

**Urban scaling van Nederlandse steden:
een pilotstudie**

Eindrapport

OPGESTELD IN OPDRACHT VAN:

Ministerie van Binnenlandse Zaken
en Koninkrijksrelaties (BZK)

OPGESTELD DOOR:



Adres: Valkenburgerstraat 212
1011 ND Amsterdam
Telefoon: 020 - 67 00 562
Fax: 020 - 47 01 180
E-mail: info@decisio.nl
Website: www.decisio.nl

TITEL RAPPORT:

Urban scaling van Nederlandse steden: een pilotstudie

STATUS RAPPORT:

Eindrapport

DATUM:

19 februari 2015

OPDRACHTGEVER:

Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties

PROJECTTEAM DECISIO:

Gerwin van der Meulen, projectleider
Willem Goedhart

PROJECTTEAM SAMENWERKINGSPARTNERS:

Universiteit van Leiden, Ton van Raan

DISCLAIMER:

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. De verantwoordelijkheid voor de inhoud van het onderzoek berust bij de auteurs. De inhoud vormt niet per definitie een weergave van het standpunt van de Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.

Inhoud

Samenvatting	i	
1	Inleiding	1
1.1	Context	1
1.2	Aanleiding tot onderzoek.....	2
1.3	Vraagstelling	3
1.4	Onderzoeksaanpak	3
1.3	Leeswijzer.....	4
2	Data en gebruikte methoden	5
2.1	Historisch bestand: diachrone analyse	5
2.2	Statische bestand: synchrone analyse	6
3	Bevindingen	9
3.1	Bevindingen analyse historische bestand.....	9
3.2	Bevindingen analyse statische bestand	18
3.3	Hoe verder?.....	30
4	Literatuur	31
	Bijlage 1: discussienotitie	32
	Bijlage 2: statistische achtergronden en verantwoording	45

Samenvatting

De stad, hoe groter, hoe beter.....?

Recent Amerikaans onderzoek naar de sociale, economische en culturele prestaties van stedelijke gebieden toont aan dat de belangrijkste parameter de omvang van het stedelijk gebied in inwoneraantal is (Bettencourt, Lobo, Strumsky, West 2010).

Uit het onderzoek blijkt dat bij een grotere schaal allerlei netwerken (fysiek en sociaal) een meer dan proportionele ('superlineaire') versterking ondergaan. Hoe groter het stedelijk gebied, des te meer de gemiddelde burger bezit, produceert en consumeert, zowel wat betreft goederen als ideeën. Naarmate de omvang van stedelijke gebieden toeneemt, nemen gemiddeld per hoofd van de bevolking alle sociaaleconomische variabelen zoals lonen, bruto stedelijk product, aantal octrooien, aantal onderzoeks- en onderwijsinstellingen met 15% meer toe dan verwacht kan worden bij lineaire toename. Maar ook de 'donkere' kanten volgen de zelfde 15% regel: criminaliteit, verkeersproblemen en verspreiding van bepaalde ziekten. Zoals de Amerikaanse onderzoekers stellen: "*the good, the bad and the ugly come as an integrated, predictable package*" (Bettencourt, Lobo, Helbing, Kühnert, West 2007; Arbesman, Kleinberg, Strogatz 2009; Bettencourt and West 2010; Bettencourt, Lobo, Strumsky, West 2010).

Opmerkelijk is dat voor deze *increasing returns on scale* het *inwoneraantal* dominant is; de historie van een stedelijk gebied, haar geografische ligging, ruimtelijke structuur en andere, lokale kenmerken hebben ook invloed maar zijn van secundair belang.

Het is waarschijnlijk dat deze lokale kenmerken van een stedelijk gebied wel een belangrijke rol spelen voor de grootte en richting (positief dan wel negatief) van de afwijking van de verwachtingswaarde. Verder onderzoek is nodig om vast te stellen welke kenmerken van stedelijke gebieden en vooral van de centrale stad positieve dan wel negatieve afwijkingen ten opzichte van de verwachtingswaarde veroorzaken.

Uit verder Amerikaans onderzoek (Pan, Goshal, Krumme, Cebrian, Pentland 2013) blijkt dat ook 'ruimtelijke dichtheid' een belangrijke rol speelt. Dus niet alleen 'hoe groter..' maar ook 'hoe dichter..'. Schaalvergroting brengt vooral voordelen als de interacties tussen de samenstellende delen optimaal zijn. En dat betekent in de praktijk óók - en simpelweg - fysieke nabijheid. Zit het dicht bij elkaar, dan is de kans op optimalisering veel groter.

Wij vroegen ons af: In hoeverre kan de bestuurlijke structuur in stedelijke gebieden ook een verklarende factor zijn van afwijkingen van de verwachtingswaarde? In hoeverre is één bestuur in een stedelijk gebied te prefereren boven samenwerkingsconstructies van meerdere gemeenten in zo'n gebied?

Stedelijke gebieden: beter één bestuur dan samenwerking...?

Deze vraag is in de Nederlandse situatie zeker actueel, gezien de discussie of gemeenten wellicht minimaal een bepaalde omvang zouden moeten hebben. Schaalvergroting zou vooral nodig zijn om bestuurskracht te versterken, te decentraliseren taken aan te kunnen en besparingen te realiseren. Er is veel discussie of schaalvergroting hier daadwerkelijk aan bijdraagt.

Waar schaalvergrotingen in een stedelijke context wel aan bijdragen is volgens de Amerikaanse onderzoekers duidelijk: zij leveren niet alleen besparingen, maar vooral ook voordelen: *winst* door een groter bruto stedelijk product, hogere lonen, meer bestedingen, meer innovaties, meer creatieve ideeën die effectief leiden tot meer bedrijven en meer en betere onderwijsinstellingen.

De bevindingen van de Amerikaanse onderzoekers en de relatie met de Nederlandse 'bestuurlijke schaaldiscussie', is door ons onder de aandacht gebracht van het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. In dat kader is een discussienotitie geschreven, die integraal als Bijlage 1 bij dit rapport is gevoegd. De in deze notitie opgeworpen vragen waren aanleiding voor ons om in 2014 aan het ministerie een voorstel te doen om in een - qua omvang - bescheiden pilotstudie te onderzoeken of *het door de Amerikanen gevonden fenomeen van 'increasing returns on scale' ook in Nederland waarneembaar is, en of de bestuurlijke structuur van de stedelijke gebieden ook een verklarende factor kan zijn van afwijkingen van de verwachtingswaarde.*

Met andere woorden, hoe gedraagt het schaaleffect zich bij:

- Stedelijke agglomeraties met één bestuurslaag
- Stedelijke agglomeraties met meerdere bestuurslagen.

In veel landen, ook in Nederland, zijn grote en middelgrote steden gegroeid; maar in de loop der tijd is ook het inwoneraantal van de centrale stad afgenomen (ten opzichte van de oorspronkelijke bevolkingsomvang die in de jaren zestig het maximum bereikte) en is er sprake geweest van een sterke toename van het inwoneraantal in de voorsteden/randgemeenten. In de aldus gegroeide, stedelijke agglomeraties is er vaak geen optimale, bestuurlijke cohesie en werken de zelfstandige randgemeenten en de centrale stad niet optimaal samen. De versterkende niet-lineaire (superlineaire) werking van de stedelijke dynamiek wordt geremd. Dit is de situatie waarbij de randgemeenten allerlei voorzieningen op sociaal, cultureel en economisch gebied voor zichzelf willen, waardoor de kosten van deze voorzieningen in de gehele agglomeratie toenemen maar de ontwikkeling van de centrale stad belemmeren¹.

¹ Een biologisch analogon is een organisme waarbij de diverse onderdelen aparte hersenen hebben, naast de centrale in het hoofd. Er zal ongetwijfeld wel sprake zijn van enige samenwerking, maar het schiet natuurlijk niet op als de centrale hersenen vooruit willen, en de hersenen van de benen besluiten toch maar niet in beweging te komen.

Weliswaar zullen in een verzameling van dergelijke niet-optimale agglomeraties de schaalwetten op basis van de totale bevolking van de agglomeratie nog steeds gelden, maar met grote waarschijnlijkheid zal daarbij de mate van superlineariteit (de exponent in de mathematische functie die de schaalwet beschrijft) kleiner zijn en tevens een negatieve afwijking ten opzichte van de verwachtingswaarde opleveren.

Onderzoeksvragen:

De hiervoor geschetste problematiek levert de volgende vraag op:

Zijn er, op basis van het Amerikaanse onderzoek naar urban scaling en een vertaling ervan naar de Nederlandse context, verschillen waarneembaar - gelet op de bestuurlijke indeling en de mate van onderlinge samenwerking - in de mate van superlineariteit en in de mate van afwijking van de verwachtingswaarde met betrekking tot de omvang en groei van stedelijke agglomeraties in Nederland?

Deze vraagstelling kan toegespitst worden op de meer direct beleidsgerichte vraag:

Heeft een stedelijk gebied met één bestuur en daardoor met bestuurlijke, sociaaleconomische en culturele coherentie een grotere winst in termen van superlineariteit in vergelijking met een stedelijke gebied van dezelfde omvang (in aantal inwoners) maar met een minder sterke bestuurlijke, sociaaleconomische en culturele coherentie, bijvoorbeeld omdat het stedelijk gebied uit meerdere, beperkt samenwerkende gemeenten bestaat?

Deze vraagstelling leidt tot de volgende onderzoeksvragen:

1. Is dit verschil aantoonbaar tussen:
 - a. stedelijke agglomeraties met één bestuurslaag (dus één grootstedelijke gemeente)
 - b. stedelijke agglomeraties met meerdere bestuurslagen en beperkte samenwerking
 - c. stedelijke agglomeraties met meerdere bestuurslagen en uitgebreide samenwerking.
2. En, is dit verschil aantoonbaar tussen:
 - a. Autonom snel gegroeide / snel groeiende agglomeraties welke één grootstedelijke gemeente zijn
 - b. Door gemeentelijke herindeling snel gegroeide grootstedelijke gemeenten.

Bevindingen van de pilotstudie

De antwoorden op deze vragen zijn van belang bij het beleid rondom bestuurlijke (re)organisatie; in het bijzonder de bestuurlijke inrichting van stedelijke gebieden. Zeker nu, ook internationaal, de cruciale rol van 'sterke steden' in onze samenleving steeds meer aandacht krijgt. Anders dan de gebruikelijke focus op mogelijke besparingen bij bestuurlijke reorganisatie, is er hier juist uitzicht op aanzienlijke, economische baten.

In deze pilotstudie hebben we een 'statisch' en een 'historisch' databestand samengesteld.

Uit onze pilotstudie blijkt, vooral op basis van het statische bestand, dat stedelijke gebieden in alle drie onderzochte modaliteiten (gemeente, grootstedelijke agglomeratie en stadsgewest) inderdaad een superlineaire schaling als functie van het aantal inwoners laten zien.

Significante, superlineaire correlaties met exponenten rond 1.20 zijn vastgesteld voor het bruto gemeentelijk product en het aantal banen. Opmerkelijk is dat de grootstedelijke agglomeratie en het stadsgewest minder presteren in vergelijking met gemeenten (met hetzelfde aantal inwoners als de grootstedelijke agglomeratie of het stadsgewest). Dit effect is groter voor het stadsgewest. Met andere woorden:

Grootstedelijke agglomeraties en stadsgewesten (met meerdere bestuurslagen) zijn gemiddeld ‘underperformers’ als we ze vergelijken met steden/gemeenten (met een bestuurslaag) met dezelfde bevolkingsomvang. De verwachting is daarom dat bestuurlijk heringedeelde steden/gemeenten naar alle waarschijnlijkheid economisch beter zullen presteren dan stedelijke gebieden die niet opgeschaald/heringedeeld zijn.

Meer specifiek kunnen we stellen dat op grond van onze analyse van het historische databestand bij de heringedeelde steden een significant grotere superlineaire exponent (tussen 1.30 en 1.45) wordt gevonden dan bij de niet-heringedeelde steden (tussen 0.83 en 1.24). Onze bevindingen op basis van de analyse van het statische databestand vormen een aanwijzing dat steden met een herindeling (recentelijk of in de afgelopen decennia) een hogere waarschijnlijkheid hebben op ‘overperforming’ dan steden zonder herindeling. Daarmee liggen de bevindingen op grond van beide bestanden op dezelfde lijn.

Met het door ons uitgevoerde studie is het mogelijk meer inzicht te krijgen in sociaaleconomische eigenschappen van steden/gemeenten die te kenmerken zijn als ‘under-’ dan wel ‘overperformers’ in vergelijking met steden van dezelfde bevolkingsomvang en daarbij verschillen te vinden tussen steden met en zonder bestuurlijke opschaling /gemeentelijke herindeling. **Op basis van het door ons verrichte onderzoek verwachten wij een positief economisch effect van één bestuur op grotere schaal.**

De uitkomsten van onze pilotstudie naar ‘urban scaling’ in de Nederlandse situatie wijzen voorlopig in de richting dat de effecten van een bestuurlijke herindeling binnen stedelijke gebieden omvangrijke, positieve gevolgen voor de (stads)economie zouden kunnen hebben; een voorbeeldberekening voor de Leidse regio toont aan deze economische (verwachtings)waarde jaarlijks ruim 2 miljard euro zou kunnen bedragen. Een breder vervolgonderzoek is noodzakelijk om deze, en andere uitkomsten van onze pilotstudie, nader te toetsen.

Hoe verder?

Deze pilotstudie heeft uniek datamateriaal opgeleverd en voor het beleid relevante uitkomsten; maar deze studie is een eerste verkenning geweest met datasets die zeker niet volledig zijn. Daarom zou een vervolgstudie wenselijk zijn om de statistische betrouwbaarheid te vergroten en mogelijke, verdere effecten (die nu wellicht niet duidelijk te zien zijn) beter in beeld te krijgen. Zo kan bijvoorbeeld

de minder grote dichtheid van agglomeraties een rol spelen, die nu niet goed in beeld komt. Nader onderzoek (uitgebreidere database, aanvullende onderzoeksvragen, dichtheid als toegevoegde variabele) kan leiden tot meer robuuste conclusies.

De uitkomsten van onze pilotstudie lijken relevant voor het beleid over bestuurlijke schaalvergroting; zoals de vraagstukken rondom gemeentelijke herindelingen. De uitkomsten kunnen ook betrokken worden bij de 'Agenda Stad' die gericht is op het versterken van de concurrentiekracht en leefbaarheid van Nederlandse steden (het kabinet wil de agenda in 2015 presenteren). Economie is uiteraard niet het enige criterium bij bestuurlijke schaal en (her)inrichting, maar wel belangrijk (banen/inkomen) en is tot nu toe, naar onze mening, nog onderbelicht gebleven. Ondersteunend aan de gedachten over bestuurlijke schaalgrootte en economische ontwikkeling zijn ook de conclusies van de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO; advies Territorial Review of the Netherlands 2014) en van de Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli; adviezen 'Toekomst van de stad: de kracht van nieuwe verbindingen' en 'Kwaliteit zonder groei; over de toekomst van de leefomgeving', 2014). Deze conclusies geven aan dat Nederlandse steden, door hun beperkte omvang, agglomeratiekracht missen.

1 Inleiding

1.1 Context

Recent Amerikaans onderzoek (Bettencourt, Lobo, Helbing, Kühnert, West 2007; Bettencourt, Lobo, Strumsky, West 2010; Bettencourt and West 2010;) ² toont – binnen de stedelijk-economische context - meer dan evenredige ('niet-lineaire') voordelen aan (hogere welvaart, lagere infrastructuurkosten) wanneer de omvang van een stedelijk gebied toeneemt (vooral het aantal inwoners). Een stad die twee maal zo groot is (in aantal inwoners) als een andere stad, levert een factor 2.15 grotere sociaal-economische prestatie, bijvoorbeeld in termen van het bruto gemeentelijk product en in aantal banen. Deze *urban scaling* bevindingen zijn van belang bij het beleid rondom bestuurlijke (re)organisatie; in het bijzonder de bestuurlijke inrichting van stedelijke gebieden. Anders dan de gebruikelijke focus op mogelijke besparingen, is er juist uitzicht op aanzienlijke economische vooruitgang. De effecten van bijvoorbeeld een herindeling binnen stedelijke gebieden impliceren omvangrijke, positieve gevolgen voor de economie. Omdat de niet-lineaire effecten positief zijn, wordt in het algemeen over superlineaire effecten gesproken. Wij zullen in dit rapport deze term ook gebruiken.

Het Amerikaanse onderzoek naar urban scaling betreft stedelijke agglomeraties (MSA's: Metropolitan Statistical Areas) die in de loop der tijd autonoom gegroeid zijn naar een zeker aantal inwoners. Het is dus als het ware een synchrone, statische opname, die een voorspellende waarde heeft voor wat er gebeurt als een stedelijk gebied zich in bepaalde tijdspanne in inwoneraantal, bijvoorbeeld, verdubbelt. Dit is wat anders dan verdubbeling van inwoneraantal door gemeentelijke herindeling van bestaande gemeenten tot een nieuwe gemeente.

Desalniettemin is het waarschijnlijk dat na verloop van tijd voor de nieuwe gemeente de schaalwetten evenzeer moeten gelden. Dit vermoeden kan gebaseerd worden op juist datgene wat cruciaal is voor de werking van de schaalwetten: connectiviteit binnen adaptieve complexe systemen. Deze situatie kan als volgt beschreven worden. In veel landen, ook in Nederland, zijn grote en middelgrote steden wat betreft stedelijk gebied gegroeid, maar met het teruglopen van het inwoneraantal van de centrale stad (ten opzichte van de oorspronkelijke bevolkingsomvang die in de jaren zestig het maximum bereikte) en de sterke toename van het inwoneraantal in de voorsteden/randgemeenten. In dat aldus gegroeide stedelijk gebied is er geen optimale, bestuurlijke cohesie en sociaal-culturele-economische samenhang en zal het superlineaire schaalgedrag minder sterk zijn (anders gezegd: het adaptief complexe systeem werkt niet voldoende). Er is een grotere waarschijnlijkheid dat dit bij steden met het-

² Zie de als Bijlage 1 toegevoegde notitie "Wetmatigheid van positieve, niet-lineaire versterking in samenhangende systemen: het cruciale belang van gemeentelijke herindeling van stedelijke gebieden", 22 juni 2013. Deze notitie is geschreven in opdracht van het Ministerie BZK met als doel het geven van een state-of-the-art overzicht van het Amerikaanse en verwant onderzoek en verwijzingen naar de oorspronkelijke publicaties. Tevens wordt in deze notitie aandacht besteed aan het theoretisch kader waarbinnen de empirische bevindingen geplaatst kunnen worden. Centraal staat daarbij het concept van de adaptieve complexe systemen.

zelfde aantal inwoners en één gemeente (en dus bestuurlijke cohesie en sociaal-culturele-economische samenhang) meer het geval is. Het ligt voor de hand dat bij stedelijke agglomeraties waar de zelfstandige randgemeenten en de centrale stad niet optimaal samenwerken de versterkende, superlineaire werking van de stedelijke dynamiek geremd wordt. Dit is bijvoorbeeld de situatie waarbij de randgemeenten allerlei voorzieningen op sociaal, cultureel en economisch gebied voor zichzelf willen, waardoor de kosten van deze voorzieningen in de gehele agglomeratie toenemen maar daarnaast tevens de ontwikkeling van de centrale stad belemmeren. In een verzameling van dergelijke, niet-optimale agglomeraties zullen de schaalwetten op basis van de totale bevolking van de agglomeratie nog steeds gelden, maar afwijken ten opzichte van de verwachtingswaarde voor stedelijke gebieden met één bestuurslaag.

Voor het mathematisch fundament van het ontstaan van schalingswetten voor steden verwijzen we naar het recente artikel "*The origins of scaling in cities*" in *Science* (Bettencourt 2013).

1.2 Aanleiding tot onderzoek

Het Amerikaans onderzoek toont dus meer dan evenredige voordelen aan (hogere welvaart) wanneer het aantal inwoners van een stedelijk gebied toeneemt. Dit roept de vraag op of dergelijke effecten in Nederland ook waarneembaar zijn; temeer aangezien hier een relatie ligt met de discussie over bestuurlijke herinrichting van Nederland. Deze discussie wordt, naar onze mening, tot op heden vooral gevoerd op het vlak van de (on)mogelijkheid om door bestuurlijke herinrichting organisatorische kostenbesparingen te realiseren. Daarentegen zou in deze discussie ook het realiseren van welvaartswinsten (in termen van de groei van het bruto gemeentelijk product, aantal banen) veel meer aan de orde gesteld mogen worden.

