

Schlanke Sonde für effizienten Einbau mit gleichzeitig hoher Leistung – die weiterentwickelte JANSEN powerwave coax Wellrohr-Koaxialsonde

Benjamin Pernter
Jansen AG

Zusammenfassung

Erdwärmesysteme mit der JANSEN powerwave Wellrohrtechnologie bieten höchste Leistung. Die innere Wellung bringt das Solemedium schon bei geringen Fließgeschwindigkeiten in Turbulenz und verbessert dadurch den Wärmeübergang. Die große Wärmetauscher-Oberfläche sorgt für einen geringen Wärmewiderstand und macht dadurch eine maximale Ausnutzung der vorhandenen Temperaturen im Erdreich möglich.

JANSEN



Abb. 1: Das JANSEN powerwave Wellrohr (Ø63 mm) ist der ideale Wärmetauscher fürs Erdreich.

Das erhöht den Wirkungsgrad der Wärmepumpe deutlich. Oder erlaubt die Projektierung einer geringeren Anzahl Erdwärmesonden, um den Energiebedarf zu den normativ geforderten Soletemperaturen zu decken. Mit JANSEN powerwave lassen sich also kostengünstigere Erdwärmeanlagen bauen – in der Erstellung wie auch im Betrieb.

Mit dem JANSEN powerwave 63-mm-Wellrohr-Hochleistungswärmetauscher können unterschiedliche Erdwärmesonden-Konfigurationen realisiert werden. Der leistungsstärkste Typ JANSEN powerwave single-u (Einfach-U-Sonde) wurde letztes Jahr bei den 72. Deutschen Brunnenbautagen in Bad Dübén präsentiert. **Dieses Jahr präsentieren wir mit der JANSEN powerwave coax eine leistungsstarke Koaxialsonde, die besonders durch ihren schlanken Aufbau besticht.**



Abb. 2: Erdwärmesonden-Typen mit dem JANSEN powerwave Wellrohr:
links: JANSEN powerwave single-u rechts: **JANSEN powerwave coax**

Der Hauptvorteil der JANSEN powerwave single-u ist die höchste verfügbare Leistung. Mit ihr kann in jedem Bohrloch die maximale Effizienz erreicht werden. Dank des geringstmöglichen Bohrlochwiderstands können auch die Bohrmeter bzw. die Anzahl Sonden reduziert werden. So können auch Hindernisse wie Platzmangel oder Tiefenbeschränkungen mit dieser Technologie überwunden werden.

Der Hauptvorteil der JANSEN powerwave coax ist ihr schlanker Aufbau. Der Teil mit dem größten Durchmesser, der Sondenfuß ganz unten, hat an sich nur knapp 66 mm Einbaudurchmesser. Trotz dem kleinen Durchmesser zeigt die Sonde hervorragende Leistungswerte, was wiederum dem Wellrohr und der turbulenten Strömung zu verdanken ist.

Die Vorteile der JANSEN powerwave coax im Überblick:

- Mit nur ca. 66 mm Einbaudurchmesser ist die Sonde äußerst schlank. Das erleichtert den Einbau und macht **kleinere, günstigere Bohrungen** möglich, die dann mit kleinstem Gerät ausgeführt werden können. So sind auch schwer zugängliche Bohrstandorte erreichbar.
- **Hohe Leistung:** auf dem Niveau einer herkömmlichen 32-mm-Doppel-U oder fallweise darüber.
- Der Koaxial-Sondenkopf oben hat 2 Anschlüsse Ø32mm für die horizontale Anbindung. Es werden **keine Y-Hosenstücke benötigt**.
- Dank des ausgeklügelten Sondenkopfes mit Luftbypass können mehrere Sonden horizontal in Serie verbunden werden. Das reduziert die Anzahl der Kreisläufe, was die **Verteileranlage verkleinert** oder mitunter gar unnötig macht und die Errichtungskosten zusätzlich senkt.
- Wellrohr-Erdwärmesonden zeigen nachweislich die **beste Hinterfüllungsabdichtung** (siehe unabhängiges Forschungsprojekt „EWS-Tech 2017“). Der Wellenberg formt eine natürliche Abstandshaltung zu anderen Rohren und zur Bohrlochwand. Manuelle Zentrierungen, Mindest-Ringraum oder ähnliche Vorkehrungen, die potenzielle Risiken darstellen, sind überflüssig.
- Die Sonde ist entweder in Einzelteilen oder **NEU vorkomplettiert** erhältlich, was je nach Baustellensituation größtmögliche Flexibilität oder Komfort bietet.

1. Einleitung

In Deutschland werden Erdwärmesonden zumeist nur bis auf ca. 100 m Tiefe abgeteuft. Größere Tiefen bedeuten einen höheren bürokratischen Aufwand sowie damit verbundene höhere Kosten und werden somit weitestgehend vermieden. Eine intern ermittelte Statistik der Firma Jansen zeigte, dass ungefähr 70 bis 80% der Erdwärmesonden bis maximal 100 m projektiert und realisiert

werden. Aus geologischen und insbesondere hydrogeologischen Gründen werden häufig sogar nur wesentlich geringere Tiefen genehmigt. Man spricht von so genannten Bohrtiefenbeschränkungen. Erdwärmesonden, die kürzer als 60 m sein müssen, werden hingegen kaum realisiert – ihr Anteil liegt nur bei ca. 15%.

Als Hersteller von Erdwärmesonden erhalten wir oftmals die Rückmeldung, dass ein gewisses Erdwärme-Projekt nicht realisiert werden kann, da der Platz zur Unterbringung der geforderten Anzahl an Erdwärmesonden nicht verfügbar oder mit den üblichen Bohrgeräten nicht zugänglich ist.

