

Inzending voor de 8^{ste} essaywedstrijd van De Koninklijke Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen en NRC met onderwerp: 'Wat zal de belangrijkste wetenschappelijke doorbraak in de 21^e eeuw zijn?'

Laat het licht schijnen...

Em. Lector ir. Anneloes Cordia

Een wetenschappelijke doorbraak krijgt vooral betekenis wanneer gebruikers nauwelijks meer weet hebben dat het ooit anders geweest is. Meerdere creatieve geesten en volhardende onderzoekers hebben hiervoor tegenslagen moeten overwinnen of zijn halverwege van het nog niet gebaande pad afgeraakt. Hierdoor zal achteraf misschien slechts een klein deel van hun noeste arbeid gemarkeerd kunnen worden als de wetenschappelijke doorbraak voor een substantiële verandering in het dagelijks leven van meerdere generaties. Bij al deze grote ontdekkingen zijn pioniers betrokken geweest om te investeren in toepassingen waardoor de eerste opportunist vaak roemloos voorbij is gestreefd door slimme navolgers die net een ander accent hebben weten te leggen. Zij wisten ofwel een grotere doelgroep te bereiken door zich te beperken tot een slimme functionaliteit of een andere architectuur te kiezen waarmee innovatieve productiemethoden voor lagere kosten zorgden. Zelden worden grondleggers bejubeld of zien zij hun inspanning in klinkklare munt uitbetaald. Het zijn vaak de ondernemende toepassers en vroege gebruikers die soms tegen beter weten in, de weg vrijmaken voor ingrijpende vernieuwingen. Door de benodigde lange ontwikkelingstijd om tot volwassenheid te evolueren kunnen we ervanuit gaan dat de grondbeginselen van de belangrijkste wetenschappelijke doorbraak in de 21^{ste} eeuw al bekend moeten zijn. Zij bevinden zich waarschijnlijk nu nog in laboratoria of onderzoekscentra voor nader onderzoek of worden alleen nog door de relatieve inefficiëntie geconditioneerd ingezet. Zo waren defensie en ruimtevaart lang de couveuses voor de toepassing van schijnbaar te specialistische vindingen. In het normale leven zouden deze producten nog niet economisch zijn geweest en vaak in prestaties achterblijven bij het gangbare.

Om de belangrijkste wetenschappelijke doorbraak voor de 21^{ste} eeuw te kunnen voorspellen zullen we allereerst een blik op het verleden richten. De meest aansprekende doorbraken voor ons dagelijks bestaan vinden we op het gebied van communicatie en energieopwekking. Deze ontwikkelingen zijn vanuit verschillende perspectieven geëvolueerd en lijken in het huidige tijdperk in elkaars verlengde te liggen. Was communicatie aanvankelijk nog op papier geschreven die door boodschappers of postduiven op de plaats van bestemming gebracht moest worden, is door de opkomst van telecommunicatie naast geschreven taal ook spraak en beeld mogelijk. Naast het versturen en ontvangen van informatie is daar de behoefte om gegevens te bewaren en te archiveren bijgekomen. Aanvankelijk werd de stroom van data nog gevangen in elektronen en door koperen leidingen gestuurd, die getransformeerd werd middels inductie tot geluid, beeld of printopdrachten. Voor transport van gegevens hebben analoge radiosignalen zich naast de koperen leidingen gevoegd. De digitalisering heeft het mogelijk gemaakt om lichtflitsen in glasvezels te vangen voor overdracht, waarna

deze later weer in elektrische signalen terug getransformeerd konden worden. We kunnen daarom de 20^{ste} eeuw karakteriseren als het tijdperk van de elektronica als voorbode van de volgende ontwikkelingsgolf, die al voorzichtig ingezet is.

