



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Towards a sustainable and circular metals economy: the case of copper in China

Dong, D.

Citation

Dong, D. (2021, June 16). *Towards a sustainable and circular metals economy: the case of copper in China*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/3188567>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/3188567>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <https://hdl.handle.net/1887/3188567> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Dong, D.

Title: Towards a sustainable and circular metals economy: the case of copper in China

Issue Date: 2021-06-16

Samenvatting

Voorraden van producten die in gebruik zijn kunnen worden opgevat als een schakel tussen menselijke behoeften enerzijds, en de fysieke wereld van grondstoffen en materialen anderzijds. Ze worden beschouwd als een belangrijke indicator in onderzoek naar het metabolisme van de maatschappij. Deze voorraden vervullen een functie tijdens gebruik, maar kunnen ook worden beschouwd als een toekomstige bron van materialen: wanneer de producten afgedankt worden, komen de materialen die erin verwerkt zijn weer beschikbaar voor hergebruik, de productie van secundair materiaal. Zo kunnen de voorraden van producten in gebruik worden beschouwd als een *urban mine*, een stedelijke mijn. Deze voorraden zijn dan ook steeds vaker onderwerp van onderzoek.

Het idee van de stedelijke mijn kan op allerlei verschillende materialen en grondstoffen worden toegepast, en ook op allerlei ruimtelijke schaalniveaus, van lokaal tot wereldwijd. In deze dissertatie is de stedelijke mijn van koper in China het onderwerp. Het gebruik van diverse koperhoudende producten in China neemt snel toe. De voorraden van koper in gebruik groeien daarom in hoog tempo, en vormen een groot reservoir waaruit geput kan worden. Met dit onderzoek wordt daarom beoogd na te gaan hoe de koperkringloop in China kan worden omgevormd tot een duurzame en circulaire economie.

Het onderzoek is gebaseerd op vier elkaar aanvullende en opeenvolgende onderzoeksvragen:

1. Hoe zullen de vraag naar koper, voorraden in gebruik en afvalproductie zich naar verwachting ontwikkelen onder het huidige Chinese beleid met betrekking tot de algemene economische ontwikkeling, de energietransitie en de ambities ten aanzien van de circulaire economie? (Hoofdstuk 2)
2. Hoe kan China voldoen aan de toekomstige vraag naar koper tegen de achtergrond van de overgang naar een circulaire economie, en welke invloed kunnen de invoerbeperkingen voor koperschroot daarop hebben? (Hoofdstuk 3)
3. Welke milieu-effecten gaan gepaard met de huidige en toekomstige koperproductie in China, en hoe kunnen de milieuprestaties in de

toekomst worden verbeterd? (Hoofdstukken 4 en 5)

4. In hoeverre kan de koperkringloop in China worden gesloten? (Hoofdstukken 2, 3 en 5)

Het proefschrift begint met het in kaart brengen van het gebruik van koper in China en de problemen die dit met zich meebrengt, waaronder verminderde beschikbaarheid van grondstoffen, productie van afval, en milieueffecten van materiaalproductie. Om deze problemen beheersbaar te houden, is een efficiënter gebruik van grondstoffen en met name een overgang naar een circulaire economie gewenst. Vanuit deze optiek is het dan ook een logisch vertrekpunt om zowel de voorraden in gebruik als de vraag naar en afvalproductie van koper te kwantificeren, en een inschatting te maken van hoe deze zich ontwikkelen onder het huidige Chinese beleid (onderzoeksvraag 1). Het lijkt erop dat het bij het huidige Chinese beleid in 2050 niet mogelijk is de koperkringloop te sluiten. Dit is het gevolg van de sterk toenemende vraag naar koper, die het gevolg is van economische ontwikkeling en van de transitie naar een duurzaam energiesysteem. Voor een duurzame ontwikkeling van de Chinese koperkringloop moeten daarom meer circulaire economie strategieën worden toegepast. Een complicerende factor is de te verwachten beperking van de invoer van koperschroot (onderzoeksvraag 2) in China: deze is ingesteld om dumping van afval te voorkomen, maar zorgt er tegelijkertijd voor dat een belangrijke bron voor secundaire productie niet benut kan worden.