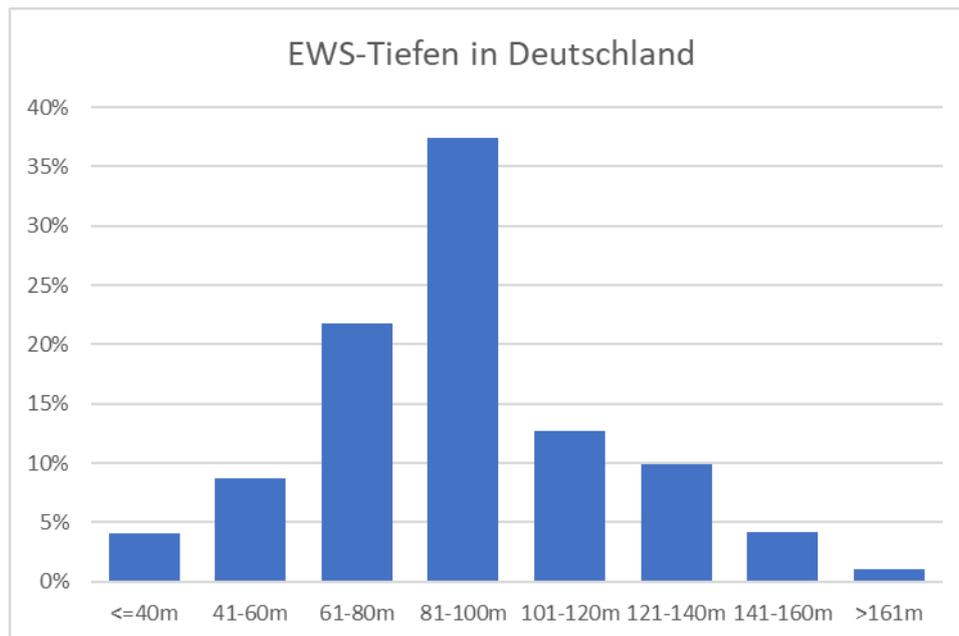


Abb. 3: Ein Großteil der Erdwärmesonden in Deutschland sind nach wie vor kürzer als 100 Meter.

Insbesondere der Sanierungsmarkt im städtischen oder vorstädtischen Bereich, wo der verfügbare Platz rund um die Gebäude eng ist, kann mit diesen Hürden nur schwer erschlossen werden. Muss Erdwärme nun außen vor bleiben? Oder kann durch die Wahl eines geeigneten SONDENSYSTEMS die Machbarkeit in vielen Fällen doch noch gerettet werden?

2. Problemlösung

2.1 Rahmenbedingungen bei der Sondenauslegung

Für die Berechnung der Sondenlänge ist generell die Richtlinie VDI4640 (Blatt 2) heranzuziehen. Die im Jahr 2019 überarbeitete Fassung legt mehr Wert auf die Beurteilung des Wärmeübergangs in der gewählten Erdwärmesonde. Dazu wurden neueste Erkenntnisse aus der Praxis und aus Simulationen eingearbeitet. Wenn man eine Sondenauslegung mittels der dort zu findenden Tabellen durchführen möchte, sind nun insgesamt meist geringere Entzugsleistungen als früher anzusetzen. Eine der Ursachen sind die laminaren Strömungsverhältnisse in Standard-Doppel-U-Erdwärmesonden, welche die Wärmeübertragungsleistung begrenzen.

Zur Ermittlung, ob eine turbulente Strömung vorliegt oder nicht, wird die so genannte «Reynoldszahl» herangezogen. Die Reynoldszahl ist keine messbare Größe; sondern es handelt sich hierbei um eine Verhältniszahl in der Strömungslehre, welche abhängig ist von Strömungsgeschwindigkeit und Viskosität des Mediums sowie dem Rohrdurchmesser. Im

Allgemeines wird angenommen, dass für gewünschte Turbulenzen in Geothermie-Systemen eine Reynoldszahl grösser 2300 erreicht werden muss. Bei Doppel-U-Erdwärmesonden mit 32 mm Rohrdurchmesser, betrieben mit einem Wasser-Ethylenglykol-Gemisch 25%, bei einer kinematischen Viskosität von 4 mm²/s und einer Dichte von 1050 kg/m³ bedeutet das einen benötigten Volumenstrom pro EWS von 1.38 m³/h, um diese Reynoldszahl zu erreichen. (VDI 4640:2019, Blatt 2, S. 39)

Grundsätzlich hängt die Reynoldszahl selbstverständlich nicht direkt von der Sondentiefe ab, aber es gibt dennoch einen Zusammenhang. Denn der Volumenstrom in EWS wird effektiv von der Wärmepumpe vorgegeben, welche auch die nötige Entzugsleistung (oder auch „Kälteleistung“) fordert. Der Volumenstrom steigt mit der Kälteleistung linear. Die Kälteleistung ist wiederum eine relevante Größe für die Dimensionierung der Sondenlänge. Somit kann also für die jeweiligen Randbedingungen ein ungefährender Richtwert ermittelt werden, ab welcher Sondentiefe mit einer turbulenten Strömung zu rechnen ist. Dieser Schwellenwert liegt in vielen Fällen bei über 100 Metern, insbesondere wenn mehrere Sonden dicht nebeneinander liegen.

Tabelle B1. Korrekturfaktor für laminare Fließverhältnisse gegenüber den in Tabelle B2 bis Tabelle B7 angegebenen Werten für die Entzugsleistung in W/m bei turbulenten Fließverhältnissen^{a)}

Wärmeleitfähigkeit	Korrekturfaktor für laminare Fließverhältnisse
1,0 W/(m·K)	0,85
2,0 W/(m·K)	0,82
3,0 W/(m·K)	0,80
4,0 W/(m·K)	0,79

a) Die Entzugsleistung ist mit dem entsprechenden, hier aufgeführten Wert (gegebenenfalls linear interpoliert) zu multiplizieren.

