Humanoide Roboter könnten neue Nachfrage nach kritischen Mineralien auslösen

Veröffentlicht am 9. März 2026

Baoqi Zhu
Associate Director, Quantitative Research & Multi Asset Solutions

Die wichtigsten Erkenntnisse

- Humanoide basieren auf zwei minerallastigen Systemen: Aktuatoren treiben die Nachfrage nach Seltenerdmagneten und Kupfer an, Batterien hingegen den Bedarf an Lithium.
- Angesichts der neuesten Fortschritte bei KI ist ein breiter Einsatz heute wahrscheinlicher. Wenn Humanoide von Pilotprojekten zu Flotten ausgebaut werden, könnte die Nachfrage nach Mineralien schnell steigen.
- Das Angebot kann möglicherweise nur langsam reagieren. Die Inbetriebnahme von neuen Minen und Verarbeitungsprojekten dauert viele Jahre, sodass selbst moderate Nachfrageüberraschungen die Märkte verknappen können.
- Ein weiteres Risiko ist die Konzentration der Lieferketten. Die Verarbeitung und die Herstellung von Magneten sind oft konzentrierter als der Bergbau, was bei einem verstärkten Einsatz das geopolitische Risiko und das Preisrisiko erhöht.

Kritische Mineralien gewinnen zunehmend an Bedeutung. Die Nachfrage wird durch Netzaufrüstungen, die rasche Verbreitung von EV[1] und wachsende geopolitische Spannungen rund um die Lieferketten gestützt. Ein potenzieller Wachstumsmotor wird jedoch nach wie vor unterschätzt. Die zunehmende Verbreitung humanoider Roboter könnte neue Nachfrage schaffen und das Risiko von Defiziten bei bestimmten Mineralien verstärken.

Als Jensen Huang neue physische KI[2]-Modelle für Roboter vorstellte, erklärte er, „der ChatGPT-Moment für physische KI sei gekommen“. Diese Aussage ist nicht nur für KI relevant, sondern wirft auch eine praktische Frage für Anleger auf: Was bedeutet der großflächige Einsatz humanoider Roboter für kritische Mineralien?

Bau eines Humanoiden: Die benötigten kritischen Mineralien

Aktuatoren: NdPr und Kupfer

Ein Humanoid benötigt viele Motoren zur Bewegung seiner Gelenke. Beispielsweise verwendet Teslas Optimus Gen 2[3] insgesamt 28 Motoren für wichtige Gelenke wie Schultern, Ellbogen, Hüfte und Beine. Darüber hinaus nutzt er besonders kleine Motoren für die Hände, um die Finger zu bewegen und die Kontrolle zu verbessern.

Viele dieser Motoren verwenden starke Permanentmagnete, die kleine, aber leistungsfähige Motoren ermöglichen. Diese Magnete werden in der Regel aus einem Stoff namens NdFeB[4] hergestellt und enthalten seltene Erden, vor allem Neodym und Praseodym (NdPr). Der andere wichtige Einsatzstoff ist Kupfer, das vor allem in Motorwicklungen verwendet wird.

Mit der Weiterentwicklung humanoider Roboter werden mehr Freiheitsgrade erforderlich sein, um die Geschicklichkeit – insbesondere der Hände – zu verbessern. Das wiederum bedeutet, dass mehr Aktuatoren und Motoren benötigt werden und somit auch mehr Mineralien (vorausgesetzt, Permanentmagnetmotoren bleiben Standard).

