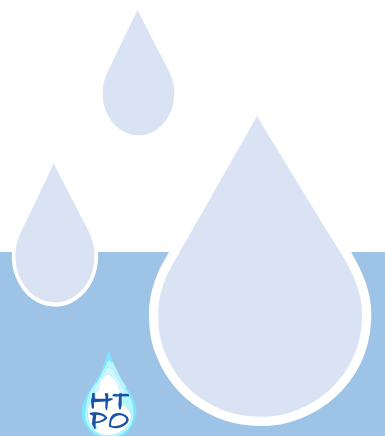


HTPO

ATCZ167

T2.2.3 BEWERTUNG MÖGLICHER RISIKEN UND
UMWELTAUSWIRKUNGEN DURCH DIE
NUTZUNG VON THERMALWÄSSERN



Autorenteam	
Doris Rupprecht	Geologische Bundesanstalt, AUT Kontakt: doris.rupprecht@geologie.ac.at
Magdalena Bottig	Geologische Bundesanstalt, AUT



MUNI



 Geologische Bundesanstalt

PROJEKT HTPO

Vorliegender Bericht wurde im Zuge des Projekts „HTPO – Hydrothermales Gebietspotential“ in der Region Laa an der Thaya-Pasohlávky“ verfasst. In HTPO werden Herkunft, Potential und gemeinsame Bewirtschaftungsmaßnahmen grenzüberschreitender Thermalwasservorkommen in der Region Laa an der Thaya – Pasohlávky untersucht. Die Thermalwasservorkommen werden in einem gemeinsamen geowissenschaftlichen Modell beschrieben um sowohl Nutzungspotenziale als auch Nutzungskonflikte zu evaluieren. Neben diesen geologischen Fragestellungen werden auch technische und rechtliche sowie soziale Aspekte von möglichen Nutzungen untersucht.

Vorliegender Bericht befasst sich mit Risiken und Umweltauswirkungen durch die Nutzung von Thermalwasser. Die Einbettung in die Projektstruktur zeigt folgende Tabelle:

Tabelle 1: Projektstruktur und Einbettung des Deliverables in das HTPO Arbeitspaket 2

Arbeitspaket 2	„Strategische Maßnahmen für eine nachhaltige und effiziente Bewirtschaftung und Nutzung grenzüberschreitender Thermalwasservorkommen“
Aktivität 2.2	„Gemeinsame Strategien für eine nachhaltige Entwicklung und Bewirtschaftung der Thermalwässer im Grenzraum Tschechische Republik - Österreich“
Task 2.2.3	„Bewertung möglicher Risiken und Umweltauswirkungen durch die Nutzung von Thermalwässern“

INHALT

Einleitung	5
Nutzung von Thermalwässern	6
Entwicklung und Betrieb einer Anlage zur Nutzung von Thermalwässern	8
Risiken bei der Nutzung von Thermalwasser	10
Risiken – Definitionen und Abgrenzungen bei der Nutzung von Thermalwässern	10
Risikomanagement	11
Methoden des Risikomanagements	12
Risiken bei der Nutzung von Thermalwässern zur Energiegewinnung	14
Bewertung unterschiedlicher Risiken im HTPO Projektgebiet	16
Literatur	24
Anhänge	25

1. EINLEITUNG

Mit diesem Bericht werden mögliche Risiken und Umweltauswirkungen durch die Nutzung von Thermalwässern dargestellt und einer qualitativen Risikoanalyse unterzogen. Das Hauptaugenmerk liegt auf tiefen hydrothermalen Nutzungen, sowohl für balneologische als auch für energetische Zwecke, wie sie im Projektgebiet möglich wären. Die Ausarbeitung erfolgt durch Literaturrecherchen, durch Miteinbeziehung von Zielgruppenumfragen (HTPO Task 2.2.1) und profitiert letztendlich durch Erfahrungen des Projektteams.

Der Bericht fokussiert auf Risiken und Umweltauswirkungen die typisch für die Nutzung von Thermalwässern sind. So wird z.B. auf ein erhöhtes Verkehrsaufkommen oder die Lärmbelästigung durch Bautätigkeit nicht behandelt, da dies Auswirkungen einer jeden Bautätigkeit sein können. Die Tiefbohrung zum Erschließen der Thermalwässer und der Thermalwasserkreislauf sowie die chemische Zusammensetzung von Thermalwässern sind hingegen genau jene Punkte die eine Thermalwassernutzung und das Ausmaß ihrer Risiken bestimmen.

Die allgemeine Wahrnehmung von Risiken bei Thermalwassernutzungen ist je nach Land verschieden und stark von Erfahrungen geprägt. Generell kann festgehalten werden, dass es weniger Informationen und Bedenken zu Risiken durch die Nutzung von Thermalwässern zu Bade- und Heilzwecken gibt als zu jenen der Energiegewinnung. Dies mag zum einen daran liegen, dass bei der Nutzung zur Energiegewinnung das Risiko der induzierten Seismizität hinzukommt, aber auch daran, dass die Installation zu Badezwecken eine bereits bekannte, etablierte und akzeptierte Art der Thermalwassernutzung ist.

Die in diesem Bericht verarbeiteten und weitergegeben Informationen beruhen fast ausschließlich auf Daten aus Berichten und Projekten zur Tiefen Geothermie. Hergestellte Bezüge zur Nutzung von Thermalwässern für Bade- und Heilzwecke beruhen auf Erfahrungen und Einschätzungen des Projektteams.

Ziel des Berichts ist es, eine sachliche Zusammenfassung möglicher Risiken und Umweltauswirkungen zu geben sowie Strategien und Aktionen zur Vermeidung oder deren Abschwächung aufzuzeigen. Dabei ist es wichtig die Vorgehensweise bei der Errichtung von hydrothermalen Nutzungen zu verstehen und die verschiedenen Projektphasen näher zu beschreiben.

Der erste, allgemeine Teil dieses Berichts befasst sich daher mit diesen Grundlagen wie Errichtung, Betrieb und Funktionsweise von hydrothermalen Nutzungen und gibt Einblicke in die Thematik des Risikomanagements. Im zweiten Teil werden ausgewählte Risiken in Form eines Risikokataloges präsentiert. Dabei werden die Risiken mit Ursache und Auswirkung, Abschwächung und Überwachungsmaßnahmen beschrieben. Der Katalog beinhaltet auch eine allgemeine Bewertung jedes einzelnen Risikos durch Experten und erste Einschätzungen für ihre Bedeutung im Projektgebiet von HTPO.

2. NUTZUNG VON THERMALWÄSSERN

Bei der Nutzung von Thermalwässern unterscheidet man die Nutzung zu Heil- und Badezwecken (Balneologie) sowie die energetische Nutzung zur Erzeugung von Heizwärme und Strom (hydrothermale Geothermie). Der wesentlichste Unterschied liegt dabei in der Verwendung der Thermalwässer. Während zu balneologischen Zwecken die Wässer direkt zum Einsatz kommen wird bei energetischen Nutzungen das Thermalwasser als Trägermedium für die enthaltene Energie in Form von Wärme verwendet. Wesentlich für beide Nutzungen ist das Vorhandensein ihres Bedarfs. In der Balneologie drückt sich der Bedarf durch die Anzahl von Badegästen und der Beckengröße aus. Der Bedarf für energetische Nutzungen wird über die benötigte Energiemenge bestimmt (aus Expertengruppe „Thermalwasser“, 2012).

Die Gewinnung der Thermalwässer erfolgt über eine Förderbohrung wo das Wasser entweder mithilfe von Pumpen an die Oberfläche gebracht wird oder es von selbst zutage steigt. Die Erschließung von Bodenschätzen mithilfe von Tiefbohrungen ist auch aus der Kohlenwasserstoffgewinnung bekannt, im Unterschied zu Öl- und Gasbohrungen werden für die Nutzung von Thermalwässern, besonders bei geothermischen Vorhaben, meist größere Bohrlochdurchmesser benötigt um große Volumenströme zu ermöglichen. Um Korrosion von Anlagen zu vermeiden und somit diese langlebig betreiben zu können, werden je nach Wasserchemie spezielle Materialien für die Verrohrung und diverse Anlagenteile verwendet.

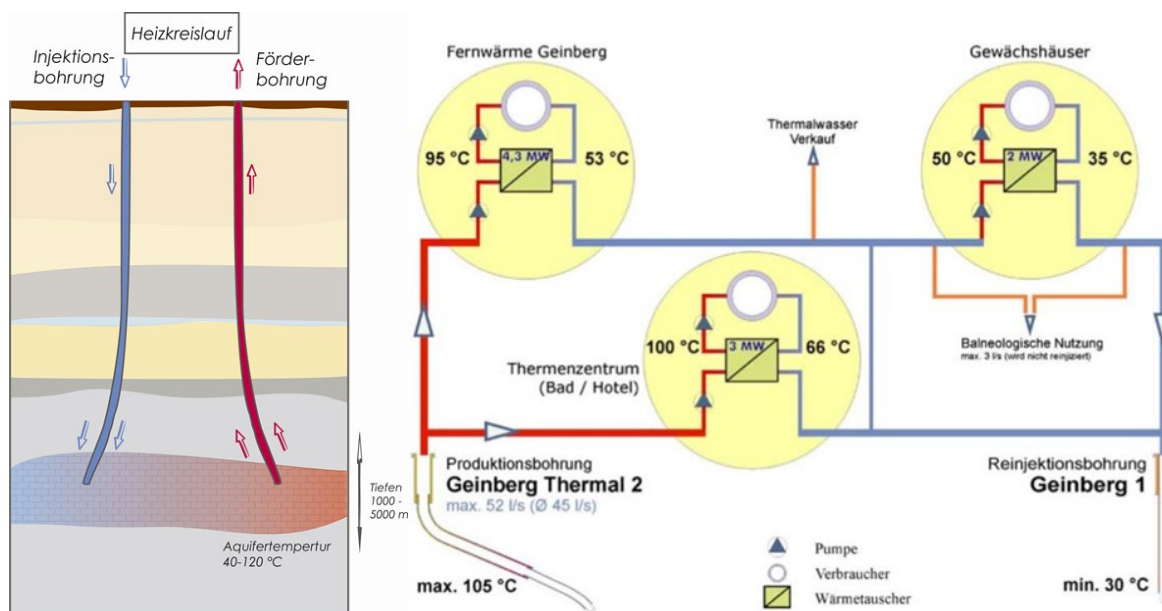


Abbildung 1: Links Schema einer Geothermiebohrung; Rechts: Thermalwasserkreislauf als Kaskadennutzung für Bade- und Heizzwecke und anschließender Gewächshausbeheizung am Beispiel Geinberg Thermal. Quelle: Lassacher et al., 2018.

Bei der Nutzung der Wässer zu Bade- und Heilzwecken wird das geförderte Wasser in die Bäderanlagen geleitet und muss anschließend entsorgt werden. Zur Gewinnung von Wärmeenergie wird die Wärme des Thermalwassers über einen Wärmetauscher direkt in einen Heizkreislauf übertragen, in seltenen Fällen werden zusätzlich Wärmepumpen zur Erhöhung der Betriebstemperatur eingesetzt. Im Falle von Stromerzeugung wird das Wasser in eine Verstromungsanlage geleitet. Durch den Prozess der Wärmeenergie- und Stromgewinnung kommt es zu keiner Veränderung der Zusammensetzung, also lediglich zur Abkühlung des Wassers. Dieses wird am Ende der Nutzung über eine Injektionsbohrung wieder in den Aquifer eingeleitet, um den Mengenhaushalt und die Druckverhältnisse im Untergrund zu erhalten. Im Falle einer Kaskaden-Nutzung wird das Wasser mit der jeweils benötigten Temperatur aus dem Wasserkreislauf entnommen und in den jeweiligen Nutzungskreislauf eingeleitet (siehe Abbildung 1).

Voraussetzungen für die erfolgreiche Nutzung von Thermalwässern sind (aus Bayerischer Energieatlas, 2018):

- » das Thermalwasser muss eine für die geplante Nutzung ausreichend hohe Temperatur besitzen - allgemein formulierte Temperaturbereiche liegen dabei bei $\geq 40^{\circ}\text{C}$ für Nahwärme, über 80°C für Fernwärme und Temperaturen ab 120°C für Stromerzeugung; für Badezwecke wird die Temperatur des Wassers angepasst
- » die chemische Zusammensetzung, der Gasgehalt und die Mikrobiologie des Wassers müssen für die geplante Nutzung geeignet sein bzw. technisch kontrollierbar sein
- » der Aquifer muss ein ausreichend großes Reservoir darstellen (ausreichende vertikale und horizontale Ausbreitung)
- » der Aquifer muss eine ausreichende Ergiebigkeit besitzen (ausreichend hohe hydraulische Leitfähigkeit - Permeabilität)

3. ENTWICKLUNG UND BETRIEB EINER ANLAGE ZUR NUTZUNG VON THERMALWÄSSERN

Die Entwicklung von Anlagen zur Nutzung von Thermalwässern kann ungeachtet der Nutzung grob in fünf Phasen eingeteilt werden (siehe Abbildung 2) welche im Nachfolgenden kurz erläutert werden. Je nach Vorhaben können sich die ersten Schritte bis inklusive dem Bau der Anlagen überschneiden.

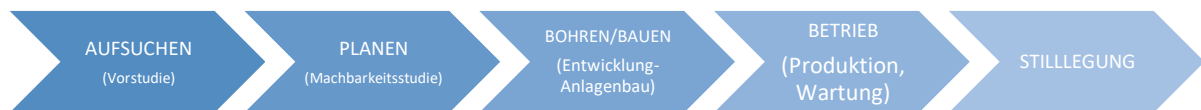


Abbildung 2: Phasen der Projektentwicklung von Anlagen zur Nutzung von Thermalwässern

Aufsuchen/Planen: Treten Thermalwässer nicht durch natürliche Quellaustritte zutage, so werden Vorkommen durch bergbauliche Tätigkeiten (z.B. Zutritte von Thermalwasser in Stollen oder Tunneln, Entdeckungen durch Tiefbohrung der Kohlenwasserstoffindustrie) bekannt. Basierend auf diesen Indizien gilt es genauere Untersuchungen durchzuführen um das Thermalwasser, sein Reservoir und mögliche Nutzungen zu charakterisieren. Der Vorgang dazu kann für alle Nutzungsarten von Thermalwasser als ähnlich beschrieben werden. Das Ausmaß dieser Untersuchungen hängt jedoch stark von den vorliegenden Informationen über den Untergrund und der Art der geplanten Nutzung ab. Typische Tätigkeiten in dieser Phase beinhalten die Sammlung aller verfügbaren geologischen, hydrogeologischen, geophysikalischen Daten und die Erstellung dieser Daten bei Wissenslücken. Je genauer die vorliegenden Informationen sind, desto besser kann eine Anlage geplant werden. Im Fall von bereits genutzten Thermalgrundwasserkörpern ist häufig eine gute Grundlage zu Untergrundparametern vorhanden. Ist dies nicht der Fall, sind Untersuchungen um direkt Daten aus dem Untergrund zu bekommen, unbedingt notwendig. Dies kann z.B. durch eine seismische Erkundung und eine anschließende Explorationsbohrung erreicht werden. Letztere unterscheidet sich im Vorgehen nicht von einer eigentlichen Anlagenbohrung und kann, wenn sie mit dem entsprechenden Durchmesser ausgeführt wurde, auch als Förder- oder Reinjektionsbohrung verwendet werden. Weiters werden in dieser Phase auch alle rechtlichen und wirtschaftlichen Belange der geplanten Anlage geprüft, die Obertageanlagen geplant (technische Ausführungsplanung), Nutzungs- und Fündigkeitsszenarien berechnet (Machbarkeitsstudien) und die Genehmigungsverfahren eingeleitet.

Bohren/Bauen: Nach einem entsprechenden Fündigkeitsnachweis werden alle Komponenten der Anlage (Bohrungen, Kraftwerk oder Badeeinrichtung) errichtet und in Betrieb genommen.

Betrieb: Nutzung des Reservoirs begleitet von einer kontinuierlichen Überwachung und Wartung der Anlage und des Reservoirs - idealerweise durch Beobachtungspegel.

Stilllegung: Rückbau der Bohrungen und Anlagen.

Der reibungslose Ablauf aller Projektphasen wird durch ein durchgehendes Projektmanagement garantiert, ebenso durch die Einhaltung von letztgültigen Qualitätsstandards und dem Einsatz von qualifiziertem und geschultem Personal. Dies beinhaltet auch ein durchgehendes Risikomanagement.

4. RISIKEN BEI DER NUTZUNG VON THERMALWASSER

4.1 RISIKEN – DEFINITIONEN UND ABGRENZUNGEN BEI DER NUTZUNG VON THERMALWÄSSERN

Im Allgemeinen lässt sich der Begriff Risiko als das Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Ereignisschwere bzw. Schadensausmaß beschreiben. Es handelt sich um eine Abweichung vom Erwarteten die sich sowohl positiv als auch negativ äußern kann. Im allgemeinen Sprachgebrauch werden unter Risiken jedoch nur die negativen Abweichungen betrachtet. Als Schaden werden monetäre sowie nicht-monetäre Zielgrößen (z.B. HS&E – Health, Safety & Environment) betrachtet. Wobei bei Risiken mit wenigen Ausnahmen immer monetäre Schaden zu erwarten sind, Schäden im Bereich HS&E jedoch nicht immer auftreten müssen.

Generell kann man festhalten, dass sämtliche Risiken die im Zusammenhang mit der Nutzung von Thermalwässern auftreten können, auch bei anderen industriellen Anlagen auftreten können - wenn auch in anderer Häufigkeit, Ausprägung oder Kombination. So unterscheiden sich die Risiken im Betrieb eines Thermalbades nicht unbedingt von jenen eines Hallenbades. Auch ein geothermisches Heizwerk zeigt im Vergleich zu anderen Kraftwerken keine Alleinstellungsmerkmale in Bezug auf Risiken.

Wie bereits erwähnt kann bei der Verwendung von Thermalwässern zwischen der Nutzung zu Bade- und Heilzwecken und der Nutzung zur Energiegewinnung unterschieden werden. Der Ablauf zur Erschließung des Thermalwassers ist in beiden Fällen derselbe, die Obertage-Anlagen zur Nutzung des Wassers unterscheiden sich jedoch, und ebenso der Umgang mit dem verwendeten Thermalwasser. Im Falle der Nutzung zu Heil- und Badezwecken wird das verwendete Wasser nach seiner Nutzung aufgrund der bakteriellen Verunreinigung nicht wieder in das Reservoir zurückgeführt, sondern als Abwasser in den Kanal eingeleitet. Im Unterschied dazu wird bei Geothermieanlagen das genutzte Thermalwasser wieder den Aquifer verpresst. Dies geschieht unter Druck und birgt das Risiko Erdbeben auszulösen. Aber auch dies ist keine Eigenheit von Geothermieanlagen, sondern passiert bei zahlreichen anderen Vorgängen auf ähnliche Weise (z.B. Bergbau).

Im Projekt HTPO werden, basierend auf der Auswirkung oder dem Schaden, Risiken in zwei Gruppen unterschieden. Als „externe“ Risiken werden Risiken verstanden deren Auswirkungen neben finanziellen Aspekten auch direkt auf Umwelt und Umgebung einwirken und für Nutzer und Bevölkerung spürbar sind, wie z.B. Erdbeben, Wasseraustritte oder auch Belästigung durch Baulärm oder Verkehr. „Interne“ Risiken sind jene, welche eine hohe Relevanz für den Betreiber darstellen und rein die Wirtschaftlichkeit sowie die Finanzierung des Projektes gefährden, wie z.B. das Fündigkeitsrisiko. Diese Risiken haben keinerlei Auswirkung auf die Umwelt.

Jede Unternehmung die getätigt wird, egal ob privat oder geschäftlich, bringt Risiken mit sich. Entscheidend ist die Wahrnehmung dieser, denn diese ist Voraussetzung um Risiken zu erkennen und sich mit ihnen auseinanderzusetzen. Das Risikomanagement stellt die Gesamtheit aller Schritte dar, die die Identifikation, Beurteilung, Steuerung und Überwachung von Risiken beinhalten und somit eine Erfassung der Risikolage ermöglichen. Risikomanagement ist ein kontinuierlicher und integrativer Prozess der alle Phasen eines Projektes begleitet.

4.2 RISIKOMANAGEMENT

Die generelle Durchführung eines Risikomanagements und die damit verbundenen Aufgaben und Abläufe sind branchenunabhängig definiert und genormt. Die *ISO 31000:2009 „Risk management – Principles and guidelines“* gibt die Grundsätze und Richtlinien des Risikomanagements wieder und beschreibt vorhandene Methoden ohne dafür Vorgaben für die Gestaltung von einzelnen Prozessen zu geben.



Abbildung 3: Phasen des Riskomanagements (Quelle www.bpg-muenster.de)

Nachfolgende Auflistung und Beschreibung von Stadien/Abläufen im Risikomanagement wurden basierend auf den Definitionen der ISO 31000:20019 zusammengefasst.

Risikoabschätzung: Vorgang der die Begriffe Risikoidentifikation, Risikoanalyse und die Risikobewertung umfasst.

Risikoidentifikation: Das Erkennen von Risiken: Was kann passieren?

Risikoanalyse und -bewertung: Die Erfassung und Charakterisierung von Risikoereignissen in Form von monetären und nicht monetären Schäden. Charakterisierung von Risikoereignissen: Wie wirkt sich das Risiko aus? Was sind die Folgen eines Risikoereignisses: Welche Auswirkungen hat ein Risikoereignis?

Risikobewältigung: Festlegung von Maßnahmen zur Verringerung der Eintrittswahrscheinlichkeit und zur Schadensminimierung. Gleichzeitige Prüfung von Schadenüberwälzungen (Versicherungen), Identifikation von Frühindikatoren und Festlegung von Frühwarnsystemen, Notfallplänen und Verantwortlichkeiten.

Risikoreporting: Vorgehen dokumentieren.

Risikokontrolle: Risiken bei Eintritt beherrschen.

In der hydrothermalen Geothermie haben sich noch keine Standards für das Risikomanagement im Allgemeinen oder einzelne Abläufe in den Projektphasen etabliert.

Für viele Vorgänge existieren aber auch allgemeingültige Standards die nicht nur allein dem Bereich der Nutzung von Thermalwässern zugeschrieben werden (z.B. der oberirdige Anlagenbau, Tiefbohrungen). Durch die Ähnlichkeit der Vorgänge zu jenen der Kohlenwasserstoffindustrie wird bei Tiefbohrungen häufig auf ISO-Normen oder Standards der Öl- und Gasindustrie zurückgegriffen. Im süddeutschen Molassebecken wird z.B. die Richtlinie des deutschen „Wirtschaftsverband Erdöl- und Erdgasgewinnung e.V.“ für das Abteufen der Geothermiebohrungen verwendet.

Wichtig ist zu beachten, dass je nach Zweck der Anlage, Standort und Vorinformation das Risikomanagement im Allgemeinen und auch die Risikoabschätzung für eine Risikogruppe oder sogar ein einzelnes Risiko angepasst werden muss.

4.3 METHODEN DES RISIKOMANAGEMENTS

Die Risikoidentifikation und -bewertung bildet die Grundlage für das weitere Vorgehen im Risikomanagementkreislauf. Dabei sollten lückenlos alle bekannten aber auch alle möglichen Risiken erfasst und bewertet werden.

Beispiele für Methoden zur **Risikoidentifikation**

- Checklisten
- Risikokataloge
- Szenariotechnik – Best- und Worst Case, Trendanalyse (auch Teil der Bewertung, Nutzungen mit anderen technischen Konzepten)

- Expertenbefragungen
- Post-Mortem Analyse – Erfahrungsberichte aus Projekten
- Tagungen Fachausschüsse

Risikoanalyse und **Risikobewertung** erfolgen meist in einem Schritt und erfassen und charakterisieren die einzelnen Risiken in Form von ihrem Schadensausmaß. Als Schadensausmaß sollten neben den Kosten auch Auswirkungen auf HS&E in Betracht gezogen werden.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit wird dabei grob abgeschätzt oder aus Statistiken abgeleitet und mit dem zu erwartenden Schadensausmaß dargestellt. Dies kann z.B. mit der Erstellung einer sogenannten Risikomatrix (siehe Beispiel in Abbildung 4) durchgeführt werden. Diese Darstellung ermöglicht eine schnelle Bewertung der einzelnen Risiken innerhalb des Projektes und ihrer Priorisierung.

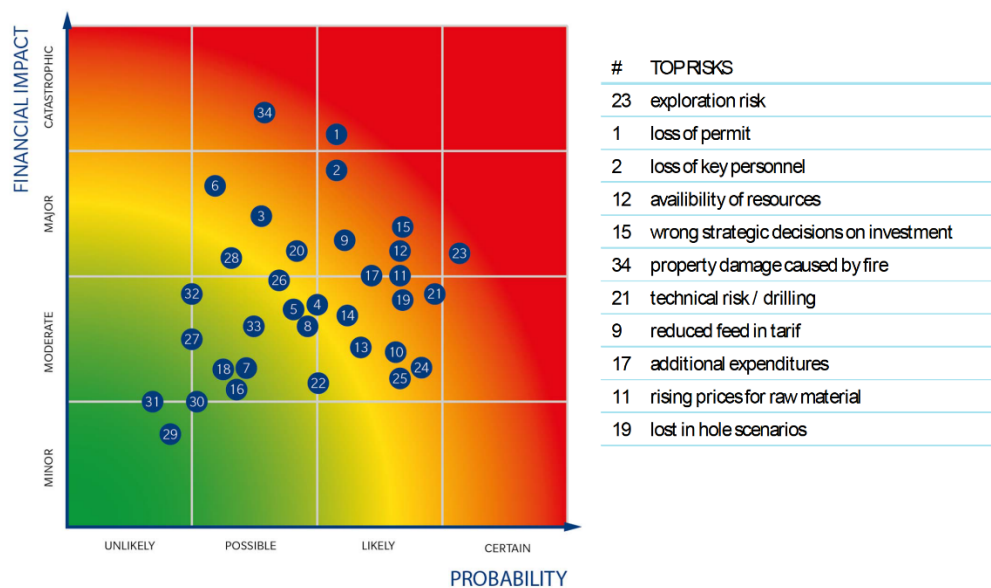


Abbildung 4: Beispiel einer Risikomatrix und den höchsten Risiken aus einem Beispielprojekt von Kliesch (2013)

Nach der Risikobewertung ist der letzte Schritt die Erarbeitung von Maßnahmen zur Risikovermeidung und zur Schadensminimierung (**Risikobewältigung**).

Finden nach der ersten Bewertung, durch gezielt gesetzte Maßnahmen, Änderungen im Schadensausmaß und der Eintrittswahrscheinlichkeit statt, kann das Risiko erneut in einer Risikomatrix bewertet werden. So kann das Gesamtrisiko schrittweise vermindert werden.



Abbildung 5: Risikopolitische Handlungen zur Minderung des wirtschaftlichen Gesamtrisikos, sodass ein akzeptables wirtschaftliches Restrisiko bleibt, was von den Projektverantwortlichen getragen werden kann (aus Orth, 2018)

4.4 RISIKEN BEI DER NUTZUNG VON THERMALWÄSSERN ZUR ENERGIEGEWINNUNG

Spricht man von Risiken bei der Nutzung von Thermalwässern so kann eine Vielzahl an unterschiedlichen Risiken oder Schadensereignissen unterschieden werden.

Eine umfangreiche Liste von unterschiedlichen Risiken und eine ausführliche Beschreibung von ausgewählten Risiken sind diesem Bericht in Anhang 1 und 2 beigelegt.

Anhang 1 – „HTPO Risikokatalog“ – Zusammenstellung und Beschreibung ausgewählter Risiken mit Umweltauswirkungen

Anhang 2 – „Risikoliste“ – Detaillierte allgemeine Zusammenfassung von Risiken (Übernommen und ergänzt aus dem Projekt GeoRisk; für mehr Informationen: www.georisk-project.eu)

Risiken werden in den unterschiedlichen Projekten meist nicht einzeln behandelt, sondern in Gruppen eingeteilt. In der hydrothermalen Geothermie findet sich häufig eine Einteilung der Risiken zu Risikogruppen nach den Projektphasen (siehe Abbildung 6). In der Literatur finden sich dazu mehrere Einteilungen da die meisten Risiken nicht immer scharf voneinander abgegrenzt werden können (z.B. ein geologisches Risiko kann sich sowohl durch die Fündigkeit ausdrücken als auch durch Probleme beim Abteufen der Bohrung unabhängig von der Fündigkeit). In diesem Sinne sind auch eine einheitliche Sprache und transparente Vorgänge für das Verständnis innerhalb des gesamten Projektteams für den Erfolg des Risikomanagements unerlässlich.

Diese Risikogruppen sind als grobe Einteilung zu verstehen da wie schon erwähnt einzelne Risiken in mehreren Projektphasen auftreten können. Andere Einteilungen fassen Risiken mit ähnlichen Auswirkungen zusammen (siehe Beispiel Tabelle 2). Diese Einteilungen dienen einer Vereinfachung für

das Projektmanagement, z.B. können Risikogruppen als separater Block von Versicherungen gesehen werden und somit einzelne Versicherungsgegenstände darstellen.



Abbildung 6: Unterschiedliche Risikogruppen in Überschneidung mit den Projektphasen einer Thermalwassernutzung

Tabelle 2 Risikogruppen in der hydrothermalen Geothermie (nach Bauer et al., 2014)

Risikogruppe	Beispiel möglicher Risiken
Fündigkeitsrisiko	Schüttung, Temperatur, Chemie, ...
Seismisches Risiko	Erdbeben, Senkungen, ...
Bohrrisiko	Spülverlust, Blockaden, ...
Risiken bei Bau und Betrieb der Anlage	Beschädigungen der Pumpe, Scaling, Korrosion, ...
Nicht technologische Risiken (Querschnittsrisiken)	Öffentliche Proteste, Verträge, Genehmigungen, ...

Gesamtrisiko

Ausschlaggebend für den Erfolg eines Geothermieprojektes sind die lokalen geologischen Verhältnisse am geplanten Anlagenstandort, mit den wichtigsten Erfolgsfaktoren Temperatur der Wässer und deren Fördermenge bzw. der Reinjektionsfähigkeit des Aquifers. Aus diesem Grund fällt auch der Vorerkundung und der ersten Bohrung eine sehr große Bedeutung zu, da hier schon sehr große Investitionssummen benötigt werden. Dies drückt sich auch durch das finanzielle Gesamtrisiko des Projekts aus wie in Abbildung 7 dargestellt wird.

Das finanzielle Gesamtrisiko, welches sich aus technischen, geologischen und sozialen/ökonomischen Risiken zusammensetzt, sinkt rapide bei Fündigkeit, also dem Vorliegen von geeigneten Wässern und Untergrundbedingungen und ist während der Betriebsphase minimal. Das Risiko für Umweltauswirkungen startet mit der ersten Bohrung und variiert je nach Bearbeitungsschritt. Im Gegensatz zum finanziellen Risiko, bleibt das Umweltrisiko auch während des Betriebs einer Anlage aufrecht

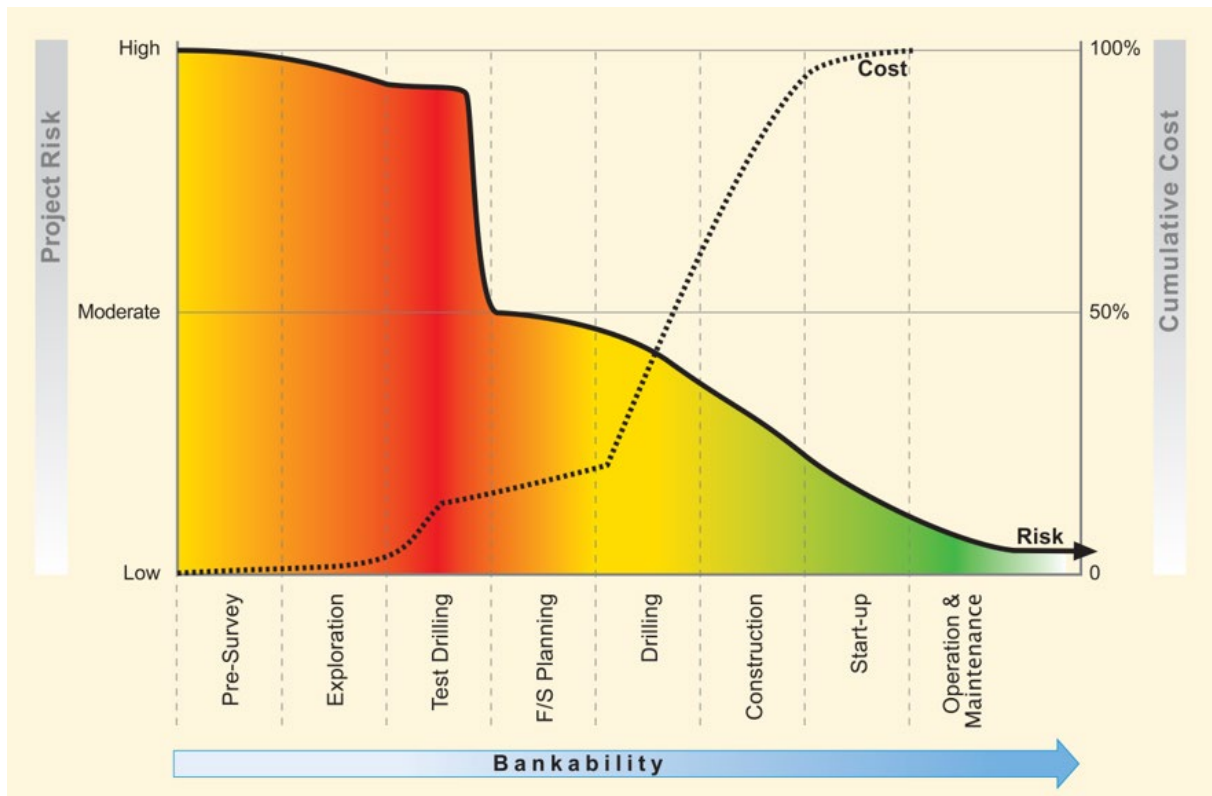


Abbildung 7: Kumuliertes finanzielles Gesamtrisiko einer Tiefen Geothermieanlage (<https://geothermie-schweiz.ch/entwicklung-von-geothermieprojekten-durch-risikominderung/>)

4.5 BEWERTUNG UNTERSCHIEDLICHER RISIKEN IM HTPO PROJEKTGEBIET

Die Risikosituation im HTPO Projektgebiet wurde durch Umfragen von ausgewählten HTPO-MitarbeiterInnen und GeothermieexpertInnen bewertet. Die Umfrage und Originalantworten sind dem Bericht in Anhang 3 beigelegt.

In der Umfrage wurden nur Risiken berücksichtigt, bei denen auch mit Auswirkungen auf die Gesundheit, Sicherheit und Umwelt zu rechnen ist. Es wurden sowohl Risiken die von außen nicht beeinflussbar sind (z.B. Vorhandensein von Gasen) und steuerbare Risiken (z.B. induzierte Seismizität) berücksichtigt als auch bewusst eingebrachte Risiken (z.B. Verwendung von radioaktiven Methoden in der Bohrlocherkundung). Es sollte eine allgemeine Bewertung von Risiken, basierend auf den Projektergebnissen, vorgenommen werden.

Mit Durchführung der Umfrage sollten folgende Fragen beantwortet werden:

- Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Risikos
- Das Schadensausmaß sowohl im Hinblick auf HS&E als auch auf Wirtschaftlichkeit
- Unterschiede zwischen der Nutzung von Thermalwässern zu Bade- und Heilzwecken und jenen der Energiegewinnung

- Unterschiede zwischen der Nutzung von Thermalwässern und anderen Vorhaben
- Die Rolle von technischen Standards und Erfahrung im Kontext des Risikomanagements

Tabelle 3: Risiken und ihre Beschreibung aus der HTPO Risikoumfrage

Risiko	Erklärung
Naturgefahren	Stellen Naturgefahren ein Risiko im Projektgebiet dar? Kommen sie in der Projektregion öfter vor und verursachen Schäden? (Bsp. Erdbeben, Überschwemmungen, Wind,...)
Anthropogene Gefahren	Bsp. Unfälle/Gefahrenquellen wie z.B. ist eine höhere Brandgefahr gegeben, gibt es Explosionsquellen; gibt es im Projektgebiet Anlagen die bei Schaden einen Einfluss auf eine Thermalwassernutzung haben können (z.B. Standorte von Anlagen mit erhöhtem Gefahrenpotential wie Chemische Industrie)? Im weiteren Sinne beinhaltet diese Frage auch hier Gefahren wie Terrorismus etc.
Blowouts	Blowouts sind vor allem aus der Kohlenwasserstoffindustrie bekannt, sind aber ein generelles Phänomen von Tiefbohrungen. Reine Geothermische blowouts kommen häufig in Gebieten mit hohen Wasserdrücken, -und -temperaturen vor.
Schäden an dem Bohrloch während dem Bohren oder Testen	Gründe können vielfältig sein, und abgesehen von schlecht geschultem Personal oder fehlerhaftem Material, an mangelnder Information an Untergrunddaten liegen (dadurch falsche Wahl von Bohreinstellungen, Wahl falscher Bohrflüssigkeit...).
Verbindung unterschiedlicher Grundwasserleiter	
Flüssigkeitsverluste während dem Bohren	
Hebungen oder Senkungen der Erdoberfläche	
Radioaktivität bzw. radioaktive Quellen	Bohrlochuntersuchungen verlangen oft den Einsatz von radioaktivem Material. Ist dies ein Risiko?
Schäden durch thermischen oder geomechanischen Stress	
Schäden durch Korrosion, Scaling oder Anlagenalterung generell	
Gasaustritte	Bsp. H ₂ S, CH ₄ , CO ₂
Toxische Emissionen aufgrund der Thermalwasserzusammensetzung	Probleme mit dem gefördertem Wässern (radioaktives Material, Schwermetalle,...)
Induzierte Seismizität	

Eintrittswahrscheinlichkeiten von Risiken im HTPO Projektgebiet

Die Eintrittswahrscheinlichkeit der vorgegebenen Risiken konnte in der Umfrage mit 0 – unwahrscheinlich bis 4 – sehr wahrscheinlich beantwortet werden. Keine der befragten Risiken wurde als unwahrscheinlich angesehen, es wurde aber auch die Eintrittswahrscheinlichkeit keines Risikos als sehr wahrscheinlich angenommen.

