

Schoolkeuze: Matching en Loting in Amsterdam

Bas van der Klaauw
(Vrije Universiteit)

8 december 2015

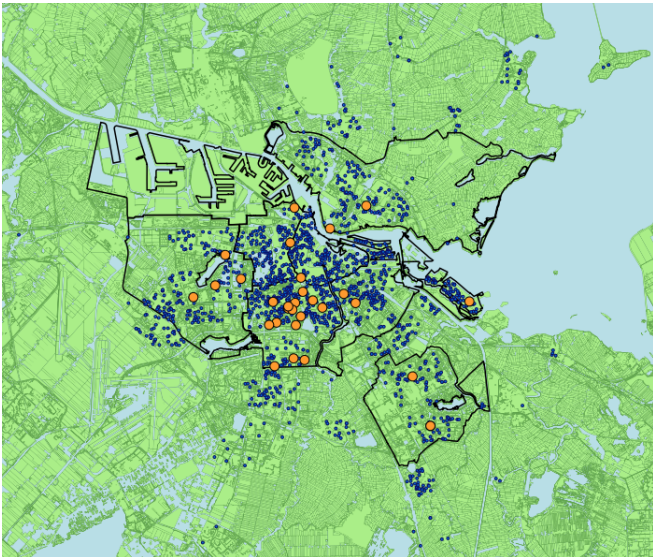
Inleiding

- ▶ Traditioneel gaan economen er vanuit dat de prijs vraag en aanbod matcht.
- ▶ Maar in sommige settings zijn er geen prijzen:
 - ▶ Onderwijs.
 - ▶ Orgaandonatie.
 - ▶ Huwelijken.
- ▶ Settings waar aanbod niet deelbaar is en aanbod niet eenvoudige uitgebreid kan worden.
- ▶ Wiskundigen hebben algoritmes ontwikkeld om vraag en aanbod te matchen.
- ▶ Matchingalgoritme gaat uit van gegeven vraag en een gegeven aanbod.
- ▶ Matchingsalgoritme lost capaciteitsprobleem niet op (verdeling en capaciteit zijn twee verschillende problemen).
- ▶ Elk matchingsalgoritme geeft andere allocatie.
- ▶ Het ideale matchingsalgoritme bestaat niet (altijd voor- en nadelen).

VO scholen in Amsterdam

- ▶ Bijna 8000 leerlingen gaan jaarlijks van de basisschool naar een VO school in Amsterdam (zo'n 5% van de leerlingen wordt buiten matching om geplaatst).
- ▶ Amsterdam heeft veel scholen, ongeveer 80.
- ▶ Scholen zitten soms dicht bij elkaar, maar verschillen in details.
- ▶ Veel leerlingen en relatief kleine scholen maakt plaatsing lastig.
- ▶ Kleine verschuivingen in voorkeuren kunnen snel capaciteitsproblemen geven.

VWO leerlingen en scholen



Hoe goed kunnen ouders/leerlingen inschatten waar geloot wordt (2013)?

School	Ingeschat risico	Daadwerkelijke loterij	Loterij in voorgaand jaar
Ignatius Gymnasium	0.81	ja	ja
Barlaeus Gymnasium	0.80		
Vossius Gymnasium	0.75		
Amsterdams Lyceum	0.72	ja	
Hyperion Lyceum	0.66		
Fons Vitae Lyceum	0.62		
Sint-Nicolaas Lyceum	0.61		
4e Gymnasium	0.59		
Cygnus Gymnasium	0.49		
Berlage Lyceum	0.44		
Cartesius Lyceum	0.44		
Hervormd Lyceum Zuid	0.42		
Spinoza Lyceum	0.40	ja	ja
Geert Groote College	0.35		
Damstede	0.35		
Gerrit van der Veen C.	0.33		
Caland Lyceum	0.26		
Comenius Lyceum	0.19		
Sg Reigersbos	0.19		
Pieter Nieuwland C.	0.15		
Montessori Lyceum	0.14		

Wat is het doel van een matchingalgoritme

- ▶ Elke leerling wil naar de school van eerste voorkeur.
- ▶ Algemene doelstelling voor een matchingalgoritme vaststellen is lastiger:
 - ▶ Zo veel mogelijk leerlingen op de school van eerste voorkeur?
 - ▶ Zo min mogelijk leerlingen op een school buiten de top 5 van de voorkeurslijst.
 - ▶ Leerling die een echte sterke voorkeur hebben, op de school van hun eerste voorkeur krijgen.
 - ▶ Zo min mogelijk ontevreden leerlingen.
 - ▶ etc.

