

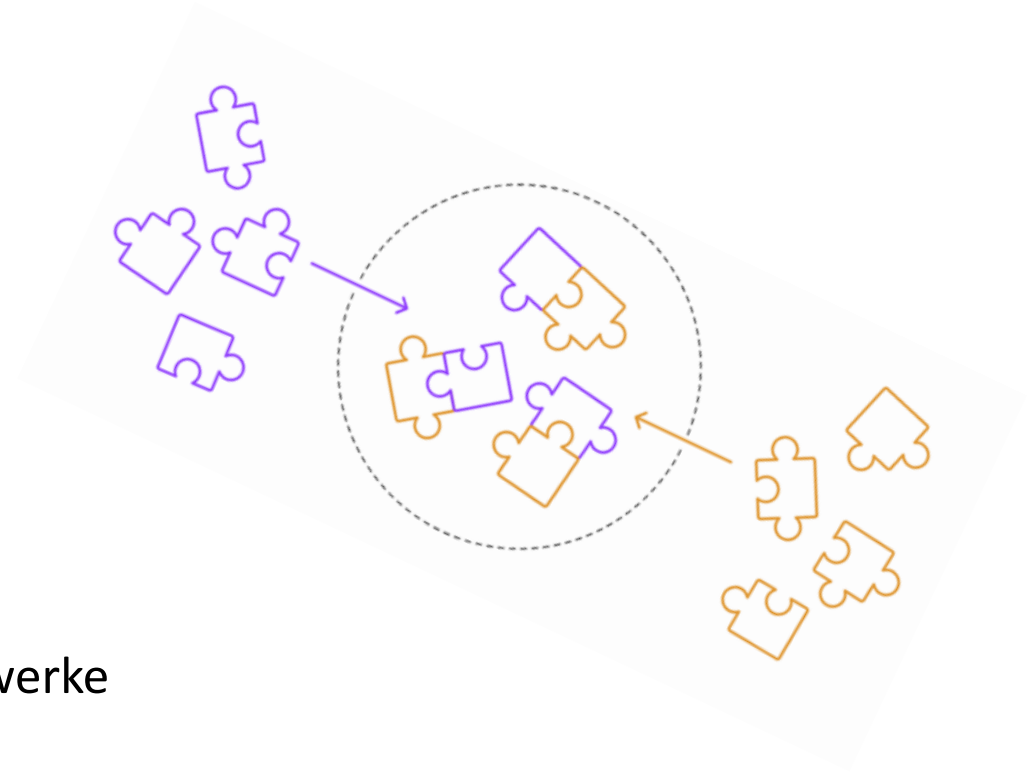
Marktdesign: Praktische Ansätze zur Verteilung knapper Ressourcen

42. WIRTSCHAFTSPHILOLOGENTAGUNG 2024

GIAN CASPARI, PH.D.

INHALT

- Kurze Einführung/Übersicht Marktdesign
- Zwei praktische Anwendungen:
 - Kita Platzvergabe
 - Subventionen für Lastenräder und Balkonkraftwerke



VORSTELLUNG VORTRAGENDER

Current

- Advanced Researcher, ZEW, October 2020

Education

- Ph.D. in Economics, Boston College, February 2020
- M.A. in Economics, Boston College, May 2016
- M.A. in Economics, University of Bern, July 2013
- B.A. in Economics, University of Bern, October 2012

Visiting

- Visiting Researcher NYU Abu Dhabi, April 2023
- Visiting Researcher Oxford University, October 2018 - August 2019

...



MARKTDESIGN

Definition: Das Feld des Marktdesigns nutzt Werkzeuge aus der Ökonomie, um praktische Lösungen für reale Probleme der Ressourcenallokation zu bieten.

Werkzeugkasten:

- Theorie
 - Spieltheorie
 - Mechanismus Design
 - Verhaltensökonomie
- Empirie
 - Strukturelle Ökonometrische Modellierung
 - (Feld-) Experimente

Märkte ohne Geld: Matching



Alvin E. Roth and Lloyd S. Shapley

Nobel Prize 2012 for **Matching Theory**

Anwendungen:

- Schulwahl
- Nierentausch
- Zuteilung von Flüchtlingen
- ...

Märkte mit Geld: Auktionen



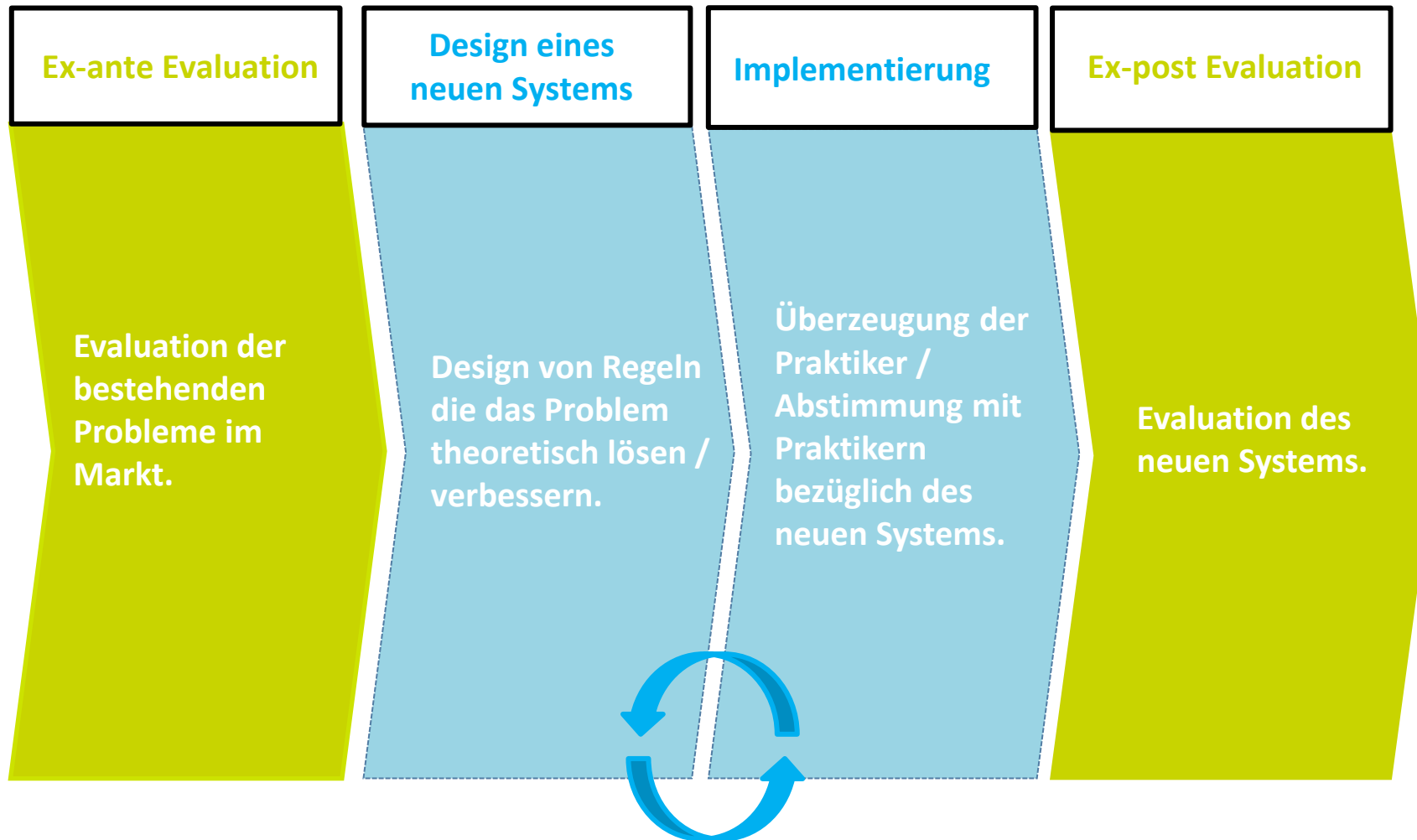
Paul R. Milgrom and Robert B. Wilson

Nobel Prize 2020 for **Auction Theory**

Anwendungen:

- Energiemärkte
- Frequenzauktionen
- Beschaffung
- ...

PRAKTISCHES MARKTDESIGN AM ZEW



Beispiele:

- KitaMatch (Matching)
- Subventionen (Auktion)

KITAMATCH: PROBLEME

Knappheit

- Ca. 400.000 fehlende Kita-Plätze
- Ca. 100.000 fehlende Fachkräfte

Probleme

- Lange Wartezeiten
- Intransparente Vergabe
- Unfaire Vergabe

TAGESSPIEGEL

Für die Kleinsten zu wenig Es fehlen 384.000 Kita-Plätze in Deutschland – und echte Lösungen

Die Lage war miserabel, dann wurde sie noch schlechter: Es gibt neue Zahlen zum Kitaplatzmangel. Das System stehe „kurz vor einem Kollaps“, warnt eine Expertin.

Frankfurter Allgemeine

KINDERBETREUUNG

Raus aus der Kita-Warteschlange

VON NADINE BÖS – AKTUALISIERT AM 18.06.2017 – 12:32



Zehn Jahre nach Rechtsanspruch So unfair sind die Kita-Plätze verteilt

zdfheute

von Gary Denk

10.03.2023 00:00 Uhr

Die Kita-Plätze in Deutschland sind nicht nur knapp, sondern auch unfair verteilt: Eine Studie des Bundesinstituts für Bevölkerungsforschung zeigt, wer es besonders schwer hat.

KITAMATCH: LÖSUNG

Open Source Software

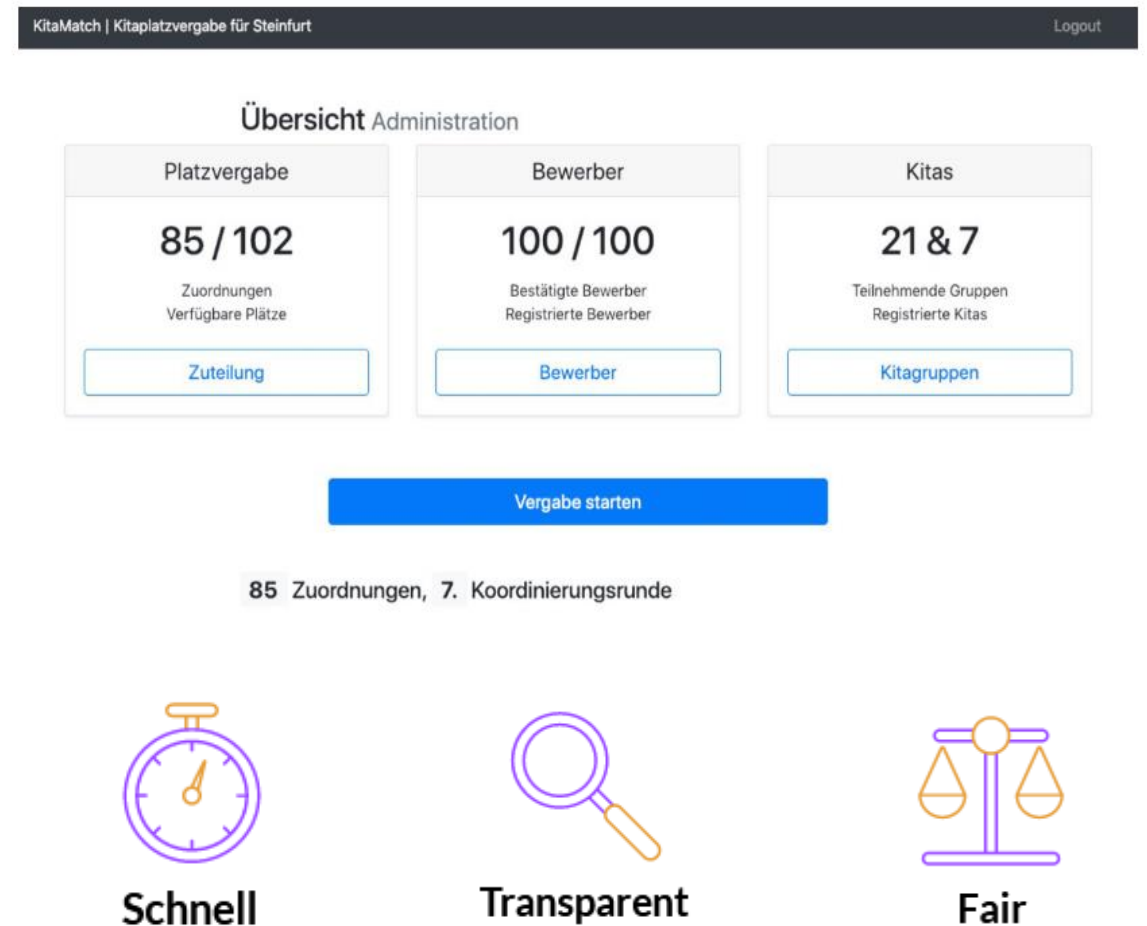
- Basierend auf Forschung – Matchingtheorie