Tegen deze achtergrond heeft Decisio, in nauwe samenwerking met de Universiteit van Leiden, een beknopte studie verricht naar het optreden van schaafeffecten en daaraan gekoppelde welvaartswinsten wanneer de stad/agglomeratie zich zou gedragen als een 'adaptief complex systeem'. Daarbij is het de vraag of een niet optimale bestuurlijke cohesie en minder sociaal-culturele/ economische samenhang leidt tot het minder goed functioneren van een adaptief complex systeem. Met andere woorden, hoe gedraagt het schaafeffect zich bij:

- Stedelijke agglomeraties met één bestuurslaag
- Stedelijke agglomeraties met meerdere bestuurslagen.

Universiteit Leiden en Decisio hebben, aan de hand van een beperkt aantal cases, de urban scaling effecten voor de Nederlandse situatie in een pilotstudie onderzocht.

1.3 Vraagstelling

Het onderzoek is uitgevoerd aan de hand van de volgende vraagstelling:

Zijn er, op basis van het Amerikaanse onderzoek naar urban scaling en een vertaling ervan naar de Nederlandse context, verschillen waarneembaar - gelet op de bestuurlijke indeling en de mate van onderlinge samenwerking - in de mate van superlineariteit en in de mate van afwijking van de verwachtingswaarde met betrekking tot de omvang en groei van stedelijke agglomeraties in Nederland?

Deze vraagstelling kan toegespitst worden op de meer direct beleidsgerichte vraag:

Heeft een stedelijk gebied met één bestuur en daardoor met bestuurlijke, sociaaleconomische en culturele coherentie een grotere winst in termen van superlineariteit in vergelijking met een stedelijke gebied van dezelfde omvang (in aantal inwoners) maar met een minder sterke bestuurlijke, sociaaleconomische en culturele coherentie, bijvoorbeeld omdat het stedelijk gebied uit meerdere, gebrekkig samenwerkende gemeenten bestaat?

Deze vraagstelling leidt tot de volgende onderzoeksvragen:

3. Is dit verschil aantoonbaar tussen:
 - d. stedelijke agglomeraties met één bestuurslaag (dus één grootstedelijke gemeente)
 - e. stedelijke agglomeraties met meerdere bestuurslagen en beperkte samenwerking
 - f. stedelijke agglomeraties met meerdere bestuurslagen en uitgebreide samenwerking
4. En, is dit verschil aantoonbaar tussen:
 - c. Autonom snel gegroeide / snel groeiende agglomeraties welke één grootstedelijke gemeente zijn
 - d. Door gemeentelijke herindeling snel gegroeide grootstedelijke gemeenten.

In de hierna volgende paragraaf bespreken we de structuur van het onderzoek en de daarbij gebruikte gegevens.

1.4 Onderzoeksaanpak

Het onderzoek is uitgevoerd aan de hand van de volgende CBS-gegevens: aantal inwoners, aantal banen, bruto gemeentelijk product, gemiddeld inkomen, en aantal bedrijven.

Op basis van deze CBS-gegevens is een tweetal databases opgezet:

- een 'historisch' bestand met gegevens van 1987 tot 2013 (diachrone analyse)
- een 'statisch' bestand van alle 69 gemeenten boven de 50.000 inwoners, met recente statistische gegevens voor de jaren 2010, 2011 en 2012.

Omdat het onderzoek het karakter van een pilotstudie draagt ('Wat doet dit in de Nederlandse situatie?) is er voor gekozen het aantal in beschouwing te nemen gemeenten en jaren beperkt te houden,

zodat binnen relatief korte tijd de gegevens verzameld en geanalyseerd konden worden, met het oog op snelle beschikbaarheid van richtinggevende bevindingen ('Is dit interessant, en vooral beleidsrelevant, om uitgebreider te onderzoeken en waar moet dan vooral naar gekeken worden?'). In de historische database zijn gegevens opgenomen voor de volgende 17 gemeenten/stedelijke gebieden:

1. Sittard-Geleen
2. 's Hertogenbosch
3. Breda
4. agglomeratie Rotterdam
5. agglomeratie Leiden
6. agglomeratie Haarlem
7. agglomeratie Alkmaar
8. agglomeratie Eindhoven
9. agglomeratie Dordrecht (Drechtsteden)
10. agglomeratie Heerlen (Parkstad Limburg)
11. agglomeratie Enschede (Regio Twente, WGR regio)
12. Almere
13. Zoetermeer
14. Purmerend
15. Houten
16. Zaanstad
17. Amersfoort.

In een aantal gevallen kunnen de gegevens van het historische en van het statische bestand gecombineerd worden.

1.3 Leeswijzer

Dit rapport bespreekt in hoofdstuk 2 de data en gebruikte methode bij de analyse van het historische bestand (tijdsafhankelijke observaties) en de data en methode gebruikt bij de analyse van het statische bestand.

In Hoofdstuk 3 presenteren we de bevindingen van beide analyses, trekken we voorlopige conclusies en geven we aan waar verder onderzoek gewenst is om tot meer gefundeerde conclusies te komen. Na de literatuurlijst wordt de in voetnoot 2 genoemde notitie als Bijlage 1 toegevoegd en in Bijlage 2 wordt een aantal statistische problemen behandeld.

2 Data en gebruikte methoden

In dit hoofdstuk bespreken we de hoofdlijnen (data, methode) van de gebruikte databestanden en toegepaste analyses.

2.1 Historisch bestand: diachrone analyse

Voor de eerder genoemde 17 stedelijke gebieden (bestaande uit individuele gemeenten en stedelijke gebieden met meerdere gemeenten), zijn voor de periode 1987-2013 de volgende historische gegevens³ verzameld:

1. Het aantal inwoners
2. Het bruto gemeentelijk product (index 2013 $\hat{=}$ 100)
3. Het gemiddeld besteedbaar inkomen (index 2013 $\hat{=}$ 100)
4. De werkgelegenheid (in termen van het aantal banen)
5. Bedrijvigheid (in termen van het aantal bedrijven).

We beschouwen het bruto gemeentelijk product en het aantal banen in relatie tot het aantal inwoners als het meest belangrijke element in deze studie omdat deze variabelen sociaaleconomisch het belangrijkste zijn, vooral banen. Bovendien zijn het de variabelen die de Amerikaanse collega's ook gebruikt hebben.

De diachrone analyse (ontwikkeling van een gegeven door de tijd) op basis van de historische gegevens bestaat uit de volgende onderdelen:

- Het aantal inwoners als functie van de tijd voor de genoemde gemeenten of stedelijke gebieden (bestaande uit meerdere gemeenten)
- Het bruto gemeentelijk productie als functie van de tijd en van het aantal inwoners, voor de genoemde gemeenten (waar mogelijk voor en na een gemeentelijke herindeling) en, waar van toepassing, voor de stedelijke gebieden
- Het gemiddeld besteedbaar inkomen als functie van de tijd en van het aantal inwoners voor de genoemde gemeenten en, waar van toepassing, voor de stedelijke gebieden
- Het aantal banen als functie van de tijd en van het aantal inwoners, voor genoemde gemeenten (waar mogelijk voor en na een gemeentelijke herindeling) en, waar van toepassing, voor de stedelijke gebieden.

Belangrijke kanttekening bij de diachrone analyse: als gemeenten of stedelijke gebieden gedurende de onderzochte tijdsperiode (1987-2013) slechts relatief weinig in inwonertal zijn toegenomen (of zelfs afgenomen) kan er niet of nauwelijks een significante uitspraak gedaan worden over de correlatie tussen bruto gemeentelijk product of het aantal banen en het aantal inwoners. Dit wordt geïllustreerd door de grote verschillen tussen gemeenten/stedelijke gebieden die in de analyse zijn meegenomen.

³ De bron van de gegevens is het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).

Bijvoorbeeld de nieuwe gemeente Almere kende binnen de genoemde tijdsperiode bijna een verdrievoudiging van het aantal inwoners terwijl de 'samengevoegde' gemeente Sittard-Geleen in de laatste jaren van de onderzochte tijdsperiode een afname van het aantal inwoners laat zien.

Desalniettemin kunnen relatief grote veranderingen in sociaaleconomische variabelen optreden terwijl het aantal inwoners nauwelijks verandert. Deze effecten zijn dus niet gerelateerd aan de te onderzoeken superlineaire correlatie. Een voorbeeld is de vestiging dan wel het verdwijnen van een omvangrijk bedrijf in een gemeente. Dit heeft een grote invloed op de werkgelegenheid (aantal banen) terwijl het aantal inwoners niet of nauwelijks is veranderd. In een dergelijke situatie is schaling van sociaaleconomische variabelen als functie van het aantal inwoners niet aan de orde.

Daarnaast zal er sprake zijn van een algemene toename van de welvaart in een land in de loop der tijd, en deze heeft dus weinig te maken met het inwonersaantal van gemeenten. Daar waar wel sprake is van een aanzienlijke toename van het inwoners, zal dus rekening moeten worden gehouden met het effect van bovengenoemde, algemene welvaartstoename.

De diachrone analyse op basis van de historische gegevens is gericht op de beantwoording van de in paragraaf 1.3 genoemde onderzoeksvragen die een specifiek tijdsafhankelijk karakter hebben. Zijn er verschillen waarneembaar in de mate van superlineariteit en van de afwijking van de verwachtingswaarde voor de omvang en de groei van stedelijke gebieden bij:

- autonoom snel gegroeide dan wel snel groeiende stedelijke gebieden die één grootstedelijke gemeente vormen
- door gemeentelijke herindeling snel gegroeide grootstedelijke gemeenten
- stedelijke agglomeraties met meerdere bestuurslagen en al dan niet uitgebreide samenwerking.

2.2 Statische bestand: synchrone analyse

In deze paragraaf bespreken we de hoofdlijnen (data, methode) van de op het statische databestand toegepaste analyse. Deze analyse heeft in tegenstelling tot diachrone analyse (analyse van alle stedelijke gebieden in de loop van een relatief lange tijd, namelijk 27 jaar) een synchroon karakter (dus alle steden vergeleken in dezelfde, recente tijd).

Voor het statische bestand zijn dezelfde gegevens als voor het historische bestand verzameld, maar dan voor de periode 2010-2012 en voor alle gemeenten met meer dan 50.000 inwoners; in totaal 69 gemeenten. Het is van belang er op te wijzen dat de aard van deze 69 gemeenten grote verschillen vertoont en dat er ruwweg vier categorieën zijn:

- centrale steden met omvangrijke agglomeraties
- steden die een regionale centrumrol vervullen in de provincie maar geen omvangrijke agglomeratie hebben
- 'landelijke' gemeenten bestaande uit meerdere kleinere steden en dorpen
- gemeenten binnen grootstedelijke agglomeraties.

Een combinatie van de databestanden stelt ons in staat voor de periode 2010-2012 voor een groter aantal steden vergelijkingen te maken tussen de centrale stad van een agglomeratie en de agglomeratie als geheel; waarbij we in navolging van het Centraal Bureau van de Statistiek twee typen agglomeraties onderscheiden⁴:

- de grootstedelijke agglomeratie: dit is het direct aan de centrale stad vastgegroeide, stedelijke gebied
- het stadsgewest: dit is een ruimer gedefinieerd stedelijk gebied van dezelfde centrale stad.

Met de hiervoor genoemde data hebben we vervolgens drie verschillende datasets gemaakt voor:

- **Alle gemeenten in Nederland met meer dan 50.000 inwoners (in 2012). Het gaat daarbij om in totaal 69 gemeenten (Set 1).**
 - Set 1 kan uitgebreid worden met de data van 56 gemeenten in het historische bestand, merendeels tussen de 15.000 en 50.000 inwoners. Deze toegevoegde gemeenten maken deel uit van de agglomeraties van de grote, centrale steden in het historisch bestand zoals aangegeven in paragraaf 1.3: Rotterdam, Leiden, Haarlem, Alkmaar, Eindhoven, Dordrecht, Heerlen, Enschede. We noemen deze uit 125 gemeenten bestaande dataverzameling Set 1a. Met deze Set 1a kan het schaalgedrag van een grotere verzameling gemeenten geanalyseerd worden.
 - Daarnaast kan Set 1 beperkt worden door verwijdering van alle gemeenten met meer dan 50.000 inwoners welke voorsteden/randgemeenten zijn van grotere centrale steden, we noemen deze ingeperkte verzameling Set 1b. Met deze Set 1b kan het schaalgedrag van uitsluitend centrale steden worden geanalyseerd.
- **Negen centrale steden met (een groot deel van de) gemeenten in hun grootstedelijke agglomeraties (Set 2).** Het gaat daarbij om Amsterdam, Rotterdam, Den Haag, Utrecht, Eindhoven, Haarlem, Leiden, Dordrecht en Heerlen.
- **De negen centrale steden van Set 2 met (een groot deel van de) gemeenten in hun stadsgewesten, aangevuld** met twee centrale steden (Breda en Enschede) die volgens het CBS geen grootstedelijke agglomeratie hebben, maar wel een stadsgewest. Plus Alkmaar waar op basis van de gegevens in het historisch bestand een stadsgewest is gedefinieerd⁵ (Set 3).

Voor Set 2 en 3 geldt dat we die gemeenten in de grootstedelijke agglomeraties en in de stadsgewesten hebben opgenomen voor zover de gegevens van deze gemeenten beschikbaar waren via het historische bestand dan wel het statische bestand. Voor de duidelijkheid geven we in Tabel 1 een overzicht van de samenstelling van Set 2 en Set 3.

⁴ Zie <http://www.cbs.nl/NR/rdonlyres/6B93A2A7-9A2C-4544-AA9A-7E3E37902778/0/indelingvannederlandinstadsgewesten112014.pdf>

⁵ Alkmaar is niet opgenomen in de CBS-lijst van steden met een grootstedelijke agglomeratie en/of stadsgewest. Uit de regionale gegevens in het historisch bestand kan evenwel een stedelijk gebied rond Alkmaar worden gedefinieerd.

Tabel 1: Set 2 zijn de negen steden met een grootstedelijke agglomeratie (GA, de betrokken gemeenten worden van boven naar beneden genoemd tot de stad met GA wordt aangeduid); in Set 3 zijn deze negen steden aangevuld met gemeenten die tot het stadsgewest horen (SG) plus zoals in de tekst vermeld de twee steden met alleen een SG (Breda en Enschede) alsmede Alkmaar. Van boven naar beneden komen eerst de gemeenten die een GA vormen en daarna de gemeenten die deel uitmaken van het SG van de betrokken stad. We wijzen er op dat dit overzicht niet een volledige weergave is van alle gemeenten binnen een GA of SG. Zoals als in de tekst vermeld, betreft dit een overzicht van de gemeenten waarvan wij de gegevens in deze pilot studie beschikbaar hebben.

Amstelveen	Rotterdam	Leidschendam-Voorburg	Nieuwegein
Amsterdam	Schiedam	's-Gravenhage	Utrecht
Zaanstad	Vlaardingen	's-Gravenhage-GA	Utrecht-GA
Amsterdam-GA	Capelle aan den IJssel	Zoetermeer	Zeist
Haarlemmermeer	Krimpen aan den IJssel	Delft	Houten
Purmerend	Ridderkerk	Westland	Utrecht-SG
Almere	Barendrecht	's-Gravenhage-SG	
Amsterdam-SG	Spijkenisse		
	Rotterdam-GA		
	Albrandswaard		
	Lansingerland		
	Rotterdam-SG		
Eindhoven	Leiden	Haarlem	Brunssum
Geldrop-Mierlo	Voorschoten	Bloemendaal	Heerlen
Son en Breugel	Oegstgeest	Heemstede	Kerkrade
Veldhoven	Leiderdorp	Haarlem-GA	Landgraaf
Waalre	Zoeterwoude	Zandvoort	Heerlen-GA
Eindhoven-GA	Leiden-GA	Haarlemmerliede	Onderbanken
Best	Katwijk	Velsen	Simpelveld
Nuenen	Leiden-SG	Castricum	Voerendaal
Eindhoven-SG		Haarlem-SG	Nuth
			Heerlen-SG
Dordrecht	Breda	Enschede	Alkmaar
Papendrecht	Oosterhout	Borne	Bergen
Sliedrecht	Breda-SG	Hengelo	Graft-De Rijp
Zwijndrecht		Losser	Heiloo
Dordrecht-GA		Oldenzaal	Heerhugowaard
Alblasserdam		Enschede-SG	Langedijk
Hendrik-Ido-Ambacht			Schermer
Dordrecht-SG			Alkmaar-SG

3 Bevindingen

Zoals beschreven in paragraaf 1.3 luidt de centrale onderzoeksvraag van het onderzoek:

Zijn er, op basis van het Amerikaanse onderzoek naar urban scaling en een vertaling ervan naar de Nederlandse context, verschillen waarneembaar (gelet op de bestuurlijke indeling en de mate van onderlinge samenwerking) in de mate van niet-lineariteit en in de mate van afwijking van de verwachtingswaarde met betrekking tot de omvang en groei van stedelijke agglomeraties in Nederland?

In het voorgaande hoofdstuk zijn de hoofdlijnen (data, methode) van onze analyses uiteen gezet. In dit hoofdstuk gaan we in op onze bevindingen.

3.1 Bevindingen analyse historische bestand

De analyse van het historische bestand betreft gegevens als functie van de tijd. Daardoor zijn deze gegevens in beginsel bruikbaar voor nader onderzoek naar de onderzoeksvraag of een verschil in de mate van superlineariteit aantoonbaar is tussen:

- autonoom snel gegroeide / snel groeiende agglomeraties welke één grootstedelijke gemeente zijn
- door gemeentelijke herindeling snel gegroeide grootstedelijke gemeenten
- stedelijke agglomeraties met meerdere bestuurslagen en al dan niet uitgebreide samenwerking.

Bij de analyse van een tijdserie doen zich de volgende problemen voor. Als eerste is er de vraag hoe lang men moet wachten alvorens een effect van herindeling meetbaar wordt. Men kan niet verwachten dat dit in één tot een paar jaar na herindeling gebeurt. Een soortgelijk probleem doet zich voor bij de discussies over de bezuinigingen die zouden optreden bij herindeling: hoe lang duurt het voor bezuinigingen zich manifesteren? Zelfs indien na een aantal jaren (bijv. vijf tot tien jaar na herindeling) een effect zichtbaar is, doet zich de vraag voor of dit effect intussen ook niet bereikt had kunnen zijn door betere samenwerking binnen de agglomeratie.

Een tweede probleem hebben we in hoofdstuk 2 gesignaleerd. Men kan verwachten dat in de loop der tijd het bruto gemeentelijk product door de algemene welvaarttoename in een land langzaam als functie van de tijd toeneemt; onafhankelijk van het aantal inwoners. Meer concreet, in het geval van een zeer langzame toename van het aantal inwoners, zoals bij veel grote steden het geval is, zal bij de superlineaire correlatie tussen bruto gemeentelijk product en het aantal inwoners een 'artificieel' zeer hoge exponent gevonden worden. Daardoor is meting van superlineariteit weinig zinvol. In bijlage 2 geven we met een mathematisch model een verklaring voor het ontstaan van deze zeer hoge exponenten.

Gezien de bovengenoemde problemen hebben we voor de tijdsanalyse voor de volgende aanpak gekozen. In het historisch databestand zijn vooral de gegevens van de stedelijke gebieden 's Hertogen-

bosch, Breda, Sittard-Geleen, Rotterdam, Leiden, Haarlem, Alkmaar, Eindhoven, Dordrecht/Drechtsteden, Heerlen/Parkstad Limburg, en Enschede/Regio Twente van belang. We richten onze analyse eerst op deze steden.

Stedelijke gebieden met substantiële gemeentelijke herindeling

Van de onderzochte, stedelijke gebieden met een gemeentelijke herindeling zijn het alleen 's Hertogenbosch en Breda die door gemeentelijke herindeling een substantiële 'schaalsprong' hebben gemaakt (zie tabel 2). Beide steden kenmerken zich door een centrale stad waaraan aangrenzende gemeenten zijn toegevoegd. We zien dat beide agglomeraties in de periode 1996-2012 niet sterk zijn gegroeid ('s Hertogenbosch 15 procent; Breda 8 procent) en dat beide steden *als gemeente* dus vooral een 'schaalsprong' maken door herindeling ('s Hertogenbosch 48 procent, Breda 36 procent).

