

Mit Prototyping zur smarten Energielösung – Eine Workshopanleitung für Kommunen



Workshop- anleitung zur Entwicklung eines Prototyps

Die nachfolgenden Informationen und Materialien sind als Leitfaden konzipiert, der Kommunen bei der Vorbereitung und Durchführung eines Workshops zum Thema Prototyping unterstützen soll. Die Unterlagen basieren auf einem Workshop, der im Rahmen des 5. Kongresses der Modellprojekte Smart Cities (MPSC) am 19. November 2024 in Köln stattfand und vom Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWB) gemeinsam mit Sebastian Böhm ([Connected Urban Twins](#) (CUT) – Leipzig) durchgeführt wurde. Die Unterlagen sind für eine Vielzahl von Anwendungsfällen nutzbar. In dieser Anleitung wird der Anwendungsfall Energie beispielhaft durchgespielt.

Ziel des Workshops ist es, die technischen Grundlagen einer Smart-City-Maßnahme zu vermitteln und ein grundlegendes Verständnis dafür zu schaffen, welche Schritte und Komponenten für den Aufbau einer solchen Lösung notwendig sind.

Ablauf des Workshops

Zu Beginn des Workshops findet eine Einführung in den Mehrwert von Prototyping statt (Folien 2-5). Im Anschluss erfolgt die Kleingruppenarbeit, bei der die Teilnehmenden mithilfe von „Bausteinen“ ihren eigenen Prototyp für einen fiktiven Anwendungsfall zusammenstellen (Folien 6-8). Die Bausteine können entweder auf farbiges Papier gedruckt oder in ein Onlinewhiteboard übertragen werden. Die Erläuterungen zu den einzelnen Bausteinen dienen dazu, einen Überblick sowie ein tieferes Verständnis für die einzelnen Komponenten des Prototyps zu erlangen. Je nach Anwendungsfall kann es erforderlich sein, die Erläuterungen zu ergänzen und anzupassen.

Warum ist Prototyping sinnvoll?

Stellen Sie sich folgendes Szenario vor: Sie haben eine Projektausschreibung für ein intelligentes Energemanagementsystem veröffentlicht und erhalten zahlreiche Angebote von verschiedenen Marktteilnehmern. Alle Anbieter präsentieren sich professionell und unterbreiten plausible Vorschläge für ihre jeweiligen Angebote. Die veranschlagten Kosten fallen jedoch sehr unterschiedlich aus. Infolgedessen stellen sich die Fragen, wie eine objektive und fachlich korrekte Bewertung aller Angebote sowie eine ausreichende Budgetierung für den späteren Betrieb der Lösung gewährleistet werden können.



Die Entwicklung eines Prototyps hilft, die technischen Grundlagen zu verstehen und die notwendigen Komponenten zu identifizieren.



Quelle: storyset auf Freepik.

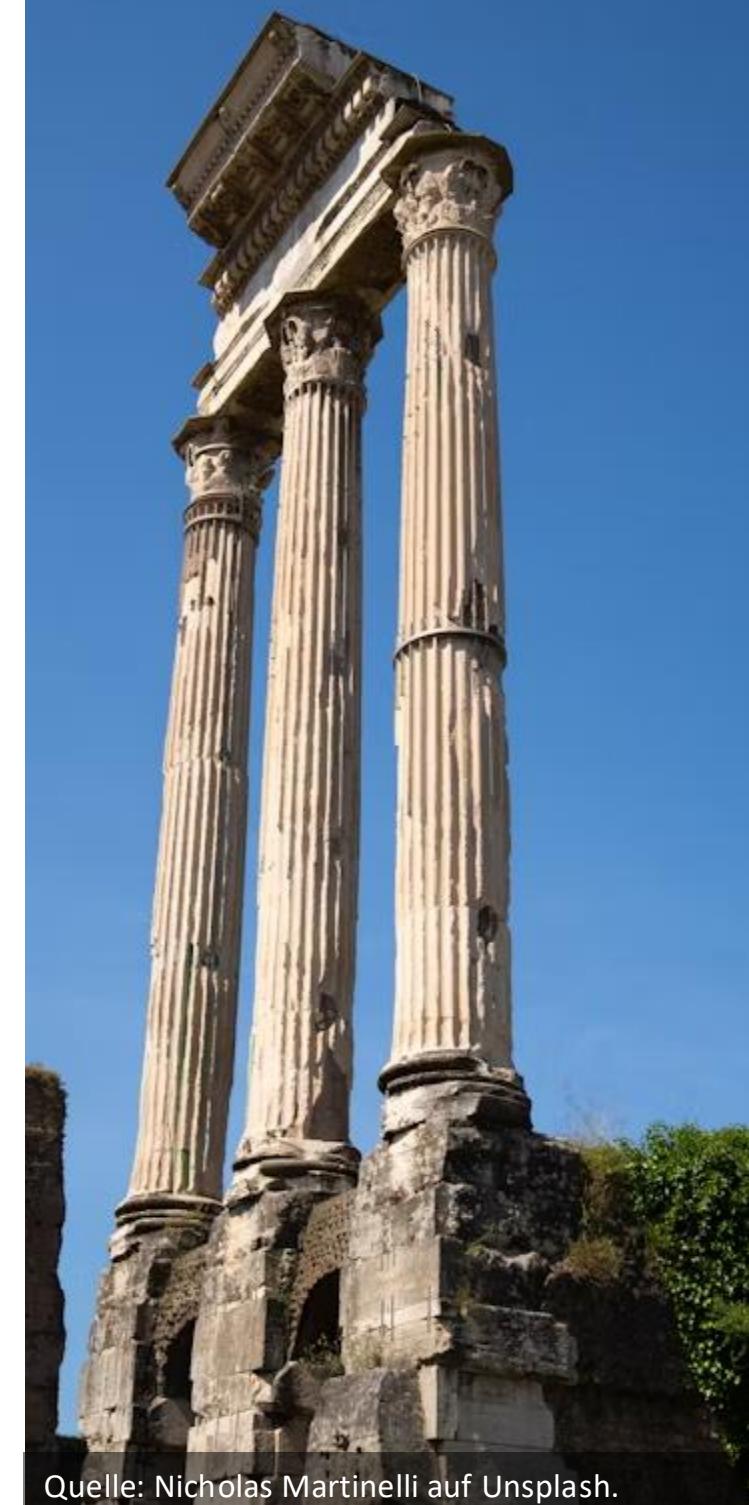
Zielsetzung und Bestandteile des Prototypings

Die **Zielsetzung** des Prototypings besteht in der Reduzierung von Umsetzungsrisiken, der Validierung der Machbarkeit, der Schaffung von Klarheit bezüglich der Anforderungen an eine fertige Lösung, der frühzeitigen Aufdeckung von Problemen sowie dem Auf- und Ausbau von Kompetenzen.

Für ein gelungenes Prototyping mit großem Mehrwert für die Mitarbeitenden empfiehlt es sich, mit einer **kleinen Ausschreibung** zu beginnen. Anstatt 20-30 Sensoren gleichzeitig zu bestellen, reicht es, mit einem Sensor anzufangen und diesen für sechs Wochen im Probetrieb zu testen.

In einem zugehörigen **Workshop mit Fachexpertinnen und -experten** können Fragen geklärt und so Kenntnisse über die Funktionsweise des Sensors und weiterer Bestandteile erlangt werden.

Während des **Probetriebs** werden die Anforderungen an eine langfristige Nutzung, etwa Maßnahmen bei einem potenziellen Ausfall des Sensors, deutlich. Diese Details zu kennen, hilft dann bei einer „großen“ Ausschreibung.



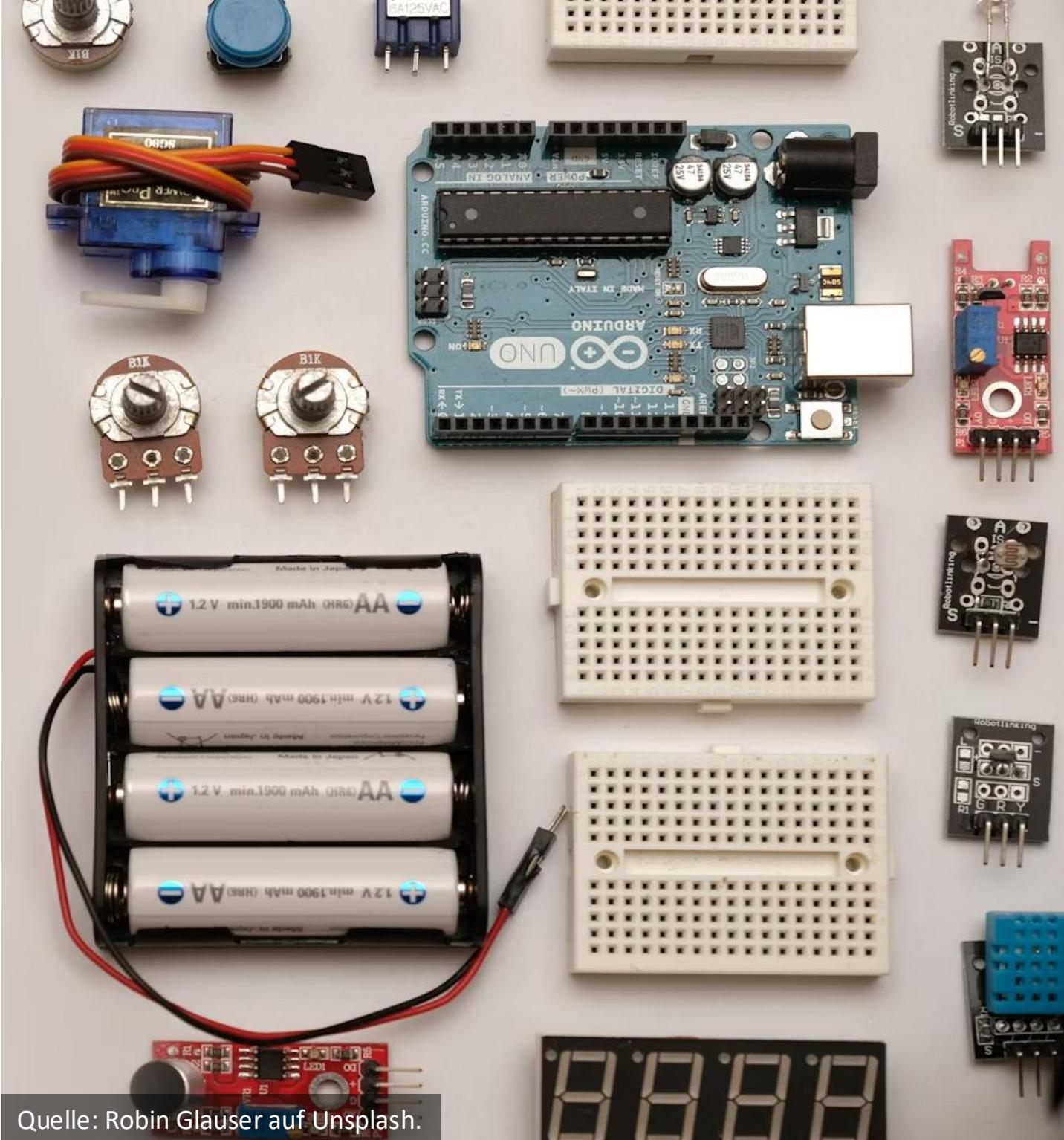
Quelle: Nicholas Martinelli auf Unsplash.