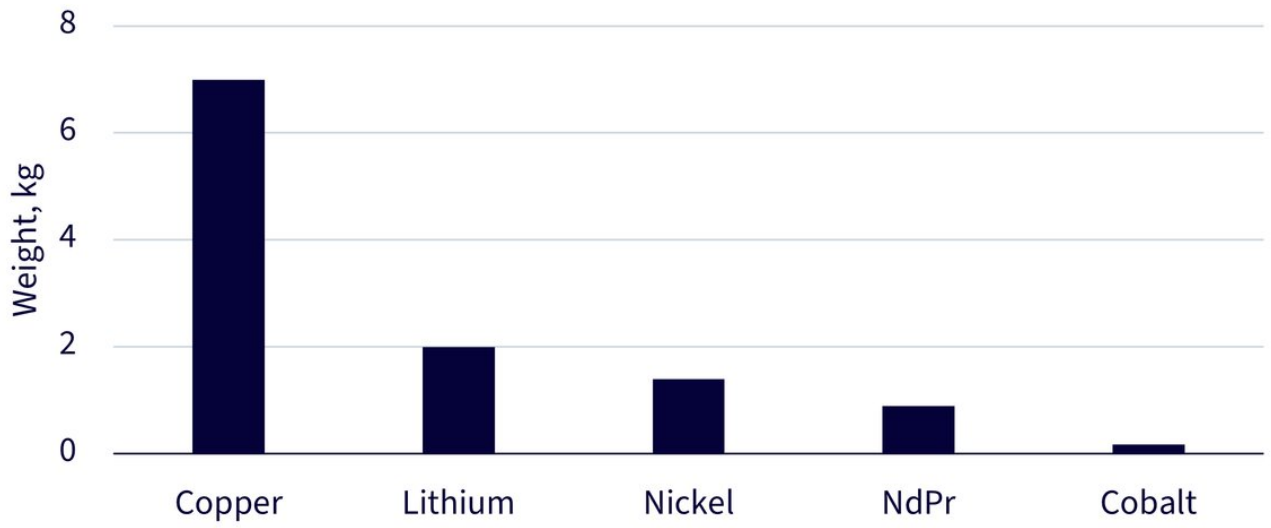
Batteriesätze: Lithium, Nickel, Kobalt, Kupfer

Im Gegensatz zu EV benötigen Humanoide kleinere Batteriesätze, um den Körper anzutreiben. Daher sind Batterien mit höherer Energiedichte wie Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminiumoxid- (NCA) und Nickel-Mangan-Kobalt- (NMC) Batterien besser für humanoide Anwendungen geeignet. Kupfer ist auch für Batterien von zentraler Bedeutung und wird für die inneren Metallschichten und Verbindungen verwendet.

Verkabelung, Chips und Ladeinfrastruktur

Kupfer taucht ebenfalls in der Verkabelung des Roboters auf, die Strom und Daten durch Körper und Gelenke leitet. Die Ladeinfrastruktur kann mit zunehmender Flottengröße mehr Kupfer einsetzen. Chips können zwar einige Materialien wie Gallium enthalten, aber die Mengen sind im Vergleich zu Kupfer normalerweise verschwindend gering.

Abbildung 1: Geschätztes Gewicht der pro Humanoid benötigten kritischen Mineralien



Quelle: Morgan Stanley: „The robots are coming…for critical minerals“, 21. Mai 2025. Die Schätzungen beziehen sich auf den Basisfall. Prognosen sind kein Hinweis auf die künftige Wertentwicklung, und alle Anlagen sind mit Risiken und Ungewissheiten verbunden**.**

Die Bedeutung des neuesten technologischen Fortschritts für die Nachfrage nach Mineralien