Bij Sittard-Geleen is ook sprake van een herindeling met schaalsprong, maar het betreft hier hoofdzakelijk een samenvoeging van twee steden met een vergelijkbaar aantal inwoners (een dubbelstad als het ware). Hier is dus niet sprake van een situatie van een stedelijk gebied met één centrale stad. Deze stedelijke structuur is dus te heterogeen, waardoor we mogen verwachten dat de schaling minder sterk zal zijn. Daarnaast is de agglomeratie Sittard-Geleen teruggelopen in aantal inwoners.

Tabel 2: Aantal inwoners (1996 en 2012), relatieve groei en relatieve schaalsprong voor stedelijke gebieden met gemeentelijke herindeling

		Aantal inwoners 1996	Aantal inwoners 2012	Relatieve groei	Relatieve sprong
's Hertogenbosch	Gemeente	96.389	142.817		1.48
	Agglomeratie	124.019	142.817	1.15	
Breda	Gemeente	130.033	176.401		1.36
	Agglomeratie	163.935	176.401	1.08	
Sittard-Geleen	Gemeente	48.056	94.535		1.97
	Agglomeratie	96.875	94.535	0.98	

Stedelijke gebieden zonder substantiële gemeentelijke herindeling

Bij de andere, onderzochte stedelijke gebieden is er geen sprake van een (substantiële) gemeentelijke herindeling; wel van een centrale stad met aangrenzende maar niet 'toegevoegde' (bij de centrale stad ingedeelde) gemeenten. We zien in tabel 3 dat deze steden en hun agglomeraties (Rotterdam, Leiden, Haarlem, Alkmaar, Eindhoven, Dordrecht/Drechtsteden, Heerlen/Parkstad Limburg en Enschede/Regio Twente) nauwelijks in inwoneraantal groeien; met uitzondering van de Alkmaarse agglomeratie die nog een groei van boven de 15 procent laat zien.

Tabel 3: Aantal inwoners (1996 en 2012), relatieve groei en relatieve schaa sprong voor stedelijke gebieden zonder een gemeentelijke herindeling

		Aantal inwoners 1996	Aantal inwoners 2012	Relatieve groei	Relatieve sprong
Rotterdam	Gemeente	592.745	616.260	1.04	
	Agglomeratie	915.336	975.624	1.07	1.65
Leiden	Gemeente	116.224	118.748	1.02	
	Agglomeratie	190.836	200.723	1.05	1.73
Haarlem	Gemeente	147.617	151.818	1.03	
	Agglomeratie	211.383	222.241	1.05	1.51
Alkmaar	Gemeente	93.052	94.269	1.01	
	Agglomeratie	224.715	273.441	1.22	2.94
Eindhoven	Gemeente	197.374	217.225	1.10	
	Agglomeratie	416.750	472.146	1.13	2.39
Dordrecht/DS	Gemeente	116.196	118.862	1.02	
	Agglomeratie	248.847	267.349	1.07	2.30
Heerlen/PL	Gemeente	96.015	89.016	0.93	
	Agglomeratie	271.134	250.750	0.92	2.61
Enschede/RT	Gemeente	147.832	158.048	1.07	
	Agglomeratie	553.745	626.586	1.13	4.24

Toelichting met voorbeeld: de **relatieve groei** van de gemeente Leiden is het aantal inwoners in 2012 gedeeld door het aantal inwoners in 1996. Een soortgelijke berekening levert de relatieve groei van de agglomeratie. De **relatieve sprong** van Leiden is het aantal inwoners van de agglomeratie in 2012 gedeeld door het aantal inwoners van de gemeente 1996

Vergelijking heringedeelde en niet-heringedeelde stedelijke gebieden

Om de heringedeelde met de niet-heringedeelde stedelijke gebieden te vergelijken, is de volgende procedure voor berekening van de toename van het bruto gemeentelijk product en van het aantal banen toegepast.

We hebben de twee jaar voorafgaande aan de gemeentelijke herindeling van 's Hertogenbosch (1995-1995) en Breda (1995-1996) genomen als begintijd. Als eindtijd wordt voor het bruto gemeentelijk product 2010-2011 en voor het aantal banen 2010-2012 genomen.

Voor de niet-heringedeelde steden wordt dezelfde begintijd (1995-1996) genomen met het bruto gemeentelijk product, het aantal banen en het aantal inwoners van de *centrale stad alleen* en dezelfde eindtijd (2010-2012), maar dit met bruto gemeentelijk product, het aantal banen en het aantal inwoners van de *gehele agglomeratie*. Op deze wijze wordt herindeling 'gesimuleerd' zonder dat deze werkelijk heeft plaatsgevonden.

Wij menen dat deze procedure een redelijk betrouwbare manier is om de eerder genoemde problemen te omzeilen en toch een uitspraak te kunnen doen in de context van het gebruikte model waarbij het aantal inwoners substantieel moet toenemen. De resultaten van bovengenoemde analyse worden in tabel 4 gepresenteerd.

Tabel 4: Superlineaire exponenten van de correlatie tussen respectievelijk het bruto gemeentelijk product (bgp) en het aantal banen met de omvang van de bevolking zoals in de tekst beschreven.

(DS = Drechtsteden; PL= Parkstad Limburg; RT = Regio Twente).

	Exponent bgp	Exponent banen
's Hertogenbosch	1.64	1.30
Breda	1.58	1.43
Sittard	1.38	1.17
Rotterdam	1.41	1.21
Leiden	1.39	1.24
Haarlem	1.12	0.83
Alkmaar	1.00	0.90
Eindhoven	1.17	1.01
Dordrecht/DS	1.21	1.11
Heerlen/PL	0.98	0.86
Enschede/RT	1.13	1.10

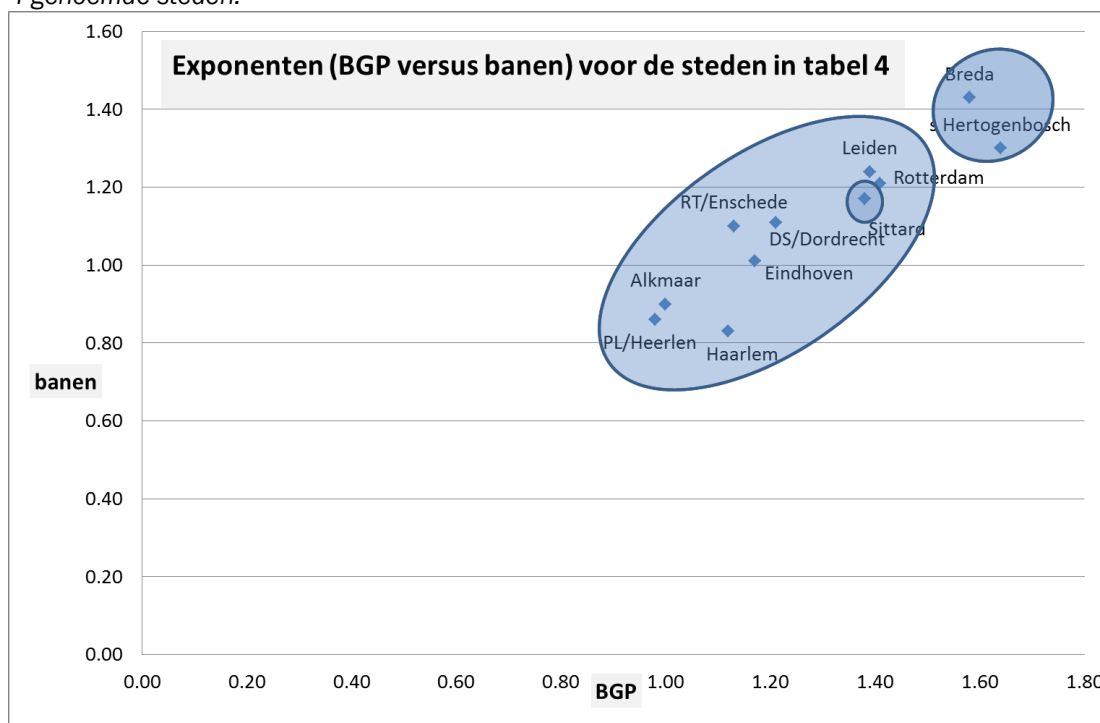
We zien bij de heringedeelde steden ('s Hertogenbosch, Breda) een significant grotere superlineaire exponent dan bij de niet-heringedeelde steden. Zowel wat betreft het bruto gemeentelijk product als het aantal banen springen de twee heringedeelde steden er opmerkelijk uit. Sittard-Geleen realiseert niet de hoge superlineaire exponenten van 's Hertogenbosch en Breda. Zoals al eerder opgemerkt is hier geen sprake van een centrale stad maar van een dubbelstad.

Bij de niet-heringedeelde steden vallen de relatief hoge exponenten van Rotterdam op. Nader onderzoek kan uitwijzen of in de beschouwde tijdsperiode de havenstad een economische groei heeft gehad die een verklaring kan leveren. Bij Leiden lijkt dit zeker het geval: deze stad is vanuit een economisch dal vooral door de ontwikkeling van het BioScience Park sociaaleconomisch sterker geworden. De hoge waarden van de exponenten kunnen hiermee verklaard worden. Wij wijzen er op dat dit vooral een relatieve vooruitgang indiceert. Het betekent niet dat Leiden ook wat betreft de *absolute* omvang van het bruto gemeentelijk product en het aantal banen hoog scoort.

Bij Eindhoven zien we als het ware het omgekeerde: stad en agglomeratie zijn al geruime tijd economisch sterk, en de superlineaire exponent voor de hier beschouwde tijdsperiode zal dan minder sterk zijn. Desalniettemin wordt niet de winst behaald die de heringedeelde steden laten zien. De minder goede economische situatie in Zuid-Limburg is zichtbaar in de voor Heerlen gevonden exponenten.

We merken verder op dat de agglomeraties in het historische bestand niet geheel de CBS indeling volgen: zo is bijvoorbeeld RT (Regio Twente) meer dan de grootstedelijke agglomeratie en het stadsgewest Enschede (RT omvat ook Almelo); en de hier gebruikte agglomeratie Eindhoven omvat ook Helmond dat niet tot de grootstedelijke agglomeratie en het stadsgewest Eindhoven behoort. Dit kan van invloed zijn op de waarde van de exponenten. In de statische analyse corrigeren we zo veel mogelijk voor de door het CBS gehanteerde indelingen van grootstedelijke agglomeraties en stadsgewesten. De bevindingen in tabel 4 worden grafisch weergegeven in figuur 1. De bijzondere positie van de heringedeelde steden Breda en 's Hertogenbosch is duidelijk waarneembaar.

Figuur 1: Exponenten voor het bruto gemeentelijk product (BGP) en het aantal banen voor de in tabel 4 genoemde steden.



'Snelle groeiers'

In het historische databestand hebben we ook de gegevens voor Almere, Zoetermeer, Purmerend, Houten, Zaanstad en Amersfoort. We merken op dat Almere, Zoetermeer, Purmerend, Houten en Zaanstad gemeenten zijn binnen de grootstedelijke agglomeratie (GA) en/of stadsgewesten (SG) van grote steden (Almere: SG Amsterdam; Zoetermeer: SG Den Haag; Purmerend: SG Amsterdam; Houten: SG Utrecht; Zaanstad: GA en SG Amsterdam). In tegenstelling tot alle andere 'snelle' groeiers is Amersfoort geen gemeente binnen een grootstedelijk gebied maar een centrale stad met een eigen agglomeratie en stadsgewest. Daarnaast is het een sterke groeigemeente zoals duidelijk blijkt uit Tabel 5, met een sterkere groei dan bijvoorbeeld Zoetermeer en Purmerend. In deze pilotstudie is geen analyse verricht aan de grootstedelijke agglomeratie en het stadsgewest van Amersfoort.

In tabel 5 geven we het aantal inwoners (1996, 2012) van bovengenoemde gemeenten alsmede de relatieve groei. Aangezien bij deze gemeenten geen agglomeraties aan de orde zijn is de hier de relatieve groei gelijk aan de relatieve sprong.

Tabel 5: Aantal inwoners (1996 en 2012), relatieve groei en relatieve schaa sprong voor 'snelle groeiers'

		Aantal inwoners 1996	Aantal inwoners 2012	Relatieve groei	Relatieve sprong
Almere	Gemeente	112.704	193.163	1.71	1.71
Zoetermeer	Gemeente	106.581	122.331	1.15	1.15
Purmerend	Gemeente	65.604	79.266	1.21	1.21
Houten	Gemeente	31.093	48.309	1.55	1.55
Zaanstad	Gemeente	133.817	148.281	1.11	1.11
Amersfoort	Gemeente	114.884	148.250	1.29	1.29

Toelichting: de **relatieve groei** van een gemeente is het aantal inwoners van de gemeente in 2012 gedeeld door het aantal inwoners van de gemeente in 1996. Zoals aangegeven in de tekst is hier de relatieve groei gelijk aan de relatieve sprong.

Van de 'nieuwe steden' kenmerken zich vooral Almere, Houten en Purmerend door snelle groei. Daardoor kan verwacht worden dat deze steden zich in de loop der tijd steeds sterker ontwikkelen van voornamelijk woonstad naar een gemeente waar ook de bedrijvigheid toeneemt en de sociaaleconomische positie versterkt wordt. Bij Zoetermeer is de bevolkingsgroei in de beschouwde periode minder sterk. Bij Zaanstad is de groei beperkt en niet veel verschillend van de steden in tabel 4. Bovendien is Zaanstad (ontstaan door gemeentelijke herindeling in 1974) geen compacte, centrale stad maar een uitgestrekte gemeente met meerdere tamelijk 'losse' onderdelen waarbij de 'oude' stad Zaandam weliswaar de hoofdplaats is maar geenszins gekenmerkt kan worden als een centrale kern. Daarnaast is, zoals eerder vermeld, Zaanstad een onderdeel van zowel de grootstedelijke agglomeratie als het van het stadsgewest Amsterdam.

Opvallend is de sterke groei van Amersfoort. Pas na gemeentelijke herindeling in 1974 waarbij weliswaar het aantal inwoners niet sterk vergroot werd maar wel het grondgebied, gevolgd door toekenning van groeistad-status door de rijksoverheid, heeft Amersfoort een sterke impuls gekregen.

In tabel 6 presenteren we de exponenten van de correlatie tussen respectievelijk het bruto gemeentelijk product (bgp) en het aantal banen met de omvang van de bevolking. De meetprocedure is dezelfde als eerder beschreven: begintijd 1995-1996, eindtijd wordt voor het bruto gemeentelijk product 2010-2011 en voor het aantal banen 2010-2012.

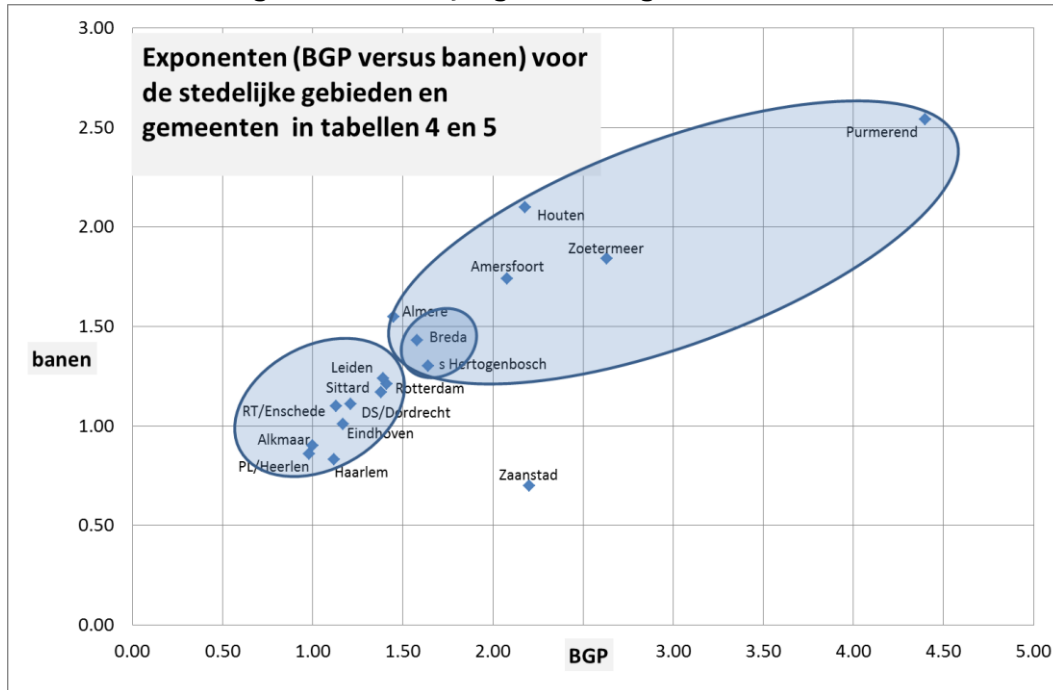
Tabel 6: Superlineaire exponenten van de correlatie tussen respectievelijk het bruto gemeentelijk product (BGP) en het aantal banen met de omvang van de bevolking zoals in de tekst beschreven.

	Exponent BGP	Exponent banen
Almere	1.45	1.55
Zoetermeer	2.63	1.84
Purmerend	4.40	2.54
Houten	2.18	2.54
Zaanstad	2.20	0.70
Amersfoort	2.08	1.74

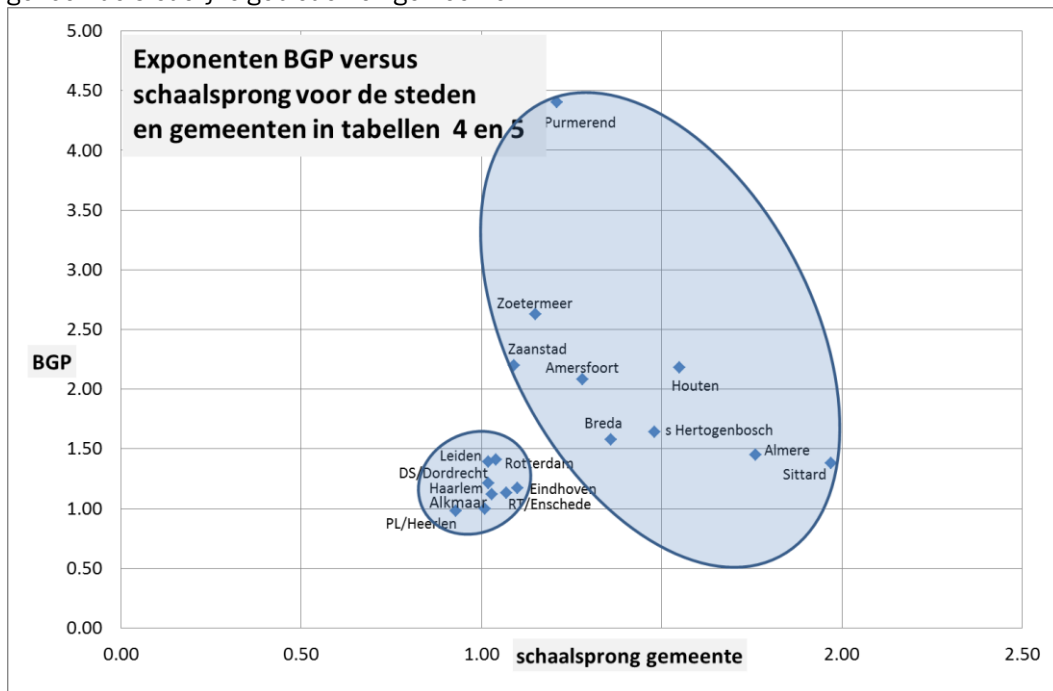
De snelste groeiers laten een opmerkelijk sterke schaling zien waarbij aanzienlijk hogere waarden van de exponenten worden gevonden dan bij steden die een schaa sprong maken door werkelijke of gesimuleerde herindeling. We gaven al eerder aan dat een meting van *urban scaling* op basis van tijdreeksanalyse niet eenvoudig is. Snelle groeiers kenmerken zich door een aanvankelijk rol als voornamelijk woongemeente gevolgd door een verstedelijking die grotere sociaaleconomische activiteiten met zich meebrengt. Het is daarom plausibel dat bij snelle groeiers een inhaalslag plaatsvindt waardoor BGP en aantal banen relatief sterk gaat toenemen. De Amerikaanse onderzoekers stellen in deze context de vraag “*What scaling properties can be expected from the mixture of local and national-level effects?*” (Bettencourt, Lobo, Youn 2013). In dit opzicht heeft deze studie uniek datamateriaal opgeleverd, maar het aantal steden is nog te beperkt is om betrouwbaar een voor snelle groeisteden specifieke mate van superlineariteit te kunnen vaststellen.

