

# EINBLICKE:

**ABSTRAKTE THEMEN  
MITHILFE PHYSISCHE  
MODELLE GREIFBARMACHEN**

–  
**DAS LEGO STADTMODELL**

Stand: Oktober 2024

Gemeinsam. Vielfalt.  
**MÖNCHENGLADBACH**  
**WWW.SMARTCITY.MG**



# PROJEKT- BESCHREIBUNG

Die Stadt Mönchengladbach wird im Rahmen des Förderprojekts „Modellprojekte Smart Cities“ für die Planung und Durchführung smarterer Lösungen im urbanen Bereich gefördert. Die Grundlage einer Smart City bildet sich aus fachlichen Konzepten und der notwendigen Infrastruktur zur Aus- und Durchführung dieser. Hier spielen die technische Hard- und Softwareinfrastruktur im Rahmen von Sensorik und LoRaWAN sowie Urbaner Datenplattform und Digitalem Zwilling eine große Rolle.

Im Verlauf des Förderprojekts wurde deutlich, dass vielen Stakeholder\*innen, darunter Bürger\*innen, Politiker\*innen sowie Mitarbeiter\*innen, das Konzept und die Potenziale einer Smart City nicht vollständig verstehen und oft Missverständnisse bezüglich der Ziele und des Nutzens bestehen. Gespräche, die auf verschiedenen Austauschformaten wie beispielsweise dem Smart City Summit oder mit anderen geförderten Kommunen geführt wurden, zeigten, dass es eine besondere Herausforderung darstellt, das Konzept der Smart City und die dahinterliegende Infrastruktur verständlich zu vermitteln.

Vor diesem Hintergrund entschloss sich die Stadt Mönchengladbach dazu, ein anschauliches Hilfsmittel zu entwickeln. Das Ergebnis war das Mönchengladbacher Smart-City-LEGO-Modell. Neben der Nutzung als Erklärungs- und Demonstrationswerkzeug verfolgten wir das Ziel, das Modell als wiederverwendbares Präsentationsobjekt zu entwickeln – insbesondere für den jährlich in Mönchengladbach stattfindenden Smart City Summit Niederrhein. Für uns war es selbstverständlich, das Modell interaktiv zu konzipieren, um die Effekte für das Publikum unmittelbar erfahrbar zu machen.



Gefördert durch:



KFW

MÖNCHENGLADBACH



# DAS DESIGN

Wir haben uns für den Eigenbau des Modells entschieden, da die Beauftragung eines externen Dienstleisters mit erheblichen organisatorischen, bürokratischen und finanziellen Aufwänden verbunden gewesen wäre.

Da niemand in unserem Team professionelle Erfahrung im Modellbau hat, mussten wir den Bau so einfach wie möglich gestalten. Um den Aufwand zu reduzieren, entschieden wir uns für die Verwendung vorgefertigter Modellbausätze mit Anleitung. Schnell kamen wir auf die Idee, hierfür LEGO zu nutzen. Das Klemmbausteinsystem ermöglichte uns, die Modelle bei Bedarf flexibel anzupassen und die verschiedenen Sets miteinander zu kombinieren – auch wenn gelegentlich kleinere Eingriffe wie Sägen notwendig waren. Zudem spiegelt LEGO den spielerischen Charakter unseres Modells wider, der für die gewünschte Interaktivität wichtig ist.

Als Grundbasis für unser Modell verwenden wir eine Holzplatte mit den Maßen 120 x 80 x 5 cm. Die Fläche entspricht der Größe einer regulären, genormten Europalette und wurde gewählt, um die Transportfähigkeit zu gewährleisten. Von Anfang an hatten wir den Anspruch, unser LEGO-Modell nicht fest an einem Ort zu montieren, sondern es zu verschiedenen Veranstaltungen mitzunehmen. Die gewählten Maße ermöglichen uns das Modell zu zweit zu tragen, durch Türen zu bewegen, in Aufzüge zu bringen und es in einen PKW-Kofferraum zu laden.

Gefördert durch:



**KFW**

MÖNCHENGLADBACH



# USE CASES

Aufgrund von Kosten-, Zeit- und Fähigkeitsgründen haben wir uns entschieden, weder einen Nachbau von Mönchengladbach noch Abbilder repräsentativer Gebäude aus der Stadt zu erstellen. Die letztlich ausgewählten LEGO-Sets wurden im Hinblick auf die darzustellenden Anwendungsfälle ausgewählt. Dabei haben wir uns sowohl an bereits realisierten als auch konzeptionellen Anwendungsfällen orientiert. Um die realen Bedingungen auf das Modell zu übertragen, mussten wir kreativ werden, um die gewünschten Messungen durchzuführen bzw. Ergebnisse zu erlangen.