De mens heeft voornamelijk vuur gebruikt als energiebron waardoor gelijktijdig warmte, het op gang brengen van een proces (bijvoorbeeld het koken van voedsel) en/of het maken van licht ontstond. Hoewel daar aanvankelijk voornamelijk hout of parafine voor gebruikt werd, heeft ook de industriële revolutie niet veel aan dit beginsel veranderd, behalve dat ook uit de elementen wind en water mechanische energie gedestilleerd kon worden. Een belangrijke doorbraak was de mogelijkheid om het vuur op afstand van het gebruik van energie te brengen door voor transport stoom, elektriciteit of gas in te zetten. Een nadeel van vuur is dat voor het gewenste proces altijd onnodig licht of een teveel aan warmte vrijkomt. Ook bij het maken van elektriciteit werden deze verliezen voor de gehele keten ingecalculeerd, terwijl het gas hoewel niet helemaal zonder risico's een betere aansluiting bood tussen vraag en aanbod. Om de verliezen zo veel mogelijk te beperken bij energieopwekking was veel onderzoek en ontwikkeling gericht op het vernieuwen van het proces zelf. Er werd ingezet op kernenergie of andere fossiele energiebronnen en de wisseling van het transportmiddel om de transformaties mogelijk te maken. De grenzen voor verdere besparingen komen echter in zicht wanneer het verbranden van fossiele bronnen nog als basis gekozen wordt terwijl deze zo langzamerhand uitgeput raken of moeilijker bereikbaar worden. Het probleem voornamelijk bij het verlaten van het gebruik van fossiele brandstoffen is de logistiek van de opslag voor 'just in time' distributie van energie. Immers ook nu wordt door de discrepantie van vraag en aanbod door de eis van energieleveringszekerheid te veel opgewekt dat door gebrek aan opslag als verloren beschouwd kan worden.

De grootste wetenschappelijke doorbraak van de 21^{ste} eeuw zal liggen in het gebruik van licht, niet alleen als bron maar ook als middel. De eerste reden om licht als middel in te zetten in plaats van elektronentransport zijn de hogere snelheden waarbij het transportmedium glas of kunststof in beginsel economischer is dan koper. De tweede reden is dat nu bij het opwekken van licht niet alleen de verhouding van warmteontwikkeling (zoals gebruikt bij lasersnijden) en zichtbaar licht (te vinden bij datatransport en Ledverlichting) nauwkeurig bepaald kan worden, maar dat licht veilig gebundeld kan worden en voor betrouwbaarheid minder last heeft van interferenties. Langzamerhand zal het gebruik van licht steeds meer de data infrastructuur veroveren waardoor de transformatie van licht naar elektronen richting toepassing opschuift. Wij waren al gewend om met infrarood licht onze televisie te bedienen. De mogelijkheden voor hogere bandbreedten om bijvoorbeeld muziekbestanden door te kunnen sturen leek voor lichtbronnen nog een brug te ver zonder gebruik van een draadje waardoor Bluetooth als radioverbinding voor de korte afstand gangbaar werd. Nu blijkt echter dat ook wifi mogelijk is met infraroodstralen en zo ook radiofrequenties als draadloze optie door licht bedreigd gaan worden door eenvoud en geringe energieconsumptie. Zo zal in een intern huisnetwerk bestaande uit Pof (Plastic Optical Fibers) en wifi nauwelijks meer vertaalcapaciteit nodig zijn om van het ene signaal naar het andere te komen. Onze ICT-infrastructuur zal door de kennis om zelf licht op te wekken en om te vormen voor dataprocessing door de introductie van optische chips en de behoefte deze zonder verdere transformatie te kunnen gebruiken steeds meer technologisch integreren. Dit biedt niet alleen veel meer bandbreedte, maar zal ook de veiligheid ten goede komen.

De grootste uitdaging voor het verduurzamen van onze energievoorziening zal het verwarmen van onze woning en onze mobiliteit zijn. Hoewel al veel huizen zijn voorzien van zonnepanelen en zonneboilers zijn deze nog niet op een niveau aangeland, dat deze zonder netaansluiting voldoende comfort kunnen bieden. Ook elektrische auto's zijn nog afhankelijk van fossiele energiecentrales, die enerzijds nog nodig zijn door de terughoudendheid om te investeren in zonneplantages op daken van bedrijfstreinen en anderzijds doordat de leveringszekerheid beperkt is door seizoensinvloeden en dagritmes. We kunnen echter verwachten dat de rendementen van zonnepanelen substantieel zullen gaan toenemen voor brede toepassing in de komende decennia. Naast deze uitdaging zal vooral de opslag van energie meer onderzoek- en ontwikkelingsinspanning vragen. Huidige systemen vragen nu nog om transformaties van energievormen, waardoor veel verliezen optreden, schaarse grondstoffen benodigd zijn en risico's onduidelijk zijn. De grootste doorbraak van de 21^{ste} eeuw kunnen we daarom hier verwachten. De richting van deze doorbraak zal een combinatie zijn van fotosynthese, proces-intensificatie en Phase Change Materials (PCM).