Abb. 4: Erdwärmesonden, die kürzer als 100 m sind, laufen am Auslegungspunkt (-1.5°C Sole-Mitteltemperatur) meist laminar. Hier ist mit einem Leistungsabschlag von etwa 20% zu rechnen. Bildquelle: VDI 4640

Wenn sich im Zuge der Auslegung herausstellt, dass mit laminaren – also nicht turbulenten – Strömungsverhältnissen zu rechnen ist, dann muss gemäß Richtlinie ein zusätzlicher Leistungsabschlag eingerechnet werden. Der Abschlag beträgt – je nach geologischen Rahmenbedingungen – 15 bis 21 Prozent. Die rechnerisch anzusetzende Entzugsleistung pro Meter Erdwärmesonde sinkt damit noch weiter. Für eine fachgerechte Dimensionierung von EWS sind die Strömungseigenschaften also ein entscheidendes Kriterium.

2.2 Wellrohr als Problemlöser

Der innovative Erdwärme-Systemlieferant Jansen hat zur Lösung dieses Problems in Zusammenarbeit mit dem Institut für Energietechnik (IET) der Hochschule Rapperswil (HSR, neu OST) eine spezielles Sondenrohr entwickelt. Die Erdwärmesonde „JANSEN powerwave single-u“ besteht aus diesem Wärmetauscher-Wellrohr mit 63 mm nominalem Durchmesser. Mehrere Produkteigenschaften sorgen dafür, dass in der Praxis die Energie aus dem Erdreich effizienter genutzt werden kann.

Die äußere Wellung sorgt für eine größere Wärmetausch-Rohroberfläche, wodurch die Energieaufnahme aus dem Erdreich erheblich erleichtert wird. Die innere Wellung versetzt das Solemedium schon bei sehr geringen Fließgeschwindigkeiten **mechanisch in eine turbulente Strömung**. Somit wird die Wärmeübertragung vom Erdreich ins zirkulierende Solemedium verbessert. Das Resultat, ein hoher Wärmedurchgangskoeffizient des JANSEN powerwave Erdwärmerohres, kann bei der Planung des Gesamtsystems miteinbezogen werden.



Abb. 5: Das 63-mm-Wellrohr der JANSEN powerwave single-u bietet eine große Oberfläche für die Energieaufnahme. Und die innere Wellung bildet Turbulenzen in der Strömung – schon bei sehr geringem Volumendurchsatz, wo herkömmliche Glattrohre laminare Verhältnisse zeigen.

Entgegen herkömmlicher Glattrohrsonden muss somit in der Auslegungsberechnung von Erdwärmesonden mit dem JANSEN powerwave Wellrohr der Abschlag wegen laminarer Fließverhältnisse auch bei sehr kurzen Sonden nicht berücksichtigt werden. Es steht die volle Wärmeleistungsübertragung zur Verfügung.

2.3 Energieaufnahme einer Koaxialsonde

Eine Koaxialsonde hat aus thermischer Sicht Vor- und Nachteile. Ein Vorteil ist, dass der gesamte Umfang des Rohres als Wärmetauscher aktiviert wird. Auch im Erdreich kann die Energie in einem Umkreis von 360 Grad um das Absorberrohr herum nachfließen. Es gibt keine energetisch toten Zonen. Ein Nachteil ist der thermische Kurzschluss zwischen den Soleströmungen.

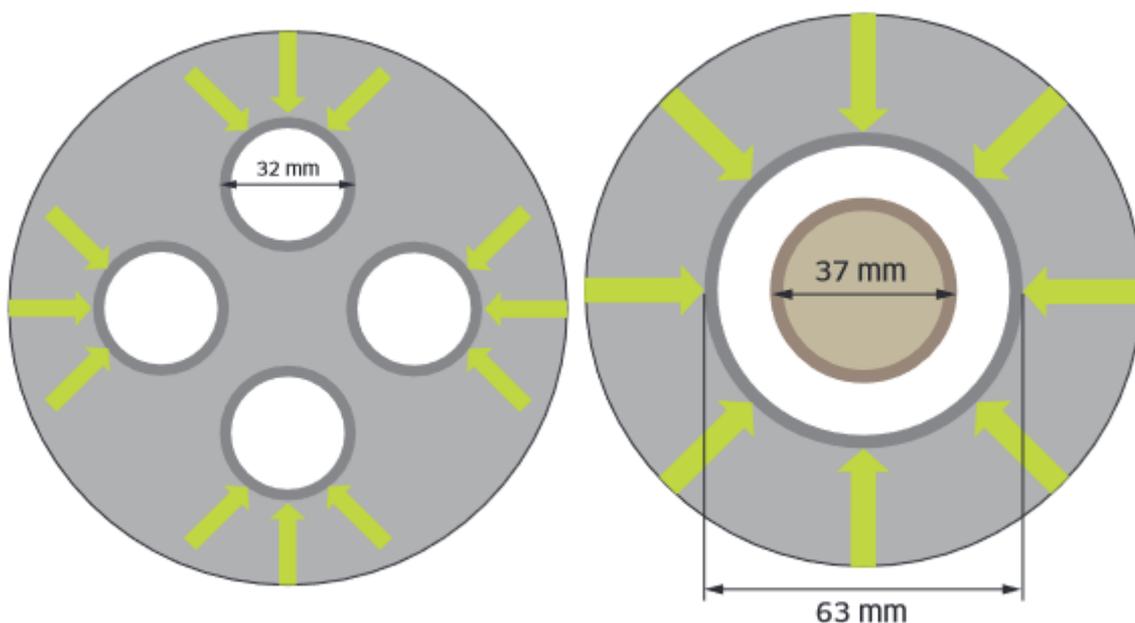


Abb. 6: Eine Koaxialsonde bietet dem Erdreich mehr Fläche zum stetigen Wärmetransport.

Schlussendlich summieren sich alle diese Faktoren in dem so genannten thermischen Bohrlochwiderstand. Wie Auswertungen zeigen, ist die turbulente Strömung sehr bedeutend, und dadurch liegt die Leistung einer JANSEN powerwave coax im Spitzensegment.

