

Een academisch perspectief:

# DE SNELLE OPMARS VAN AI, HET ENORME POTENTIEEL EN DE EVIDENTE BEPERKINGEN ERVAN

De vooruitgang in rekenkracht en de beschikbaarheid van gegevens hebben de evolutie van AI versneld, waardoor AI nu haar intrede maakt in ons dagelijks leven. Toch heeft die ontwikkeling nog maar een paar stappen gezet op de kilometerslange weg naar systemen met een diep begripsvermogen. Interview met professor David Barber, directeur van het UCL Centre for Artificial Intelligence en fellow van het Turing Institute.

---

## IN HET KORT

- ▶ AI wordt gehinderd door vage grenzen – het gaat om machines die de manier waarop mensen werken kunnen nabootsen, in plaats van simpelweg grote datasets analyseren.
- ▶ Rekenkracht en gegevensbeschikbaarheid zijn twee factoren die samen een snellere ontwikkeling op het gebied van *machine learning* mogelijk hebben gemaakt, een belangrijk datagestuurd deelgebied van AI.
- ▶ AI werkt het best bij het uitvoeren van beperkte en goed gedefinieerde taken waarbij grote hoeveelheden gegevens beschikbaar zijn om de algoritmes doeltreffend te kunnen aansturen.
- ▶ Hoewel het vooruitzicht van “kunstmatige algemene intelligentie” nog ver van ons af ligt, zullen de praktische toepassingen van AI verregaande economische gevolgen hebben.





**Professor David Barber**

Directeur van het Centre for Artificial Intelligence van UCL (University College London)

Ons dagelijks leven staat steeds meer in het teken van interactie met technologie die onze capaciteiten nabootst. De vooruitgang in AI heeft geresulteerd in spraakherkenningssoftware waarmee we instructies kunnen geven aan Siri of Alexa. Daardoor konden er voorspellende tekstfuncties worden ontwikkeld in e-mailprogramma's, online chatbots voor klantendiensten en telefonische systemen die nu in callcenters worden gebruikt. AI die toepassingen functioneren op basis van natuurlijke-taalverwerking. Ook vertaaltools en digitale assistenten kunnen op die manier spraak in tekst omzetten. Beeldherkenningssoftware, zoals toegepast in gezichts- en nummerplaatherkenningsystemen en zelfrijdende voertuigen, is ook een voorbeeld van AI uit de dagelijkse praktijk. Ook de innovatie in robotica, een nauw verwant gebied dat zeer interessante mogelijkheden biedt ten aanzien van zelfrijdende auto's, magazijnautomatisering en de

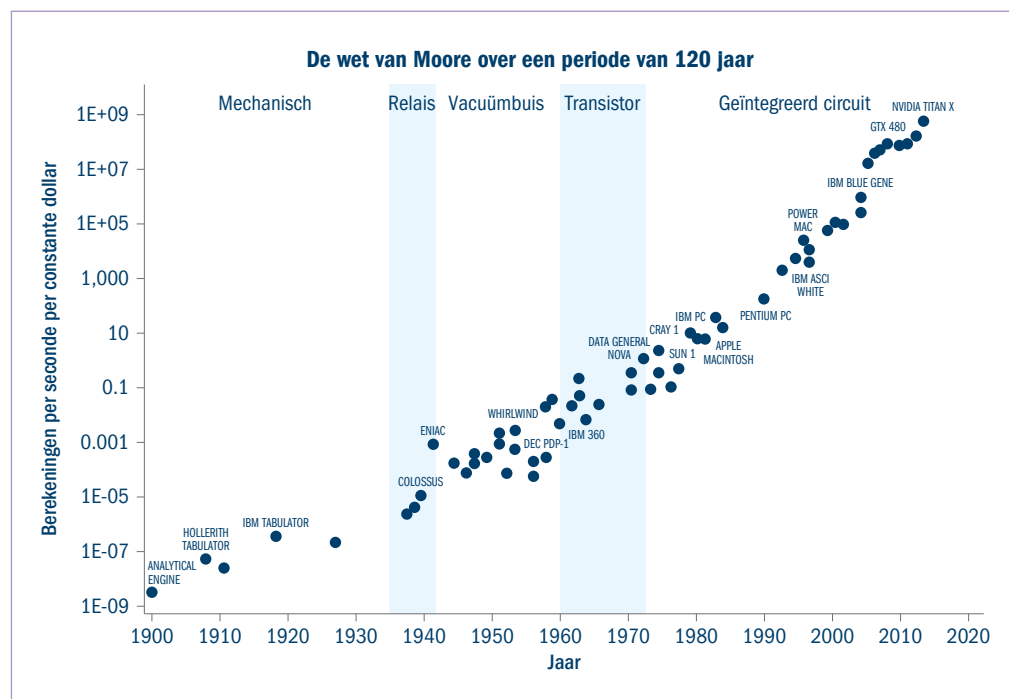
persoonlijke verzorging van ouderen of zieken, is sterk afhankelijk van de vooruitgang in AI. Deze machines gebruiken allemaal AI om het vermogen van mensen om hun fysieke omgeving te interpreteren en ermee om te gaan na te bootsen, en om te profiteren van inzichten uit de neurowetenschappen over het functioneren van mensen. De toenemende integratie van AI in het moderne leven en de veralgemenisering ervan suggereert dat we aan de vooravond staan van een transformatie die enorme veranderingen zal veroorzaken in de manier waarop mensen leven en werken. Maar om de waarschijnlijke impact van AI op de samenleving en de commerciële wereld te interpreteren en ermee om te kunnen gaan, moeten we onderzoeken hoe en waarom het de afgelopen jaren zo'n sterke opmars lijkt te hebben gemaakt en moeten we ons bewust zijn van zowel de huidige beperkingen als het onweerlegbare potentieel van AI.