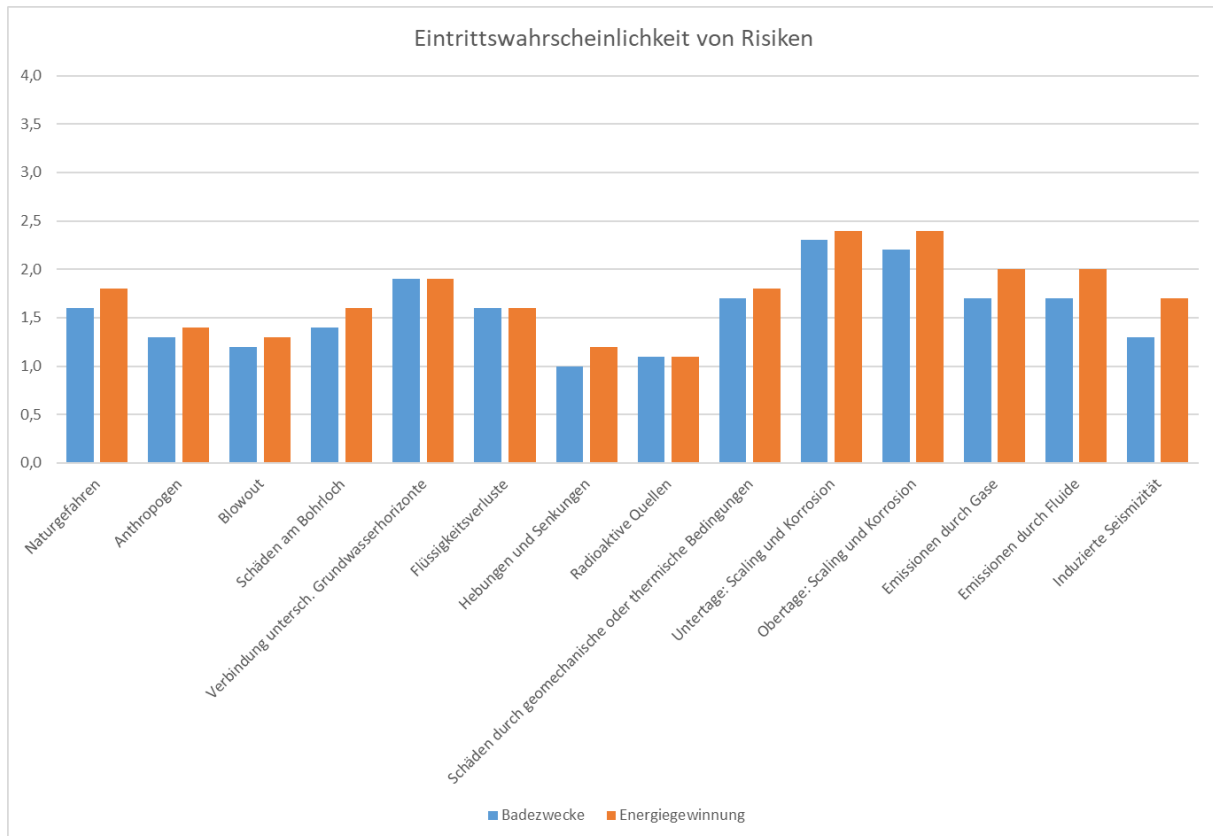


Abbildung 8: Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit unterschiedlicher Risiken im HTPO Projektgebiet aus ExpertInnenumfragen

Abbildung 8 zeigt eine Zusammenfassung der Ergebnisse. Das als am höchsten wahrscheinlich angesehene Risiko mit Werten von 2,2 bis 2,4 stellt das Auftreten von Scaling oder die Korrosion von Anlagenteilen sowohl Unter- als auch Obertage dar. Danach folgen die Emission von Gasen oder Fluiden aus dem Untergrund und die Verbindung von unterschiedlichen Grundwasserhorizonten durch den Bohrvorgang. Als am unwahrscheinlichsten werden Hebungen oder Senkungen der Erdoberfläche im Anlagenumfeld angesehen oder Schäden durch die Nutzung von radioaktiven Methoden bei der Bohrlöcherkundung (bewertet im Durchschnitt mit 1,1 auf der Skala). Ebenfalls werden Blowouts und das Auftreten von induzierter Seismizität als weniger wahrscheinlich eingestuft. Die Ergebnisse zeigen keine großen Unterschiede bei der Unterscheidung nach Nutzungsart der Thermalwässer. Bei abweichenden Ergebnissen wird jedoch stets der Nutzung zur Energiegewinnung eine höhere Eintrittswahrscheinlichkeit des jeweiligen Risikos zugeschrieben. Den größten Unterschied zeigt hier das Risiko der induzierten Seismizität.

Schadensausmaß von Risiken im HTPO Projektgebiet

Die Bewertung des Schadensausmaßes von Risiken ist in den Abbildungen 9 und 10 dargestellt. Für beide Fälle, Schäden an HS&E und der Wirtschaftlichkeit, konnte der Schaden auf einer Skala von 0 – gering bis 4 – hoher Schaden bewertet werden.

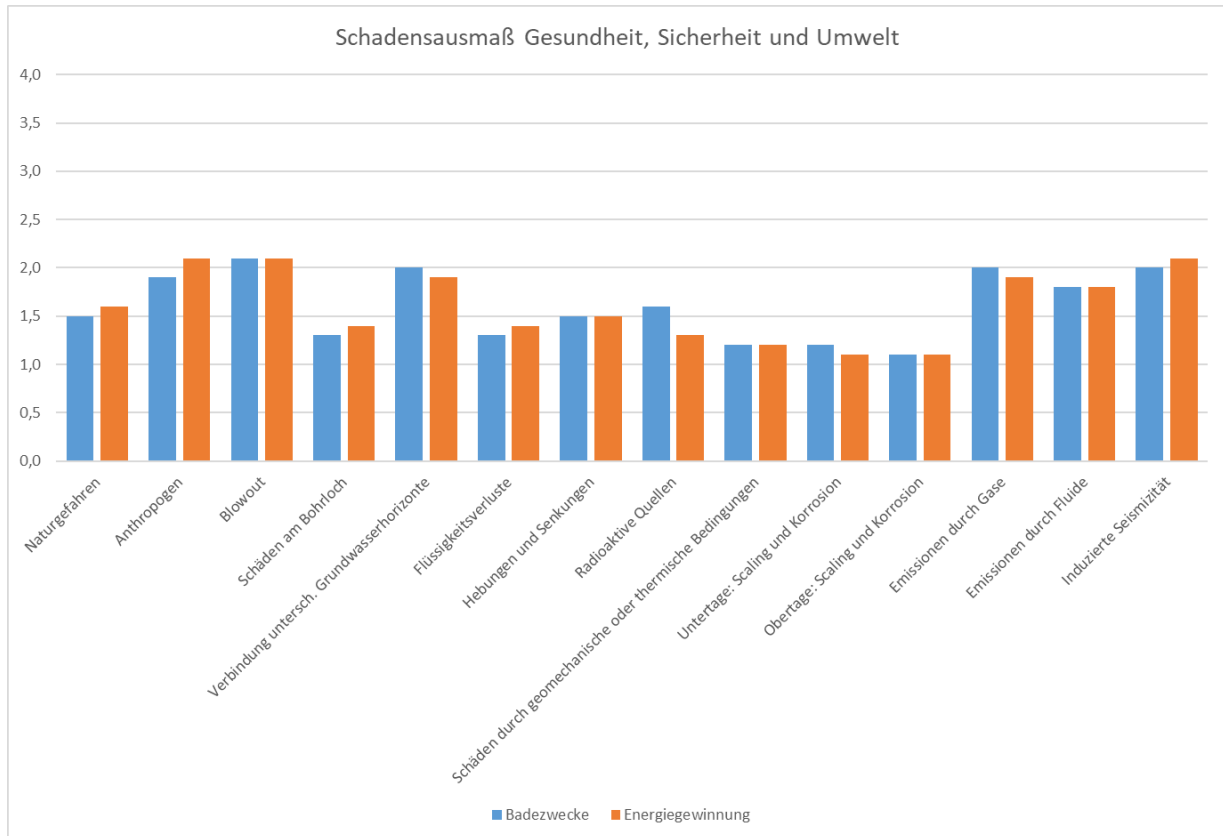


Abbildung 9: Bewertung des Schadensausmaß auf HS&E unterschiedlicher Risiken im HTPO Projektgebiet aus ExpertInnenumfragen

Wie schon bei der Eintrittswahrscheinlichkeit zeigen die unterschiedlichen Nutzungsarten keine großen Unterschiede in der Bewertung des jeweiligen Schadensausmaßes. Für HS&E liegen Durchschnittswerte zwischen 1,1 und 2,1 und somit im unteren Bereich der Skala. Das Schadensausmaß in finanziellen Belangen zeigt eine größere Spanne und wird zwischen 1,1 und 2,7 bewertet. Der finanzielle Schaden durch die Nutzung von radioaktiven Methoden zur Bohrlocherkundung und durch die Emission von Gasen wird am geringsten eingestuft und Schäden durch induzierte Seismizität am höchsten. Vergleicht man die Auswirkungen auf HS&E mit den finanziellen Risiken, so werden letztere bis auf zwei Fälle (Nutzung von radioaktiven Methoden und Emission von Gasen) immer höher eingestuft.

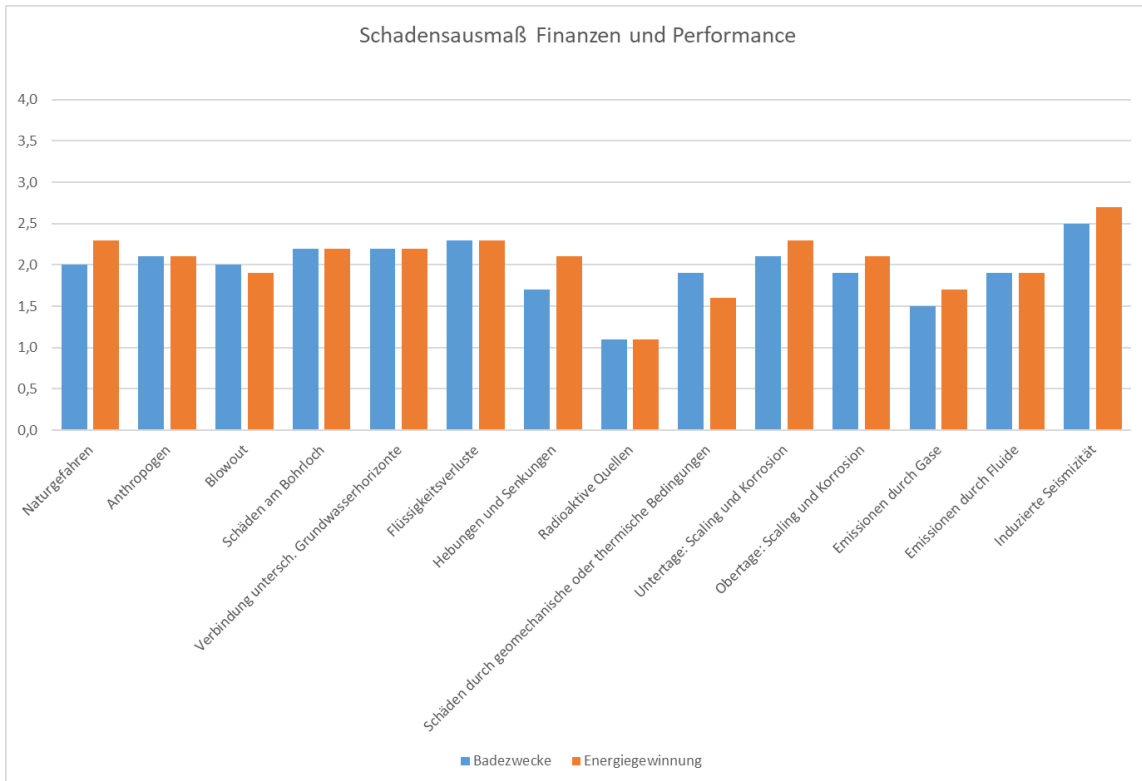


Abbildung 10: Bewertung des finanziellen Schadensausmaß unterschiedlicher Risiken im HTPO Projektgebiet aus ExpertInnenumfragen

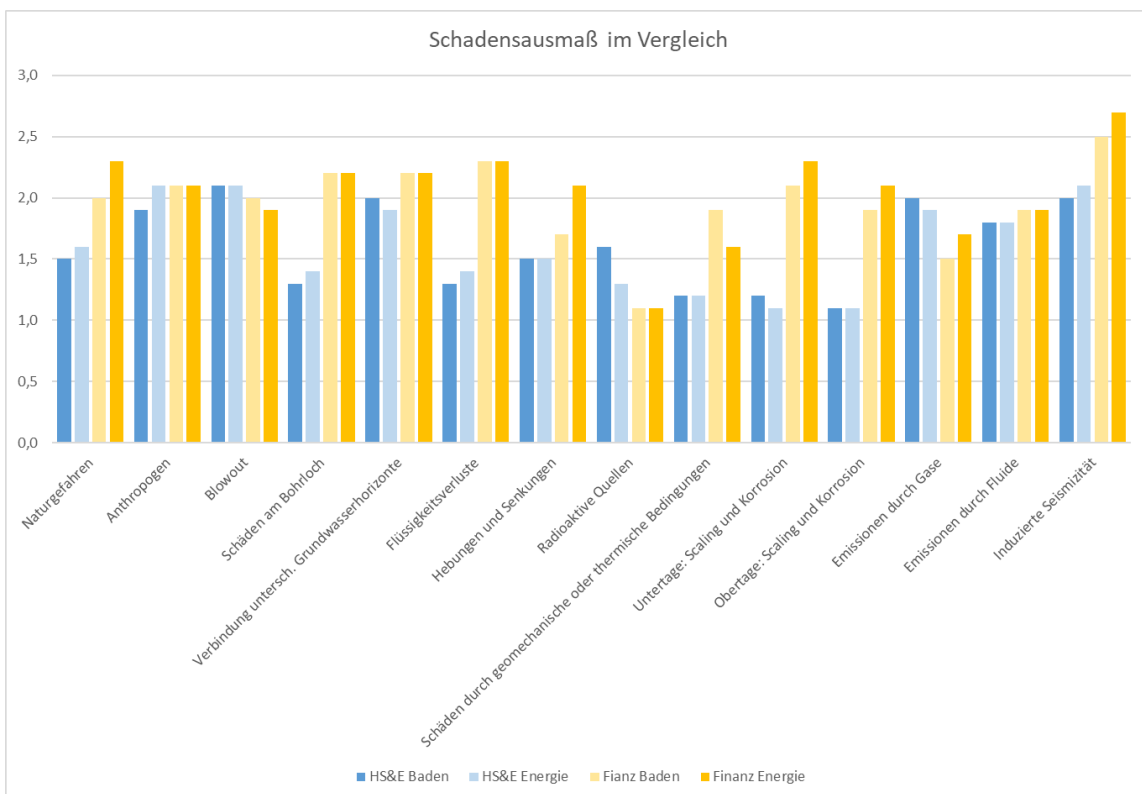


Abbildung 11: Vergleich der Bewertung des finanziellen Schadensausmaß mit jenem auf HS&E unterschiedlicher Risiken im HTPO Projektgebiet aus ExpertInnenumfragen

Unterschiede in der Risikobetrachtung nach Vorhaben

Mit der Risikoumfrage wurde auch versucht die Wahrnehmung zur Alleinstellung bestimmter Risiken bei der Nutzung von Thermalwässern zu bestimmen. Die TeilnehmerInnen wurden gefragt ob ein bestimmtes Risiko auf die Nutzung von Thermalwässern limitiert ist und wenn nicht, ob bei der Nutzung von Thermalwässern größere Schäden zu erwarten sind als bei anderen Vorhaben. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 12 und 13 zusammengefasst und gestalten sich als nicht eindeutig der Fragestellung zuordenbar. So wurde zum Beispiel die Frage nach der Limitierung von Naturgefahren auf die Nutzung von Thermalwasser mit „ja“ beantwortet. Es entsteht der Eindruck das die Frage von bestimmten TeilnehmerInnen nicht verstanden oder ein anderer Kontext angenommen wurde. Eine detaillierte Auswertung der Antworten erscheint in diesem Zusammenhang als zu interpretativ. Subjektiv betrachtet kann jedoch zusammengefasst werden, dass der Großteil der TeilnehmerInnen kein Risiko als eindeutig auf die Nutzung von Thermalwässern limitiert und auch kein größeres Schadenausmaß feststellt. Beispiele für das Auftreten der Risiken bei anderen Vorhaben stammen meist aus dem Bergbau und der Gewinnung von Kohlenwasserstoffen.

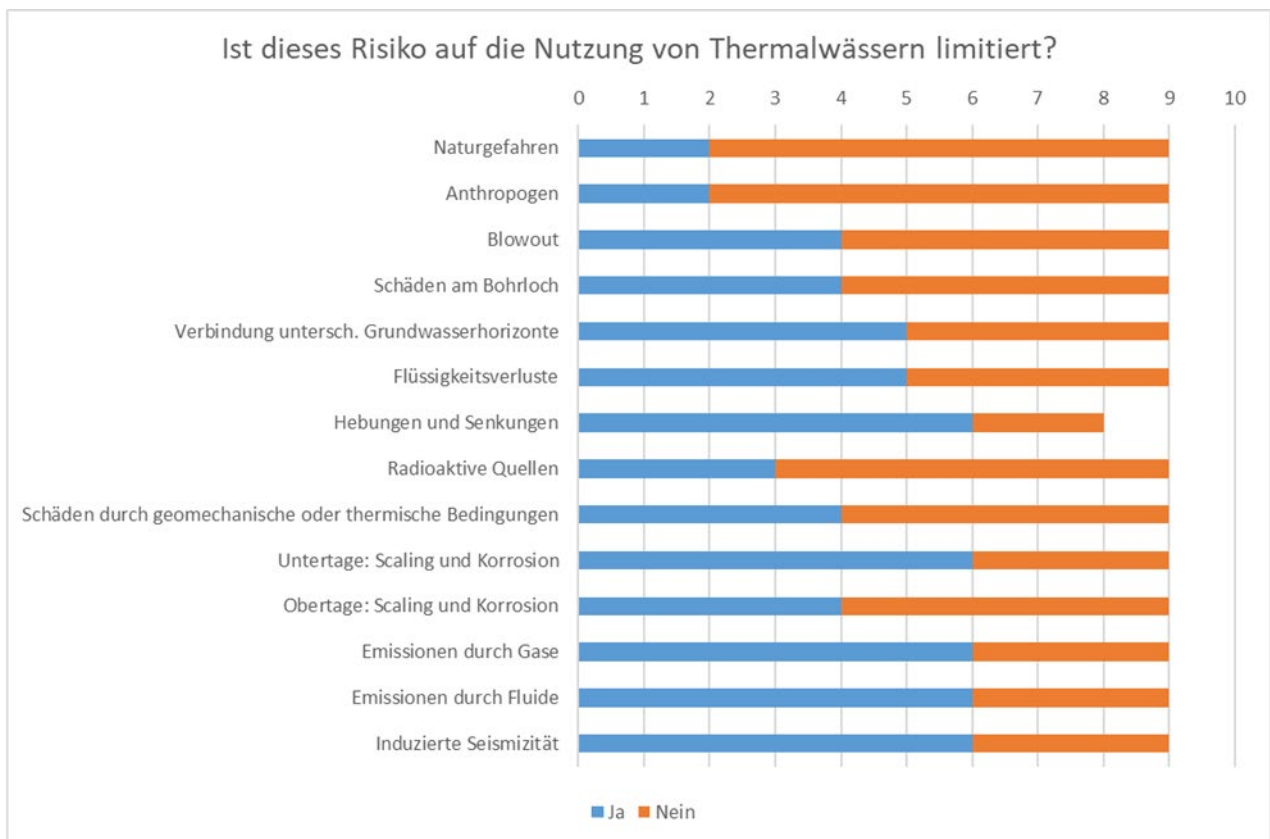


Abbildung 12: Ergebnisse der HTPO ExpertInnenumfrage zum Thema Alleinstellung von Risiken bei der Nutzung von Thermalwässern

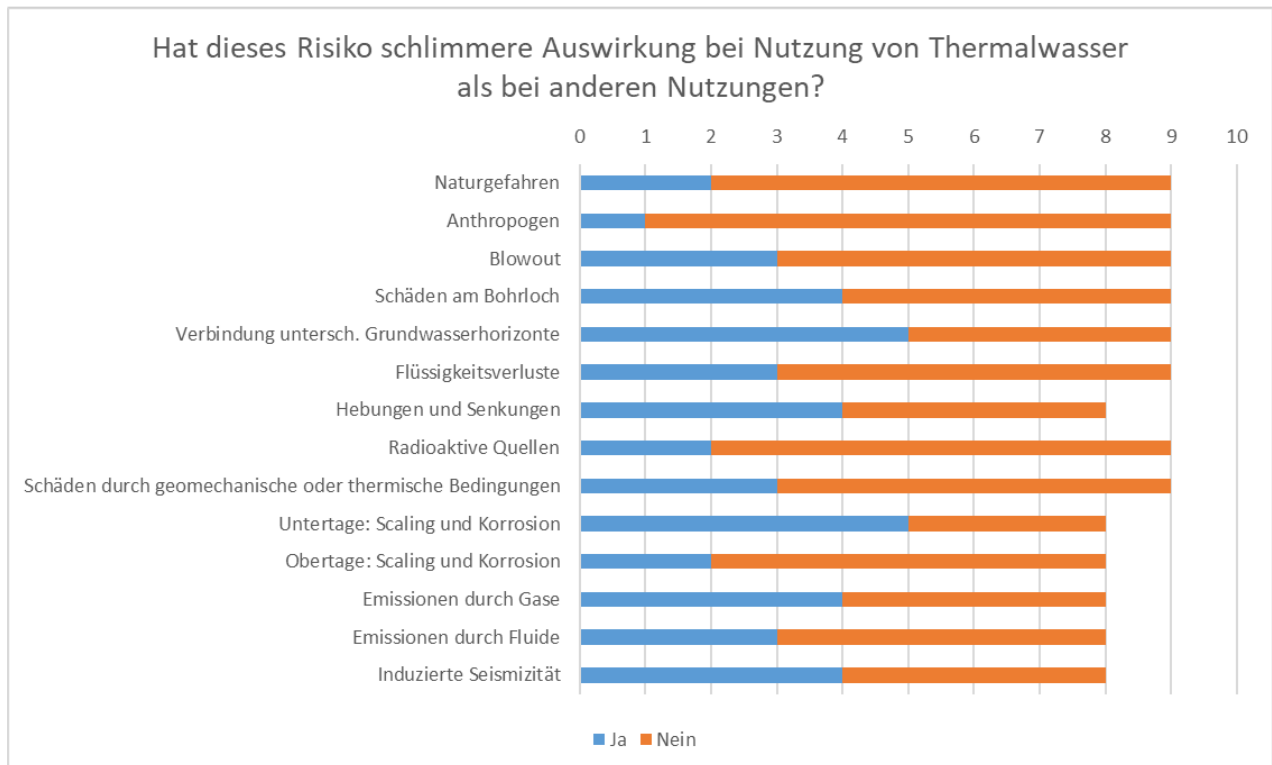


Abbildung 13: Ergebnisse der HTPO ExpertInnenumfrage zum Thema Alleinstellung von Risiken bei der Nutzung von Thermalwässern

Die Rolle von technischen Standards und Erfahrung im Kontext des Risikomanagements

Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Risikos ist bei der Nutzung von Thermalwasser vielfach standortbedingt und kann zwar durch fachgerechten Umgang minimiert werden, das Schadensausmaß hängt hingegen sehr stark von den getroffenen Maßnahmen ab. Die Einhaltung von Standards garantiert dabei die bestmögliche und dem Stand der Technik angepasste Vorgehensweise für die Errichtung von Anlagen. Deswegen ist die Qualität von Standards und Richtlinien ein wesentlicher Erfolgsfaktor im Risikomanagement. Die Situation in Europa zeigt, dass mit steigender Erfahrung an Tiefbohrungen auch die Qualität der Standards steigt.

In der ExpertInnenumfrage für das HTPO Projektgebiet wird das Niveau der Regulierung für die Nutzung von Thermalwässern unterschiedlich eingeschätzt. Die Hälfte der TeilnehmerInnen schätz das Niveau als eher gering ein, die andere Hälfte bewertet es mit eher hoch bis hoch. Dasselbe Ergebnis zeigt sich auch bei der Bewertung der Erfahrung der ArbeiterInnen im Bereich der Nutzung von Thermalwässern. Die Frage nach dem Stellenwert der Qualität von Standards bei der Risikovermeidung wird von den Teilnehmern zur Hälfte als hoch bewertet. Als viel wichtiger wird jedoch der Einsatz von erfahrenem Personal bewertet, um die Eintrittswahrscheinlichkeit von Risiken und Schadensausmaß zu minimieren (Abbildung 14).

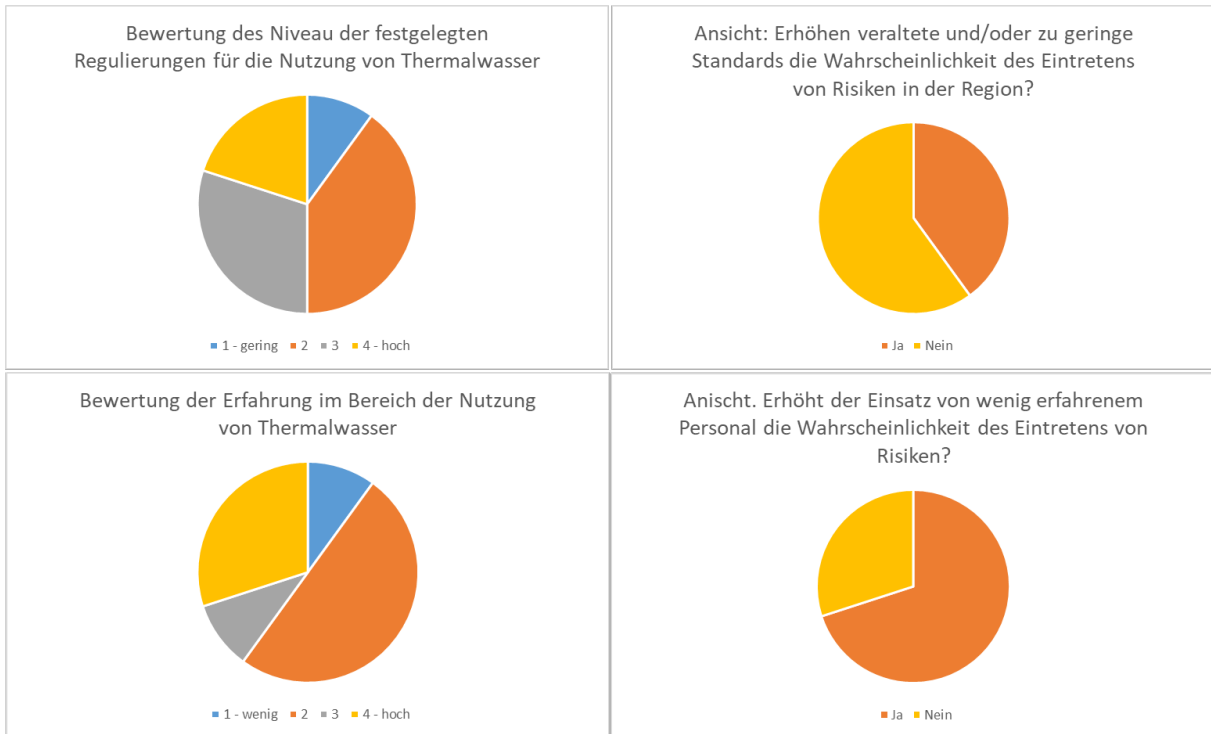


Abbildung 14: Umfrageergebnisse zum Themenkomplex technische Standards und Erfahrung bei der Risikominimierung bei der Nutzung von Thermalwässern aus der HTPO ExpertInnenumfrage.

LITERATUR

Bayerischer Geothermieatlas (2018): Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie, München

Expertengruppe „Thermalwasser“ (2012): Grundsatzpapiere zur Thermalwassernutzung im niederbayrisch-oberösterreichischen Molassebecken, im Auftrag der Ständigen Gewässerkommission nach dem Regensburger Vertrag

ISO 31000:2009 „*Risk management – Principles and guidelines*“

Kliesch, M., (2013): Risikoanalyse und Risikobewertung in Geothermieprojekten, Vortrag Essen am 11.11.2013

Lassacher, S. et al. (2018): Nutzung tiefer Geothermie in industriellen Prozessen, Dokumentation Johannes-Kepler-Universität Linz

Orth, M. und Richter, B. (2018): Der Schlüssel zu Europas Fernwärme liegt in der Tiefe, Erneuerbare Energien: Erfahrungen und Trends weltweit, Ausgabe Februar 2018, www.roedl.de/ee

ANHÄNGE

Anhang 1 - HTPO Risiko Katalog

Anhang 2 - HTPO Riskoliste; übernommen und ergänzt nach RiskRegister - GEORISK

www.georisk-project.eu











Anhang 3 - Zusammenfassung der HTPO Umfrage zur Risikobewertung im Projektgebiet

ANHANG 1

HTPO RISIKOKATALOG

FÜR NUTZUNGEN VON THERMALWASSER FÜR BADE- & HEILZWECKE ODER ZUR ENERGIEGEWINNUNG

BEHANDELTE RISIKEN:

-  Naturgefahren
-  Anthropogene Gefahren
-  Blowouts
-  Schädigungen am Bohrloch oder Reservoir während dem Bohren und Testen
-  Zusammenschluss unterschiedlicher Grundwasserhorizonte durch Bohrarbeiten und Bohrlochausbau
-  Veränderung der Erdoberfläche durch Hebung oder Senkung
-  Schaden an den Installationen durch Scaling, Korrosion und Anlagenalterung
-  Schädliche Emissionen durch Gasaustritte inklusive Radon
-  Schädliche Emissionen durch belastete Grundwässer
-  Induzierte Seismizität

Die Ausführlichkeit der einzelnen Risiken hat keinen Zusammenhang mit ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit oder dem Schadensausmaß, sondern spiegelt die subjektive Empfindung der AutorInnen gegenüber dem Informationsausmaß wieder. Das Kapitel ist als weiterführende Information, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, zu einzelnen Risiken gedacht und soll einen allgemeinen ersten Eindruck bereitstellen.

VERWENDETE INFORMATIONSQUELLEN:

Alle Informationen zu einzelnen Risiken wurden durch umfangreiche Literaturrecherchen und ExpertInneninputs aus dem HTPO Team zusammengestellt. Für allgemeine weiterführende Informationen empfehlen wir:

Bauer M., et al. (2014): Handbuch Tiefe Geothermie

Stober I. und Bucher K. (2020): Geothermie

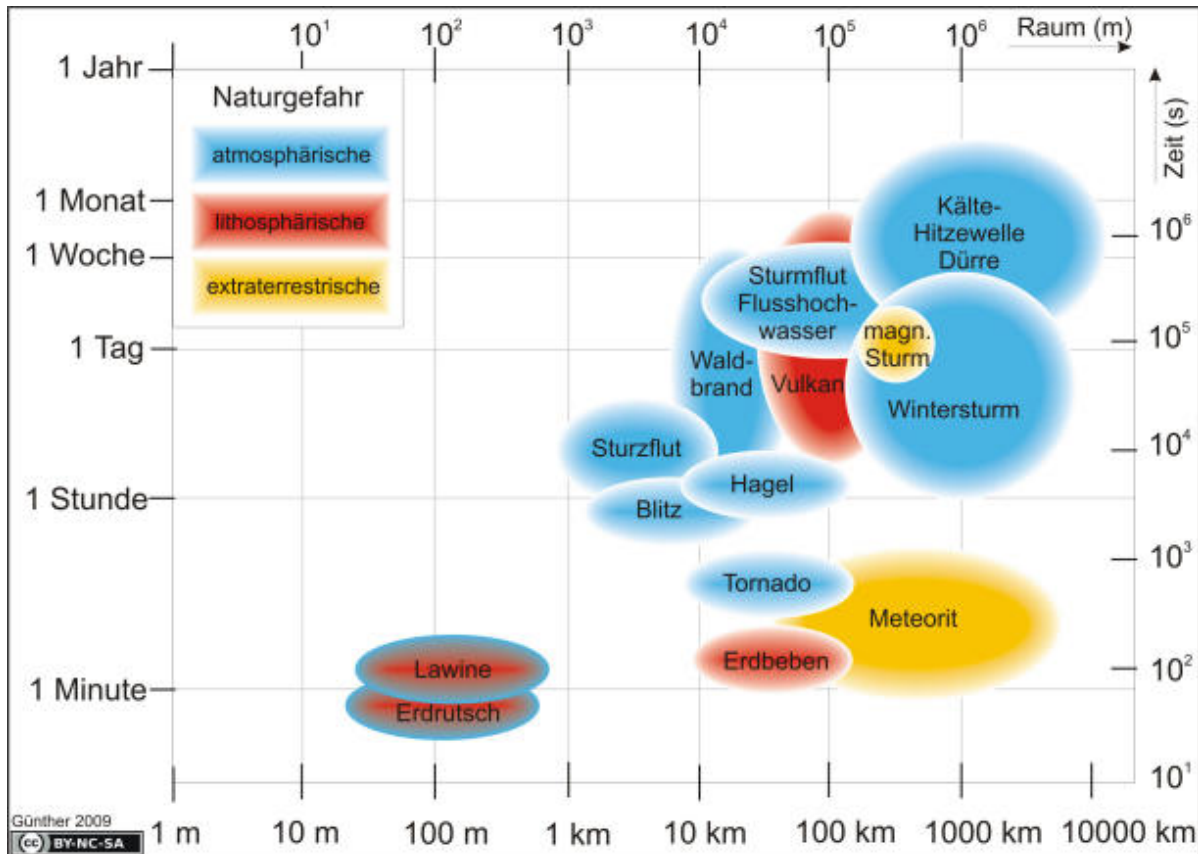
www.georisk-project.eu

www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie

<https://www.geothermie.de/bibliothek/downloads.html>

NATURGEFAHREN

Beschreibung: Als Naturgefahren werden natürliche Prozesse angesehen, die eine potenzielle Bedrohung für Leben und Eigentum der Menschen darstellen. Eintrittshäufigkeit oder Ausmaß der natürlichen Prozesse haben hier eine bestimmte Toleranzgrenze überschritten.



Je nach Art der Naturgefahr können diese schnell und ohne Vorwarnung eintreten (z.B. Erdbeben) oder über längere Zeiträume andauern (z.B. Hochwasser). Auch die Größe der betroffenen Fläche hängt von der Art der Naturgefahr ab und reicht von wenigen 10er Metern (z.B. Lawine) bis hin zu 1000den Kilometern (z.B. Hitzewelle). Obenstehende Abbildung gibt einen Überblick über verschiedene Naturgefahren, ihre Dauer und Ausbreitung. Das Schadensausmaß liegt nicht nur in der Art der Katastrophe, sondern richtet sich auch nach Bestand der betroffenen Fläche. So ist das Schadensausmaß in einem dichten Siedlungsraum mit großer Wahrscheinlichkeit höher als in einem Naherholungsraum.

In Österreich ist der Schutz vor Naturgefahren eine Aufgabe des Staates (Bund, Länder und Gemeinden). Die beauftragten Institutionen erarbeiten dabei Gefahrenzonenpläne und untersuchen die Auswirkungen von Naturgefahren auf den Siedlungsraum.

Für die Nutzung von Thermalwasser besteht die Bedrohung durch Naturgefahren untertage vor allem im Auftreten von Erdbeben. Die obertägigen Installationen (Wärmekraftwerk oder Badeanlage) sind wie alle anderen Gebäude in einem Gebiet von Naturgefahren betroffen. Bei Anlagen zur

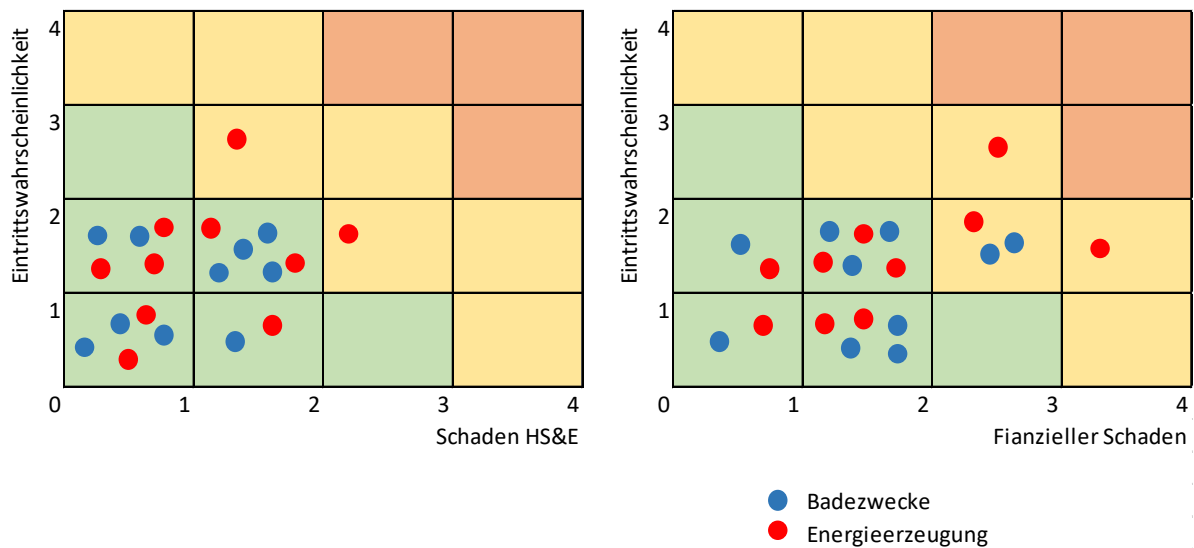
Energieerzeugung muss hier jedoch bedacht werden, dass Schäden zu Störungen oder im schlimmsten Fall zum Komplettausfall der Energieversorgung führen können.