Folgende Bohrlochwiderstände wurden an einer Kundenanlage gemessen. Beide Sonden wurden am selben Standort verbaut und getestet, damit die Resultate möglichst vergleichbar sind. (Hinweis: TRTs bieten immer nur eine eingeschränkte Vergleichbarkeit, da die Resultate stark abhängig sind vom Testumfeld sowie von der angewandten Interpretationsmethodik der Messwerte.)

Sondentyp	Strömung	Bohrlochwiderstand ¹	Rechn. Entzugsleistung ²
Doppel-U 32 mm	laminar	0.135 (m*K)/W	33 W/m
JANSEN powerwave coax	turbulent	0.040 (m*K)/W	45 W/m

Abb. 7: TRT (Thermal Response Test) – Ergebnisse; ¹ Quelle: Tracto Technik

² Rechnerische Entzugsleistung gem. VDI/SIA bei Erdrreich 10°C, 2.5 W/mK Wärmeleitfähigkeit; Quelle: GLD

Das Zielsegment einer Koaxialsonde sind geringere Sondentiefen. Hier spielt der geothermische Gradient eine untergeordnete Rolle. Im Gegenteil, in geringen Tiefen ist das thermische Regenerationsverhalten des Untergrundes dank Wärmeeintrag von oben durch Sonne und Wasser vorherrschend und ideal.

2.4 Beide Vorteile in einem: Koaxialsonde mit Wellrohr



Abb. 8: Die JANSEN powerwave coax – eine Koaxialsonde bestehend aus äußerem Wellrohr, innerem Glattrohr, Sondenfuß (unten) und Sondenkopf (oben)

Die JANSEN powerwave coax ist eine Koaxialsonde, bestehend aus dem äußeren 63-mm-Wellrohr und einem inneren Glattrohr. Idealerweise, zur maximalen Temperaturnutzung, wird die Erdwärmesonde so angeschlossen, dass die Sole zuerst im Zwischenraum nach unten fließt und auf dem Weg nach unten kontinuierlich die steigenden Temperaturen des Untergrundes aufnimmt. Im Sondenfuß wird die Strömung ins Innenrohr umgelenkt und fließt dort wieder nach oben. Der Koaxialsondenkopf trennt die beiden Strömungsrichtungen. Zwei 32-mm-Glattrohren dienen als Anschluss für die horizontalen Verbindungsleitungen.

2.5 Sichere Bohrlochabdichtung dank Wellenstruktur

Durch die Verzahnung der Wellenstruktur mit der Hinterfüllung wird das Bohrloch einer JANSEN powerwave Erdwärmesonde bestmöglich abgedichtet. Herkömmliche Verfahren beim Einbau sind

hierbei vollkommen ausreichend. Die Dichtwirkung beruht auf dem Funktionsprinzip einer Labyrinthdichtung. Die Wegeverlängerung erhöht den Durchlässigkeitswiderstand im Bohrloch. Damit wird der Befürchtung, die bei herkömmlichen Glattrohr-Erdwärmesonden herrscht – nämlich es könnte sich zwischen den Rohren und dem Hinterfüllmaterial ein Spalt bzw. Zwischenraum bilden, in dem Wasser aufsteigen kann – mit ganz natürlichen Mitteln Sorge getragen.



Abb. 9: Optimale Bohrlochabdichtung: Die Verzahnung (Bild links) des Hinterfüllmaterials mit den Wellen der JANSEN powerwave Erdwärmesonde führt zu absoluter Dichtheit gemäß dem Funktionsprinzip einer Labyrinthdichtung. Die marmorierten Flächen (Bild Mitte) zeigen auf, dass die Hinterfüllung das JANSEN powerwave Wellrohr bis direkt an die Bohrlochwand umschließt und somit das Bohrloch rundum abdichtet. Die Wellen stellen eine natürliche Abstandhaltung dar. Ein Schnitt durch die Hinterfüllung (Bild rechts) zeigt die Verzahnung, wodurch ein Aufsteigen von Wasser verhindert wird. Bildquellen: links: Jansen, Mitte & rechts: EWS-Tech 2017 (Solites, Karlsruher Institut für Technologie, European Institute for Energy Research, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, S. 272)

Zusätzlich bewirkt der Wellenberg eine natürliche Abstandshaltung zu anderen Rohren und zur Bohrlochwand. Hier kann das unten injizierte Material problemlos aufsteigen, die Rohre umschließen und selbst bei stark verdrehten Rohrbündeln jede Stelle des Bohrlochs lückenlos füllen. Auf manuelle Zentrierungen, die potenzielle Risiken darstellen, kann verzichtet werden. Somit wird auch der größten Sorge – nämlich Hinterfüll-Fehlstellen oder sonstigen Aufstiegskanälen – physikalisch nachvollziehbar vorgebeugt. Die Systemdurchlässigkeit geht gegen Null, so sind Grundwasservorkommen optimal geschützt.

Diese Vorteile wurden in einer unabhängigen Untersuchung belegt. Das JANSEN powerwave Wellrohr erhielt die Bestnote im Forschungsvorhaben EWS-Tech 2017. (Solites, Karlsruher Institut für Technologie, European Institute for Energy Research, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, S. 271 ff.)

2.6 Bohrdurchmesser

Diese Eigenschaften stellen die Systemsicherheit des Bauwerks Erdwärmebohrung mit ganz einfachen Mitteln sicher. Somit ist es technisch logisch und richtig, dass ein möglichst kleiner Bohrdurchmesser gewählt wird – gerade noch groß genug, um die Sonde ohne Beschädigung ins Bohrloch einbauen zu können.