**Waarom hebben we het nu over AI?**

Dr. David Barber, hoogleraar *Machine Learning* aan UCL (University College London) en directeur van het Centre for Artificial Intelligence van UCL, wijst erop dat we al eeuwenlang pogingen ondernemen om mensachtige vaardigheden te creëren in door de mens gemaakte systemen. Professor Barber is een fellow van het Turing Institute, dat de pioniersrol erkent van de in 1954 overleden Alan Turing in de ontwikkeling van deze discipline. Turing en collega-wiskundige en econoom David Champernowne schreven in 1948 hun baanbrekende schaakprogramma, *Turochamp*, tijdens hun onderzoek naar AI. Maar het algoritme dat *Turochamp* aandreef, was te complex om op de computers van die tijd te kunnen draaien en Turing kon het programma alleen handmatig uitvoeren met behulp van berekeningen op papier.



### De onstuitbare verbetering van de rekenkracht



Bron: Per 2018. <https://www.britannica.com/technology/Moores-law>.

Informatie en inzichten van derden zijn afkomstig van betrouwbaar geachte externe bronnen, maar de juistheid en volledigheid ervan kunnen niet worden gegarandeerd. De informatie is niet bedoeld als het enige uitgangspunt voor beleggingsbeslissingen en het document mag daarnaast niet opgevat worden als advies dat is toegesneden op de individuele behoeften van een belegger.

Deze anekdote illustreert een belangrijk punt. De basis van veel algoritmes die tegenwoordig worden gebruikt, is niet nieuw. Wat hun potentieel en dus dat van AI heeft ontsloten, is de overvloed aan rekenkracht die de afgelopen jaren beschikbaar is gekomen doordat de verwerkingssnelheid is toegenomen. Het duurt ongeveer een week om een geavanceerd beeldherkenningssysteem aan te sturen met de huidige computers met een grafische processor van NVIDIA. Het zou honderdduizenden jaren hebben gekost om hetzelfde aantal berekeningen uit te voeren met de beste werkstations die beschikbaar waren in het begin van de jaren negentig. Doordat de rekensnelheid de afgelopen decennia is toegenomen, hebben we nu hardware waarmee AI in real time kan functioneren.

De tweede cruciale factor bij de opkomst van AI is de toenemende beschikbaarheid van data. Omdat de hoeveelheid gecreëerde en opgeslagen digitale gegevens de afgelopen jaren snel is

toegenomen, zijn er datasets gemaakt die groot genoeg zijn om algoritmes zodanig aan te sturen dat ze een hoog niveau van nauwkeurigheid en vaardigheid kunnen bereiken – bijvoorbeeld afbeeldingen die worden gebruikt bij het leren van objectherkenning.