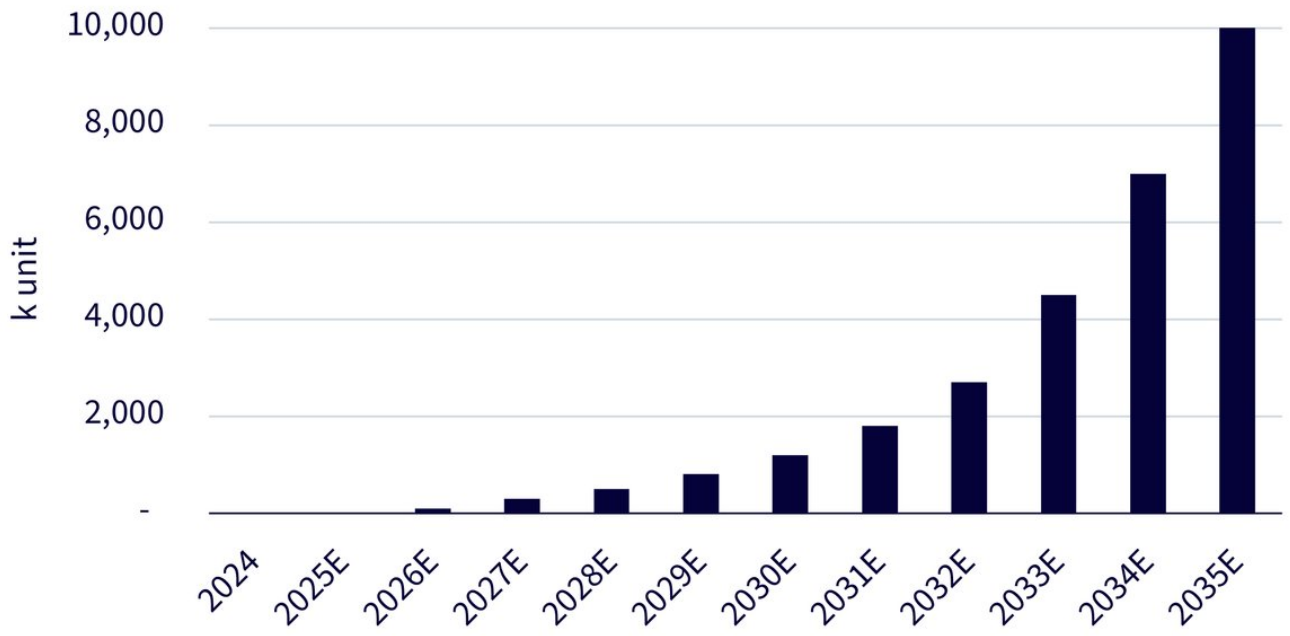
Der Bedarf an kritischen Mineralien für Humanoide hängt vom Ausmaß ihres Einsatzes ab. Angesichts neuerer Entwicklungen wird dieses Szenario immer wahrscheinlicher, und wenn Humanoide von Pilotprojekten zu ganzen Flotten ausgebaut werden, wird die Nachfrage nach Mineralien entsprechend der Stückzahlen steigen.

Aus Sicht der Software war das Training von Robotern für den Einsatz in der physischen Welt im Vergleich zum Training eines Modells in der digitalen Welt bisher kostspielig und zeitaufwendig, da Daten aus realen Experimenten gesammelt werden müssen. Mit der Weiterentwicklung von Vision-Sprachmodellen und dem zunehmenden Einsatz von Simulations- und synthetischen Daten im Training können Entwickler jedoch vielfältigere Situationen schaffen und schneller als bei physischen Tests allein Fortschritte erzielen. Gemeinsam könnten sie die Entwicklungszyklen verkürzen und die Integrationskosten für Hersteller senken.

Was die Hardware betrifft, dürften mit der Standardisierung der Designs und der Skalierung der Produktion die Kosten für Schlüsselkomponenten wie Aktuatoren abnehmen. In Verbindung mit den Entwicklungen bei Software dürften Humanoide in Zukunft intelligenter und erschwinglicher werden.

Die Wall Street gibt relativ positive Prognosen zum Einsatz humanoider Roboter ab. Morgan Stanley schätzt, dass der Gesamtbestand an Humanoiden bis 2050 1 Milliarde erreichen und der jährliche Absatz 200 Millionen Einheiten betragen könnte.[5] Nach Hochrechnungen der Bank of America werden bis zum Jahr 2035 etwa 10 Millionen Humanoide im Einsatz sein.[6] Solche Zahlen spiegeln auch die Stimmung an den Märkten wider.