## **PARKPLATZBELEGUNG (VOR E-LADESÄULEN):**

Umsetzung: Hierfür haben wir die Fahrzeuge mit Magneten an der Unterseite ausgestattet und einen Magnetkontaktsensor in die Oberfläche eingebaut.

## **KLIMAMESSUNG (TEMPERATUR UND LUFTFEUCHTIGKEIT):**

Umsetzung: Hierfür nutzen wir einen regulären Klimasensor.

## **LÄRMMESSUNG (AM SKATEPARK, KONZEPTIONELL):**

Umsetzung: Hierfür verwenden wir ein Mikrofon. Zudem haben wir einen Lautsprecher integriert, der via Tastendruck aktiviert werden kann. Unsere Erfahrungen zeigen jedoch, dass der Umgebungslärm bei Veranstaltungen die mit dem Gerät abgespielte Lautstärke um ein Vielfaches übertrifft. Wir können jedoch den Lärm der Veranstaltung messen, was von den meisten am Modell interessierten Personen positiv aufgefasst wurde.

Gefördert durch:



**KFW**

MÖNCHENGLADBACH



## **HELLIGKEITSMESSUNG:**

Umsetzung: Hierfür setzen wir einen regulären Lichtwiderstand ein. Potenziell soll damit die Solarproduktionsfähigkeit angezeigt werden; bisher haben wir diesen Anwendungsfall jedoch noch nicht umgesetzt. Daher wird aktuell lediglich die Helligkeitseinstrahlung angezeigt.

## **BELEUCHTUNGSERKENNUNG:**

Umsetzung: Ziel ist es, herauszufinden, ob das Licht in einem Raum angelassen wurde. Ursprünglich haben wir hierfür einen regulären Lichtwiderstand eingesetzt, der jedoch stark von der Umgebungshelligkeit abhängt. Nach mehreren Versuchen, Sensor und Lichtquelle genau zu positionieren, haben wir festgestellt, dass diese Lösung sehr anfällig war. Die wechselnde Umgebungshelligkeit stellte ein weiteres Problem dar. Daher haben wir die Beleuchtungserkennung mittlerweile mit dem Lichtschalter gekoppelt.

## **VERKEHRSZÄHLUNG:**

Umsetzung: Ziel ist es, unseren im Borussiapark realisierten Anwendungsfall zur Verkehrszählung nachzubilden, wofür wir einen Überfahrtsensor simulieren wollten. Ursprünglich dachten wir, die einzige umsetzbare in Lösung in LEGO-Skala sei ein motorisierter Zug, der über einen Sensor fährt. Diese Annahme erwies sich jedoch als zu begrenzt, zumal es sich hierbei streng genommen eher um eine Zug-/Rundenzählung handelt. Inzwischen haben wir erkannt, dass wir diese Verkehrszählung auch mit sämtlichen LEGO-Fahrzeugen durchführen können, indem wir die Fahrzeuge manuell bewegen und mit Magneten an der Unterseite ausstatten, ähnlich wie beim Anwendungsfall zur Parkplatzbelegung. Diese Variante ist bisher noch nicht realisiert, könnte bei erfolgreicher Umsetzung die Kernidee aus der Praxis besser ins Modell transferieren.

Gefördert durch:



MÖNCHENGLADBACH



## **GEWÄHLTE LEGO SETS:**

- Güterzug (60336), 179,99 €, Anzahl: 1
- Familienhaus mit Elektroauto (60398\*), 52,99 €, Anzahl: 1
- Bahnhof (60335), 79,99 €, Anzahl: 1
- Müllabfuhr (60386), 34,99 €, Anzahl: 1
- Skatepark (41751\*), 49,99 €, Anzahl: 1
- Straßenkreuzung mit Ampeln (60304), 19,99 €, Anzahl: 1
- Elektro-Sportwagen (60383), 9,99 €, Anzahl: 3
- Schule mit Schulbus (60329\*), 69,99 €, Anzahl: 1