De milieuprestaties van de kopercyclus zijn een cruciale factor op weg naar een duurzame ontwikkeling. Met behulp van levenscyclusanalyse (LCA), opgeschaald met verschillende verwachte veranderingen in de koperproductieprocessen, zijn de milieu-effecten van de toekomstige koperproductie in China in kaart gebracht (onderzoeksvraag 3). Ten slotte zijn de verschillende scenario's die in dit proefschrift zijn ontwikkeld gecombineerd voor de beantwoording van onderzoeksvraag 4, de algemene vraag naar de mogelijkheid om de koperkringloop in China te sluiten om te vormen tot een circulaire en duurzame economie.

Hoofdstuk 2 beschrijft de voorraden in gebruik alsmede de vraag naar en afvalproductie van koper onder het huidige Chinese beleid. De belangrijkste conclusie is dat de voorraden in gebruik en de vraag naar koper in China naar

verwachting aanzienlijk zullen toenemen, zij het met verschillende groeicijfers voor verschillende kopercategorieën. De kopervoorraden in sommige koperhoudende producten, zoals gebouwen, zullen tegen 2050 waarschijnlijk gestabiliseerd zijn, terwijl het verzadigingspunt voor infrastructuur en vervoer nog niet bereikt zal zijn. Met name de kopervoorraden en de vraag naar koper bij de elektriciteitsinfrastructuur en elektrische voertuigen zullen naar verwachting tot 2050 aanzienlijk toenemen. Hoewel de binnenlandse afvalproductie de afgelopen jaren is toegenomen, zijn de meeste koperproducten in China nog niet aan het einde van hun levensduur. Er komt dus nog maar weinig koper in het afval, waardoor ook de end-of-life-koper recycling in China maar langzaam toeneemt. Al met al ziet het er naar uit dat bij het huidige Chinese beleid, waarin economische ontwikkeling, energietransitie en circulaire economie alle een plaats hebben, er in 2050 onvoldoende secundair koper geproduceerd kan worden om in de vraag naar koper te voorzien.

Hoofdstuk 3 behandelt onderzoeksvraag 2. In dit hoofdstuk worden de mogelijkheden verkend om met strategieën van een meer circulaire economie toe te werken naar een circulaire economie van de koperkringloop, met name onder invloed van de invoerbeperkingen op koperschroot. De belangrijkste bevindingen zijn dat de Chinese kopercyclus zeer gebaat zou zijn met deze strategieën van een circulaire economie. Tegelijkertijd blijft het een uitdaging om de aanzienlijke kloof tussen de Chinese vraag naar koper en de in eigen land beschikbare hoeveelheid schroot te overbruggen. Verlenging van de levensduur van koperhoudende producten kan leiden tot een afname van de vraag naar koper. De beperking van of het verbod op de invoer van koperafval zal de beschikbaarheid van grondstoffen voor de productie van secundair koper verminderen. Hierdoor zal het aandeel van het secundaire koperaanbod toenemen tot slechts 60% in 2100, zelfs als in het circulaire-economiescenario de beschikbaarheid van binnenlands schroot toeneemt en er veel koper gerecycled wordt. De aanzienlijke kloof tussen de Chinese vraag naar koper en de in eigen land beschikbare hoeveelheid schroot moet in de toekomst worden overbrugd door primair koper te winnen in binnenlandse mijnen of door concentraten en geraffineerd koper te importeren. Een alternatief kan zijn om het importverbod op schroot op termijn op te heffen, en koperschroot te blijven importeren. In combinatie met het opzetten van een

ultramoderne, efficiënte en milieuvriendelijke recyclingindustrie zou dit voor China een kans kunnen zijn om over te schakelen op een meer circulaire economie, waarin een groter deel van de vraag kan worden voldaan met secundair koper.