Mögliche Auswirkungen: Personen- und Sachschäden in unterschiedlicher Größenordnung je nach Naturgefahr; Störungen bis hin zum Ausfall der Energieversorgung

Vorbeugung: Einen absoluten Schutz vor Naturgefahren gibt es nicht; Präventive Risikoplanung; Einhaltung von baulichen Schutzmaßnahmen

Bewertung HTPO Projektgebiet: Für das HTPO Projektgebiet wird das Eintreten von Naturgefahren, mit einer Ausnahme, als unwahrscheinlich bis weniger wahrscheinlich bewertet. Das Schadensausmaß wird im Durchschnitt bei einer Skala von 1 bis 4 als mittelschwerer Schaden bewertet, dabei wird das Ausmaß für HS&E als geringer eingestuft als jenes der finanziellen Aspekte einer Nutzung.

Naturgefahren



ANTHROPOGENE GEFAHREN

Beschreibung: Unter anthropogenen Gefahren werden jene verstanden, die durch menschliches Tun von außerhalb der Anlage entstehen. Dazu zählen unter anderem Gefahren im Nahbereich der Anlage wie: Industrieunfälle (z.B. Großfeuer, Giftunfälle), Verkehrsunfälle auf stark befahrenen Straßen (z.B. Kollisionen durch LKWs), aber auch Sabotage der Anlage oder Extremfälle wie Terrorismus zählen zu dieser Kategorie.

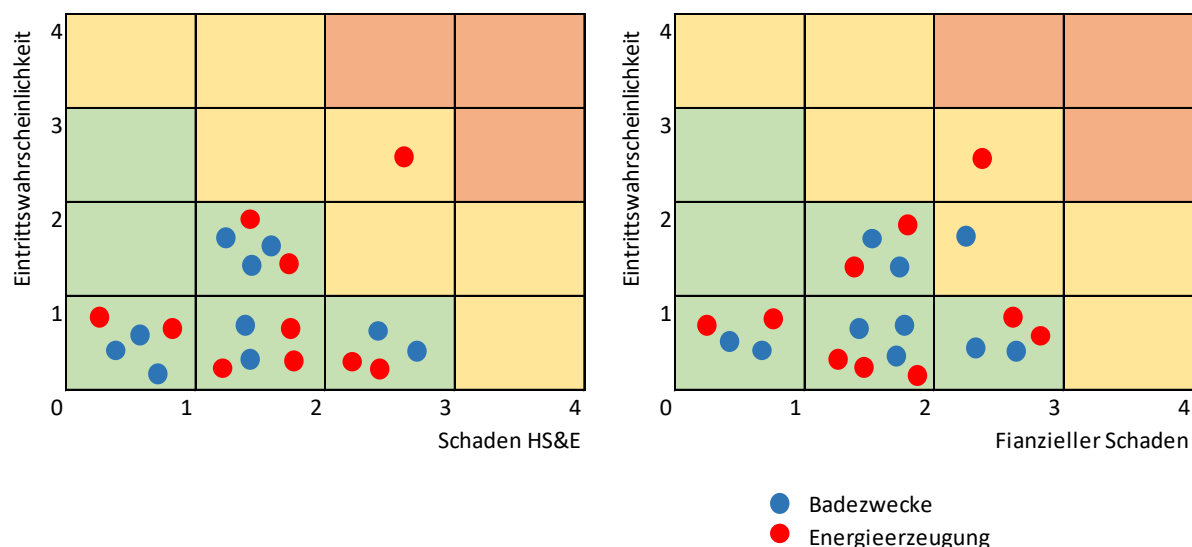
Mögliche Auswirkungen: Finanzielle Auswirkungen; Zerstörung von Anlagenteilen bis hin zum Ausfall der Förderung des Thermalwassers – Einstellung Badebetrieb, Ausfall der Energieversorgung

Vorbeugung: Zugangsbeschränkungen am Betriebsgelände, Abriegelung sensibler Anlagenteile, Gefahrenzonenplan

Maßnahmen: Einhaltung der gesetzlich vorgeschriebenen Regelungen zur Betriebssicherheit (Brandschutz, etc.)

Bewertung HTPO Projektgebiet: Für das HTPO Projektgebiet wird das Auftreten von anthropogenen Gefahren die von Außerhalb auf die Anlage einwirken, zum Großteil als eher unwahrscheinlich angesehen. Das Schadensausmaß zeigt bei beiden Nutzungsformen eine ähnlich große Bandbreite in der Bewertung.

Anthropogene Gefahren



BLOWOUTS

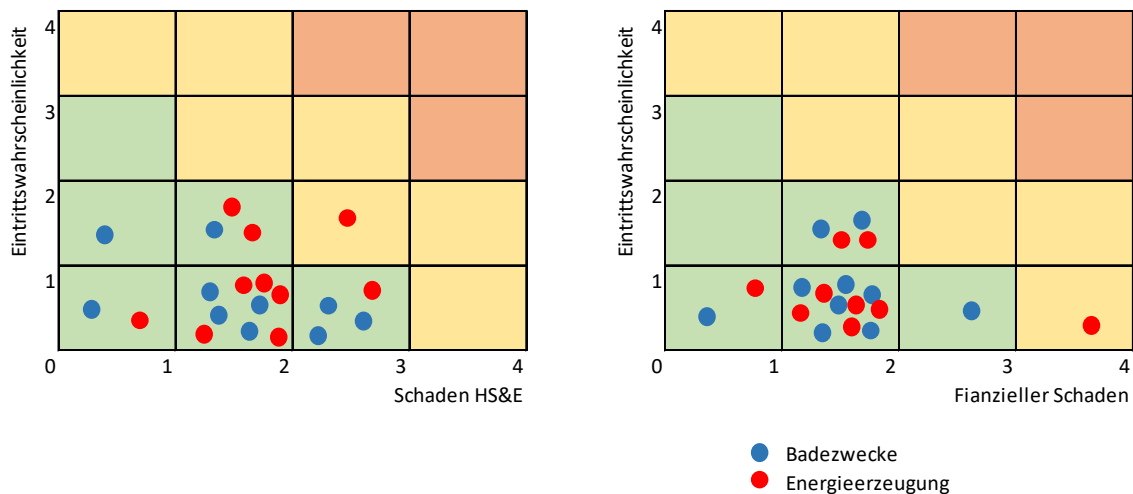
Beschreibung: Blowouts sind vor allem aus der Förderung von Kohlenwasserstoffen bekannt und bezeichnen ein unkontrolliertes Austreten von Bohrspülung, Erdöl und/oder Erdgas aus einem Bohrloch. Geothermische Blowouts unterscheiden sich dadurch, dass Thermalwässer mit der Bohrspülung ausgeblasen werden. Kohlenwasserstoff- und auch Thermalwasserlagerstätten befinden sich häufig unter Druck. Dieser Druck wird bei der Bohrung kompensiert, indem das Bohrloch während der Bohrung mit Bohrspülung gefüllt wird und somit einen Gegendruck erzeugt. Oftmals kommt es jedoch zu Druckerhöhungen, sogenannten „Kicks“. Wird ein solcher Kick nicht frühzeitig erkannt und verhindert, strömen Fluide und/oder Gase in das Bohrloch und es kommt zu einer druckbedingten Freisetzung des Bohrlochinhalt (Blowout). Neben der Explosionsgefahr durch Kohlenwasserstoffe kommt es zu Verschmutzungen der unmittelbaren Umgebung durch ebendiese und die mitausgeblasene Bohrspülung. Bei der Bohrung nach Thermalwässern kann nicht ausgeschlossen werden, dass Kohlenwasserstoffe oder andere Gase wie CO₂ angetroffen werden und somit das Risiko eines Blowouts besteht. Blowouts können in jeder Phase einer Bohrung vorkommen.

Mögliche Auswirkungen: Verunreinigungen an der Oberfläche, Explosionsgefahr bei Kohlenwasserstoffen, je nach chemischer Zusammensetzung der ausgeblasenen Fluide/Gase auch schwerwiegende Verunreinigungen mit toxischen Substanzen (radioaktives Material); Gefahr von Grundwasserverunreinigungen

Vorbeugung: geschultes Personal und Einhaltung aller verfügbaren und vorgeschriebenen Standards (u.a. Verwendung eines Blowout preventers (BOP), Überwachung kritischer Parameter während des Bohrvorganges (Fließrate der Bohrspülung, Druck, Temperatur)

Bewertung HTPO Projektgebiet: Für das HTPO Projektgebiet wird das Eintreten von Blowouts zum Großteil als wenig wahrscheinlich bewertet. Das Schadensausmaß wird von dem meisten TeilnehmerInnen als niedrig eingestuft, für Schäden an HS&E jedoch etwas höher als bezüglich finanzielle Aspekte.

Blowouts



SCHÄDIGUNGEN AM BOHRLOCH ODER RESERVOIR WÄHREND DEM BOHREN UND TESTEN - BOHRLOCHINTEGRITÄT

Beschreibung: Die Gegebenheiten im Untergrund sind ein entscheidender Faktor für den Bohrvorgang. Parameter wie die Gesteinsbeschaffenheit, Eigenschaften von Fluiden, das Spannungsfeld etc. und auch die gewählte Bohrmethode müssen gemeinsam betrachtet werden um eine reibungslose Bohrung anzustreben. Die Regulierung der Bohrlochstabilität erfolgt in der Regel durch die Beschaffenheit der Bohrspülung. Neben der Stabilisierung des Bohrlochs ist dabei auch auf einen schonenden Umgang mit dem Reservoir zu achten. Auch muss bei Geothermiebohrungen langfristig gedacht werden da solche Anlagen über mehrere Jahrzehnte verwendet werden. Deswegen müssen besonders hohe Ansprüche an die Langzeit-Stabilität der Bohrung gestellt werden.

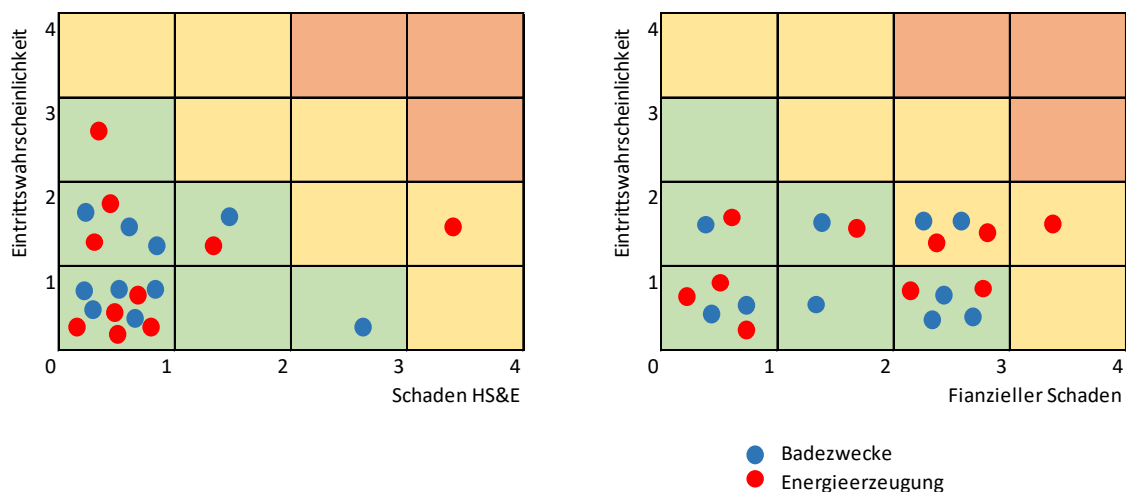
Mögliche Auswirkungen: bei fehlender Bohrlochintegrität oder unsachgerechtem Bohren kann es zu unkontrollierten Fließwegen innerhalb der Bohrung kommen. Dies kann auch zu Verunreinigungen anderer Grundwässer führen. Eine weitere Auswirkung wäre der Kollaps des Bohrloches

Vorbeugung: Erfahrenes Bohrpersonal und Einhaltung aller Sicherheitsstandards, Anpassung der Bohrspülung an Gegebenheiten; Bohrlochmessungen zur Bewertung der Dichtheit, Simulationen zur Bewertung von Druckverläufen während Pumpstestungen, Wahl eines geeigneten Casings bzw. Zements

Monitoring: stetige Überwachung der Bohrspülung (Fließrate, Druck)

Bewertung HTPO Projektgebiet: Für das HTPO Projektgebiet wird eine Schädigung des Bohrlochs oder Reservoirs als un- bis wenig wahrscheinlich bewertet. Das Schadensausmaß wird für HS&E als niedrig eingestuft. Das finanzielle Schadensausmaß zeigt eine große Bandbreite in der Bewertung, kann im Durchschnitt aber als eher hoch angesehen werden.

Schädigungen am Bohrloch oder Reservoir während dem Bohren und Testen



ZUSAMMENSCHLUSS UNTERSCHIEDLICHER GRUNDWASSERHORIZONTE DURCH BOHRARBEITEN UND BOHRLOCHAUSBAU

Beschreibung: Eine unbeabsichtigte Verbindung von unterschiedlichen Grundwasserleitern über das Bohrloch oder die Verunreinigung von durchteuften Grundwasserleitern durch Flüssigkeitsintrusion (Prüfflüssigkeit, Bohrschlamm usw.) ist ein Risiko, das beim Bohren und Betrieb von jeglichen Bohrlöchern auftreten kann. Dieses Risiko besteht während allen Phasen eines Geothermieprojektes und muss ständig überwacht werden. Auslöser können große Druckunterschiede zwischen geschichteten Grundwasserleitern sein, das Versagen der Bohrlochbarriere aufgrund schlechter Zementierung, mechanische Schäden während der Bohrlochentwicklung, Korrosion und Ablagerungen, geomechanischen Störungen, thermische Belastung und Materialversagen.

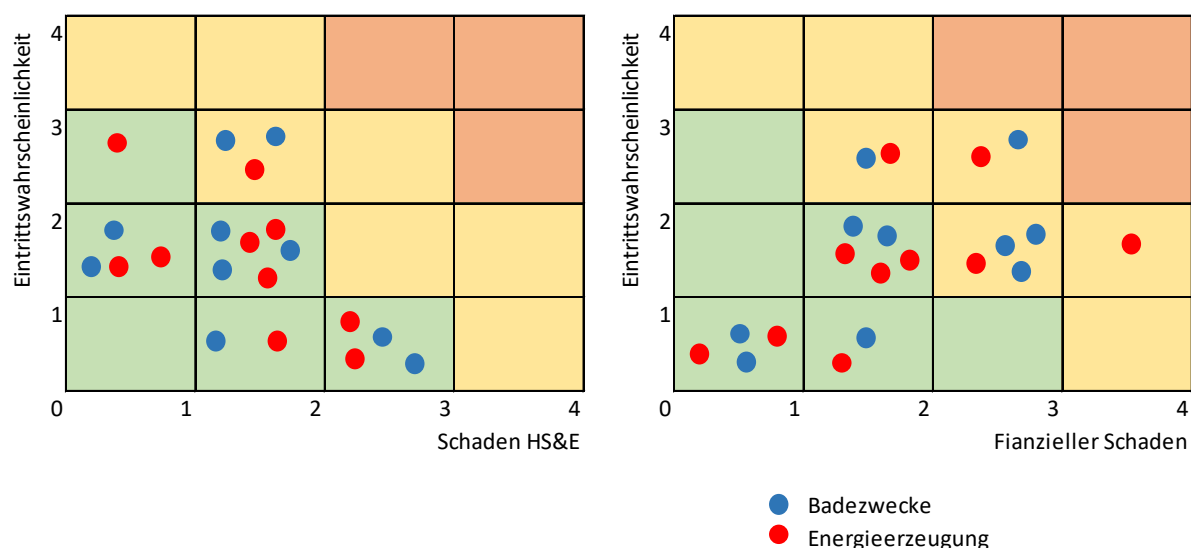
Mögliche Auswirkungen: potenzielle Kontamination und Erschöpfung von Grundwasserleitern und Süßwasserressourcen, Auswirkungen auf andere unterirdische Nutzungen, Bodenerhöhungen an der Oberfläche durch Quellung der Formation, Einsturz oder Erdrutsche durch Erosion der Formation

Vorbeugung: Erfahrenes Bohrpersonal und Einhaltung aller Sicherheitsstandards (z.B. Isolierung des Bohrlochs, Einsatz von Packern zwischen Grundwasserleitern)

Monitoring: Kontrolle von Korrosion, Zementarbeiten, Wasserstand oder Druck und geochemischen Eigenschaften von nicht anvisierten Grundwasserleitern, Überwachung der Bohrlochparameter (Flussrate, Temperatur und Druck), Überwachung umgebender Brunnen

Bewertung HTPO Projektgebiet: Für das HTPO Projektgebiet wird der Zusammenschluss von unterschiedlichen Grundwasserleitern während dem Bohren von unwahrscheinlich bis eher wahrscheinlich bewertet. Auch das Schadensausmaß zeigt für beide Nutzungsarten eine größere Bandbreite mit stärkeren Belastungen im finanziellen Bereich.

Zusammenschluss unterschiedlicher Grundwasserhorizonte



VERÄNDERUNG DER ERDOBERFLÄCHE DURCH HEBUNG ODER SENKUNG

Beschreibung: Durch die Entnahme von Thermalwässern werden die ursprünglichen Bedingungen (Druck und Temperatur) im Aquifer verändert. Durch das entnommene Wasser sinkt der Gegendruck im Aquifer gegenüber den darüber liegenden Schichten und dies kann zu Setzungen der Geländeoberfläche führen. Dieser Vorgang ist meist sehr langsam, großflächig ausgebreitet und bis zu einem gewissen Grad reversibel und hängt stark mit dem Unterschied zwischen entnommener und rückgeführter Menge an Wasser (Förderrate) und der Zeitspanne der Entnahme zusammen.

Das Auftreten von Setzungen der Erdoberfläche ist ein bekanntes Risiko bei jeglichen Entnahmen von Stoffen aus dem Untergrund. So werden diese bei Trinkwasserentnahmen aus tiefen Aquiferen oder auch in der Kohlenwasserstoffindustrie beobachtet. Letztere wirkt dem Risiko, ähnlich wie es auch in der Tiefen Geothermie üblich ist, durch Verpressung von Wasser oder Gas in die Lagerstätte entgegen. Geschieht dies erst nachträglich, kann in manchen Fällen eine Senkung bis zu einem gewissen Grad auch wieder ausgeglichen werden. Bei der Nutzung von Thermalwässern zu Bade- und Heilzwecken ist dieses Phänomen nicht dokumentiert. In der Tiefen Geothermie wird durch die Reinjektion der gebrauchten Wässer der Druck im Aquifer nahe an den natürlichen Bedingungen gehalten und so dem Risiko vorgebeugt. Etwaige trotzdem auftretende Setzungen liegen bei Anlagen der Tiefen Geothermie im Bereich von mm/Jahr oder wenige cm/Jahr und stellen allgemein gesehen ein geringes Risiko dar. Die Reinjektion der genutzten Thermalwässer birgt bei unsachgemäßer Ausführung auch das Risiko von Hebungen der Geländeoberfläche. Dies geschieht, wenn mit zu hohen Drücken wiedereingeleitet wird. In Gegenden mit quellfähigen Gesteinen im Untergrund (z.B. Gips, Anhydrit) muss beim Bohrvorgang besonders vorsichtig gearbeitet werden. Kommen diese Gesteine mit Wasser in Kontakt, kann es ebenfalls zur Hebung der Geländeoberfläche kommen.

Mögliche Auswirkungen: Schäden an der Infrastruktur und Gebäuden

Vorbeugung: Genaue Kenntnisse der geologischen Verhältnisse im Untergrund; Einsatz von erfahrenem, geschultem Bohrpersone; Reinjektion der genutzten Wässer bei geothermischen Nutzungen und Erstellung eines Aquifer-Management-Plans zur Erhaltung von an die Aquiferbedingungen angepassten Drücken

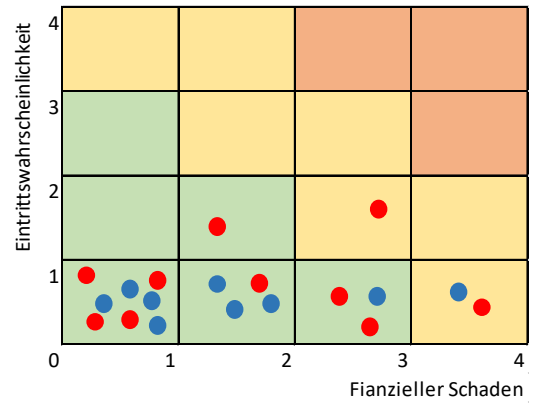
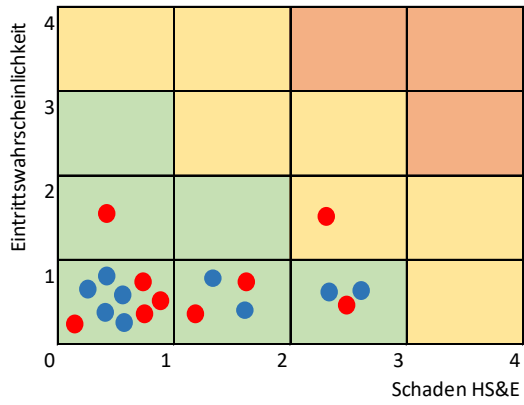
Monitoring: Beobachtung der Geländeoberfläche mit z.B. Satellitensystemen

Maßnahmen: Änderung der Entnahmerate; Änderung des Reinjektionsdrucks

Bewertung HTPO Projektgebiet:

Für das HTPO Projektgebiet wird das Eintreten von Hebungen oder Senkungen als unwahrscheinlich eingestuft. Das Schadensausmaß zeigt für beide Nutzungsarten eine große Bandbreite mit stärkeren Belastungen im finanziellen Bereich.

Hebung oder Senkung



- Badezwecke
- Energieerzeugung

SCHÄDEN AN DEN INSTALLATIONEN DURCH ABLAGERUNGEN, KORROSION UND ANLAGENALTERUNG

Beschreibung: Schäden an den Installationen durch Ablagerungen, Korrosion und/oder Anlagenalterung können sowohl Obertage- als auch Untertage eintreten. Je höher die Gesamtmineralisation der genutzten Thermalwässer ist desto höher ist auch die Wahrscheinlichkeit von Ablagerungen oder Korrosion. Die chemische Zusammensetzung der Wässer ist deshalb ein wichtiger Parameter bei der Anlagenplanung und muss bei der Wahl der eingesetzten Materialien berücksichtigt werden.

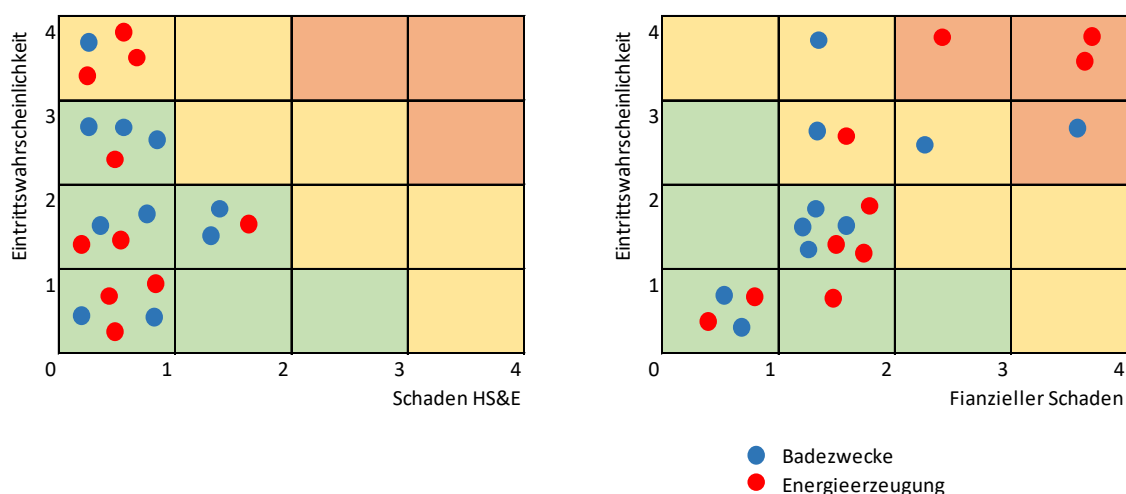
Mögliche Auswirkungen: Mehrkosten und ungeplante Betriebsunterbrechungen oder –ausfällen durch Schäden im Bohrloch oder an der Anlage. Die Auswirkungen sind vor allem im finanziellen Bereich angesiedelt, können aber in der Tiefen Geothermie auch zu Leistungseinbußen und Unsicherheiten in der Energieversorgung führen

Vorbeugung: Regelmäßige Analysen der Wasserchemie, Wahl von geeigneten Anlagenmaterialien, Regelmäßige Wartung

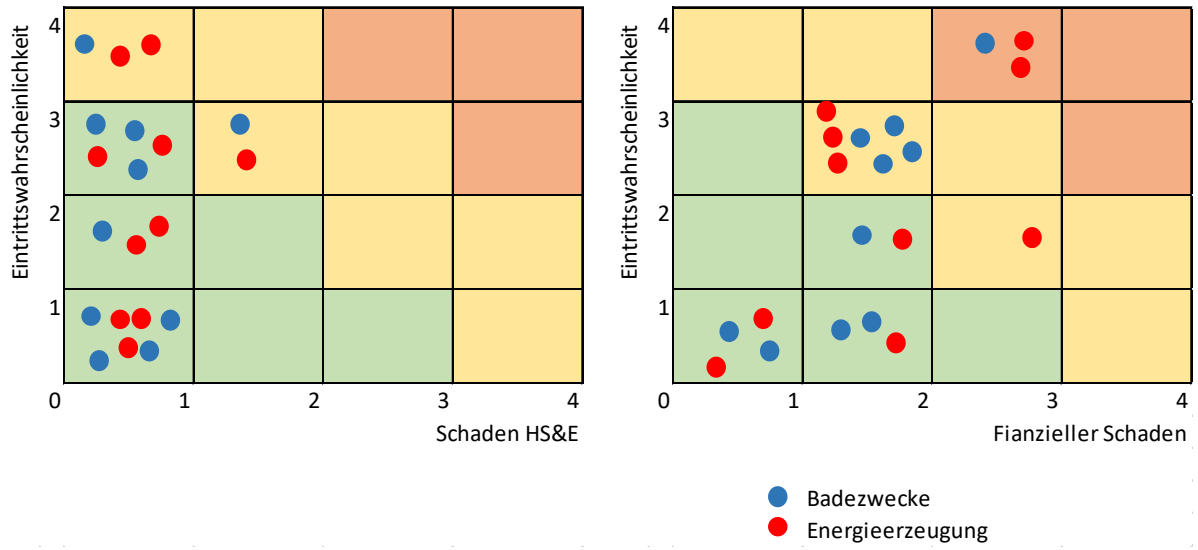
Maßnahmen: ständige Wartung der gesamten Anlage und rechtzeitige Behebung von entstanden Schwächen oder Schäden

Bewertung HTPO Projektgebiet: Sowohl für Unter- als auch Obertage wird das Auftreten von Scaling oder Korrosion im HTPO Projektgebiet gleich verteilt über die gesamte Skala als unwahrscheinlich bis sehr wahrscheinlich bewertet. Das Schadensausmaß wird in allen Fällen als niedrig für HS&E angesehen. Das Ausmaß des finanziellen Schadens schwank ebenfalls über die gesamte Bandbreite der Skala mit Tendenz zu eher niedrig bis hoch.

Schaden an den Installationen durch Scaling, Korrosion und Anlagenalterung - Untertage



Schaden an den Installationen durch Scaling, Korrosion und Anlagenalterung - Obertage



SCHÄDLICHE EMISSIONEN DURCH GASAUSTRITTE INKLUSIVE RADON

Je nach Zusammensetzung der geförderten Thermalwässer können diese unterschiedliche Konzentrationen an Gasen beinhalten, die Auswirkungen auf die Gesundheit (z.B. Schwefelwasserstoff oder Radon) oder Umwelt haben können (z.B. Methan, Kohlendioxid). Die häufigsten dieser Gase werden im Folgenden besprochen.

- **Schwefelwasserstoff H₂S**

Beschreibung: H₂S ist ein stark übelriechendes (faulende Eier) und hoch giftiges Gas. Es ist brennbar, farblos und löst sich in Wasser nur wenig. In der Natur kommt Schwefelwasserstoff in variablen Anteilen in Erdgas und in Quellwasser gelöst vor. Es entsteht außerdem beim Abbau von Biomasse.

Auswirkungen: In der Geothermie kann das Vorkommen von H₂S im Thermalwasser zu Korrosionsproblemen in der Anlage führen. Ein Zutage treten von Gasen ist in der Geothermie auszuschließen, da das Thermalwasser in einem geschlossenen Kreislauf geführt wird. Bei zum Baden genutztem Thermalwasser kommt es stark auf die Konzentration des Schwefelwasserstoffs an. In geringen Mengen im Thermalwasser enthalten, erzielt Schwefelwasserstoff auch gesundheitlich positive Effekte, besonders bei der Heilung von Hautkrankheiten.

- **Kohlenstoffdioxid CO₂**

Beschreibung: Kohlenstoffdioxid ist ein unbrennbares, saures, farb- und geruchsloses Gas, das sich gut in Wasser löst. CO₂ ist ein natürlicher Bestandteil der Luft und ein wichtiges Treibhausgas. Es entsteht durch Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Substanzen aber auch in Organismen als Produkt der Atmung. CO₂ kann toxisch wirken, jedoch kommt es in diesen Mengen in Thermalwässern nicht vor. Die Problematik von anthropogen produziertem CO₂ liegt in der Verstärkung des Klimawandels.

Auswirkungen: Der CO₂ Anstieg gilt als Maßstab für die globale Erderwärmung und wird in großem Maße durch die Verbrennung von Öl, Gas und Kohle erzeugt. In diesem Sinne kommt es zu einer positiven Auswirkung durch die Vermeidung von CO₂ Emissionen durch die Nutzung von Geothermie zu Heizzwecken. Nichtsdestotrotz kann in den geförderten Wässern CO₂ gelöst sein. Ein Ausgasen in die Atmosphäre während des Betriebs kann ausgeschlossen werden, wenn Thermalwässer wie in der Tiefen Geothermie üblich in einem geschlossenen Kreislauf geführt werden.

- **Methan CH₄**

Beschreibung: Methan ist ein farb- und geruchsloses, brennbares Gas. Es kommt in der Natur vor und ist ein Hauptbestandteil von Erdgas. In Wasser ist es unlöslich und bildet mit Luft explosive Gemische. Methan kommt in der Luft nur in Spuren vor. Es hat ein hohes Treibhauspotential und trägt enorm zur globalen Erwärmung bei. Es gelangt vor allem durch Vorgänge bei der Förderung und Nutzung von Methan zu Heizzwecken in die Atmosphäre und in beträchtlichen Mengen auch durch biologische Prozesse, etwa bei der Viehhaltung.

Auswirkungen: Als Klimagas ist Methan um ein Vielfaches wirksamer als CO₂. Gesundheitlich führt Methan zu kurzzeitigen Beschwerden wie z.B. niedrigem Blutdruck, Schwindel oder Gedächtnisverlust, hinterlässt aber keine bleibenden Schäden.

- **Radon**

Beschreibung:

Radon ist ein radioaktives Gas welches in Gesteinen, Böden, Wasser und Luft vorkommt. Es zählt zu den Edelgasen, ist chemisch gesehen inert, das schwerste elementare Gas und unter Normalbedingungen farb-, geruchs- und geschmacklos. Es entsteht aus den natürlichen Zerfallsreihen der Elemente Uran (Radium) und Thorium. Aus diesen Zerfallsreihen entstehen verschiedene Radonisotope mit unterschiedlichen Halbwertszeiten. Unter diesen Radonisotopen ist vor allem ²²²Rn von radiologischer Bedeutung. Die biologische Wirksamkeit liegt dabei vor allem auf den Zerfallsprodukten des Radons, den Polonium Isotopen (²¹⁸Po, ²¹⁴Po) und ihrer Alphastrahlung. Im allgemeinen Sprachgebrauch werden diese Zerfallsprodukte mit der Nennung von ²²²Rn eingeschlossen. Da Radon über die Atmung aufgenommen wird, ist die Strahlenexposition im Körper in der Lunge am höchsten, und steht im Zusammenhang mit der Entstehung von Lungenkrebs.

Da in allen Gesteinen und Böden in unterschiedlichen Konzentrationen Uran und Thorium enthalten sind, sind diese auch immer Radonquellen. Bei Wässern ist die Strahlenexposition von Radon vor allem in Grundwässern von Bedeutung, da diese Wässer das gasförmige Radon durch den Kontakt mit Gesteinen im Untergrund aufnehmen. Beim Übertritt vom Boden in die Außenluft bedingt eine rasche Verdünnung mit letzterer eine relativ niedrige Radonkonzentration. Die Konzentration in der Bodenluft ist hier um einen Faktor 1000 größer. Kritisch anzusehen ist dies für geschlossene, erdberührte Räume wie z.B. Erdkeller, wo es zu einer Anreicherung des Radons kommen kann.

Die räumliche Verteilung von Radon in der Luft hängt vom jeweiligen Untergrund ab. Einen anthropogenen Einfluss auf diese Radonkonzentration ist durch nahezu jeden Eingriff in den Untergrund oder den Boden gegeben, z.B. Bergbau, Versiegelung von Böden die zu einer Migration und einer Radonansammlung an Austrittsstellen führt oder auch Vibrationen im Bereich von Verkehrswegen führen zu erhöhten Radonkonzentrationen.

Mögliche Auswirkungen: Bei der Förderung von radonbelasteten Wässern entstehen vor allem gesundheitliche Bedenken durch mögliche Anreicherung von Radon in Gebäuden. Über erhöhte Radonkonzentration im Umfeld von Thermalwassernutzungen gibt es derzeit wenige Studien. Die gemessenen Radonkonzentrationen in der Nähe von Geothermieanlagen lagen jedoch nur wenig über den natürlichen Untergrundwerten und traten, je nach Betrieb der Anlage, oft auch nur an wenigen Tagen im Jahr auf. Im Falle einer Reinjektion des genutzten Thermalwassers, was bei tiefen geothermischen Nutzung meist als Standard angesehen werden kann, wird im Normalbetrieb durch den geschlossenen Kreislauf kein Radon an die Atmosphäre abgegeben. Bei der Nutzung von Thermalwässern zu Heil- und Badezwecken kann ein geringer Gehalt an Radon sogar positive Auswirkungen auf die Gesundheit zeigen. Solche Radonkuren werden vor allem bei rheumatischen Beschwerden eingesetzt.

Maßnahmen: Der Umgang mit Radon zum Schutz von Personen vor Gefahren durch Radon in Aufenthaltsräumen von Wohngebäuden und an Arbeitsplätzen ist in Österreich über die

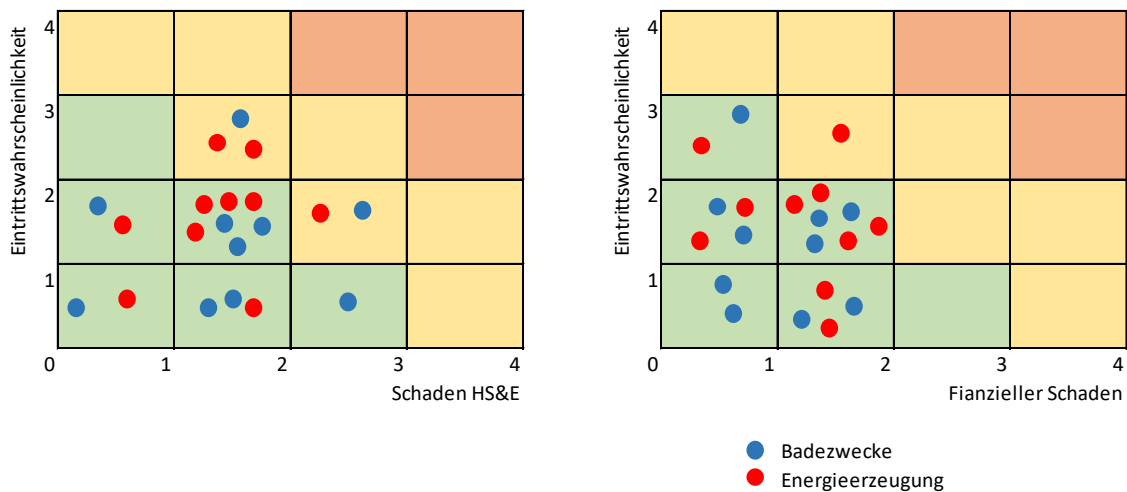
Radonschutzverordnung gesetzlich geregelt. Diese gibt unter Anderem Grenzwerte vor die z.B. im Badebetrieb eingehalten werden müssen.

Maßnahmen für die Tiefe Geothermie: Installation von Gasfrühwarnsystemen bei der Bohrung, geschlossener Thermalwasserkreislauf bei Geothermieanlagen, es besteht auch die Möglichkeit Gase bewusst abzuscheiden und weiter zu verwenden (CO₂ für Getränkeindustrie oder Methan für Heizzwecke)

Bewertung HTPO Projektgebiet:

Für das HTPO Projektgebiet wird das Austreten von Gasen im Durchschnitt als weniger wahrscheinlich bewertet. Das Schadensausmaß wird im Durchschnitt bei einer Skala von 1 bis 4 als kleiner bis mittelschwerer Schaden bewertet, dabei wird das Ausmaß für HS&E als etwas höher eingestuft als jenes für finanziellen Aspekte einer Nutzung.