Verschillende matchingalgoritmes

- ▶ Boston: gebruikt t/m 2014.
- ▶ Deferred-acceptance met multiple tie-breaking (DA-MTB): gebruikt in 2015.
- ▶ Deferred-acceptance met single tie-breaking (DA-STB): wordt gebruikt in 2016.
- ▶ Top-trading cycles: plaatst eerst leerlingen met voorrang en is daarna equivalent aan DA-STB.
- ▶ Choice-augmented deferred-acceptance: DA maar elke leerling mag één voorrangsschool kiezen.

Verskillende matchingalgoritmes

- ▶ Boston: gebruikt t/m 2014.
- ▶ Deferred-acceptance met multiple tie-breaking (DA-MTB): gebruikt in 2015.
- ▶ Deferred-acceptance met single tie-breaking (DA-STB): wordt gebruikt in 2016.
- ▶ Top-trading cycles: plaatst eerst leerlingen met voorrang en is daarna equivalent aan DA-STB.
- ▶ Choice-augmented deferred-acceptance: DA maar elke leerling mag één voorrangsschool kiezen.

Kenmerken van matchingalgoritme:

- ▶ Percentage leerlingen op elke voorkeur/keuze.
- ▶ Eerste voorkeur/keuze leerlingen op scholen.
- ▶ Strategy proofness: is echte voorkeur opgeven optimaal?
- ▶ Pareto efficiëntie: is het mogelijk dat na afloop twee leerlingen onderling willen ruilen?
- ▶ Complexiteit van het systeem: is het algoritme uitlegbaar.
- ▶ *Regie hebben*: dit kan voor iedere leerling iets anders betekenen.

Wat is strategisch kiezen?

- ▶ Strategisch kiezen betekent dat keuze van leerling afwijkt van echte voorkeuren.
- ▶ Dat kan rationeel zijn als uitlootkansen worden meegenomen in de schoolkeuze.
- ▶ Strategisch kiezen kan voor- als nadelen hebben (afhankelijk van de situatie).
- ▶ Strategisch gedrag kan (voor iedereen) goed uitpakken als (sommige) leerlingen juist weg blijven van de populaire scholen.
- ▶ Nadelig als leerlingen juist strategisch vaker voor de populaire scholen kiezen.
- ▶ Maken van keuze is lastiger bij strategisch gedrag (inschatting lotingskansen noodzakelijk).
- ▶ Leerlingen maken fouten bij strategische keuze.
- ▶ Geen inzicht in de echte capaciteitsproblemen.

Hoe werkt Boston?

- ▶ Iedere leerling kiest in eerste ronde één school, en er wordt geloot op scholen met teveel leerlingen.
- ▶ Leerlingen die in de eerste ronde uitgeloot worden, kiezen in de tweede ronde een school die nog plek heeft, etcetera.
- ▶ Stel dat er 4 scholen zijn met ieder één plek. De werkelijke voorkeuren worden gegeven door:

	voorkeuren			
	1	2	3	4
Anne	School A	School B	School C	School D
Bas	School A	School C	School B	School D
Claudia	School B	School A	School C	School D
Dirk	School A	School B	School D	School C

- ▶ Claudia lijkt veilig, maar voor alle andere leerlingen kan een strategische keuze interessant zijn.
- ▶ Bas kan zijn tweede voorkeur krijgen (door hier als eerste voor te kiezen).
- ▶ Anne en Dirk hebben 50% inlootkans op tweede voorkeur, ten opzichte van $33\frac{1}{3}\%$ op eerste voorkeur.
- ▶ Degene die school A het minst graag wil (of het meest risico avers is), kiest strategisch voor een andere school.

Hoe werkt Boston?

	voorkeuren			
	1	2	3	4
Anne	School A	School B	School C	School D
Bas	School A	School C	School B	School D
Claudia	School B	School A	School C	School D
Dirk	School A	School B	School D	School C

- ▶ Degene die school A het minst graag wil (of het meest risico avers is), kiest strategisch voor een andere school.
- ▶ Stel dat Anne strategisch voor school B kiest.
- ▶ School A blijkt sympathiek en maakt een extra plekje bij zodat Bas en Dirk allebei naar deze school kunnen.
- ▶ Anne is boos, want als zij geweten had dat de inlootkans $66\frac{2}{3}\%$ was i.p.v. $33\frac{1}{3}\%$ had zij liever voor School A gekozen.