Optionen für das Prototyping

 Outsourcing	 Eigenständige Entwicklung
<p>Die Entwicklung eines Prototyps kann an einen IT-Dienstleister ausgelagert werden, der über die erforderlichen Infrastrukturen und das entsprechende Fachwissen verfügt und die Daten in eine Cloud-Umgebung überträgt. Dieser Ansatz zeichnet sich durch einen geringeren Arbeitsaufwand und eine professionelle Lösung aus. Jedoch sind auch einige Nachteile zu konstatieren. So wird beispielsweise keine Kompetenzentwicklung ermöglicht, bei jedem neuen Prototyp entstehen neue Kosten, unterschiedliche Technologie-Stacks können je nach Prototyp entstehen und es besteht keine Garantie, dass die Daten in der Organisation verbleiben.</p>	<p>Eine weitere Option besteht darin, das Prototyping in einer lokalen Umgebung durchzuführen. Der entscheidende Vorteil dieser Methode liegt in der optimalen Gelegenheit zum Kompetenzaufbau. Darüber hinaus ermöglicht es die vollständige Kontrolle über die Daten, eine kontinuierliche Verbesserung der Plattform mit jedem Prototyp und die Standardisierung sowie Wiederverwendung von Technologien. Zu den Nachteilen zählen die initialen Kosten, der Aufwand und die Notwendigkeit der Bereitstellung adäquater Personalkapazitäten.</p>

Die Entscheidung für die eigenständige Entwicklung

Ein wichtiger Aspekt für ein erfolgreiches Prototyping ist eine schrittweise Herangehensweise. Anstatt direkt eine umfangreiche und komplexe Lösung umzusetzen, sollte mit kleinen Schritten begonnen werden, wie zum Beispiel mit dem Ausbringen eines einzelnen Sensors. Auf diese Weise können wertvolle Erkenntnisse gesammelt werden, bevor größere Investitionen getätigt werden. Dazu gehört auch die Erkenntnis, wie sich aus den erfassten Daten konkrete Mehrwerte generieren lassen.

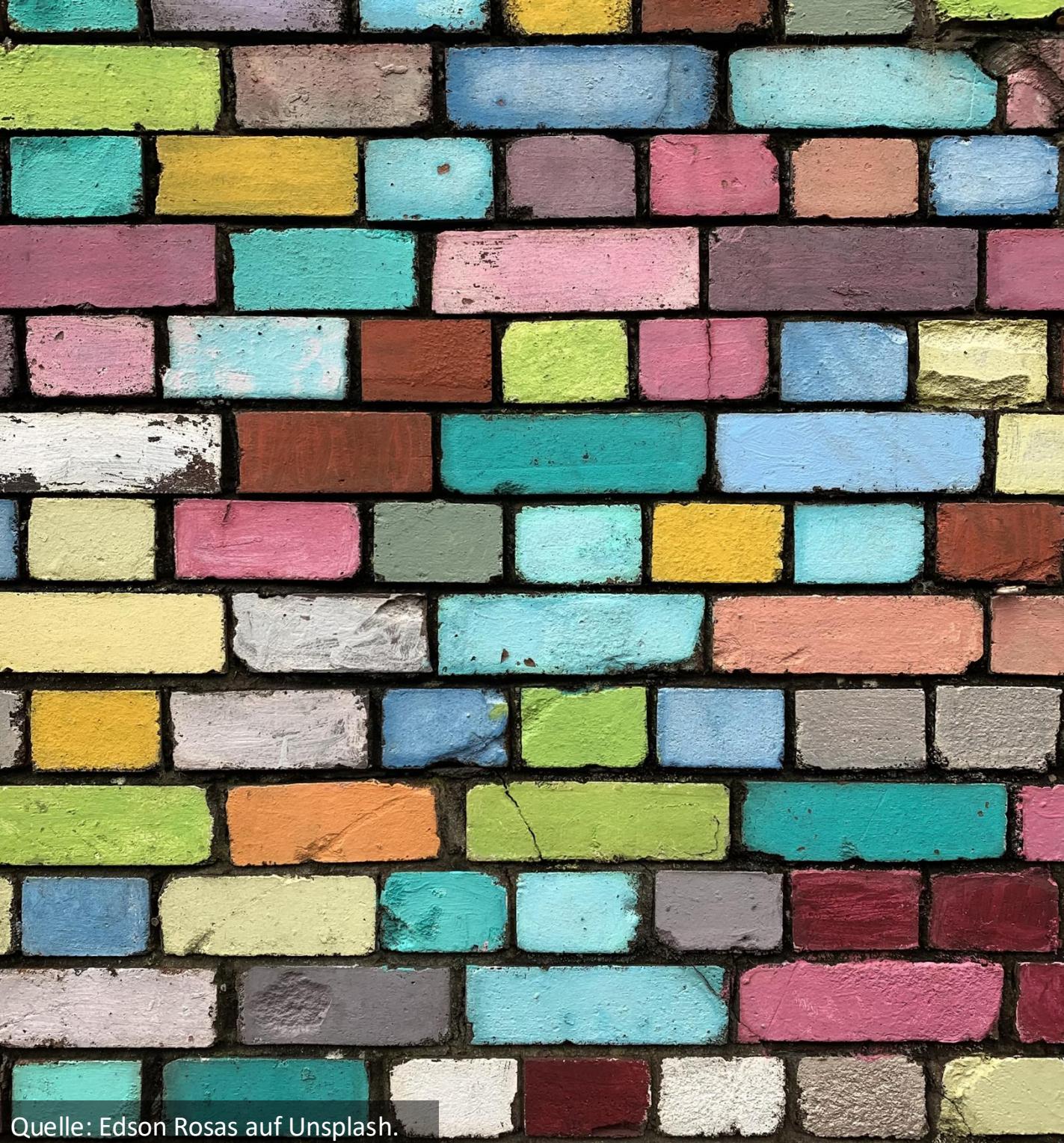


Quelle: Robin Glauser auf Unsplash.

Kleingruppenarbeit

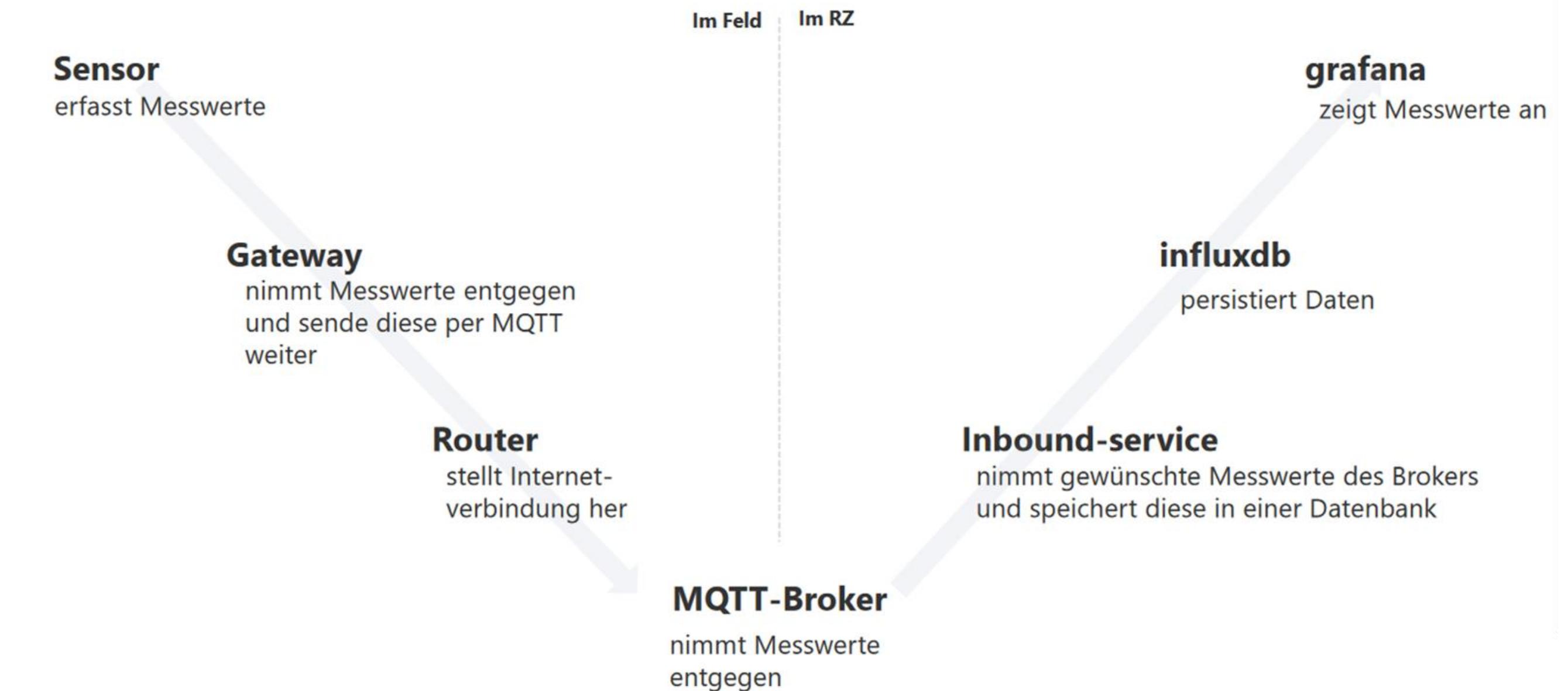
Das **Baukastenprinzip** hilft dabei, Schritt für Schritt die **einzelnen Komponenten** zu definieren, die für das Projekt benötigt werden – von Sensoren und Feldgeräten über Kommunikationsinfrastrukturen wie LoRaWAN-Netzwerke bis hin zu den Anforderungen an Cloud-Dienste und Datenbanken.

1. Wählen Sie zunächst einen **spezifischen Anwendungsfall**, zum Beispiel die Einführung eines Energiemanagementsystems.
2. Identifizieren Sie die **technischen Komponenten**, die für eine erfolgreiche Umsetzung erforderlich sind.
3. Erarbeiten Sie einen passenden Lösungsansatz anhand des **Datenwegs** und mithilfe der **Bausteine**.
4. Weitere Informationen zu den einzelnen Komponenten finden Sie in den **Erläuterungen**.