## **ÜBERBLICK ÜBER DIE TECHNISCHEN KOMPONENTEN:**

- Mikrocontroller (5056561800196), 7,20 €, Anzahl: 6
- Kabel lang (4251266701927), 4,90 €, Anzahl: 1
- Kabel kurz (4251266701910), 4,40 €, Anzahl: 1
- Lichtwiderstand (4251266707646), 1,10 €, Anzahl: 2
- Mikrofon (4251266703259), 2,38 €, Anzahl: 1
- Klimasensor (4251266702573), 7,70 €, Anzahl: 1
- Magnetkontaktsensor (4251266707479), 1,10 €, Anzahl: 2
- Stromkabel (4040849939181), 1,43 €, Anzahl: 6
- Kabel (4014991241119), 14,90 €, Anzahl: 1
- Crimp-Set (4251266701125), 9,90 €, Anzahl: 1
- Crimp-Zange (4251266701156), 12,90 €, Anzahl: 1

Die aufgelisteten Komponenten wurden vom Anbieter Berry Base bezogen.

Gefördert durch:



## **DIE STÜTZEN DES MODELLS:**

Wir haben uns dazu entschieden, sämtliche Kabel im Modell zu verbergen. Dennoch mussten die Kabel (und damals deren Steuerung) irgendwo untergebracht werden. Daher entschlossen wir uns, die Unterseite des Modells dafür zu nutzen. Dadurch war es nicht mehr möglich, das Modell einfach mit der Grundplatte abzustellen, da sonst die auf der Unterseite angebrachten Komponenten und Verbindungen beschädigt worden wären.

Um dies zu vermeiden, installierten wir an jeder Ecke des Modells haltgebende Stützen. Dabei stellten wir fest, dass die Wahl der Plattendicke in Kombination mit der Anordnung der LEGO-Sets relativ mittig auf der Platte zu Stabilitätsproblemen führte. Aus diesem Grund fügten wir eine fünfte Stütze in der Plattenmitte hinzu. Alle von uns installierten Stützen sind manuell einklappbar und lassen sich von einer Höhe von ca. 20 auf 5 cm verringern. Diese Funktion erwies sich sowohl beim Transport, u. a. von unseren Büroräumen zu Veranstaltungsorten, als auch bei der Ausstellung des Modells als sehr hilfreich. Der verringerte Abstand zwischen der Modellplatte und der Abstellfläche sorgte die notwendige Stabilität, sodass der Autotransport im Kofferraum unbeschädigt überstanden wurde.

Ursprünglich halfen die einklappbaren Stützen auch dabei, die Unterseite des Modells gegenüber unserem Publikum etwas zu verbergen. Mittlerweile haben wir jedoch durch eine Seitenverkleidung eine andere Lösung gefunden. Dank weiterer Umbaumaßnahmen hat sich der durch die Stützen gewonnene Platz als äußerst wertvoll erwiesen, da er es ermöglicht, dass lediglich das Strom- und Steuerungskabel aus dem Modell herausführt.

## **DIE ABDECKUNG DES MODELLS:**

Ursprünglich war unser Plan, das Modell mithilfe einer Abdeckung, die wir als „Haube“ bezeichnen, vor Eingriffen aus dem Publikum zu schützen und sicher auszustellen. Relativ schnell stellte sich jedoch heraus, dass dieser Konstruktionsansatz nicht zielführend war. Unser Modell basiert auf der direkten Interaktion mit der LEGO-Stadt, und eine Abdeckung hätte diese Interaktion gänzlich verhindert. Aktuell nutzen wir die Haube, um das Modell während seiner „Ruhezeit“ in unseren Büroräumen vor Staub und ungewollten Eingriffen Dritter zu schützen. Die Haube hat keine Griffe, entspricht den Maßen der Modellplatte und besteht aus Acrylglas.

Gefördert durch:



**KFW**

**MÖNCHENGLADBACH**



## **DIE SEITENVERKLEIDUNG:**

Wie bereits zu den Stützen erwähnt, haben wir inzwischen eine Seitenverkleidung installiert. Diese sollte einerseits die Verkabelung an der Unterseite des Modells verbergen, andererseits aber auch eine stärkere Verbindung zu Mönchengladbach herstellen. Bisher gab es im Modell lediglich einige kleine Sticker mit der Aufschrift „Mönchengladbach“. Wir stellten jedoch fest, dass dies als Assoziation mit Mönchengladbach nicht ausreicht. Daher formulierten wir eine Beauftragung zur Gestaltung der Seitenverkleidung im Smart-City-Design an die Grafikagentur Clevebrück.