Voor- en nadelen van Boston?

► Voordelen:

- Het strategisch kiezen verkleint de druk op populaire scholen.
- Veel leerlingen komen terecht op eerste keuze, dus relatief weinig uitgelote leerlingen.
- Degenen die het liefst willen of het meest bereid zijn risico te nemen, hebben grote kans op populaire scholen.
- Leerlingen hoeven zich maar te oriënteren op één school.

► Nadelen:

- Het strategisch spel om keuze over aanmelding te maken is lastig.
- Strategisch kiezen kan spijt geven (eerste voorkeur niet geprobeerd, of uitgeloot op risicovolle eerste voorkeur).
- Degene die uitgeloot worden, kunnen alleen nog maar kiezen uit scholen die nog plek hebben (en niet iedereen die ingeloot wordt komt op de eerste voorkeur).
- Geen inzicht in echte capaciteitsprobleem.
- Inschatten uitlootkansen is lastig (zeker als scholen soms capaciteit bij maken).

Hoe werkt deferred-acceptance?

- Stel weer hetzelfde voorbeeld met de voorkeuren:

	voorkeuren			
	1	2	3	4
Anne	School A	School B	School C	School D
Bas	School A	School C	School B	School D
Claudia	School B	School A	School C	School D
Dirk	School A	School B	School D	School C

- Bij single tie-breaking krijgt elke leerling één lotingsnummer, bijvoorbeeld:

lotingsnummers			
1	2	3	4
Anne	Bas	Claudia	Dirk

HOE WERKT DA-STB?

- ▶ Elke leerling wordt toegewezen aan zijn eerste voorkeur.

	lotingsnummer	voorkeuren			
		1	2	3	4
Anne	1	School A	School B	School C	School D
Bas	2	School A	School C	School B	School D
Claudia	3	School B	School A	School C	School D
Dirk	4	School A	School B	School D	School C

- ▶ Op basis van hun lotingsnummers verliezen Bas en Dirk de loting bij School A.
- ▶ Zij schuiven door naar hun tweede voorkeur.

HOE WERKT DA-STB?

	lotingsnummer	voorkeuren			
		1	2	3	4
Anne	1	School A	School B	School C	School D
Bas	2	School A	School C	School B	School D
Claudia	3	School B	School A	School C	School D
Dirk	4	School A	School B	School D	School C

- Dirk verliest de loting op school B van Claudia en schuift door naar zijn derde voorkeur.

	lotingsnummer	voorkeuren			
		1	2	3	4
Anne	1	School A	School B	School C	School D
Bas	2	School A	School C	School B	School D
Claudia	3	School B	School A	School C	School D
Dirk	4	School A	School B	School D	School C

HOE WERKT DA-MTB?

- ▶ Bij multiple tie-breaking krijgen leerlingen op elke school (op de voorkeurslijst) een lotingsnummer.
- ▶ En daarna gaat het net zo als single tie-breaking (maar wordt er steeds naar het school-specifieke lotingsnummer gekeken).
- ▶ De onderstaande tabel geeft schoolspecifieke lotingsnummers.
- ▶ Iedere leerling wordt weer tijdelijk geplaatst op de school van eerste voorkeur.

	voorkeuren			
	1	2	3	4
Anne	School A (2)	School B (3)	School C (2)	School D (4)
Bas	School A (3)	School C (1)	School B (4)	School D (1)
Claudia	School B (2)	School A (1)	School C (4)	School D (3)
Dirk	School A (4)	School B (1)	School D (2)	School C (3)

- ▶ Bas en Dirk verliezen de loting op school A van Anne en schuiven door naar hun tweede voorkeur.

HOE WERKT DA-MTB?

	voorkeuren			
	1	2	3	4
Anne	School A (2)	School B (3)	School C (2)	School D (4)
Bas	School A (3)	School C (1)	School B (4)	School D (1)
Claudia	School B (2)	School A (1)	School C (4)	School D (3)
Dirk	School A (4)	School B (1)	School D (2)	School C (3)

- Claudia verliest op school A de loting van Dirk en schuift door naar haar tweede voorkeur.

	voorkeuren			
	1	2	3	4
Anne	School A (2)	School B (3)	School C (2)	School D (4)
Bas	School A (3)	School C (1)	School B (4)	School D (1)
Claudia	School B (2)	School A (1)	School C (4)	School D (3)
Dirk	School A (4)	School B (1)	School D (2)	School C (3)

- Claudia wint nu de loting op school A van Anne en Anne schuift door.
- Anne verliest vervolgens op School B de loting van Dirk en op school C de loting van Bas.