Figuur 2 laat duidelijk zien welke bijzondere positie de snelle groeigemeenten innemen. Opvallend is ook de positie van Zaanstad ten gevolge van de opmerkelijk lage exponent voor het aantal banen. In figuur 3 presenteren we het directe verband tussen de exponent voor het bruto gemeentelijk product en de groei in termen van de eerder besproken schaa sprong.

Figuur 2: Exponenten voor het bruto gemeentelijk product (BGP) en het aantal banen voor de in tabellen 4 en 5 genoemde stedelijke gebieden en gemeenten.

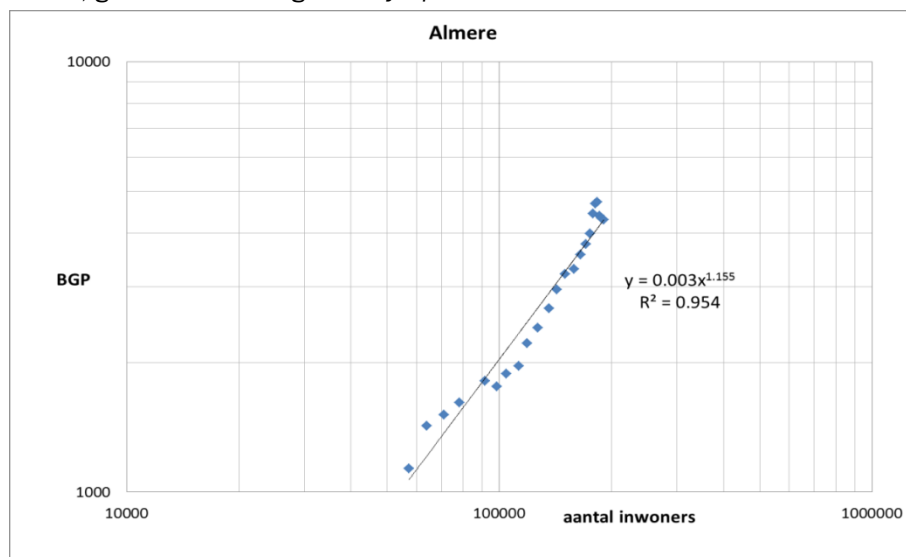


Figuur 3: Correlatie van de BGP exponenten en de schaalsprong voor de in tabellen 4 en 5 genoemde stedelijke gebieden en gemeenten.

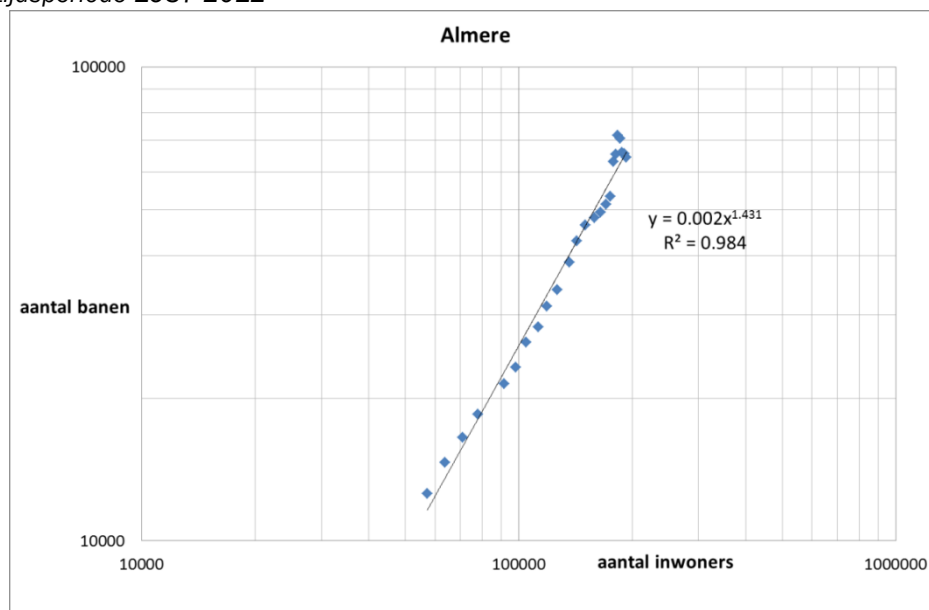


Omdat de groei van Almere het sterkst is, laten we voor deze gemeente onze bevindingen voor de hele periode 1987-2012 zien. In deze periode verdrievoudigde Almere haar inwoneraantal. We vinden een superlineaire schaling met exponent 1.16 voor het bruto gemeentelijk product en een exponent 1.43 voor het aantal banen. Deze resultaten worden getoond in figuren 4 en 5.

Figuur 4: Correlatie van het bruto gemeentelijk product (BGP, in miljoen euro) van Almere met aantal inwoners, gemeten over de gehele tijdsperiode 1987-2012.



Figuur 5: Correlatie van het aantal banen in Almere met aantal inwoners, gemeten over de gehele tijdsperiode 1987-2012



Naast de exponenten zijn ook de absolute waarden, in vergelijking met andere steden, van belang. Dit komt in paragraaf 3.2 aan de orde.

Resumerend kunnen we stellen dat wij in dit onderzoek een zo goed mogelijke meetprocedure hebben uitgevoerd met voor het beleid relevante uitkomsten. De bevindingen kunnen als volgt worden samengevat: voor de door ons onderzochte cases in de pilotstudie blijkt dat voor heringedeelde steden significant grotere superlineaire exponenten gevonden worden dan het geval is bij niet-heringedeelde steden.

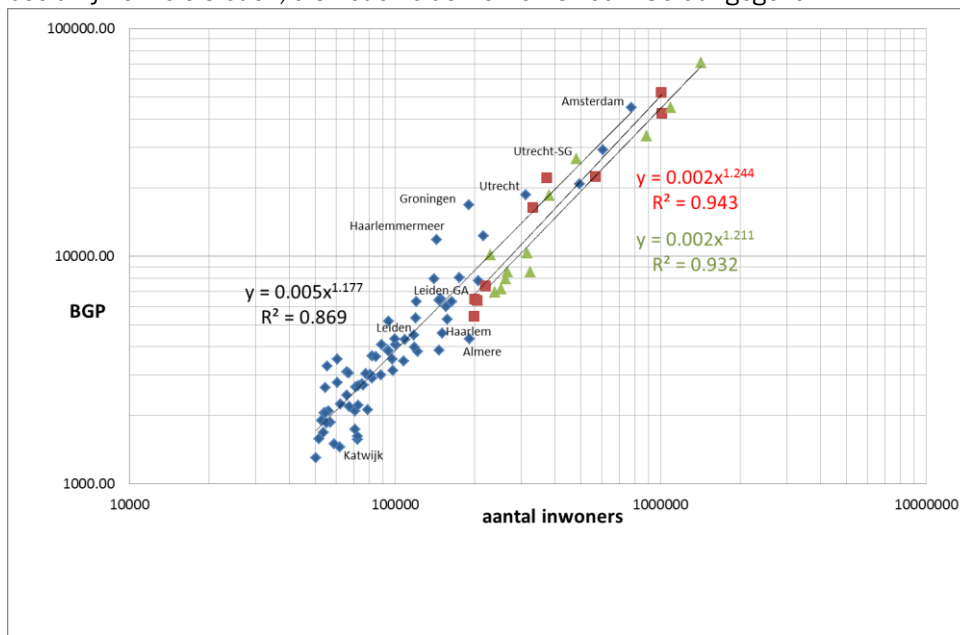
In het hierna volgende bezien we in hoeverre deze uitkomsten van de historische tijdsreeksen ondersteund worden door de resultaten van de 'statische' analyse.

3.2 Bevindingen analyse statische bestand

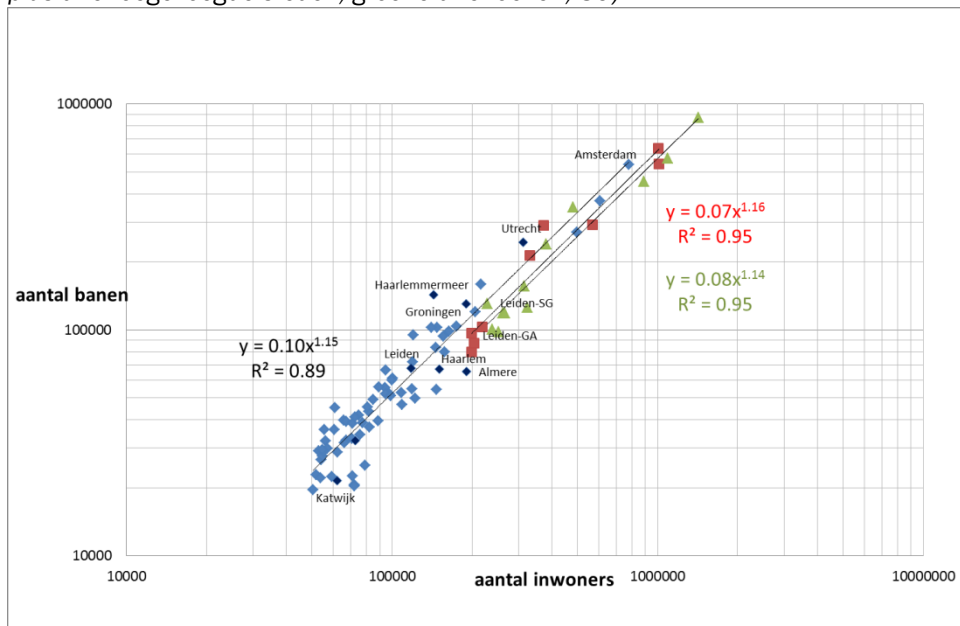
In deze paragraaf bespreken we de resultaten van de op het statische databestand toegepaste analyse. Deze analyse heeft in tegenstelling tot vorige, diachrone analyse op basis van het historisch bestand (analyse van alle stedelijke gebieden in de loop van een relatief lange tijd, namelijk 27 jaar) een synchroon karakter (dus alle steden vergeleken in dezelfde, recente tijd).

Ook de statische analyse van de onderzochte cases levert een aantal opmerkelijke observaties op. Onze belangrijkste bevinding is dat voor alle sets van steden/gemeenten een superlineaire schaling met het aantal inwoners voor zowel het bruto gemeentelijk product als het aantal banen gevonden wordt. Als voorbeeld tonen we de resultaten voor Set 1 (alle gemeenten in Nederland met meer dan 50.000 inwoners, in totaal 69 gemeenten) samen met Set 2 (9 grootstedelijke agglomeraties) en Set 3 (12 stadsgewesten) in de figuren 6 en 7. Voor het bruto gemeentelijk product (en dat van de GA en SG) is het gemiddelde van 2010-2011 genomen, voor het aantal inwoners het gemiddelde van 2010-2012.

Figuur 6: Correlatie van het bruto gemeentelijk product (BGP, in miljoen euro) met aantal inwoners voor alle Nederlandse steden/gemeenten met meer dan 50.000 inwoners (Set 1, blauwe ruiten); voor 9 grootstedelijke agglomeraties (Set 2, negen centrale steden, rode vierkanten, GA) en voor 12 stadsgewesten (Set 3, van dezelfde negen plus drie toegevoegde steden, groene driehoeken, SG) Als voorbeeld zijn enkele steden, alsmede Leiden-GA en Utrecht-SG aangegeven.



Figuur 7: Correlatie van het aantal banen met aantal inwoners voor alle Nederlandse steden/gemeenten met meer dan 50.000 inwoners (Set 1, blauwe ruiten), voor de 9 grootstedelijke agglomeraties (Set 2, negen centrale steden, rode vierkanten, GA) en voor 12 stadsgewesten (Set 3, dezelfde negen plus drie toegevoegde steden, groene driehoeken, SG).



In de figuren 6 en 7 wordt voor de volledigheid het schalingsgedrag van Set 1, dus alle gemeenten met meer dan 50.000 inwoners, getoond. We vinden voor beide variabelen (bruto gemeentelijk product en aantal banen) een soortgelijke schaling: een superlineaire schalingsexponent 1.18 voor het bruto gemeentelijk product en 1.15 voor het aantal banen. De grootstedelijke agglomeraties (Set 2) hebben een superlineaire schalingsexponent 1.24 voor het bruto gemeentelijk product en 1.16 voor het aantal banen. Voor de stadsgewesten (Set 3) zijn deze exponenten respectievelijk 1.21 en 1.14.

Wij wijzen er op dat de set van grootstedelijke agglomeraties en stadsgewesten in deze pilotstudie niet volledig is. Dat geldt zowel voor het aantal GA's en SG's als ook het aantal gemeenten in de GA's en SG's. In een vervolgstudie kan met volledige data gewerkt worden en zal het schalingsgedrag van grootstedelijke agglomeraties en stadsgewesten nauwkeuriger bepaald kunnen worden. Voor vergelijking van het schalingsgedrag van centrale steden met grootstedelijke agglomeraties en stadsgewesten is Set 1b het meeste geschikt. Hier zijn immers de steden/gemeenten (boven de 50.000 inwoners) die voorsteden/randgemeenten zijn van centrale steden verwijderd, evenals landelijke gemeenten zoals bijvoorbeeld Terneuzen. Afhankelijk van de keuze welke gemeente men als randgemeenten of landelijke gemeente wil karakteriseren ligt de exponent voor het bruto gemeentelijk product van centrale steden tussen 1.17 en 1.24, en voor het aantal banen tussen 1.12 en 1.19. Deze 'bandbreedte' geeft een goede indicatie van de statistische onzekerheid van de exponenten. Nemen we als middenwaarden respectievelijk 1.20 en 1.16 dan is de onzekerheid in de orde van ± 0.04 .

Set 1a (een uitbreiding van Set 1 met een aantal gemeenten die merendeels tussen 15.000 en 50.000 inwoners hebben) heeft exponenten met waarden 1.30 en 1.29 voor respectievelijk het bruto gemeentelijk product en het aantal banen. Deze relatief hoge waarden voor Set 1a kunnen verklaard worden doordat de uitbreiding kleinere gemeenten betreft met een voornamelijk woonkarakter binnen stedelijke agglomeraties. De geringere sociaaleconomische activiteit van deze kleinere gemeenten zet de correlatiefunctie onder een steilere helling waardoor de exponenten hoger worden.

De meest opvallende bevinding is dat beide typen agglomeraties net als de gemeenten een superlineaire schaling vertonen, maar dat de absolute waarde van het bruto gemeentelijk product en van het aantal banen (en daarmee de coëfficiënt van de regressielijn) lager is dan die van de stedelijke gemeenten, zoals duidelijk in de figuren 6 en 7 te zien is. Met andere woorden, ofschoon beide typen agglomeraties een superlineair schalingsgedrag vertonen, zijn ze toch 'underperformers' in vergelijking met de steden/gemeenten.

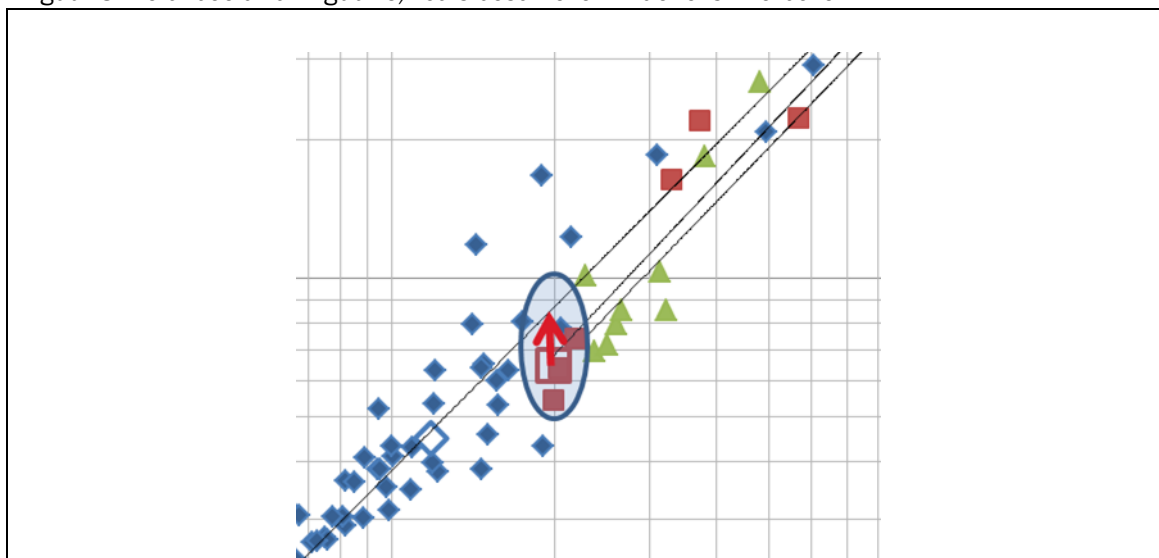
De resultaten voor alle vijf sets worden in tabel 7 gegeven.

Tabel 7: Superlineaire exponenten voor het bruto gemeentelijk product (BGP) en aantal banen voor de vijf sets

	BGP	Banen
Set 1	1.18	1.15
Set 1a	1.30	1.29
Set 1b	1.20	1.16
Set 2	1.24	1.16
Set 3	1.21	1.14

Bovenstaande bevindingen kunnen belangrijke gevolgen hebben. We nemen als voorbeeld Leiden en de Leidse agglomeratie. Daartoe zoomen we in op het desbetreffende deel van figuur 6 (omgeving Leiden en Leiden-GA), zie figuur 8. De open blauwe ruit is de positie van Leiden als gemeente. Het open rode vierkant markeert de positie van de Leidse grootstedelijke agglomeratie. Een stad met hetzelfde aantal inwoners als Leiden-GA heeft een verwachtingswaarde voor het bruto gemeentelijk product gegeven door de rode pijl (dit is namelijk de te verwachten positie van een gemeente met hetzelfde aantal inwoners als Leiden-GA). Hiermee is te berekenen welke sociaaleconomische 'winst' verloren gaat: het verschil tussen het werkelijke bruto gemeentelijk product (BGP) van Leiden-GA (open rode vierkant) en verwachtingswaarde voor één gemeente met hetzelfde aantal inwoners. De werkelijke BGP waarde (en daarmee de positie van Leiden-GA in de grafiek) is M€ 6485. De verwachtingswaarde wordt verkregen door toepassing van de regressievergelijking met het aantal inwoners van Leiden-GA: $0.005 * (199245)^{1.177} = \text{M€ } 8637$.

Figuur 8: Detailbeeld van figuur 6; zoals beschreven in de tekst hierboven



Het verschil is derhalve M€ 2152, ruim 2 miljard Euro (per jaar!). Een enorm bedrag, en dat voor één stedelijk gebied. Zelfs al zou deze verwachtingswaarde niet volledig bereikt worden door de creatie van één bestuurlijk geheel, dan nog kan de niet gerealiseerde winst door bestuurlijke versplintering

van het stedelijk gebied vele honderden miljoenen Euro's per jaar bedragen. Soortgelijke berekeningen kunnen uitgevoerd worden voor het aantal banen, en in de Leidse situatie betekent dit het niet realiseren van rond de 10.000 banen. Ook hier geldt dat bij niet volledig realiseren van de verwachtingswaarde het toch gaat om duizenden banen. Berekeningen aan het stadsgewest (in de Leidse situatie is dit met Katwijk) laten nog grotere verschillen zien.

Wat de overige variabelen betreft kunnen we het volgende opmerken. De superlineaire schaling van het aantal bedrijven is veel minder significant. Wij menen dat deze variabele minder belangrijk is in dit onderzoek omdat een bedrijf één of een paar medewerkers kan hebben, of duizenden. Het aantal banen is daarom een veel betere sociaaleconomische variabele in de context van dit onderzoek.