Abbildung 2: Prognose für den jährlichen Absatz humanoider Roboter



Quelle: Bank of America: „AI left the chat! Physical AI Primer“, 5. Februar 2026. **Prognosen sind kein Hinweis auf die künftige Wertentwicklung, und alle Anlagen sind mit Risiken und Ungewissheiten verbunden.**

Herausforderung für Lieferketten

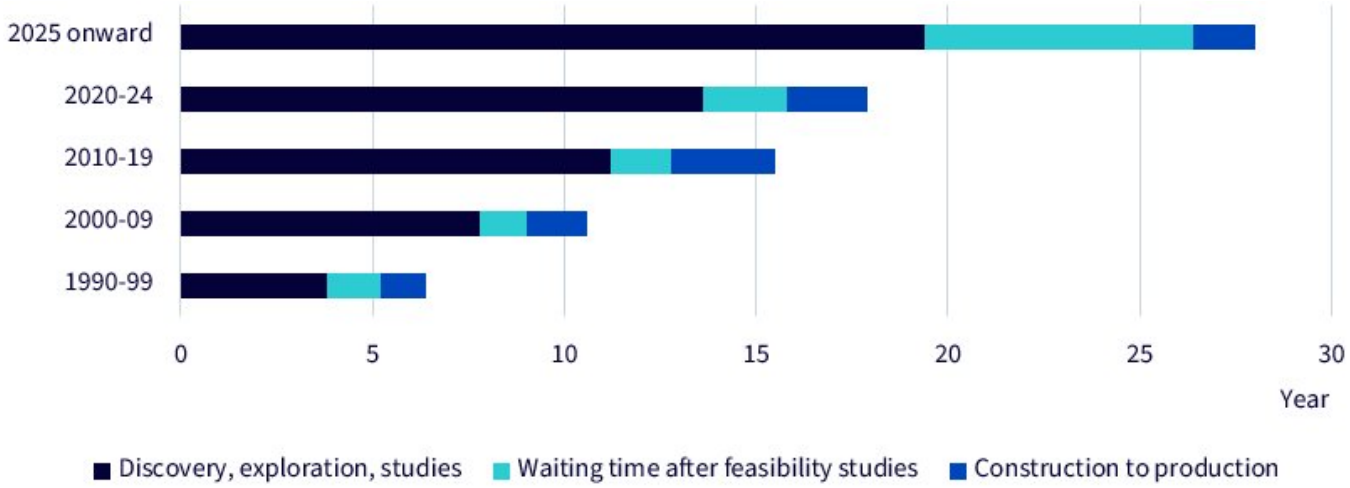
Der potenzielle großflächige Einsatz von Humanoiden könnte sich durch die Nachfrage nach kritischen Mineralien auf die Handelsbilanzen auswirken. Nehmen wir als Beispiel Lithium. Die weltweite Lithiumproduktion belief sich 2024 auf rund 240.000 Tonnen. Wenn wir davon ausgehen, dass ein Humanoid 2 kg Lithium benötigt, würden 10 Millionen Humanoide 20.000 Tonnen Lithium beanspruchen, was etwa 8 % der weltweiten Produktion des Jahres 2024 entspricht. Obwohl humanoide Roboter noch nicht in großem Umfang eingesetzt werden, sind zwei Merkmale der Lieferketten für relevante kritische Mineralien zu berücksichtigen:

1. Projektvorlaufzeiten und das Risiko von Defiziten

Wenn sich die Nachfrage nach Humanoiden einstellt, könnte sie schnell wachsen und das Angebot dürfte kaum Schritt halten können. Die Aufnahme der Produktion in neuen Minen dauert viele Jahre, und die Vorlaufzeiten sind seit den 1990er-Jahren noch länger geworden. Bei vielen Projekten dauert es oft deutlich mehr als zehn Jahre, bis sie von der Entdeckung bis zur Produktion gereift sind, und bei den jüngsten Projekten beträgt die durchschnittliche Zeitspanne sogar fast 18 Jahre. Der Großteil dieser Zeit entfällt nicht auf den Bau. Er wird für Exploration, Machbarkeitsstudien, Genehmigungen und Finanzierung aufgewendet.