## **KABELMANAGEMENT:**

Für die Steuerung der Sensorik, also das Messen, Verarbeiten und Senden der Daten, benötigen und verwenden wir die Mikrocontroller. Diese werden mit den jeweiligen Sensoren per Kabel verbunden. Je nach Verkabelungs- und Programmieransatz sowie -aufwand können unterschiedlich viele Sensoren mit je einem Mikrocontroller verbunden werden. Ein Sensor benötigt in der Regel drei Kabel – Plus, Minus und Signal (Daten). Je nach speziellen Sensortyp und -bauform können es auch nur zwei oder eine Vielzahl Kabel sein. Die genaue Verkabelung ist der jeweiligen Sensorbeschreibung sowie Dokumentation des Mikrocontrollers zu entnehmen.

Zusätzlich zur Verkabelung von Sensoren und Mikrocontrollern befinden sich in unserem Modell weitere Kabel für die Lichtschaltung und ein Soundabspielgerät. Die Verkabelung der LED-Lichter in den Gebäuden des Modells ist auf hybride Weise (Reihen- und Parallelschaltung gemischt) umgesetzt worden. Beim Soundabspielgerät liegt wie bei der Sensorik eine eindeutige Verkabelung vor.

Unser initiales Kabelmanagement folgte dem Prinzip „Quick-and-Dirty“. Wir befestigten die Kabel lose und teilweise mit Klebeband an der Unterseite des Modells. Nach der ersten Veranstaltung mit An- und Abtransport stellten wir jedoch fest, dass diese Lösung unzureichend war. Es bestand stets das Risiko, dass sich Kabel unbemerkt lösen, was die Funktionsfähigkeit des Modells hätte beeinträchtigen können. Daraufhin entschieden wir uns, Kabelkanäle zu installieren. Trotz der geringen Plattendicke konnten wir die Kabelkanäle erfolgreich mit Schrauben an der Unterseite fixieren.

Gefördert durch:



MÖNCHENGLADBACH



Unser Ziel, die Kabelkanäle möglichst effizient zu verlegen, führte zu einem Hauptkanal mit verästelten Seitenkanälen. Dabei haben wir jedoch ausgeblendet, dass das Modell über einen zentralen Kabelausgang verfügen soll, wodurch wir bei Bestückung des Kabelkanals später feststellen mussten, dass es im Kanal immer voller wurde Richtung Ausgang – insbesondere, da einige Kabel zu viel Spielraum hatten. Trotz dieser Herausforderung gelang es uns, die Kabel sicher in den Kanälen zu verstauen und sie dadurch vor Beschädigungen zu schützen.

Mit dem Einbau der Kabelkanäle war es nicht mehr möglich, die Steuerung direkt an der Unterseite des Modells zu befestigen. Stattdessen haben wir sie in eine separate Steuerungsbox ausgelagert, die sämtliche elektronischen Komponenten enthält. Dadurch lassen sich Modell und Steuerung sicher transportieren. Anfangs war die Box jedoch sehr überfüllt, da wir einen simplen Programmansatz verwendeten. Dadurch brauchten wir für jeden Sensor einen Mikrocontroller. Dies führte nicht nur zu Platzproblemen, sondern auch zu einem unübersichtlichen Kabelsalat, der das Kabelmanagement zusätzlich erschwerte.

Um das Verkabelungschaos zu verringern und die Steuerungsbox einfacher vom Modell trennen zu können, haben wir schließlich Steckverbindungen zwischen Modell und Box installiert. In einem ersten Versuch verwendeten wir Auto-Steckverbindungen. Diese waren allerdings im Vergleich zu den filigranen Kabeln im Modell viel zu groß. Nach einer Testphase und weiterer Recherche haben wir letztlich auf mit dem Modell kompatible Dupont-Steckverbindungen umgerüstet. Mit einem Umbau unserer Kabelschaltung und einer Optimierung unseres Programmansatzes konnten wir nicht nur die Anzahl der Kabel erheblich reduzieren – sodass nur noch zwei Stecker zu verbinden sind – sondern auch die Anzahl der benötigten Mikrocontroller auf einen reduzieren. Dadurch wurde sowohl die Verkabelung unter dem Modell als auch die Programmierung des Steuerungsprogrammes deutlich komplexer.