Schädliche Emissionen durch Gasaustritte inklusive Radon



SCHÄDLICHE EMISSIONEN DURCH BELASTETE THERMALWÄSSER

Beschreibung: Neben Gasen können in Thermalwässern auch flüssige und feste Bestandteile vorkommen die negative Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt haben können. Dazu zählen radioaktive Bestandteile und toxische Minerale.

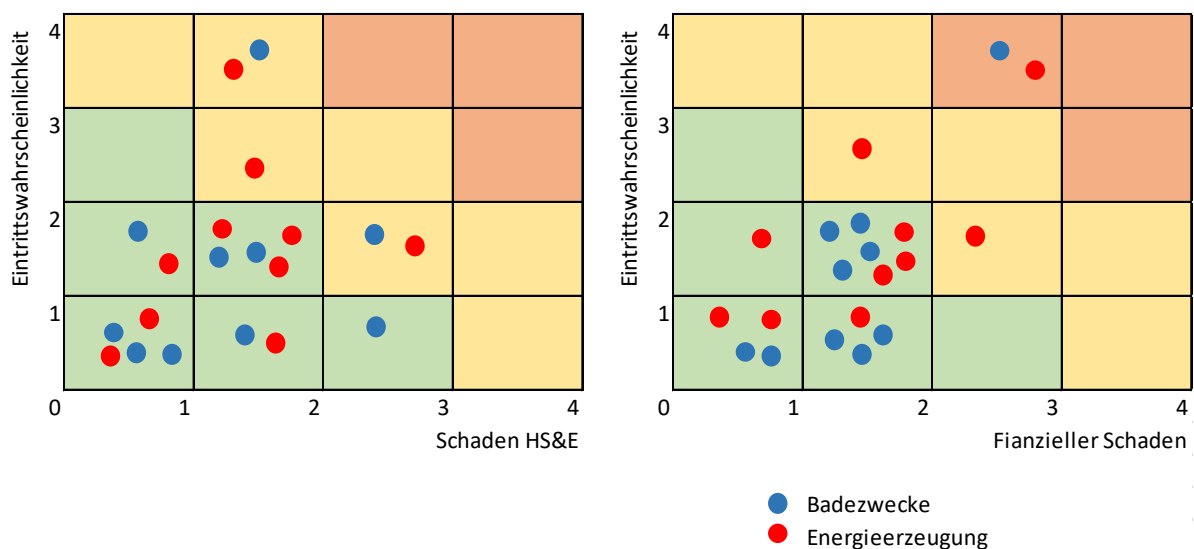
Mögliche Auswirkungen: Da Thermalwässer in Geothermieranlagen im geschlossenen Kreislauf geführt werden, gelangen sie nicht in die Biosphäre. Werden jedoch Feststoffe durch Filterung aus dem Thermalwasserkreislauf entnommen, so sind diese auf ihre Radioaktivität zu überprüfen. Wässer bei denen negative Auswirkungen auf die Gesundheit und Umwelt zu erwarten sind, dürfen nicht für einen Badebetrieb genutzt werden oder müssen dementsprechend vorbehandelt werden.

Maßnahmen: Einhaltung von Grenzwerten im Badebetrieb, Fachgerechte Entsorgung von genutzten Wässern oder Anlagenteilen die in Berührung mit den Wässern kommen

Bewertung HTPO Projektgebiet:

Für das HTPO Projektgebiet wird das Auftreten von belasteten Thermalwässern im Durchschnitt als weniger wahrscheinlich bewertet. Das Schadensausmaß unterscheidet zwischen den unterschiedlichen Aspekten nicht stark und wird in allen Fällen im Durchschnitt als mittelschwerer Schaden eingestuft.

Schädliche Emissionen durch belastete Grundwässer



INDUZIERTE SEISMIZITÄT

Beschreibung: Seismizität bezeichnet die Gesamtheit aller natürlichen Erdbebenercheinungen in einem Gebiet. Seismische Ereignisse, die auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen sind, werden als induzierte seismische Ereignisse bezeichnet. Durch die geothermische Nutzung werden die Eigenschaften eines Reservoirs verändert, indem heißes Fluid aus dem Untergrund entnommen und abgekühltes reinjiziert wird. Dabei sind die Förder- und Injektionsraten und -drücke, Fluidvolumen, Injektionsdauer und die Untergrundbeschaffenheit Faktoren, die die Wahrscheinlichkeit und das Ausmaß induzierter seismischer Ereignisse beeinflussen. Das Phänomen ist dabei keineswegs auf die Tiefe Geothermie beschränkt, sondern auch im größeren Ausmaß durch andere bergbauliche Tätigkeiten (z.B. Kohlenwasserstoffbohrungen, Bau von Talsperren, Steinbrüche etc.) bekannt. Das Ausmaß (Magnitude, Intensität) von induzierten seismischen Ereignissen in der Tiefen Geothermie liegt in der Regel unter jener von natürlichen Ereignissen.

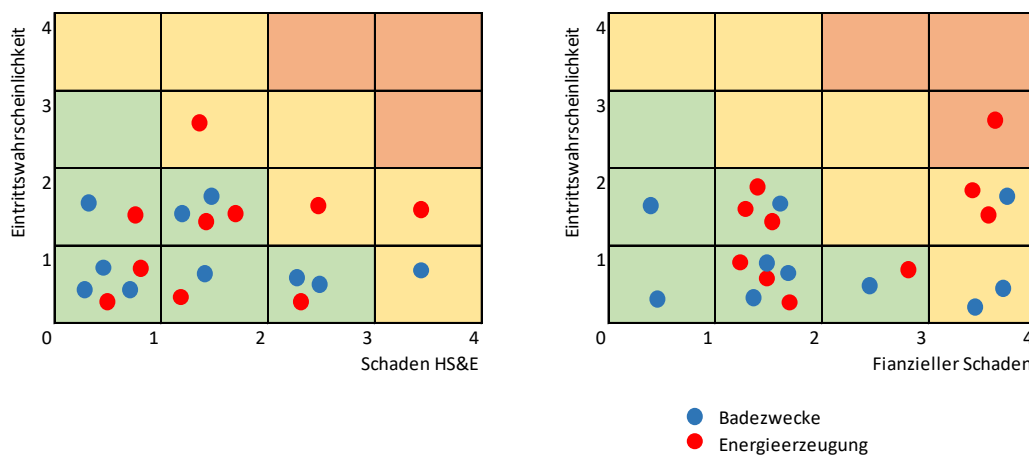
Mögliche Auswirkungen: da die Magnituden von induzierten Beben in der Regel gering sind und oft auch nicht gespürt werden ist im Normalfall mit keinen Schäden zu rechnen. Im schlimmsten Falle kann es jedoch zu Schäden von Gebäuden und Infrastruktur und einhergehend der Gefährdung von Leben in unterschiedlichem Ausmaß und Entfernung kommen.

Maßnahmen: Kenntnis der natürlichen Seismizität der Region vor dem Anlagenbau. Kontinuierliche Überwachung der natürlichen Seismizität und auftretenden induzierten Seismizität im Anlagengebiet (Monitoringsystem) während des Baus und Betrieb der Anlage. Der Betrieb der Anlage, das heißt in diesem Fall die Injektionsrate und der Injektionsdruck, muss basierend auf diesen Daten an die Gegebenheiten im Anlagengebiet angepasst werden.

Bewertung HTPO Projektgebiet:

Für das HTPO Projektgebiet wird das Eintreten von induzierter Seismizität für beide Nutzungsarten, mit einer Ausnahme, als wenig wahrscheinlich bewertet. Das Schadensausmaß zeigt für beide Nutzungsarten eine große Bandbreite mit stärkeren Auswirkungen auf den finanziellen Bereich.

Induzierte Seismizität



ANHANG 2

HTPO RISIKOLISTE

ALLGEMEINE ZUSAMMENFASSUNG VON RISIKEN IN DER TIEFEN GEOTHERMIE,
ÜBERNOMMEN UND ERGÄNZT AUS WWW.GEORISK-PROJECT.EU

ANHANG 2 „RISK-LIST“ (BASIEREND AUF DEN ERGEBNISSEN DES GEORISK-PROJEKTS)

Kategorien	Phase				Gefährdung	Kurzbeschreibung	Konsequenzen auf	
	Aufsuchen	Bohren/ Testen	Betrieb	Stilllegung			Wirtschaftlich/ Leistung	Gesundheit, Sicherheit und Umwelt
Externe Faktoren		X	X	X	Naturgefahren	Naturgefahren, die Schäden an der Infrastruktur verursachen wie z.B. Erdbeben	X	X
		X	X	X	Anthropogen verursachte Schäden an der Infrastruktur	z.B. Terrorismus oder Vanalimus	X	X
		X	X	X	Gesetzes/Verordnungsänderungen, Steuerreformen		X	
	X	X	X		Finanzierungsprobleme	Fehlende Finanzierung für die Weiterentwicklung des Projektes, mangelnde Erfahrung von Banken in Hinblick auf Geothermieprojekte und damit einhergehende Vorenthaltung von Finanzierungen	X	
	X	X	X		Gesellschaftliche Akzeptanz	Behinderung des Projektes durch geringe gesellschaftliche Akzeptanz, z.B. durch mangelnde Information in der Bevölkerung bzw. geringen Kenntnisstand über Technologie	X	
	X	X	X		Verzögerungen und unerwartete Kosten	z.B. bei Materialien und Dienstleistungen aufgrund des Marktes	X	
			X		Abnahmeprobleme	Mangel oder Verlust von Kunden (Wärme-/Strom-/Wasserabnehmer)	X	
		X	X	X	Nutzungskonflikte	Andere Nutzer des Thermalwasseraquifers verursachen Änderungen der Reservoirigenschaften (Temperatur, Druckverhältnisse). Konflikte zwischen Geothermieprojekten oder mit anderen Nutzern. Die Nutzungsgenehmigung wird zugunsten anderer Nutzungen geändert die höhere gemeinschaftliche Ziele verfolgen (zum Beispiel wird in Österreich die Nutzung von Thermalwasser zu gesundheitlichen Zwecken höher eingestuft als für die Energiegewinnung)	X	
	X	X		Änderungen der Energiekosten		X		
Interne Faktoren bei der Projektumsetzung	X	X	X		Abschluss ungeeigneter Verträge (Verantwortlichkeiten nicht klar definiert) führt zu mangelhafter und/oder zeitverzögerten Durchführung des Projektes und/oder erheblichen Mehrkosten	Hängt davon ab, wer das Risiko zwischen Finanzier / Betreiber / Subunternehmer eingeht	X	
	X	X	X		Der Auftraggeber ist nicht ausreichend erfahren / finanziell abgesichert für die Herausforderung	Schließt die Aufgaben des Auftraggebers ein: seine Rolle wahrzunehmen, die finanzielle Absicherung solche Projekte durchzuführen und finanzielle Einbußen zu verkraften und auch die personelle -Kompetenz solche Projekte durchzuführen, zu verwalten und zu betreiben; Betrifft auch die finanzielle Kapazität der Investoren	X	
			X		Bedarfsanalyse und Produktivitätsprognose stimmen nicht überein	Veranschlagte / reale Menge der Strom- und/oder Wärmeerzeugung versus veranschlagte / reale Menge der Energieabnahme	X	
Externe Faktoren bei Bautätigkeiten		X	X		Temperatur und/oder Durchflussrate und mögliche Förderrate niedriger als erwartet (Reservoir)	Schlimmster Fall: Zielformation weist keinen ausreichenden Durchfluss auf	X	
			X		Temperatur und/oder Durchflussrate nimmt mit der Zeit ab	Regeneration des Aquifers; Gestaltung der Brunnen; seismische Aktivität	X	
		X	X		Druck niedriger / höher als erwartet	Druck an der Reinjektionsbohrung zu hoch: großer Energieaufwand notwendig um zu reinjizieren; Druck an der Entnahmebohrung zu gering: großer Energieaufwand notwendig um Wasser hinaufzupumpen.	X	
			X		Der Druck ändert sich während des Betriebs auf unerwartete Weise	Druckanstieg oder -abfall aufgrund fehlender Reinjektion, Interferenzen mit anderen Bohrungen	X	
		X	X	X	Hydrochemie / Gasgehalt des Reservoirs weichen von den Erwartungen ab	Scaling/Korrosion kann auftreten mit unterschiedlichen Auswirkungen. Änderungen in den gewählten Materialien der Anlagen können notwendig sein	X	
			X		Änderung der Hydrochemie / des Gasgehalts des Reservoirs durch den Betrieb	Das Entfernen von im Wasser gelöstem Gas vor der Reinjektion kann die Eigenschaften (z.B. pH-Wert) des Reservoirs verändern	X	
		X			Das erwartete Reservoir wird durch die Bohrung nicht angetroffen	z.B. durch unzureichende erdwissenschaftliche Vorerkundung	X	
		X	X	X	Scaling oder Korrosion von Anlagenteilen durch aggressive Wässer/Gase	Die Änderung der gelösten CO ₂ -Mengen nach der Entnahme ist ein Faktor für Ca-, Mg-, Si-, Pb- und andere Ausfällungen	X	
			X		"Particle production"	Geförderte Partikel (z.B. Sand, Ton) verursachen Korrosion und erhöhen so den Verschleiß von Anlagenteilen.	X	
			X		Die hydraulische Konnektivität zwischen Entnahme- und Reinjektionsbohrung(en) ist nicht optimal	Zu hoch oder zu niedrig ist "schlecht". Zu hohe Konnektivität: zu schnelle Kaltfrontausbreitung von der Injektion in die Produktionsbohrung(en); zu niedrig: mögliche Druckspiegeländerungen im Reservoir.	X	
		X	X		Die Reinjektion ist schwieriger als erwartet	Die Entnahme von Wässern ist generell leichter als deren Reinjektion in den Entnahmekorizont. Eine Reinjektion ist jedoch zum Erhalt der Druckverhältnisse im Aquifer unerlässlich. Unter Umständen muss mit Methoden zur Erweiterung der Durchlässigkeit gearbeitet werden.	X	X
Interne Faktoren bei den Bautätigkeiten			X		Degradation (Abbau des Reservoirs)	Korrosion oder Zementation des Reservoirs kann durch verschiedene Faktoren verursacht werden, z. B. : zu hohe Produktions- oder Injektionsdrücke; zu schnelle Druckwechsel der Produktions- oder Injektionspumpen (ohne Wechselrichter); Zusammensetzung der injizierten Flüssigkeit; Zusammensetzung von Stimulationsflüssigkeiten usw.	X	
		X			Komplikationen oder technisches Versagen beim Bohrvorgang	Lochinstabilität, ungeplante Abweichung von Bohrfeld, Verlust von Werkzeugen, dog leg, Spülverluste, Probleme bei der Zementierung und Verrohrung	X	X
		X			Rig Probleme - Obertage	Umfasst Stabilität (abhängig vom Bodentyp), Transport	X	X
		X	X		Umgang und Entsorgung von radioaktiven Material	Setzt das Vorhandensein von radioaktiven Wässern voraus	X	X
		X	X		Technisches Versagen der Anlage	Umfasst unterirdische Ausrüstungen, die Anlage (z. B. Wärmetauscher, Ventile, Rohre, Pumpe) und andere Elemente der oberirdischen Infrastruktur; längerer Ausfall und andere Ausfallzeiten; Ein ernstes Szenario ist, wenn Frost den Ausfall provoziert und die Anlage nicht in der Lage ist, Kunden mit Wärme zu versorgen.	X	X
			X		Schlechte Ausführung der Anlage die zu Leistungseinbußen bis hin zu Ausfällen führt	Beinhaltet: falsche Wahl von Filtern / Sieben, Bohrlocharchitektur, Materialien usw.	X	
		X	X		Kollaps der Verrohrung (Casing)	Wenn Wasser zwischen dem Zement und der Verrohrung eingeschlossen ist (insbesondere in Intervallen, in denen sich ein Casing in einem anderen befindet) besteht die Gefahr, dass das Casing aufgrund der Volumenausdehnung kollabiert. Überdruckzonen und tektonische Spannungen können ebenfalls zum Einstürzen führen.	X	X
		X	X		Falsche Auswahl von Flüssigkeiten oder Techniken welche die Eigenschaften des Reservoirs verbessern sollen, die dieses und/oder die Bohrung jedoch beschädigen	Im Falle einer Säurestimulation, einer hydraulischen oder anderen Stimulationsart	X	X
		X	X		Falsche Wahl der Bohrspülung führt zu einer Beschädigung des Bohrlochs / Reservoirs	Kann zu blowout, breakout führen. Kann auf eine falsche Schätzung der angefahrenen Drücke zurückzuführen sein oder auf falsche Berücksichtigung von In-situ-Gasen. Folgen können auch Schäden im Reservoir (Schlammkuchen usw.) bedeuten	X	X
		X	X	X	Mangel oder Verlust der Sicherheit der Bohrloch- / Untergundausrüstung		X	
Umweltauswirkungen durch Bau und Betrieb		X	X	X	Blowouts	Verschiedene Ursachen: einschließlich Schäden am Bohrlochkopf / Oberflächeninstallation / höherer Druck als erwartet	X	X
		X	X	X	Herstellung von hydraulischen Verbindungen zwischen unterschiedlichen Grundwasserhorizonten aufgrund schlechter Abdichtung des Bohrlochs	Auch wirtschaftlich, weil Produktivitätsverlust	X	X
		X	X		Induzierte Seismizität		X	X
		X	X	X	Senkung oder Hebung des Untergrundes	durch quellfähige Gesteine im Untergrund oder auch durch falsche Ausbeutung des Reservoirs,	X	X
		X	X		Emissionen durch Förderung von in situ erzeugten Gasen und Flüssigkeiten	NCGs, H ₂ S, CH ₄ , CO ₂ , radioaktive Stoffe / Elemente; In einigen Fällen können bei der Gewinnung giftige Gase auftreten, Anlagenteile können zusätzlich belastet werden	X	X

ANHANG 3

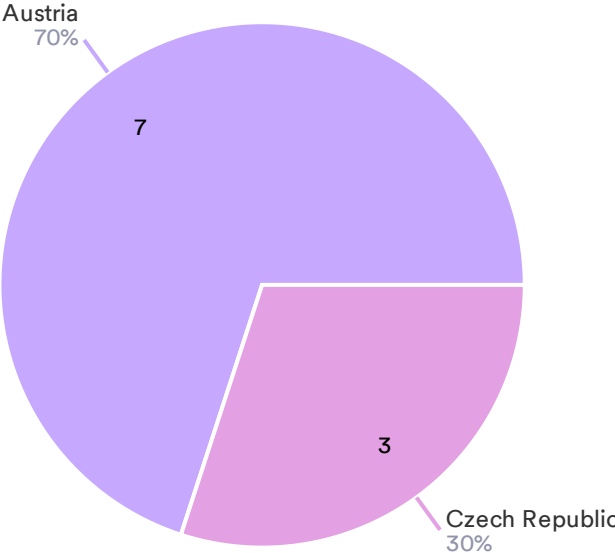
HTPO RISIKOUMFRAGE

ORIGINALANTWORTEN UND ZUSAMMENFASSUNG DER HTPO RISIKOUMFRAGE

Risk assessment HTPO

Your country

10 Responses- 2 Empty

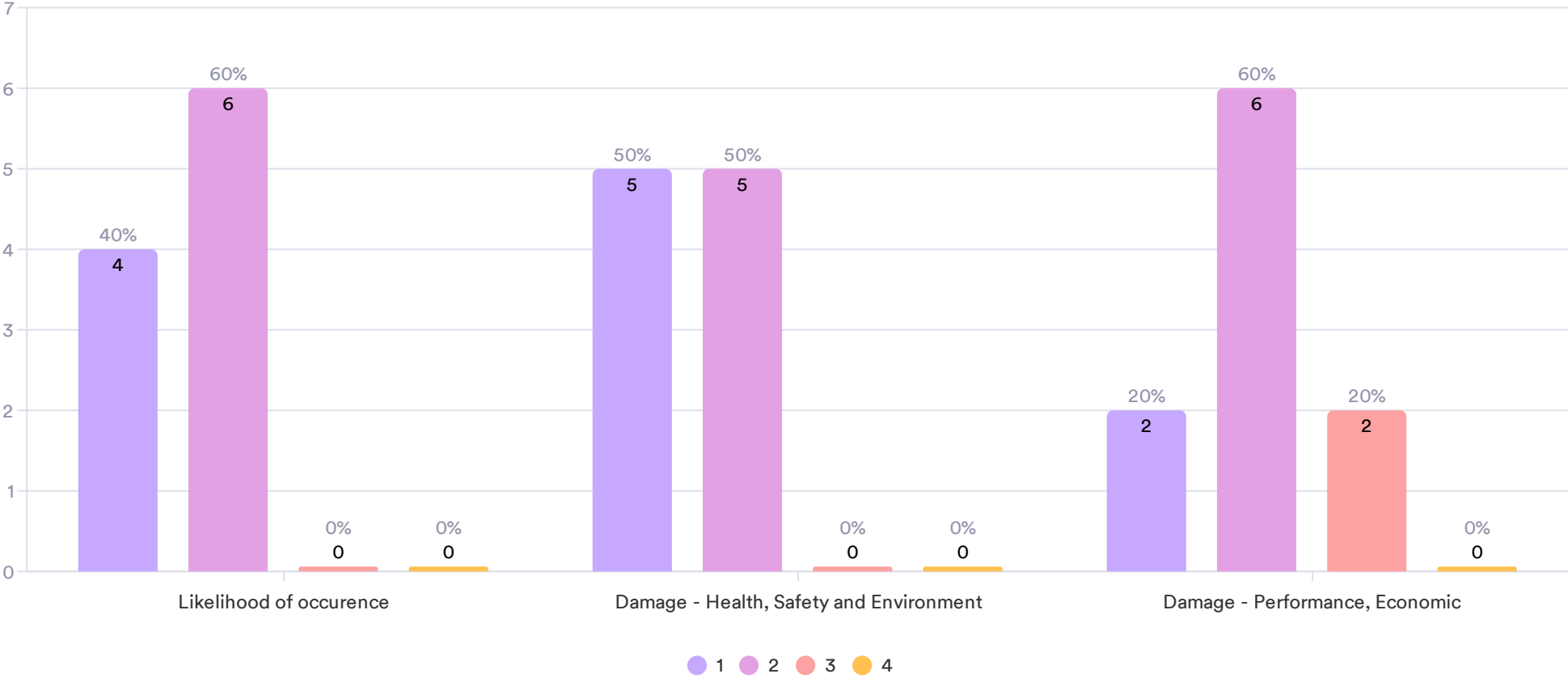


● Austria ● Czech Republic

Risk assessment HTPO - External natural hazards damaging the infrastructure

For BATHING PURPOSES: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

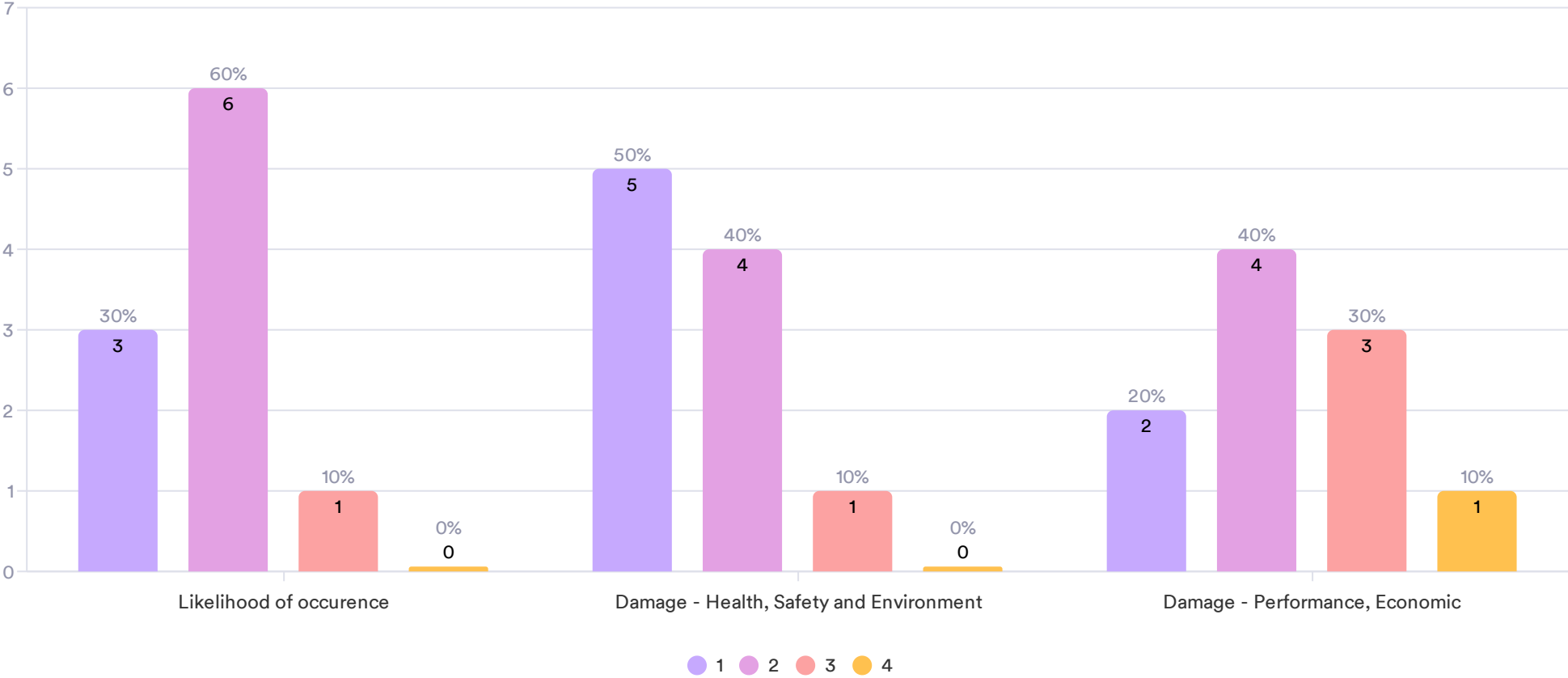
10 Responses- 2 Empty



Risk assessment HTPO - External natural hazards damaging the infrastructure

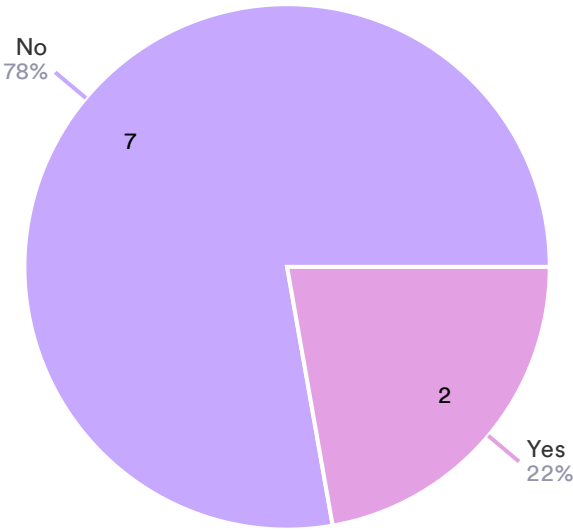
For ENERGY GENERATION: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

10 Responses- 2 Empty



Do you think this hazard is limited to the use of thermal water?

9 Responses- 3 Empty



● No ● Yes

Risk assessment HTPO - External natural hazards damaging the infrastructure

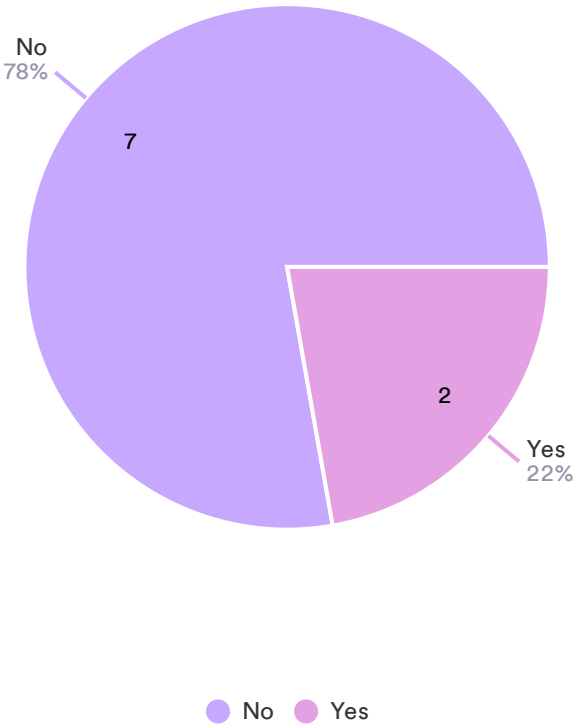
If you answered with "No" - Which other applications deal with the same risk?

6 Responses- 6 Empty

Data	Responses
none, see comments	1
Probably anything, flooding, wind can be risky for all possible applications (surface energy infrastructure, industries, agriculture...	1
Building Engineering	1
Any other energy application	1
If Earthquake or weather storms, also to other infrastructures	1
Alle oberirdischen Installationen	1

Do you think this hazard has worse consequences concerning the use of thermal water compared to other applications?

9 Responses- 3 Empty



Do you have any comments?

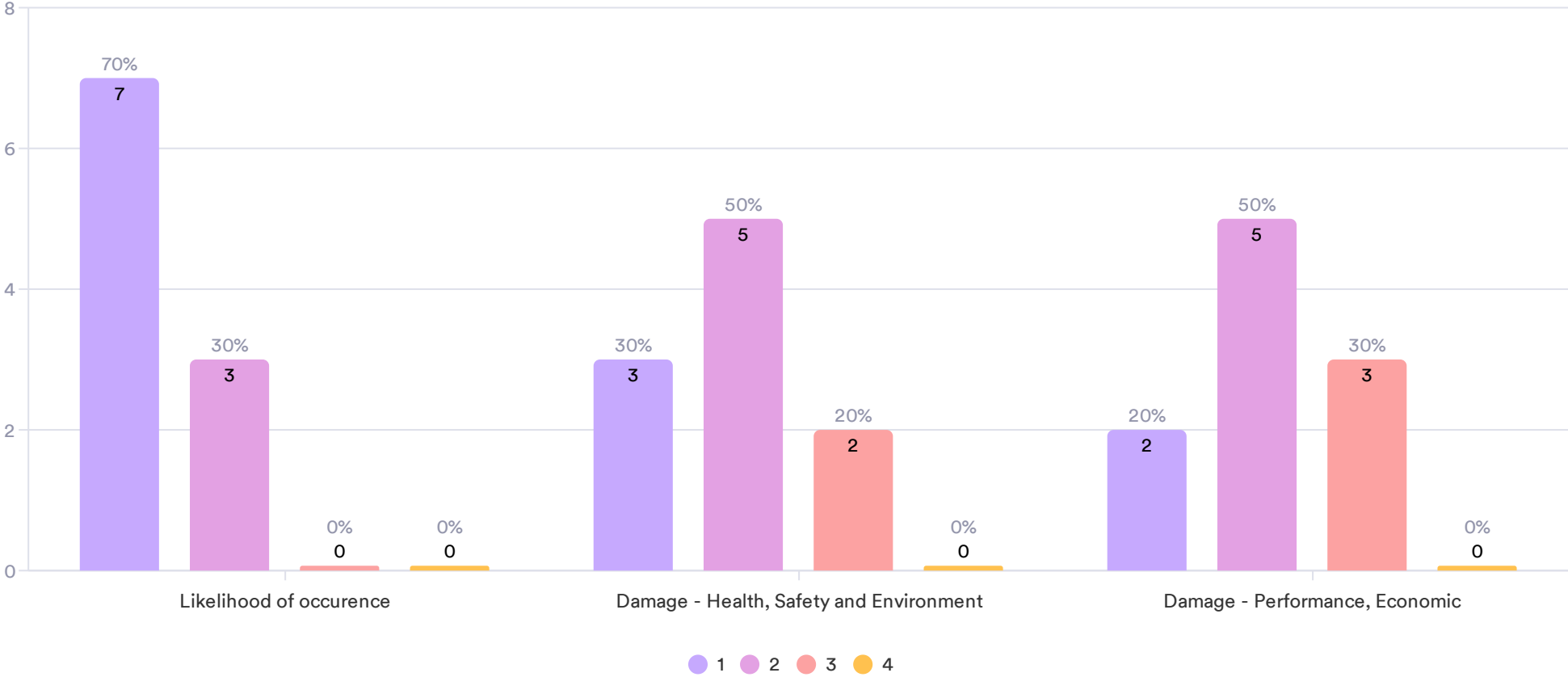
4 Responses- 8 Empty

Data	Responses
I do not see any hazards above normal situation. Therefore, I see no risk above normal. And therefore, all activities seem to be at the same level of risk.	1
Earthquake - lower likelihood of occurrence (1) Flooding, wind and other - something higher than earthquakes - (2-3) Earthquake could have worse consequences (e.g. failure of the geothermal deep drillhole)	1
The slightly "above little" risk is the possibility that a natural disaster might damage production wells and salty water reaches the surface uncontrolled, spoiling soil and environment. Repair of wells and recultivation of soil will cost some money and therefore has a negative economic effect	1
Ich habe den Tornado in Tschechien im Kopf - wenn gut gebaut wird gibt es vmtl. nicht viel Schaden aber es kann sein dass ein Kraftwerk oder auch eine Therme einige Tage/Wochen außer Betrieb geht wenn ein solches Ereignis stattfindet	1

Risk assessment HTPO - Anthropogenic hazards damaging the infrastructure

For BATHING PURPOSES: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

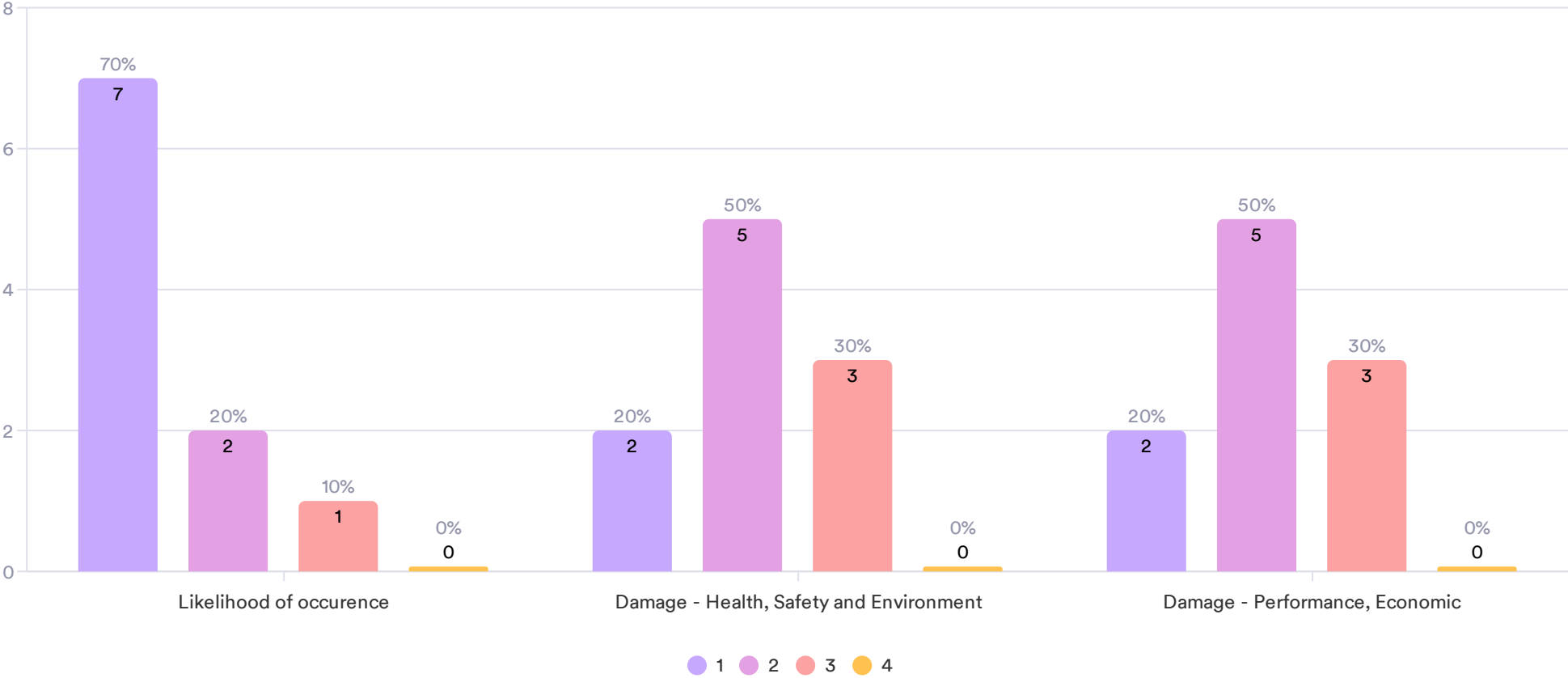
10 Responses- 2 Empty



Risk assessment HTPO - Anthropogenic hazards damaging the infrastructure

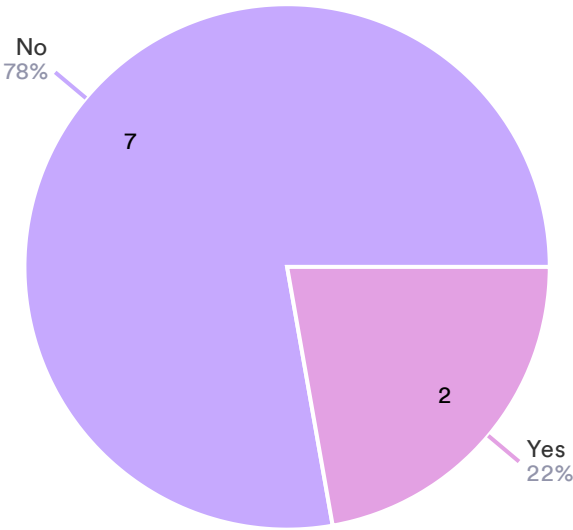
For ENERGY GENERATION: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

10 Responses- 2 Empty



Do you think this hazard is limited to the use of thermal water?