HOE WERKT DA-MTB?

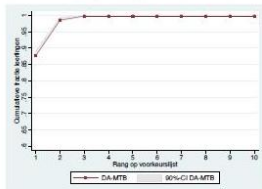
	voorkeuren			
	1	2	3	4
Anne	School A (2)	School B (3)	School C (2)	School D (2)
Bas	School A (3)	School C (1)	School B (1)	School D (4)
Claudia	School B (4)	School A (1)	School C (4)	School D (1)
Dirk	School A (4)	School B (2)	School D (3)	School C (3)

- ▶ Claudia en Dirk zitten beide op de school van elkaars eerste voorkeur.
- ▶ Als zij onderling ruilen komt Dirk op school A, terwijl hij daar een slechter lotingsnummer had dan Bas en Anne.
- ▶ Bas was nu geen interessante ruilpartner omdat hij school C als tweede keuze had. Als hij de populaire school B als tweede keuze genomen had, was hij de ruilpartner van Claudia geweest en op zijn eerste voorkeur gekomen.

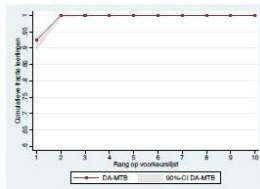
-

Resultaat matching 2015

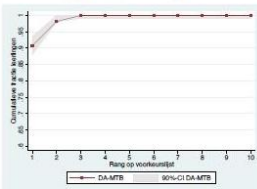
(g) VMBO-k



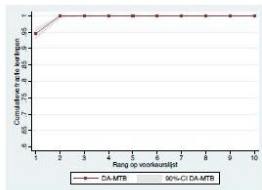
(h) VMBO-k+lwoo



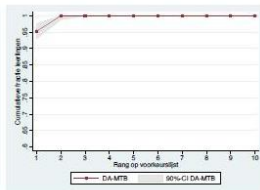
(i) VMBO-b/k



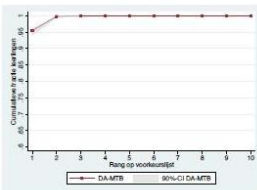
(j) VMBO-b/k+lwoo



(k) VMBO-b

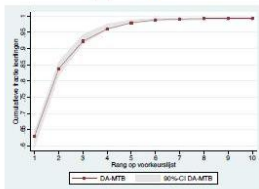


(l) VMBO-b+lwoo

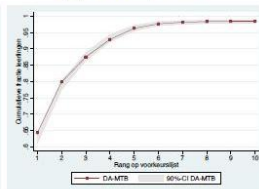


Resultaat matching 2015

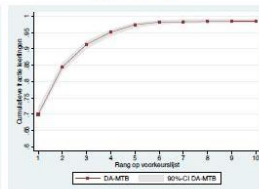
(a) VWO



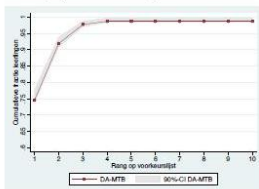
(b) HAVO/VWO



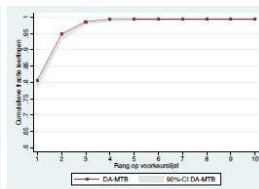
(c) HAVO



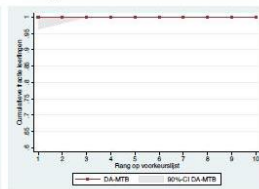
(d) VMBO-t/HAVO



(e) VMBO-t



(f) VMBO-t+LWOO

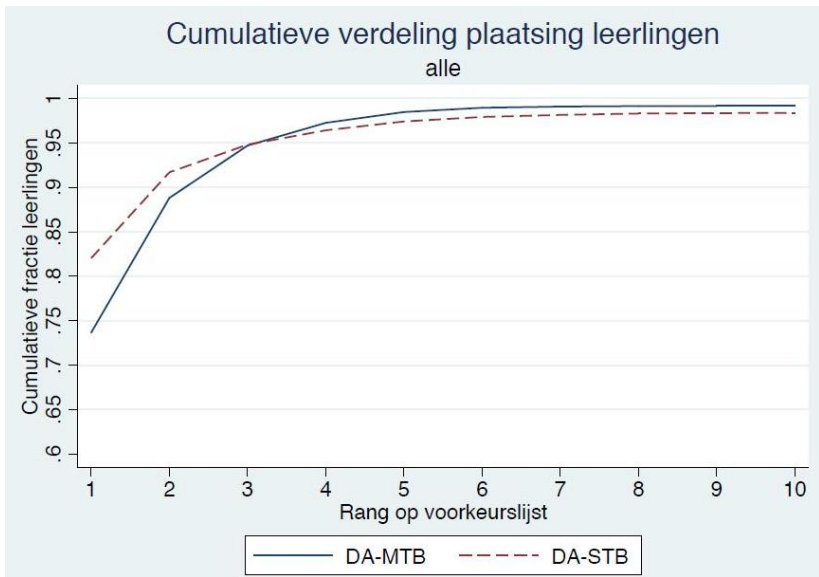


Pareto efficiëntie

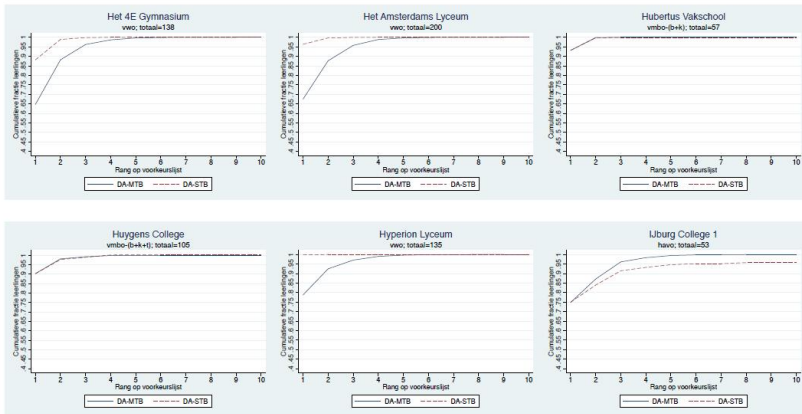