Proces-intensificatie is de omkering van de huidige praktijk in de petrochemische industrie om lange molecuulketens te kraken waarbij de nodige bijproducten ontstaan en de hoeveelheden van iedere productiestroom zich niet verhouden tot de werkelijke marktbehoeften. Beter is het om juist vanuit bouwstenen alleen de gewenste producten op te bouwen in de gevraagde hoeveelheid zonder versturende reststromen. Olie- en aardgasproducten zijn vanuit plantaardige gewassen ontstaan. Deze gewassen zijn in staat geweest om uit het zonlicht door fotosynthese de energie te oogsten om te kunnen groeien. De bouwstenen voor deze groei waren lokaal al aanwezig. Wanneer onderzoekers in staat zijn om middels fotosynthese door het recombineren van CO₂ en water(-damp) op grootschalige wijze vloeibaar gas te maken zoals bijvoorbeeld het chemisch eenvoudige methaan of waterstof, zou dat de cirkel rond maken. Zeker als er al een bestaande infrastructuur voor gasdistributie aanwezig is kan zowel lokaal als decentraal, opslag en gebruik naar behoefte gedeeld worden.

Onderzoek naar PCMs zijn nu vooral gericht op het absorberen van warmte voor koeling waarna deze bij een vaste lage grenstemperatuur de warmte weer afgeven voor verwarming. Deze cyclus is mogelijk doordat de materialen wisselen tussen een vaste en een vloeibare vorm en het stollen en smelten voor de opname of afgifte van energie zorgt. Zo zullen in materialen ook andere reversibele mechanismen gevonden kunnen worden waarmee cycli van aanbod aangepast kunnen worden naar werkelijke behoeften. Het ontwikkelen van slimme materialen voor specifieke toepassingen om zonlicht in warmte en energie op te slaan kan veel barrières wegnemen voor grootschalige inzet van duurzame bronnen. Immers ook voor fotosynthese geldt dat deze afhankelijk zal zijn van weersomstandigheden en zal het noodzakelijk blijven om reversibel energie op te kunnen slaan en af te geven. Hoewel de idee achter een dergelijk systeem mikt op eenvoudige technologische mechanismes zal de complexiteit voor de productie toenemen, waardoor kapitaalintensieve gerobotiseerde clean-tech productieprocessen benodigd zullen blijken. De vraag is waar die zullen komen te staan en of het ontwerpen en inrichten van deze fabrieken in onze nabijheid zal plaatsvinden.

Wanneer in de 21^{ste} eeuw het 'tijdperk van de elektronica' opgevolgd wordt door het 'tijdperk van het licht' dan zal de impact op ons dagelijks leven enorm zijn. Het gevolg van de doorbraak is dat energieverbruik geen variabele kosten meer zal kennen en ICT alom aanwezig zal zijn door lage kosten, laag energieverbruik en gigantische snelheden voor real-time analyses. Rekenkracht zal overal beschikbaar zijn voor monitoring, self-learning, robotisering, ambient intelligence, big data mining en alle andere beloften waar we nu al mee om de oren geslagen worden. De 'gratis' energie zal zorgen voor Led-verlichte kunstmatige productieflats voor ons plantaardig voedsel en op aanvraag zullen producten in de nabijheid van de klant gemaakt worden in 3D-materialisatie units. Nu al zien we dat ICT ons leven aan het beheersen is en we daardoor langzaam in een virtuele wereld opgaan waardoor we minder spullen en apparaten om ons heen zullen verzamelen. Duidelijk is wel dat de kapitaalcomponent voor ons welzijn zal toenemen ten opzichte van de factor arbeid. Je kunt je afvragen aan welke arbeid wij dan nog behoefte zullen hebben als de industrie en onze infrastructuur steeds meer kapitaalintensief wordt. Waarschijnlijk zullen vooral de slimme systeemingenieurs, praktische installateurs, software codeurs en onderhoud wizards de winnaars in deze race zijn en niet te vergeten de ontwerpers die aan de marktbehoeften inhoud weten te geven in een totaaloplossing. Handen in combinatie met technisch vernuft zullen ook in een kapitaalintensieve wereld nodig blijven. Dit vraagt van ons om ook aan de menselijke kant in onze samenleving aandacht te geven. Zonder de hulp van ICT zullen persoonlijke services onbetaalbaar worden omdat bij het uitblijven hiervan de arbeidsproductiviteit ver achter blijft, dat zowel vraag en aanbod te kort gedaan wordt en ons welzijn gevaar loopt. Alleen als we als samenleving bereid zijn om te investeren in een kapitaalintensieve infrastructuur voor productie en welzijn zijn we in staat om de voordelen daarvan met elkaar te delen. Een actieve houding van de samenleving is hiervoor nodig omdat we voor dit doel de invulling van een lange termijnvisie niet alleen aan de markt kunnen overlaten.