



*De stofzuiger betekende een revolutie in het huishouden (fotocollectie Het Leven, 1916)*

**Jan Libbenga**

# **STROOM OPWAARTS**

**Revoluties in elektriciteit:  
van telegraaf naar  
blauwe energie en verder**



# Inhoud

Inleiding	7
1. De pioniers	11
2. Overvloedig licht en geen luchtbederf	26
3. Met de snelheid des bliksems	40
4. Een nieuw ontdekte natuurkracht	51
5. Vervoermiddel der toekomst	64
6. De elektrificatie van Nederland	73
7. Kookt elektrisch!	85
8. De draadloze	97
9. De duimen op de piek	109
10. Het Atoom	125
11. Als de kachel loeit, beeft Nederland	138
12. Grenzen aan de groei	152
13. Behoedzaam stroomopwaarts	168
De groene energietransitie	185
14. De blik vooruit: pijnlijke klimaatkeuzes	187
15. Windenergie: hogere en meer krachtige turbines	195
16. Zonne-energie: op zee, op daken, in en langs wegen	203
17. Energieopslag: de oplossing voor een fundamentele mismatch	211
18. Groene waterstof: de ontbrekende schakel in de energietransitie	218
19. Groene kernenergie: een minder gevreesd alternatief	228
20. Waterkracht: van getijden- tot golfslagenenergie	234
21. Aardwarmte: goedkoopste duurzame alternatief voor aardgas	242
22. Internet of Energy: balans tussen vraag en aanbod	247
23. Gelijkstroom: versneller van de energietransitie	253
24. Hoogspanning: een toekomst van 'groene moleculen'	257
Bronnen	265
Register	283

# Inleiding

We leven in een tijdperk waarin alles wat nog niet elektrisch is in hoog tempo elektrisch wordt; de fiets, de auto, en zelfs de eerste elektrisch gedreven vliegtuigen doen hun intrede. En omdat we van het aardgas af willen, zal er meer elektrisch gekookt gaan worden. Bijna driekwart van de verkochte inbouwkookplaten is al elektrisch.

De manier waarop we de elektriciteit produceren verandert ook: aan de horizon en op zee verschijnen steeds meer windmolens, op daken steeds meer zonnepanelen en verlaten weilanden veranderen in grootse zonneweiden.

Elektriciteit wordt in toenemende mate decentraal opgewekt, net als dat eind negentiende eeuw gebeurde voordat zogeheten ‘blok-centrales’ aan elkaar werden geknoopt en de eerste gemeentelijke en later provinciale stroomcentrales ontstonden. Van grootschaligheid gaan we langzamerhand weer terug naar kleinschaligheid, maar dan slimmer.

De energietransitie in Nederland staat niet op zichzelf: aanleiding is het beleidsdoel van de internationale gemeenschap, neergelegd in het Klimaatakkoord van Parijs, om van fossiele brandstoffen over te stappen naar volledig duurzame energiebronnen zoals zonne- en windenergie. Ook Nederland heeft afgesproken dat in 2030 70 procent van alle elektriciteit uit hernieuwbare bronnen moet komen.

De vraag naar elektriciteit zal wereldwijd ruim verdubbelen bij de transitie naar een economie met lage CO<sub>2</sub>-uitstoot. In 2018 gebruikten we circa 27.000 Terawattuur (TWh) aan stroom. Bij de groei van de wereldeconomie en extra vraag door de komst van onder meer elektrische auto's, trucks en schepen neemt dit naar verwachting toe tot circa 57.000 TWh in 2050, zo heeft het ING Economisch Bureau berekend.

Voorals de markt voor wind- en zonne-energie groeit sterk: investeringen van 13 biljoen dollar tot 2050 zullen moeten zorgen voor het opwekken van schone stroom. Illustratief waren de persberichten die een netbeheerder najaar 2019 publiceerde, waarin de spectaculaire groei van het opgestelde vermogen aan zonnepanelen werd aangestipt. In Amsterdam steeg dat vermogen het afgelopen jaar met maar liefst

61 procent. Het aantal zonnepanelen in Friesland steeg alleen al in het derde kwartaal van 2019 met 70 procent.

De energietransitie leidt ook tot belangrijke innovaties. Slimme meters moeten meer inzicht bieden in het elektriciteitsverbruik. En slimme sturing van de vraag zorgt voor betere afstemming op het fluctuerende aanbod van zon en wind.

De toekomst ligt nog volledig open. Rijden we straks nog met de trein en de auto, of laten we ons vervoeren door automatisch rijdende schone voertuigen die ons van deur tot deur bezorgen? Is nul-op-de-meter (waarbij het netto energiegebruik tot nul wordt gereduceerd door energiebesparende en energieopwekkende voorzieningen) realistisch voor alle woningen in Nederland? En komt kernenergie ooit nog terug in een schone en veilige vorm?