9 Responses- 3 Empty



● No ● Yes

Risk assessment HTPO - Anthropogenic hazards damaging the infrastructure

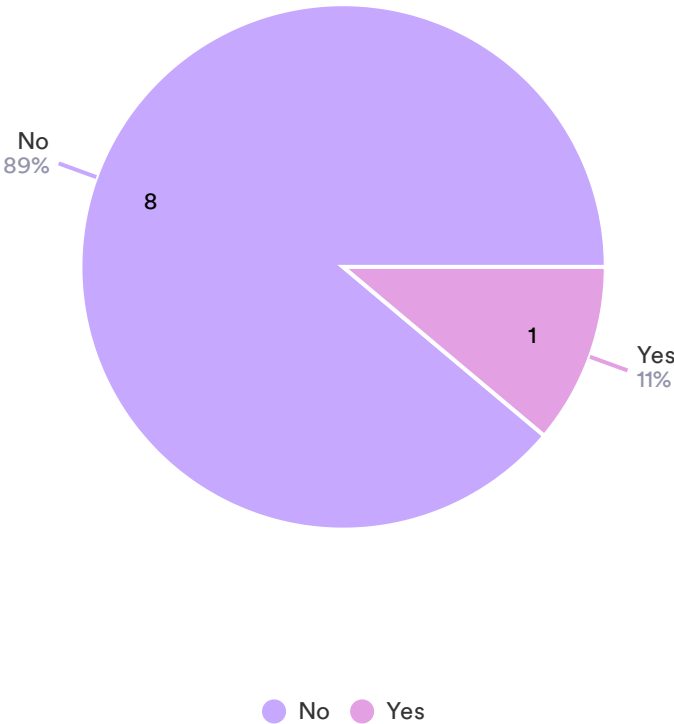
If you answered with "No" - Which other applications deal with the same risk?

5 Responses- 7 Empty

Data	Responses
any exploitation of groundwater / drilling through the isolating layers	1
Again, no, an accidents like fire, explosions, contaminations can affect many other applications (agriculture, houses, inhabitants, industrial factories, stores, etc.)	1
Water Supply	1
This hazard is more related to economic risks related to success in finding sufficient thermal water for energetic use	1
Any other energy production application	1

Do you think this hazard has worse consequences concerning the use of thermal water compared to other applications?

9 Responses- 3 Empty



Do you have any comments?

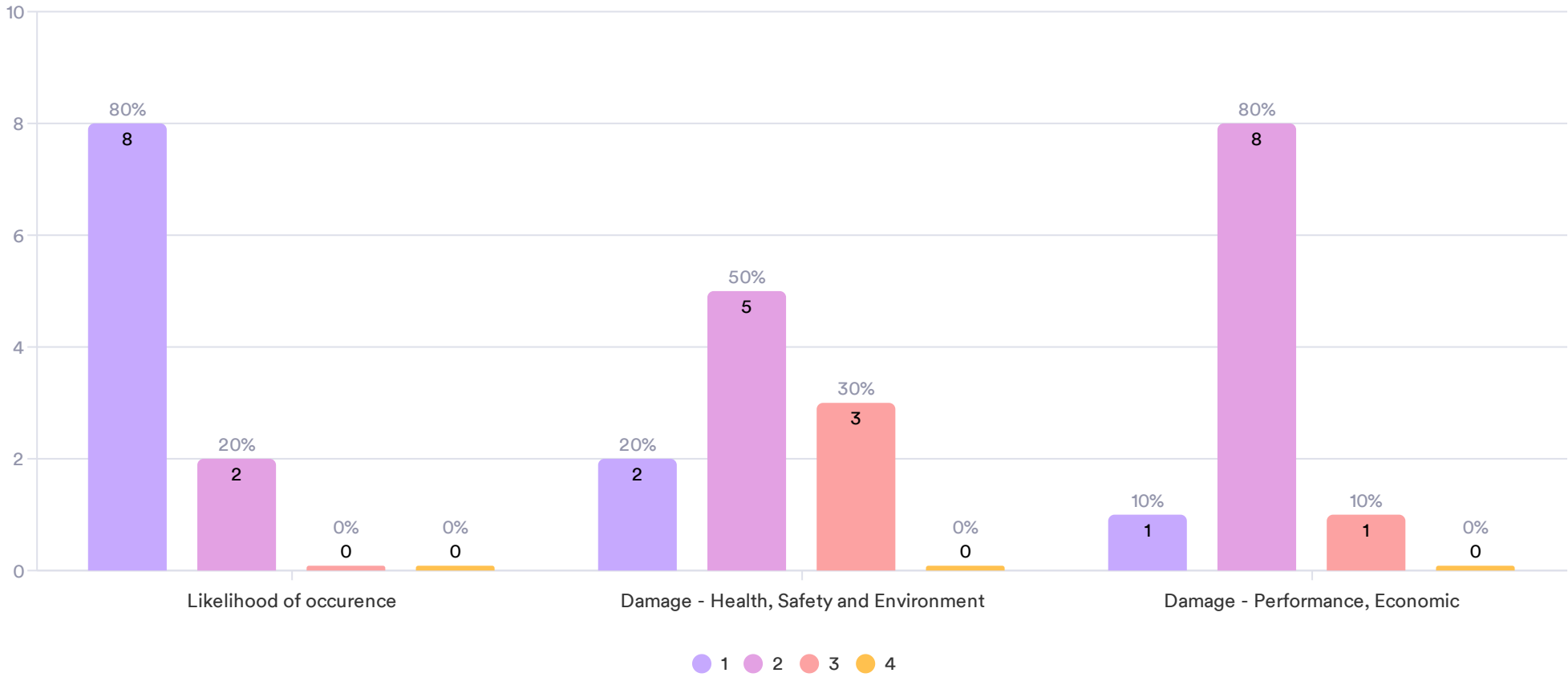
2 Responses- 10 Empty

Data	Responses
<p>I do not understand the last question - is it related to economic or environmental aspects? In general using geothermal energy has a low environmental impact if you plan and operate in the right way</p>	<p>1</p>
<p>An anthropogenic damage might be caused by an attack, which is very unlikely, but also by another well nearby which might influence the thermal water bearing horizon in a negative sense by producing too much water from this horizon or squeezing water into the same formation. This should be prevented by law in the relevant country.</p>	<p>1</p>

Risk assessment HTPO - Blowouts

For BATHING PURPOSES: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

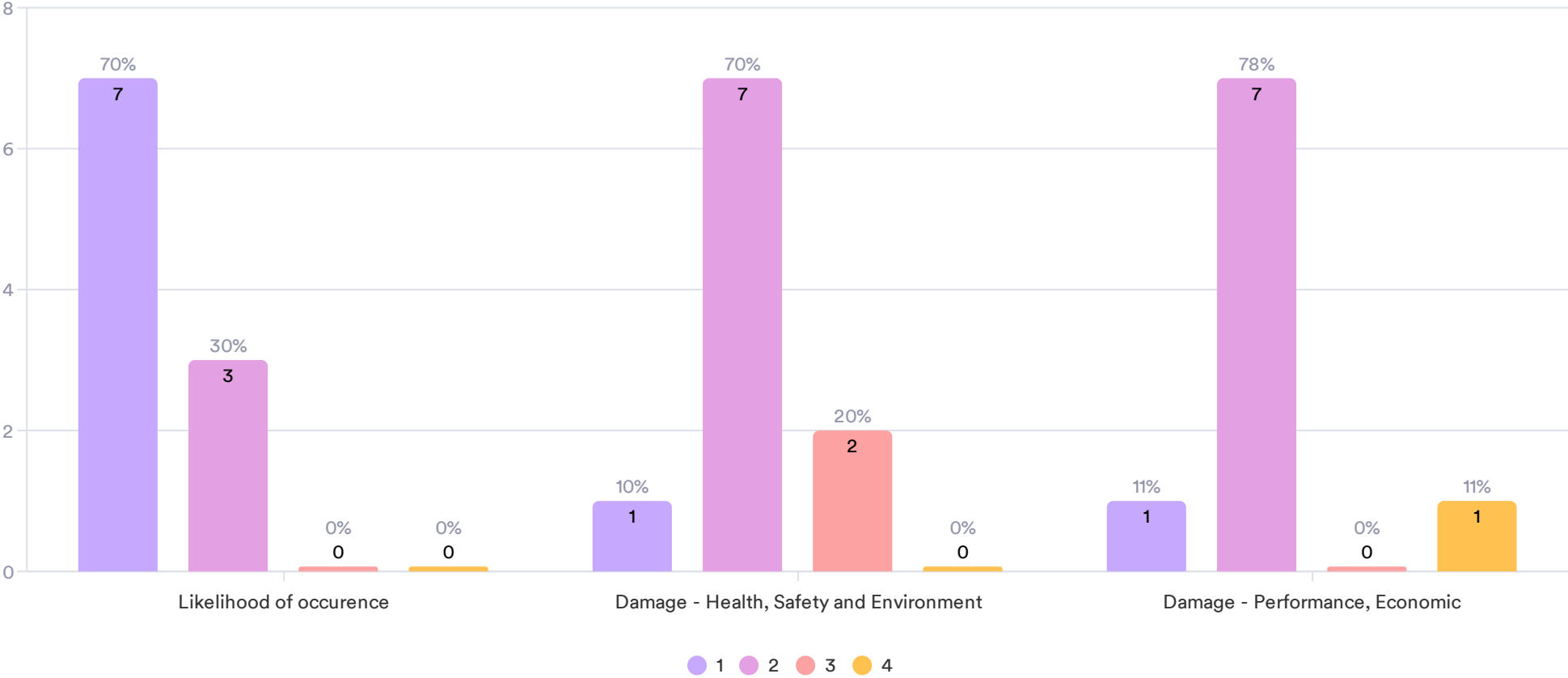
10 Responses- 2 Empty



Risk assessment HTPO - Blowouts

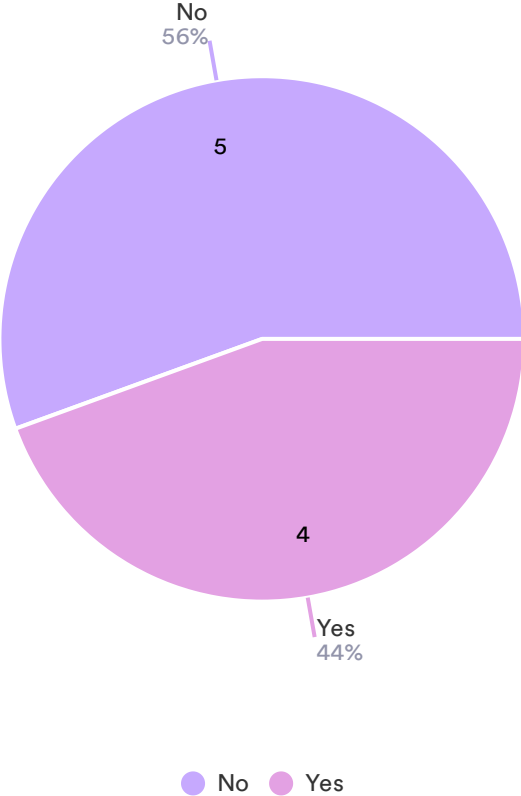
For ENERGY GENERATION: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

10 Responses- 2 Empty



Do you think this hazard is limited to the use of thermal water?

9 Responses- 3 Empty



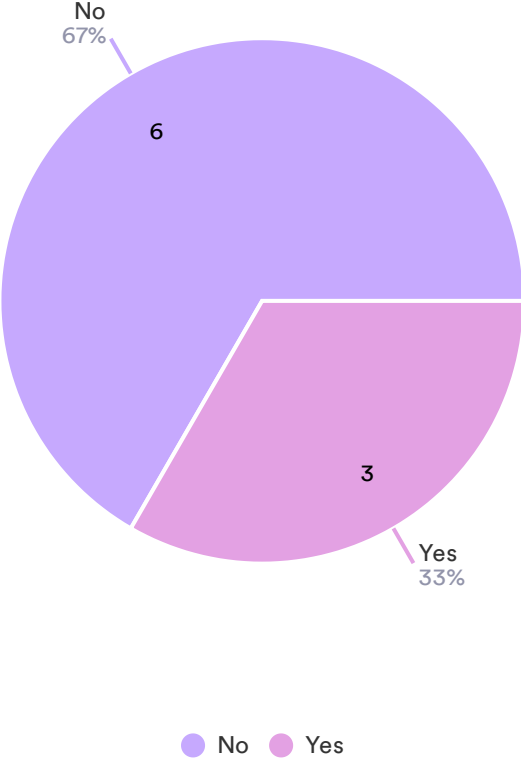
If you answered with "No" - Which other applications deal with the same risk?

5 Responses- 7 Empty

Data	Responses
As you stated above, it can also affected other applications using deep drillholes (e.g. oli and gas)	1
Anthropogenic Risks	1
Drilling for shallow geothermal probes	1
Deep Borehole Heat Exchangers	1
All wells drilled in greater depths	1

Do you think this hazard has worse consequences concerning the use of thermal water compared to other applications?

9 Responses- 3 Empty



Do you have any comments?

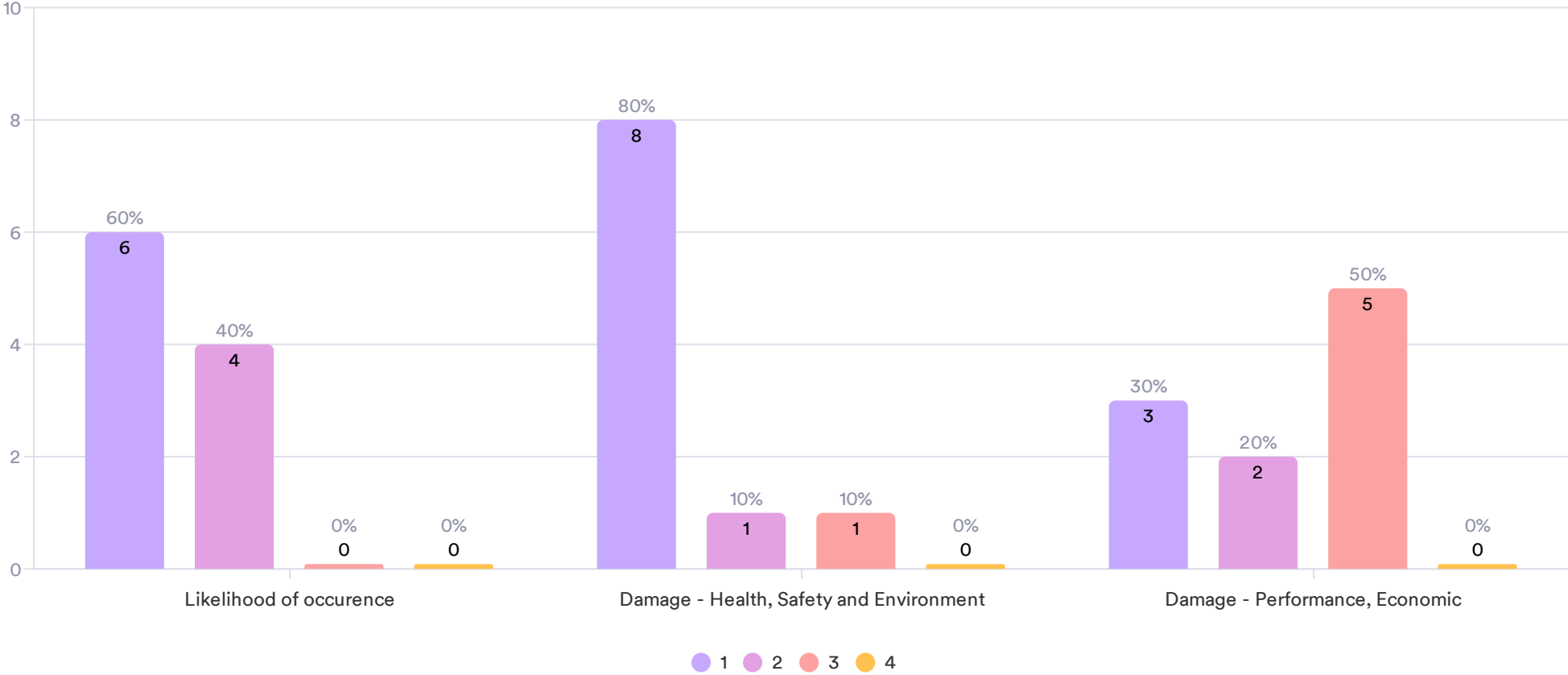
2 Responses- 10 Empty

Data	Responses
As I do not believe that this area has real geothermal potential, I definitely do not imagine high production/injection rates and, therefore, this risk is very low. And, yes it may have worse consequences than e.g. normal water exploitation.	1
If a blowout of thermal water contains salty water some rehabilitation of soil in the surrounding area has to be done afterwards which will have a negative economic impact	1

Risk assessment HTPO - Damage to the well or reservoir while drilling or testing

For BATHING PURPOSES: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

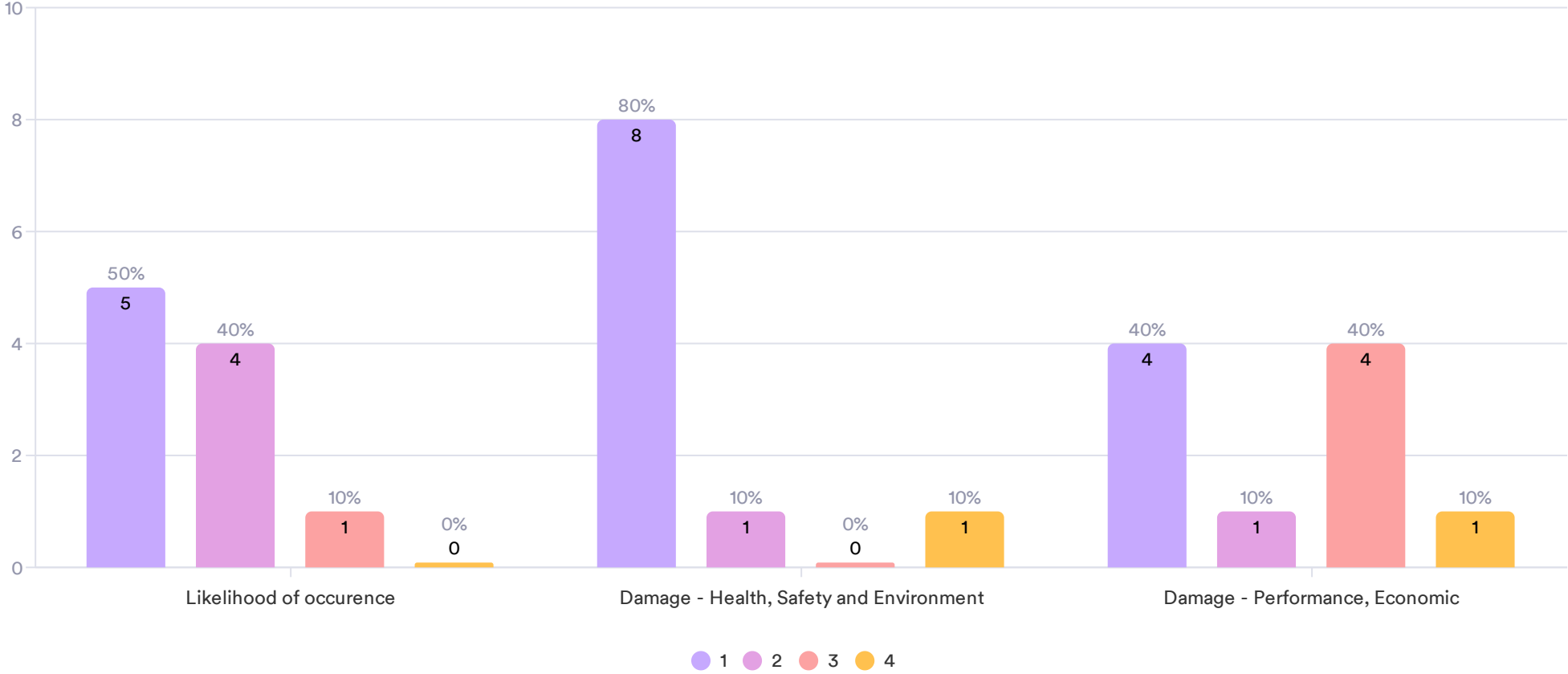
10 Responses- 2 Empty



Risk assessment HTPO - Damage to the well or reservoir while drilling or testing

For ENERGY GENERATION: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

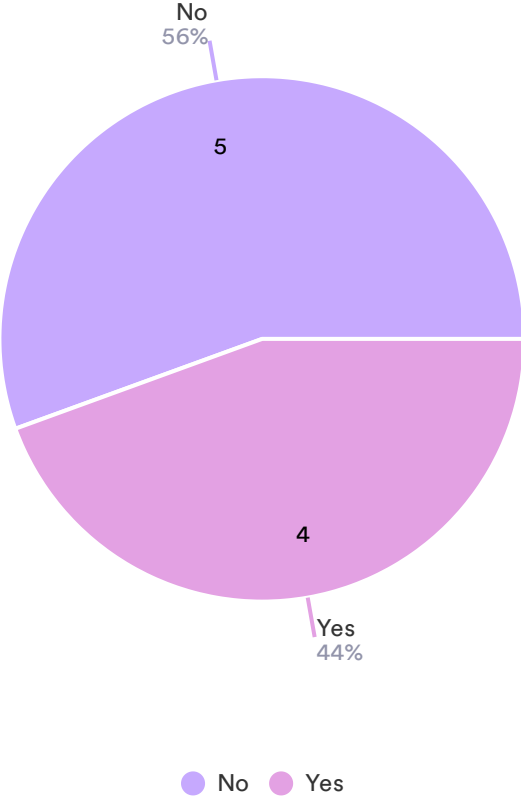
10 Responses- 2 Empty



Risk assessment HTPO - Damage to the well or reservoir while drilling or testing

Do you think this hazard is limited to the use of thermal water?

9 Responses- 3 Empty



Risk assessment HTPO - Damage to the well or reservoir while drilling or testing

If you answered with "No" - Which other applications deal with the same risk?

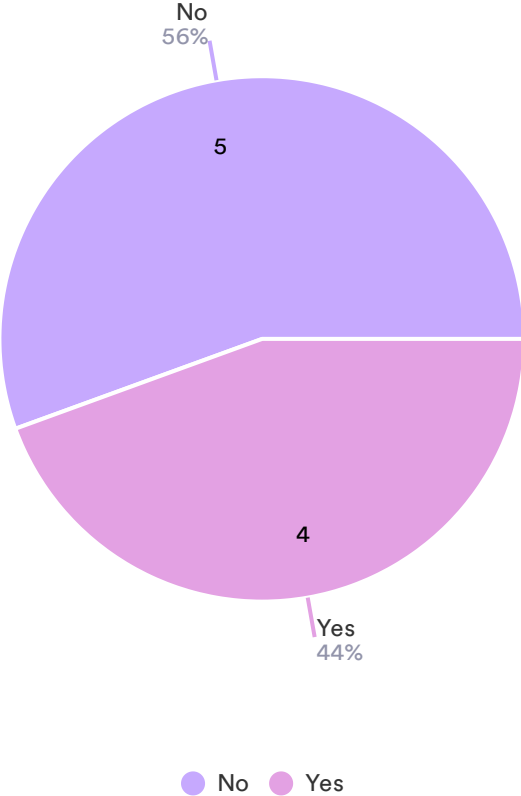
4 Responses- 8 Empty

Data	Responses
Water Supply	1
Deep BHEs	1
Any other wells f.e. oil/gas wells carry the same risk	1
All wells drilled in greater depths	1

Risk assessment HTPO - Damage to the well or reservoir while drilling or testing

Do you think this hazard has worse consequences concerning the use of thermal water compared to other applications?

9 Responses- 3 Empty



Do you have any comments?

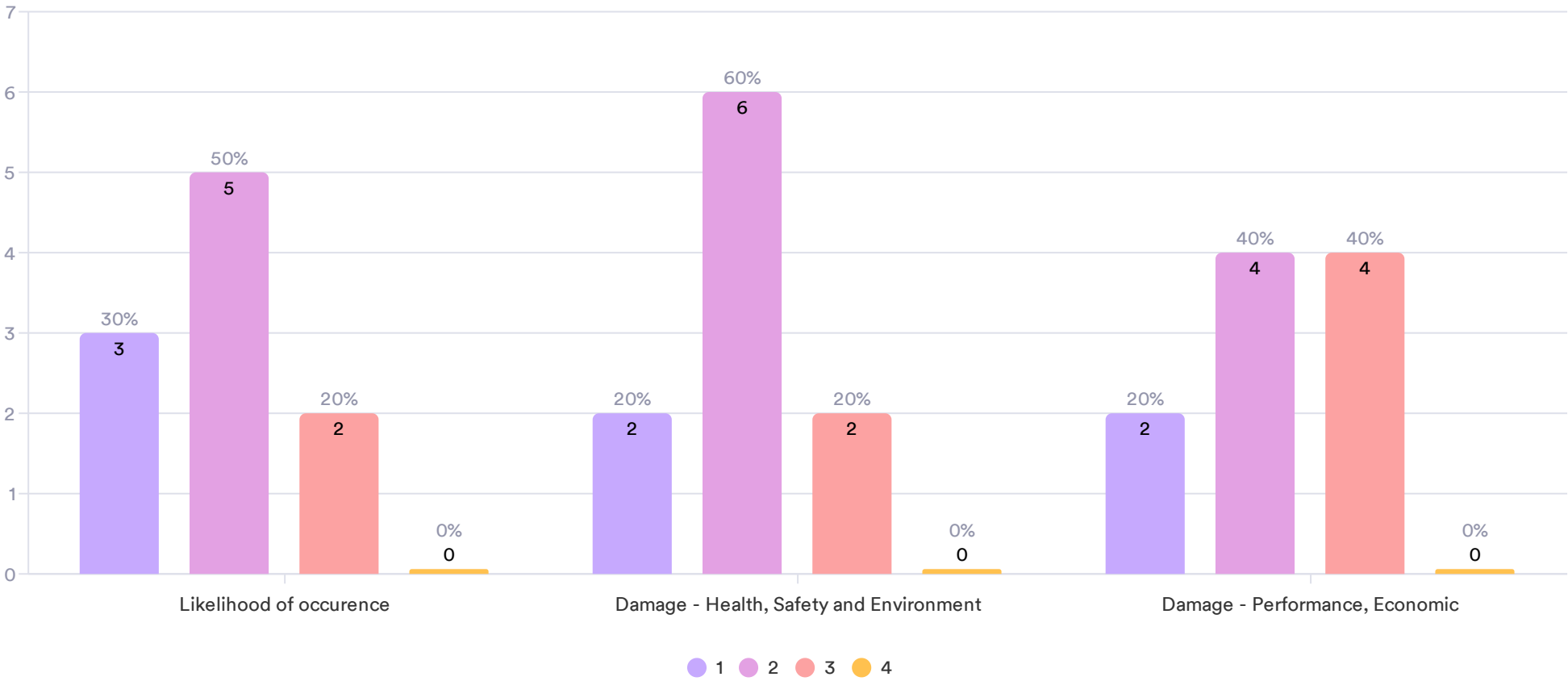
1 Response- 11 Empty

Data	Responses
At a certain percentage wells are not drilled according to the original schedule because of unforeseen geological conditions, formation pressures and technical failures of equipment. A time delay of completing the well has offcourse a high impact on the economics	1

Risk assessment HTPO - Connection of different groundwater horizons

For BATHING PURPOSES: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

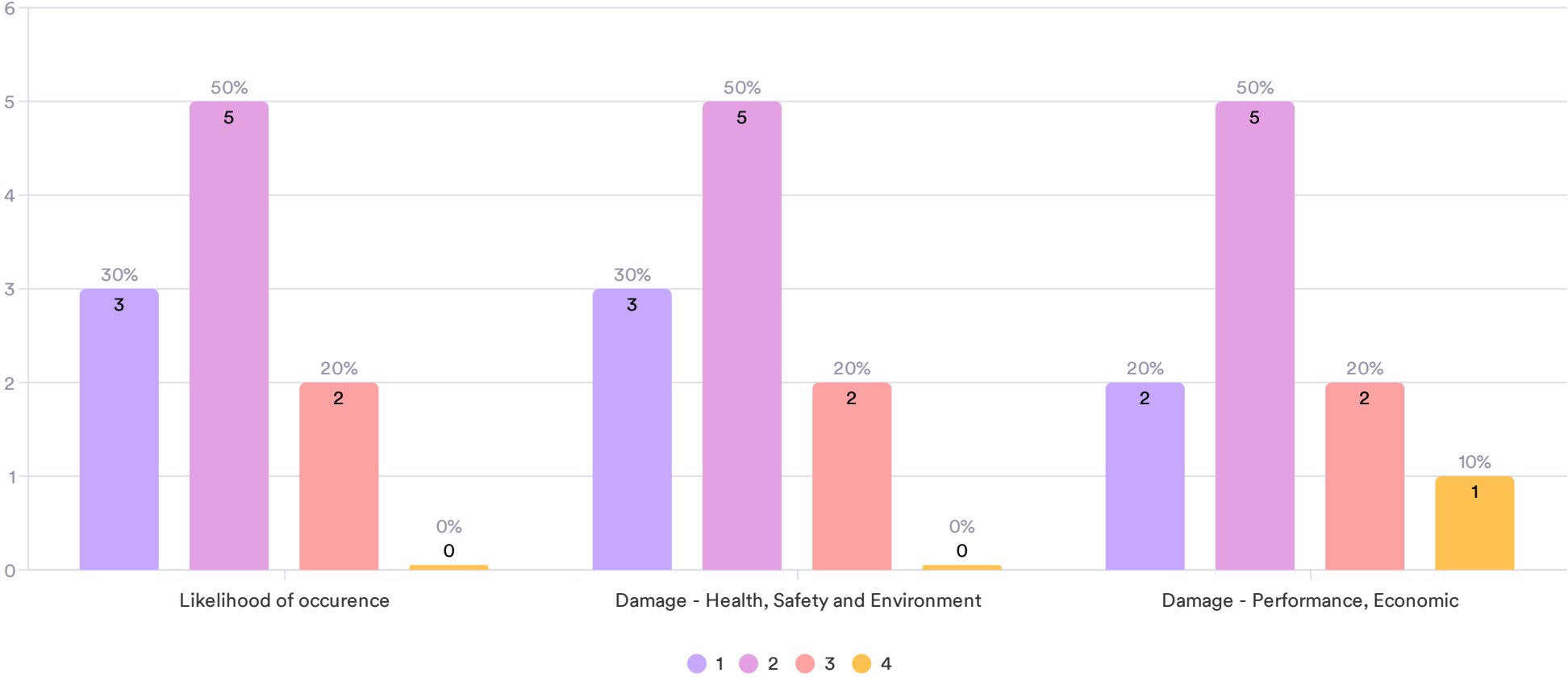
10 Responses- 2 Empty



Risk assessment HTPO - Connection of different groundwater horizons

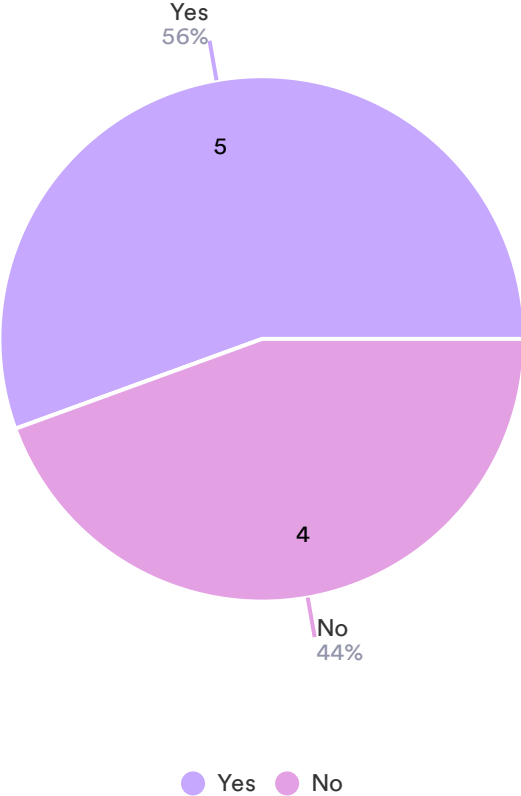
For ENERGY GENERATION: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

10 Responses- 2 Empty



Do you think this hazard is limited to the use of thermal water?

9 Responses- 3 Empty



Risk assessment HTPO - Connection of different groundwater horizons

If you answered with "No" - Which other applications deal with the same risk?

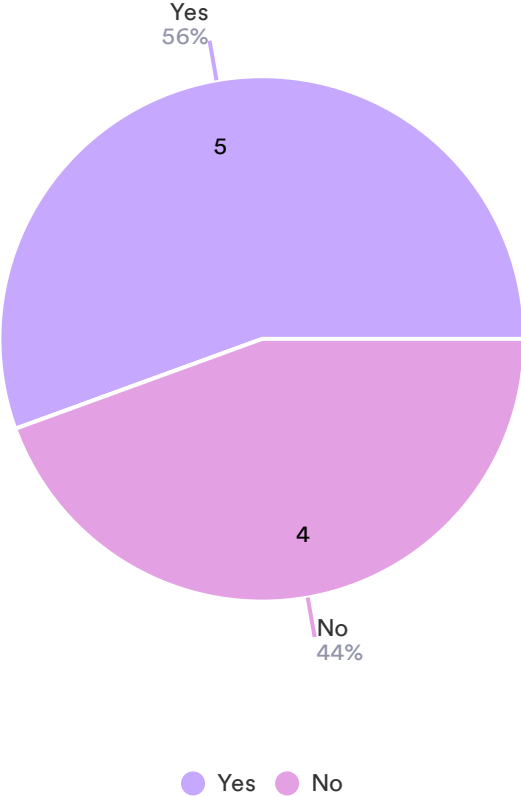
3 Responses- 9 Empty

Data	Responses
Environment	1
BHEs	1
All wells drilled through multiple aquifer levels	1

Risk assesment HTPO - Connection of different groundwater horizons

Do you think this hazard has worse consequences concerning the use of thermal water compared to other applications?

9 Responses- 3 Empty



Do you have any comments?