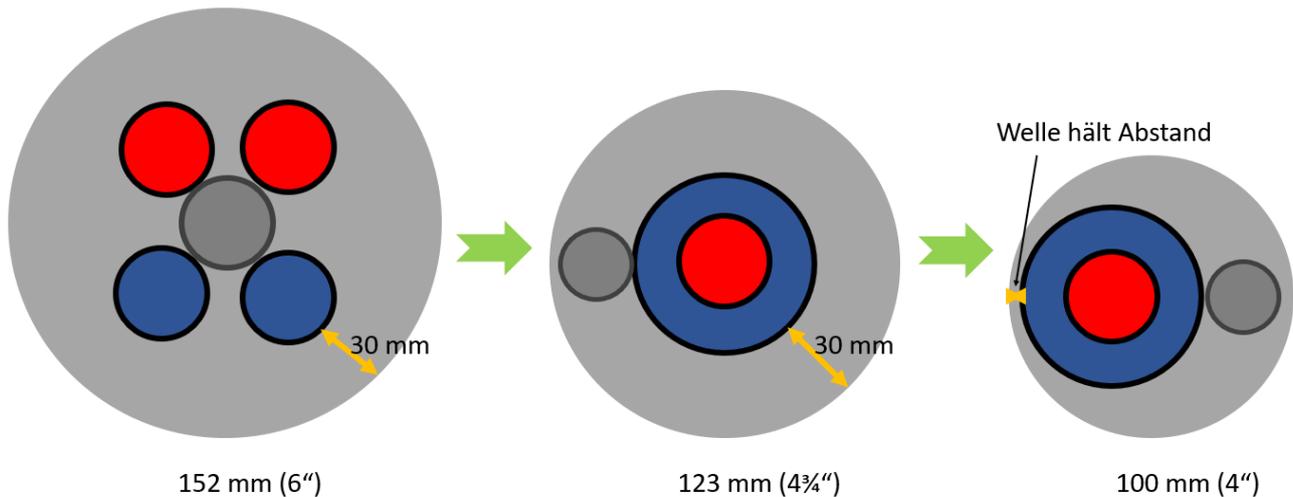


Abb. 10: Die JANSEN powerwave coax erlaubt aufgrund Ihres schlanken Aufbaus generell die Verwendung eines wesentlich kleineren Bohrdurchmessers als bei herkömmlichen Doppel-U-Glattröhrensonden. Weiters ist aus technischer Sicht ein Weglassen eines Mindest-Ringraums zu bevorzugen, sodass sich – je nach Injektionsrohrdimension – ein Bohrdurchmesser von ca. 100 mm ergibt.

Klassische U-Sonden-Bohrungen werden oft mit einem Durchmesser von 152 mm realisiert. Das Wellrohr hat jedoch einen Außendurchmesser von gerade einmal 63 mm, zuzüglich Injektionsrohr. Aus technischer Sicht ist daher ein Bohrdurchmesser von ca. 100 mm durchaus machbar.

Ein geringer Bohrdurchmesser spart Kosten bei der Errichtung der Anlage: weniger Kraftstoffverbrauch des Bohrgerätes, weniger zu entsorgender Bohrschlamm, weniger Injektionsmaterial für ein kleineres zu hinterfüllendes Volumen und nicht zuletzt eine enorme Zeitersparnis sprechen für sich.

2.7 Kleine Bohrgeräte

Ein geringer Bohrdurchmesser ermöglicht auch alternative Einbaumethoden mit kleineren Geräten. Beispielsweise ist der Einbau in geramnten Stahlrohren oder Fundationspfählen eine schnelle und intelligente Variante. Bohrgeräte in klassischer Ausführung, jedoch kleiner und wendiger, gestatten Erdwärmeeinstellungen bei sehr engen Platzverhältnissen oder schwer zugänglichen Standorten.

Somit macht sich die JANSEN powerwave coax in folgenden Situationen besonders beliebt:

- Bohrtiefenbeschränkungen
- Bohrverfahren mit bevorzugt kleinem Bohr- bzw. Einbaudurchmesser
- Kleine Geräte für Heizungssanierungen in Quartieren mit enger bzw. verdichteter Bauweise
- Neubauten mit geringem Wärmebedarf und dadurch kurzen Sonden

2.8 Weitere Vorteile

Die JANSEN powerwave coax ist clever gestaltet. Am oberen Ende der Erdwärmesonde blicken nicht – wie im herkömmlichen Fall – vier Rohre aus dem Bohrloch, sondern nur die zwei 32-mm-Anschlüsse des Sondenkopfs. Es werden keine Y-Hosenstücke benötigt. Dies spart Zeit und Geld bei den Anschlussarbeiten.

Der Sondenkopf ist außerdem mit einem Luftbypass ausgestattet. Dieser leitet allfällig vorkommende kleine Luftbläschen direkt horizontal weiter. So werden Ansammlungen residualer Luft in den Sonden selbst dann vermieden, wenn Sonden in Serie verbunden werden. Es können sogar

mehrere Sonden seriell geschaltet werden; je nach Sondentiefe und Volumenstrom sind 120 bis 160 Bohrmeter keine Ausnahme. Das reduziert die Anzahl der Verteil-Kreisläufe, was die **Verteileranlage vereinfacht und verkleinert** oder mitunter gar unnötig macht. Auch wenn nur je 2 Sonden miteinander verschaltet werden, wird die Verteileranlage bereits halbiert, was auch die Anzahl Mauerdurchführungen, Fittings und Rohrbefestigungen halbiert, oder den Einsatz von kleineren und leichter zugänglichen Schächten ermöglicht. Gerade bei Großprojekten wird die Leitungsführung erheblich vereinfacht. Und bei Gebäuden mit geringem Wärmebedarf (bis zirka 7 kW Heizleistung) ist meist überhaupt keine Verteileranlage notwendig. Mit der Serienschaltung können viele Kilometer an Rohr-Verbindungsleitungen gespart werden, was die Errichtungskosten zusätzlich senkt.

3. Auf- und Einbau der JANSEN powerwave coax

Die JANSEN powerwave coax ist in 3 unterschiedlichen Komplettierungsstufen erhältlich.