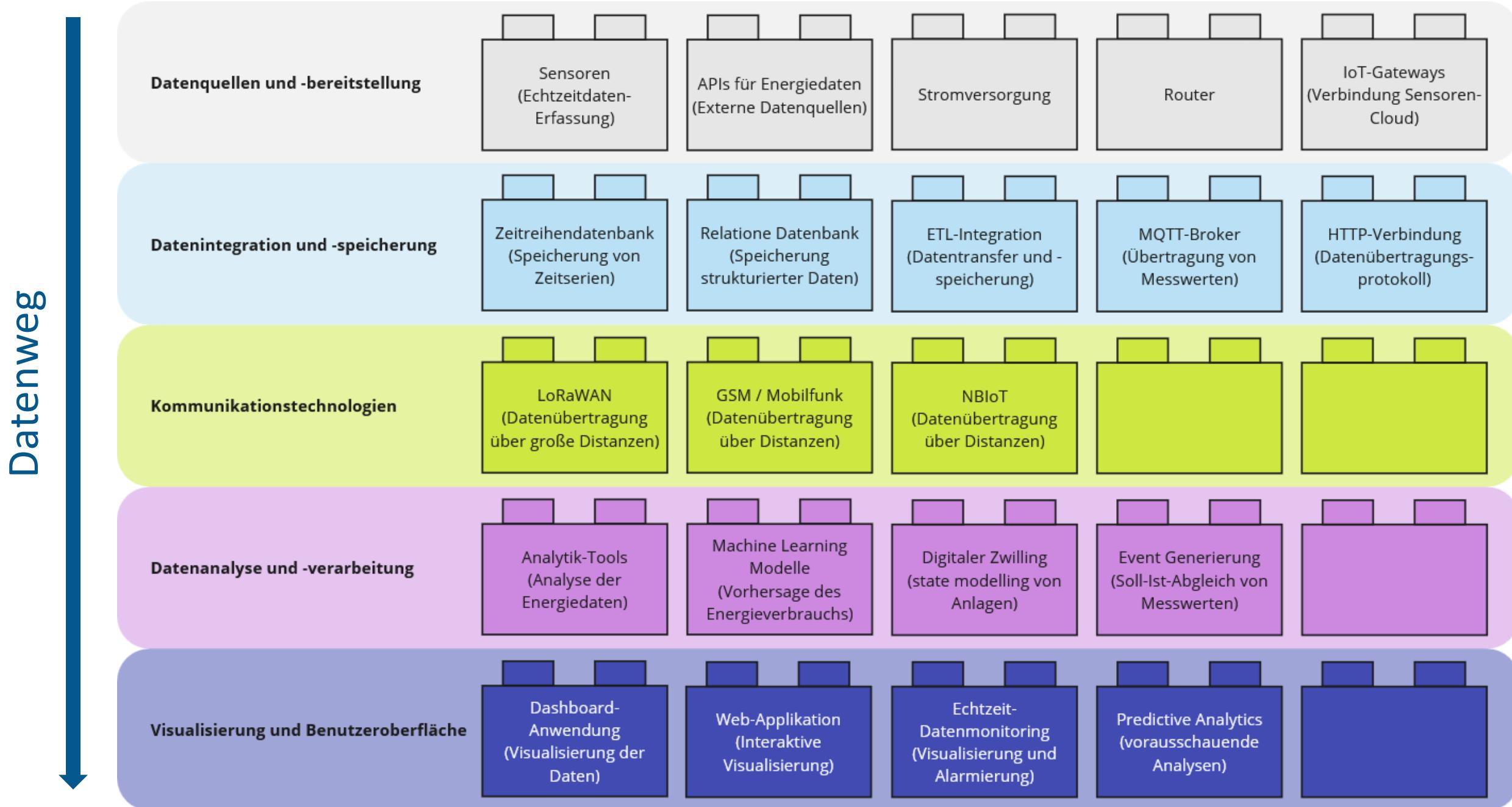
Quelle: Edson Rosas auf Unsplash.

Der Datenweg



Quelle: Sebastian Böhm.

Beispielhafter Aufbau des Baukastens mit seinen Komponenten



Erläuterungen

Auf den folgenden Folien sind die einzelnen Komponenten einer Smart-City-Lösung erläutert – von den Datenquellen über Kommunikationstechnologien bis hin zur visuellen Aufbereitung der Daten, beispielsweise in einem Dashboard. Die Erläuterungen beziehen sich auf den Anwendungsfall Energie.

Nutzen Sie diese Informationen, um den Teilnehmenden ein tieferes Verständnis für die technischen Komponenten zu vermitteln. Sie können die Informationen entweder kurz erläutern oder sie als Informationskarten im Workshop bereitlegen.



Quelle: shawnanggg auf Unsplash.

Datenquellen und -bereitstellung

Sensoren (Echtzeitdaten-Erfassung)	Sensoren sind Geräte, die physikalische, chemische oder biologische Messgrößen (z. B. Temperatur, Druck oder Sauerstoffgehalt) erfassen und in elektrische Größen umwandeln. Diese können anschließend weiterverarbeitet und genutzt werden.
APIs für Energiedaten (Externe Datenquellen)	Ein API (Application Programming Interface oder Programmierschnittstelle) agiert als Schnittstelle zwischen verschiedenen Softwareanwendungen und ermöglicht die Kommunikation untereinander. Diese erfolgt durch eine Reihe von Regeln oder Protokollen, die den Austausch von Daten, Funktionen und Eigenschaften oder die Ausführung von Aufgaben zwischen den Softwarelösungen ermöglichen.
Stromversorgung	Sensoren können auf zwei verschiedene Arten mit elektrischer Energie versorgt werden. Entweder erfolgt die Versorgung über das Stromnetz oder über eine separate Stromquelle, etwa eine Batterie oder Solaranlage.
Router	Ein Router agiert als Schnittstelle zwischen einem lokalen Netzwerk und dem Internet. In diesem Kontext erfolgt die Leitung und Steuerung von Netzwerkdaten mittels Paketen, welche unterschiedliche Arten von Daten – beispielsweise Kommunikationsdaten oder Web-Interaktionen – enthalten.
IoT-Gateways (Verbindung Sensoren-Cloud)	Ein IoT-Gateway verbindet IoT-Geräte mit Cloud-Plattformen oder lokalen Servern und sorgt so dafür, dass verschiedene Systeme effizient zusammenarbeiten können. Es sammelt Daten von IoT-Geräten und übersetzt sie in ein standardisiertes Format, sodass die Daten an anderer Stelle verstanden werden. Es verarbeitet die Daten lokal vor und leitet sie gegebenenfalls gefiltert weiter.

Datenintegration und -speicherung	Zeitreihendatenbank (Speicherung von Zeitserien)	Eine Zeitreihendatenbank (engl. Time Series Database, TSDB) ist eine speziell für das Speichern und Analysieren von zeitabhängigen Daten entwickelte Datenbank. Ihre besondere Eignung liegt in der Erfassung von Veränderungen über die Zeit. Mögliche Beispiele hierfür sind Temperaturverläufe oder der Energieverbrauch.
	Relationale Datenbank (Speicherung strukturierter Daten)	Eine relationale Datenbank ist eine Sammlung von Informationen, bei der Daten in vordefinierten Beziehungen organisiert werden. Die Daten werden in Tabellenform gespeichert. Die Zusammenführung von Tabellen ermöglicht die Verknüpfung von Informationen und die Identifizierung von Relationen zwischen Datenpunkten.
	ETL-Integration (Datentransfer und -speicherung)	Der Prozess des ETL (Extrahieren, Transformieren, Laden) beschreibt die Integration von Daten aus verschiedenen Quellen zu einem einzelnen, konsistenten Datensatz, der anschließend in ein Zielsystem, wie beispielsweise eine Datenplattform, geladen wird. Um einen sicheren und qualitätsvollen Umgang mit Daten zu gewährleisten, ist es unerlässlich, dass Daten korrekt aus einem System geladen, übertragen und in eine passende Systemkomponente eingespeist werden. Für diesen Zweck kann das ETL-Prinzip verwendet werden.
	MQTT-Broker (Übertragung von Messwerten)	MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) ist ein offenes Netzwerkprotokoll, das für die Übertragung von Daten zwischen Geräten (beispielsweise Sensoren und Maschinen) genutzt wird. Ein Broker gewährleistet die korrekte und effiziente Zustellung von Nachrichten, auch in Fällen, in denen die Netzverbindung nicht einwandfrei funktioniert.
	HTTP-Verbindung (Datenübertragungsprotokoll)	Eine HTTP-Verbindung (Hypertext Transfer Protocol) ist ein Protokoll, das den Austausch von Daten zwischen einem Webbrowser und einem Webserver ermöglicht, zum Beispiel beim Laden von Webseiten. Es sorgt dafür, dass der Browser Informationen vom Server anfordert und erhält, um die Seite anzuzeigen.

Kommunikations-technologien

LoRaWAN (Datenübertragung über große Distanzen)	<p>LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) stellt einen speziell für das IoT entwickelten, drahtlosen Kommunikationsstandard dar, der der Datenübertragung dient. Aufgrund der hohen Reichweite und der Energieeffizienz (die Batterielaufzeiten können mehrere Jahre betragen) eignet sich die Technologie z.B. für die Messung von Umwelt-, Standort- und Zustandsdaten. Falls nicht bereits vorhanden, muss für LoRaWAN allerdings ein eigenes Netz aufgebaut werden.</p>
GSM/Mobilfunk (Datenübertragung über Distanzen)	<p>GSM (Global System for Mobile Communication), auch als 2G bezeichnet, ist ein Mobilfunkstandard, in dem Basisstationen sowie Endgeräte mit sehr geringen Leistungen arbeiten können. Er ist für die Nutzung von digitalem Telefonieren und zur Übertragung geringer Datenmengen via Mobilfunk konzipiert (Kurzmitteilungen/SMS). GSM erweist sich jedoch als nicht zukunftsfähig, da eine Abschaltung zu erwarten ist. Die Telekom plant die Abschaltung ihres GSM-Netzes im Jahr 2028.</p>
NB-IoT (Datenübertragung über Distanzen)	<p>Narrowband IoT ist eine energieeffiziente, kostengünstige und sichere Mobilfunktechnologie für das IoT. Sie bietet eine hohe Gebäudedurchdringung und eine einfache Installation ohne zusätzliche Infrastruktur. NB-IoT nutzt die LTE-Infrastruktur und ermöglicht eine zuverlässige Verbindung von Geräten mit geringem Energieverbrauch über große Entfernung.</p>

Datenanalyse und -verarbeitung	Analytik-Tools (Analyse der Energiedaten)	<p>Softwarelösungen, die Energieverbrauchsdaten oder andere Messwerte analysieren, um Muster, Anomalien oder Optimierungsmöglichkeiten zu identifizieren.</p>
	Machine Learning Modelle (Vorhersage des Energieverbrauchs)	<p>Der Schwerpunkt des Machine Learning liegt auf dem Trainieren von Computern, damit sie aus Daten und Erfahrungen lernen und sich kontinuierlich optimieren, anstatt explizit dafür programmiert zu werden. Algorithmen werden darauf trainiert, innerhalb großer Datensätze Muster und Korrelationen zu erkennen und basierend auf dieser Analyse die optimalen Entscheidungen und Vorhersagen zu treffen. Die Präzision der Algorithmen steht in positiver Korrelation mit der Anzahl der verfügbaren Daten. Mit Hilfe des Machine Learning können zukünftige Energieverbrauchstrends oder andere Zustände vorhersagbar gemacht werden.</p>
	Digitaler Zwilling (State Modelling von Anlagen)	<p>Ein digitaler Zwilling ist eine virtuelle Darstellung eines Objekts oder Systems, die ein physisches Objekt exakt widerspiegeln soll. Er deckt den gesamten Lebenszyklus des Objekts/Systems ab und wird in Echtzeit mit Daten und Informationen aktualisiert, um detaillierte Beobachtungen, Analysen, Simulationen und Optimierungen zu ermöglichen. Der digitale Zwilling verwendet Simulationen, die oft nur einen bestimmten Prozess untersuchen, sowie maschinelles Lernen und Argumentationsweisen, um eine Analyse von Leistungsproblemen und Entwicklung zu den potenziellen Verbesserungen zu entwickeln.</p>
	Event-Generierung (Soll-Ist-Abgleich von Messwerten)	<p>Der Prozess, bei dem Ereignisse basierend auf Abweichungen zwischen erwarteten (Soll-) und gemessenen (Ist-) Werten ausgelöst werden, z. B. Warnungen oder Alarme.</p>