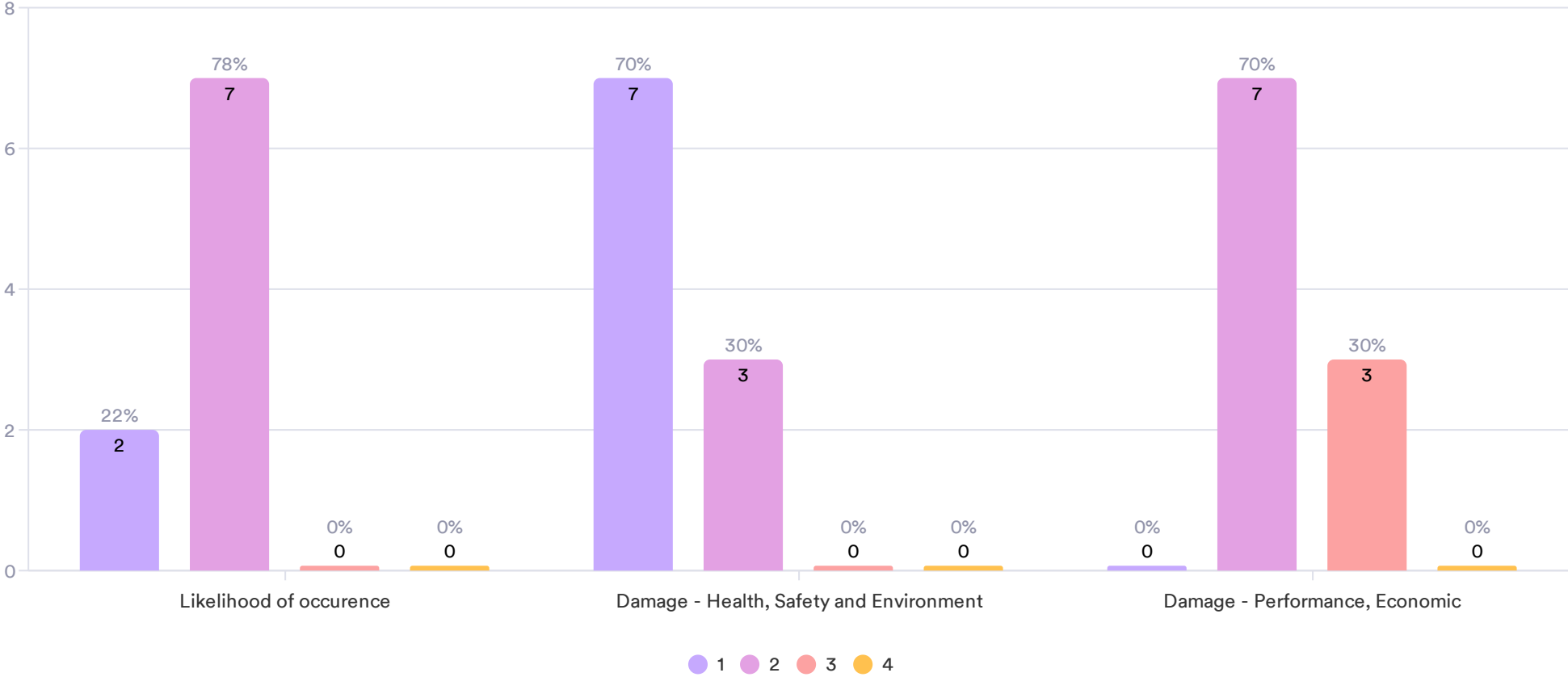
1 Response- 11 Empty

Data	Responses
Crossflow of formation water between different horizons can spoil the targeted water horizon. Isolation of the unwanted water from the unwanted horizon is technically possible but will take time and additional money	1

Risk assessment HTPO - Fluid losses during drilling leading to technical issues

For BATHING PURPOSES: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

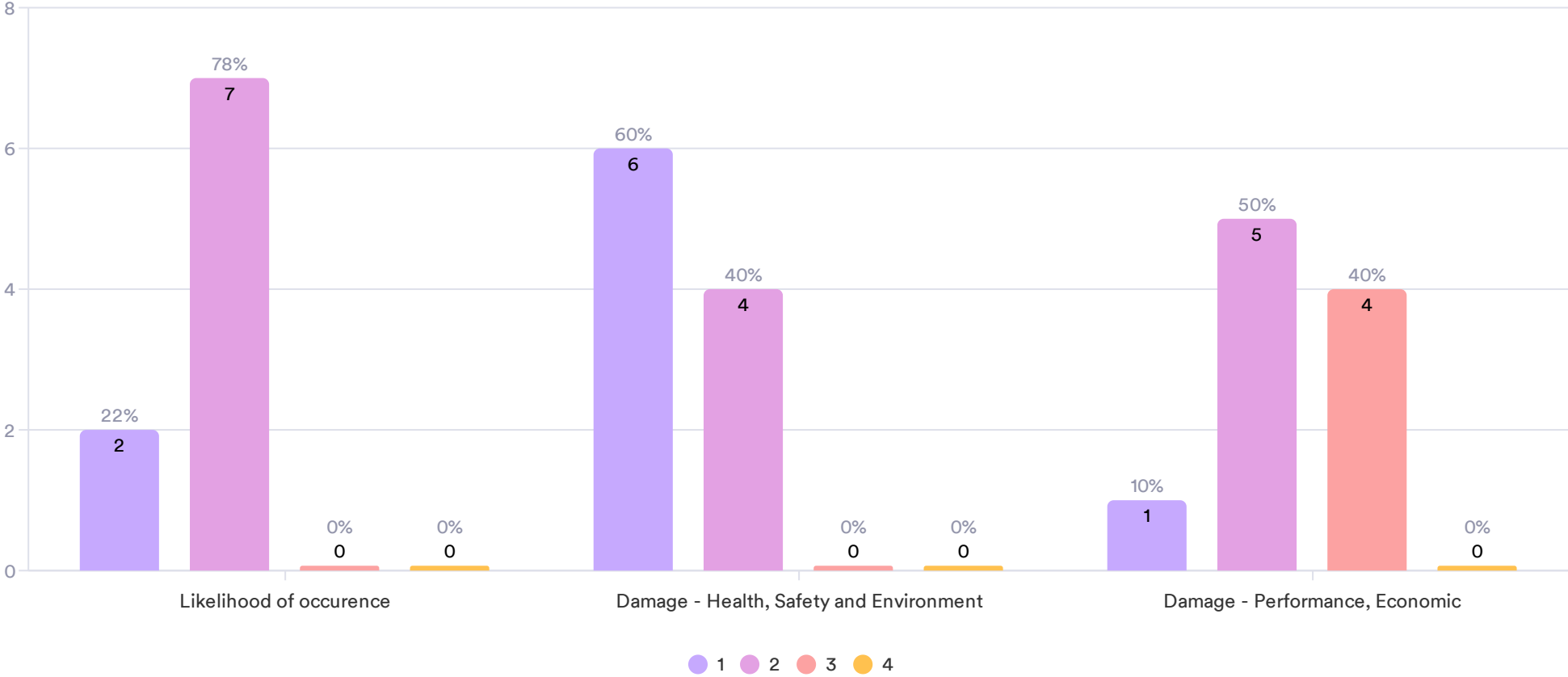
10 Responses- 2 Empty



Risk assessment HTPO - Fluid losses during drilling leading to technical issues

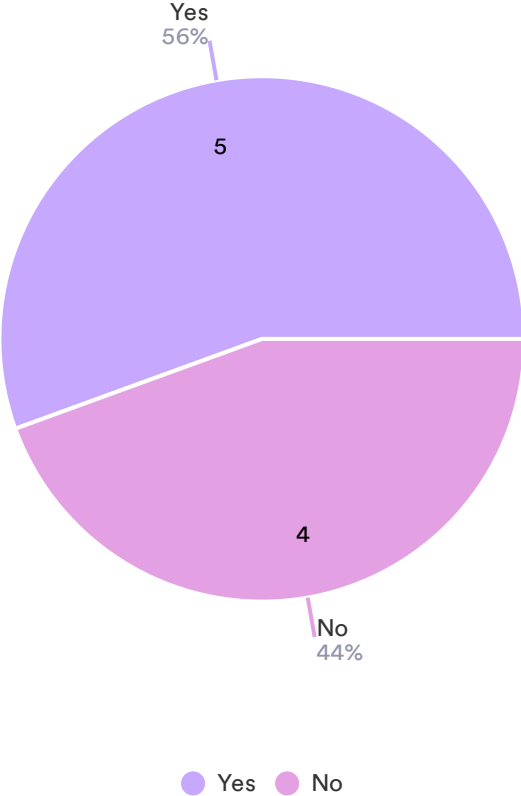
For ENERGY GENERATION: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

10 Responses- 2 Empty



Do you think this hazard is limited to the use of thermal water?

9 Responses- 3 Empty



Risk assessment HTPO - Fluid losses during drilling leading to technical issues

If you answered with "No" - Which other applications deal with the same risk?

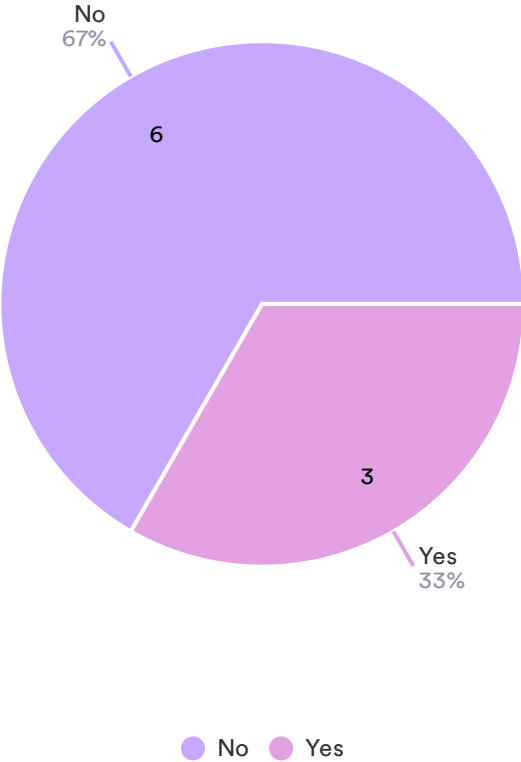
3 Responses- 9 Empty

Data	Responses
BHEs	1
Any deep wells f.e. oil/gas wells	1
All wells drilled in greater depths	1

Risk assessment HTPO - Fluid losses during drilling leading to technical issues

Do you think this hazard has worse consequences concerning the use of thermal water compared to other applications?

9 Responses- 3 Empty



Do you have any comments?

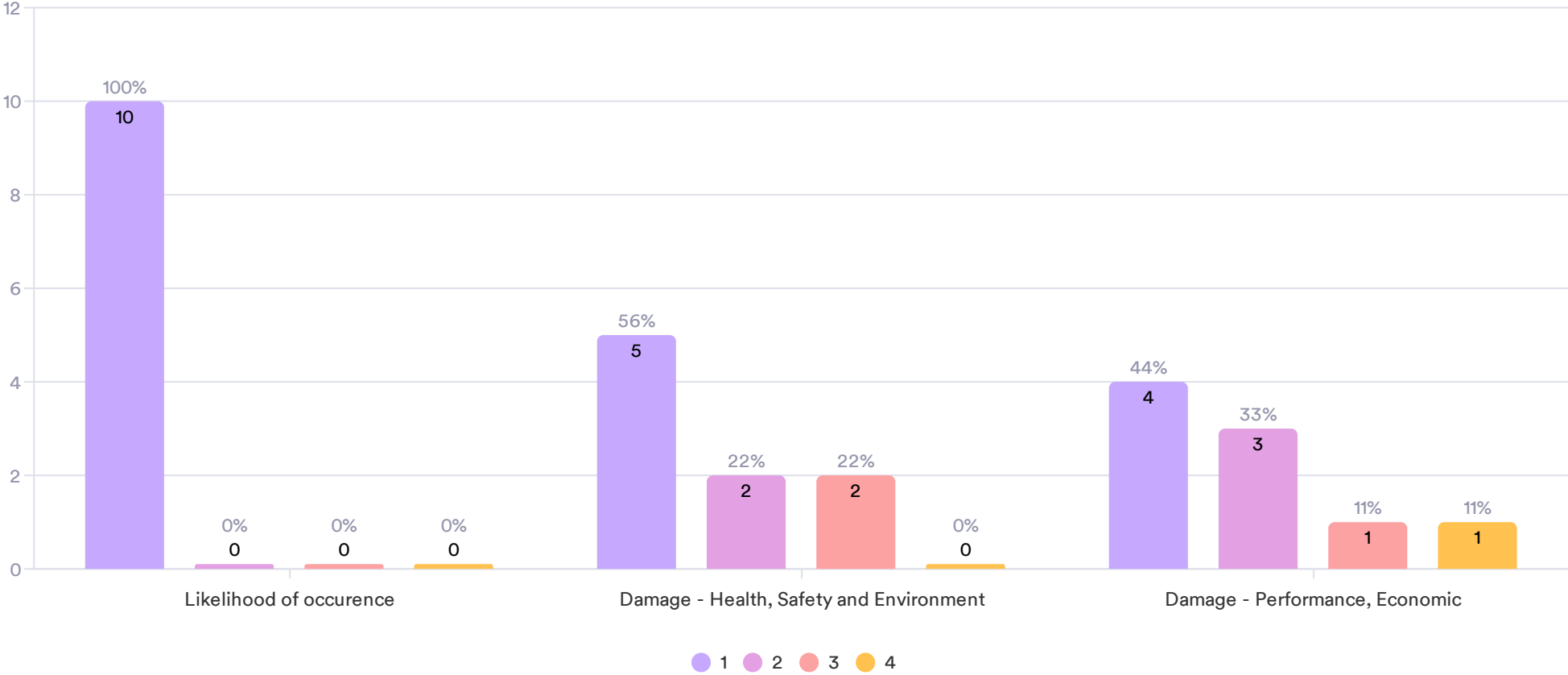
2 Responses- 10 Empty

Data	Responses
Can't estimate the likelihood for the Area	1
Reestablishing the regular drilling process and "healing" a leaking formation which creates the fluid losses is technically possible but will take additional time and money	1

Risk assessment HTPO - Surface subsidence or uplift

For BATHING PURPOSES: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

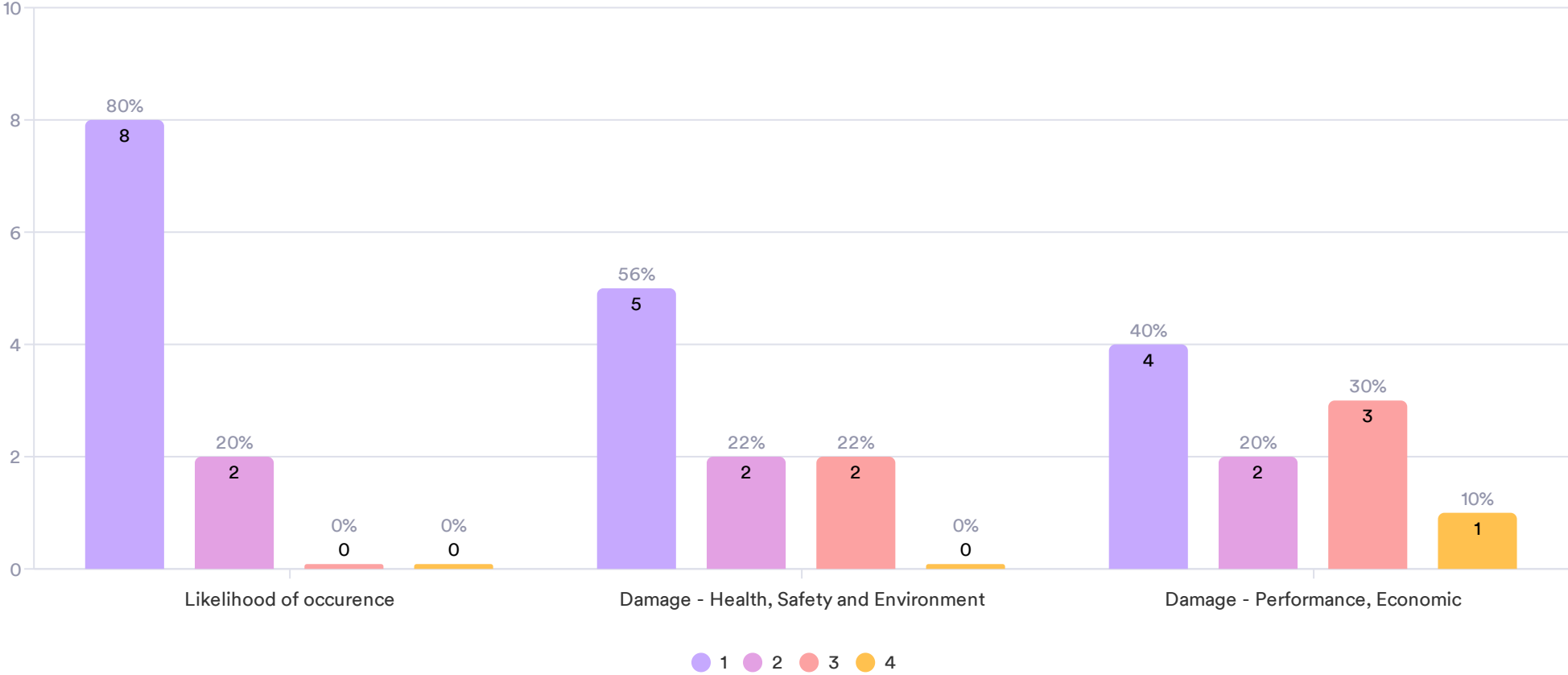
10 Responses- 2 Empty



Risk assessment HTPO - Surface subsidence or uplift

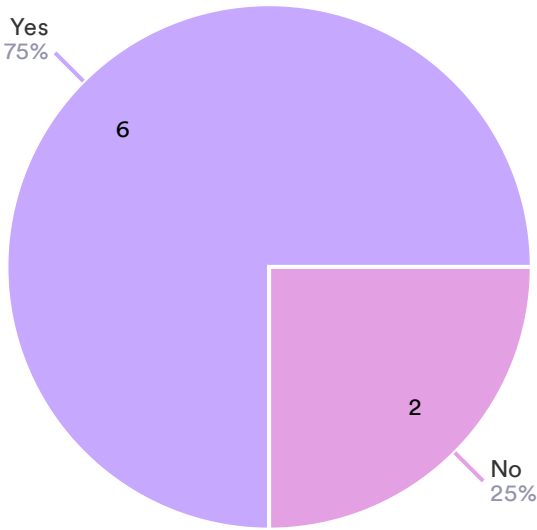
For ENERGY GENERATION: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

10 Responses- 2 Empty



Do you think this hazard is limited to the use of thermal water?

8 Responses- 4 Empty



● Yes ● No

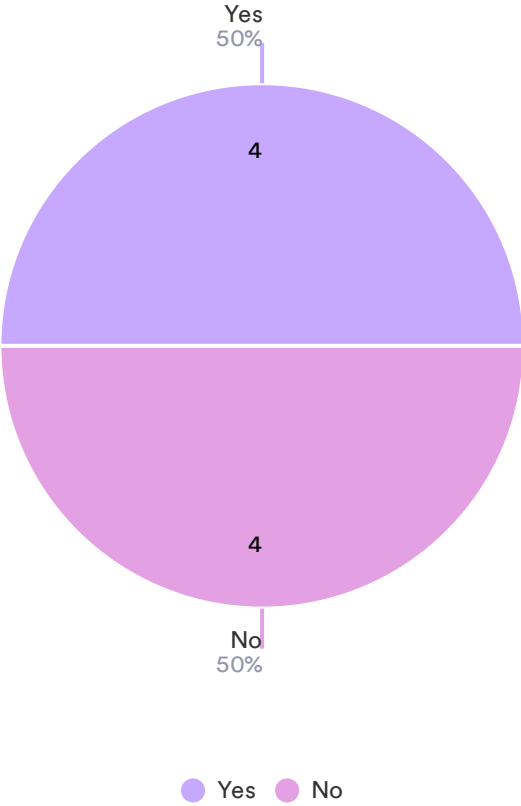
If you answered with "No" - Which other applications deal with the same risk?

2 Responses- 10 Empty

Data	Responses
Subsurface mining	1
Bergbau	1

Do you think this hazard has worse consequences concerning the use of thermal water compared to other applications?

8 Responses- 4 Empty



Do you have any comments?

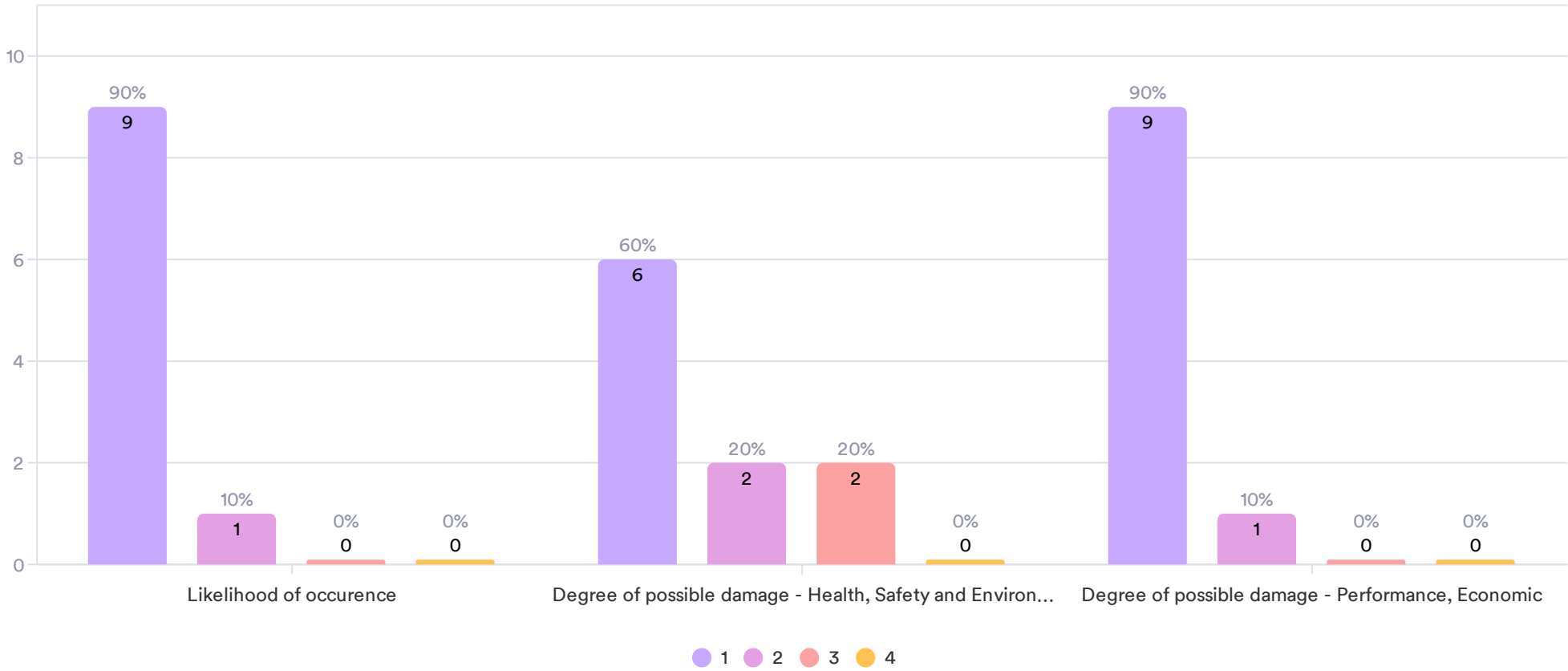
2 Responses- 10 Empty

Data	Responses
Extraction rates must be regulated. So very low likelihood.	1
It is very rare but it happens. Modelling of pressures related to formation pressure and stress along young tectonic faults in the subsurface will reduce this risk	1

Risk assessment HTPO - Radioactive sources

For BATHING PURPOSES: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

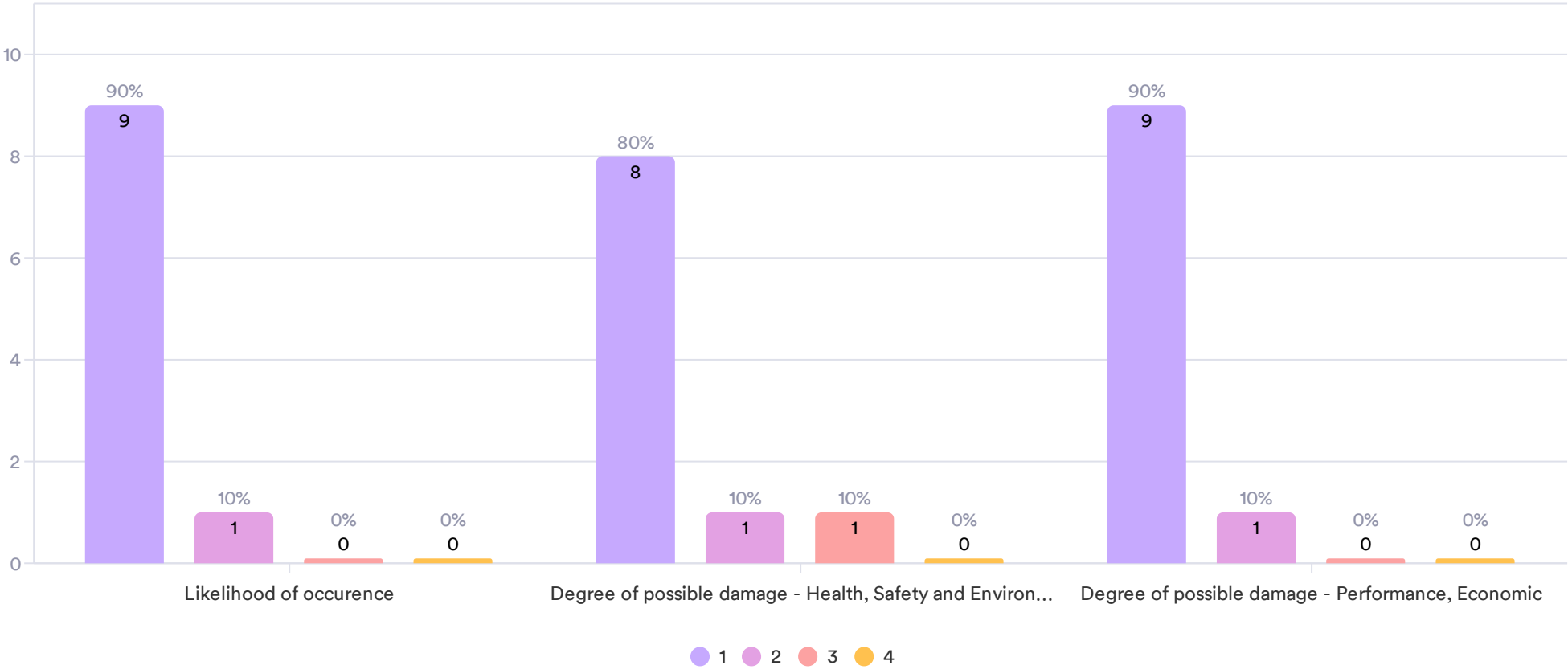
10 Responses- 2 Empty



Risk assessment HTPO - Radioactive sources

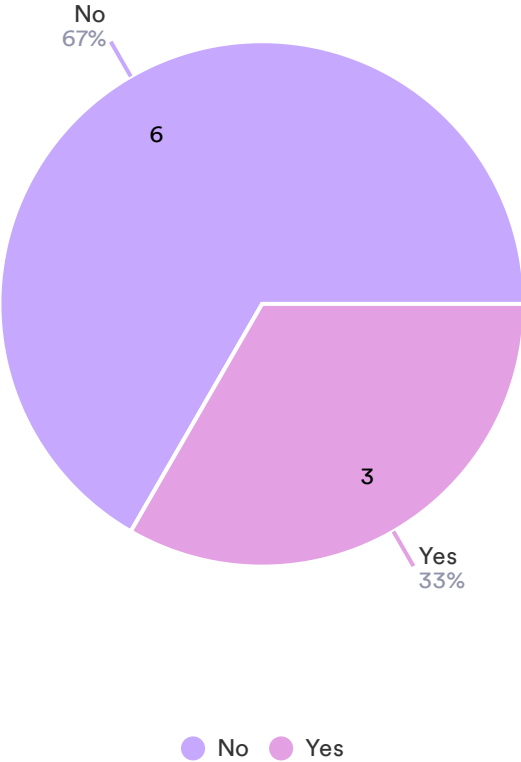
For ENERGY GENERATION: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

10 Responses- 2 Empty



Do you think this hazard is limited to the use of thermal water?

9 Responses- 3 Empty



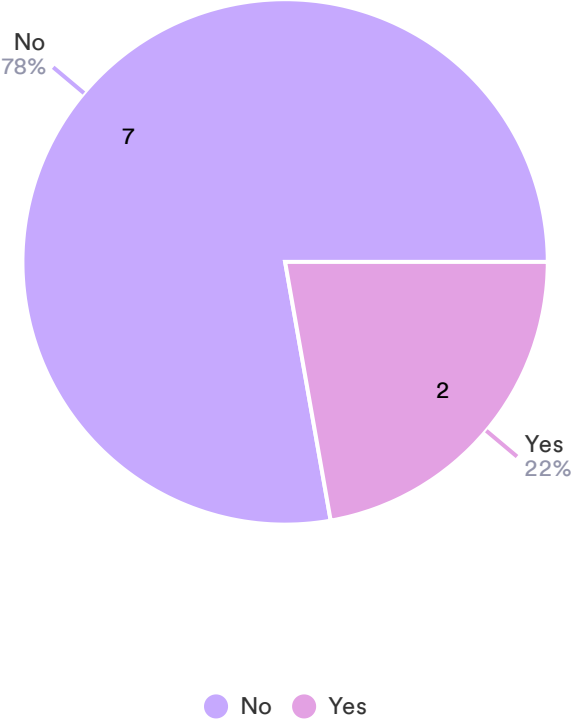
If you answered with "No" - Which other applications deal with the same risk?

4 Responses- 8 Empty

Data	Responses
Any drilling/logging activity	1
Medical equipment (radiology)	1
Any other well like oil/gas wells	1
Drillings in hydrocarbon industry	1

Do you think this hazard has worse consequences concerning the use of thermal water compared to other applications?

9 Responses- 3 Empty



Do you have any comments?

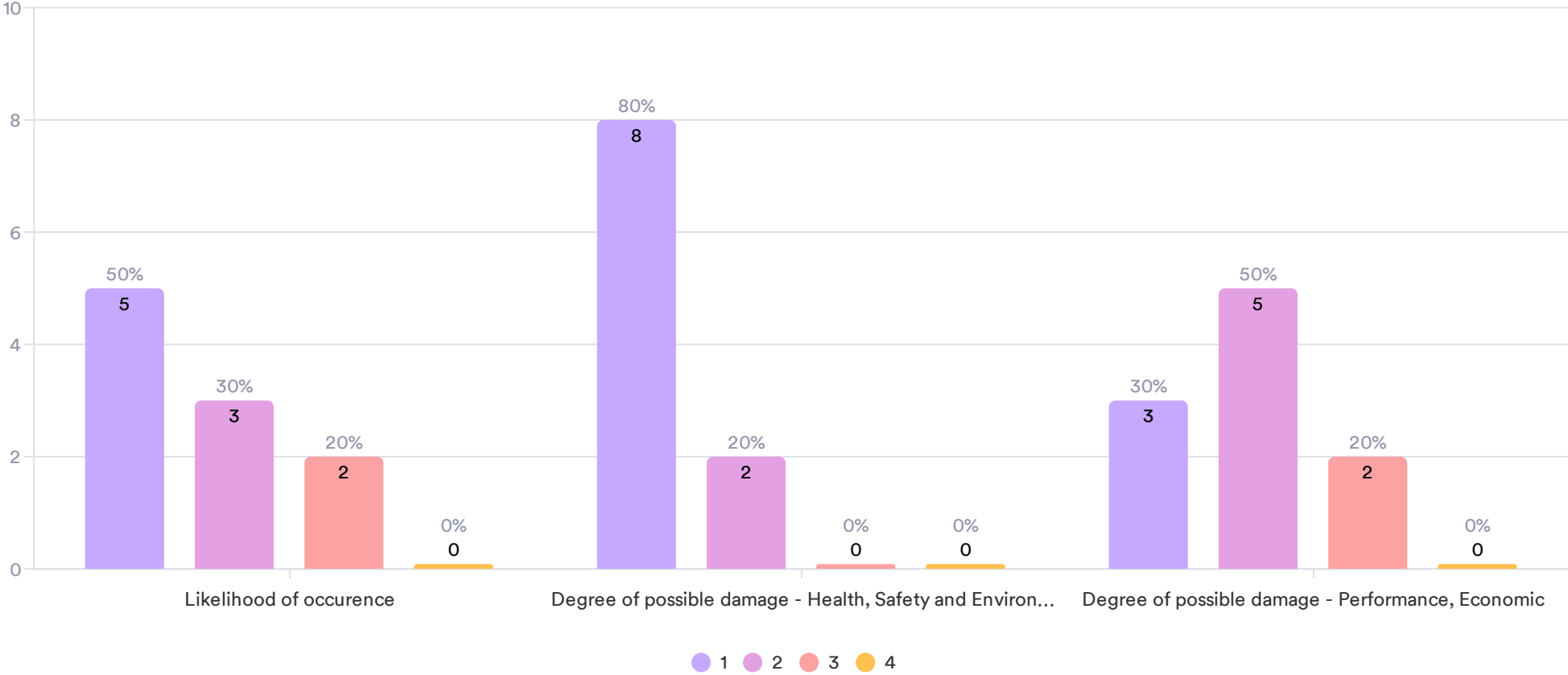
1 Response- 11 Empty

Data	Responses
It is very very rare that this happens	1

Risk assessment HTPO - Geo-mechanical disturbances or thermal stress

For BATHING PURPOSES: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

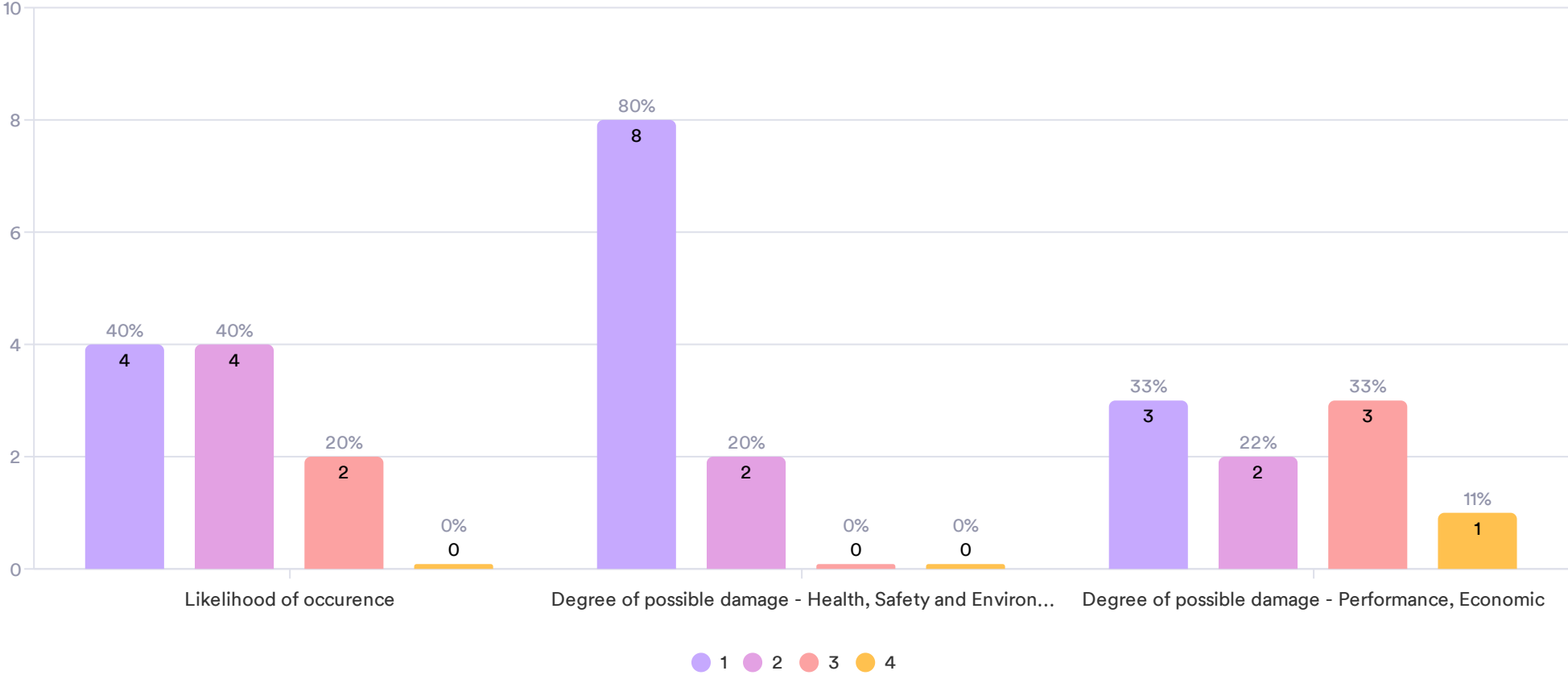
10 Responses- 2 Empty



Risk assessment HTPO - Geo-mechanical disturbances or thermal stress

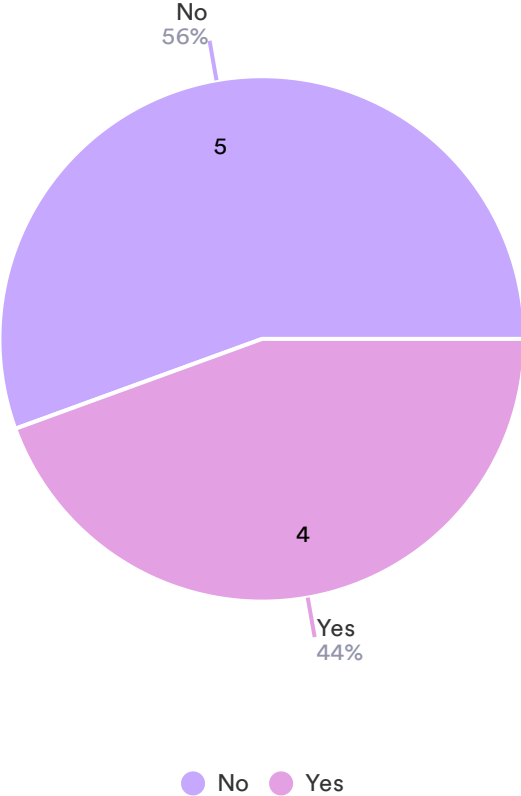
For ENERGY GENERATION: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

10 Responses- 2 Empty



Do you think this hazard is limited to the use of thermal water?

9 Responses- 3 Empty



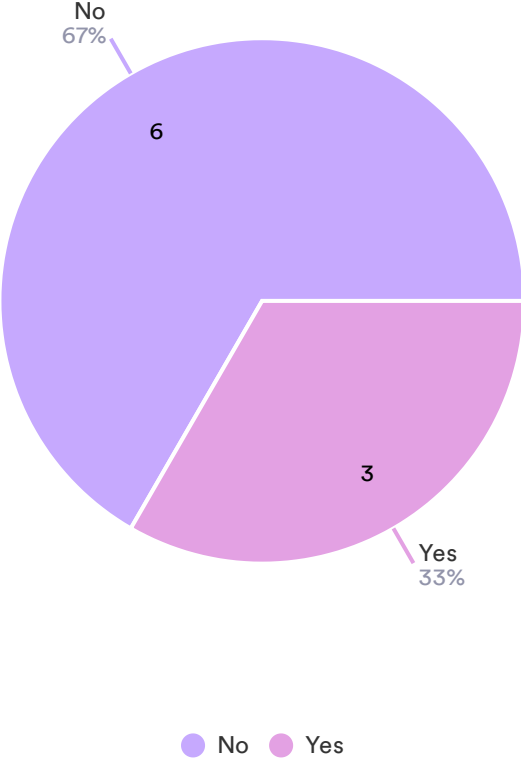
If you answered with "No" - Which other applications deal with the same risk?

3 Responses- 9 Empty

Data	Responses
Also oil and gas industry or deeper wells for water (like artesian wells) can be affected by same hazards	1
Any other well like for oil/gas	1
maybe also possible in hydrocarbon industry?	1

Do you think this hazard has worse consequences concerning the use of thermal water compared to other applications?

9 Responses- 3 Empty



Do you have any comments?