3.1 Basisvariante „Standard“

<i>Ausführung</i>	Wie bei allen Varianten wird auch bei der Standardvariante das gewellte Außenrohr mit dem Sondenfuß im Werk verschweißt. Das Innenrohr wird jedoch noch nicht im Werk eingebaut, sondern separat geliefert.
<i>Installation (Ablauf)</i>	Zuerst muss das Außenrohr ins Bohrloch eingebaut werden. Sobald dieses auf Endtiefe eingebaut wurde, kann das Innenrohr eingeführt werden. Auf Höhe der horizontalen Verbindungsleitungen wird dann der Sondenkopf mittels einer Elektroschweißmuffe angeschweißt.
<i>Nachteil</i>	Während des Einbauens ist ein Füllen des Außenrohres mit Wasser nur erschwert möglich. Bei Bohrungen mit frühem Wasserzutritt wird deshalb das Einbauen mit zunehmender Tiefe schwieriger. Aus diesem Grund ist diese Variante nur dann zu empfehlen, wenn sehr kurze Sonden gebohrt werden oder davon auszugehen ist, dass kaum oder gar kein Wasser im Bohrloch anzutreffen sein wird. (Lösungswege, um die Standardvariante auch in wasserreichen Situationen einbauen zu können, wären, mehr Einbaugewichte anzubringen, oder die Sonde vor Einbau auszurollen.)
<i>Vorteil</i>	Diese Variante bietet das beste Preis-Leistungs-Verhältnis. Sonden können zudem einfach eingekürzt und auf die Einbautiefe angepasst werden.



Abb. 11: JANSEN powerwave coax in der Basisvariante „Standard“ mit GRD-Schrägb Bohrverfahren in einem Schacht; Links: Schritt 1: 4 Bohrungen mit eingebauten Außenrohren, mittels Schutzkappen verschlossen; Mitte: Schritt 2: in Sonde Nr. 1 wird das Innenrohr eingeschoben, auf Sonde Nr. 2 läuft eine Druckprüfung; Rechts: Schritt 3: der Koaxial-Sondenkopf wird mit dem Innenrohr verbunden und mittels E-Muffe aufs Außenrohr geschweißt

3.2 Variante mit werkseitig eingeschobenem Innenrohr

<i>Ausführung</i>	Ergänzend zur Basisvariante wird hier das Innenrohr bereits im Werk ins gewellte Außenrohr eingeschoben, gemeinsam aufgewickelt, und somit gesamt geliefert.
<i>Installation (Ablauf)</i>	Das Koaxial-Paket wird gemeinsam bis auf Endtiefe eingebaut. Auf Höhe der horizontalen Verbindungsleitungen wird dann der Sondenkopf mittels einer Elektroschweißmuffe angeschweißt.
<i>Nachteil</i>	Teurer als Basisvariante. Mehr Installationsaufwand als bei Komfortvariante.
<i>Vorteil</i>	Diese Variante bietet maximale Flexibilität. Die Sonde kann jederzeit über das Innenrohr mit Wasser gefüllt werden und somit sind auch wassergefüllte Bohrlöcher kein Problem. Außerdem kann eine Sonde noch mit überschaubarem Aufwand eingekürzt und auf die Einbautiefe angepasst werden.

3.3 Komfortvariante komplett vorkonfektioniert

<i>Ausführung</i>	Ergänzend zur Basisvariante wird hier das Innenrohr bereits im Werk ins gewellte Außenrohr eingeschoben, gemeinsam aufgewickelt, und somit gesamt geliefert. <i>Zusätzlich werden auch bereits im Werk das Außen- und Innenrohr mit dem Koaxial-Sondenkopf verschweißt.</i>
<i>Installation (Ablauf)</i>	Das komplette Koaxial-Paket wird bis auf Endtiefe eingebaut. Da der Sondenkopf bereits werkseitig angeschweißt geliefert wird, ist bauseitig keine Komplettierung mehr nötig und die horizontalen Verbindungsarbeiten können direkt ab den 32-mm-Anschlüssen erfolgen.
<i>Nachteil</i>	Teuerste Variante. Außerdem kann die Sonde nur innerhalb der Länge der 32-mm-Anschlussrohre eingekürzt werden; im Fall, dass die Bohrtiefe um einiges verfehlt wird, müsste der Sondenkopf abgetrennt, danach das Innenrohr gezogen und eingekürzt, sowie das Außenrohr abgeschnitten, und dann ein neuer Sondenkopf wieder angeschweißt werden.
<i>Vorteil</i>	Diese Variante bietet maximalen Komfort. Die Sonde kann jederzeit über eines der 32-mm-Anschlussrohre mit Wasser gefüllt werden und somit sind wassergefüllte Bohrlöcher kein Problem. Die 32-mm-Anschlussrohre bieten auch die Möglichkeit, die Sonde jederzeit druckdicht abzusperrern und ermöglichen somit auch den Einbau in tiefere Bohrlöcher (120 Meter wurden bereits realisiert) oder bei Verwendung von Hinterfüllmaterial mit erhöhter Dichte.



Abb. 12: Komplett vorkonfektionierte JANSEN powerwave coax Erdwärmesonden

4. Beispielprojekte

Viele der in den letzten Jahren realisierten Projekte haben gemein, dass die Erschließung von Erdwärme nur mithilfe kleiner Bohrgerätschaften vernünftig umsetzbar war. Es folgen einige Beispiele rund um den Globus, mit unterschiedlichsten Bohrverfahren.

4.1 Stahlrohr-Rammverfahren, Rheintal, Österreich

Rammbare Böden, wie sie beispielsweise im Vorarlberger Rheintal vorkommen, sind ein idealer Einsatzort für die JANSEN powerwave coax. Die Sonde wird in zuvor eingerammte – und deshalb möglichst schlanke – Stahlrohre eingebaut. Das Einbaugerät – ein konventioneller 8-Tonnen-Bagger mit Schlaghammer – kommt an beinahe jeden Einsatzort.