Gelöste Probleme

- Schnell, transparent und fair
- Respektiert Präferenzen von Eltern und Kitas

Pilotprojekt

- Erfolgreich umgesetzt in 10 Städten
- 3 Bundesländern (BW, RLP, NRW)





KITAMATCH: THEORETISCHES MODELL

Ein **Kita-Problem** besteht aus:

- | | | |
|--|-----------------------|------------------------|
| ■ Bewerber | $b \in B$ | endliche Menge (Set) |
| ■ Kitas | $k \in K$ | endliche Menge |
| ■ Für jeden Bewerber ein Ranking über die Kitas | $(\succ_b)_{b \in B}$ | Binäre Relation über K |
| ■ Für jede Kita eine Priorität über die Bewerber | $(\pi_k)_{k \in K}$ | Binäre Relation über B |
| ■ Für jede Kita die Anzahl an verfügbaren Betreuungsplätzen | $(q_k)_{k \in K}$ | Kapazität |

KITAMATCH: THEORETISCHES MODELL

Eine **Zuteilung** spezifiziert für jeden Bewerber eine Kita, unter Berücksichtigung der Kapazitäten.

$\mu: B \rightarrow K \text{ s.t. } |\mu^{-1}(k)| \leq q_k$
 M

Zuteilung (Funktion)
Menge aller Zuteilungen

Ein **Mechanismus (Vergabeverfahren)** bestimmt für jeden Report von Bewerber Rankings eine Zuteilung.

$\varphi: R \rightarrow M$
 $\varphi(>) \in M$

Mechanismus (Funktion), R ist die Menge aller Bewerber Rankings
Zuteilung des Mechanismus für Rankings $> = (>_b)_{b \in B} \in R$

KITAMATCH: THEORETISCHES MODELL

Ein Mechanismus ist **stabil**, wenn (für jede Zuteilung) kein Bewerber einer höher gerankten Kita zugeteilt werden kann: Falls „Bewerber A“ eine Kita höher gerankt hat als die ihm zugeteilte Kita, dann ist diese Kita voll belegt und jeder dort zugeteilte Bewerber hat eine höhere Priorität als „Bewerber A“.

Ein mechanismus ist stabil, wenn für alle $> \in R$ und für alle $b \in B$, wenn $k \in K$ existiert s.t. $k >_b \varphi(>)(b)$ dann

- i) $|\varphi(>)^{-1}(b)| = q_k$ und*
- ii) für alle $b' \in \varphi(>)^{-1}(k)$ haben wir $b' \pi_k b$*

KITAMATCH: THEORETISCHES MODELL

Ein Mechanismus ist **strategie-sicher**, wenn sich kein Bewerber durch eine falsche Angabe seines Rankings besser stellen kann.

Ein Mechanismus ist strategiesicher, wenn für alle $>_{-b} \in R_{-b}$ und für alle $>_b, >'_b \in R_b$,

$$\varphi(>_b, >_{-b})(b) >_b \varphi(>'_b, >_{-b})(b)$$

KITAMATCH: THEORETISCHES MODELL

Folgendes Theorem bildet die **Grundlage für KitaMatch**:

Der **Bewerber-Proposing Deferred Acceptance-Mechanismus** ist **stabil** und **strategie-sicher** (Gale and Shapley, AMM 1962).

- Der Kita-Proposing Deferred Acceptance-Mechanismus ist stabil und für praktische Zwecke strategie-sicher (aber nicht strategie-sicher in der Theorie).
- In Absprache mit den Kommunen wurde ein Kita-Proposing Deferred Acceptance-Mechanismus in semi-dezentralisierter Form implementiert.