Das birgt ein klares Risiko von Defiziten. Wenn Humanoide immer häufiger zum Einsatz kommen und die EV- und Stromnachfrage ungebrochen stark bleibt, könnte der Bedarf an wichtigen Mineralien schneller wachsen als das neue Angebot.

Abbildung 3: Durchschnittliche Vorlaufzeit für Minen seit 1990

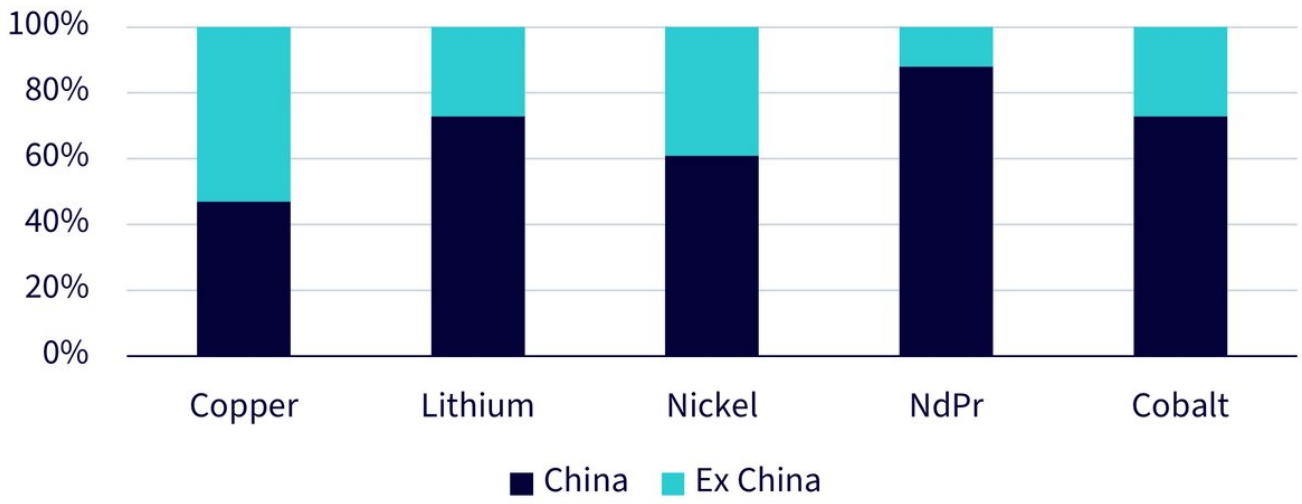


Quelle: S&P Global: „From 6 years to 18 years: The increasing trend of mine lead times.", 11. April 2025.
Die historische Wertentwicklung ist kein Hinweis auf die künftige Wertentwicklung, und Anlagen können im Wert sinken.

2. Konzentration auf China und geopolitisches Risiko

Bei mehreren Mineralien, die mit Humanoiden in Verbindung stehen, ist die Abhängigkeit in der Verarbeitung höher als im Bergbau. Das deutlichste Beispiel sind seltene Erden. Der Bergbau ist über verschiedene Länder verteilt, aber die Trennung, die Metallherstellung und die Produktion von Permanentmagneten sind weitaus stärker konzentriert, wobei China eine dominierende Rolle spielt. Bei Batteriematerialien zeigt sich ein ähnliches Muster: Unternehmen aus China und in chinesischer Hand sind stark in der Raffination und Herstellung involviert. Dadurch entsteht ein Konzentrationsrisiko in den Lieferketten.