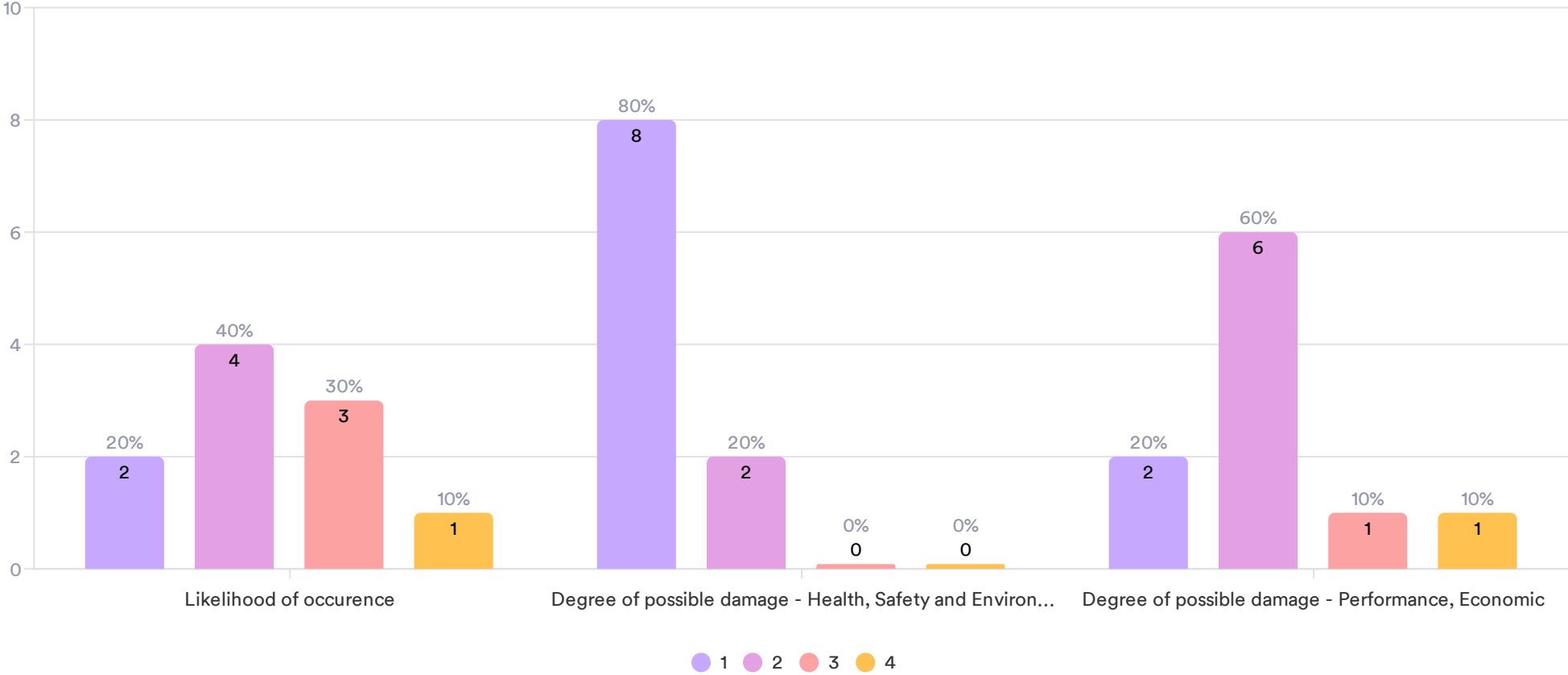
2 Responses- 10 Empty

Data	Responses
Usually these problems start few decades after starting the production process	1
Energiegewinnung höher gewertet da die Reinjektion vermutlich einen großen Anteil an dem Problem hätte.	1

Risk assessment HTPO - SUBSURFACE equipment: scaling or corrosion

For BATHING PURPOSES: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

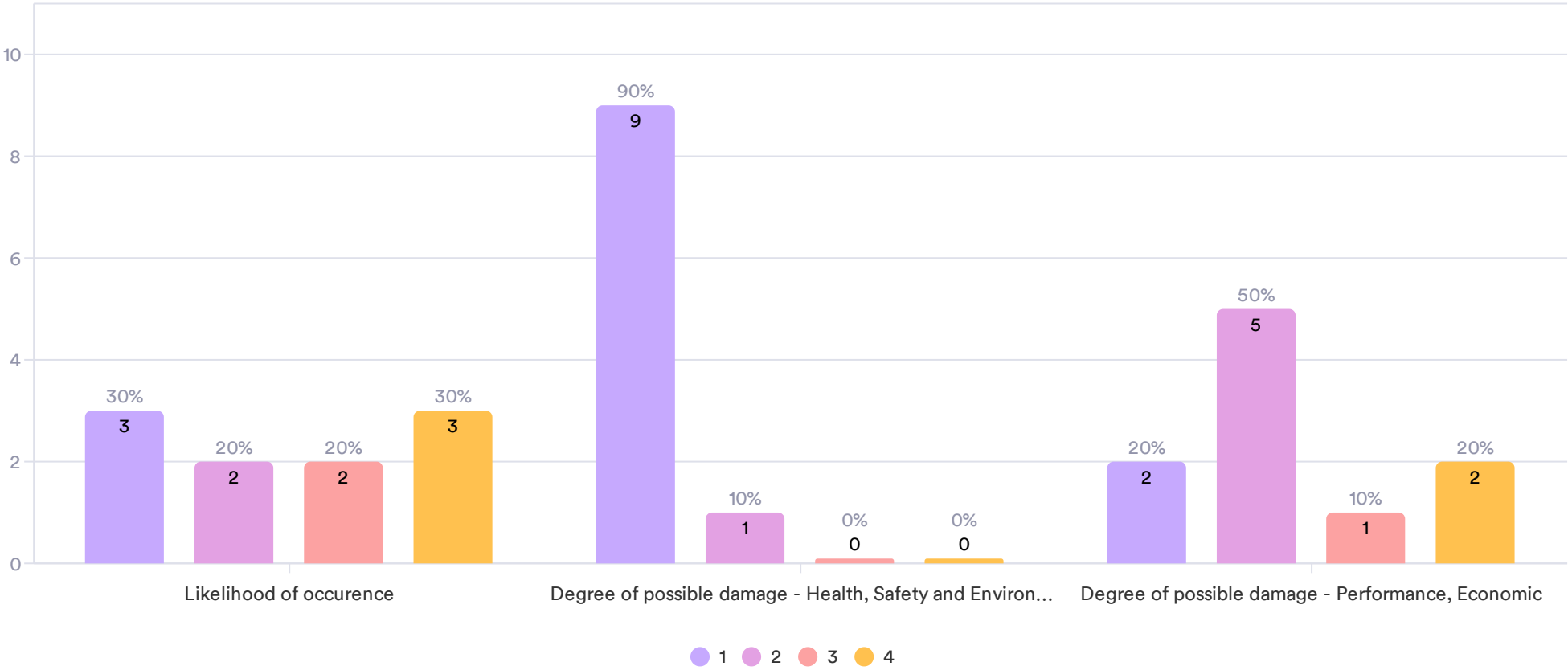
10 Responses- 2 Empty



Risk assessment HTPO - SUBSURFACE equipment: scaling or corrosion

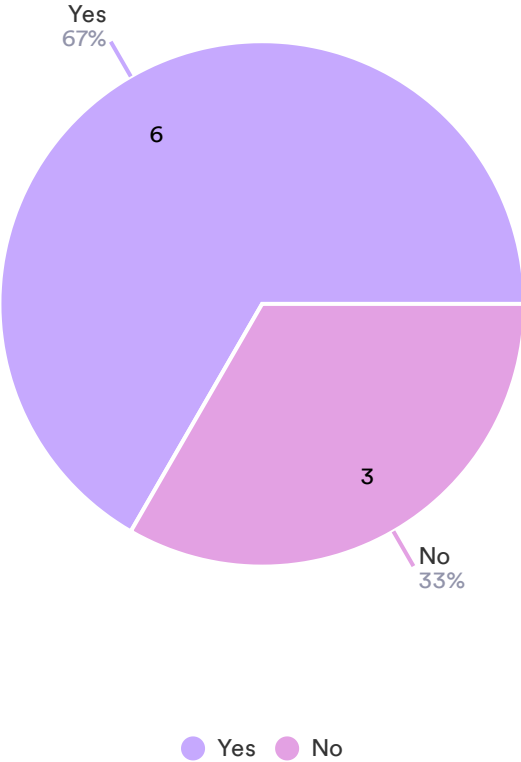
For ENERGY GENERATION: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

10 Responses- 2 Empty



Do you think this hazard is limited to the use of thermal water?

9 Responses- 3 Empty



If you answered with "No" - Which other applications deal with the same risk?

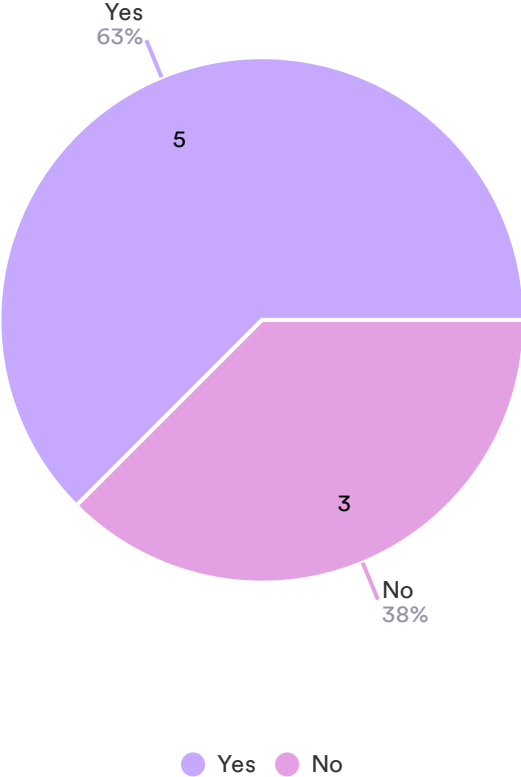
2 Responses- 10 Empty

Data	Responses
Any other well like oil/gas	1
Corrosion might also be a problem in hydrocarbon industry	1

Risk assessment HTPO - SUBSURFACE equipment: scaling or corrosion

Do you think this hazard has worse consequences concerning the use of thermal water compared to other applications?

8 Responses- 4 Empty



Do you have any comments?

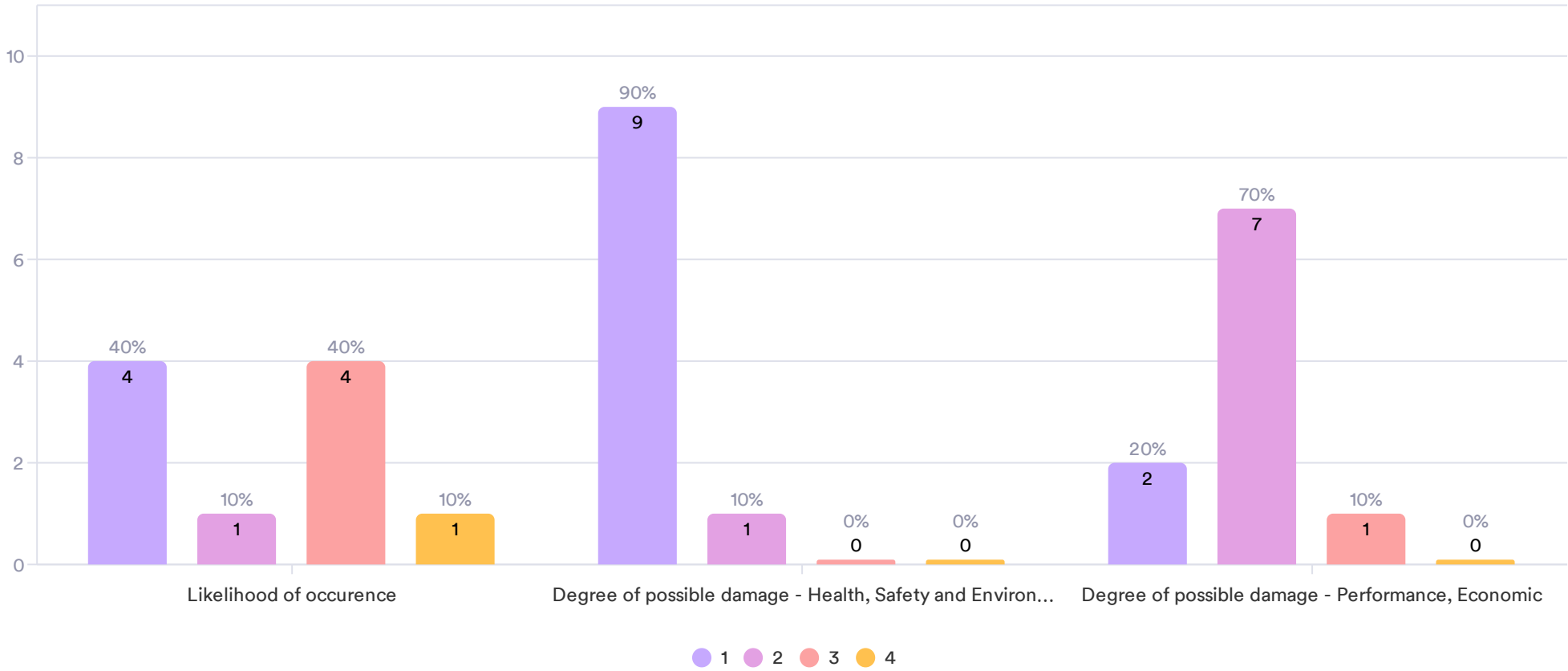
2 Responses- 10 Empty

Data	Responses
These problems start earlier if there is sand production together with thermal water and/or high salt content and sulfur. Placing special tubes and equipment into the ground will extend the lifetime of this installation and will limit costs in the future	1
Für Energiegewinnung höher gewertet da vermutlich generell größere Mengen und oft auch Wässer mit höheren Temperaturen gefördert werden und es dadurch auch mehr Potenzial für Korrosion/Scaling gibt.	1

Risk assessment HTPO - SURFACE: scaling, corrosion, altering of plant parts

For BATHING PURPOSES: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

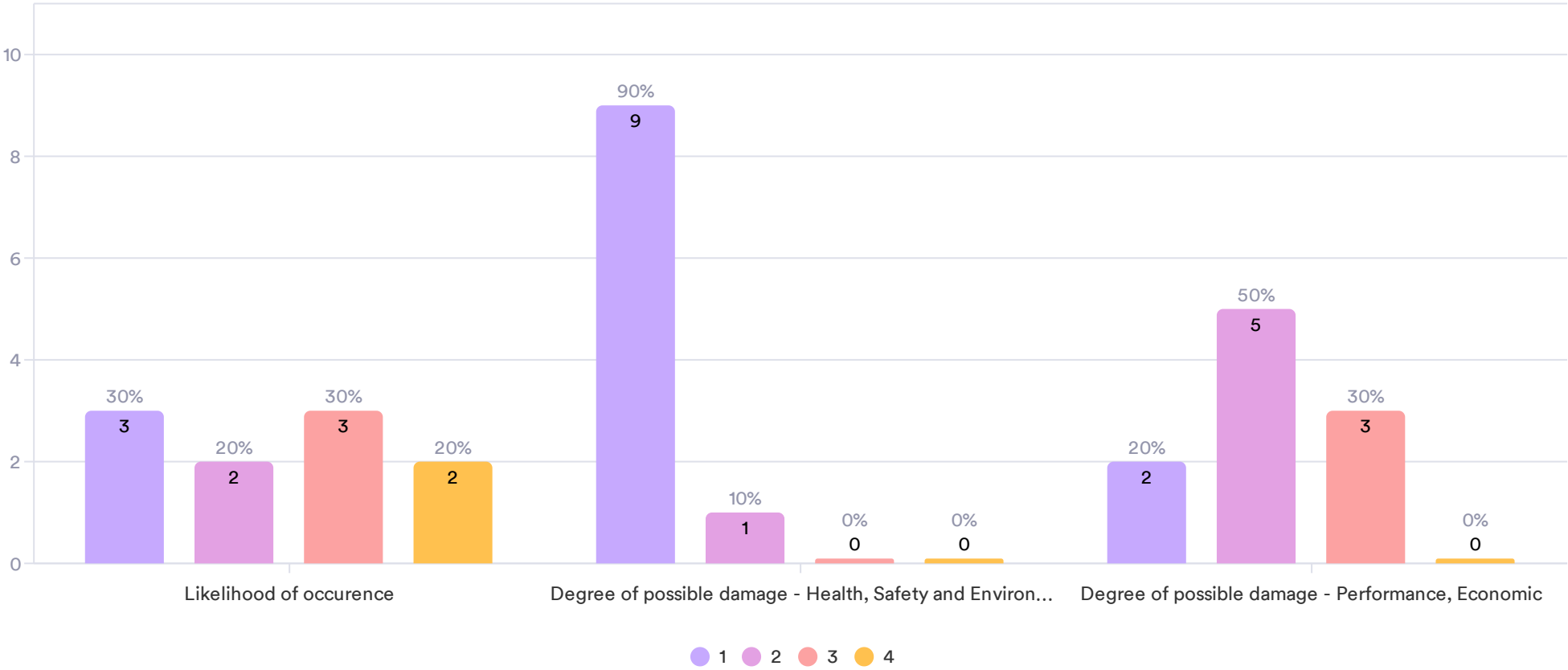
10 Responses- 2 Empty



Risk assessment HTPO - SURFACE: scaling, corrosion, altering of plant parts

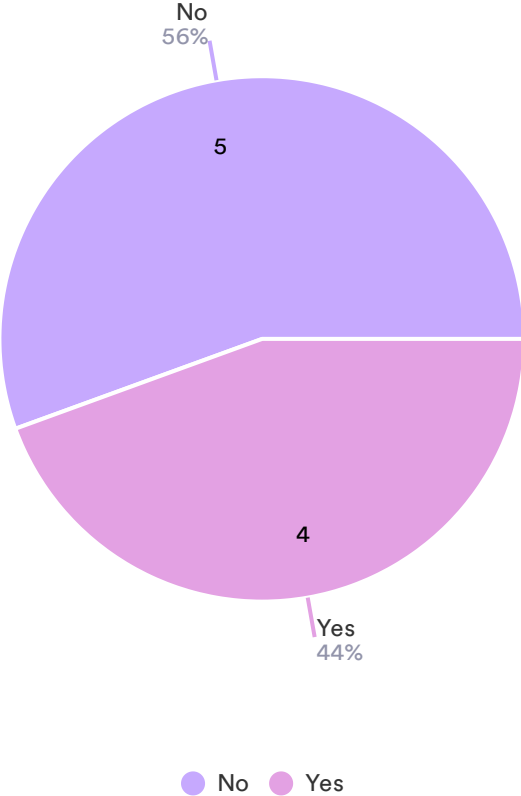
For ENERGY GENERATION: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

10 Responses- 2 Empty



Do you think this hazard is limited to the use of thermal water?

9 Responses- 3 Empty



Risk assessment HTPO - SURFACE: scaling, corrosion, altering of plant parts

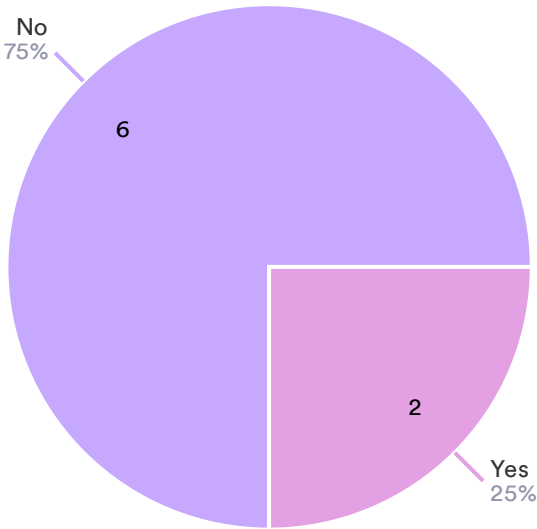
If you answered with "No" - Which other applications deal with the same risk?

3 Responses- 9 Empty

Data	Responses
Climate Change	1
Oil & Gas Exploration as well	1
also in hydrocarbon industry	1

Do you think this hazard has worse consequences concerning the use of thermal water compared to other applications?

8 Responses- 4 Empty



● No ● Yes

Do you have any comments?

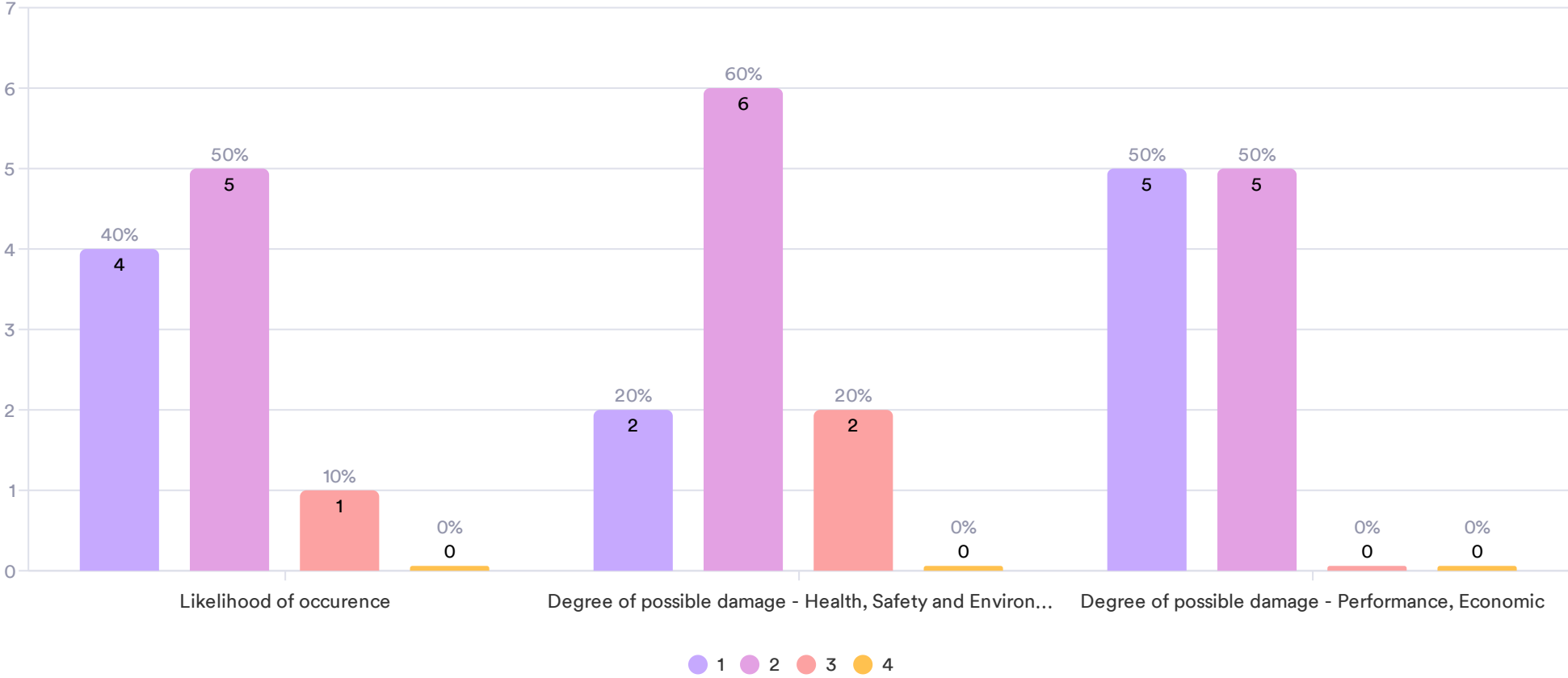
1 Response- 11 Empty

Data	Responses
Same as for subsurface equipment	1

Risk assessment HTPO - Toxic emissions due to gases produced in-situ

For BATHING PURPOSES: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

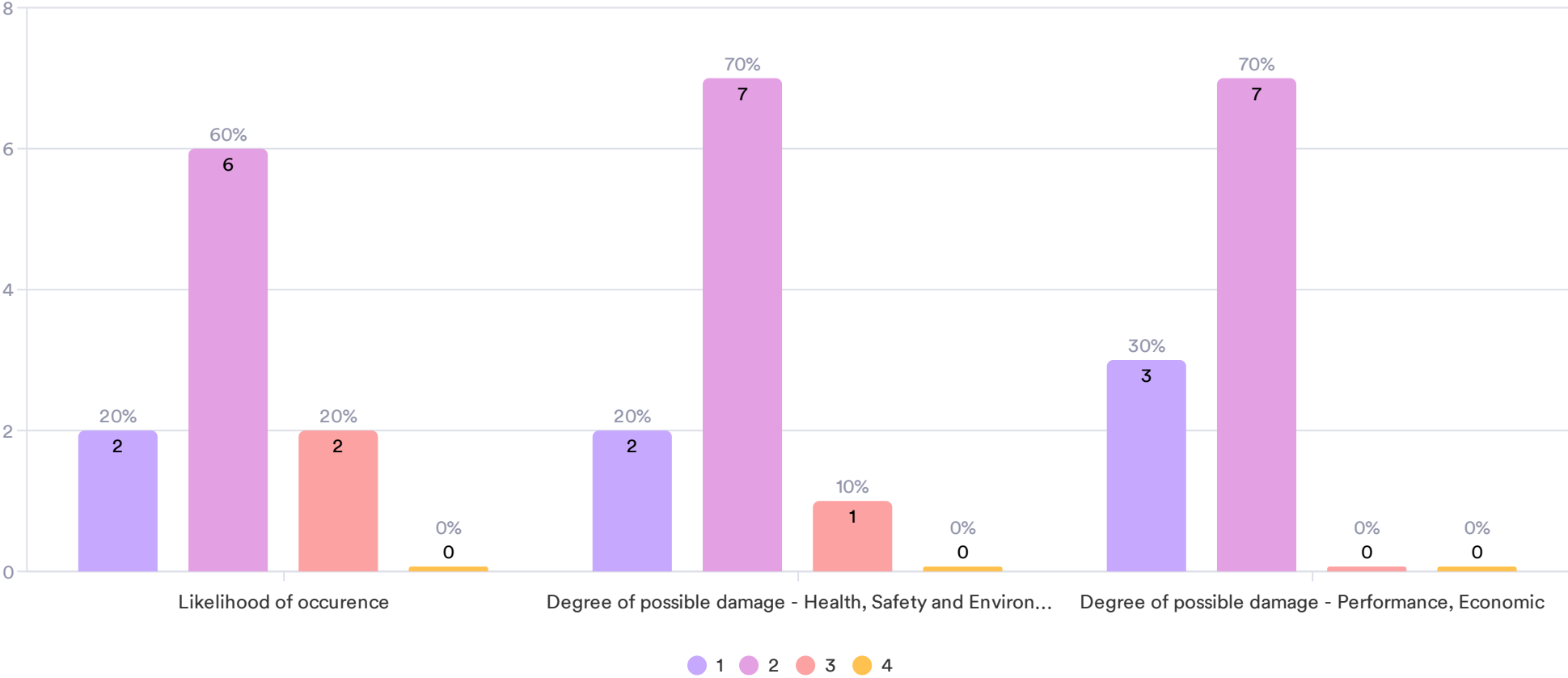
10 Responses- 2 Empty



Risk assessment HTPO - Toxic emissions due to gases produced in-situ

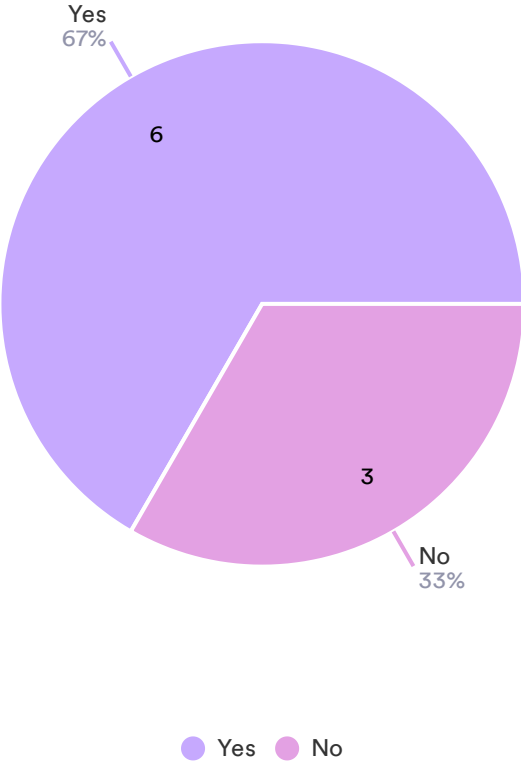
For ENERGY GENERATION: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

10 Responses- 2 Empty



Do you think this hazard is limited to the use of thermal water?

9 Responses- 3 Empty



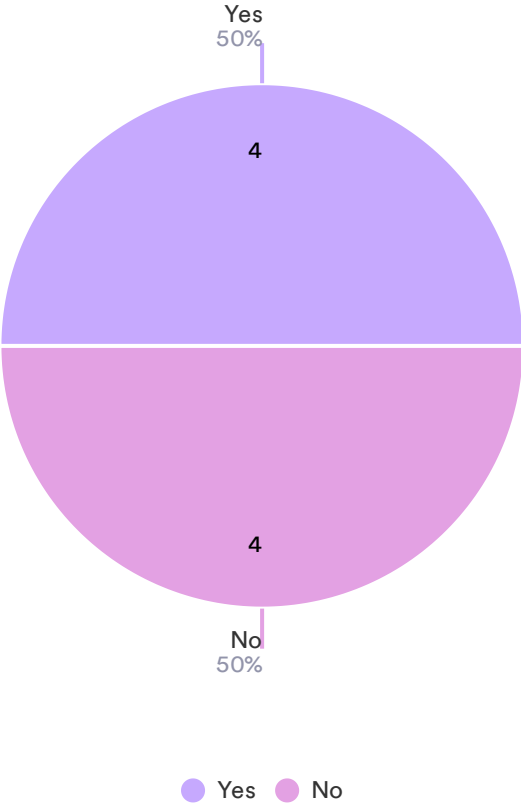
If you answered with "No" - Which other applications deal with the same risk?

2 Responses- 10 Empty

Data	Responses
Any other well like oil/gas	1
hydrocarbon industry	1

Do you think this hazard has worse consequences concerning the use of thermal water compared to other applications?

8 Responses- 4 Empty



Do you have any comments?

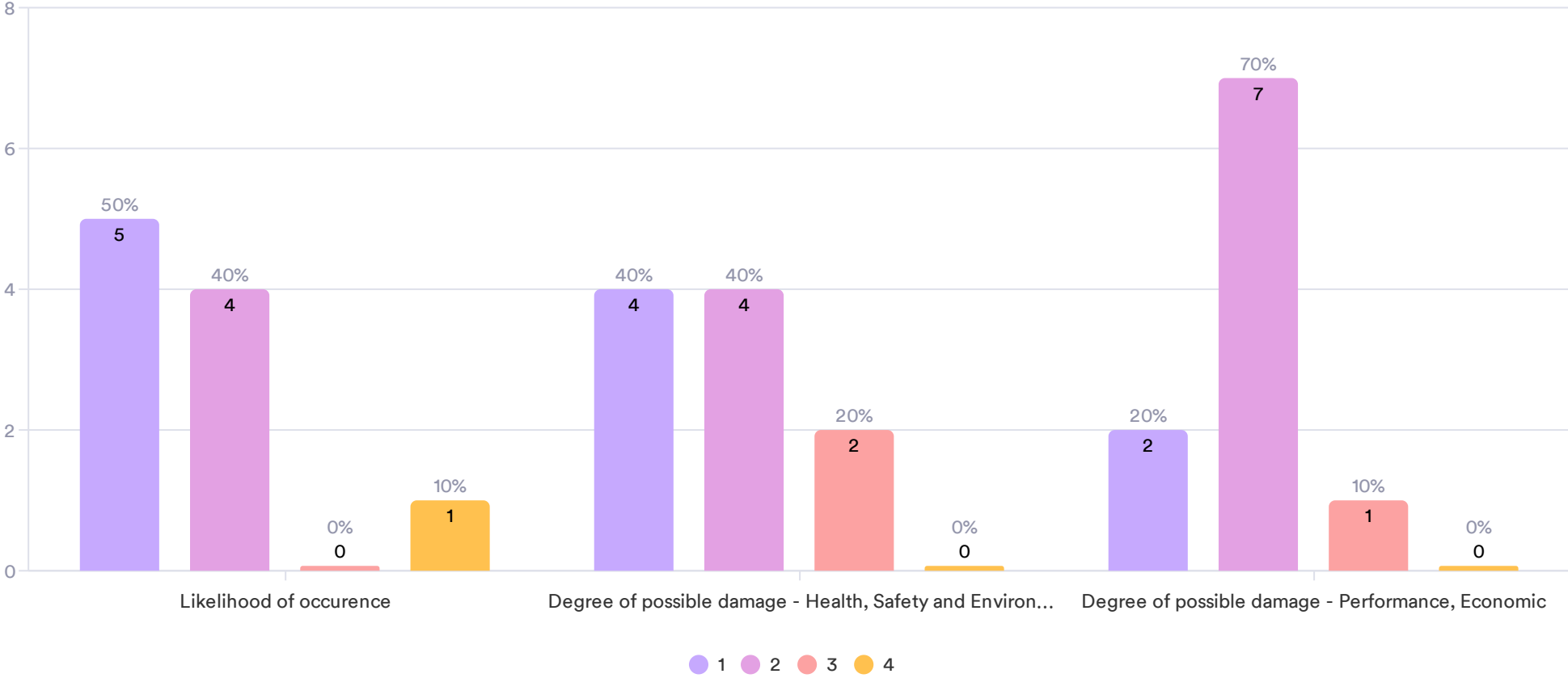
1 Response- 11 Empty

Data	Responses
Toxic gases have to be treated in any case regardless the purpose of the well.	1

Risk assessment HTPO - Toxic emissions due to fluids produced in-situ

For BATHING PURPOSES: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

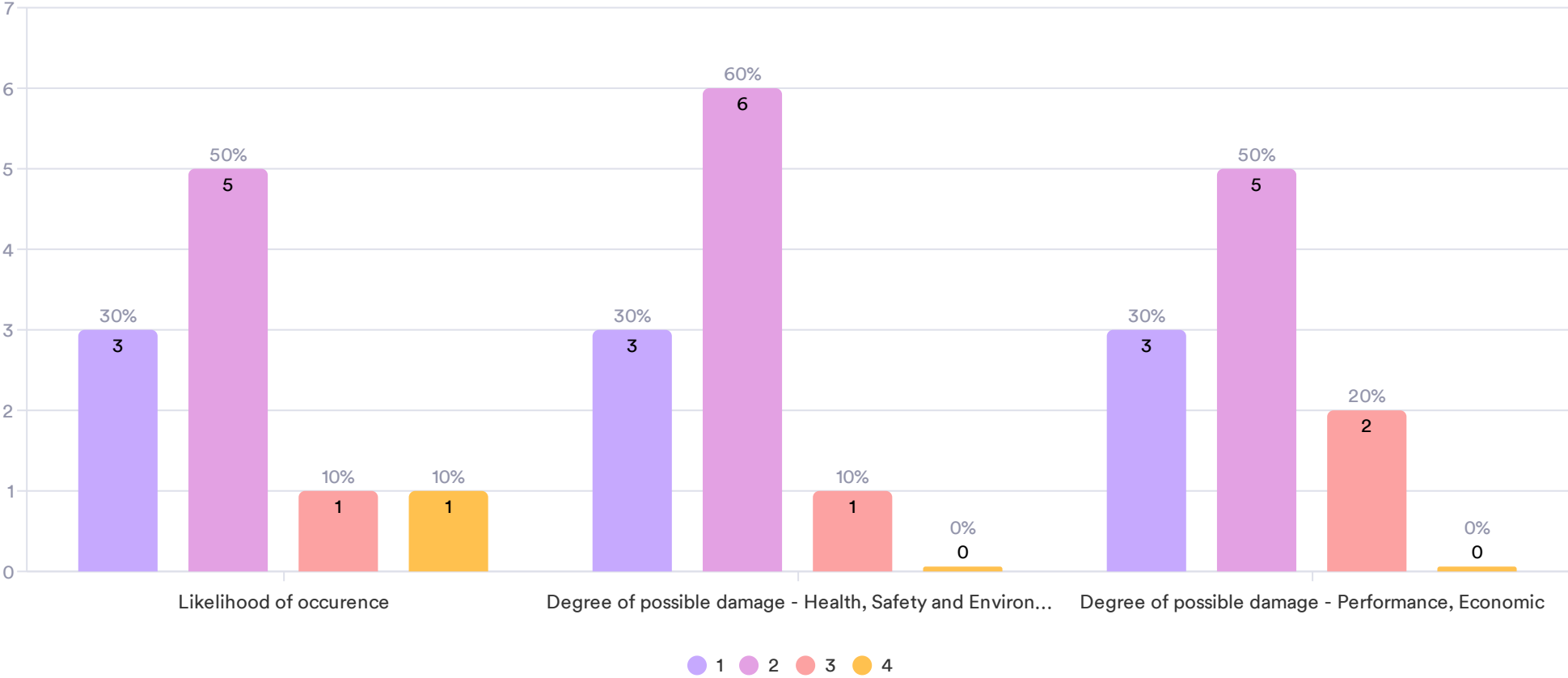
10 Responses- 2 Empty



Risk assessment HTPO - Toxic emissions due to fluids produced in-situ

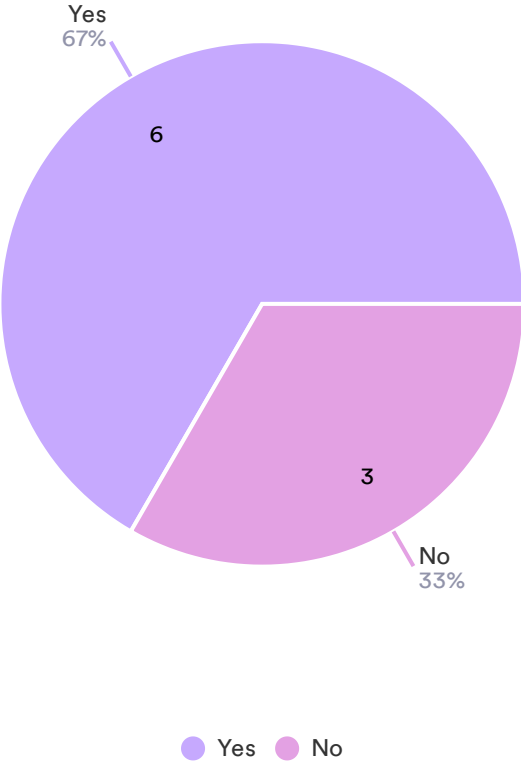
For ENERGY GENERATION: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

10 Responses- 2 Empty



Do you think this hazard is limited to the use of thermal water?