KITAMATCH: THEORETISCHE MODELL BEISPIEL

- Bewerber

$$B = \{Lea, Mia, Kay\}$$

- Kitas

$$K = \{Kita\ 1, \text{ Kita } 2, \text{ Kita } 3\}$$

- Ranking über die Kitas

$$>_{Lea}: Kita\ 1 - Kita\ 2 - \emptyset$$

$$>_{Mia}: Kita\ 2 - Kita\ 3 - Kita\ 1$$

$$>_{Kai}: Kita\ 1 - Kita\ 2 - Kita\ 3$$

- Priorität über die Bewerber

$$\pi_{Kita\ 1}: Lea - Kai - Mia$$

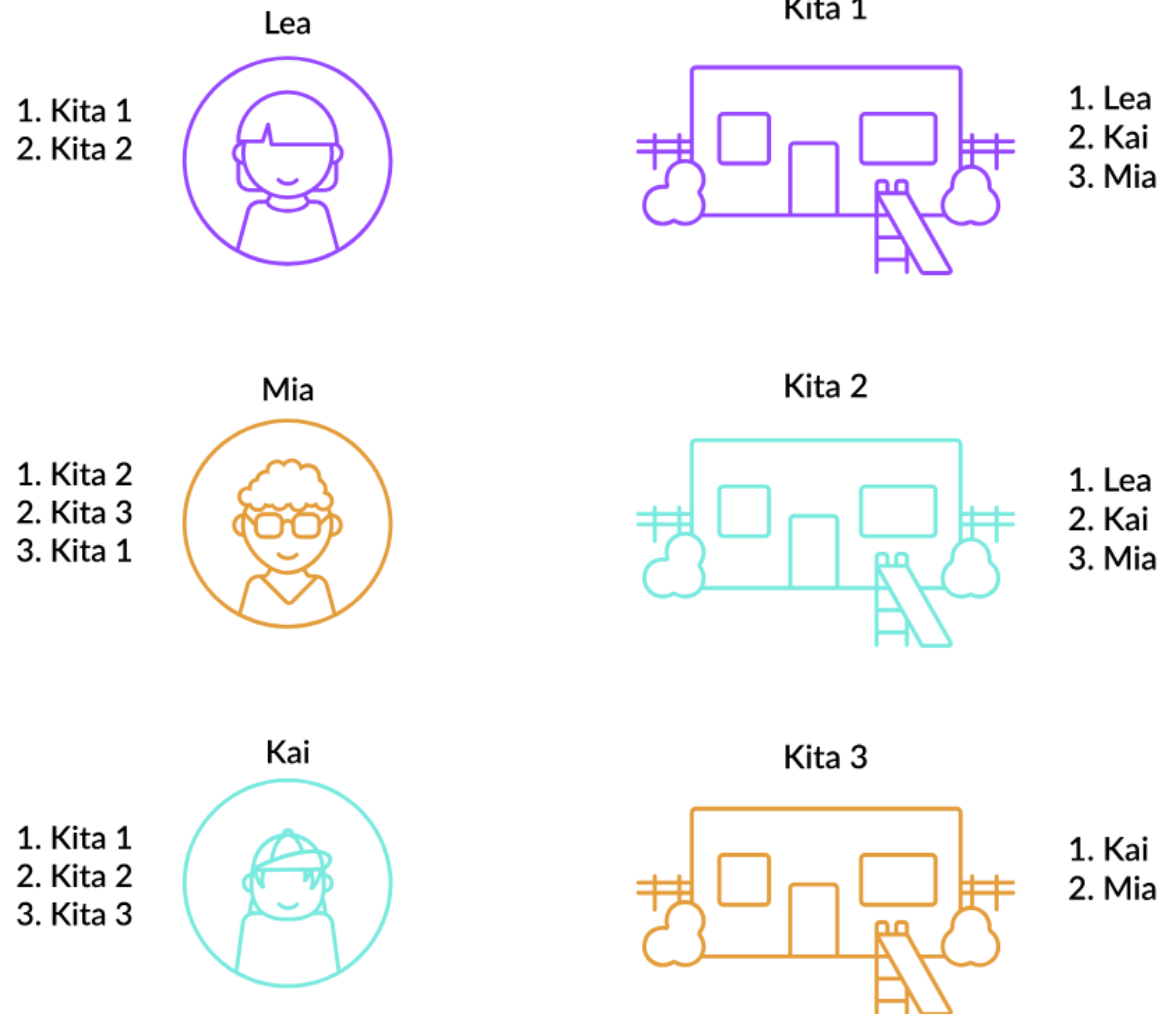
$$\pi_{Kita\ 2}: Lea - Kai - Mia$$

$$\pi_{Kita\ 3}: Kai - Mia - \emptyset$$

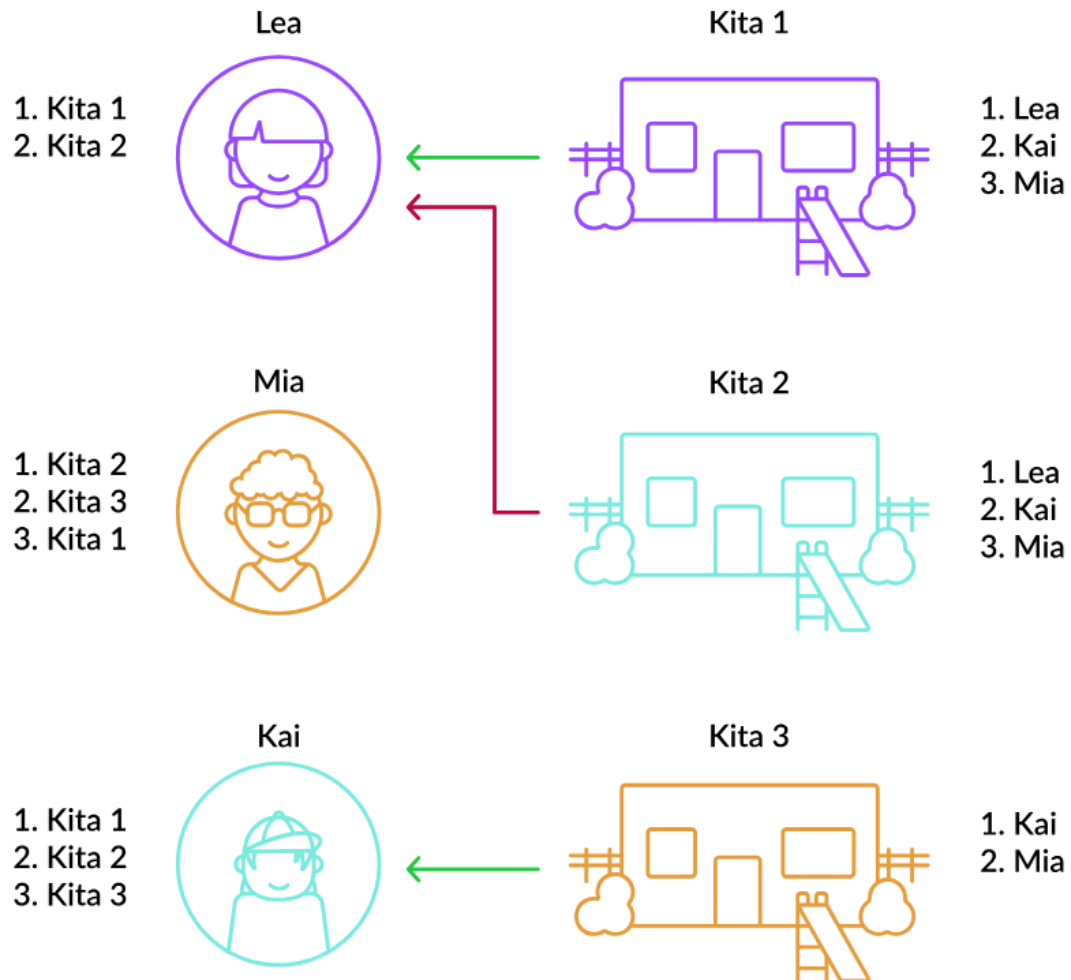
- Anzahl an verfügbaren Betreuungsplätzen

$$q_{Kita\ 1} = q_{Kita\ 2} = q_{Kita\ 3} = 1$$

KITAMATCH: THEORETISCHE MODELL BEISPIEL



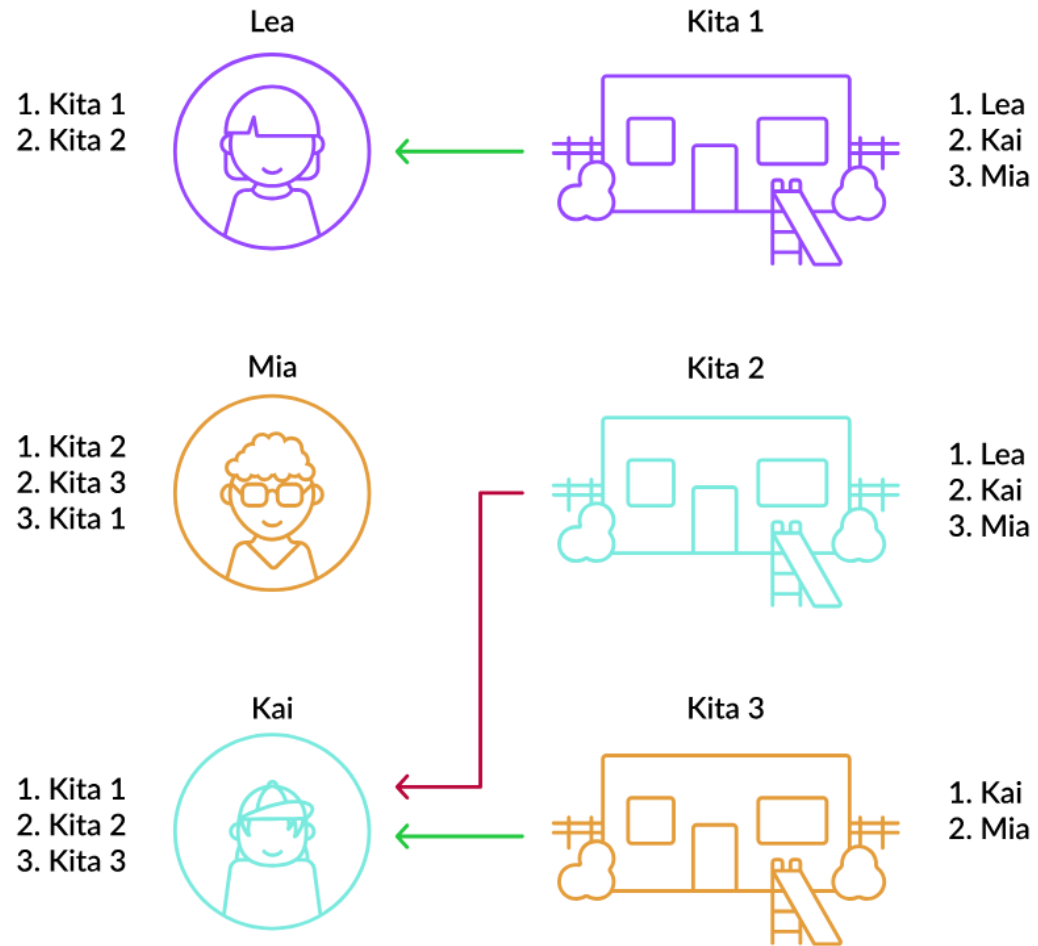
KITAMATCH: UNKOORDINIERTES VERGABE I



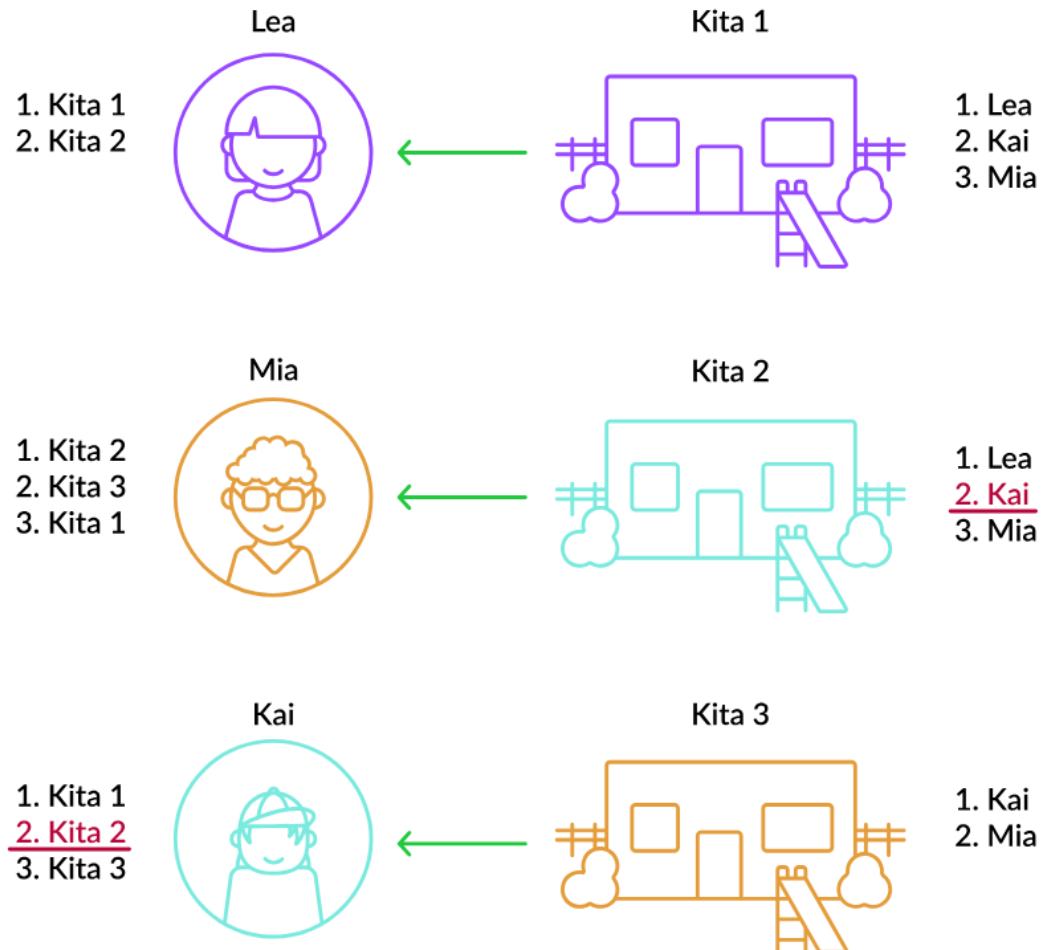
Unkoordinierte Vergabe:

- Kitas machen Angebote.
- Bewerber müssen Angebote innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums annehmen oder ablehnen.