Nieuwe allocatie na ruilen van de 1949 leerlingen die niet op hun eerste voorkeur terecht gekomen zijn

huidige	na ruilen									
allocatie	1	2	3	4	5	6	7	8	willekeurig	totaal
2	19,4%	37,3%								56,7%
3	6,9%	2,1%	11,9%							20,1%
4	2,7%	0,8%	0,6%	5,4%						9,6%
5	1,7%	0,5%	0,5%	0,3%	2,3%					5,2%
6	0,7%	0,1%	0,2%	0,0%	0,1%	1,1%				2,1%
7	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%			0,7%
8	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%		0,3%
willekeurig									3,3%	3,3%
totaal	31,5%	40,7%	13,2%	5,7%	2,4%	1,1%	0,5%	0,2%	3,3%	100%

Vergelijking DA-MTB en DA-STB



Vergelijking DA-MTB en DA-STB per school



Eigenschappen DA-MTB en DA-STB

- ▶ Strategisch kiezen loont niet:
 - ▶ Optimaal voor leerlingen om scholen in volgorde van echte voorkeuren te zetten.
 - ▶ Maakt de echte capaciteitsproblemen zichtbaar.
 - ▶ Leerling kan nooit slechter worden van toevoegen scholen aan voorkeurslijst.
- ▶ DA-STB geeft een relatief hoge kans om op eerste voorkeur te komen.
- ▶ DA-MTB geeft een relatief kleine kans om laag op de voorkeurslijst te komen.
- ▶ DA-MTB is niet Pareto efficiënt (veel ruilen).
- ▶ Bij DA-STB is er alleen de mogelijkheid tot ruilen voor leerlingen die met voorrang op hun tweede, derde, etc. voorkeur terecht gekomen zijn.
- ▶ Omdat strategisch kiezen niet loont, houdt het geen rekening met intensiteit van voorkeuren.
 - ▶ Schaarse plekken bij de populaire scholen gaan ook naar leerlingen die deze school maar marginaal beter vinden dan een minder populaire school.
- ▶ Capaciteitsuitbereiding leidt niet tot frustratie bij leerlingen die al een keuze gemaakt hebben.