Abbildung 4: Raffiniertes Angebot an wichtigen kritischen Mineralien im Zusammenhang mit Humanoiden



Quelle: Morgan Stanley, Wood Mackenzie. Chinas Anteil umfasst sowohl Unternehmen aus China als auch Unternehmen in chinesischem Besitz. Das Angebot an raffiniertem Nickel erscheint nicht auf China konzentriert, bis man das Angebot aus Indonesien (das zu mindestens 75 % in chinesischem Besitz sein dürfte) einbezieht. **Prognosen sind kein Hinweis auf die künftige Wertentwicklung, und alle Anlagen sind mit Risiken und Ungewissheiten verbunden.**

Die Chance mit WisdomTree erschließen

- Der WisdomTree Strategic Metals and Rare Earths Miners UCITS ETF (RARE) bietet einen diversifizierten und zugleich zielgerichteten Zugang zur Wertschöpfungskette von Metallen und Seltenerdelementen (über Bergbauunternehmen), die für eine zunehmend energiehungrige Welt benötigt werden.
- Der WisdomTree Strategic Metals UCITS ETF (WENU) ermöglicht ein differenziertes Engagement in einem gefächerten Korb von wichtigen Metallen, die für Elektrifizierung, Energiesicherheit, Dekarbonisierung und digitale Infrastruktur erforderlich sind.
- Der WisdomTree Physical AI Humanoids and Drones UCITS ETF (WPAI) bietet ein gezieltes Engagement im Wandel durch physische KI, da er in Unternehmen anlegt, die integrierte, autonome Systeme sowie die Hardware, Komponenten und Plattformen entwickeln, mit denen intelligente Maschinen in realen Umgebungen betrieben werden können.

[1] Elektroautos
[2] Künstliche Intelligenz.
[3] Optimus Gen 2 ist ein fortschrittlicher, leichter humanoider Roboter, der von Tesla für Industrie- und Haushaltsaufgaben entwickelt wurde.
[4] NdFeB = eine Legierung aus Neodym, Eisen und Bor.
[5] Quelle: Morgan Stanley: „A $5 Trillion Global Market“, 29. April 2025.
6 Quelle: Bank of America: „AI left the chat! Physical AI Primer“, 5. Februar 2026.

Important Risks Related to this Article

IMPORTANT INFORMATION

Marketing communications issued in the European Economic Area ("EEA"): This document has been issued and approved by WisdomTree Ireland Limited, which is authorised and regulated by the Central Bank of Ireland.

Marketing communications issued in jurisdictions outside of the EEA: This document has been issued and approved by WisdomTree UK Limited, which is authorised and regulated by the United Kingdom Financial Conduct Authority.

WisdomTree Ireland Limited and WisdomTree UK Limited are each referred to as "WisdomTree" (as applicable). Our Conflicts of Interest Policy and Inventory are available on request.

This marketing communication has been prepared for professional investors, but the WisdomTree products set out in this document may be available in some jurisdictions to any investors, subject to applicable laws and regulations. As the product may not be authorised or its offering may be restricted in your jurisdiction, it is the responsibility of every person or entity to satisfy themselves as to the full observance of the laws and regulations of the relevant jurisdiction. Prior to any application investors are advised to take all necessary legal, regulatory, tax and investment advice on the suitability and consequences of an investment in the products. Past performance is not a reliable indicator of future performance. Any historical performance included in this document may be based on back testing. Back testing is the process of evaluating an investment strategy by applying it to historical data to simulate what the performance of such strategy would have been. Back tested performance is purely hypothetical and is provided in this document solely for informational purposes. Back tested data does not represent actual performance and should not be interpreted as an indication of actual or future performance. The value of any investment may be affected by exchange rate movements. Any decision to invest should be based on the information contained in the appropriate prospectus and affer seeking independent investment, tax and legal advice. These products may not be available in your market or suitable for you. The content of this document does not constitute investment advice nor an offer for sale nor a solicitation of an offer to buy any product or make any investment.