Hoofdstuk 4 gaat over de toekomstige milieueffecten van koperproductie. Binnen de drie productieroutes - pyrometallurgische, hydrometallurgische en secundaire koperproductie - worden veranderingen verwacht als gevolg van van afnemende ertsgraden (het kopergehalte van kopererts), de verbetering van de energie-efficiëntie van de productieprocessen en de energietransitie in de elektriciteitsvoorziening in China. Ook andere opties om de milieuprestaties van de koperproductie te verbeteren worden besproken in Hoofdstuk 4. Naar verwachting zullen de milieueffecten van de productie van 1 kg koper als gevolg van deze veranderingen veel kleiner zijn dan in het *business-as-usual*-scenario. Dat geldt echter niet voor de totale milieueffecten van de koperproductie. Dit komt doordat als gevolg van de energietransitie de vraag naar koper zal toenemen in vergelijking met het *business-as-usual*-scenario. Een duurzaam energiesysteem bevat veel meer koper dan een op fossiele brandstoffen gebaseerd systeem. De resultaten bevestigen ook dat de milieueffecten van de productie van 1 kg secundair koper veel geringer zijn dan die van primair koper, zodat een hoger aandeel van de secundaire koperproductie de meest milieuvriendelijke optie lijkt.

In hoofdstuk 5 wordt verder ingegaan op milieuvriendelijke koperproductie in een meer circulaire economie en met *zero waste*-strategieën in het koper afvalbeheer. Ook bevat dit hoofdstuk een verkenning van de mogelijkheden om de koperkringloop te sluiten vanuit een geoptimaliseerd afvalbeheersysteem. De belangrijkste conclusie is dat bij het huidige Chinese beleid hergebruik en recycling van koperhoudende producten in combinatie met de milieueffecten van de primaire koperproductie zoals besproken in hoofdstuk 4 zullen leiden tot een kleine reductie in zowel de uitstoot van broeikasgassen als de energiebehoefte van de totale koperproductie. Maximale toepassing van dergelijke strategieën van een circulaire economie kan tot een verdere reductie leiden, maar een te strikte toepassing kan ook contraproductief zijn. De broeikasgasemissies die samenhangen met de secundaire koperproductie kunnen groter worden dan die van de primaire koperproductie, ondanks de lagere broeikasgasemissies per kg van de

secondaire productie. De bevindingen wijzen erop dat het koper afvalbeheersysteem moet worden verbeterd om koper zijn hoogste nut en waarde te laten behouden. Dit vergt maatregelen gedurende de gehele levenscyclus van het product, waaronder zowel afvalpreventie en strategieën voor een circulaire economie bij end-of-life-producten, als productontwerp in de beginfase. Op die manier kunnen de dematerialisatie en de ecologische duurzaamheid van de kopercyclus in China tegelijkertijd worden gerealiseerd.

In hoofdstuk 6 wordt geconcludeerd dat dit proefschrift heeft bijgedragen aan de verkenning van de weg naar een duurzame en circulaire economie van de koperkringloop in China vanuit oogpunt van het sluiten van de kringloop en het verminderen van milieu-effecten. Er worden verschillende aanbevelingen gedaan voor nader onderzoek naar de koperkringloop. Een eerste aanbeveling betreft het reduceren van onzekerheden in data en model, bijvoorbeeld door meer informatie over de veranderingen van het kopergehalte van koperhoudende producten door de tijd heen te verzamelen. Ten tweede zou onderzoek naar neveneffecten en rebound-effecten een waardevolle aanvulling vormen. Ten slotte zou het zinvol zijn andere modellen toe te passen om een bredere analyse te maken van –het kopersysteem. Een volgende stap in deze richting is het integreren van materiaalstroomanalyse (MFA) en levenscyclusanalyse (LCA) met andere modellen, zoals economische en ruimtelijke modellen, om milieu-, economische en sociale dimensies op te nemen. Met deze aanbevelingen zou een completere dynamische modellering van de kopercyclus kunnen worden gerealiseerd. Dit zou betrouwbaardere en vollediger beleidsaanbevelingen kunnen opleveren om te komen tot een duurzame ontwikkeling van de kopercyclus.