#### **Machine learning heeft zich ontpopt als de dominante benadering**

Samen hebben deze twee factoren – rekenkracht en de beschikbaarheid van gegevens – geresulteerd in een versnelde ontwikkeling op het gebied van *machine learning* (ML), een belangrijk, datagestuurd deelgebied van AI. Als gevolg hiervan is ML de afgelopen pakweg vijftien jaar het dominante paradigma binnen AI geworden. De vooruitgang die ten grondslag ligt aan de toepassingen waarmee we tegenwoordig het meest vertrouwd zijn, is grotendeels te danken aan ML.



Binnen ML is er een belangrijke ontwikkeling die al decennia teruggaat en gebruikmaakt van neurale netwerken – systemen die tot op zekere hoogte gebaseerd zijn op de structuur van het menselijk brein. Na jarenlang grotendeels uit de gratie te zijn geweest, werden neurale netwerken in 2006 opnieuw de belangrijkste focus van ML-onderzoek, toen een kleine groep onderzoekers aantoonde dat de techniek veel betere resultaten behaalde doordat er voldoende rekenkracht beschikbaar was.<sup>1</sup> Al snel werden andere belangrijke vorderingen gemaakt. Kort daarna waren onderzoekers in staat om grafische processoren (*graphics processing units*, GPU's) die waren ontwikkeld voor computergames, aan te passen om het trainingsproces van ML-algoritmes met een factor 100 te versnellen.

Dankzij een snelle verbetering van de technologische hulpmiddelen, bereikte een onderzoeksgroep onder leiding van Geoffrey Hinton in 2012 een doorbraak op het gebied van beeldherkenning

met behulp van ML. Die groep werd onmiddellijk ingelijfd door Google. Het team van Hinton ontwikkelde daarna in korte tijd een spraakherkenningssysteem dat ver vooruit liep op alle voorgaande systemen. ML en de varianten daarvan, zoals *deep learning*, waren de belangrijkste technieken binnen AI geworden.

#### Deep Blue, AlphaGo en de grenzen van spellen

De bekendste herkenningspunten in AI zijn meestal momenten zoals de overwinning van de Deep Blue-computer van IBM op wereldkampioen schaken Gary Kasparov in 1997, of die van AlphaGo van Deepmind, een dochter van Google, op de Koreaanse Go-kampioenen Lee Se-dol in 2016 en Ke Jie in 2017. Deze zeer symbolische gebeurtenissen fascineren ons natuurlijk vanwege het idee dat machines slimmer kunnen zijn dan de mens. Maar hoe belangrijk zijn ze eigenlijk?

Professor Barber: “Een verhaal dat ML-onderzoekers graag vertellen, is dat we in 1997 een machine hadden die de beste menselijke schaker kon verslaan, maar dat we eigenlijk nog steeds geen robot hebben die op een soepele en betrouwbare manier een schaakstuk kan oppakken en er een zet mee kan doen.” Spraakmakende prestaties als deze zijn belangrijk om de aandacht te trekken, maar voor de onderzoekswereld blijken ze veel minder significant te zijn dan velen veronderstellen, stelt hij. “Waar het uiteindelijk om gaat, is niet dat computers kunnen schaken of Go kunnen spelen, maar dat er systemen worden ontwikkeld die nuttig zijn in ons dagelijks leven. De rest is vooral amusement.”

Volgens hem is de belangrijkste uitdaging voor AI om het uit de afgebakende, op regels gebaseerde wereld van het spel te halen en het dusdanig te verbeteren dat het naast mensen kan functioneren, in de veel complexere omgeving van ons dagelijks leven.

“

Waar het uiteindelijk om gaat, is niet dat computers kunnen schaken of Go kunnen spelen, maar dat er systemen worden ontwikkeld die nuttig zijn in ons dagelijks leven. De rest is vooral amusement. ”

<sup>1</sup> Een bijzondere mijlpaal wordt beschreven in <https://science.sciencemag.org/content/313/5786/504>, waarin wordt aangetoond dat neurale netwerken veel beter presteren dan traditionele methoden voor beeldcompressie.



