vom Gesellschafter bestellten Geschäftsführer, um die Gesellschaft zu leiten. Die temporären Vertreter haben mit dem Vermögen der Gesellschaft sorgfältig umzugehen und nicht das Recht, ihren eigenen Interessen nachzugehen, eigennützige Ziele zu verfolgen oder sich am gesellschaftlichen Vermögen zu bereichern.

Dieses Staatsgebot wird im Gesetzesentwurf grob verletzt. Dies zeigt sich unter anderem an der Verwendung der zur Floskel verkommenen Phrase: *„Um einen substantiellen Beitrag zu einer für die Erreichung der Klimaziele notwendigen Versorgung Deutschlands mit Wärme aus Geothermie und Wärmepumpen zu leisten, wird diesen Anlagen ein überragendes öffentliches Interesse zugeteilt.“* Es wird deutlich, dass hier rein ideologisch und nicht sachlich argumentiert wird.

Wie es tatsächlich mit diesem „überragenden öffentlichen Interesse“ wirklich aussieht, kann jeder anhand der Zustimmungswerte der gegenwärtig gesetzgebenden Regierung erkennen. Der Gesetzesentwurf wird also primär aus dem Blickwinkel der Eigenagenda der Regierungsparteien vorangetrieben. Diese Agenda basiert auf politisch für sie nützlichen Ideologien, die im Zusammenhang mit dem Nutzen dieser Technologie – siehe Punkt a) – eine persönliche Bereicherung darstellen. Dazu gehören der Erhalt des politischen Status quo, hoch dotierte Arbeitsplätze, Einfluss durch Lobbyarbeit, die Kontrolle über die Gesetzgebung sowie die mediale Deutungshoheit.

**Zu c):**

Der Gesetzesentwurf stellt für Versicherer und Rückversicherungsunternehmen eine Steilvorlage dar. Aufgrund der unklaren und im Gesetz ignorierten Risikolage könnten sie die Prämien für Versicherungen deutlich anheben. Im Falle möglicher langfristiger Auswirkungen dieser Technologie zum Nachteil der Betroffenen wären exorbitante Prämiensteigerungen oder sogar die Ablehnung einer Versicherung möglich.

Dies wird begründet durch die Tatsache, dass nach Streichung und Umarbeitung aller mit dem Risiko dieser Anlagen verbundenen Gesetzestexte hin zur „Unbedenklichkeit“ eine Versicherung aufgrund der ungeklärten Risikolage schwierig wird.

Ebenso ist vollkommen ungeklärt, wer nach der erfolgten Genehmigung durch staatliche Behörden im Schadensfall die Risikohaftung übernimmt. Ist der Staat aufgrund der Genehmigung haftbar zu machen, sodass die Kosten auf den Steuerzahler und die Gemeinschaft abgewälzt werden? Oder ist der Betreiber verpflichtet, sich eigenständig und auf eigene Kosten zu versichern? Wo erfolgt die Klärung über die Höhe der Prämien und die einhergehenden Haftungsbeschränkungen?

**6. Fazit**

Im vorgestellten Gesetzesentwurf fehlen jegliche seriösen technischen, ökonomischen und juristischen Argumentationen zur Geothermie. Aus diesem Grund ist der Entwurf nicht nur in Teilen, sondern in seiner Gesamtheit abzulehnen.