Visualisierung und Benutzeroberfläche

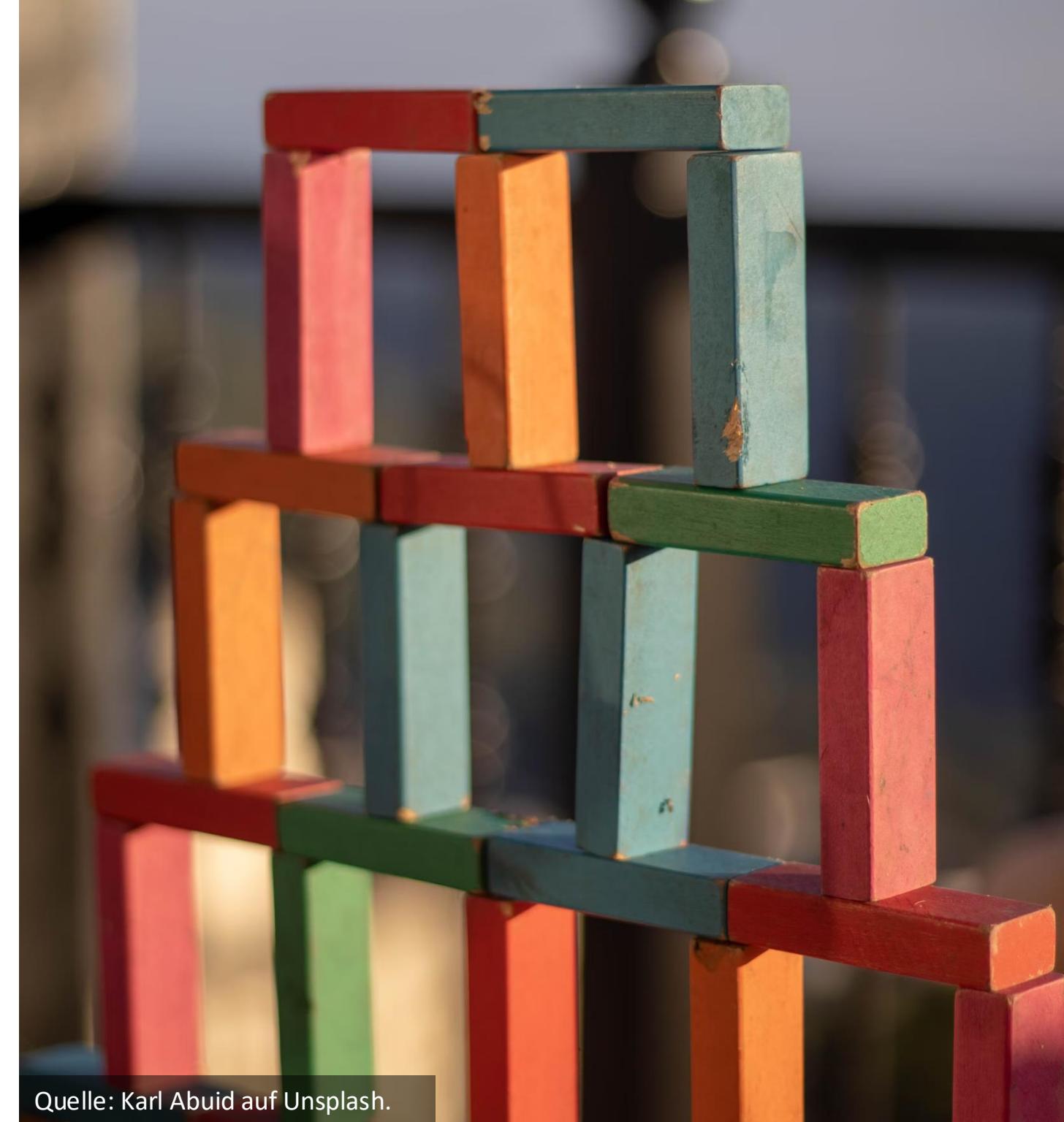
Dashboard-Anwendung (Visualisierung der Daten)	<p>Ein Dashboard ist eine graphische Benutzeroberfläche, deren Zweck in der übersichtlichen und aufbereiteten Darstellung, Verdichtung und Komprimierung komplexer Daten liegt. Die Visualisierung der Daten erfolgt unter anderem mit Hilfe von Diagrammen, Tabellen, Karten oder Anzeigen. Dadurch wird eine Grundlage für eine optimierte Entscheidungsfindung geschaffen.</p>
Web-Applikation (Interaktive Visualisierung)	<p>Eine Web-Applikation oder Webanwendung ist eine Software, die in einem Webbrowser ausgeführt wird. Unternehmen setzen Webanwendungen ein, um Informationen und Dienstleistungen aus der Ferne bereitzustellen. Der Zugriff auf komplexe Funktionen erfolgt ohne die Notwendigkeit der Installation oder Konfiguration von Software. Die Interaktion mit Daten, wie etwa durch das Zoomen oder Filtern, ist für die Nutzer möglich.</p>
Echtzeit Datenmonitoring (Visualisierung und Alarmierung)	<p>Echtzeit Datenmonitoring ist eine Technik der kontinuierlichen Überwachung von kurzfristig aktualisierten sowie relevanten Daten. Die Daten können visualisiert werden und bei Anomalien automatische Warnungen erzeugt oder auf sie reagiert werden.</p>
Vorausschauende Analysen (Predictive Analytics)	<p>Vorausschauende Analysen nutzen historischen Daten zur Erstellung von Prognosen für zukünftige Trends, Ereignisse und potenzielle Szenarien. Die Durchführung solcher Analysen kann auf manuelle oder maschinelle Weise erfolgen. Im Anschluss besteht die Möglichkeit, erarbeitete Trends sowohl für die nahe als auch ferne Zukunft zu visualisieren, um auf diese Weise Entwicklungen zu veranschaulichen.</p>

Bausteine zum Ausdrucken

Im **Anhang** finden Sie die einzelnen Bausteine als Vorlagen. Diese können auf farbigem Papier ausgedruckt und für einen Präsenzworkshop verwendet werden.

Es empfiehlt sich, einige leere Bausteine auszudrucken, um im Workshop gegebenenfalls ergänzende Komponenten hinzuzufügen.

Für einen virtuellen Workshop können die Bausteine auch in ein Onlinewhiteboard kopiert werden.



Quelle: Karl Abuid auf Unsplash.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg beim
Prototyping!

Koordinierungs- und Transferstelle
Modellprojekte Smart Cities

c/o KWB Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Franziska Sahr, Christopher Sonntag, Lisa Junghans
E-Mail: franziska.sahr@kompetenz-wasser.de

Unter Mitwirkung von

Stadt Leipzig, Connected Urban Twins

Sebastian Böhm
E-Mail: cut@leipzig.de
LinkedIn: <https://www.linkedin.com/in/sebastian-boehm-413993183/>

Bildverzeichnis

Titelbild: © vectorjuice auf Freepik.

Fragezeichen: © storyset auf Freepik.

Säulen: © Nicholas Martinelli auf Unsplash .

Sensor: © Robin Glauser auf Unsplash.

Bunte Mauer: © Edson Rosas auf Unsplash.

Der Datenweg: © Sebastian Böhm.

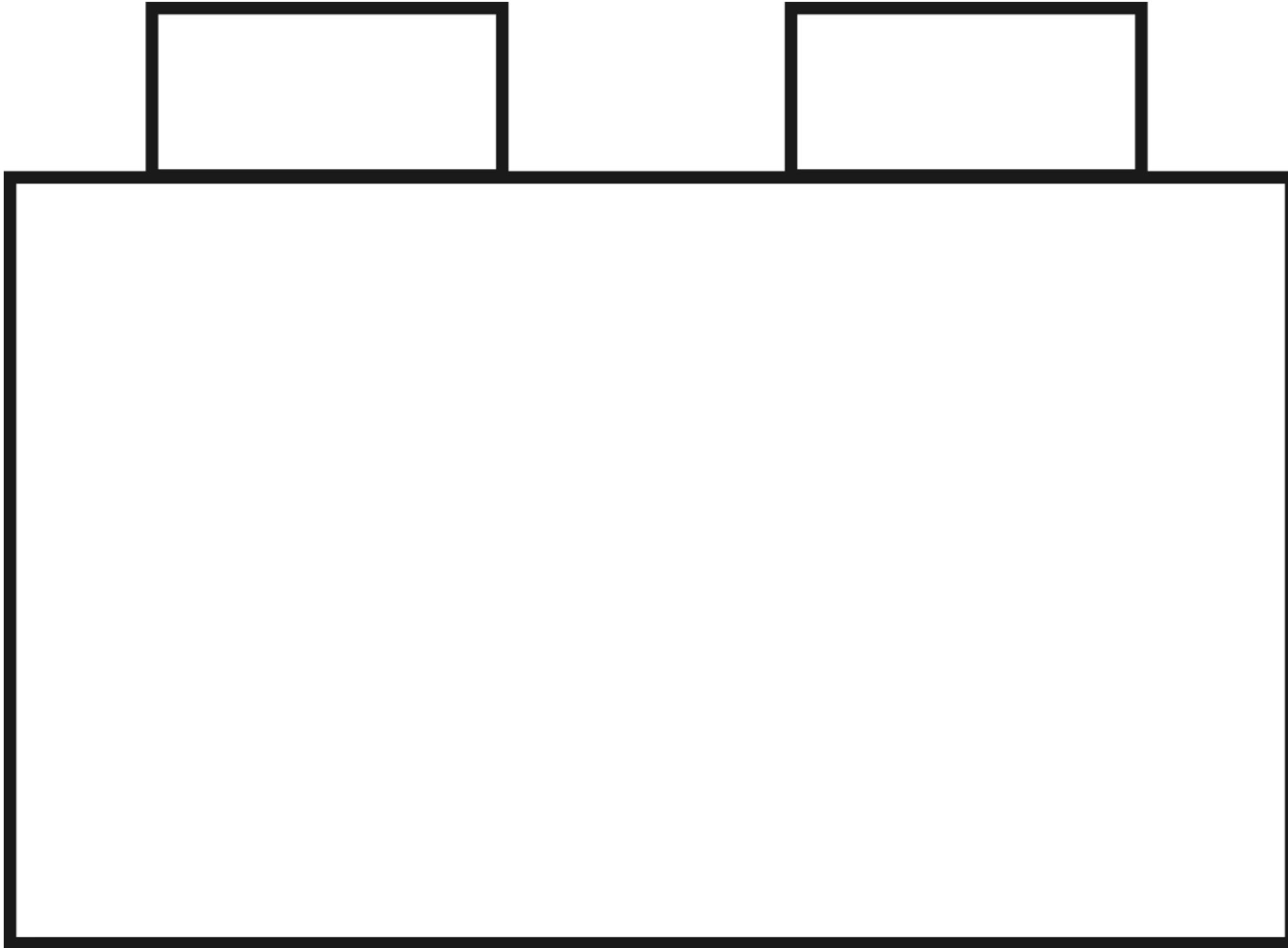
Baukasten: © Eigene Darstellung.

Farbiges Papier: © shawnanggg auf Unsplash.

Gestapelte Blöcke: © Karl Abuid auf Unsplash.