9 Responses- 3 Empty



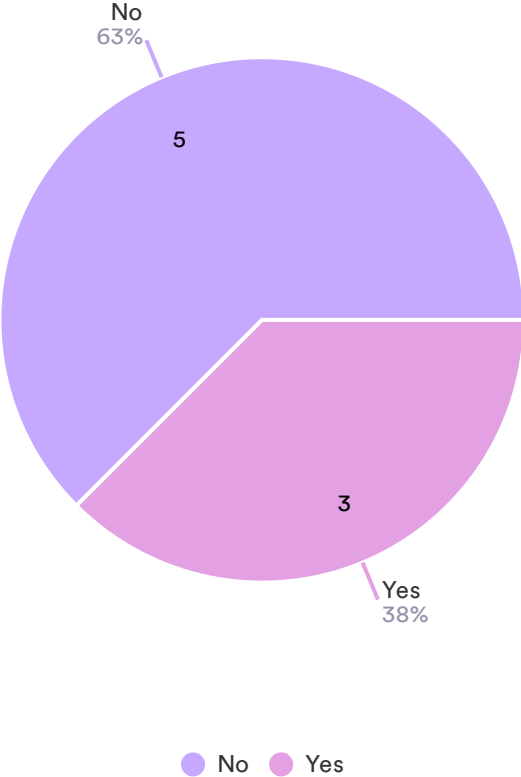
If you answered with "No" - Which other applications deal with the same risk?

2 Responses- 10 Empty

Data	Responses
Any well like oil/gas	1
hydrocarbon industry	1

Do you think this hazard has worse consequences concerning the use of thermal water compared to other applications?

8 Responses- 4 Empty



Do you have any comments?

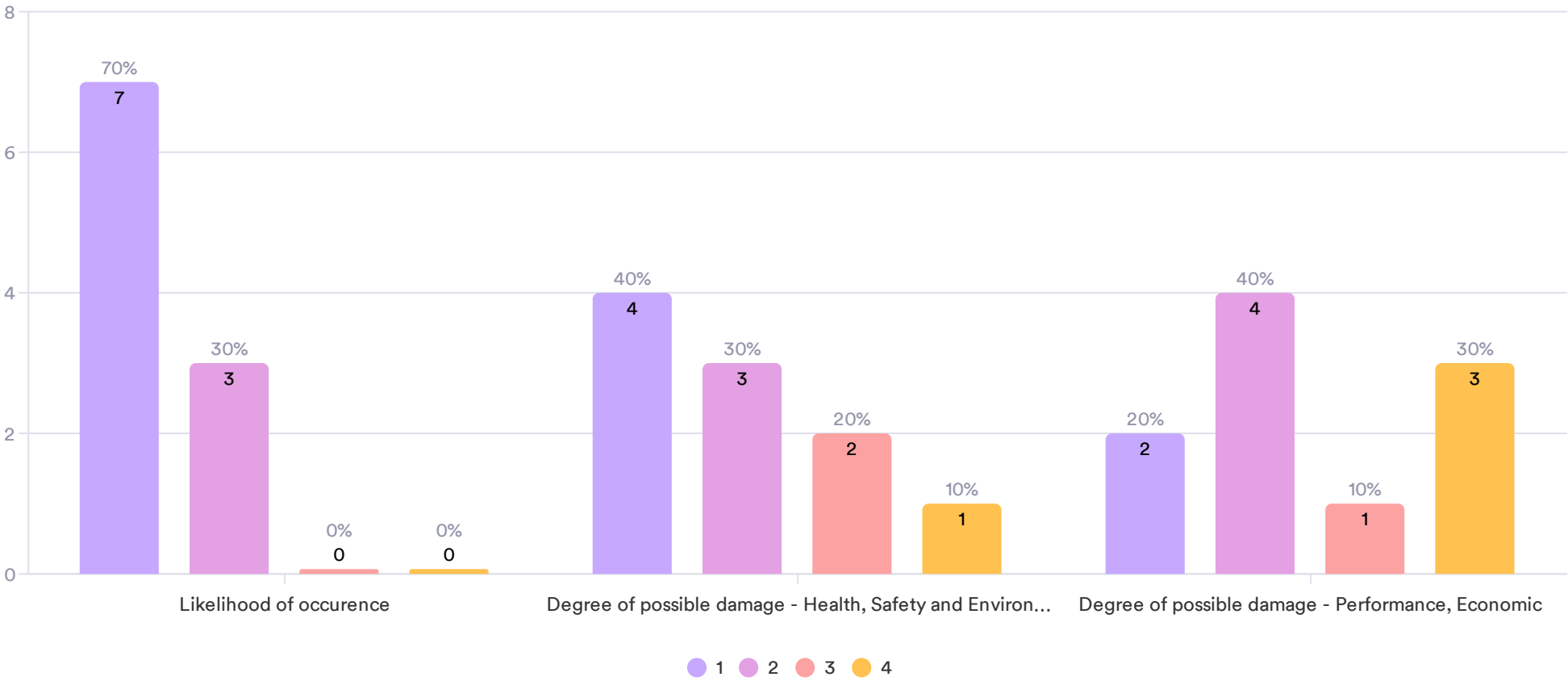
1 Response- 11 Empty

Data	Responses
Same as before for toxic gases	1

Risk assessment HTPO - Induced seismicity

For BATHING PURPOSES: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

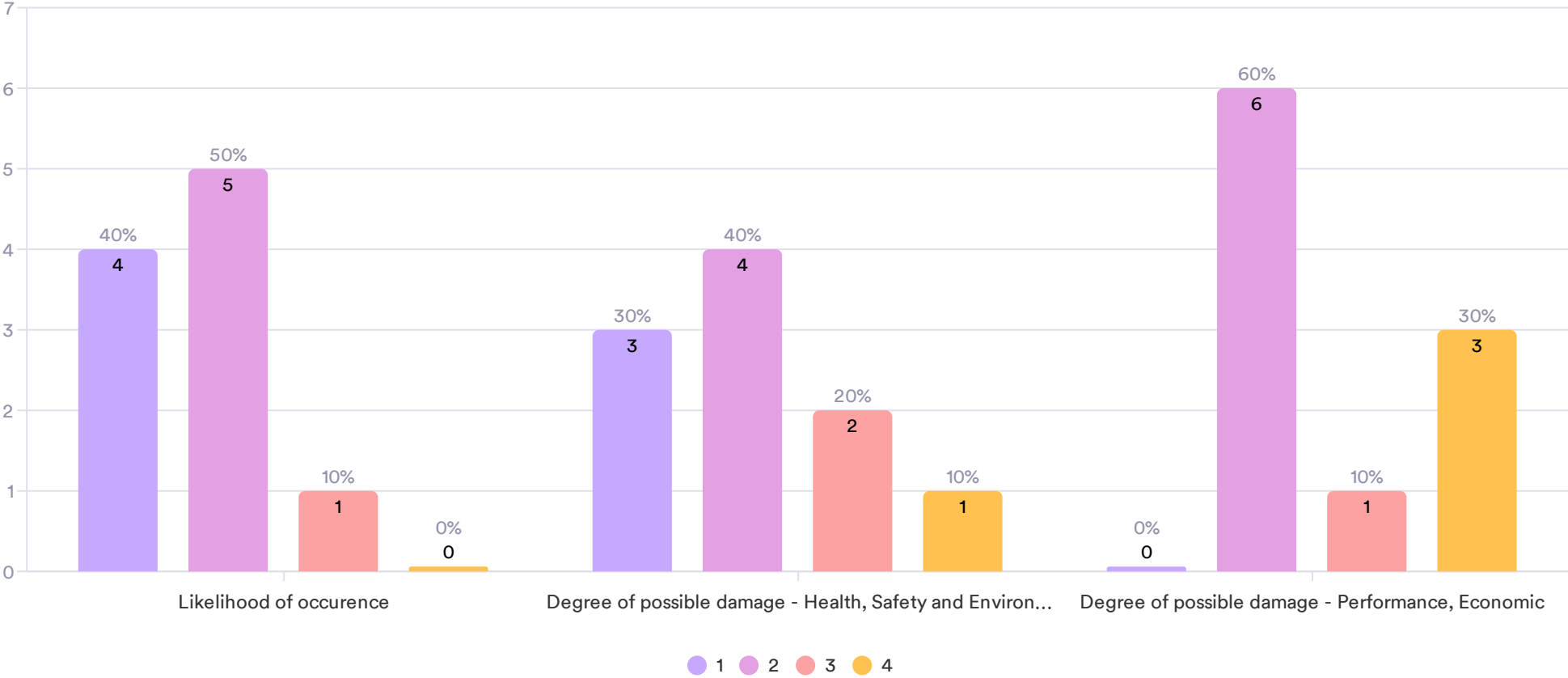
10 Responses- 2 Empty



Risk assessment HTPO - Induced seismicity

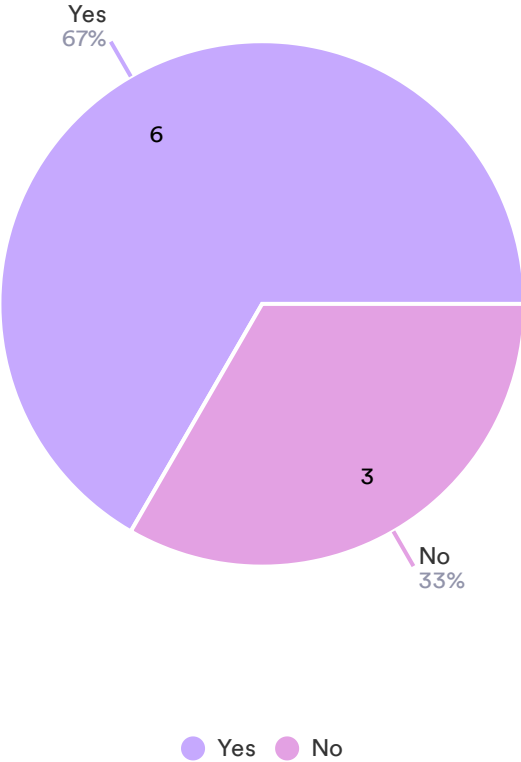
For ENERGY GENERATION: Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region from low to high (1 to 4).

10 Responses- 2 Empty



Do you think this hazard is limited to the use of thermal water?

9 Responses- 3 Empty



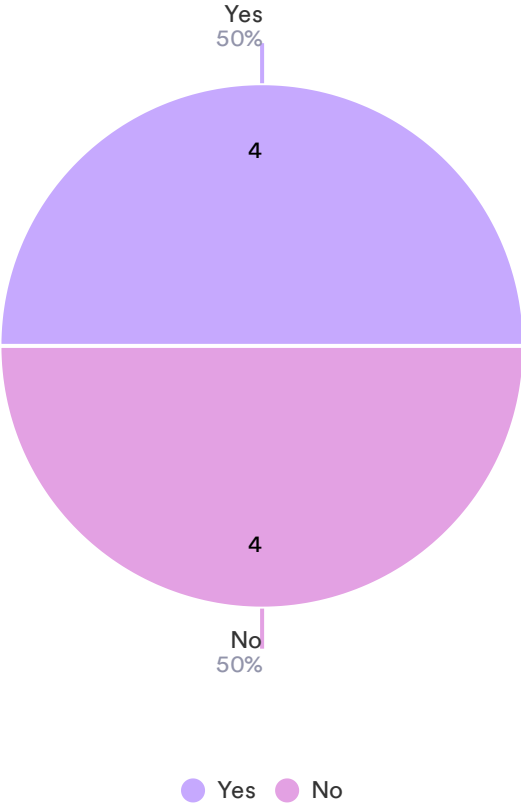
If you answered with "No" - Which other applications deal with the same risk?

3 Responses- 9 Empty

Data	Responses
Possibly also other applications that use deep wells and especially reservoir stimulation (e.g. shale gas)	1
Geothermal Operations	1
Any other well like oil/gas	1

Do you think this risk has to be taken more into account when using thermal water than with other applications?

8 Responses- 4 Empty



Do you have any comments?

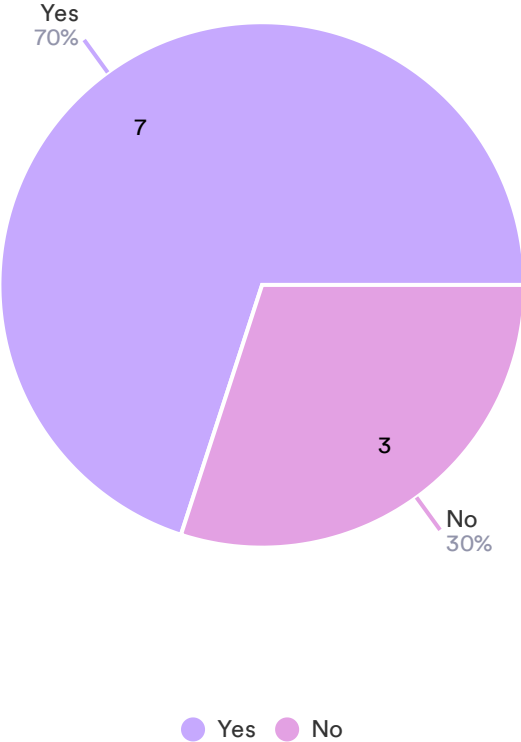
2 Responses- 10 Empty

Data	Responses
With low injection rates the likelihood is also low.	1
This risk can be managed by geological modelling taking into account formation pressures and those along young tectonic faults	1

Risk assessment HTPO - Human error leading to failure

Do you think low experience of workers increases the likelihood of risks in your area?

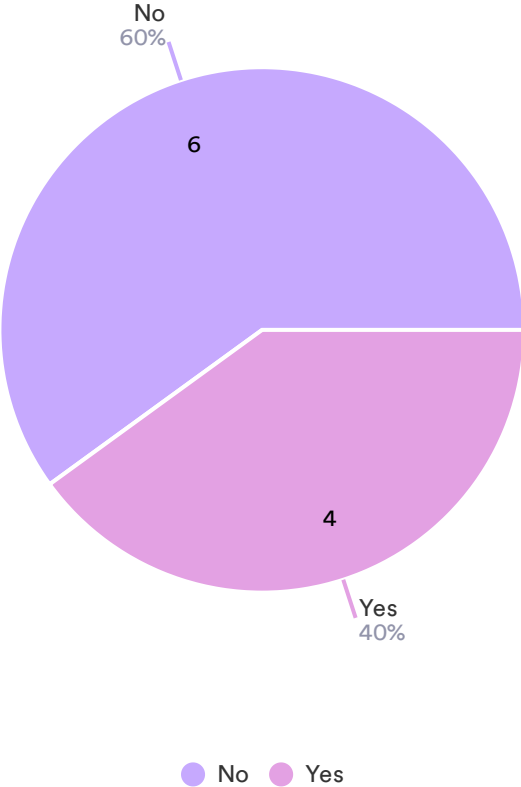
10 Responses- 2 Empty



Risk assesment HTPO - Human error leading to failure

Do you think outdated or low standards increase the likelihood of risks in your area?

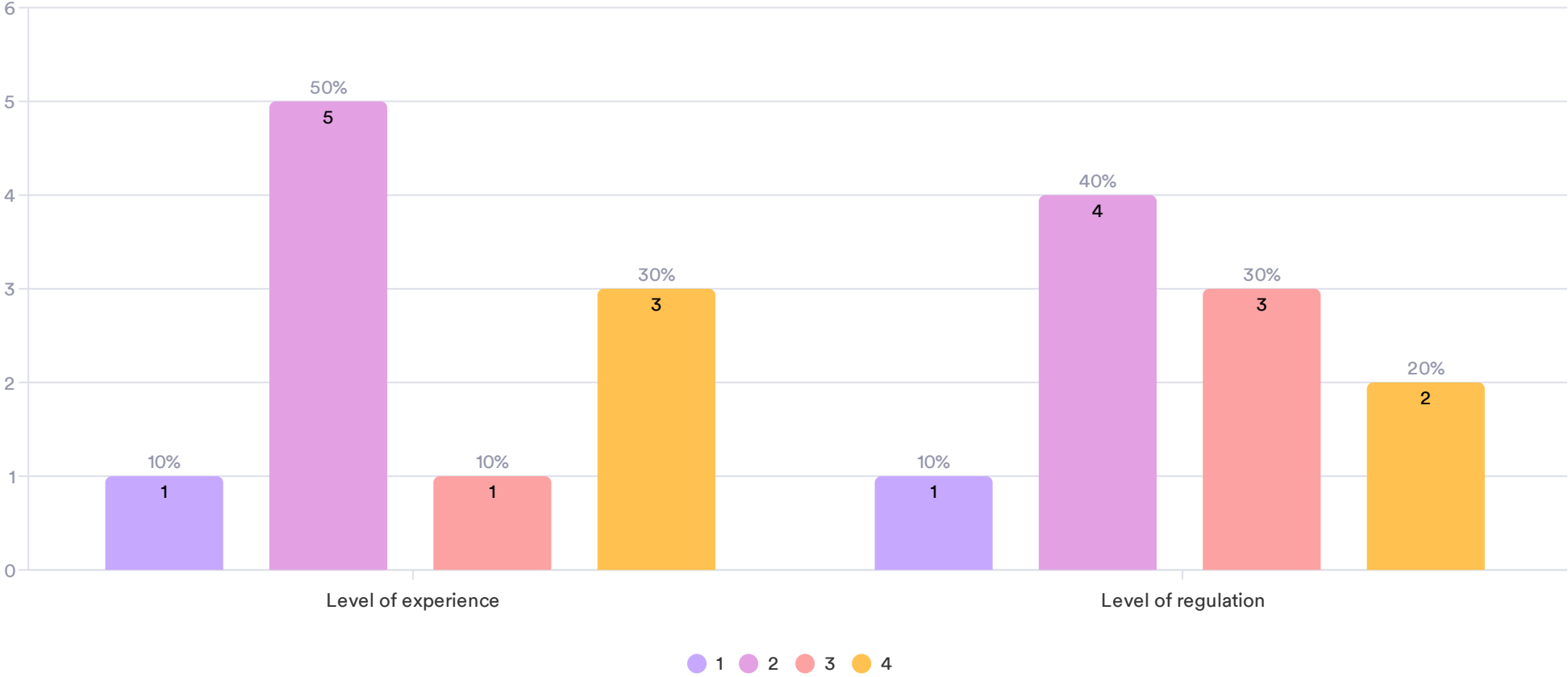
10 Responses- 2 Empty



Risk assessment HTPO - Human error leading to failure

Please rate the level of experience with the use of thermal water and the current regulation in your area/country. From low to high (1 to 4).

10 Responses- 2 Empty



Do you have any comments?

1 Response- 11 Empty

Data	Responses
Experienced and well personel is available in Austria. Legal regulations are at high standards regarding technical safety	1

Missing risk

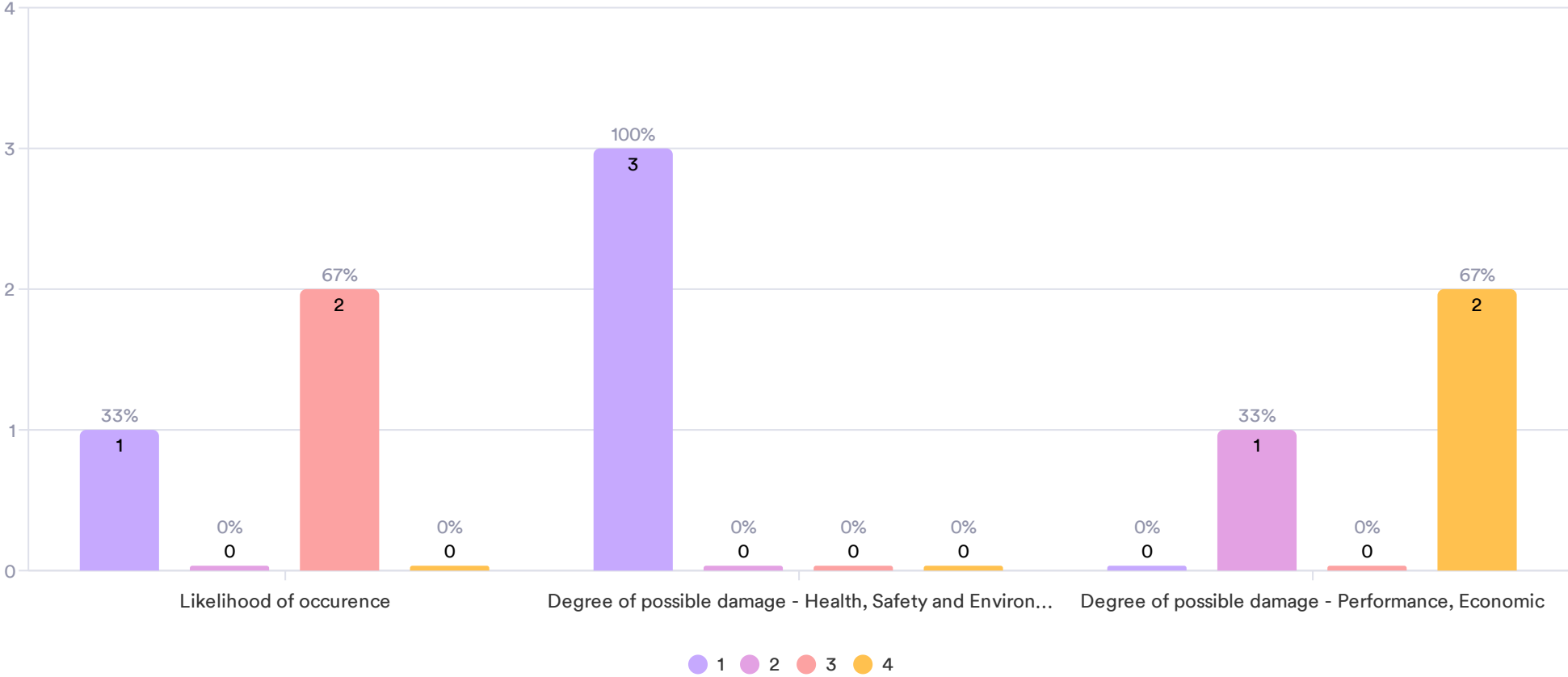
3 Responses- 9 Empty

Data	Responses
lower production rates than expected	1
None	1
U: Nichtfündigkeit	1

Risk assessment HTPO

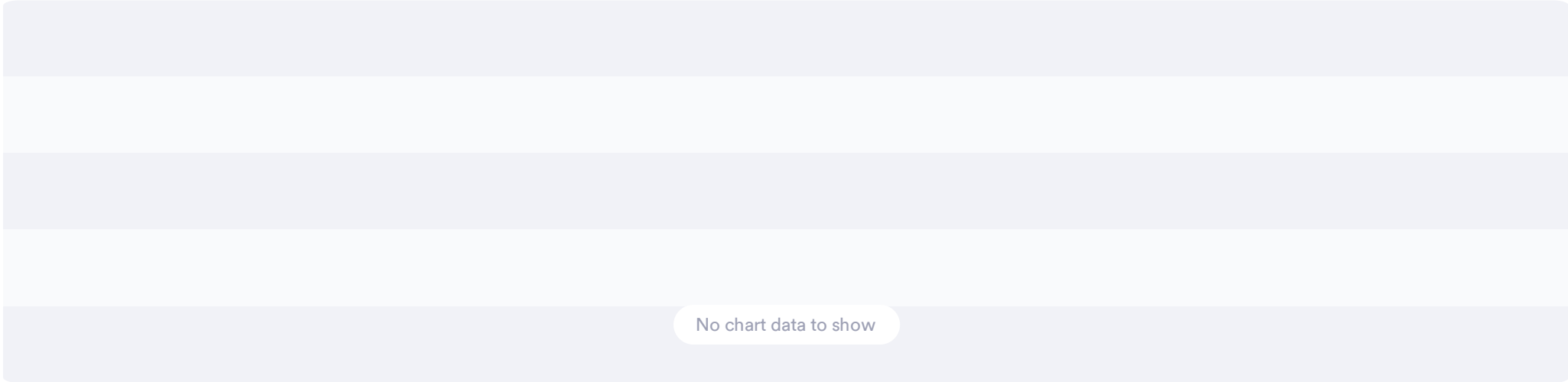
Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region. From low to high (1 to 4).

3 Responses- 9 Empty



Missing risk

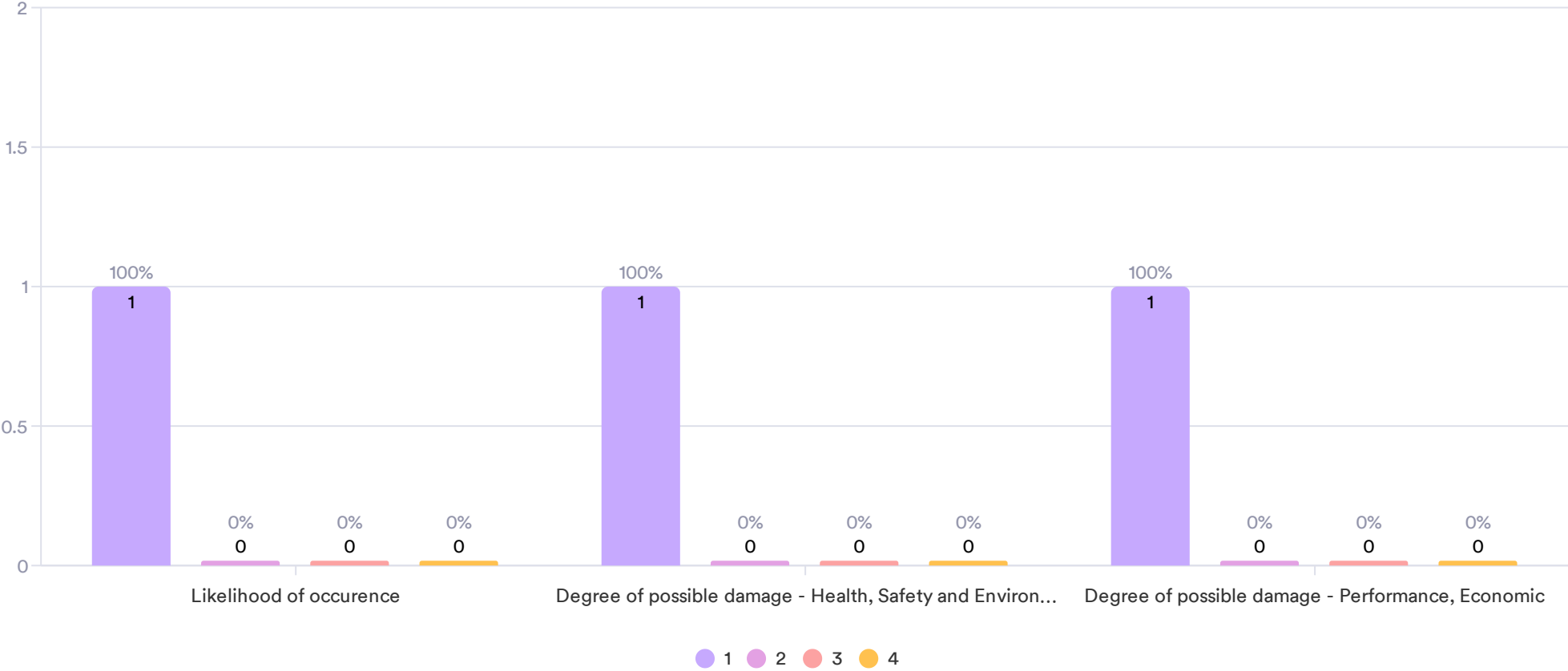
0 Response



Risk assessment HTPO

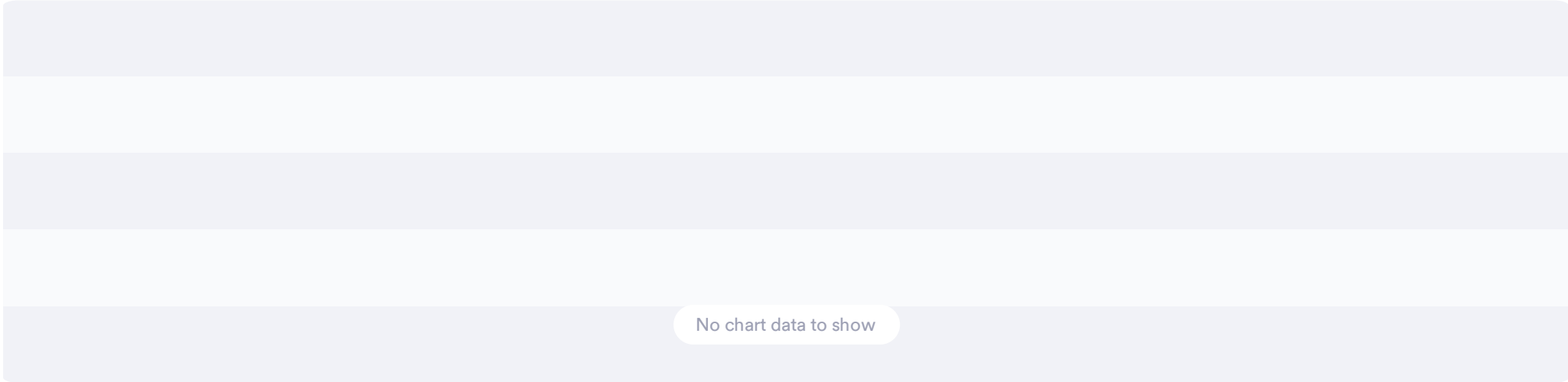
Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region. From low to high (1 to 4).

1 Response- 11 Empty



Missing risk

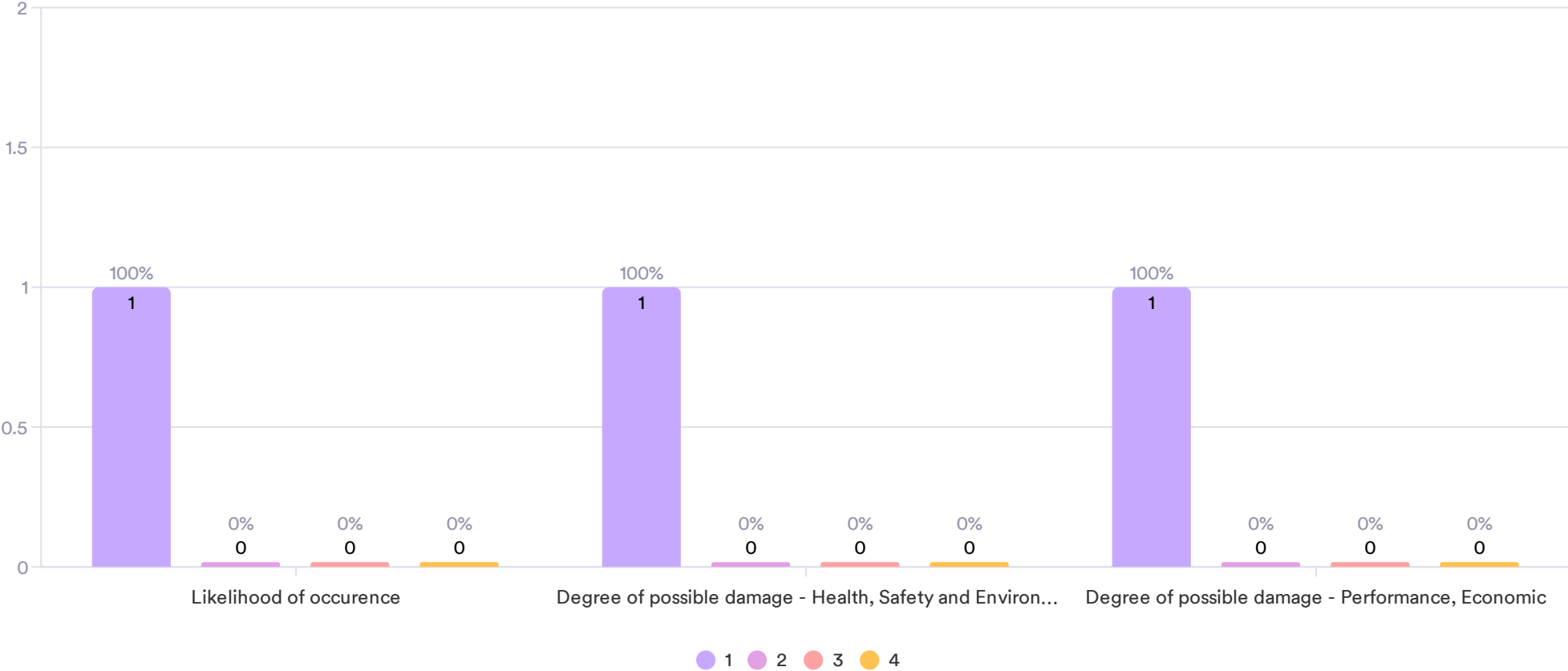
0 Response



Risk assessment HTPO

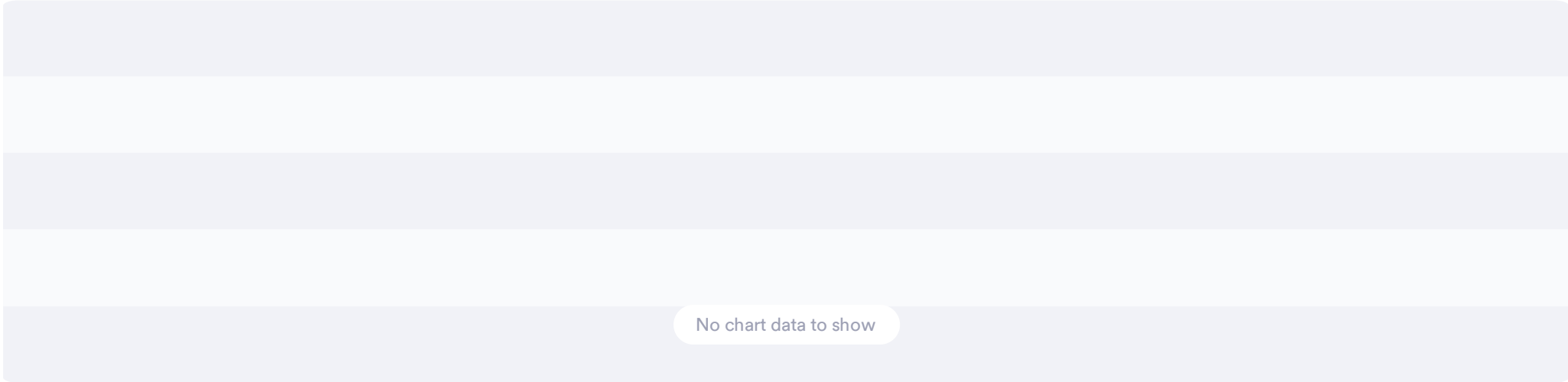
Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region. From low to high (1 to 4).

1 Response- 11 Empty



Missing risk

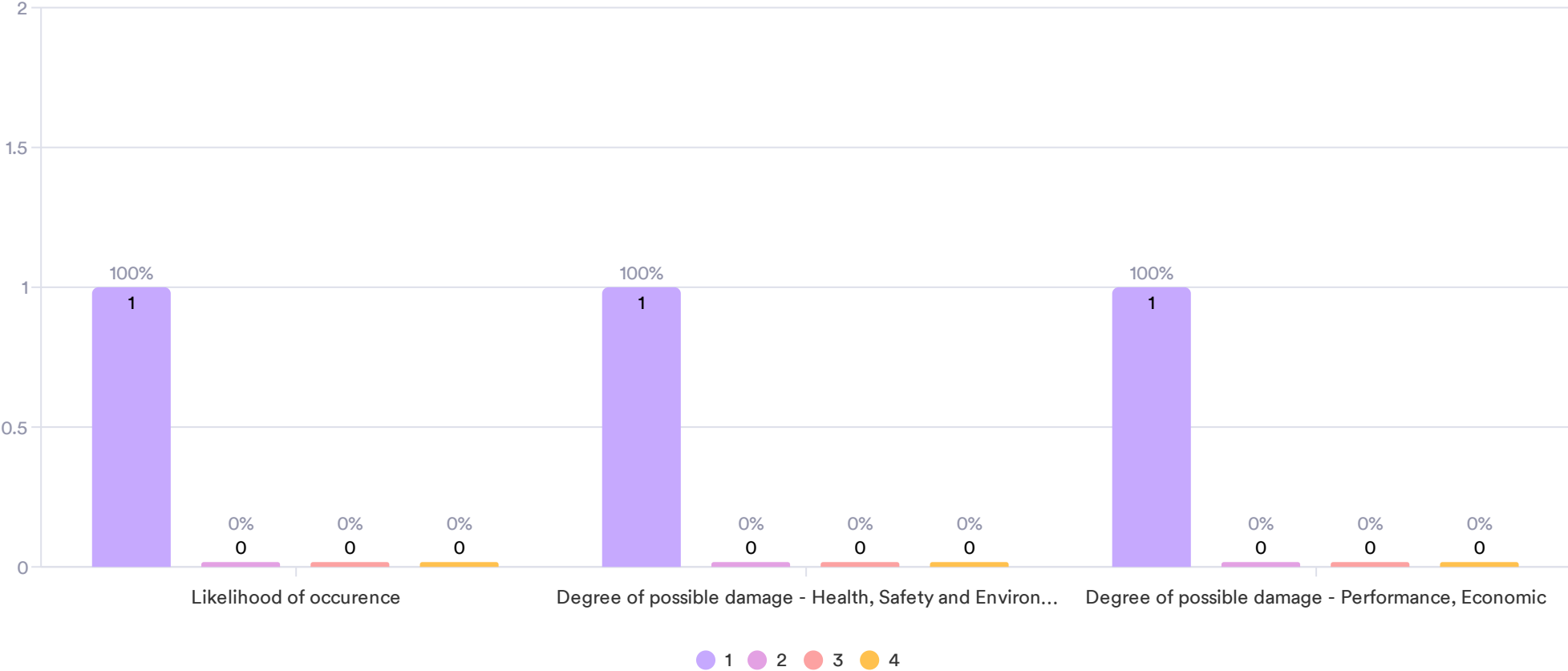
0 Response



Risk assessment HTPO

Please rate the "Likelihood" and "Damage" of this hazard for the HTPO region. From low to high (1 to 4).

1 Response- 11 Empty



Thank You!

Risk assessment HTPO