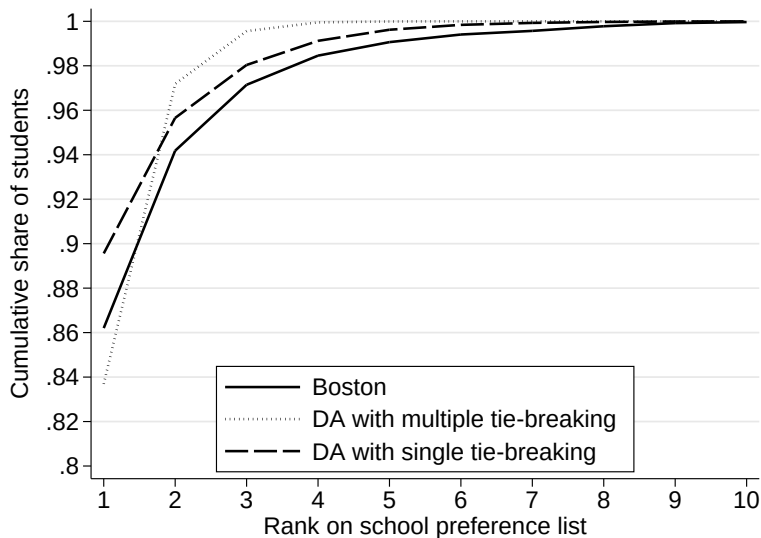
Vorrang alleen op eerste voorkeur?

- ▶ Leerlingen met vorrang hebben een voordeel ten opzichte van andere leerlingen.
- ▶ Vorrang kan wenselijk zijn om bijvoorbeeld leerlingen die op de basisschool al Montessori of Dalton onderwijs volgden dat ook op het VO te laten doen.
- ▶ Het beperken van vorrang tot de eerste school op de voorkeurslijst introduceert strategisch gedrag.
- ▶ Stel een HAVO leerling die graag naar Gerrit van der Veen wil maar vorrang heeft op Spinoza.
- ▶ Reële kans om uitgeloot te worden bij Gerrit van der Veen, dus misschien toch maar Spinoza met vorrang als eerste keuze.
- ▶ Dan komt deze leerling niet op zijn eerste voorkeur en wordt zeker een andere leerling bij Spinoza verdrongen.

RESULTATEN VAN ONS ONDERZOEK

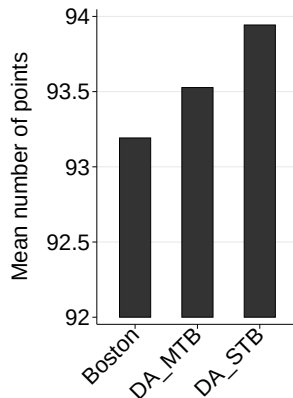
- ▶ Resultaat van loting afhankelijk van:
 - ▶ grootte cohort
 - ▶ verdeling basisschooladviezen
 - ▶ beschikbare capaciteit per basisschooladviezen
 - ▶ verdeling (clustering) van voorkeuren door leerlingen
 - ▶ algoritme
- ▶ Strategisch gedrag is niet negeerbaar:
 - ▶ In 2013 koos ongeveer 8% strategisch onder Boston.
 - ▶ Afgelopen jaar bijna 1000 plekken te kort, terwijl voorgaande jaren ongeveer 500 leerlingen uitgeloot (> 500 strategische kiezers).
- ▶ Onder Boston is eerste keuze dus iets anders dan eerste voorkeur.

RESULTATEN VAN ONS ONDERZOEK (2013)



GEMIDDELD AANTAL VOORKEURSPUNTEN (2013)

Mean nr. of preference points



Overzicht eigenschappen

	Boston	DA-STB	DA-MTB
Strategisch kiezen	kan lonen	loont niet	loont niet
Leerlingen willen achteraf ruilen	soms	minimaal	regelmatig
Leerlingen op eerste voorkeur	minder	maximaal	minder
Leerlingen op eerste keuze	maximaal	minder	minder
Leerlingen laag op voorkeurslijst	maximaal	iets meer	weinig
Werkelijke capaciteit transparant	nee	ja	ja
Lengte voorkeurslijst	1	lang	korter
Aantal uitgelote leerlingen ($\neq 1$)	minimaal	weinig	veel
Capaciteit kan aangepast worden	misleidend	ja	ja
Leerlingen kunnen spijt hebben	ja	nee	nee
Ziet er cosmetisch goed uit	ja	nee	nee

Wanneer hebben ouders/leerlingen regie?