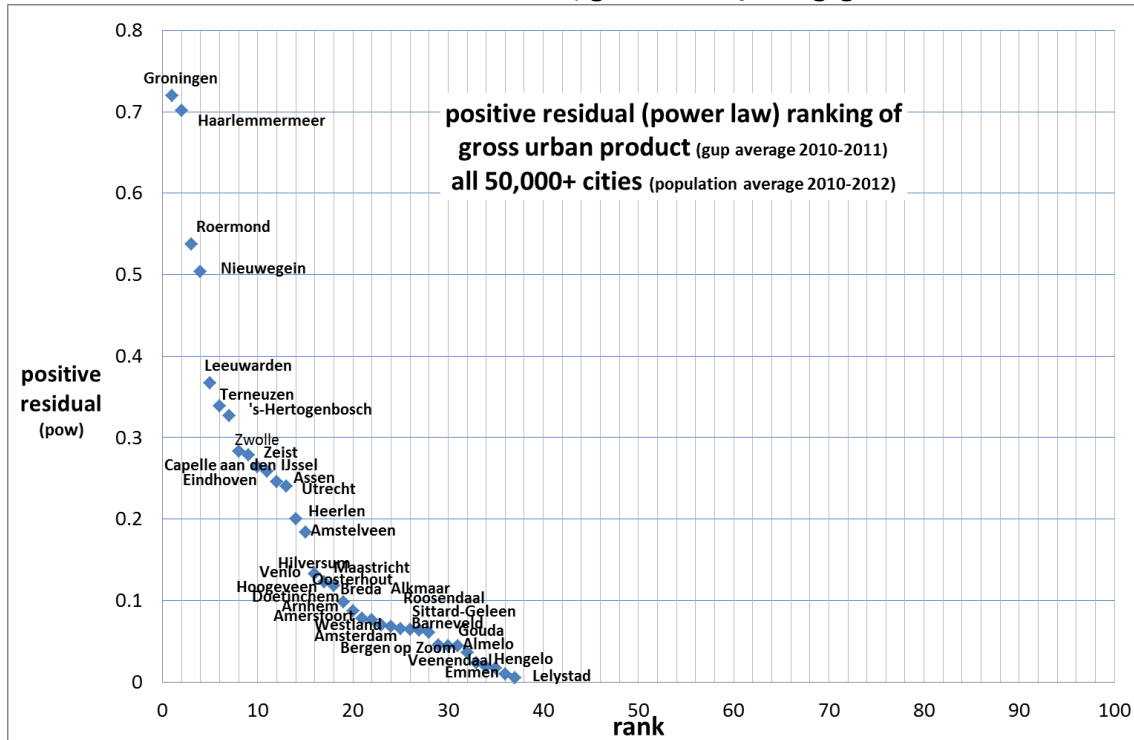
Ook het gemiddeld besteedbaar inkomen levert minder significante resultaten, er is een lichte negatieve correlatie met aantal inwoners zichtbaar. Dit is een voor de hand liggende bevinding: de lagere inkomensklassen zijn vooral te vinden in de grotere, centrale steden. De agglomeraties hebben daarom over het algemeen een wat hoger gemiddeld besteedbaar inkomen, de hogere inkomensklassen zijn meer vertegenwoordigd in de randgemeenten. We verwachten wel een positief effect bij de schaling van grootstedelijke agglomeraties en stadsgewesten als geheel, zoals in het Amerikaanse onderzoek. We zien dit als onderdeel van een vervolgstudie.

De resultaten van dit onderzoek zijn ook beschreven in een artikel voor een internationaal vaktijdschrift. In dit (concept-)artikel (van Raan, van der Meulen, Goedhart 2014) wordt ook uitgebreid aandacht besteed aan de wiskundige kant van dit onderzoek, zodat we met name voor de statistische analyse naar dit artikel verwijzen. Een deel van de statistische analyses wordt gepresenteerd in de bijlage bij dit rapport.

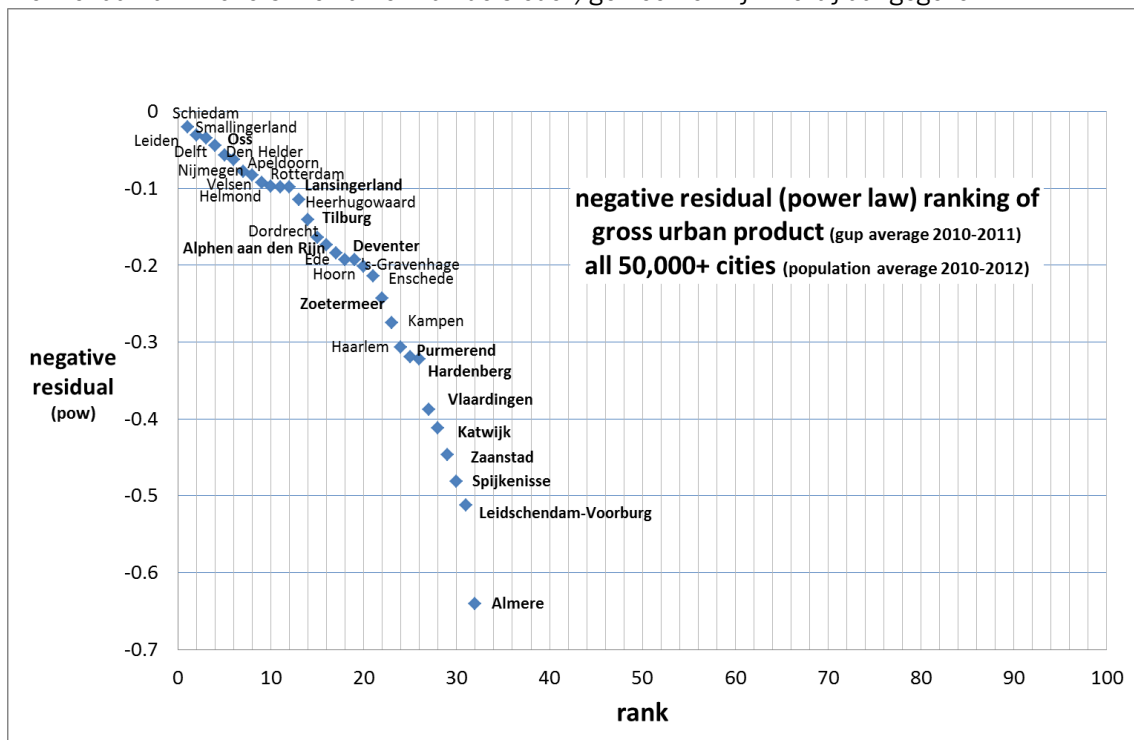
Verschillende statistische tests zijn uitgevoerd om aan te tonen dat de door ons beschreven correlaties een superlineair in plaats van een lineair gedrag vertonen (zie Bijlage 2). Tegelijkertijd levert de statistische analyse de *residuen* van de correlatie, dat wil zeggen de waarden van de afwijking (positief of negatief) voor individuele steden van de gemiddelde, voorspelde waarde (voor de berekening van de residuen verwijzen we eveneens naar Bijlage 2). Door steden op rangorde van de residu-waarden te zetten, kan inzicht worden verkregen in mogelijke oorzaken van grote positieve dan wel negatieve residuen in termen van lokale karakteristieken van steden en de reden waarom steden *overperformers* (positief residu) dan wel *underperformers* (negatief residu) zijn in vergelijking met andere steden (Bettencourt, Lobo, Strumsky, West 2010).

In de figuren 9 en 10 presenteren we de resultaten van de residu-analyse voor het bruto gemeentelijk product, figuur 9 toont de steden/gemeenten met positieve residuen en figuur 10 de steden/gemeenten met negatieve residuen (Set 1, alle steden/gemeenten met meer dan 50.000 inwoners).

Figuur 9: Rangorde van de positieve residuen voor de correlatie van het bruto gemeentelijk product met het aantal inwoners. De namen van de steden/gemeenten zijn aangegeven



Figuur 10: Rangorde van de negatieve residuen voor de correlatie van het bruto gemeentelijk product met het aantal inwoners. De namen van de steden/gemeenten zijn hierbij aangegeven.



Nu we de steden/gemeenten gekenmerkt hebben met een positief ('overperformers') dan wel negatief residu ('underperformers') kunnen we vervolgens nagaan of er een relatie bestaat tussen residu-waarde en gemeentelijke herindeling. Van alle steden/gemeenten boven de 50.000 inwoners (set 1) is onderzocht⁶ of zij een herindeling hebben gehad (sinds W02), welke (voormalige) gemeenten hierbij betrokken waren, en in welk jaar. De resultaten worden in tabel 8 gegeven. Met een kleurcode is door ons onderscheid gemaakt naar 'geen herindeling' (rood), 'wel herindeling, en deze is substantieel want er wordt een schaalsprong gemaakt' (groen), 'wel herindeling maar niet substantieel want er wordt geen schaapsprong gemaakt' (oranje), en 'wel herindeling, maar vraagteken': niet duidelijk of dit ook te kenmerken is als substantieel/schaalsprong'(geel).

⁶ Bron: Wikipedia

Tabel 8: Voor alle steden/gemeenten met meer dan 50.000 inwoners (Set 1) is het residu (van de correlatie bruto gemeentelijk product met aantal inwoners) en de mate van herindeling aangegeven door middel van een kleurcode (zie hoofdtekst en de legenda op het eind van het tweede deel van deze tabel). De bij een herindeling betrokken gemeenten zijn vermeld met het jaar van herindeling. Als een gedeelte van een gemeente is toegevoegd, wordt dit met 'ged.' aangegeven.

Set 1	residu	aan gemeente toegevoegd (eventueel gedeeltelijk en jaartal)
Groningen	0.720	Hoogkerk en Noorddijk ('69)
Haarlemmermeer	0.702	
Roermond	0.537	Herten ('91), Swalmen ('07), Maasniel ('59)
Nieuwegein	0.504	Jutphaas , Vreeswijk ('71)
Leeuwarden	0.367	
Terneuzen	0.339	Axel, Sas van Gent ('03)
's-Hertogenbosch	0.327	Rosmalen ('96), Empel , Marwijk, Engelen ('71)
Zwolle	0.283	Nieuwleusen (ged. '01), Hasselt (ged. '01), Ijsselmuiden (ged. '01), Zwollerkerspel ('69)
Capelle aan den IJssel	0.279	
Zeist	0.264	
Eindhoven	0.259	
Assen	0.246	Smilde (ged. '98)
Utrecht	0.240	Vleuten De Meern ('01)
Heerlen	0.200	Hoensbroek ('82)
Amstelveen	0.183	
Hilversum	0.132	
Maastricht	0.123	Amby (ged.'70), Itteren, Heer, Borgharen ('70)
Venlo	0.118	Arcen , Velden ('10), Belfeld, Tegelen ('01)
Oosterhout	0.098	Teteringen (ged.'97), Terheijden ('97)
Breda	0.087	Nieuw Ginneken (ged. '97), Prinsenbeek ('97), Rijsbergen (ged. '97), Teteringen (ged. '97)
Hoogeveen	0.078	
Alkmaar	0.076	Sint Pancras (ged.'90), Koedijk (ged.'72)
Doetinchem	0.070	Wehl ('05)
Roosendaal	0.068	Wouw (ged.'97)
Arnhem	0.066	
Amersfoort	0.064	Hoogland (ged. '74), Hoevelaken (ged. '00)
Sittard-Geleen	0.064	Sittard, Geleen, Born ('01)
Westland	0.061	s Gravesande, De Lier, Maasland, Monster, Naaldwijk, Schipluiden, Wateringen ('04)
Barneveld	0.045	
Amsterdam	0.044	Weesperkarspel (ged. '66)
Bergen op Zoom	0.044	Wouw (ged.'97), Halsteren ('97)
Gouda	0.036	Gouderak (ged.'85) en Haastrecht(ged.'85)
Almelo	0.023	Ambt Delden (ged. '01)
Veenendaal	0.019	
Hengelo	0.017	Weerselo (ged. '01)
Emmen	0.010	Schoonebeek ('98), Sleen (ged. '98)
Lelystad	0.005	

Schiedam	-0.021	
Smallingerland	-0.031	Idaarderadeel (ged. '84)
Leiden	-0.035	
Oss	-0.044	Lith ('11), Ravestein ('03), Megen, Haren, Macharen ('94)
Delft	-0.057	Schipluiden (ged. '04)
Den Helder	-0.063	Callantsoog (ged. '90)
Apeldoorn	-0.078	
Nijmegen	-0.083	Overasselt (ged.'80)
Rotterdam	-0.092	Poortugaal (ged. '85)
Velsen	-0.097	
Helmond	-0.098	
Lansingerland	-0.099	Bergschenhoek, Berkel & Rodenrijs, Bleiswijk ('07)
Heerhugowaard	-0.115	Hensbroek(ged.'79), Oudorp (ged. '72)
Tilburg	-0.140	Berkel Enschoot (ged.'79), Udenhout (ged. '97)
Dordrecht	-0.164	Dubbeldam ('70)
Alphen aan den Rijn	-0.174	Zwammerdam (ged.'64), Boskoop, Rijnwoude ('14)
Deventer	-0.184	Bathmen ('05), Diepenveen ('99)
's-Gravenhage	-0.193	
Ede	-0.193	
Hoorn	-0.202	
Enschede	-0.214	Zwaag (ged. '79)
Zoetermeer	-0.243	
Kampen	-0.274	Ijsselmuiden (ged. '01)
Haarlem	-0.307	
Purmerend	-0.319	Kwadijk (ged. '70)
Hardenberg	-0.322	Avereest, Gramsbergen ('01)
Vlaardingen	-0.387	
Katwijk	-0.412	Rijnsburg, Valkenburg ('06)
Zaanstad	-0.447	Zaandam, Zaanwijk, Wormerveer, Westzaan, Krommenie, Koog ad Zaan, Assendelft ('74)
Spijkenisse	-0.481	Geervliet (ged. '80), Hekelingen ('66)
Leidschendam-Voorburg	-0.513	Leidschendam, Voorburg ('02)
Almere	-0.641	
	=	Herindeling (substantieel/schaalsprong)
	=	Niet heringedeeld
	=	Herindeling (niet substantieel/ geen schaalsprong)
	=	Herindeling (vraagteken: substantieel?, schaalsprong?)

Eerst een opmerking betreffende de samenstelling van de lijst. Een aantal steden/gemeenten betreft òf 'landelijke gemeenten' waarbij er geen sprake is van een grote, centrale stad van boven de 100.000 inw; òf voorsteden/randgemeenten in hetzij de grootstedelijke agglomeratie (GA) dan wel het stads-gewest (SG) van een grotere stad. Dit laatste betreft 28 (van de 69) 50.000+ steden/ gemeenten :

- Haarlemmermeer (SG Amsterdam)
- Nieuwegein (GA en SG Utrecht)
- Terneuzen ('landelijk')
- Capelle aan den IJssel (GA en SG Rotterdam)
- Zeist (SG Utrecht)
- Amstelveen (GA en SG Amsterdam)
- Oosterhout (SG Breda)
- Hoogeveen ('landelijk')

- Doetinchem ('landelijk')
- Westland ('landelijk')
- Barneveld ('landelijk')
- Veenendaal ('landelijk')
- Schiedam (GA en SG Rotterdam)
- Smallingerland ('landelijk')
- Delft (twijfelgeval, is wel SG Den Haag)
- Velsen (SG Haarlem)
- Lansingerland ('landelijk')
- Heerhugowaard (randgemeente van Alkmaar, Alkmaar heeft evenwel geen GA of SG)
- Ede ('landelijk')
- Zoetermeer (twijfelgeval, is wel SG Den Haag)
- Purmerend (SG Amsterdam)
- Hardenberg ('landelijk')
- Vlaardingen (GA en SG Rotterdam)
- Katwijk (SG Leiden)
- Zaanstad (GA en SG Amsterdam)
- Spijkenisse (GA en SG Rotterdam)
- Leidschendam-Voorburg (GA en SG Den Haag)
- Almere (twijfelgeval, is wel SG Amsterdam).

Van bovenstaande steden/gemeenten hebben er 12 een positief en 16 een negatief residu. Dit is ook te verwachten: veel voorsteden/randgemeenten hebben een overwegend woonkarakter en fungeren daarom minder dan centrale steden als motor van sociaaleconomische ontwikkeling.

Aangezien dit onderzoek gaat over mogelijke 'schaalwinst' van *grootstedelijke gebieden* maken we een verdere selectie binnen de 50.000+ steden/gemeenten: we richten de analyse op de steden die te kenmerken zijn als *centrale stad* omdat ze een GA en/of een SG hebben (dat zijn er 22: Amersfoort, Amsterdam, Apeldoorn, Arnhem, Breda, Dordrecht, Eindhoven, Enschede, Den Haag, Groningen, Haarlem, Heerlen, 's Hertogenbosch, Leeuwarden, Leiden, Maastricht, Nijmegen, Rotterdam, Sittard-Geleen, Tilburg, Utrecht, Zwolle) en voegen daar aan toe steden van bijna dan wel boven 100.000 inwoners die ook als centrale stad op te vatten zijn, nl. Alkmaar, Venlo en Deventer. Dat zijn dus in totaal 25 steden.

Uit de residu-analyse volgt dat van deze 25 steden er 15 een positief en 10 een negatief residu hebben. Van de 15 met een positief residu (*overperformers*) hebben er 5 de kleurcode groen (= substantiële herindeling, een schaa sprong), 2 geel (herindeling, mogelijk substantieel) en 2 steden staan vlak voor een substantiële herindeling (Leeuwarden en Alkmaar). Er zijn 2 rode (=geen enkele herindeling). We kunnen deze groep steden met positief residu een *herindelingsscore* $5+2+2-2=7$ toekennen.

Van de 10 met een negatief residu (*underperformers*) heeft er *geen enkele* de kleur groen (= substantiële herindeling, een schaa sprong), 1 geel (herindeling, mogelijk substantieel) en geen enkele stad

staat vlak voor een substantiële herindeling. Er zijn 4 steden met de rode kleurcode (=geen enkele herindeling). De herindelingscore voor de groep steden met negatief residu is $0+1+0-4 = -3$.

Een eenvoudige correctie voor het verschil in omvang van beide groepen (15 gemeenten met een positief en 10 met een negatief residu) is de score voor de groep met een positief residu te normeren met $10/15$ zodat (afgerond) we hier de waarde 5 verkrijgen.

Onze bevindingen op basis van de analyse van het statische bestand vormen een aanwijzing dat steden/gemeenten met een herindeling recentelijk dan wel in de afgelopen decennia een hogere waarschijnlijkheid hebben op 'overperforming' dan steden/gemeenten zonder herindeling.

De niet-heringedeelde of niet-substantieel heringedeelde stedelijke gebieden die positief scoren zijn: Groningen, Zwolle, Eindhoven, Arnhem en Amsterdam. De niet-heringedeelde of niet-substantieel heringedeelde stedelijke gebieden die negatief scoren zijn: Leiden, Apeldoorn, Nijmegen, Rotterdam, Tilburg, Dordrecht, Den Haag, Enschede, Haarlem.

Bovenstaande bevindingen geven een eerste aanwijzing voor de beantwoording van de in paragraaf 1.3 onder punt 1 genoemde onderzoeksvragen. De bevindingen met de analyse van het historische en statische bestand versterken elkaar in deze aanwijzing. Het ziet er naar uit dat stedelijke agglomeraties met één bestuurslaag beter presteren dan stedelijke agglomeraties met meerdere bestuurslagen.

Onze bevindingen zijn nog te beperkt om een duidelijke uitspraak te doen met betrekking tot het idee dat stedelijke agglomeraties met meerdere bestuurslagen *en uitgebreide samenwerking* beter presteren dan stedelijke agglomeraties met meerdere bestuurslagen *en beperkte samenwerking*. De goede positie van Eindhoven (algemeen beschouwd als een agglomeratie met uitgebreide samenwerking) lijkt bevestigend, maar de positie van Dordrecht (eveneens algemeen beschouwd als een agglomeratie met uitgebreide samenwerking) ten opzichte van de positie van Leiden (algemeen beschouwd als een agglomeratie met beperkte samenwerking) levert geen bevestiging.