KITAMATCH: UNKOORDINIERT E VERGABE I



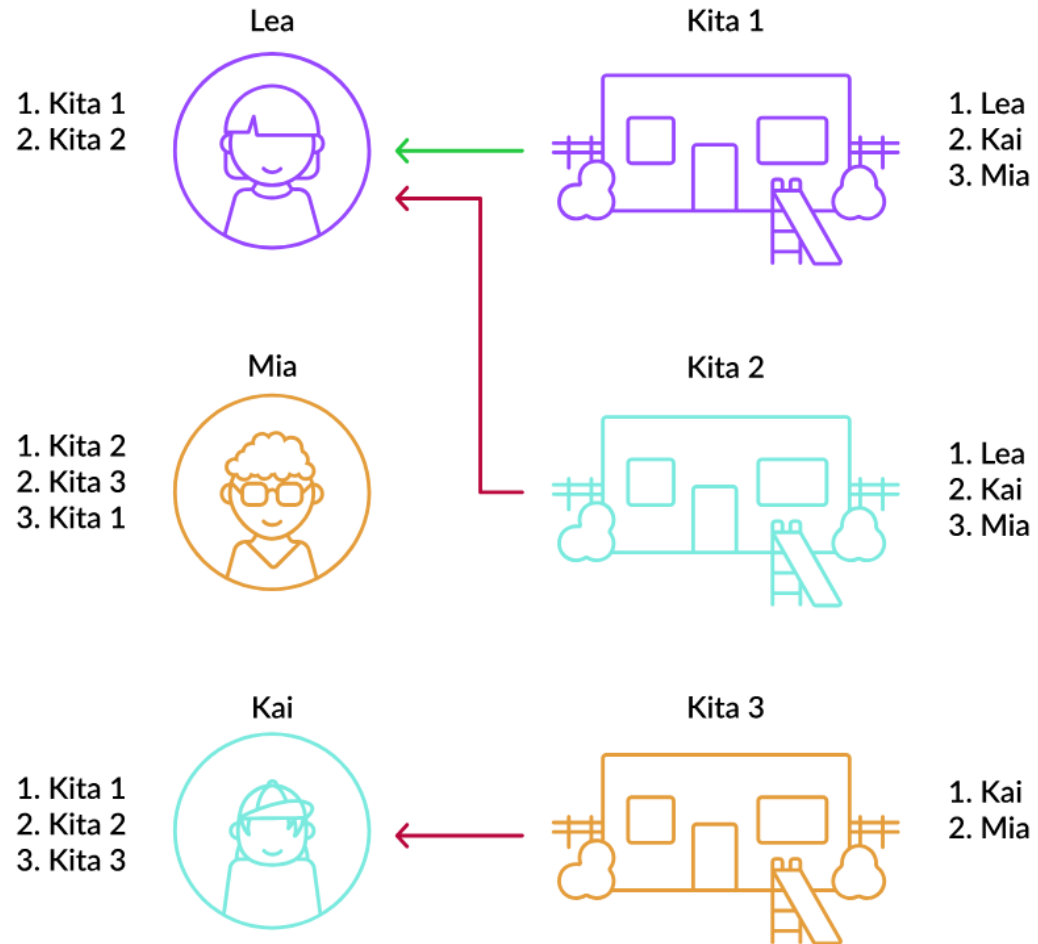
KITAMATCH: UNKOORDINIERT VERGABE I



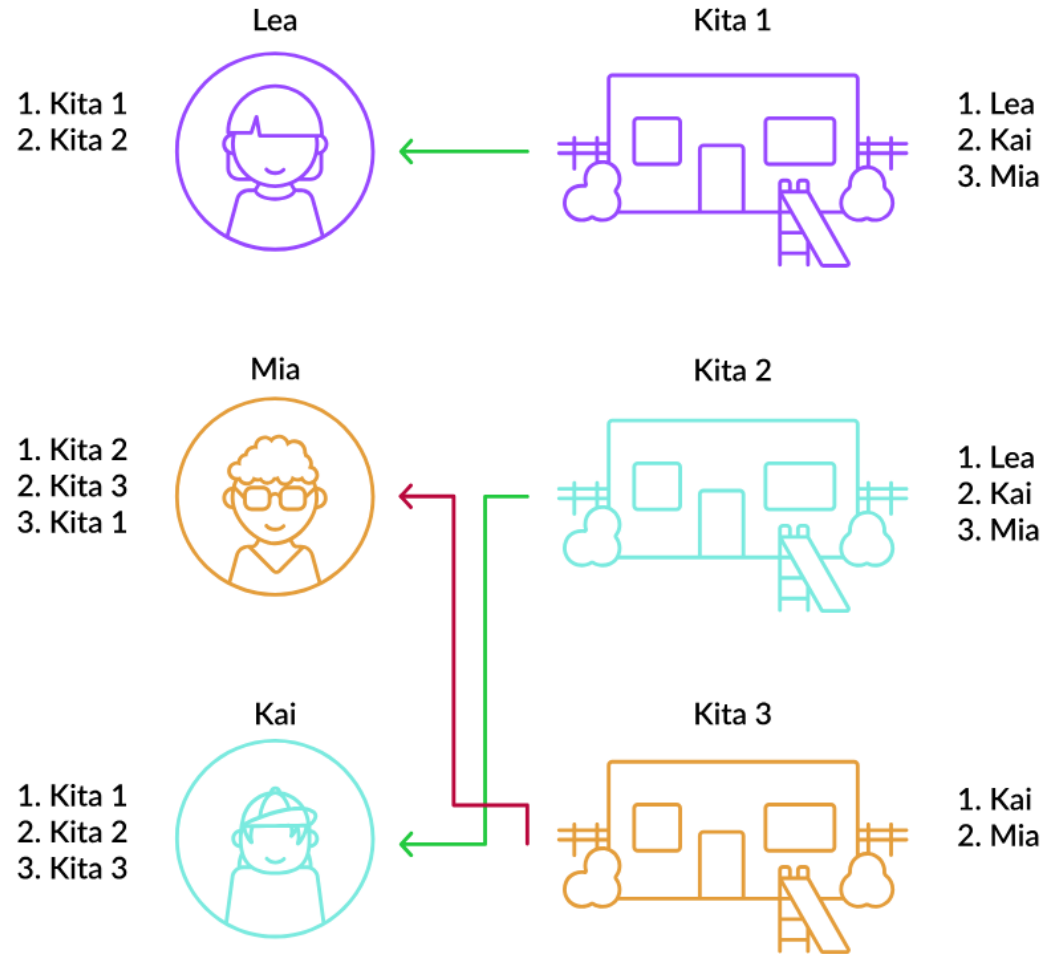
Nicht stabil: Kai würde lieber einen Platz bei Kita 2 haben und hat höhere Priorität als Mia.

Nicht strategie-sicher: Statt das Angebot von Kita 3 anzunehmen, wäre es für Kai in diesem Fall besser gewesen, es abzulehnen.

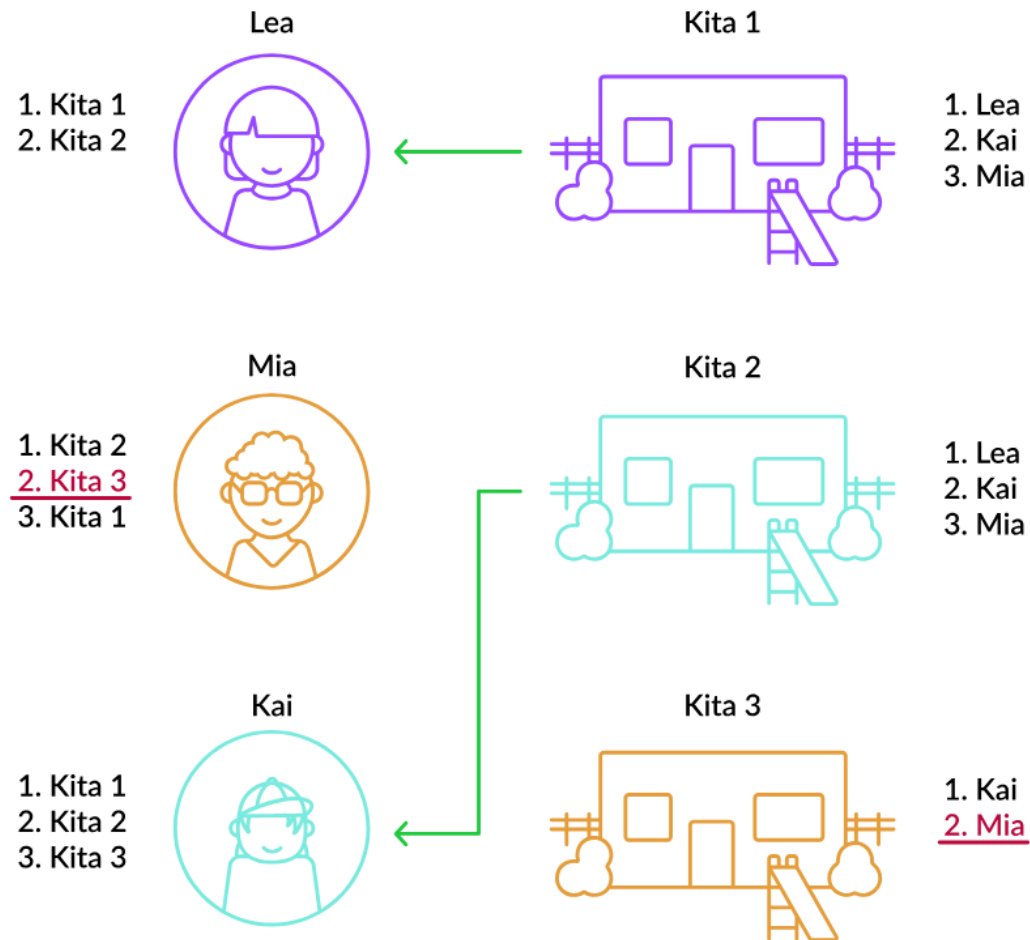
KITAMATCH: UNKOORDINIERTER VERGABE II



KITAMATCH: UNKOORDINIERT E VERGABE II



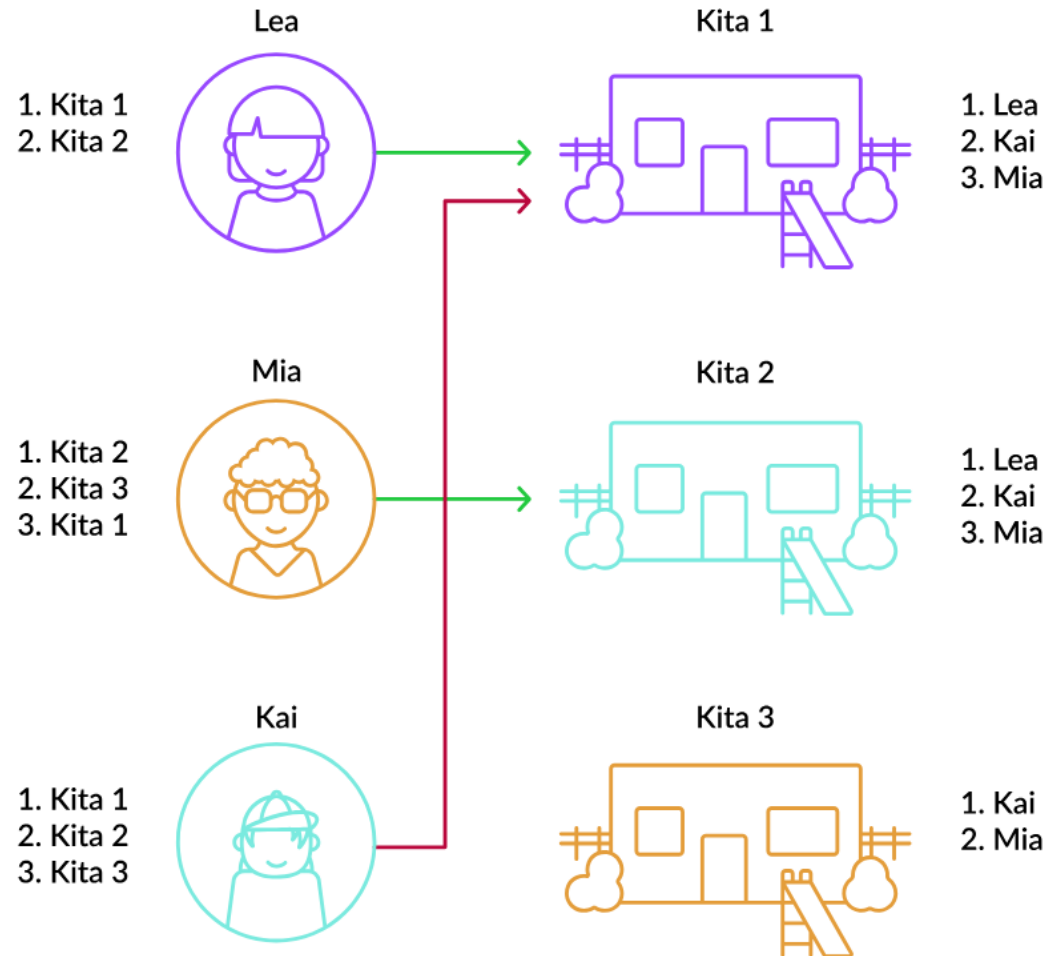
KITAMATCH: UNKOORDINIERT VERGABE II



Nicht stabil: Mia würde lieber einen Platz bei Kita 3 haben, und Kita 3 hat einen freien Betreuungsplatz.

Nicht strategie-sicher: Statt das Angebot von Kita 3 abzulehnen, um auf ein bevorzugtes Angebot zu spekulieren, wäre es für Mia in diesem Fall besser gewesen, das Angebot anzunehmen.