Het schrijven van dit boek viel samen met een aantal historische ontwikkelingen: het besluit van de Nederlandse overheid om de gaskraan in Groningen al in 2022 dicht te draaien, de presentatie van het Klimaatakkoord, het derde Urgenda-vonnis op rij waardoor het kabinet de CO<sub>2</sub>-uitstoot nog in 2020 met 25 procent moet verminderen en de vervroegde sluiting van de kolencentrale aan de Amsterdamse Hemweg.

Dit boek blikkt zowel achter- als vooruit. De context van het verleden is belangrijk om te beseffen waar we de komende jaren naartoe gaan. Precies honderd jaar geleden maakte elektriciteit namelijk eenzelfde reuzensprong en ook toen was er een aanleiding: een nijpend tekort aan grondstoffen, met name steenkool, als gevolg van de Eerste Wereldoorlog. Amsterdam besloot het gaslicht te vervangen door elektriciteit omdat die goedkoper op te wekken was dan gas.

Begin jaren twintig had al ongeveer elke woning in de hoofdstad een aansluiting. Andere steden volgden. Nederland omarmde, eerder dan andere Europese landen, massaal elektrische huishoudelijke apparatuur zoals strijkijzers, stofzuigers, straalkachels, theelichtjes en niet te vergeten de radio. Het kleinverbruik werd gestimuleerd door de invoering van het vastrechtstarief.

De elektriciteitsrevolutie kende nadien nog meerdere schokgolven. Door kolentekorten na de Tweede Wereldoorlog moesten begin jaren vijftig drastische maatregelen worden genomen: ambtenaren die 's avonds moesten werken om het stroomgebruik beter te verdelen, de invoering van piekuren en een plan om zeshonderd meelmolens om te bouwen voor opwekking van elektra. De komst van kernenergie luidde

een tijdperk van nieuw optimisme in, maar het groeiende verzet ertegen deed al dat optimisme uiteindelijk ook weer teniet.

Na de oliecrisis van de jaren zeventig en de waarschuwingen van de Club van Rome werd de noodzaak van alternatieve energie groter, en er volgde een pionierstijd van vallen en opstaan en letterlijk geknakte windmolens. Het Klimaatverdrag van de VN in 1992 en het Kyoto-protocol in 1997, waarin werd afgesproken om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen, vormde de opmaat tot een heel nieuw energiebeleid. Telkens werden we met de neus op de feiten gedrukt: dat elektriciteit uit het stopcontact niet zo vanzelfsprekend is als we denken.

De geschiedenis van de energievoorziening in Nederland (inclusief warmte en aardgas) is nog nooit volledig verteld. Met jubileumboeken van voormalige gemeentelijke en provinciale energiebedrijven (alleen nog antiquarisch verkrijgbaar), geschiedschrijvingen die alleen specifieke ontwikkelingen belichten en wetenschappelijke studies die niet erg toegankelijk zijn geschreven, is het aanbod op zijn best fragmentarisch te noemen.

Het is al niet makkelijk om aan te geven wanneer de elektriciteitsgeschiedenis in Nederland precies begon. De toenmalige Vereniging van Exploitanten van Elektriciteitsbedrijven in Nederland (VEEN) organiseerde in 1984 een reizende expositie ter gelegenheid van de viering van honderd jaar elektriciteit in Nederland. Volgens VEEN was in 1884 de openbare verstrekking van elektriciteit begonnen dankzij het particuliere initiatief van de Russische ex-marineofficier Achilles de Khotinsky. Weer anderen verwijzen naar Willem Smit met zijn N.V. Verlichting Kinderdijk of naar Willem Wisse, vertegenwoordiger van Siemens & Halske, het bedrijf dat al in 1882 een elektrische tram – de tweede ter wereld! – liet rijden in Zandvoort. Wanneer booglicht en telegrafie tot de elektrische toepassingen worden gerekend – de elektrische machines van eind achttiende eeuw tellen we dan maar even niet mee – dan kunnen we zelfs teruggaan tot de jaren veertig en vijftig van de negentiende eeuw.

Voor dit boek heb ik de archieven geraadpleegd van het Instituut voor Sociale Geschiedenis in Amsterdam, het Nationaal Archief, het Regionaal Archief Nijmegen, het Noord-Hollands Archief, het Gelders Archief, het Utrechts Archief, het NIOD, het depot van de Openbare Bi-

bibliotheek Amsterdam, het Stadsarchief Amsterdam en het Stadsarchief Rotterdam.

Van onschatbare waarde waren verder het digitale krantenarchief van Delpher, het archief van de Staten-Generaal, en de gesprekken met experts van netbeheerders, universiteiten en andere instanties. Aan een ieder die heeft bijgedragen aan de research gaat dan ook mijn dank uit.