“

Spraakherkenning is een goed voorbeeld van een toepassing die nu vrij goed functioneert. Maar het blijft erg oppervlakkig – de machine begrijpt niet echt de diepere betekenis van wat je zegt. ”

#### Waar de huidige AI het best werkt

Hoewel het belang van AI-systemen die schaak- of Go-kampioenen kunnen verslaan vanuit onderzoeksoogpunt misschien wordt overdreven, zouden deze prestaties in één opzicht toch een bredere betekenis kunnen hebben. Spellen als Go of schaken zijn uiterst complexe, op regels gebaseerde problemen waarvoor enorme hoeveelheden gegevens over gespeelde partijen beschikbaar zijn om ML-algoritmen aan te sturen. Een nieuwere versie van AlphaGo, AlphaZero, heeft zichzelf geleerd om nog beter Go, schaken en Shogi te spelen dan zijn voorgangers door simpelweg de regels toe te passen die het had gekregen om oefenwedstrijden te spelen, waardoor er geen gegevens meer nodig zijn over partijen die in het verleden door mensen zijn gespeeld.

Het is geen toeval dat ML-gebaseerde AI-systemen tot nu toe het meeste succes hebben geboekt als ze worden

toegepast in deelgebieden van de alledaagse wereld die bepaalde kenmerken gemeen hebben met spellen. De taken die AI moet uitvoeren zijn goed omlijnd en gedefinieerd, en er zijn grote hoeveelheden gegevens beschikbaar om de algoritmes doeltreffend te kunnen aansturen. Toepassingen variërend van gezichtsherkenning en nummerplatherkenning tot de capaciteit om de fonemen van de menselijke spraak of zelfs de visuele kenmerken van alledaagse objecten te herkennen en te decoderen, vertonen allemaal min of meer dezelfde combinatie van kenmerken.

Maar in gebieden zoals objectherkenning door zelfrijdende voertuigen, die in verband met de veiligheidseisen extreem nauwkeurig moeten zijn, voldoen de prestaties van ML-systemen nog steeds niet aan onze normen. De taak om elk object dat het systeem tegenkomt in onze zeer complexe dagelijkse omgeving correct te interpreteren, is niet duidelijk

omlijnd of gedefinieerd. Daarom schieten zelfs de meest geavanceerde beeldherkenningssystemen tekort [zoals we zullen zien in het volgende interview, met dr. Ali Shafiq].

Een chatbot kan met succes vrij eenvoudige bank- of verzekeringsvragen afhandelen, omdat het scala aan taken dat hij moet uitvoeren beperkt is door de aard van het gesprek en omdat de gegevens die daarvoor nodig zijn direct beschikbaar zijn bij de klant of de administratie van de bank.

Maar als een eenzame klant van een bank het callcenter zou bellen op zoek naar iemand om mee te praten, zou alleen een bekwame en begripvolle menselijke operator in zijn behoeften kunnen voorzien. De huidige chatbots zouden geen schijn van kans hebben – de taak ligt ver buiten hun gezichtsveld. Het beste wat ze zouden kunnen doen, is het gesprek doorgeven aan een mens.



### De kilometerslange weg die voor ons ligt

“Spraakherkenning is een goed voorbeeld van een toepassing die nu vrij goed functioneert”, aldus professor Barber. Maar het blijft erg oppervlakkig – de machine begrijpt niet echt de diepere betekenis van wat je zegt. Evenzo lijken vertaalprogramma’s over het algemeen goed te functioneren. De kwaliteit van machinevertalingen is nu vrij goed, vooral als de talen redelijk dicht bij elkaar liggen. Maar begrijpt het programma echt wat u zegt?

“Er is niets mis met de situatie waarin we ons nu bevinden. Hoewel we gigantisch veel vooruitgang hebben geboekt, hebben we nog maar een paar stappen gezet op de kilometerslange weg die zich voor ons uitstrekt. We weten nog steeds niet hoe we de sprong moeten maken naar systemen die beter in staat zijn om dingen echt te begrijpen. Het is een sprong waarvan de technische reuzen zich terdege bewust zijn en ze investeren grote bedragen om die noot te kraken,

want als dat lukt, heeft het veel meer zin om zaken als bijvoorbeeld digitale assistenten te gebruiken.”

Naast het onvermogen van AI om context en een intuïtieve of onuitgesproken betekenis te begrijpen, doemen andere uitdagingen op. Het feit dat ML-gebaseerde systemen grote hoeveelheden gegevens nodig hebben, beperkt noodzakelijkerwijs de context waarin ze het meest effectief kunnen worden gebruikt. In een omgeving met weinig gegevens hebben ze het moeilijk. Dat is een van de grootste problemen van *reinforcement learning*, waarbij AI-gebaseerde systemen leren om beslissingen te associëren met de gevolgen op lange termijn door van hun omgeving te leren in plaats van enorme hoeveelheden oefengegevens te verwerken. Een door mensen gemaakt systeem dat zou kunnen leren van prikkels uit de omgeving, zoals mensen dat doen, zou veel minder informatie nodig hebben dan de huidige AI-systemen. Die sprong maken naar een

meer gevefficiënte manier van leren, is op dit moment een belangrijk onderzoeksdoel.