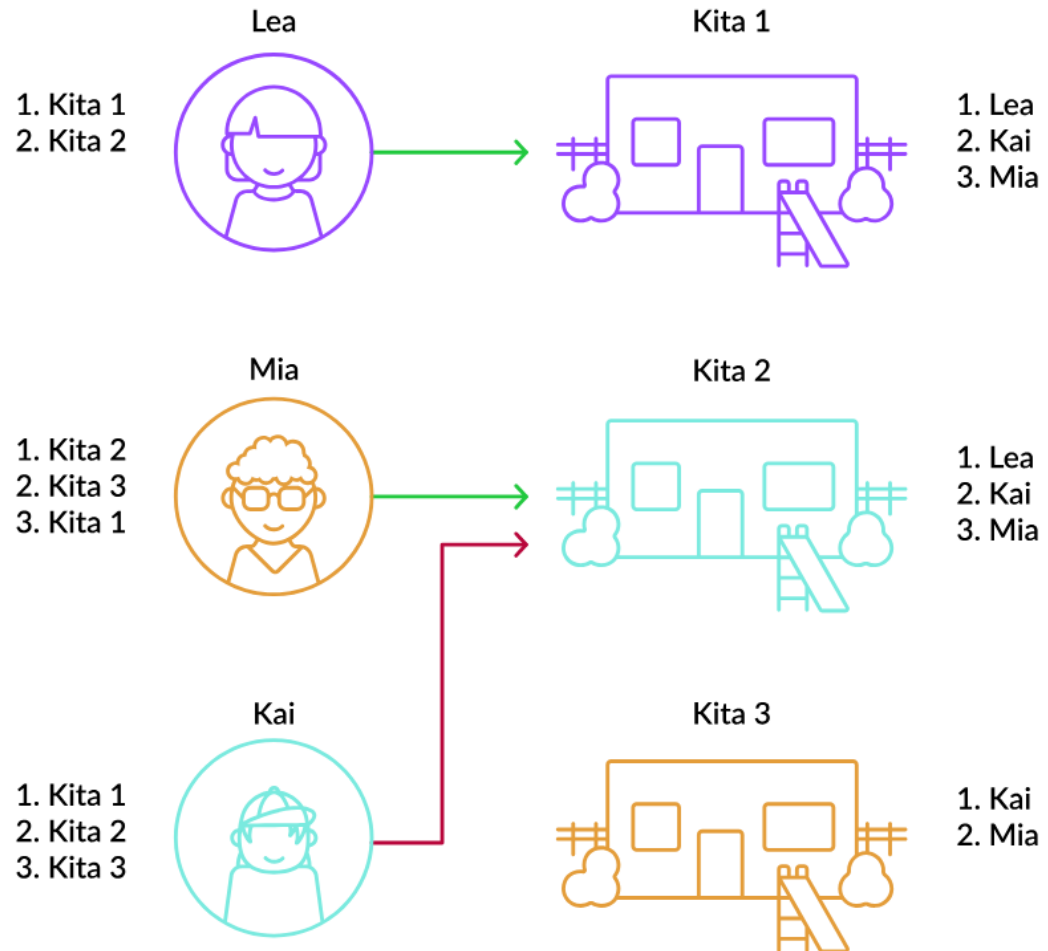
KITAMATCH: BOSTON



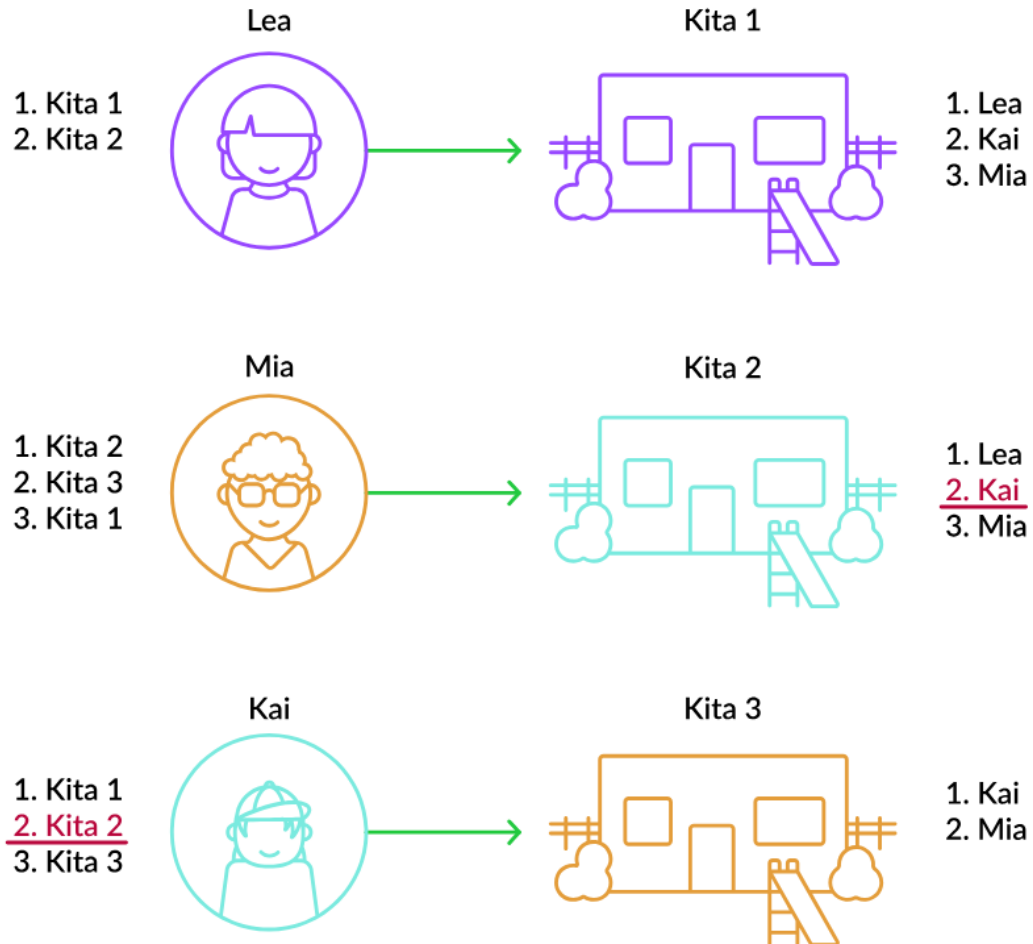
Boston Vergabe:

- Bewerber machen automatisierte Angebote.
- Kitas müssen in jeder Runde die besten Angebote annehmen.
- Auch als First-Preference-First bekannt.

KITAMATCH: BOSTON



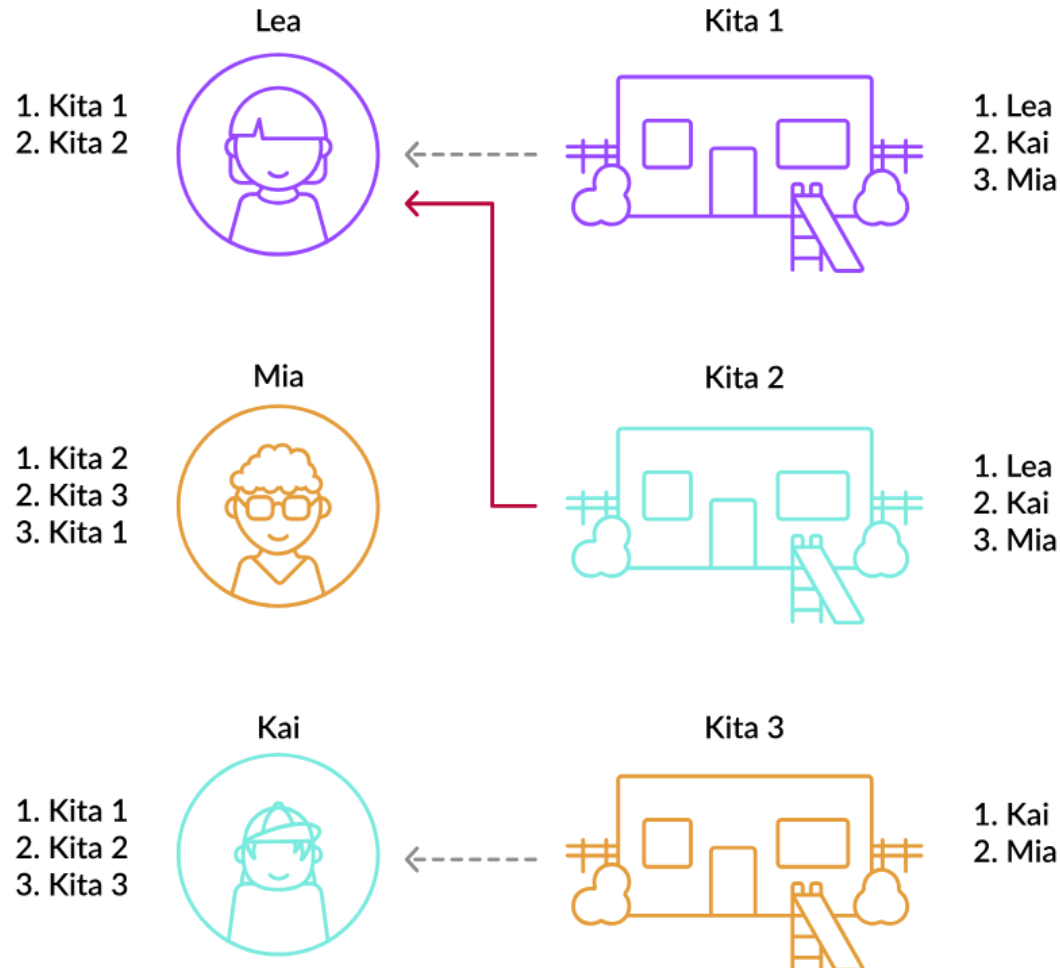
KITAMATCH: BOSTON



Nicht Stabil: Kai würde lieber einen Platz bei Kita 2 haben und hat eine höhere Priorität als Mia.

Nicht strategie-sicher: Anstatt zuerst bei Kita 1 ein Angebot zu machen, hätte Kai einen besseren Betreuungsplatz erhalten, wenn er sich direkt in Runde 1 bei Kita 2 beworben hätte.