Abb. 13: Links: Einrammen von Stahlrohren; Rechts: das Stahlrohr wird anschließend mit einer flüssigen Hinterfüllsuspension auf ein zuvor berechnetes Niveau befüllt und dann die JANSEN powerwave coax eingestoßen.

4.2 Schrägbohrverfahren, Dortmund, Deutschland

Die JANSEN powerwave coax eignet sich besonders auch für Schrägbohrungen (z.B. mittels GRD) oder Horizontalbohrungen. Bei solchen Bohrverfahren kommen bevorzugt kleine Durchmesser zum Einsatz. Die schlanke Wellrohr-Koaxialsonde lässt sich komfortabel einbauen.



Abb. 14: Einbau mittels GRD-Schrägbohrverfahren

4.3 Spülbohrung, Bristol, Vereinigtes Königreich

In den Werks-Testeinrichtungen in Bristol (UK) prüft der namhafte Flugzeugantriebshersteller Rolls-Royce die Funktion und Leistungsfähigkeit der Turbinen. Dabei fällt Abwärme in enormen Mengen an. Gleichzeitig mussten Büro-, Lager-, Museums- und andere Einrichtungen auf dem Gelände aufwändig beheizt werden. Einerseits mussten also die Leistungen, andererseits die saisonalen Energieanforderungen ausgeglichen werden. Dafür dienen 2 große Sondenfelder mit insgesamt 134 Sonden à 120 Meter, davon 50 JANSEN powerwave coax und 84 JANSEN powerwave single-u, mit mehreren daran angeschlossenen Groß-Wärmepumpen.



Abb. 15: Turbinen-Testeinrichtungen Rolls-Royce, Bristol



Abb. 16: Eine der 50 JANSEN powerwave coax. Der Kunde verbaute die komplett vorkonfektionierte Variante. Es blicken die zwei 32-mm-Anschlussrohre sowie das Injektionsrohr aus dem Bohrloch.

4.4 Vibrations-Bohrverfahren, Perth, Australien

An diesem Standort wurden aufgrund geologischer Verhältnisse relativ kurze Erdwärmesonden projektiert, insgesamt 4 Stück à 50 Meter. Es kam ein Hochfrequenz-Vibrations-Bohrgerät des Typs „SonicSampDrill“ zum Einsatz. Ziel war es, ein möglichst schlankes, standfestes Bohrloch zu

erzeugen, das ohne Standverrohrung auskommt, um die Errichtungskosten nochmals zu minimieren.

Hier wurde die Standard-Basisvariante bevorzugt. Bei 16 m Tiefe war mit Grundwasser zu rechnen. Das Außen-Wellrohr wurde mit 40 kg Beschwerung eingebaut, bis es bei ca. 35 m Tiefe Auftrieb bekam. Für die letzten 15 m Einbaulänge konnte die Sonde bereits einfach von oben mit Wasser gefüllt und somit mit genügend Gewicht auf Endtiefe eingebaut werden.



Abb. 17: Links: Bohrung mittels „SonicSampDrill“, im Hintergrund ist ein Schnitt durch den weichen Kalkstein zu sehen, in den gebohrt wurde; Rechts: eingebautes Außenrohr der JANSEN powerwave coax Standard-Variante. Im Zuge der Erstellung der Verbindungsleitungen wird dann auch das Innenrohr eingebracht und der Sondenkopf angeschweißt.

4.5 Standard-Bohrverfahren, Region Frankfurt a. Main, Deutschland

Auch mit herkömmlichen Hammerbohrverfahren lässt sich die Sonde selbstverständlich gut und sicher einbauen. Die Möglichkeit, kleinere Bohrdurchmesser zu wählen, erhöht die Bohrgeschwindigkeit bzw. Produktivität der Maschinen und macht die Erstellung der Bohrlöcher günstiger, da auch weniger Bohrschlamm anfällt. Der Kunde bohrt hier mit einem von ihm bevorzugten 130 mm Enddurchmesser und setzt meist die JANSEN powerwave coax in der Komfortvariante (komplett vorkonfektioniert) ein.



Abb. 18: Links & Mitte: Kontrollierter Einbau der Komfortvariante; Rechts: Fertig angeschlossene Erdwärmesonde, hier in der Basisvariante mit Sondenkopf mit abgewinkelten Anschlussrohren; Fotoquelle: Kunkel Spezialtiefbau

5. Planungshilfen

Für ein gelungenes Erdwärmeprojekt sind nicht nur qualitative Produkte nötig, sondern auch eine passende Planung. Der Aufwand hierfür soll verhältnismässig sein. Jansen bietet dafür nützliche Planungshilfen sowie technischen Support.

5.1 Auslegung gemäß VDI 4640

In einer Vorprojektphase soll schnell festgestellt werden können, in welcher Größenordnung die benötigten Bohrmeter bei Verwendung von JANSEN powerwave coax Erdwärmesonden liegt. Dazu können die Auslegungshinweise der VDI 4640, Blatt 2, herangezogen werden. Die Ergebnisse daraus können für die JANSEN powerwave coax als eher konservativ und sicher betrachtet werden.

Vorteil: Anders als bei herkömmlichen Glattrohrsonden muss mit dem JANSEN powerwave Wellrohr der Abschlag wegen laminarer Fließverhältnisse auch bei sehr kurzen Sonden nicht berücksichtigt werden. Es steht die volle Wärmeleistungsübertragung einer turbulenten Strömung zur Verfügung.

5.2 Berechnungstool

Anwendern, die mit der Auslegung von Erdwärmesonden vertraut sind, stellt Jansen ein kostenloses Berechnungstool zur Verfügung. Das auf Microsoft Excel aufgebaute Programm bietet eine rasche und einfache Möglichkeit zur sicheren Planung von kleinen bis mittelgroßen Anlagen.