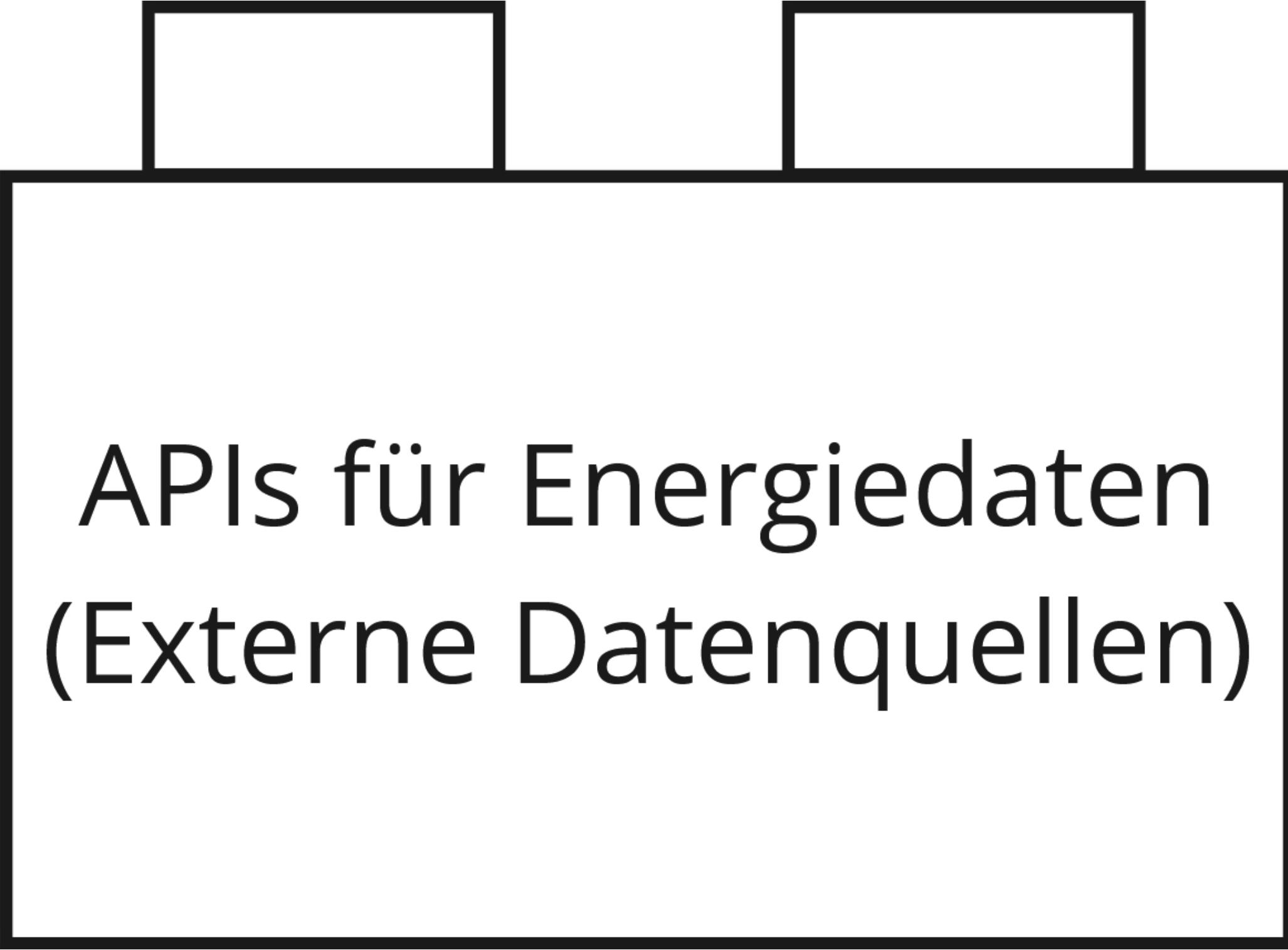
Stand 27.05.2025

Anhang

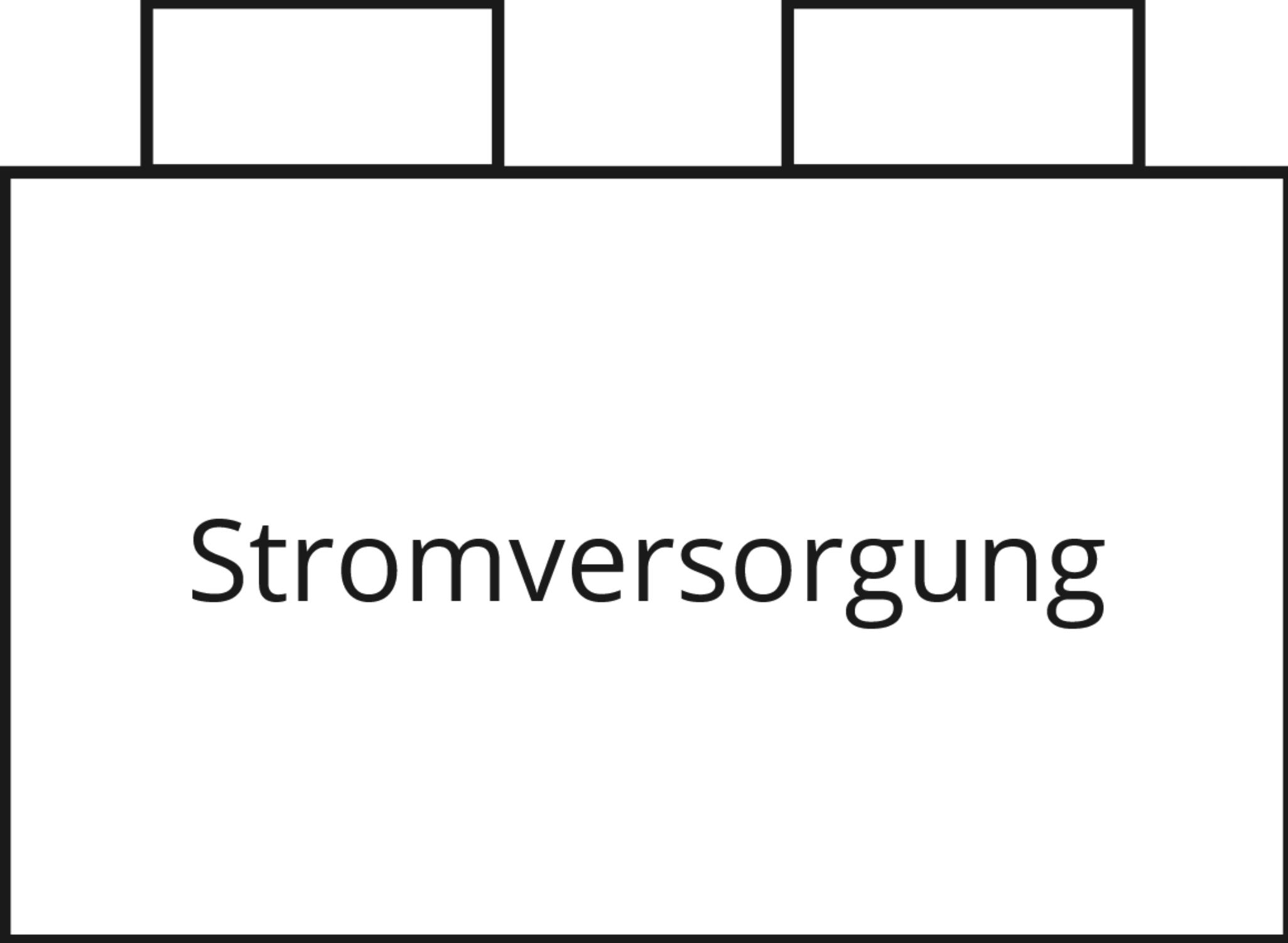




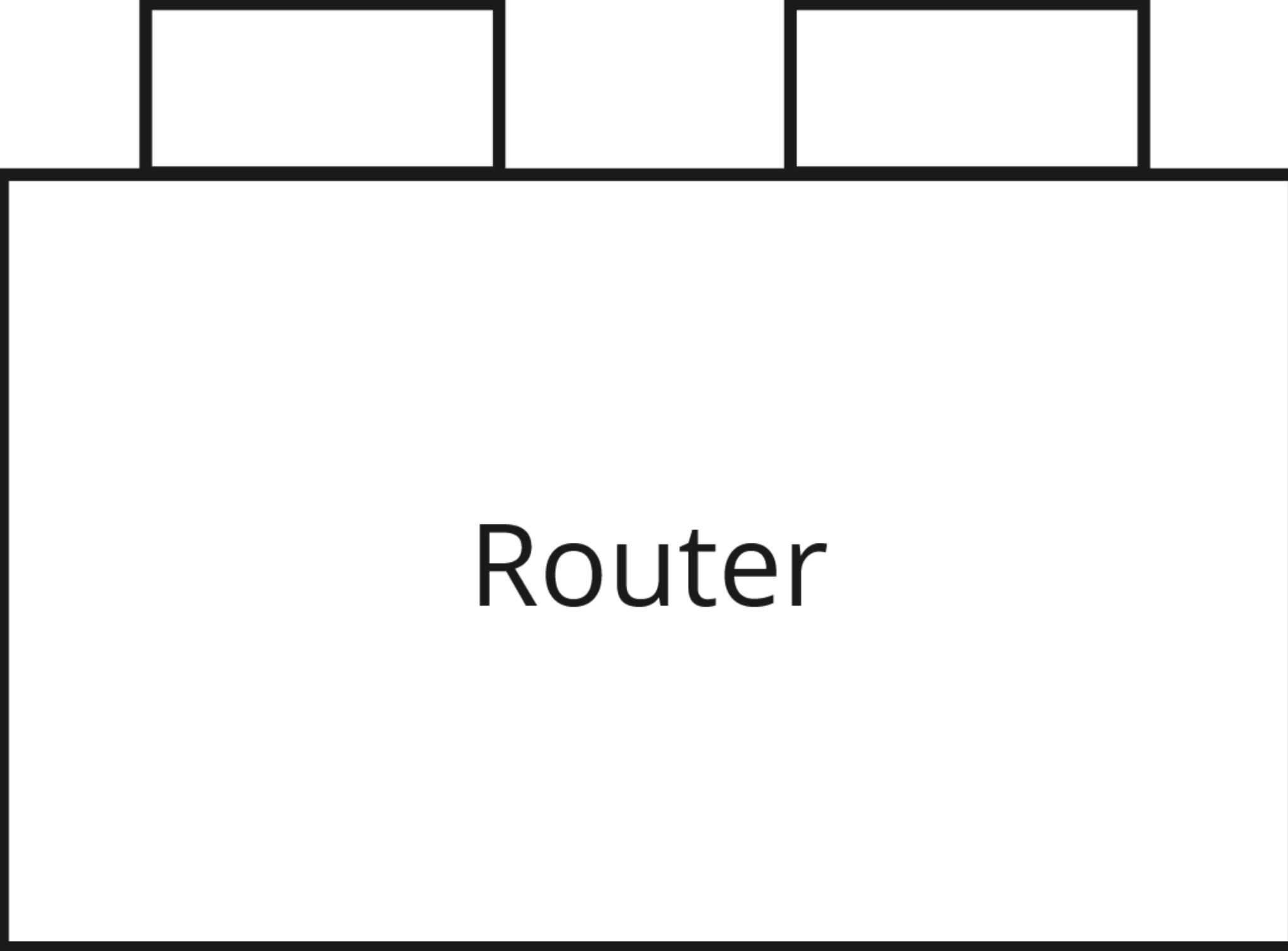
Sensoren (Echtzeitdaten- Erfassung)



APIs für Energiedaten (Externe Datenquellen)