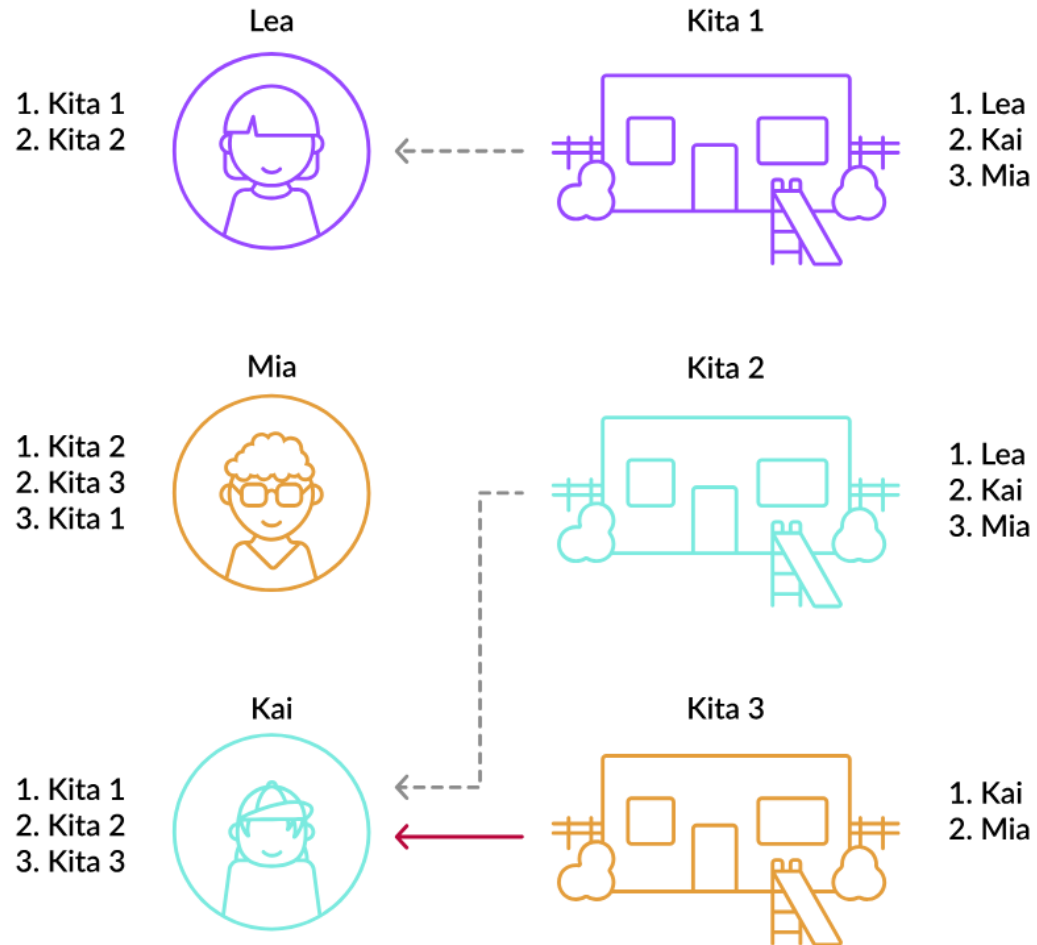
KITAMATCH: DA BEISPIEL



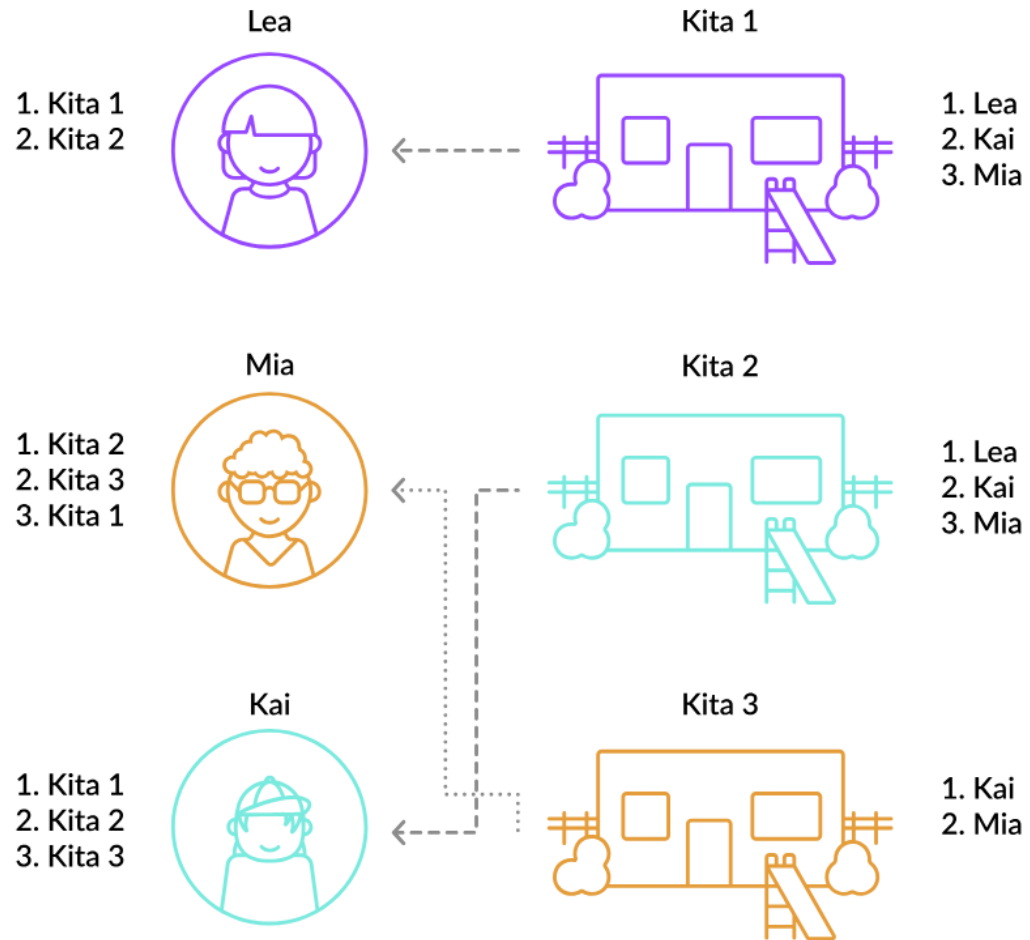
Kita Proposing DA:

- Kitas machen Angebote
- Bewerber halten das beste Angebot und lehnen schlechtere Angebote ab
- Das Verfahren endet, wenn alle Bewerber ein Angebot halten oder Kitas alle Angebote gemacht haben

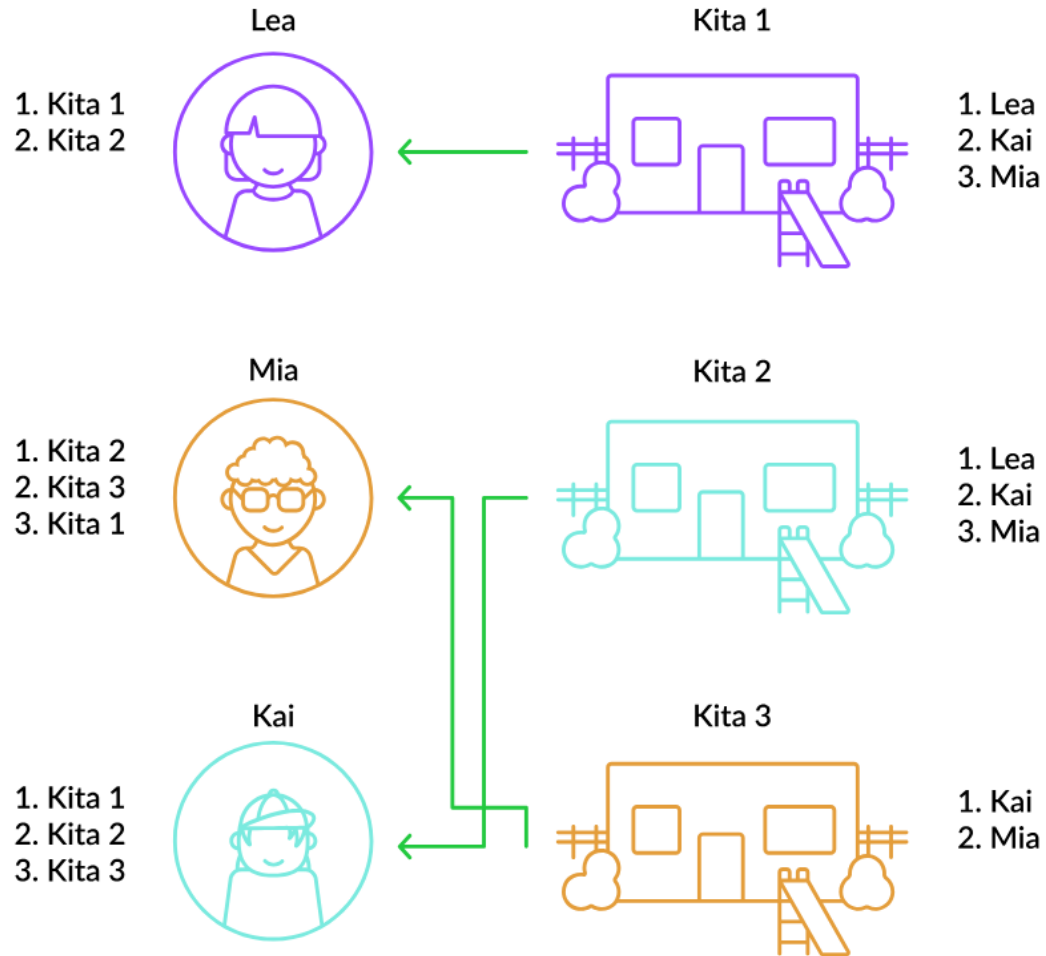
KITAMATCH: DA BEISPIEL



KITAMATCH: DA BEISPIEL



KITAMATCH: DA BEISPIEL



**Stabil und aus praktischer Sicht
strategie-sicher.**

KITAMATCH: FAZIT

Open Source Software

- Software basierend auf Deferred Acceptance-Mechanismus
- **Anpassungen:**
 - Kita Proposing
 - Semi dezentralisiert: Kitas machen Angebote direkt, Bewerber sind automatisiert

Gelöste Probleme

- Schnell, transparent und fair
- Respektiert die Wünsche von Eltern und Kitas

Pilotprojekt

- Erfolgreich umgesetzt in 10 Städten (BW, RLP, NRW)



www.kitamatch.com

SUBVENTIONEN: PROBLEM

Hohe Kosten

- Der deutsche Staat plant, 2024 mehr als 48 Milliarden Euro an Subventionen auszuschiütten.
- Der größte Anteil entfällt auf Bau und Sanierung mit fast 22 Milliarden Euro.

Problem

- Ineffiziente Vergabe: das **Gießkannenprinzip**

TAGESSPIEGEL

Pauschale Entlastungen bei Energiekosten

*Das Gießkannenprinzip ist ungerecht
und gefällt nur der Verwaltung*

300 Euro Gehaltszuschuss und reduzierte Spritpreise helfen auch Millionären. Das ignoriert ein breites gesellschaftliches Gerechtigkeitsempfinden. Eine Kolumne.

*Teure Giesskanne: Warum das Energie-
Entlastungspaket der deutschen «Ampel»
ordnungspolitischer Pfuschi ist*

NZZ

Der Kompromiss der drei deutschen Koalitionsparteien zur Entlastung von Bürgern und Unternehmen von den hohen Energiekosten ist kein Glanzstück. Er kostet künftige Steuerzahler viel Geld, ist wenig zielgerichtet und setzt falsche Anreize.