Gefördert durch:



**KFW**

MÖNCHENGLADBACH



## **UNSERE INFRASTRUKTUR:**

Die Urbane Datenplattform, in unserem Fall eine mehrere Komponenten umfassende Softwarelösung, daher als Urban Data Hub (UDH) bezeichnet, bildet das technische Rückgrat für Datenhaltung, Datenverarbeitung und Datenvisualisierung.

Unsere lange Zeit genutzte erste Lösung basierte auf der Paderborner UDH und umfasste neben dem FROST-Server als IoT-Plattform das Dashboardtool Grafana als Kernkomponenten. Diese Softwarelösung hat solide funktioniert und wurde unseren größtenteils Anforderungen gerecht. Der für die Einrichtung der Sensoren benötigte Konfigurationsaufwand war allerdings erheblich und konnte nicht niederschwellig bewältigt werden. Darüber hinaus war der FROST-Server in seiner damaligen Version bei zunehmender Datenmasse in Kombination mit unseren Einstellungen und Verwendungszwecken nicht mehr performant genug.

Mittlerweile nutzen wir sowohl in der Praxis als auch für unser Modell die UDH 2.0 vom Dienstleister teuto.net. Die grundlegende Architektur ähnelt stark der Paderborner UDH und umfasst bewährte Technologien wie Grafana, Prometheus als Zeitreihendatenbank und Keycloak für das Identity- und Accessmanagement. Die Softwarelösung erweist sich nicht nur als flexibel, sondern auch bei großen Datenmengen als sehr performant. Zusätzlich besteht eine grafische Benutzeroberfläche, womit die Administration neuer und existierender Sensoren intuitiver zu bedienen ist.

Bereits bei der Konzeption war uns bewusst, dass wir die Daten in einer Form auch präsentieren müssen. Hierfür verwenden wir unsere Datenplattform, welche Datenhaltung und Visualisierung ermöglicht. Hierfür nutzen wir das Dashboardtool Grafana.

In Zusammenarbeit mit dem Team Digitaler Zwilling aus dem Fachbereich Geodatenmanagement der Stadt Mönchengladbach wurde erfolgreich eine authentische 3D-Abbildung des Modells in ESRI ArcGIS erzeugen. Dort werden auch die aktuellen Sensormesswerte und Umwelteinwirkungen, bspw. ob der Parkplatz belegt oder frei ist, angezeigt.

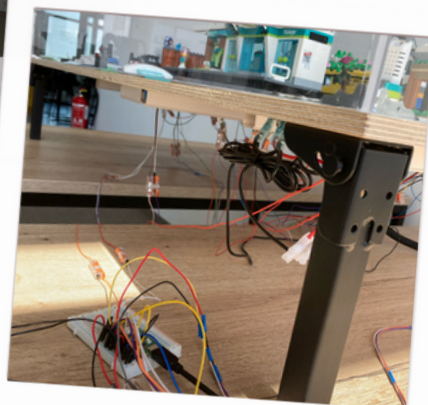
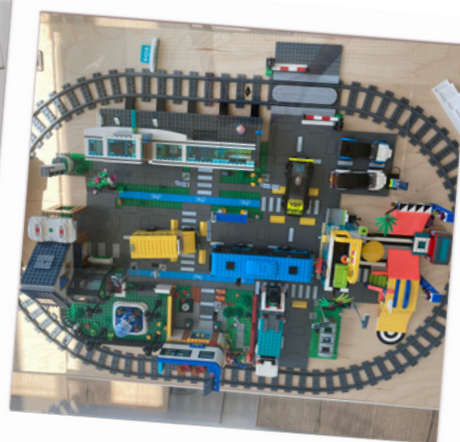
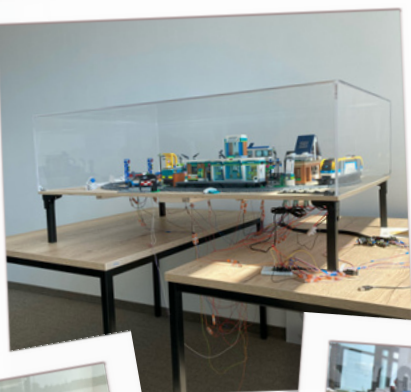
Gefördert durch:



**KFW**

**MÖNCHENGLADBACH**





Alle weiteren Informationen und regelmäßige Einblicke in die Projekte erscheinen unter

**WWW.SMARTCITY.MG**

Gefördert durch:



**KFW**

**MÖNCHENGLADBACH**