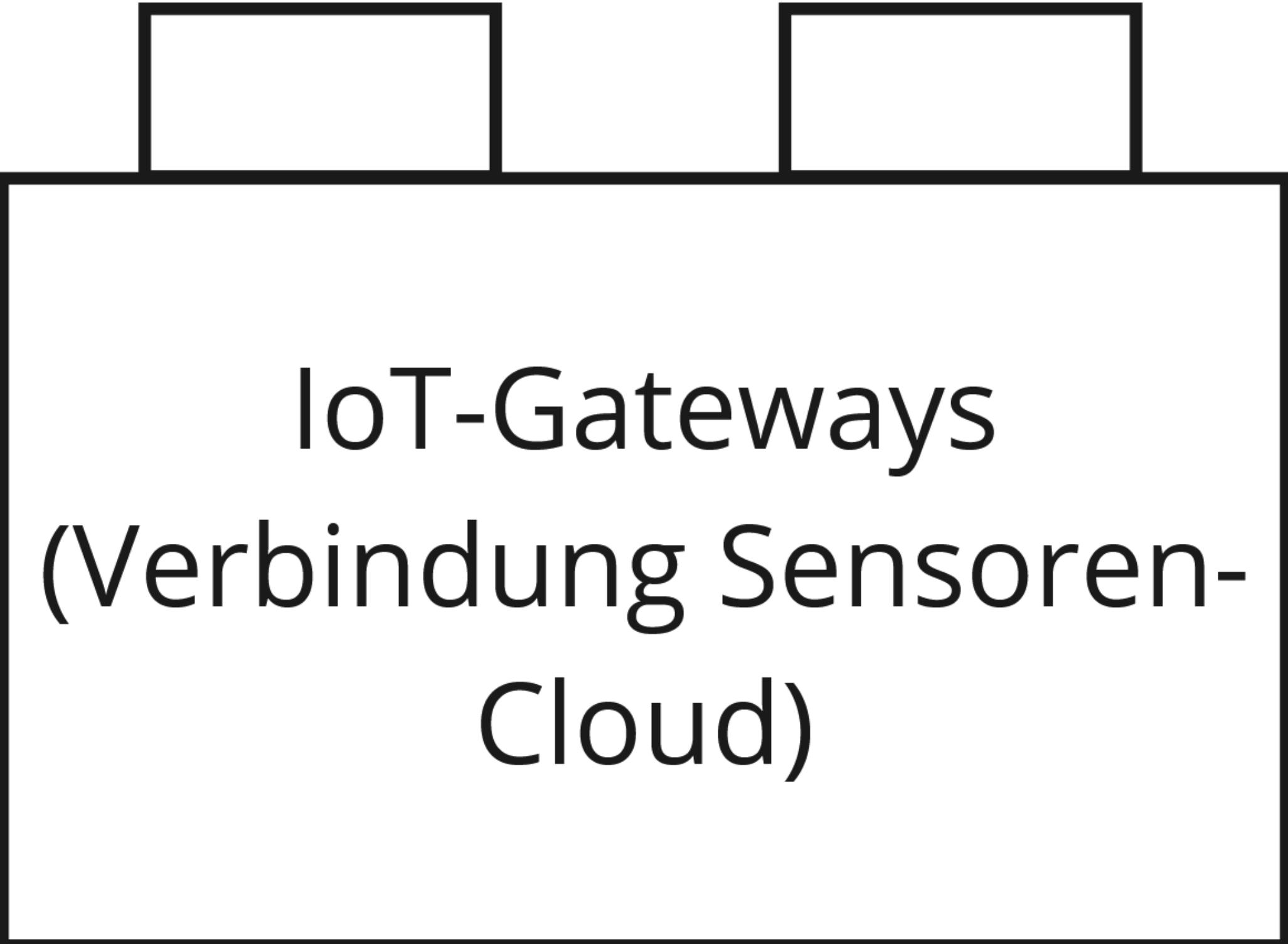


Stromversorgung

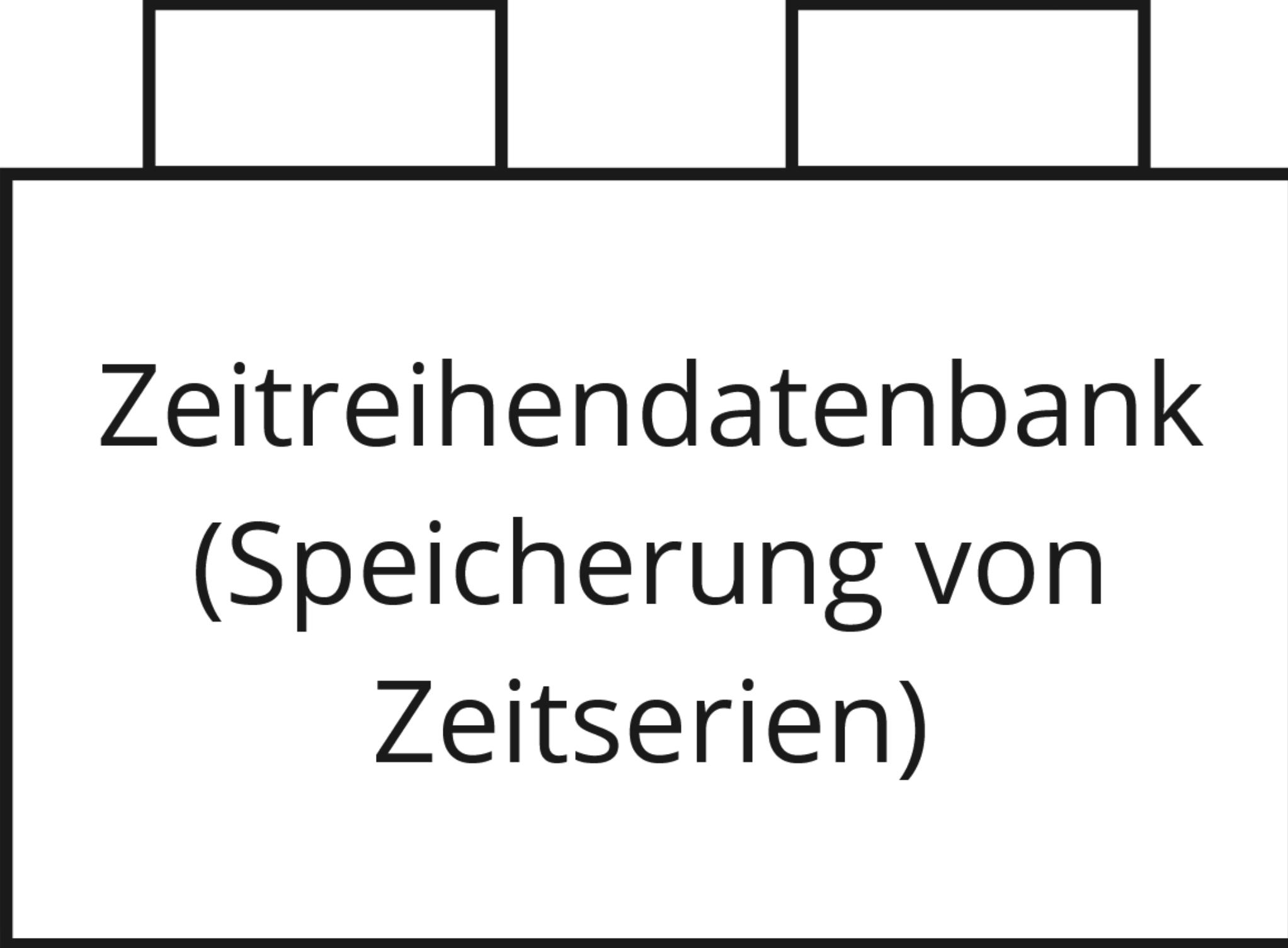


A large central rectangle represents a Router. Above it, two smaller rectangles are positioned side-by-side, representing external connections or ports.