SUBVENTIONEN: LÖSUNGSANSATZ

Theoretischer Lösungsansatz

- Basierend auf Forschung – Auktionstheorie

Gelöstes Problem

- Zielgerichtete Subventionen

Anfangsphase

- In Kontakt mit mehreren Städten
- Zugang zu Daten der Subventionsprogramme



SUBVENTIONEN: INTUITION

Zwei Arten von Individuen

- **Infra-marginale Individuen:** Tätigen Investitionen auch ohne Subvention
- **Marginale Individuen:** Tätigen Investitionen nur mit Subvention

Problem und Ziel

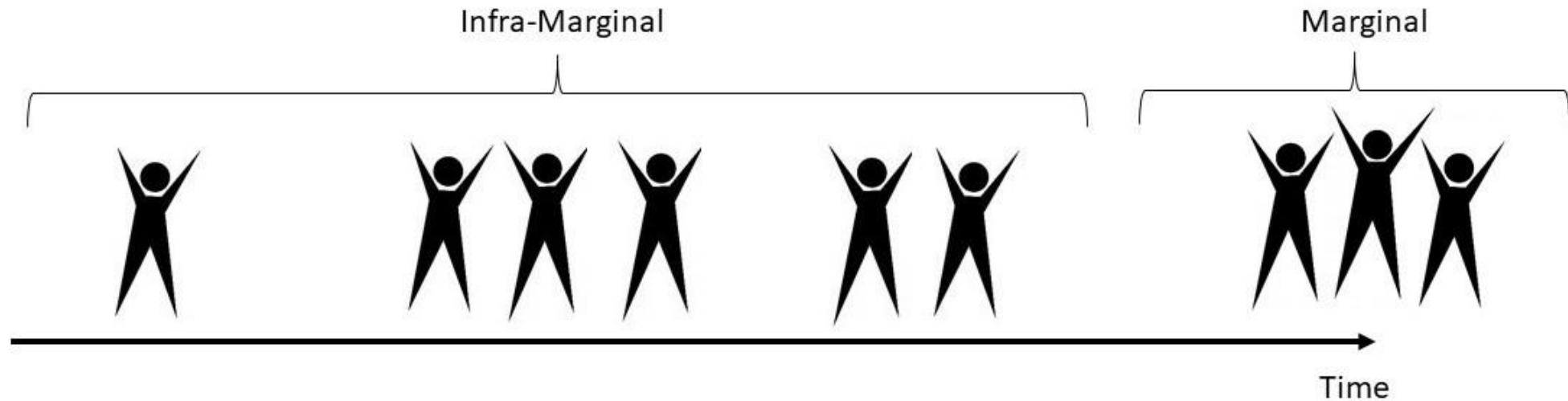
- **Problem:** Subventionierung infra-marginaler Individuen ist unerwünscht
- **Ziel:** Subventionierung marginaler Individuen = Maximierung der getätigten Investitionen



SUBVENTIONEN: INTUITION

Lösung: Nutzung von **Wartezeit** zur Unterscheidung zwischen marginalen und infra-marginalen Individuen:

- **Infra-marginale Individuen:** Ungeduldig
- **Marginale Individuen:** Geduldig





SUBVENTIONEN: THEORETISCHES MODELL

Ein **Markt** besteht aus:

- **Individuen**
- **Produkten**
- **Preis** für jedes Produkt
- Für jedes Individuum eine **Wertung für jedes Produkt**
 - Von einer Verteilung F mit Support $[0, \infty)$

 $i \in I$

endliche Menge

 $j \in J$

endliche Menge

 $(p_j)_{j \in J}$

Vektor

 $(v_{ij})_{i \in I, j \in J}$

Matrix



SUBVENTIONEN: THEORETISCHES MODELL

Ohne Subventionen kann jedes Individuum im Markt einkaufen:

- **Aktion kaufen** $a = (j, t)$: Produkt $j \in J$ zum Zeitpunkt $t \in T$ mit quasi-linearem Nutzen und Diskontfaktor $\delta \in (0,1)$

$$u(a, v_i) = \delta^{t_a}(v_{ij_a} - p_{j_a})$$

- **Aktion nicht-kaufen** a_0 mit Nutzen

$$u(a_0, v_i) = 0$$

SUBVENTIONEN: THEORETISCHES MODELL

Kategorisierung von Individuen im Markt basierend auf der optimalen Kaufentscheidung:

$$a_i^* \equiv \operatorname{argmax}_{a \in A} u(a, v_i)$$

- **Infra-marginale Individuen** kaufen ein Produkt

$$I^{Inf} = \{i \in I: a_i^* \in A \setminus \{a_0\}\}$$

- **Marginale Individuen** kaufen kein Produkt

$$I^{Mar} = \{i \in I: a_i^* = a_0\}$$

SUBVENTIONEN: THEORETISCHES MODELL

Subventionsverträge spezifizieren einen Subventionsbetrag s , ein Produkt j das gekauft werden soll, und einen Zeitpunkt t zu dem der Kauf getätigt werden soll:

$$x = (s, j, t) \in X$$

- Dies resultiert in einem entsprechenden **Nutzen**:

$$u(x, v_i) = \delta^{x_a} (v_{ix_a} - p_{x_a} + s_x)$$

- Subventionen, die ausbezahlt werden können, sind durch ein **Budget** beschränkt:

$$B \in \mathbb{R}_+$$

SUBVENTIONEN: THEORETISCHES MODELL

Eine **Zuteilung** spezifiziert für jedes Individuum einen Subventionsvertrag oder nichts, unter Berücksichtigung des Budgets.

$$o = (o_i)_{i \in I} \quad s. t. \sum_{x \in X_o} s_x \leq B$$

O Zuteilung
Menge aller Zuteilungen

Ein **Mechanismus (Vergabeverfahren)** gibt für jeden Report von Wertungen eine Zuteilung.

$$\varphi: V \rightarrow O$$

$$\varphi(v) \in O$$

Mechanismus (Funktion),
Zuteilung des Mechanismus für Wertungen $v = (v_i)_{i \in I}$

SUBVENTIONEN: THEORETISCHES MODELL

Ein Mechanismus verteilt **individuell rationale Subventionen**, wenn jedes Individuum, dem ein Vertrag x zugewiesen wurde, es vorzieht, den Vertrag x auszuführen, anstatt seine Outside Option a_i^* auszuführen.

Ein Mechanismus verteilt IR Subventionen, wenn für alle $v \in V$ und für alle $i \in I$ mit $\psi(v)_i \in X$,

$$u(\psi(v)_i, v_i) \geq u(a_i^*, v_i)$$

SUBVENTIONEN: THEORETISCHES MODELL

Ein Mechanismus ist **anreizkompatibel**, wenn sich kein Individuum durch eine falsche Angabe seiner Produktebewertung v_i besserstellen kann.

Ein Mechanismus ist anreizkompatibel, wenn für alle $v_{-i} \in V_{-i}$ und für alle $v_i, v'_i \in V_i$,

$$u(\varphi(v_i, v_{-i})_i, v_i) \geq u(\varphi(v'_i, v_{-i})_i, v_i)$$

SUBVENTIONEN: THEORETISCHES MODELL

Ein Mechanismus ist **lokal marginal maximal** wenn, immer dann, wenn einem Infra-marginalen Individuum ein Vertrag x zugewiesen wird, es kein marginales Individuum ohne Vertrag gibt, das den Vertrag x ausführen würde.

Ein Mechanismus ist lokal marginal maximal, wenn für alle $v \in V$, existiert kein Individuum $i \in I^{Mar} \setminus I_{\varphi(v)}^{Mar}$ und $i' \in I^{Inf}$ sodass,

$$u(\varphi(v)_{i'}, v_i) \geq u(a_i^*, v_i)$$

SUBVENTIONEN: THEORETISCHES MODELL

Folgendes Theorem bildet die **Grundlage für unseren Verbesserungsvorschlag**:

Der **Wartezeit-Auktion Mechanismus** verteilt **individuell rationale Subventionen**, ist **anreizkompatibel** und **lokal marginal maximal** (Caspari, 2024).

SUBVENTIONEN: THEORETISCHE MODELL BEISPIEL

- Individuen und Wertungen

$$I = \{i_1, \dots, i_6\}; v = \{48, 17, 13, 9, 8, 6\}$$

- Produkt und Preis

$$J = \{j\}; p_j = 10$$

- Subvention und Budget

$$s = 6; B = 18$$

- Diskontfaktor

$$\delta = 0.9$$

SUBVENTIONEN: BEISPIEL TRANSFORMIERT

- **Infra-marginale Individuen und Bereitschaft zu warten:**

$$I^{\text{Inf}} = \{i_1, i_2, i_3\};$$

$$t^* = (2, 6, 10)$$

- Beispiel Berechnung i_3 mit $v_{i_3,j} = 13$:

Kauf mit Subvention = Kauf ohne Subvention

$$\delta^t(13 - 10 + 6) = 13 - 10$$

$$0.9^t = \frac{1}{3}$$

$$t \approx 10$$

- **Marginale Individuen und Bereitschaft zu warten**

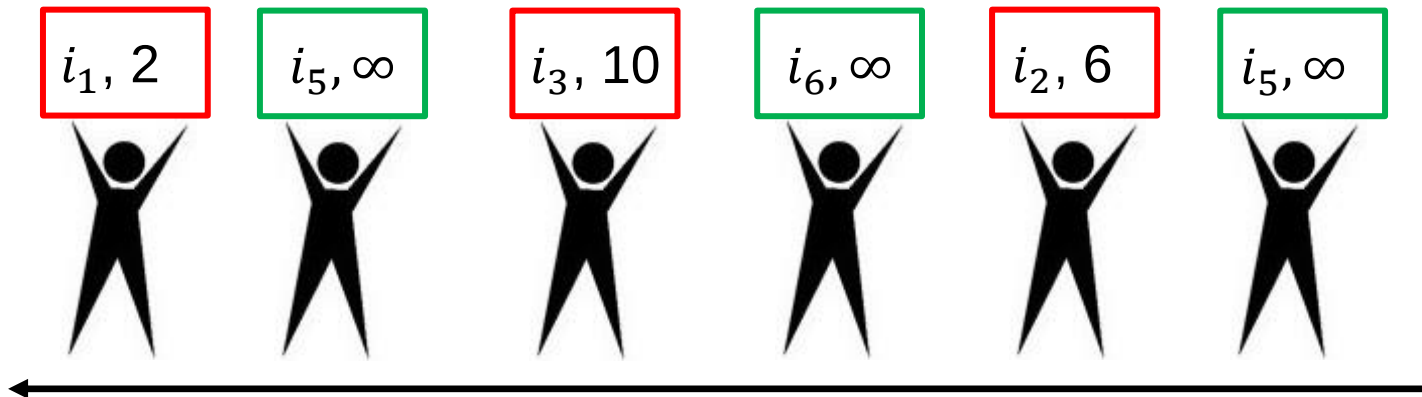
$$I^{\text{Mar}} = \{i_4, i_5, i_6\}$$

$$t^* = (\infty, \infty, \infty)$$

SUBVENTIONEN: BEISPIEL WINDHUNDVERFAHREN

Status Quo Vergabe:

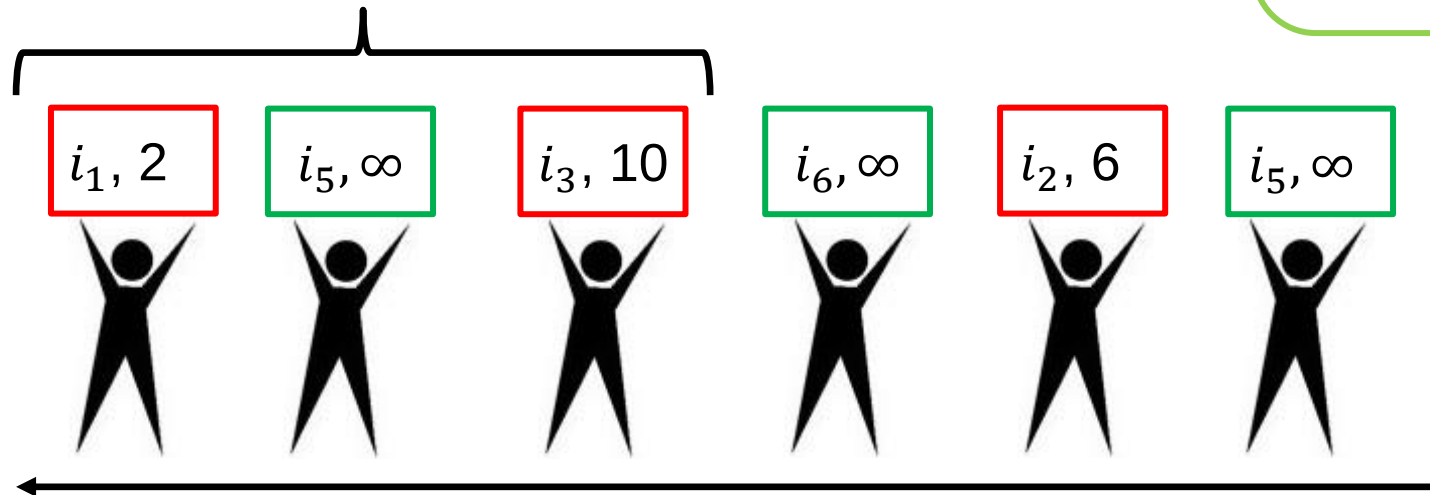
- Windhundverfahren (First-come-first-serve)
- Beispiel $i_1, i_5, i_3, i_2, i_6, i_5$