De relatief slechte positie van Almere is opvallend. Zoals we al eerder aangaven, fungeert deze nieuwe stad, deel uitmakend van het stadsgewest van Amsterdam, kennelijk nog niet als een 'echte' stad. Ook bij andere steden/gemeenten in een stedelijke agglomeratie rond een centrale stad is er een tendens naar minder goede prestaties. Een opmerkelijke uitzondering is Haarlemmermeer, eveneens een nieuwe stad (wat betreft Hoofddorp) in het stadsgewest Amsterdam. Hier zien we juist een sterke positieve afwijking van het gemiddelde, dus een sterke 'overperformance'. Maar deze observatie is zeer goed te begrijpen: de gemeente Haarlemmermeer is de vestigingsplaats van Schiphol, een van de grootste internationale luchthavens van Europa.

Samenvattend kunnen we zeggen dat uit de analyse op basis van het statisch bestand blijkt dat stedelijke gebieden in alle drie onderzochte modaliteiten (gemeente, grootstedelijke agglomeratie en stadsgewest) een superlineaire schaling als functie van het aantal inwoners laten zien. Significante

superlineaire correlaties met exponenten rond 1.20 zijn vastgesteld voor het bruto gemeentelijk product en het aantal banen. Maar opmerkelijk is dat beide typen agglomeraties gemiddeld minder presteren in vergelijking met gemeenten met hetzelfde aantal inwoners als de agglomeraties. Dit effect is groter voor de stadsgewesten. Met andere woorden:

Grootstedelijke agglomeraties (met meerdere bestuurslagen) zijn gemiddeld *underperformers* als we ze vergelijken met steden/gemeenten (1 bestuurslaag) met dezelfde bevolkingsomvang. De verwachting is daarom dat bestuurlijk heringedeelde steden/gemeenten naar alle waarschijnlijkheid beter zullen presteren dan steden/gemeenten die niet heringedeeld zijn, een verwachting die ondersteuning vindt in onze eerder besproken bevindingen op basis van zowel het historisch als van het statisch bestand.

Verder toont deze studie (analyse historisch bestand) aan dat bij voor snel groeiende steden de superlineaire correlaties van zowel bruto gemeentelijk product als het aantal banen met het aantal inwoners relatief zeer hoog zijn. We gaven al aan dat de theoretische modellen voor zulke snelle groeiers nog verdere uitwerking behoeven (Makse, Havlin, Stanley 1995).

We concluderen dat met het door ons uitgevoerde onderzoek mogelijk is om meer inzicht te krijgen in sociaaleconomische eigenschappen van steden/gemeenten die te kenmerken zijn als *under-* dan wel *overperformers* in vergelijking met steden van dezelfde bevolkingsomvang en daarbij verschillen te vinden tussen steden met en zonder gemeentelijk herindelings.

Op basis van het door ons verricht onderzoek verwachten wij een positief economisch effect van één bestuur op grotere schaal.

3.3 Hoe verder?

Wij hebben de voorlopige resultaten van dit onderzoek voor commentaar toegestuurd aan Amerikaanse collega's die op het gebied van *urban scaling* een vooraanstaande positie hebben. Het betreft hier onderzoekers van het *Senseable City Laboratory*⁷ en het *Center for Complex Engineering Systems*⁸ (Dr Markus Schlöpfer), Massachusetts Institute of Technology (MIT, Boston/Cambridge), en Prof. Luís M. A. Bettencourt, Professor of Complex Systems, Santa Fe Institute⁹ (Santa Fe). Hun reacties zijn positief en wijzen op belangrijke nieuwe bevindingen in ons onderzoek, want in tegenstelling tot het eerdere Amerikaanse onderzoek, de inspiratiebron voor deze studie, richt ons onderzoek zich op de formele structuur binnen grootstedelijke agglomeraties (centrale steden versus hun agglomeratiegemeenten). Dit is nieuw, en deze studie is een eerste aanzet. In een reactie van de MIT onderzoekers: *"...it is important to assess the influence of different city definitions (or 'organizational structures') on the scaling behavior, in order to derive adequate policy recommendations"*.

In dit opzicht heeft deze pilotstudie uniek datamateriaal en voor het beleid relevante uitkomsten, maar dit is een eerste verkenning met data die zeker niet volledig zijn. Daarom is een vervolgstudie nodig om de statistische betrouwbaarheid te vergroten en mogelijke verdere effecten die nu niet duidelijk te zien zijn, beter in beeld te krijgen. Zo kan bijvoorbeeld de minder grote dichtheid van agglomeraties een rol spelen, Om dit zorgvuldig te doen is nader onderzoek nodig.

In het onderhavige onderzoek waren van de 22 steden die een grootstedelijke agglomeratie en/of een stadsgewest hebben, voor ongeveer de helft van deze steden de gegevens van het grootste deel van de agglomeratie en het stadsgewest voorhanden. In de voor te stellen vervolgstudie is het de bedoeling de analyse deel B uit te breiden naar alle 22 grote steden, en tevens met hun volledige agglomeraties en stadsgewesten. Deze uitbreiding langs twee kanten is van groot belang voor de verbetering van de statistische betrouwbaarheid, mede gezien het commentaar van de MIT collega:

"...the statement 'although both types agglomeration scale with population, they underperform as compared to cities defined as municipalities' seems to be quite strong and potentially significant.I think quantifying the uncertainty would be important here, in particular as the agglomerations consist of only ca. 10 urban units".

Tevens stellen we voor om de metingen voor 2 extra tijdsperioden uit te voeren teneinde de robuustheid van uitkomsten te checken en te waarborgen. Dat betekent een aanvullende inventarisatie van data voor alle stedelijke agglomeraties/stadsgewesten voor het bruto gemeentelijk product en het aantal banen voor de perioden: 2003-2005, 2006-2008, en 2009-2011.

⁷ <http://senseable.mit.edu/>.

⁸ <http://www.cces-kacst-mit.org/>.

⁹ <http://www.santafe.edu/>; http://nl.wikipedia.org/wiki/Santa_Fe_Instituut.

4 Literatuur

Arbesman S., Kleinberg J, Strogatz S.H. (2009). Superlinear scaling for innovation in cities. *Physical Review E*, 79, 016115.

Bettencourt L.M.A., Lobo J., Helbing D., Kühnert C., West G.B. (2007). Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. *Proc Natl Acad Sci USA* 104: 7301-7306.

Bettencourt L.M.A., Lobo J., Strumsky D., West G.B. (2010). Urban Scaling and Its Deviations: Revealing the Structure of Wealth, Innovation and Crime across Cities. *PLoS ONE* 5: e13541.

Bettencourt L.M.A., West G.B. (2010). A unified theory of urban living. *Nature* 467: 912-913.

Bettencourt L.M.A. (2013), The Origins of Scaling in Cities. *Science* 340: 1438-1441.

Makse, H.A., Havlin S., H.E. Stanley (1995). Modelling urban growth patterns. *Nature* 377, 608-612.

Pan W., Goshal G., Krumme C., Cebrian M., Pentland A. (2013). Urban characteristics attributable to density-driven tie formation. *Nature Communications* 4, art.nr. 1961.

Bettencourt L.M.A., Lobo J. and Youn H. (2013). The hypothesis of urban scaling: formalization, implications and challenges. SFI Working Paper 2013-01-004.

van Raan, A.F.J., G. van der Meulen, W. Goedhart (2014). Urban Scaling of Cities in the Netherlands, will be submitted to *PLoS ONE*.

Newbold, P. (1995). *Statistics for business and economics*. Englewood Cliffs (NJ): Prentice-Hall, fourth edition, p.566-572.

van Raan, A.F.J. (2013). Universities Scale Like Cities. *PLoS ONE* 8, 3, e59384.

Bijlage 1: discussienotitie

Deze notitie is geschreven in opdracht van het Ministerie BZK met als doel het geven van een state-of-the-art overzicht van het Amerikaanse en verwant onderzoek en verwijzingen naar de oorspronkelijke publicaties. Tevens wordt in deze notitie aandacht besteed aan het theoretisch kader waarbinnen de empirische bevindingen geplaatst kunnen worden. Deze notitie heeft een eigen literatuurlijst.

Wetmatigheid van positieve, niet-lineaire versterking in samenhangende systemen: Het cruciale belang van gemeentelijke herindeling van stedelijke gebieden

22 juni 2013

A.F.J. van Raan

Samenvatting

Recent Amerikaans onderzoek naar de sociale, economische en culturele prestaties van steden toont aan dat de belangrijkste parameter de omvang van de stad in inwoneraantal is. Het gaat hierbij om een positieve, niet-lineaire wetmatigheid. Deze notitie geeft een state-of-the-art overzicht van de belangrijkste bevindingen van dit onderzoek en plaatst deze in de context van het overheidsbeleid ten aanzien van gemeentelijke herindelingen. Daarmee wordt het Ministerie geïnformeerd over deze ontwikkelingen die van groot belang kunnen zijn voor het te voeren beleid. Het gaat daarbij niet alleen om besparingen, maar juist ook om mogelijkheden van aanzienlijke economische vooruitgang.

In het kort wordt ook aandacht besteed aan het theoretisch kader waarbinnen de empirische bevindingen geplaatst kunnen worden. Centraal staat daarbij het concept van de complexe, adaptieve systemen.

Bij de conclusies ligt het accent op herindeling van stedelijke gebieden, maar ook eerste indicaties die uit het onderzoek volgen voor herindeling van meer landelijke gemeenten en van provincies worden besproken. Het lopende onderzoek biedt nog geen directe antwoorden op belangrijke beleidsvragen inzake herindelingen, wel wordt duidelijk dat bepaalde vormen van herindeling een grotere waarschijnlijkheid op succes bieden. Nader onderzoek is nodig voor verder inzicht. Daarom worden een viertal concrete onderzoeksvragen geformuleerd die tot vervolgonderzoek met de Amerikaanse collega's kunnen leiden.

1. Inleiding: doel van deze notitie, context

Minister Plasterk streeft naar de vorming van gemeenten met minimaal 100.000 inwoners teneinde bestuurskracht te versterken en besparingen te realiseren. Het beleid richt zich vooralsnog op de gemeentelijke samenvoeging van relatief kleine woonplaatsen, vaak in 'landelijke' gebieden. De losgebrande discussie kenmerkt zich voornamelijk door verzet tegen het voorgenomen beleid. Belangrijke elementen in de discussie zijn verlies van identiteit en aantasting van 'lokale democratie', en vooral het betwijfelen of er wel sprake is van besparingen (Allers 2010; Allers en Geertsema 2012). De conclusie van deze onderzoekers is dan ook (letterlijk) "Gemeentelijke

schaalvergroting levert geen geld op. Ambtelijke werkgroepen en politieke partijen denken geld te kunnen besparen door het aantal gemeenten flink te verkleinen. Dat is niet het geval". Het aangevoerde empirisch materiaal, bijvoorbeeld het aantal gemeenteambtenaren per 1000 inwoners en de uitgaven per inwoner als functie van het aantal inwoners van de gemeente, is zodanig dat extrapolatie naar grotere inwoneraantallen onvermijdelijk leidt tot de onbestaanbaarheid van steden met, bijvoorbeeld een miljoen of meer inwoners. Men kan dus gereede twijfel hebben over de waarde van de empirische onderbouwing van de geciteerde bewering.

Recent Amerikaans onderzoek naar de sociale, economische en culturele prestaties van steden toont aan dat de belangrijkste parameter simpelweg de omvang van de stad in inwoneraantal is (Bettencourt, Lobo, Strumsky, West 2010). Hoe groter hoe beter, want allerlei netwerken (fysiek en sociaal) ondergaan een disproportionele, niet-lineaire¹⁰, wiskundig door een machtswet beschreven versterking, een fundamenteel kenmerk van complexe, adaptieve¹¹, intern goed samenhangende systemen: *non-linear urban scaling*. Het Amerikaanse onderzoek wordt uitgevoerd door fysici van vooraanstaande instituten (in het bijzonder het Santa Fe Institute en het Los Alamos Institute for Nonlinear Studies, beide behorend tot de internationale top op het gebied van onderzoek naar adaptieve, niet-lineaire, complexe systemen), het werk wordt gepubliceerd in internationale wetenschappelijke toptijdschriften en gesteund door de National Science Foundation, de Rockefeller Foundation en de Bill & Melinda Gates Foundation. Het onderzoek kan omschreven worden als een zoektocht naar een *quantitative theory of cities* daarbij voortbouwend op eerder sociologisch en economisch onderzoek (zie hiervoor de literatuurverwijzingen in Bettencourt, Lobo, West 2008). Doordat dit onderzoek in natuurwetenschappelijke disciplines wordt uitgevoerd, is het bij bestuurskundigen nauwelijks bekend.

Deze notitie geeft een state-of-the-art overzicht van bovenbedoeld en verwant onderzoek. Daarmee wordt het Ministerie geïnformeerd over deze ontwikkelingen die van groot belang kunnen zijn voor het te voeren beleid. Tegelijkertijd wordt aangegeven dat het relevante, lopende onderzoek nog geen directe antwoorden biedt op belangrijke beleidsvragen inzake herindelingen. Het focus ligt dus niet bij het vinden

¹⁰ Niet-lineair wil zeggen dat de afhankelijke variabele meer dan proportioneel met de onafhankelijke variabele toeneemt. Een voorbeeld is de bewegingsenergie van een auto. De bewegingsenergie van een auto (en daarmee het energieverbruik) neemt met het kwadraat (= macht 2) van de snelheid toe. Bij positieve niet-lineariteit (zoals in dit voorbeeld) spreken we van *superlineariteit*, bij negatieve niet-lineariteit (de afhankelijke variabele neemt meer dan proportioneel af met de onafhankelijke variabele) van *sublineariteit*.

¹¹ Een complex system is een systeem dat uit vele individuele onderdelen bestaat die sterke interacties met elkaar hebben. Deze interacties bepalen de eigenschappen van het systeem als geheel, en hoe het systeem reageert op invloeden van de omgeving (adaptatie). Meer specifiek gezegd, onder adaptief wordt verstaan het vermogen om zich voortdurend aan veranderende omstandigheden aan te passen zonder dat daarbij de interne structuur wezenlijk verandert. Zowel artificiële als biologische systemen vertonen deze eigenschap. Adaptatie is een voorwaarde voor het blijven bestaan en zich verder ontwikkelen van het betrokken systeem (Holland 1995). Voorbeelden complexe adaptieve systemen zijn organismen, ecosystemen, mierenhopen, bijenkorven, steden, internet, aandelenmarkt, citatienetwerken van publicaties.

van pasklare oplossingen, maar wel wordt duidelijk dat bepaalde vormen van herindeling een grotere waarschijnlijkheid op succes bieden. Anders dan het beleid ten aanzien van gemeentelijke samenvoeging van relatief kleine woonplaatsen richt deze notitie zich vooral op gemeentelijke herindeling van stedelijke gebieden; en anders dan het focus op mogelijke besparingen, is er juist uitzicht op aanzienlijke economische vooruitgang. De effecten van een herindeling binnen stedelijke gebieden kunnen grote, positieve gevolgen hebben voor de economie, per stadsgebied mogelijk enige honderden miljoenen euro's per jaar.

We beschrijven eerst de belangrijkste bevindingen van het urban scaling onderzoek en het theoretisch kader waarbinnen de bevindingen geplaatst kunnen worden. Daarna worden voorlopige conclusies geformuleerd waarbij duidelijk wordt welke verwachtingen we kunnen hebben met betrekking tot gemeentelijke schaalvergroting maar ook waar nog nader onderzoek gewenst is. Met betrekking tot dit laatste worden een viertal concrete onderzoeksvragen geformuleerd die tot vervolgonderzoek met de Amerikaanse collega's kunnen leiden.

2. Bevindingen van het urban scaling onderzoek

2.1 Empirische resultaten op hoofdlijnen

De resultaten van het Amerikaanse onderzoek zijn opmerkelijk en empirisch hard: verdubbeling van inwoneraantal betekent 15% verbetering van de welvaart van een stad (bruto stedelijk inkomen¹²), en 15% minder materiële infrastructurele kosten. De gevonden niet-lineaire 'schaling' blijkt te werken in het gehele bereik van de grotere en grote steden, ruwweg van 50.000 tot 10.000.000 inwoners. Het maakt dus niet uit of het gaat om een verdubbeling van 50.000 naar 100.000 of van 5.000.000 naar 10.000.000. De gevonden wetten zijn dus schaalinvariant. In totaal betreffen de data van het onderzoek 360 stedelijke gebieden. Opmerkelijk is dat voor deze *increasing returns on scale* het inwoneraantal dominant is; de historie van een stad, haar geografische ligging, ruimtelijke structuur en andere lokale kenmerken hebben invloed maar zijn van secundair belang.

In het Amerikaanse onderzoek is het begrip *city* gedefinieerd aan de hand van *metropolitan areas*¹³ en betreft dus in feite de hele stedelijke agglomeratie. De vraag in hoeverre de schaalwetten opgaan voor bijvoorbeeld de centrale stad (als gemeente) binnen een stedelijke agglomeratie behoeft nog nader onderzoek. Wel is er al recent onderzoek waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen agglomeratie en de centrale gemeente, we komen daar zo dadelijk op terug.

In nieuwe publicaties van dezelfde groep worden de eerder genoemde bevindingen nog eens in versterkte zin empirisch onderbouwd (Lobo, Bettencourt, Strumsky, West 2013). Steden blijken kwantificeerbare kenmerken hebben die opmerkelijk sterk universeel zijn. De Amerikaanse onderzoekers werken met zeer grote bestanden die gegevens van honderden steden in de VS, Europa en Azië over een periode van

¹² Bruto stedelijk inkomen is het *Gross Metropolitan Product* (GMP) berekend door het U.S. Department of Commerces Bureau of Economic Analysis.

¹³ Formeel de *Metropolitan Statistical Areas* (MSA) gedefinieerd door het U.S. Office of Management and Budget.

meerdere decennia omvatten. Een solide wiskundige onderbouwing van steden en stedelijke gebieden als complex adaptief netwerk wordt gegeven door Bettencourt (2012).

Er is op theoretische gronden geen bovengrens, en empirisch hebben we er nog geen kunnen vinden. Maar in de praktijk komt die bovengrens er altijd: op een gegeven moment houdt het in ieder denkbaar systeem op met het totaal aan bevolking, resources, energie, enz. In ieder geval gaat het Amerikaanse onderzoek tot stedelijke agglomeraties van 10.000.000 inwoners.

Uit het onderzoek volgen drie karakteristieken als functie van het inwoneraantal. Op de eerste plaats neemt bij grotere stedelijke omvang de gemiddelde ruimte per inwoner af, hetgeen een grotere dichtheid van bevolking betekent. De tweede karakteristiek hangt hier mee samen: intensiever gebruik van de stedelijke infrastructurele voorzieningen en een versnelling van het tempo van alle sociaaleconomische activiteiten hetgeen leidt tot een hogere productiviteit (Bettencourt, Lobo, West 2008; Lobo, Bettencourt, Strumsky, West 2013). De derde karakteristiek is dat de stedelijke economische en sociale activiteiten steeds gevarieerder worden en onderling steeds meer verbonden hetgeen resulteert in nieuwe vormen van economische specialisatie en culturele expressie.

De gevonden karakteristieken blijken aan eenvoudige mathematische wetmatigheden te voldoen. In kwantitatieve zin laat het onderzoek zien dat verdubbeling van de stedelijke bevolking niet tot een 100% maar tot slechts 85% toename van de infrastructurele voorzieningen leidt, of dat nu de totale weglengte is, de lengte van kabels en waterleidingen dan wel het aantal tankstations (Bettencourt and West 2010). Deze 15% besparing komt omdat, in het algemeen, het aanleggen en onderhouden van de infrastructuur bij hogere bevolkingsdichtheid efficiënter en economisch voordeliger is terwijl bovendien hogere kwaliteit van dienstverlening en probleemoplossingen tot stand komt die niet in kleinere plaatsen gerealiseerd kan worden. De grondprijs neemt sterker met bevolkingsomvang toe dan het stedelijk inkomen, met een niet-lineaire exponent in de orde van 1.50. Dit leidt tot hogere gebouwen, waardoor er een kleinere oppervlakte-volume verhouding ontstaat met als gevolg relatief geringer energieverbruik.