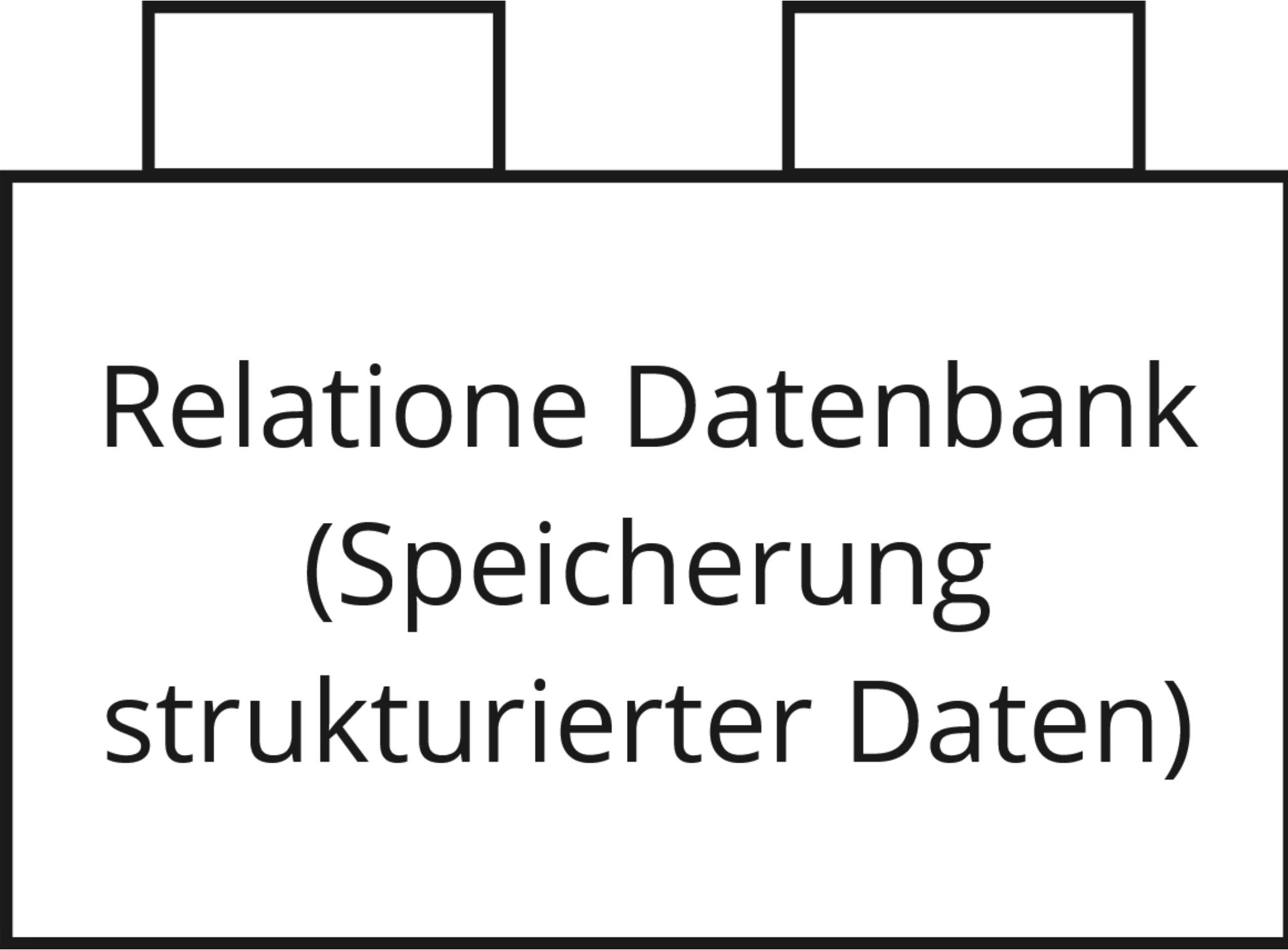
Router



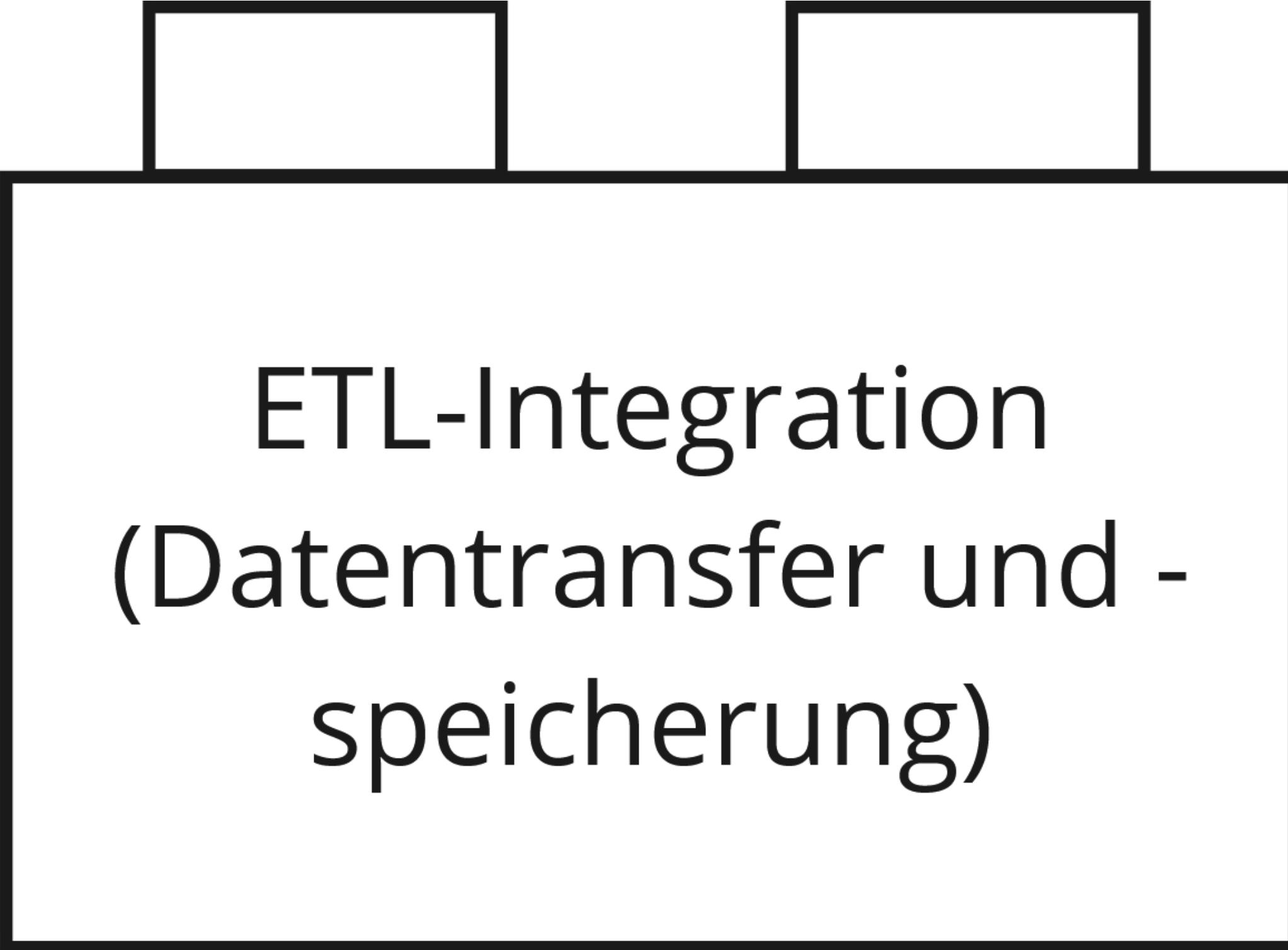
IoT-Gateways
(Verbindung Sensoren-
Cloud)



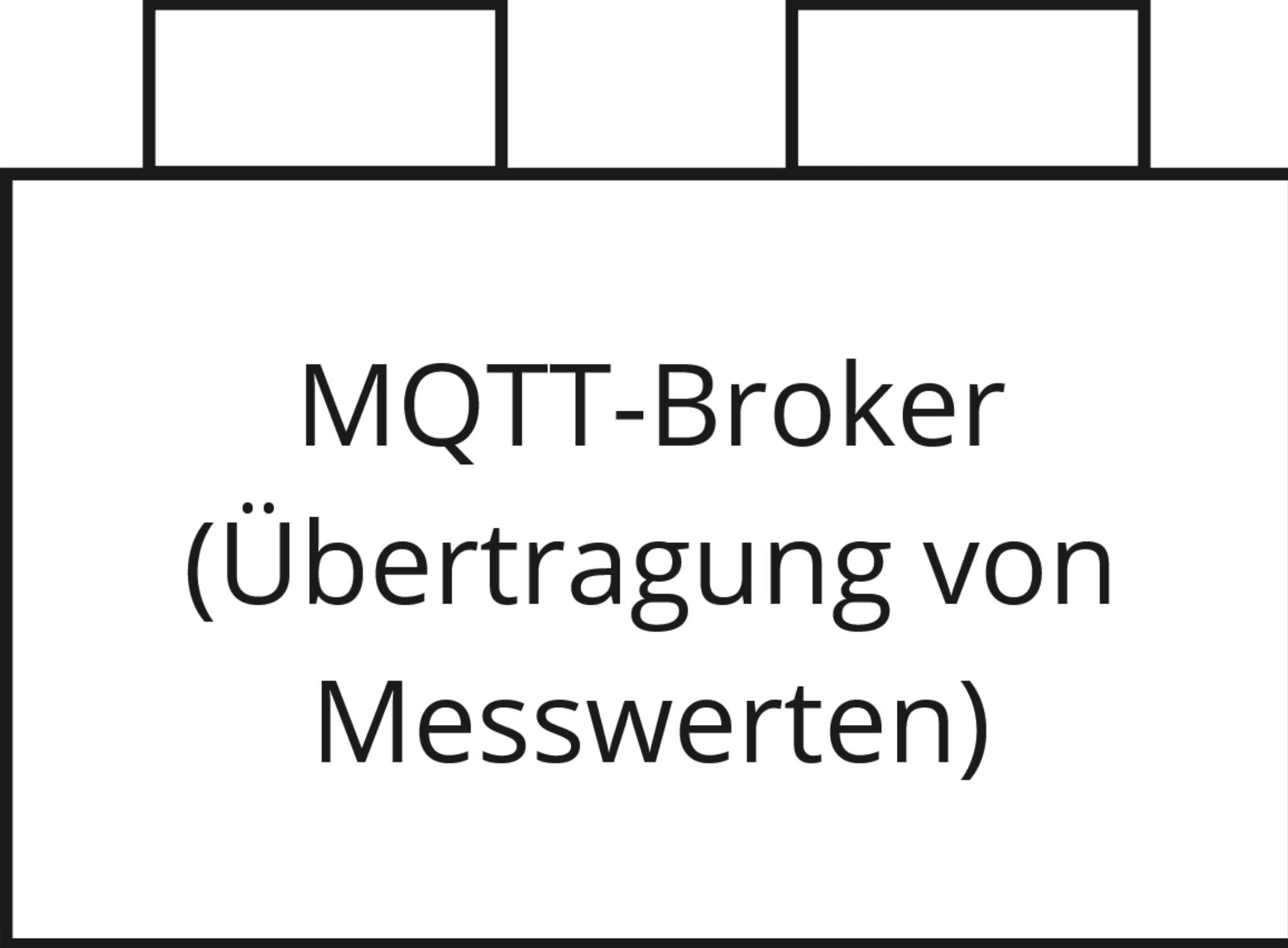
Zeitreihendatenbank (Speicherung von Zeitserien)



Relationale Datenbank (Speicherung strukturierter Daten)

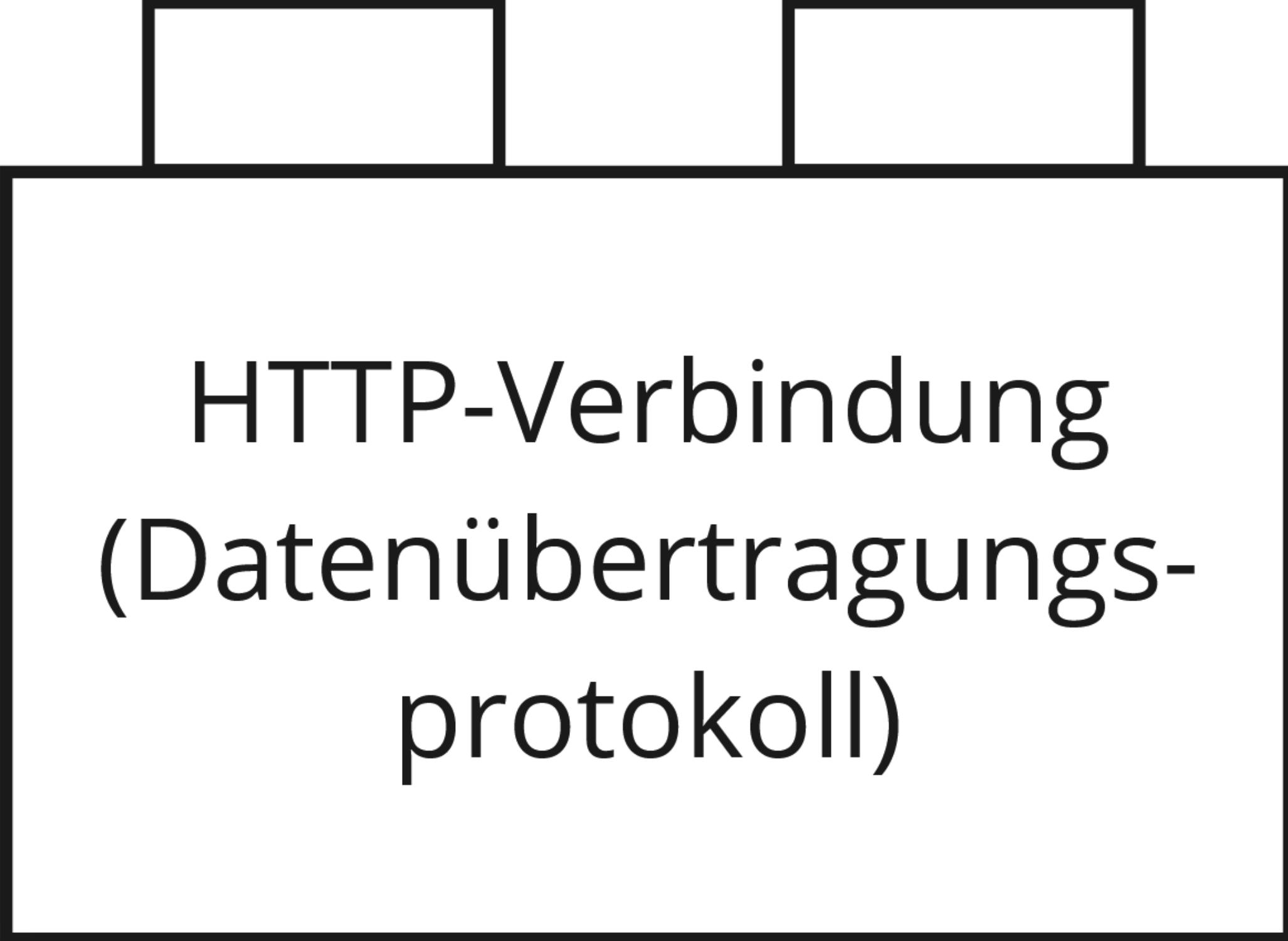


ETL-Integration (Datentransfer und - speicherung)