An investment in exchange-traded products ("ETPs") is dependent on the performance of the underlying index, less costs, but it is not expected to match that performance precisely. ETPs involve numerous risks including among others, general market risks relating to the relevant underlying index, credit risks on the provider of index swaps utilised in the ETP, exchange rate risks, interest rate risks, inflationary risks, liquidity risks and legal and regulatory risks.

The information contained in this document is not, and under no circumstances is to be construed as, an advertisement or any other step in furtherance of a public offering of shares in the United States or any province or territory thereof, where none of the issuers or their products are authorised or registered for

distribution and where no prospectus of any of the issuers has been filed with any securities commission or regulatory authority. No document or information in this document should be taken, transmitted or distributed (directly or indirectly) into the United States. None of the issuers, nor any securities issued by them, have been or will be registered under the United States Securities Act of 1933 or the Investment Company Act of 1940 or qualified under any applicable state securities statutes.

This document may contain independent market commentary prepared by WisdomTree based on publicly available information. Although WisdomTree endeavours to ensure the accuracy of the content in this document, WisdomTree does not warrant or guarantee its accuracy or correctness. Any third party data providers used to source the information in this document make no warranties or representation of any kind relating to such data. Where WisdomTree has expressed its own opinions related to product or market activity, these views may change. Neither WisdomTree, nor any affiliate, nor any of their respective officers, directors, partners, or employees accepts any liability whatsoever for any direct or consequential loss arising from any use of this document or its contents.

This document may contain forward looking statements including statements regarding our belief or current expectations with regards to the performance of certain assets classes and/or sectors. Forward looking statements are subject to certain risks, uncertainties and assumptions. There can be no assurance that such statements will be accurate and actual results could differ materially from those anticipated in such statements. WisdomTree strongly recommends that you do not place undue reliance on these forward-looking statements.

WisdomTree Issuer ICAV

The products discussed in this document are issued by WisdomTree Issuer ICAV (“WT Issuer”). WT Issuer is an umbrella investment company with variable capital having segregated liability between its funds organised under the laws of Ireland as an Irish Collective Asset-management Vehicle and authorised by the Central Bank of Ireland (“CBI”). WT Issuer is organised as an Undertaking for Collective Investment in Transferable Securities (“UCITS”) under the laws of Ireland and shall issue a separate class of shares ("Shares”) representing each fund.

The Fund is described in a Key Information Document (KID) or Key Investor Information Document (KIID) for UK investors, and the prospectus of WT Issuer (“WT Prospectus”). A copy of the WT Prospectus and the KID / KIID is available, for EEA/UK only, in English at www.wisdomtree.eu. Where required under national rules, the KID will also be available in the local language of the relevant EEA Member State. Investors should read the WT Prospectus before investing and should refer to the section of the WT Prospectus entitled 'Risk Factors' for further details of risks associated with an investment in the Shares.

The summary of investor rights associated with an investment in the fund is available in English on WisdomTree Europe's website. WisdomTree Management Limited may decide to terminate the arrangements made for the marketing of its collective investment undertakings. In such circumstances, shareholders in the affected EEA Member State will be notified of this decision and will be provided with the opportunity to

redeem their shareholding in the fund free of any charges or deductions for at least 30 working days from the date of such notification.

For Investors in Switzerland:

This document constitutes an advertisement of the financial product(s) mentioned herein.

The prospectus (in English only) and the key investor information documents (KID) (in German, French and Italian) are available from WisdomTree's website: https://www.wisdomtree.eu/en-ch/resource-library/prospectus-and-regulatory-reports

For WisdomTree UCITS products only: the representative and paying agent of the ETPs in Switzerland is Société Générale Paris, Zurich Branch, Talacker 50, PO Box 5070, 8021 Zurich, Switzerland. The prospectus, the key investor information documents (KIID), the articles of association and the annual and semi-annual reports of the sub-funds are available free of charge from the representative and paying agent. As regards distribution in Switzerland, the place of jurisdiction and performance is at the registered seat of the representative and paying agent. Some of the sub-funds referred to in this document may not have been registered with the Swiss Financial Market Supervisory Authority ("FINMA"). In Switzerland, such sub-funds that have not been registered with FINMA may only be available to Qualified Investors.