- ▶ Definieer *regie hebben* als kan binnen het systeem de beste verwachte allocatie realiseren.
- ▶ Dan hebben ouders een ander idee over welk algoritme de meeste regie geeft.
- ▶ Stel een leerling die per sé naar Hyperion wil en ongelukkig is met elke andere school.
 - ▶ Deze leerling heeft een voorkeur voor Boston.
 - ▶ Bij Boston zullen sommige andere leerlingen strategisch niet voor Hyperion kiezen.
 - ▶ Maximaliseert de kans om op Hyperion te komen.
 - ▶ En als geen Hyperion, dan maakt het toch niets uit.
 - ▶ Deze leerling zal *regie hebben* ervaren als het recht om een strategische keuze te maken.
- ▶ Stel een leerling die als eerste voorkeur Hyperion heeft, maar per sé naar een categorale VWO/Gymnasium wil.
 - ▶ Deze leerling heeft een voorkeur voor DA-STB.
 - ▶ Bij Boston zou deze leerling misschien niet voor Hyperion kiezen.
 - ▶ Bij DA-STB kan Hyperion wel geprobeerd worden, zonder kansen op categorale school te verspelen.
 - ▶ Deze leerling zal *regie hebben* beschouwen als maken van voorkeurslijst.
- ▶ Stel een leerling die graag naar een categorale Gymnasium wil, maar geen sterke voorkeur heeft voor welke
 - ▶ Deze leerling heeft een voorkeur voor DA-MTB.
 - ▶ Dit maximaliseert de kans op top-5.
 - ▶ Deze leerling zal *regie hebben* beschouwen als maken van voorkeurslijst.

Hoe wordt een voorkeurslijst gemaakt?

Vuistregels voor DA:

- ▶ Zet scholen in volgorde van echte voorkeuren zonder rekening te houden met lotingskansen.
- ▶ Van het toevoegen van scholen kan je nooit slechter worden.
- ▶ Lengte van voorkeurslijst is afhankelijk van basisschooladvies (lang voor HAVO/VWO, korter voor VMBO).
- ▶ Ga net zo lang door totdat:
 - ▶ Er een school op de voorkeurslijst staat waar nooit geloot wordt,
 - ▶ Of, je geen voorkeur meer hebt tussen alle scholen die niet op de voorkeurslijst staan.

Kunnen garanties worden gegeven?

- ▶ Helaas kunnen geen garanties gegeven worden op bijvoorbeeld top 3.
- ▶ Stel een HAVO leerling wil het liefst naar Gerrit van der Veen.
- ▶ Stel dat OSVO top-3 zou garanderen.
- ▶ Dan is het optimaal om de school van eerste voorkeur op de lijst te plaatsen met de twee andere scholen met de grootste capaciteitsproblemen.
- ▶ Dan wordt de optimale lijst: (1) Gerrit van der Veen, (2) Spinoza, (3) Cartesius.
- ▶ De capaciteitsproblemen op Spinoza en Cartesius zijn veel groter dan op Gerrit van der Veen.
- ▶ Dus plaatsing op Spinoza en Cartesius is veel "lastiger" en leerling krijgt gegarandeerd zijn eerste voorkeur.
- ▶ Zal erg lastig zijn om voldoende capaciteit te maken voor deze garantie.
- ▶ Sowieso is top 3 een slechte maatstaf als je capaciteit mee neemt.
- ▶ Afgelopen jaar waren meer leerlingen in de top 3 gekomen als Spinoza HAVO niet zou hebben bestaan. (sluit alle kleine populaire scholen is de beste manier om iedereen in de top 3 te krijgen.

Tot slot

- ▶ Geen enkel systeem scoort beter op alle dimensies dan andere systemen.
- ▶ Dus aan welk systeem je de voorkeur geeft hangt af van wat je belangrijk vindt.
- ▶ Of men echte voorkeuren opgeeft of niet hangt af van wat er daarna gebeurt.
- ▶ Bij Boston kunnen uitgelote leerlingen zichzelf verwijten maken (wel/niet strategisch gekozen), bij DA is het puur pech.