Jan Libbenga, maart 2020

## 1. De pioniers

Frankrijk, het land van het nieuwe, het land van leven, licht en glans, zou een wereldfeest vieren zoals nog nooit was vertoond, en alle volken waren uitgenodigd. ‘Tonen wilde het, dat het in korte tijd volbracht had wat geen land van Europa zou kunnen volvoeren; na de meest volkomen nederlagen en vernederingen wilde het na een stel jaren van rust en arbeid zich opheffen, genezen en gezond, gesterkt door den tegenspoed, nog steeds het eerste volk der aarde,’ schreven kranten in 1878 over de Exposition Universelle.

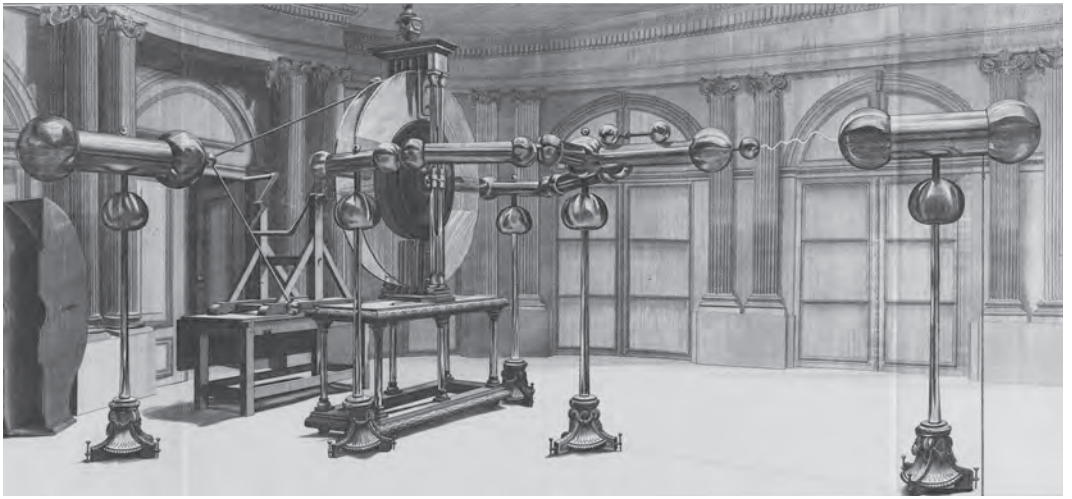
De wereldtentoonstelling in Parijs, niet lang na de Frans-Pruisische Oorlog, was vele malen groter dan voorgaande wereldtentoonstellingen. Het terrein had een oppervlak van 267.000 vierkante meter, en daarvan was 219.000 vierkante meter ingenomen door de Champ-de-Mars, het open parkgebied in het 7e arrondissement. Het terrein was nog niet begrensd door de Eiffeltoren, die kwam er pas met de wereldtentoonstelling van 1889.

Wat de Exposition Universelle vooral bijzonder maakte was dat de tentoonstelling een blik bood op de nabije toekomst, met uitvindingen die nog maar amper het laboratorium hadden verlaten. De telefoon van Alexander Graham Bell was er te zien. Thomas Edison toonde er de megafon



*Op de wereldtentoonstelling in Parijs in 1878 én in 1889 werd de fonograaf – waarmee de stem van de mens kon worden opgenomen en afgespeeld – gedemonstreerd die Thomas Edison in 1877 had uitgevonden (gravure Paul Uestel)*





*De elektriseermachine van Van Marum in Teylers Museum*

en de fonograaf. Even opvallend waren de elektrische booglampen, die de Avenue de l'Opéra met kunstlicht beschenen. Ze maakten vooral duidelijk dat gas, petroleum en kaarslicht weldra vergeten zouden zijn.

In de aanloop naar de wereldtentoonstelling waren enkele Parijse pleinen reeds elektrisch verlicht met behulp van een verplaatsbare stoommachine of locomobiel van vier paardenkrachten. De verwachtingen waren hooggespannen: de kosten van het nieuwe licht zouden bij gelijke sterkte slechts de helft bedragen van die van gaslicht.

Natuurlijk was elektriciteit niet onbekend. In de achttiende eeuw werd al volop geëxperimenteerd met de 'elektriseermachine', waarbij statische elektriciteit werd opgewekt door middel van wrijving of influentie. Nog altijd is in het Teylers Museum in Haarlem de grote elektriseermachine van Martinus van Marum te bewonderen, waarmee men onbekende elektrische verschijnselen hoopte te ontdekken.

Met de 'kronkelende vuurstralen met de dikte van de schacht van eene gewoone schryfpen' – de vonken konden wel een lengte van meer dan een halve meter bereiken, wat overeenkomt met een spanningsverschil van een kleine half miljoen volt – elektrocuteerde Van Marum scholen alen en diverse konijnen. Hij onderzocht de elektrische ontladingen op gassen en op de smeltbaarheid en geleidbaarheid van metalen en hun oxiden.

Maar praktische toepassingen, anders dan die van komische vonkenmachine in salons van de burgerij, leverden deze experimenten niet op. Dat gold evenzeer voor de Leidse fles van Petrus van Musschenbroek, een voorloper van de condensator.