

- Was soll mit dieser Arbeit erreicht werden?
- Forschungsfragen:
  - Wie können die Distanzen der Anlagen zueinander in der Simulation der Koalitionsbildung in der Value Function abgebildet werden?
  - Wie kann die entwickelte Value Function im Rahmen einer Simulation einer Koalitionsbildung in der Energiedomäne genutzt werden?
- Beschreibung der realen Situation
  - Wo stehen WKAs?
  - Wie weit stehen WKAs voneinander entfernt?
  - Wie stehen WKAs in Verbindung?
  - Wie sehen reale Erzeugungsprofile von WKA aus?
- Wie baue ich die Simulation auf?
  - Kartesisches Koordinatensystem
  - WKAs sind zufällig im Koordinatensystem verteilt (Anzahl, Verteilungsgrad, ...)
  - Die Entfernungen zwischen allen WKAs werden mit dem Satz des Pythagoras berechnet
  - WKAs bekommen ein zufälliges, doch realistisches Erzeugungsprofil berechnet

## 2. Konzeptionierung

Diese Arbeit widmet sich zwei Forschungsfragen:

- Wie können die Distanzen der Anlagen zueinander in der Simulation der Koalitionsbildung in der Value Function abgebildet werden?
- Wie kann die entwickelte Value Function im Rahmen einer Simulation einer Koalitionsbildung in der Energiedomäne genutzt werden?

### 2.1 Konzept der Simulation

*Eine Simulation ist ein Abbild der realen Welt. Sie soll wie die Realität erscheinen, aber sie ist nicht real. Es gibt viele Gründe, etwas zu simulieren. Vielleicht soll etwas getestet werden, was in der Realität zu teuer oder gar zu gefährlich sein würde. Oder es sollen die richtigen Bedingungen geschaffen werden, um etwas eine Situation zu untersuchen, welche in der Realität nur selten auftritt.*

*Eine geeignete Simulation sollte möglichst viele Facetten der realen Welt abbilden. Je näher sich die Simulation an der Realität befindet, desto mehr verhalten sich Akteure wie in der Realität. Doch ist es in der Regel nicht immer sinnvoll, eine Simulation vollständig realitätsnah zu gestalten. Der Aufwand oder die Kosten, um dies zu erreichen, mögen zu groß sein. Oder es gibt ganz spezielle Aspekte, die es zu untersuchen gilt, sodass alles, was nicht wichtig ist, weggelassen wird, da es vom Wesentlichen ablenkt. []*

#### 2.1.1 Simulation der Windenergieanlagen in einem Koordinatensystem

Um die Simulation zu entwickeln, müssen mehrere Faktoren in die Simulation einbezogen werden. Die größte Relevanz hat die Distanz der Windenergieanlagen zueinander. Um die Distanz zu simulieren, soll ein kartesisches Koordinatensystem angewandt werden. Über das Koordinatensystem sollen nun die Anlagen zufällig verteilt werden. Dabei soll unter anderem auch betrachtet werden, dass die Windenergieanlagen ein gewissen Mindestabstand zueinander haben, doch sollen sie Cluster bilden, um Windparks imitieren. Statt die euklidischen Abstände zu berechnen, kann auch Manhattan-Metrik verwendet werden. Die Manhattan-Metrik berechnet sich aus der Summe der horizontalen und der vertikalen Entfernung zu zwei Objekten, wie in Abbildung [] zu sehen ist. Das würde die Berechnungen der Abstände signifikant vereinfachen, ohne die Ergebnisse der Simulation erheblich zu beeinträchtigen.

Durch die Angaben verschiedener Parameter, können mehrere Testreihen durchgeführt werden. Wichtige Parameter können die Verteilung der Anlagen im Koordinatensystem und somit auch das Verhalten der Agenten in der Simulation beeinflussen:

- *xLength, yLength*: Längen beider Achsen des Koordinatensystems in Kilometer.
- *amountWindTurbines*: Anzahl aller Windenergieanlagen, die im Koordinatensystem verteilt werden sollen.
- *amountCluster*: Anzahl der Cluster im Koordinatensystem.
- *minRadiusCluster, maxRadiusCluster*: Die minimale und maximal mögliche Entfernung der Cluster in Kilometer. Ein Cluster muss mindestens so viele Kilometer vom Rand des Koordinatensystems entfernt sein, sodass alle Windenergieanlagen sich im Koordinatensystem befinden.
- *minSizeCluster, maxSizeCluster*: Minimale und maximale Anzahl von Windenergieanlagen in einem Cluster. Cluster sollen sich nicht überlappen.
- *minDistanceWindTurbines*: Mindestabstand der Windenergieanlagen zueinander in Kilometer. Hier wird die Manhattan-Metrik verwendet.
- *minDistanceClusters*: Mindestabstand der Cluster zueinander in Kilometer. Hier wird die Manhattan-Metrik verwendet.