For Investors in France:

The information in this document is intended exclusively for professional investors (as defined under the MiFID) investing for their own account and this material may not in any way be distributed to the public. The distribution of the Prospectus and the offering, sale and delivery of Shares in other jurisdictions may be restricted by law. WT Issuer is a UCITS governed by Irish legislation, and approved by the Financial Regulatory as UCITS compliant with European regulations although may not have to comply with the same rules as those applicable to a similar product approved in France. The Fund has been registered for marketing in France by the Financial Markets Authority (Autorité des Marchés Financiers) and may be distributed to investors in France. Copies of all documents (i.e. the Prospectus, the Key Investor Information Document, any supplements or addenda thereto, the latest annual reports and the memorandum of incorporation and articles of association) are available in France, free of charge at the French centralizing agent, Societe Generale at 29, Boulevard Haussmann, 75009, Paris, France. Any subscription for Shares of the Fund will be made on the basis of the terms of the prospectus and any supplements or addenda thereto.

For Investors in Malta: This document does not constitute or form part of any offer or invitation to the public to subscribe for or purchase shares in the Fund and shall not be construed as such and no person other than the person to whom this document has been addressed or delivered shall be eligible to subscribe for or purchase shares in the Fund. Shares in the

Fund will not in any event be marketed to the public in Malta without the prior authorisation of the Maltese Financial Services Authority.

For Investors in Monaco: This communication is only intended for duly registered banks and/or licensed portfolio management companies in Monaco. This communication must not be sent to the public in Monaco.

For Investors in Israel: Offering materials for the offering of the Shares and securities have not been filed with or approved or disapproved by the United States Securities and Exchange Commission or any other state or federal regulatory authority, nor has any such regulatory authority passed upon or endorsed the merits of this offering or passed upon the accuracy or completeness of any offering materials. Any representation to the contrary is unlawful. The products mentioned herein have not been approved by the Israel Securities Authority and will only be distributed to Israeli residents in a manner that will not constitute "an offer to the public" under sections 15 and 15a of the Israel Securities Law, 5728-1968 ("the Securities Law") or section 25 of the Joint Investment Trusts Law, 5754-1994 ("the Joint Investment Trusts Law "), as applicable. The products are being offered to a limited number of investors (35 investors or fewer during any given 12 month period) and/or those categories of investors listed in the First Addendum ("the Addendum") to the Securities Law, "Sophisticated Investors") who in each case have provided written confirmation that they qualify as Sophisticated Investors, and that they are aware of the consequences of such designation and agree thereto; in all cases under circumstances that will fall within the private placement or other exemptions of the Joint Investment Trusts Law, the Securities Law and any applicable guidelines, pronouncements or rulings issued from time to time by the Israel Securities Authority.

This prospectus or this document may not be reproduced or used for any other purpose, nor be furnished to any other person other than those to whom copies have been sent. Any offeree who purchases a product is purchasing such product for its own benefit and account and not with the aim or intention of distributing or offering such product to other parties (other than, in the case of an offeree which is a Sophisticated Investor by virtue of it being a banking corporation, portfolio manager or member of the Tel-Aviv Stock Exchange, as defined in the Addendum, where such offeree is purchasing a product for another party which is a Sophisticated Investor).

Nothing in this document should be considered investment advice or investment marketing as defined in the Regulation of Investment Counselling, Investment Marketing and Portfolio Management Law, 5755-1995. Investors are encouraged to seek competent investment counselling from a locally licensed investment counsel prior to making the investment. A recipient of this document may be required to provide confirmation that it is a Sophisticated Investor purchasing a product for its own account or, where applicable, for other Sophisticated Investors.