“Specialisten op het gebied van *machine learning* zijn gefascineerd door het idee van reinforcement learning, omdat het in zekere zin het ultieme probleem is van AI: hoe kunnen systemen worden aangestuurd met behulp van slechts zeer beperkte feedback over het uiteindelijke succes of falen van een beslissing?”, aldus professor Barber.

### De toekomst van AI

Hoewel het vooruitzicht van “kunstmatige algemene intelligentie” nog ver van ons af ligt, zullen de praktische toepassingen van AI, zoals volledig autonome voertuigen, volgens professor Barber al verregaande economische gevolgen hebben. Evenzo zal de ontwikkeling van magazijnrobots die goederen nauwkeurig kunnen verpakken voor verzending, wat veelal nog handmatig wordt gedaan, een grote impact hebben.

“

Hoewel we gigantisch veel vooruitgang hebben geboekt, hebben we nog maar een paar stappen gezet op de kilometerslange weg die zich voor ons uitstrekt. We weten nog steeds niet hoe we de sprong moeten maken naar systemen die beter in staat zijn om dingen echt te begrijpen. Het is een sprong waarvan de technische reuzen zich terdege bewust zijn en ze investeren grote bedragen om die noot te kraken, want als dat lukt, heeft het veel meer zin om zaken als bijvoorbeeld digitale assistenten te gebruiken. ”



---

Voorstanders van AI brengen naar voren dat een wijdverbreide toepassing van robotica en AI in het bedrijfsleven mensen zal verlossen van veel saaie, repetitieve en lichamelijk zware taken die we momenteel nog handmatig uitvoeren, simpelweg omdat menselijke arbeid nu nog goedkoper is dan robots. “Sinds de industriële revolutie en zelfs daarvoor gebruiken we mensen alsof het machines waren”, aldus professor Barber. “Komt de mens tot zijn recht als hij 30 of 40 jaar lang acht uur per dag achter het stuur van een vrachtwagen moet zitten? Mensen kunnen veel meer doen dan dat. We hebben geweldige capaciteiten – inlevingsvermogen, medeleven, creativiteit. Dat zijn dingen waar machines niks van terecht brengen en dat zal waarschijnlijk nog lang zo blijven. Ik ben gepassioneerd om de mens te bevrijden, zodat we dingen kunnen doen waar wij als enige goed in zijn. Dus in die zin is AI een zeer positief streven.”

Hij verwacht dat er een overgang zal plaatsvinden waarbij mensen steeds meer met AI-gebaseerde machines samenwerken en taken uitvoeren die meer ervaring en vaardigheid vereisen, terwijl de alledaagse, repetitieve elementen aan machines worden overgelaten.

Op gebieden waar gestandaardiseerde taken nog grotendeels handmatig worden uitgevoerd, zoals backoffice-activiteiten van grote banken en financiële instellingen, is er duidelijk potentieel om in de loop van de tijd tienduizenden menselijke functies te vervangen door een zogenaamde procesautomatisering via robotica, een herhaling van de automatisering die we in de loop van de twintigste eeuw op de fabrieksvloer hebben gezien.

Het is begrijpelijk dat het vooruitzicht van een door AI veroorzaakte transformatie van de werkplek angst oproept, erkent professor Barber. “Ik weet niet of het woord revolutie hier echt op zijn plaats is.

Dergelijke zaken worden altijd overdreven. Ik denk dat het tot op zekere hoogte een evolutie gaat worden, maar ik denk ook dat mensen altijd bijzonder veerkrachtig zijn om hun werk en privéleven een betekenis te geven, ondanks de transformatie van de samenleving. Weinig verrassend waarschuwt hij dat we ons niet te veel zorgen moeten maken over het aantal banen dat zou kunnen worden vervangen door AI en robotica.