5.3 Simulation

Insbesondere bei Großbaustellen ist es nützlich und wichtig, eine Simulation des Sondenfeldes durchführen zu können. Damit lässt sich die Auslegung auf sichere Beine stellen. Die thermische Belastung des Untergrundes und die gegenseitige Beeinflussung von Erdwärmesonden kann damit besser berücksichtigt werden. Andererseits können zusätzliche verschiedenste Einflussparameter wie eine mittels TRT ermittelte Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes, thermisch verbesserte Hinterfüllmaterialien, vom Standard abweichende Bedarfsprofile bis hin zu einer Regeneration der Anlage etc. besser berücksichtigt und ggf. auch Bohrmetersparungen realisiert werden.

EED ist eine im deutschsprachigen Raum häufig eingesetzte Erdwärme-Planungssoftware. Die Wärmedurchgangseigenschaften des Wellrohres bzw. auch des Innenrohres können mithilfe eines Datensatzes ins EED eingespeist werden. Der Datensatz steht auf der Website der Jansen AG zum Download zur Verfügung. Die Berechnungsergebnisse lassen sich mittels dieser Software auch objektiv vergleichen.

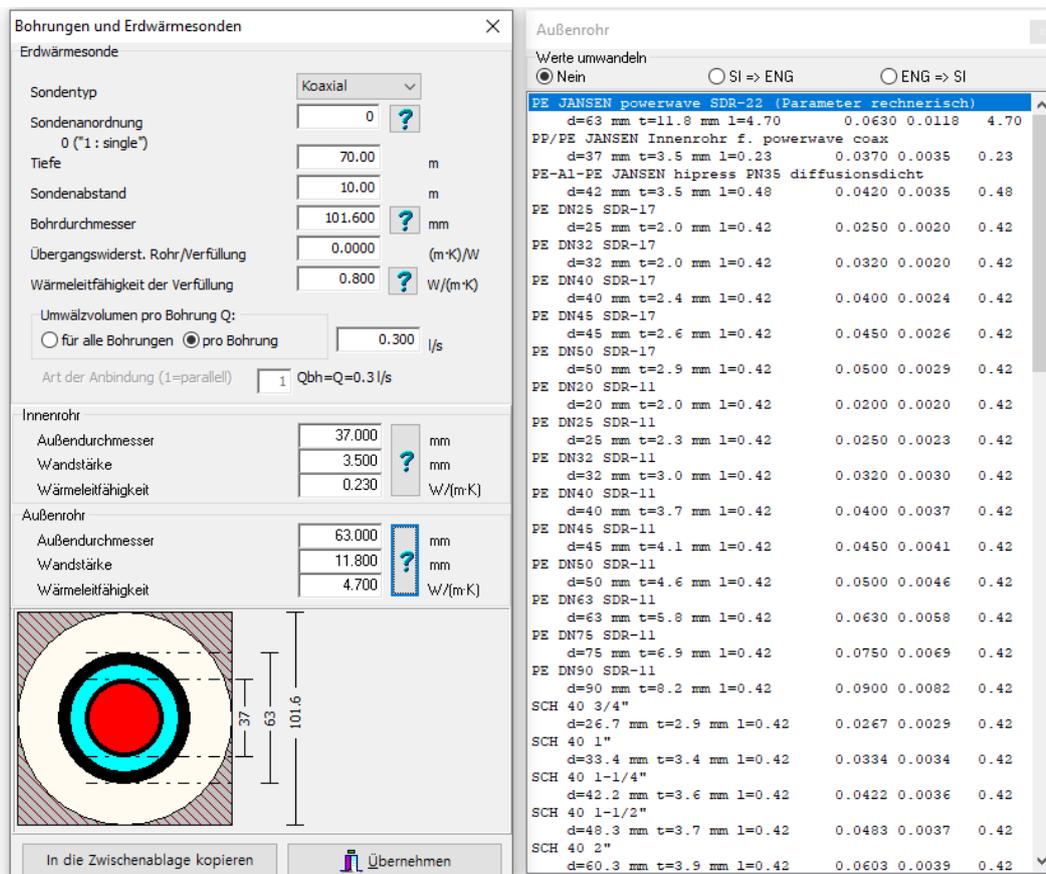


Abb. 19: Das JANSEN powerwave Wärmetauscher-Wellrohr lässt sich für Simulationen einfach in EED integrieren.
Quelle und Anleitung: www.jansen.com/powerwave

5.4 Technischer Support

Erfolgreiche Projekte zeichnen sich dadurch aus, dass alle beteiligten Kräfte miteingebunden werden und gut zusammenarbeiten – von der Bauherrschaft über den Produktlieferanten bis zum Installationsunternehmen. Das technische Supportteam der Jansen AG steht deshalb gerne unterstützend zur Seite.

6. Fazit

Erdwärme bei Tiefen kleiner als 100 Meter kann mithilfe von JANSEN powerwave Sonden qualitativ, effizient und für ausführende Unternehmen wirtschaftlich umgesetzt werden. Auch Hindernisse wie Platzmangel oder Tiefenbeschränkungen können mit dieser Technologie überwunden werden. Kleine Bohrgeräte können Räume erschließen, die für große Gerätschaften oft nur schwer oder gar nicht zugänglich sind. Das eröffnet neue Märkte für die Erdwärme. Zur vollsten Zufriedenheit für viele Kunden konnte dies bereits bei vielen Projekten gezeigt und bewiesen werden. Gleichzeitig wird mit dem Wellrohr die Systemsicherheit im Bohrloch erhöht.

Vereinfacht gilt folgende Faustregel:

Die JANSEN powerwave coax stellt bis ca. 70 m eine sehr interessante Alternative dar, insbesondere für all jene Fälle, wo kleine Bohrdurchmesser vorteilhaft sind.

Benjamin Pernter, Jansen AG, Industriestr. 34, 9463 Oberriet, Schweiz, geothermie@jansen.com