Die Parameter müssen Regeln unterliegen, damit keine Fehler entstehen können. Die Parameter sollen der Reihe nach auf diese Regeln geprüft werden:

- $\text{amountWindTurbines} \geq 2$
- $\text{amountCluster} \leq \text{amountWindTurbines}$
- $\text{minSizeCluster} > 0$
- $\text{maxSizeCluster} \leq \text{amountWindTurbines}$
- $\text{minSizeCluster} \leq \text{amountWindTurbines} / \text{amountCluster}$
- $\text{maxSizeCluster} \geq \text{amountWindTurbines} / \text{amountCluster}$

Mithilfe der Parameter sollen nun die Windenergieanlagen zufällig in dem Koordinatensystem verteilt werden. Die Verteilung der Anlagen unterliegt noch weiteren Regeln:

- Cluster dürfen sich nicht überlappen.
- Die Zufälligkeit sollte bestenfalls über einen Seed generiert werden können. Sodass derselbe Simulationsaufbau beliebig oft generiert werden kann.

Jede Windenergieanlage soll in der Simulation von genau einem Agenten gesteuert werden.

### 2.1.2 Generierung der Erzeugungsprofile der Windenergieanlagen

Nachdem alle Windenergieanlagen im kartesischen Koordinatensystem verteilt worden sind, werden sie mit Erzeugungsprofilen versehen. Diese sollen zufällig generiert werden, aber einem realen Erzeugungsprofil entsprechen. So sollen Erzeugungsprofile für einen ganzen Tag generiert werden, bei denen sich stündlich die erwartete Leistung ändern soll. Windenergieanlagen, die in sich in einem Cluster befinden, werden homogene Erzeugungsprofile besitzen, da die Anlagen nah genug beieinanderstehen, dass die Anlagen von ähnlichen Wetterverhältnissen betroffen sind. Windenergieanlagen in verschiedenen Clustern sollen heterogene Erzeugungsprofile bekommen, da die Abstände groß genug sind, dass die Windleistung erheblich unterschiedlich sein kann.

## 2.2 Bestimmung der Value Functions

Die Agenten in diesem Multi-Agenten-System sollen Koalitionen eingehen. Es drei Bedingungen nach denen die Agenten koalieren sollen:

1. Die Distanz der Windenergieanlagen, die eine Koalition eingehen, soll möglichst hoch sein.
2. Windenergieanlagen sollen mit anderen Anlagen koalieren, die eine hohe Leistung vorausgesagt bekommen haben.
3. Koalitionen sollen sich dynamisch verändern und nicht gleichbleiben.

Die Bedingungen 1 und 2 scheinen auf dem ersten Blick vollkommen unabhängig voneinander zu sein. Da allerdings die Erzeugungsprofile von Anlagen, deren Standorte sich weit voneinander entfernt befinden, sich wahrscheinlich mehr unterscheiden als Anlagen, die nah beieinander sind, existiert eine gewisse Abhängigkeit zwischen den beiden Bedingungen. Das Problem ist dabei, die richtige Balance zwischen den Bedingungen 1 und 2 zu finden, damit Bedingung 3 erfüllt ist. Hier kommt die Value Function ins Spiel. Die Bedingungen 1 und 2 sollen in eine Funktion gebracht werden, damit sich berechnen lässt, wie gut eine Koalition beide Bedingungen verfolgt, indem man die Gewichtungen richtig setzt. Wenn die Bedingung 1 zu stark gewichtet wird, werden nur Windenergieanlagen mit einer möglichst hohen Distanzen Koalitionen eingehen. Wird die Bedingung 2 zu stark gewichtet, werden Anlagen mit hohen Leistungen zu sehr für die Formation bevorzugt. Die Herausforderung ist, die Bedingungen so zu gewichten, dass sich Koalitionen dynamisch formieren und sich gegebenenfalls bei jeder Neuformation verändern.

In der Koalitionsformationsphase beginnen ungebundene Agenten damit, Anfragen an andere Agenten ihres Multi-Agenten-Systems zu schicken. Die angefragten Agenten können dabei entweder auch ungebunden sein oder sich bereits in einer Koalition befinden. Der Empfänger der Anfrage muss entscheiden, ob der anfragende Agent der Koalition beitreten soll. Hierfür soll ein Gütefaktor bestimmt werden, welcher entscheiden soll, ob die Koalition mit dem anfragenden Agenten eingegangen werden soll oder nicht.

Der Gütefaktor  $v$  soll mithilfe der Distanz  $d$  und der Leistung  $p$  berechnet werden. Das Problem ist, dass die Distanz und die Leistung unterschiedliche Größen sind. Über relative Werte

$v = \text{Gütefaktor}$

$d = \text{Distanz}$

$p = \text{Leistung}$

$$v(d, p) = \frac{d * w_d}{d_c} + \frac{p * w_p}{p_a}$$