Deze problemen zullen echter niet verdwijnen. De grote vraag voor investeerders, bedrijven en hun werknemers zal niet zozeer betrekking hebben op de mogelijke effecten van AI en robotica op de economische activiteit, die op termijn diepgaand zullen blijken, maar veel meer over de mate waarin en de snelheid waarmee regeringen en toezichthouders een antwoord zullen vinden op de essentiële vragen over onze samenleving die door AI aan de orde zullen worden gesteld.



### Wat is 'echte AI'?

Aangezien deze tak van computerwetenschap de afgelopen jaren steeds meer in de belangstelling is komen te staan, wordt er slordig omgesprongen met termen als AI en daaraan gerelateerde technieken, zoals ML. De term AI wordt nu vaak gebruikt voor projecten die puristen niet als AI zouden beschouwen, ook al gebruiken ze soms dezelfde tools, zoals de statistische analyse van zeer grote datasets. Gezien de opwinding die het potentieel van AI teweegbrengt bij bedrijven, overheden en het publiek, is het niet verwonderlijk dat er mensen zijn die proberen te profiteren van die golf van interesse en opwinding. Daarom is de handel in algoritmes volgens sommigen geen "echte AI", maar gewoon grootschalige gegevensanalyse.

In de academische wereld is er een duidelijkere consensus over wat "echte AI" is, aldus professor Barber. "Naar mijn mening gaat AI over het vermogen om de menselijke perceptie en redenering en ons vermogen om met elkaar en de fysieke wereld om te gaan na te bootsen."

Is deze vervaging van grenzen van belang? Professor Barber stelt dat het voor academici belangrijk is om duidelijk te zijn over de reikwijdte van hun discipline, niet in de laatste plaats om financiers duidelijk te maken waar hun geld voor wordt gebruikt. Maar daarnaast zijn er andere kwesties die zwaarder wegen: "Wat belangrijker is [dan starre definities] is dat we daadwerkelijk vooruitgang boeken bij het maken van systemen die van praktisch nut zijn voor de mensheid, dingen die mensen interessant vinden en echt een positieve bijdrage leveren aan ons leven."

### Biografie van professor David Barber

David Barber is directeur van het Centre for Artificial Intelligence van UCL (University College London), dat ernaar streeft de volgende generatie AI-technieken te ontwikkelen.

Hij is geïnteresseerd in uiteenlopende onderzoeksgebieden met betrekking tot de toepassing van probabilistische modellering en redenering.

Hij is ook hoofd onderzoek van Re:infer, een start-up in de verwerking van natuurlijke taal (*natural language processing*) die "ongestructureerde communicatie omzet in gestructureerde data om acties aan te sturen".

Hij behaalde een BA in wiskunde aan de Universiteit van Cambridge en vervolgens een doctoraat in theoretische fysica (statistische mechanica) aan de Universiteit van Edinburgh.





Meer informatie vindt u op  
**columbiathreadneedle.com**



**Belangrijke informatie: Alleen voor professionele en/of gekwalificeerde beleggers (niet te gebruiken voor, of te overhandigen aan retailklanten). Dit is een marketingdocument.** Dit document is uitsluitend ter informatie bedoeld en kan in geen geval worden beschouwd als leidraad of beleggingsadvies. Het vormt geen aanbod of uitnodiging tot een opdracht om effecten of andere financiële instrumenten te kopen of te verkopen, noch om beleggingsadvies of beleggingsdiensten te verstrekken. **Beleggen brengt risico's met zich mee, onder meer het risico uw inleg te verliezen. Uw vermogen is blootgesteld aan risico's.** Het marktrisico kan consequenties hebben voor een specifieke emittent, sector van de economie, branche of voor de markt als geheel. De waarde van beleggingen is niet gegarandeerd. Het is dan ook mogelijk dat beleggers het bedrag dat zij hebben belegd niet terugkrijgen. **Beleggen op de internationale markten** gaat gepaard met bepaalde risico's en een zekere volatiliteit als gevolg van politieke of economische ontwikkelingen, schommelingen in de wisselkoersen en afwijkende financiële en boekhoudkundige normen. **De effecten die in dit document aan bod komen, worden uitsluitend ter illustratie opgevoerd, zijn onderhevig aan verandering en mogen niet opgevat worden als een aanbeveling om te kopen of te verkopen. Er wordt geen uitspraak gedaan over de eventuele winstgevendheid van die effecten.** De genoemde standpunten komen overeen met de visie op de vermelde datum, kunnen veranderen als de situatie op de markt of elders verandert en wijken mogelijk af van de standpunten van andere aan Columbia Threadneedle Investments (Columbia Threadneedle) gelieerde of verwante bedrijven of medewerkers. De daadwerkelijke portefeuilles of beleggingsbeslissingen van Columbia Threadneedle en gelieerde ondernemingen, zowel voor eigen rekening als namens cliënten, zijn niet per se in overeenstemming met de standpunten uit dit document. Deze informatie is niet bedoeld als beleggingsadvies en houdt geen rekening met de individuele situatie van iedere belegger. Bij beleggingsbeslissingen zijn de individuele financiële behoeften en doelstellingen, de beleggingshorizon en de risicotolerantie van beleggers altijd van doorslaggevend belang. De vermelde activaklassen zijn mogelijk niet geschikt voor iedere belegger. **In het verleden behaalde resultaten bieden geen garantie voor de toekomst en ook prognoses mogen niet als garanties worden beschouwd.** Informatie en inzichten van derden zijn afkomstig van betrouwbaar geachte externe bronnen, maar de juistheid en volledigheid ervan kunnen niet worden gegarandeerd. De informatie in dit document is niet gecontroleerd door een toezichthouder.