Hoe groter de stad, des te meer de gemiddelde burger bezit, produceert en consumeert, zowel wat betreft goederen als ideeën. Naarmate de omvang van steden toeneemt, nemen gemiddeld per hoofd van de bevolking alle sociaaleconomische variabelen zoals lonen, stedelijk bruto product, aantal octrooien, aantal onderzoeks- en onderwijsinstellingen met 15% meer toe dan verwacht kan worden bij lineaire toename. Maar ook de donkere kanten van de stad volgen de zelfde 15% regel: criminaliteit, verkeersproblemen, en verspreiding van bepaalde ziekten. Zoals de Amerikaanse onderzoekers stellen: *"the good, the bad and the ugly come as an integrated, predictable package"* (Bettencourt, Lobo, Strumsky 2007; Bettencourt, Lobo, Helbing, Kühnert, West 2007; Arbesman, Kleinberg, Strogatz 2009; Bettencourt and West 2011). De balans tussen de positieve en de negatieve kanten van een stad als functie van de bevolkingsomvang is een belangrijke reden voor het bestaan van steden van elke omvang. Deze grootteverdeling van steden (de wetmatigheid daarvan was al lang bekend, zie Zipf 1949) hangt samen met de hier besproken wetmatigheden van urban scaling (Gomez-Lievano, Youn, Bettencourt 2012).

De afwijkingen van de verwachtingswaarde die door de schaalwet gegeven wordt (wiskundig de spreiding van de data rond de lijn die uit de schaalwet volgt) bepalen in welke mate steden boven dan wel onder de verwachtingswaarde presteren (Bet-tencourt, Lobo, Strumsky, West 2010). Verder onderzoek is nodig om vast te stellen welke eigenschappen van steden positieve dan wel negatieve afwijkingen ten op-zichte van de verwachtingswaarde veroorzaken. Het is waarschijnlijk dat de eigen-schappen van een stad die niet de belangrijkste determinant voor de schaling zijn - dat is immers enkel en alleen het inwoneraantal- wel een belangrijke rol spelen voor de grootte en richting (positief dan wel negatief) van de afwijking van de verwach-tingswaarde. Hierbij gaat het dan om de kwaliteit van de stad waarbij men kan den-ken aan een fraai historisch stadscentrum en aanwezige voorzieningen van hoge kwaliteit zoals een universiteit, succesvol bedrijfsleven, haven.

2.2 De stad als complex adaptief systeem

Soortgelijke *economies of scale* met dezelfde wiskundige eigenschappen zijn ken-merkend voor alle artificiële en biologische systemen die beschreven kunnen worden met wat in de fysica een complex systeem genoemd wordt. Voorbeelden in de biolo-gie zijn mierenhopen en bijenkorven, hier worden besparingen (energie, resources) tot 20% bereikt (West, Brown, Enquist 1997). In alle gevallen zijn complexe sys-temen opgebouwd uit een groot aantal onderdelen (individuen, materiële voorzienin-gen) die in een netwerkstructuur met elkaar verbonden zijn. Steden zijn complexe systemen waarbij sociale, economische culturele en infrastructurele elementen sterk aan elkaar gekoppeld zijn en daarom moeilijk te begrijpen (en te sturen) wanneer men deze elementen van elkaar isoleert.

Steden zijn een fenomeen die op een unieke wijze kenmerken van zowel de artificiële als de biologische wereld hebben. De stad is veel meer dan een analogon van een mierenhoop of bijenkorf: de interacties tussen individuen, en de uitwisseling van goederen en kennis is veel ingewikkelder. Steden zijn niet geïsoleerd maar fungeren als magneten voor creatieve en innovatieve individuen (*creative class*, Florida 2002, 2004) en voor economische activiteit.

Adaptatie is een cruciale eigenschap van complexe systemen met sterke interne en externe interacties. Een voorbeeld van adaptatie bij steden is de werking van econo-mische druk. In een dynamische, succesvolle stad stijgen de prijzen van huizen en bedrijfsruimten zodat alleen activiteiten met substantiële *added value* haalbaar zijn. De stad past zich aan deze situatie aan door nieuwe organisatievormen, producten en diensten die waarde toevoegen. En dit trekt weer verder talent aan. Zulke terug-koppelingsmechanismen zorgen voor versnelde innovatie, diversificatie en intensiver-ing van sociale, culturele en economische activiteiten.

Een volgend belangrijk empirisch resultaat van het *urban scaling* onderzoek betreft de tijdsdimensie. Het onderzoek laat zien dat steden opmerkelijk robuust zijn. Suc-cesvolle steden zijn dat vaak al decennia en hebben de stad op een lang traject van creativiteit en welvaart gebracht. Een voorbeeld is San Jose, de centrale stad van Silicon Valley, welke al meer dan 50 jaar in positieve zin ("overperformance") afwijkt van de verwachtingswaarde op basis van haar omvang in bevolking, ruim voor de opkomst van de hi-tech industrie. Andere voorbeelden van *overperforming* steden zijn San Francisco en Boston. Het omgekeerde is ook waar: het is heel moeilijk om een stad die in negatieve zin afwijkt van de verwachtingswaarde te verbeteren. In-effectief overheidsbeleid en onrealistische korte-termijn verwachtingen kunnen een

stad voor vele decennia lang veroordelen tot *underperformance*. Voorbeelden in de VS zijn momenteel Phoenix, en Buffalo en New York in de jaren 70.

2.3 Stedelijke agglomeraties versus gemeenten

Het bovenstaande maakt duidelijk dat schaalvergroting alleen voordeel heeft als de interacties tussen de samenstellende delen optimaal zijn. En dat betekent in de praktijk óók - en simpelweg- fysieke nabijheid. Het heeft daarom weinig zin om bijvoorbeeld bij de vorming van grootstedelijke regio's te ver weg gelegen plaatsen mee te nemen. Wat dan de grens is voor zo'n fysieke afstand, is nog niet duidelijk. Wel het omgekeerde, zit het dicht bij elkaar, dan is de kans op optimalisering zeer groot. Ondanks dat we leven in een digitaal tijdperk, is toch die fysieke nabijheid van cruciaal belang. De ruimtelijke dichtheid van verbindingen blijkt een cruciale rol te spelen, we komen hier zo meteen op terug. In een recent artikel over de invloed van de ruimtelijke dichtheid op sociale interacties in steden merken de auteurs op "*We note that current technology makes remote communication and collaboration extremely easy and convenient; however, the importance of packing people physically close to each other is still widely emphasized*" (Pan, Ghoshal, Krumme, Cebrian, Pentland 2013).

Een groep medische onderzoekers aan Harvard University (gepubliceerd in Nature) toont aan dat fysieke afstand een belangrijke parameter is in de internationale impact van wetenschappelijk onderzoek. Hier ligt een analogie met universiteiten: nabijheid van samenwerkende onderzoekers versterkt de impact van het onderzoek (van Noorden 2010; Lee, Brownstein, Mills, Kohane 2010). We komen zo dadelijk terug op de analogie met universiteiten.

Opmerkelijk is een recent onderzoek (Schlöpfer et al 2012) waarbij de Amerikaanse onderzoekers samen met onderzoekers in Duitsland, Verenigd Koninkrijk en Frankrijk een half miljard (geanonimiseerde) mobiele telefoongesprekken in Portugal gedurende een periode van 15 maanden en acht miljard (geanonimiseerde) vaste lijn telefoongesprekken in het Verenigd Koninkrijk gedurende 1 maand geanalyseerd hebben. De onderzoekers tonen aan dat ook de telefoonintensiteit een significante superlineaire relatie met de bevolkingsomvang van stedelijke gebieden heeft.

Het bijzondere van deze studie is dat voor het eerst een onderscheid gemaakt wordt tussen verschillende definities van stedelijke gebieden, en dit geldt met name voor de analyse van de Portugese telefoongesprekken. Het blijkt dat superlineair schaalgedrag wordt gevonden voor alle definities van stedelijke gebieden (large urban zones (agglomeraties), gemeenten). Een belangrijk resultaat is dat het superlineaire schaalgedrag sterker is voor steden gedefinieerd als gemeenten (niet-lineaire exponent 1.13), dan steden gedefinieerd als agglomeraties (nietlineaire exponent 1.05). Dit is een aanwijzing dat een sterker samenhangende structuur (gemeente) een schaalvoordeel heeft op een lossere verband (agglomeratie).

De telefoonintensiteit in stedelijke gebieden is een goede indicator voor de structuur en dynamiek van menselijke interacties en dat geldt in het bijzonder voor de mobiele telefoongesprekken zoals ook blijkt uit verder zeer recent onderzoek naar de analyse van *social-tie density* (Pan, Ghoshal, Krumme, Cebrian, Pentland 2013). Deze social-

tie density schaalt superlineair met de bevolkingssomvang van steden, maar bovendien concluderen de auteurs dat deze dichtheid van interacties¹⁴ de diverse aspecten van stedelijke sociaaleconomische indicatoren beter verklaren. Ook wordt voor de wetmatigheid van de superlineariteit een andere mathematische formulering dan een machtswet gebruikt, zie ook Shalizi (2011).

Zoals eerder betoogd, het aan dit niet-lineaire schaalgedrag ten grondslag liggende mechanisme is dat sociale, economische en culturele interacties disproportioneel effectiever worden met de omvang van de stad: er zijn meer economische specialisaties en meer differentiatie van werk binnen een sterker samenhangend systeem. Dit leidt er toe dat tegelijkertijd disproportioneel meer verbindingen¹⁵ *binnen* de betrokken netwerken en *tussen* de verschillende sociale, economische en culturele netwerken tot stand komen, waardoor het stedelijk systeem zich in sociaaleconomisch en cultureel opzicht cumulatief versterkt.

Anders gezegd, voor steden betekent groter: meer diversiteit in werk, dus meer specialisaties waardoor ontwikkeling, uitwisseling en combinatie van ideeën niet-lineair toenemen. Beleid moet dus gericht zijn op toename van *connectivity*. Bijvoorbeeld het gecoördineerd plannen van zowel openbaar vervoer als huisvesting zijn meer succesvol dan los van elkaar staande planning in deze sectoren. Steden en stedelijke gebieden die minder goede *connectivity* hebben, zullen minder presteren dan steden en stedelijke gebieden met betere connectiviteit (Bettencourt 2013).

2.4 Analogie met universiteiten

Universiteiten blijken soortgelijke schaalwetten als steden (stedelijke agglomeraties) te vertonen. Daar ligt het raakvlak met het eigen onderzoek, bij universiteiten treedt een positieve niet-lineaire (superlineaire) versterking van internationale impact¹⁶ als functie van wetenschappelijke omvang in termen van aantal publicaties van universiteiten. Deze bevindingen zijn intussen gepubliceerd (van Raan 2013) in hetzelfde Amerikaanse tijdschrift als waarin de Santa Fe en Los Alamos onderzoekers over *urban scaling* gepubliceerd hebben. Bij *university scaling* zijn kwaliteit van het wetenschappelijk onderzoek en de vakgebieden waarin de universiteit actief is bepalend voor afwijkingen van de verwachtingswaarde. Als we deze bevinding vertalen naar steden -maar meer onderzoek is nodig- is het redelijk om aan te nemen dat steden

¹⁴ De dichtheid van interacties wordt berekend op basis van het aantal knooppunten in een netwerk per eenheid van oppervlak; voor de mathematische onderbouwing zie de aangegeven referentie.

¹⁵ Een eenvoudige wiskundige beschouwing laat dit zien: in een complex netwerksysteem met n knooppunten zijn er (in goede benadering bij grote n) n^2 verbindingen. Dus toename van omvang van een complex netwerksysteem (d.w.z. meer knooppunten) betekent een kwadratische toename van het aantal verbindingen. In de praktijk zal de niet-lineariteit niet in deze sterke mate optreden, het complexe systeem zal in toenemende mate clusters gaan vormen waarbij een aantal knooppunten als cluster gezamenlijk verbindingen heeft naar andere clusters van knooppunten. Op deze wijze reduceert een netwerksysteem haar complexiteit.

¹⁶ Impact wordt gemeten op basis van het aantal citaties (gecorrigeerd voor zelfcitaties) naar de publicaties van een universiteit in de internationale tijdschriftliteratuur binnen een periode van, bijvoorbeeld, 5 jaar. Het hiervoor gebruikte gegevensbestand is de Web of Science.

met een meer dan gemiddelde stedelijke kwaliteit een nog groter voordeel bij toename van aantal inwoners zullen behalen. Het zijn deze afwijkingen van de verwachtingswaarde die nu meer centraal gaan staan in het onderzoek en die ook belangrijk zijn voor het politieke beleid ten aanzien van steden (Lobo, Bettencourt, Strumsky, West 2013).

De analogie met universiteiten kan van groot belang zijn voor verder onderzoek naar urban scaling. Zoals eerder opgemerkt, wordt in het lopende Amerikaanse onderzoek nog nauwelijks onderscheid gemaakt tussen de gehele agglomeratie (op basis waarvan de schaalwetten gemeten zijn) en de 'onderdelen' van de agglomeratie (centrale stad, voorsteden), met uitzondering van het zojuist genoemde onderzoek van de telefoonintensiteit in Portugese steden en stedelijke gebieden. Bij het onderzoek aan schaling van universiteiten hebben we al eerder gevonden dat ook de 'onderdelen', in termen van grote onderzoeksgroepen binnen universiteiten, eveneens soortgelijk schaalgedrag vertonen, met een super-lineariteit van dezelfde grootteorde als de universiteit als geheel. Opmerkelijk is de bevinding dat de superlineariteit groter is voor samenvoegingen van groepen tot grotere research programma's (van Raan 2006). Ook andere effecten van schaalvergroting binnen universiteiten worden onderzocht. Noors onderzoek (Jamtveit, Jettestuen and Mathiesen 2009) laat zien dat er een superlineaire toename is van ondersteunende staf als functie van de omvang van de academische staf. Het is echter twijfelachtig of dit als groei van 'bureaucratie' gezien moet worden aangezien het onvermijdelijk is dat bij groter wordende netwerkstructuren de toegenomen connectiviteit gefaciliteerd moet worden.

3. Conclusies

3.1 Algemeen

Welke conclusies kunnen getrokken worden uit het in deze notitie besproken onderzoek? En meer specifiek: in hoeverre is het onderzoek relevant voor beleid met betrekking tot herindeling van gemeenten en wellicht ook van provincies? Zijn contouren zichtbaar van mogelijkheden met een grotere dan wel kleinere waarschijnlijkheid van succes? Bijvoorbeeld bij het beleid ten aanzien van gemeentelijke herindeling, met name het in de inleiding genoemde verschil tussen een herindeling van relatief kleine, vaak landelijke gemeenten over een relatief grote ruimtelijk gebied versus de herindeling van min of meer compacte stedelijke gebieden.

De centrale boodschap van het besproken onderzoek is duidelijk: de schaalwetten werken op de simpele basis van bevolkingsaantal en zij leveren niet alleen besparingen, maar vooral ook voordelen: *winst* door groter bruto stedelijk product, hogere lonen, meer bestedingen, meer innovaties, meer creatieve ideeën die effectief leiden tot meer bedrijven, meer en betere onderwijsinstellingen. Besparingen en voordelen, dat is een dubbel positief effect, zeer welkom in een tijd van economisch zwaar weer. Het gaat ons land economisch slechter dan bijvoorbeeld buurland Duitsland en de werkeloosheid loopt op. Daarom is het van groot belang om te weten dat de effecten van herindelingen, vooral binnen stedelijke gebieden, grote positieve gevolgen kunnen hebben voor de economie, per stadsgebied mogelijk enige honderden miljoenen euro's per jaar.

3.2 Contouren van mogelijkheden, verdere stappen

Zoals eerder genoemd is urban scaling gemeten aan stedelijke agglomeraties die in de loop der tijd autonoom gegroeid zijn naar een zeker aantal inwoners. Het is dus als het ware een statische opname, die een voorspellende waarde heeft voor wat er gebeurt als een stedelijk gebied zich in bepaalde tijdspanne in inwoneraantal, bijvoorbeeld, verdubbelt. Maar dit is wat anders dan verdubbeling van inwoneraantal door gemeentelijke herindeling van bestaande gemeenten tot één nieuwe gemeente.

Desalniettemin is het waarschijnlijk dat na verloop van tijd voor de nieuwe gemeente de schaalwetten evenzeer moeten gelden. Dit vermoeden kan gebaseerd worden op juist datgene wat cruciaal is voor de werking van de schaalwetten: connectiviteit. Deze situatie kan als volgt beschreven worden. In veel landen, ook in Nederland, zijn grote en middelgrote steden wat betreft stedelijk gebied gegroeid, maar met teruglopen in inwoneraantal van de centrale stad (ten opzichte van de oorspronkelijke bevolkingsomvang die in de jaren zestig het maximum bereikte) en sterke toename van inwoneraantal in de voorsteden/randgemeenten. In dat aldus gegroeide stedelijk gebied is er geen optimale bestuurlijke cohesie en sociaal-culturele-economische samenhang, en zal het niet-lineaire schaalgedrag minder sterk zijn (het adaptief complexe systeem werkt niet voldoende), en er is een grotere waarschijnlijkheid dat dit bij steden met hetzelfde aantal inwoners en één gemeente (en dus bestuurlijke cohesie en sociaal-culturele-economische samenhang) meer het geval is. Het ligt voor de hand dat bij stedelijke agglomeraties waar de zelfstandige randgemeenten en de centrale stad niet optimaal samenwerken de versterkende niet-lineaire werking van de stedelijke dynamiek geremd wordt. Dit is de situatie waarbij de randgemeenten allerlei voorzieningen op sociaal, cultureel en economisch gebied voor zichzelf willen, waardoor de kosten van deze voorzieningen in de gehele agglomeratie toenemen maar de ontwikkeling van de centrale stad belemmeren. Een biologisch analogon is een organisme waarbij de diverse onderdelen aparte hersenen hebben, naast de centrale in het hoofd. Er zal ongetwijfeld wel sprake zijn van enige samenwerking, maar het schiet natuurlijk niet op als de centrale hersenen vooruit willen, en de hersenen van de benen besluiten toch maar niet in beweging te komen.

Weliswaar zullen in een verzameling van dergelijke niet-optimale agglomeraties de schaalwetten op basis van de totale bevolking van de agglomeratie nog steeds gelden, maar met grote waarschijnlijkheid zal daarbij de mate van superlineariteit (de exponent in de mathematische functie die de schaalwet beschrijft) kleiner zijn en een negatieve afwijking ten opzichte van de verwachtingswaarde zal opleveren. Het komt er op neer dat binnen stedelijke agglomeraties gekeken moet worden waar de voordelen en besparingen ten gevolge van niet-lineair schaling nu eigenlijk terecht komen.

De bovengeschetste problematiek levert concrete onderzoeksvragen op die ik aan mijn Amerikaanse collega's heb voorgelegd: zijn er verschillen in de mate van niet-lineariteit en in de mate van afwijking van de verwachtingswaarde

(1) Tussen (a) steden waarbij het gehele stedelijk gebied één bestuurslaag heeft, dus één gemeente is (zoals bijvoorbeeld Duitsland, het concept van de Kreisfreie Stadt); en (b) steden die met de randgemeenten in agglomeratie-verband samenwerken, waarbij dus in het laatste geval de centrale stad en de voorsteden aparte gemeenten zijn?

(2) In bovengenoemd laatste geval (1b) tussen de stedelijke agglomeraties waarin wel sterk wordt samengewerkt (bijvoorbeeld door een boven de agglomeratie-gemeenten geplaatste agglomeratie-bestuurslaag (zoals de Franse Communauté Urbaine); en stedelijke agglomeraties waar dat niet het geval is?

(3) Tussen steden die allang een bepaalde grootte hebben, en steden die òf relatief snel naar diezelfde grootte gegroeid zijn (zoals bijvoorbeeld Almere), dan wel steden die door samenvoeging van (delen van) de stedelijke agglomeratie een flinke grootte-sprong gemaakt hebben (zoals bijvoorbeeld Utrecht, Den Bosch)?

(4) Tussen stedelijke agglomeraties (dichtbevolkt) en dunner bevolkte maar wel samenhangende bevolkingsaggregaties zoals grotere landelijke gemeenten en provincies (bijvoorbeeld in de VS counties, in Duitsland Kreise)?

De boven geformuleerde onderzoeksvragen vereisen een detaillering van de Amerikaanse data, zo zijn bijvoorbeeld gegevens over de bestuurlijke structuur binnen de agglomeraties nodig zijn, naast de nu gebruikte overall-data voor de agglomeraties als geheel. De onderzoeksvragen sluiten aan bij het streven van de Amerikaanse onderzoekers om oorzaken van afwijkingen van de verwachtingswaarde te vinden, en bij het streven dat het urban scaling onderzoek meer relevantie moet hebben voor *governance*. De Amerikaanse collega's hebben intussen aangeboden om naar aanleiding van de gestelde onderzoeksvragen gezamenlijk onderzoek te gaan uitvoeren.