SUBVENTIONEN: BEISPIEL WINDHUNDVERFAHREN

Zuteilung:

Subvention von 6 zum Zeitpunkt 0



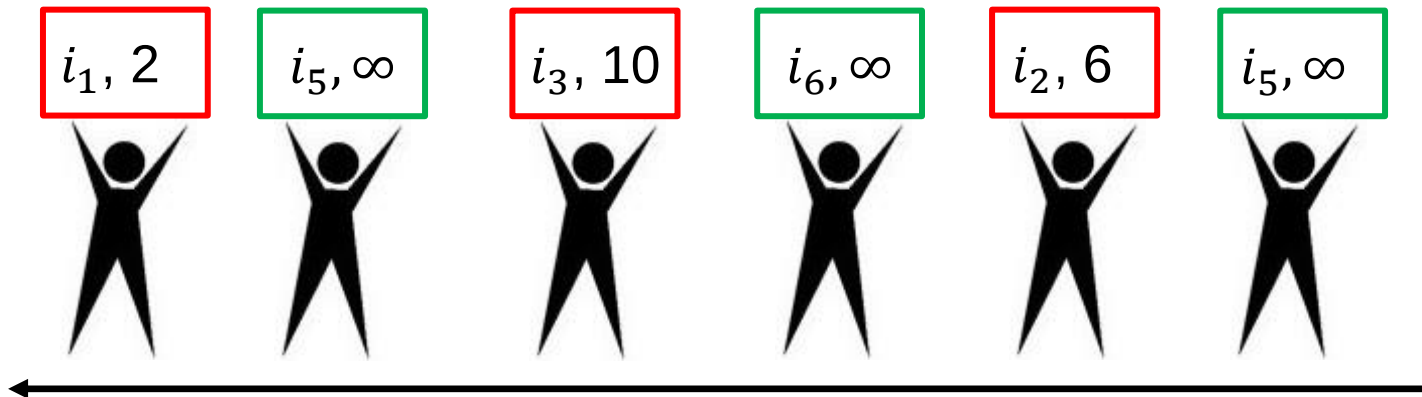
Status Quo Vergabe:

- IR Subventionen und anreizkompatibel
- **Nicht lokal marginal maximal**

SUBVENTIONEN: BEISPIEL WARTEZEIT AUKTION

Wartezeit Auktion:

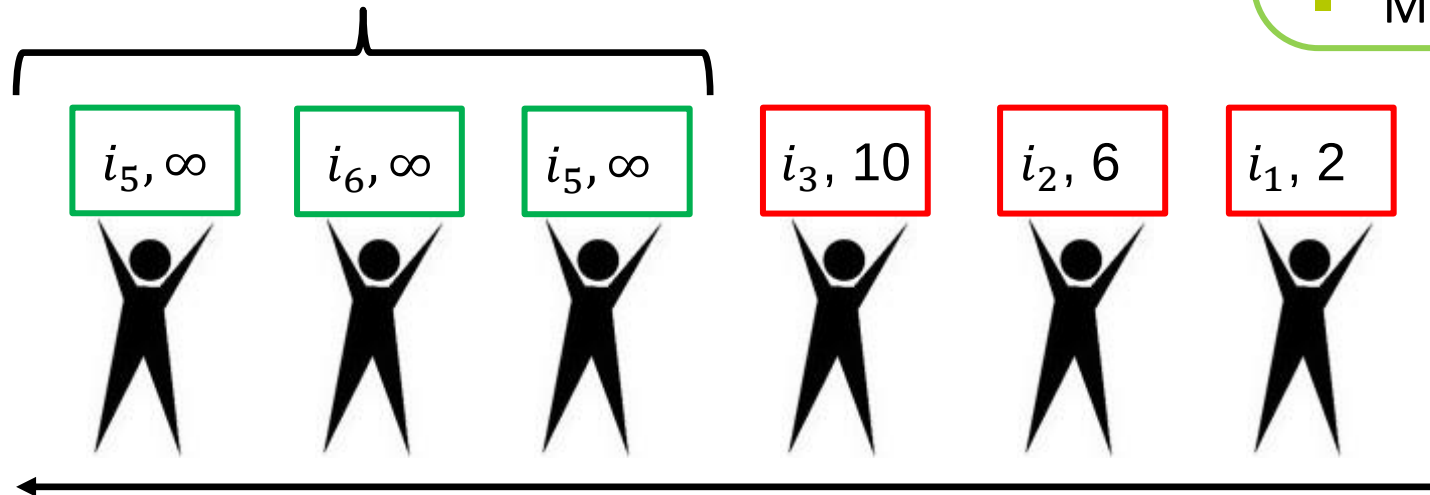
- Höchstbietende erhalten Subventionen
- Wartezeit entspricht dem höchsten erfolglosen Gebots
- Gleiche Gebote nach Windhund - Beispiel: $i_1, i_5, i_3, i_2, i_6, i_5$



SUBVENTIONEN: BEISPIEL WARTEZEIT AUKTION

Zuteilung:

Subvention von 6 zum Zeitpunkt 10



Gebote: $\infty, \infty, \infty, 10, 6, 2$

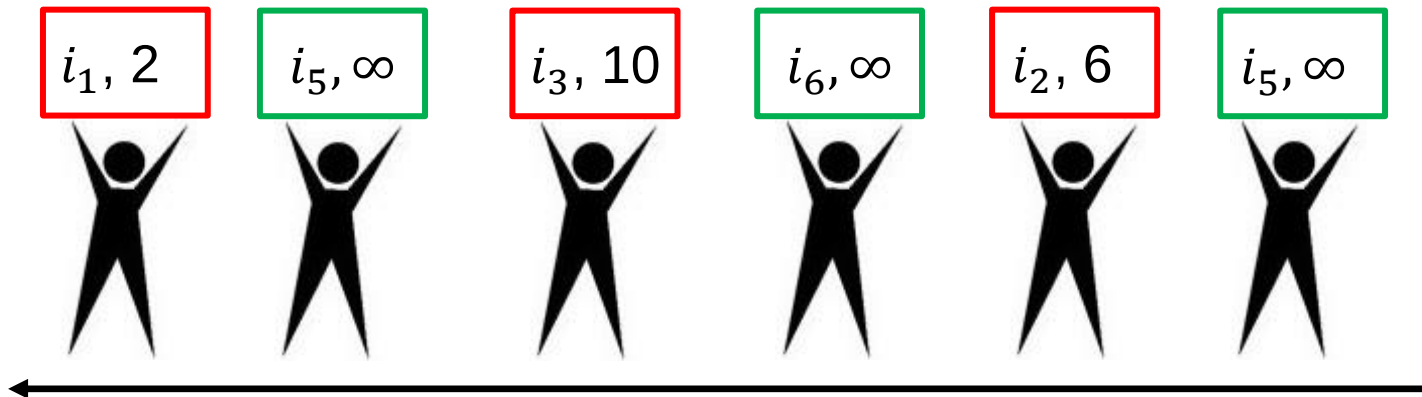
Wartezeit Auktion Vergabe:

- IR Subventionen, anreizkompatibel, **lokal marginal maximal**
- Aber höhere Wartezeiten
- Mehr Budget senkt Wartezeiten

SUBVENTIONEN: BEISPIEL HYBRID

Wartezeit Auktion max. Gebot:

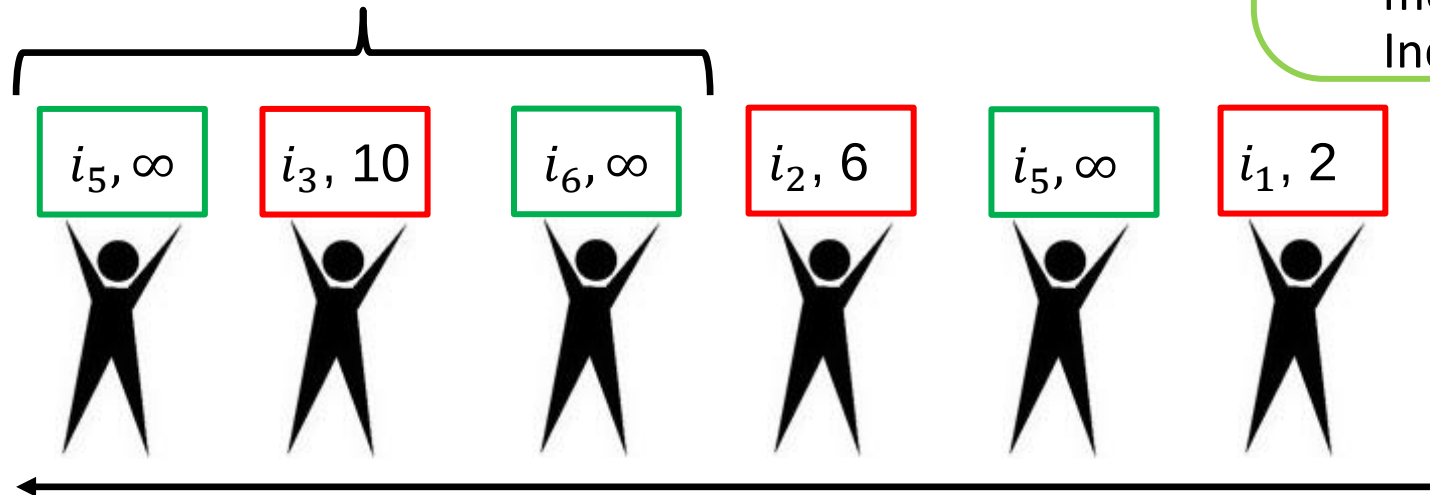
- Wartezeit Auktion, aber Individuen können nicht höher als das gegebenen max. Gebot bieten:
- Z.B. max. Gebot 5



SUBVENTIONEN: BEISPIEL HYBRID

Zuteilung:

Subvention von 6 zum Zeitpunkt 5



Gebote: 5, 5, 5, 5, 5, 2

Wartezeit Auktion max. Gebot Vergabe:

- Hybrid zwischen Status quo und Wartezeit Auktion
- Höheres maximales Gebot schwach mehr (weakly more) marginale Individuen

SUBVENTION: FAZIT

Theoretischer Lösungsansatz

- Wartezeit Auktion mit max. Gebot

Gelöste Probleme

- Zielgerichtete Subventionen
- Anpassbar an den verfügbaren Zeithorizont
- Zusätzlich: Wartezeit Auktionen mit Anmeldekosten haben keine Wartezeit im Gleichgewicht.

Anfangsphase

- In Kontakt mit mehreren Städten

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

- Who gets what and why (Alvin Roth)
- Matching, Allocation, and Exchange of Discrete Resources (Utku Ünver, Tayfun Sönmez)
- Auctions: Theory and Practice (Paul Klemperer)
- ...