**In Australië:** Uitgegeven door Threadneedle Investments Singapore (Pte.) Limited ["TIS"], ARBN 600 027 414. Met betrekking tot de financiële diensten die het verleent, is TIS vrijgesteld van de vereiste te beschikken over een Australische vergunning voor financiële dienstverlening uit hoofde van de Corporations Act en valt het bedrijf onder Class Order 03/1102 inzake marketing en financiële diensten aan Australische "wholesaleklanten" zoals gedefinieerd in Sectie 761G van de Corporations Act 2001. TIS staat in Singapore onder toezicht van de Monetary Authority of Singapore (registratienummer 201101559W) conform de Securities and Futures Act (Chapter 289), die afwijkt van de Australische wetgeving.

**In Singapore:** Uitgegeven door Threadneedle Investments Singapore (Pte.) Limited, 3 Killiney Road, #07-07, Winsland House 1, Singapore 239519, dat in Singapore onder toezicht staat van de Monetary Authority of Singapore conform de Securities and Futures Act (Chapter 289). Ingeschreven onder nummer: 201101559W. Dit document is niet beoordeeld door de Monetary Authority of Singapore.

**In Hongkong:** Uitgegeven door Threadneedle Portfolio Services Hong Kong Limited 天利投資管理香港有限公司. Unit 3004, Two Exchange Square, 8 Connaught Place, Hongkong, waaraan de Securities and Futures Commission (de "SFC") vergunning heeft verleend voor het uitvoeren van geregelde activiteiten van het Type 1 (CE: AQA779). In Hongkong geregistreerd onder de Companies Ordinance (Chapter 622), nr. 1173058.

**In de Verenigde Staten:** Beleggingsproducten worden aangeboden via Columbia Management Investment Distributors, Inc., lid van de FINRA. Adviesdiensten worden verleend door Columbia Management Investment Advisers, LLC. Gezamenlijk staan deze entiteiten bekend als Columbia Management.

**In de EMEA-regio:** Uitgegeven door Threadneedle Asset Management Limited. Ingeschreven in Engeland en Wales onder nummer 573204, Cannon Place, 78 Cannon Street, Londen, EC4N 6AG, Verenigd Koninkrijk. In het VK is ons vergunning verleend en staan wij onder toezicht van de Financial Conduct Authority. Dit document wordt verspreid door Columbia Threadneedle Investments (ME) Limited, dat onder toezicht staat van de Dubai Financial Services Authority (DFSA). Voor distributeurs: Dit document is bedoeld om distributeurs informatie te verstrekken over producten en diensten van de Groep en mag niet verder worden verspreid. Voor institutionele cliënten: De informatie in dit document is niet bedoeld als financieel advies en is uitsluitend bestemd voor personen met voldoende kennis van beleggen die voldoen aan de criteria van de toezichthouder om te kunnen worden beschouwd als een Professional Client of als Market Counterparties. Andere personen mogen zich er niet op baseren. **Columbia Threadneedle Investments is de wereldwijde merknaam van alle onderdelen van de groep Columbia en Threadneedle.**  
**columbiathreadneedle.com**

09.20 | J30244 | APAC/EMEA: 3202472 | USA: 3231271