Empirische resultaten met betrekking tot onderzoeksvragen 1 t/m 3 kunnen vervolgens een sterke onderbouwing leveren voor de beantwoording van de concrete beleidsvraag: als in een stedelijke agglomeratie de centrale stad een aparte gemeente is van, bijvoorbeeld, 100.000 inwoners, met rondom de centrale stad zelfstandige randgemeenten die in totaal bijvoorbeeld ook 100.000 inwoners tellen, zou dan een gemeentelijke herindeling waarbij de hele agglomeratie één gemeente wordt (meer coherentie en synergie van stedelijk bestuur en beleid) de 'vergroete' stad het schaalvoordeel van 15% opleveren vanwege de sprong van 100.000 naar 200.000 inwoners? Deze situatie doet zich concreet voor (met enige verschillen in inwoneraantallen) bij steden als Leiden, Dordrecht, Haarlem, Eindhoven, Utrecht.

Resultaten met betrekking tot onderzoeksvraag 4 zijn van belang voor het beleid betreffende gemeentelijke herindeling van 'plattelandsgemeenten' tot 100.000 inwoners en het beleid betreffende samenvoeging van provincies.

Wat kan op basis van de empirische bevindingen tot dusver geconcludeerd worden? Het samenvoegen van bevolkingsaggregaties tot één 'systeem' zal alleen aanleiding geven tot een superlineair schaalgedrag als er een voldoende sterk ontwikkelde connectiviteit is in alle maatschappelijke sectoren die er toe doen: sociaal, economisch, cultureel, infrastructureel, en dit bovendien met een sterke wisselwerking tussen deze sectoren. Met andere woorden, samenvoeging leidt tot een lagere superlineaire exponent, of zelfs geen superlineaire relatie meer, indien de connectiviteit in sociaal, cultureel, economisch en infrastructureel opzicht niet voldoende sterk is:

"....when several cities are aggregated together the exponent β ¹⁷ will tend to become more linear as would be expected if a putative larger population fails to realize its full agglomeration effects in terms of socioeconomic output or savings in material

¹⁷ β is de exponent die de mate van niet-lineariteit in de wiskundige formulering van de schaling aangeeft. Bij $\beta > 1$ is er superlineariteit, $\beta = 1$ betekent een lineaire relatie, en bij $\beta < 1$ is er sublineariteit.

infrastructure" (Bettencourt, Lobo, Youn 2013; in deze publicatie wordt ook de mathematische bewijsvoering van de geciteerde bewering geleverd).

Hier volgt meteen een beleidsindicatie uit. Bij het samenvoegen van gemeenten en provincies ontstaat grote tegenwerking ten gevolge van de zorg om het verlies van eigen identiteit. De cruciale taak voor de beleidsmaker is dus enerzijds er voor te zorgen dat die eigen identiteit geen geweld wordt aangedaan, maar tegelijkertijd in sterke mate de gemeenschappelijkheid en wisselwerking (en daarmee de connectiviteit) binnen de nieuwe structuur te bevorderen.

Ik ben er van overtuigd dat het onderzoek aan urban scaling en verwante onderwerpen een sterke onderbouwing levert voor het beleid ten aanzien van gemeentelijke herindeling, zeker in stedelijke gebieden, en ik hoop dat deze notitie zal bijdragen aan een evenwichtige discussie over schaalvergroting van gemeenten en provincies.

Dankwoord

De auteur dankt zijn Amerikaanse collega's Luis Bettencourt en José Lobo voor discussies over schaalwetten in stedelijke gebieden en Paula Wilke voor kritisch commentaar op en suggesties voor de inhoud van deze notitie.

Literatuurverwijzingen

Allers, M.A. (2010), Gemeentelijke schaalvergroting levert geen geld op, *ESB*, 95 (4586), 341-342.

Allers, M.A en B. Geertsema (2012). Kabinet rekent zich rijk met gemeentelijke opschaling. *Me Judice*, 9 november 2012.

Arbesman, S., J.M. Kleinberg and S.H. Strogatz (2009). Superlinear scaling for innovation in cities. *Phys. Rev E* 68, 066102.

Bettencourt, L.M.A., J. Lobo, and D. Strumsky (2007). Invention in the city: Increasing returns to patenting as a scaling function of metropolitan size. *Research Policy* 36, 1007-120.

Bettencourt, L.M.A., J. Lobo, D. Helbing, C. Kühnert, and G.B. West (2007). Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (PNAS) 104, 17, 7301-7306.

Bettencourt, L.M.A., J. Lobo, and G.B. West (2008). Why are large cities faster? Universal scaling and self-similarity in urban organization and dynamics. *The European Physical Journal B* 63, 285-293.

Bettencourt, L.M.A. and G.B. West (2010). A unified theory of urban living. *Nature* 467, 912-913.

Bettencourt, L.M.A., J. Lobo, D. Strumsky, and G.B. West (2010). Urban Scaling and Its Deviations: Revealing the Structure of Wealth, Innovation and Crime across Cities. *PLoS ONE*, 5, 11, e13541.

Bettencourt, L.M.A. and G.B. West (2011). Bigger Cities Do More with Less. *Scientific American* 305, 3, 52-53.

Bettencourt, L.M.A. (2012). The Origins of Scaling in Cities. SFI Working Paper 2012-09-14, Santa Fe Institute. Available online at: <http://www.santafe.edu/media/workingpapers/12-09-014.pdf>, forthcoming in *Science*.

Bettencourt, L.M.A., J. Lobo, and H. Youn (2013). The Hypothesis of Urban Scaling: Formalization, Implications and Challenges. SFI Working Paper 2013-01-14, Santa Fe Institute. Available online at: <http://www.santafe.edu/media/workingpapers/13-01-004.pdf>.

Bettencourt, L.M.A. (2013). The Kind of Problem a City Is. SFI Working Paper 2013-03-008, Santa Fe Institute. Available online at: <http://www.santafe.edu/media/workingpapers/13-03-008.pdf>.

Florida, R. (2002). *The rise of the creative class: and how it's transforming work, leisure, community and everyday life*. New York: Perseus Books Group.

Florida, R. (2004). *Cities and the creative class*. New York: Routledge.

Gomez-Lievano, A., H. Youn, and L.M.A. Bettencourt (2012). The Statistics of Urban Scaling and Their Connection to Zipf's Law. *PLoS ONE* 7, 7, e40393.

Holland, J.H. (1995). *Hidden Orders. How Adaptation Builds Complexity*. New York: Basic Books.

Jamtveit, B., E. Jettestuen, and J. Mathiesen (2009). Scaling properties of European research units. *Proceedings of the National Academy of the United States of America (PNAS)*, 106, 32, 13160-13163.

Lee, K., J.S. Brownstein, R.G. Mills, and I.S. Kohane (2010). Does Collocation Inform the Impact of Collaboration? *PLoS ONE* 5, 12, e14279.

Lobo, J., L.M.A. Bettencourt, D. Strumsky, and G.B. West (2013). Urban scaling and the production function for cities. *PLoS ONE* 8, 3, e58407.

Pan, W., G. Ghoshal, C. Krumme, M. Cebrian, and A. Pentland (2013). Urban characteristics attributable to density-driven tie formation. *Nature Communications* 4, June 4, 2013, article nr 1961; doi:10.1038/ncomms2961.

Schläpfer, M., L.M.A. Bettencourt, M. Raschke, R. Claxton, Z. Smoreda, G.B. West, and C. Ratti (2012). The Scaling of Human Interactions with City Size. *ArXiv* 1210.5215. Available online at: <http://arxiv.org/abs/1210.5215>.

Shalizi, C. (2011). Scaling and Hierarchy in Urban Economics. Available online at: <http://arxiv.org/abs/1102.4101>.

van Noorden, R. (2010). Love thy lab neighbour. *Nature* 468, 1011

van Raan, A.F.J. (2006). Performance-related differences of bibliometric statistical properties of research groups: cumulative advantages and hierarchically layered networks. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 57 (14), 1919-1935.

van Raan, A.F.J. (2013). Universities Scale Like Cities. *PLoS ONE* 8, 3, e59384, 2013.

West, G.b., J.H. Brown and B.J. Enquist (1997). A General Model for the Origin of Allometric Scaling Laws in Biology. *Science* 276, 122-126.

Zipf, G.K. (1949). *Human behavior and the principle of least effort*. Reading MA: Addison-Wesley.

Prof. Dr Ton (A.) F.J. van Raan is aan de Universiteit Leiden hoogleraar kwantitatief onderzoek van wetenschappelijke ontwikkelingen. Tot 2010 directeur van het door hem opgerichte Centrum voor Wetenschaps- en Technologiestedies (CWTS, <http://www.socialsciences.leiden.edu/cwts/>). Studie wis-, natuur- en sterrenkunde en promotie (1973) in de experimentele fysica, Universiteit Utrecht. Wetenschappelijk medewerker Universität Bielefeld, gastmedewerker aan instituten in de VS, VK en Frankrijk. In 1985 'field switch' naar wetenschaps- en technologiestedies. Benoeming tot hoogleraar in Leiden 1991. Winnaar van de Derek de Solla Price Award 1995. Belangrijkste interessegebieden: bibliometrische indicatoren van wetenschappelijke kwaliteit; citatie- en conceptnetwerken als basis voor 'science mapping'. Voor een uitvoeriger cv zie <http://www.cwts.nl/tvr/>.

Bijlage 2: statistische achtergronden en verantwoording

Bij tijdsafhankelijke analyses van de correlatie tussen bijvoorbeeld het bruto gemeentelijk product en het aantal inwoners doet zich het volgende probleem voor. Men kan verwachten dat in de loop der tijd het bruto gemeentelijk product door de algemene welvaarttoename in een land langzaam als functie van de tijd toeneemt, onafhankelijk van het aantal inwoners. Meer concreet, in het geval van een zeer langzame toename van het aantal inwoners, zoals bij veel grotere en grote steden het geval is, zal bij de superlineaire correlatie tussen bruto gemeentelijk product en het aantal inwoners een 'artificieel' zeer hoge exponent gevonden worden. In het onderstaande tekstkader geven we met een eenvoudig mathematisch model een verklaring.

Stel we hebben een langzaam groeiend bruto gemeentelijk product ten gevolge van de algemene welvaartstoename

$$G(t) \sim e^{\alpha t} \quad (1)$$

en tevens een nog langzamere toename van het aantal inwoners van een stad/gemeente

$$P(t) \sim e^{\beta t}, \beta < \alpha \quad (2)$$

We zijn geïnteresseerd in de correlatie van het bruto gemeentelijk product (G) met het aantal inwoners (P). Met behulp van de noodzakelijke voorwaarde

$$\int G(t) dt = \int G(P) dP \quad (3)$$

en gebruikmakend van vgl. (2) waaruit volgt $t \sim (1/\beta) \ln P$ vinden we

$$G(P) = G(t)(dt/dP) \sim (e^{\alpha t})/\beta e^{\beta t} = (1/\beta)e^{(\alpha-\beta)(1/\beta)\ln P} = (1/\beta)P^{(\alpha/\beta - 1)} \quad (4)$$

en dus een machtswet met exponent $\gamma = (\alpha/\beta - 1)$.

Vgl. (4) laat zien dat in het geval van een langzaam groeiend aantal inwoners (kleine β , bijvoorbeeld 0.003 in ons onderzoek) en een algemene toename van het bruto gemeentelijk product met een groter exponent (α , bijvoorbeeld 0.025 in ons onderzoek), de machtswet-exponent van de correlatie tussen het bruto gemeentelijk product en het aantal inwoners aanzienlijk groter zal zijn dan 1.

Bovenstaande verklaring voor hoge exponenten in gevonden correlaties betreft het specifieke geval van tijdsafhankelijke analyse van langzaam groeiende steden/gemeenten.

Van algemeen belang is het statistisch toetsen van superlineaire karakter van de gevonden correlaties statistisch. Een eerste eenvoudige statistische test is het maken van een lineaire fit van de gevonden correlaties. Dit levert voor steden/gemeenten met minder dan ongeveer 20000 inwoners een negatief bruto gemeentelijk product en een negatief aantal banen. Het is daarmee duidelijk dat met de lineaire fit niet het gehele schaalgebied kan worden beschreven.

Vervolgens hebben we de residuen van de machtswet (*power law*) fit voor de correlatie van het bruto gemeentelijk product met het aantal inwoners berekend teneinde de *heteroscedasticity* te testen (zie bijvoorbeeld Newbold 1995). De mathematische procedure wordt in onderstaand tekstkader beschreven .

Een machtswet (*power law*) relatie tussen bijvoorbeeld het bruto gemeentelijk product (G) en het aantal inwoners (P) kan eenvoudig geschreven worden als:

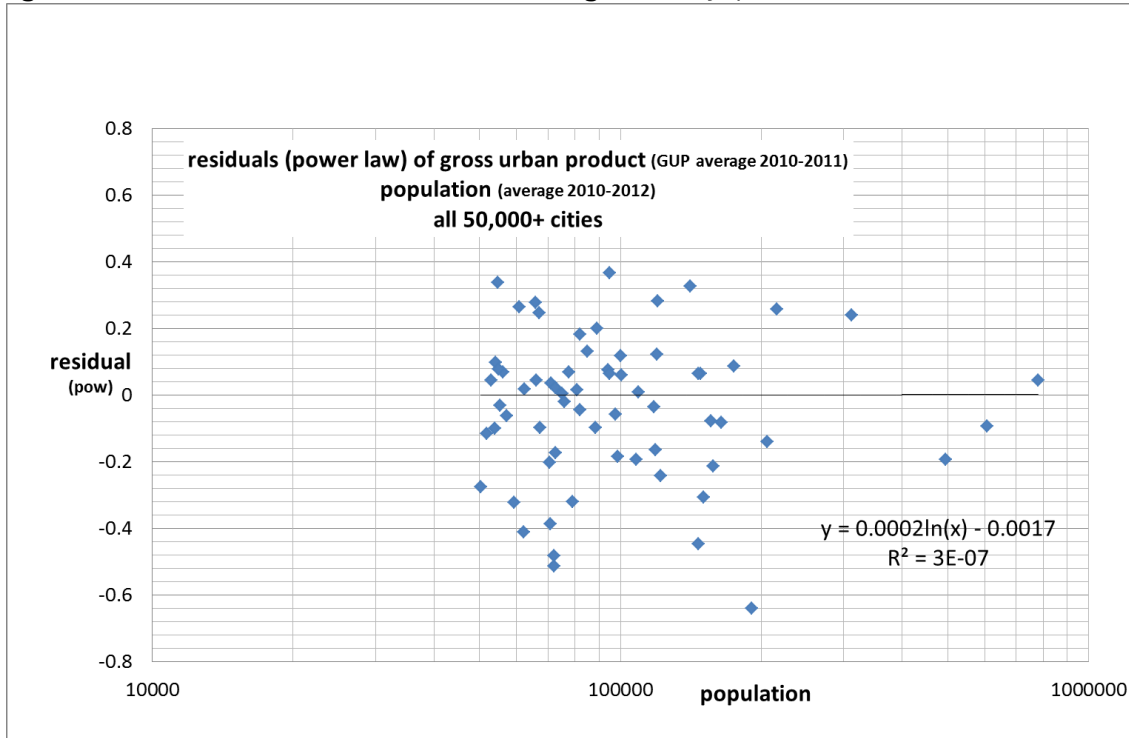
$$G(P) = aP^{\beta}$$

waarbij empirisch de waarde 0.005 voor de coëfficiënt a en 1.18 voor de exponent kan worden vastgesteld (zie Fig. 3, Set 1).

Noteren we de *waargenomen* waarde van het bruto gemeentelijk product van een specifieke stad/gemeente met G_i dan berekenen we de residuen ξ_i voor de schaling van iedere stad/gemeente als volgt (Bettencourt, Lobo, Strumsky, West 2010; van Raan 2013):

$$\xi_i = \ln[G_i/G(P)] = \ln[G_i/aP^{\beta}]$$

Figuur A1: Correlatie van de residuen van het bruto gemeentelijk product met aantal inwoners



Figuur A1 laat zien dat er geen correlatie bestaat tussen de residuen van de fit met een machtswet en het aantal inwoners (de onafhankelijke variabele) van ieder stad (Set 1). Dit betekent dat er geen aantoonbare *heteroscedasticity* is en mogen we aannemen dat de fit met een machtswet en de gevolgtrekkingen daaruit betrouwbaar zijn.

In Figuur A2 tonen we een histogram met de frequentieverdeling van de residuen van het bruto gemeentelijk product (Set 1). We zien dat deze verdeling $\Phi(\xi)$ overeenkomt met een Laplace exponentiële verdelingsfunctie (we volgen dezelfde procedure als in ref. [1]):

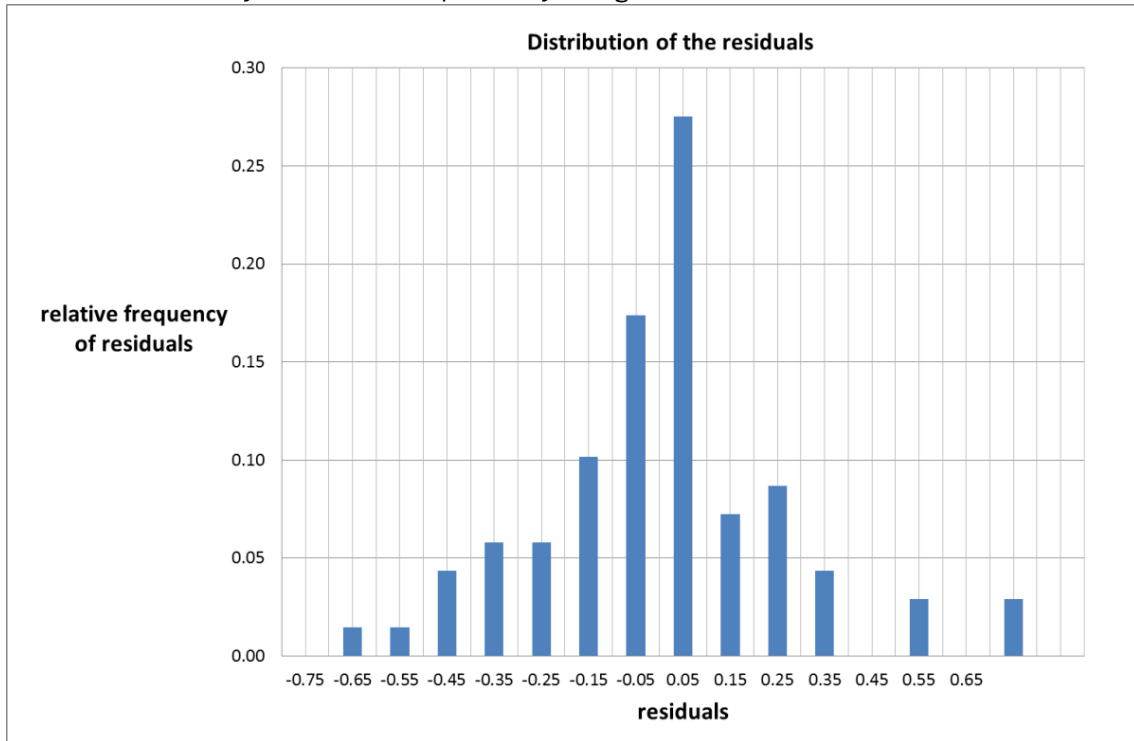
$$\Phi(\xi) = (1/2s)\exp(-|\xi|/s)$$

Waarbij de parameter s de breedte van de verdeling aangeeft en gedefinieerd is als de gemiddelde verwachtingswaarde voor de absolute waarde van de residuen:

$$s = \langle |\xi| \rangle$$

Figuur A3 toont de Laplace verdelingsfunctie vergeleken met de genormaliseerde frequentieverdeling van de residuen.

Figuur A2: Histogram van frequentieverdeling van de bruto gemeentelijk product residuen (Set 1).
 Notatie van de x-as: bijvoorbeeld de frequentie bij 0.05 geeft het aantal residuen tussen 0.00 en 0.10.



Figuur A3: Laplace verdelingsfunctie van de bruto gemeentelijk product residuen (Set 1) vergeleken met de genormaliseerde frequentie verdeling zoals gegeven in Figuur A2.