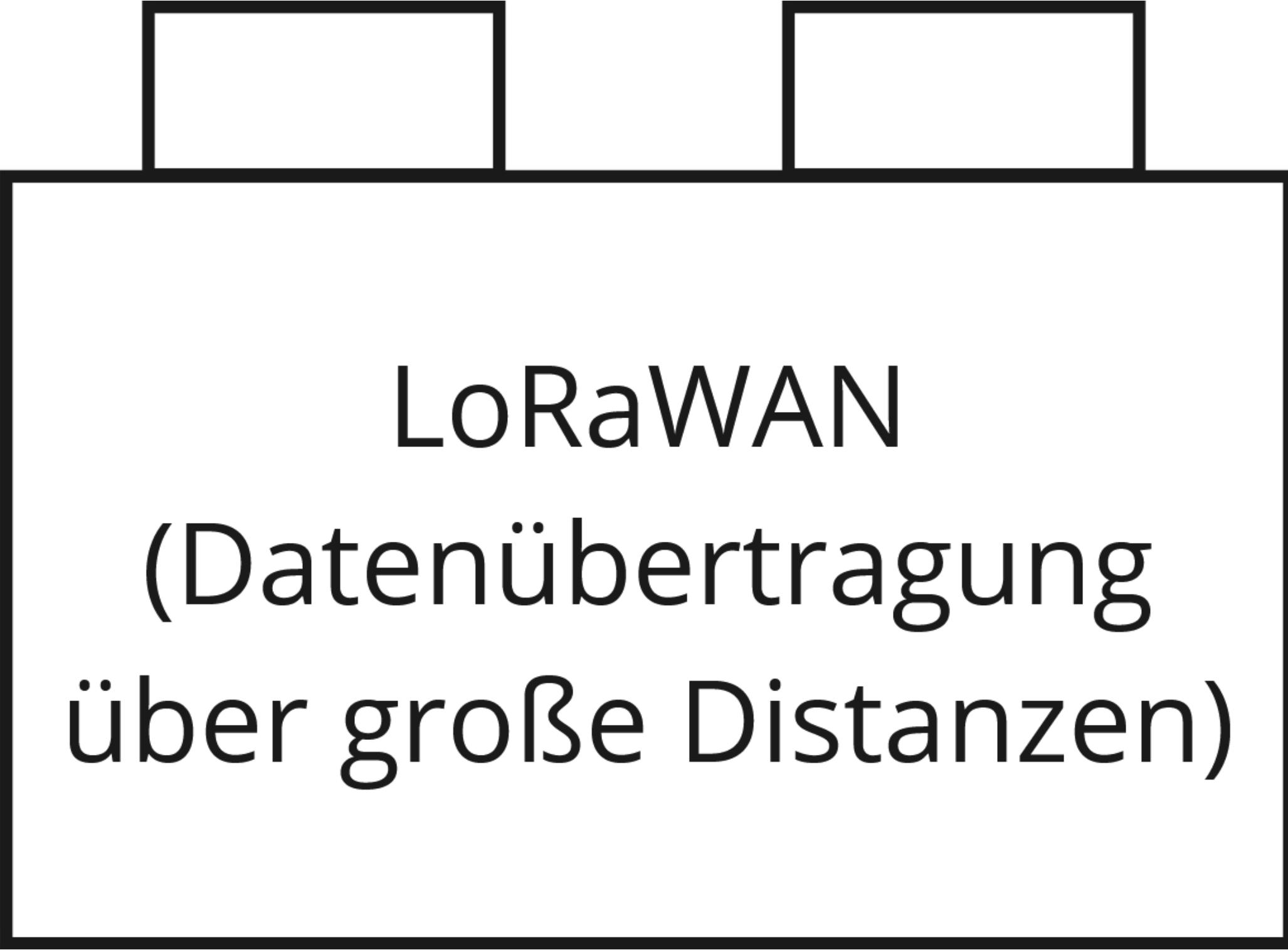


The diagram consists of a large central rectangle with a black border. At the top center, there is a smaller rectangle with a black border. Above the central rectangle, there are two empty rectangular boxes, one on the left and one on the right, also with black borders. This visual representation is commonly used to denote an MQTT Broker node in a network architecture.

MQTT-Broker
(Übertragung von
Messwerten)

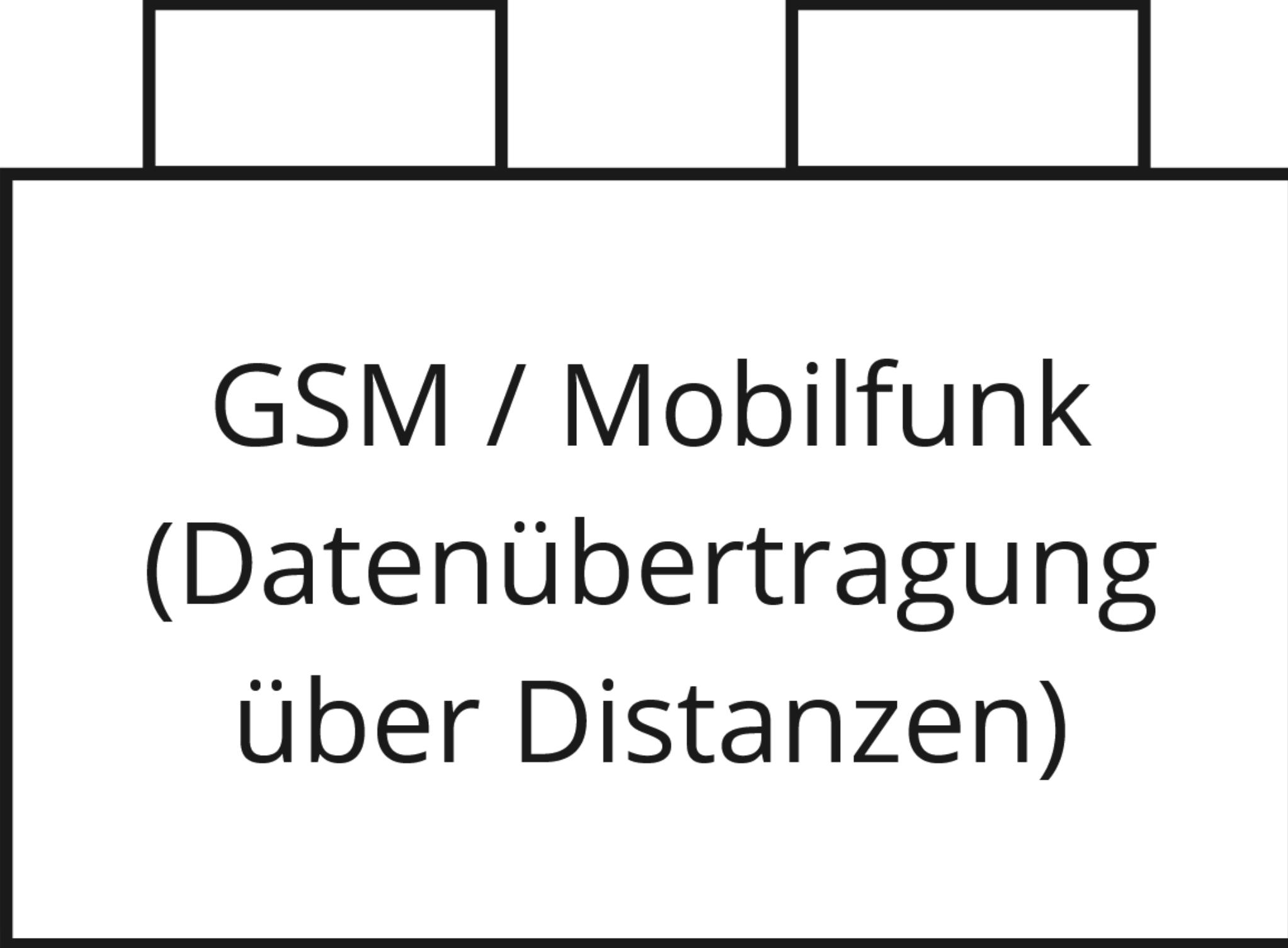


HTTP-Verbindung
(Datenübertragungs-
protokoll)



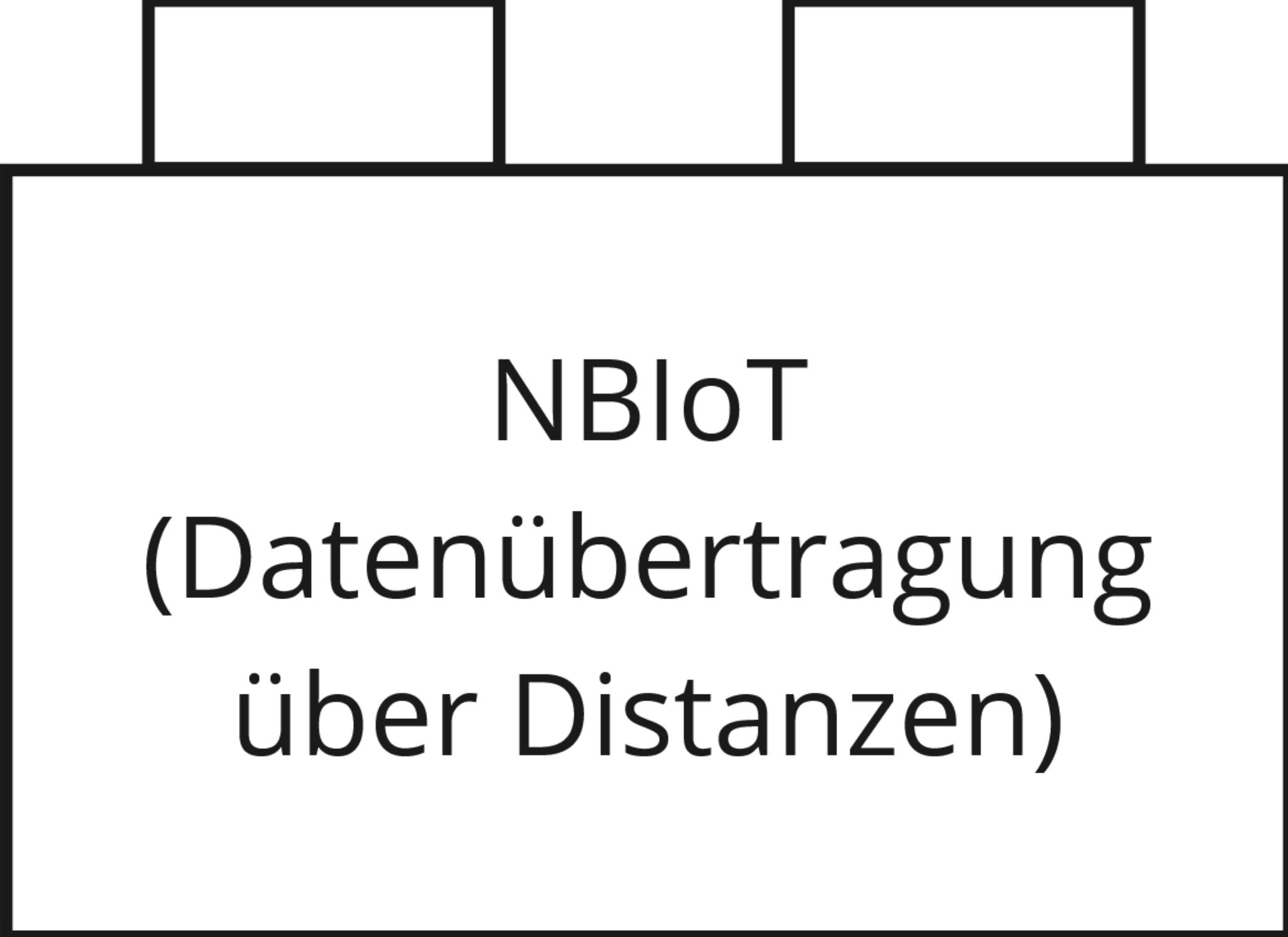
LoRaWAN

(Datenübertragung
über große Distanzen)



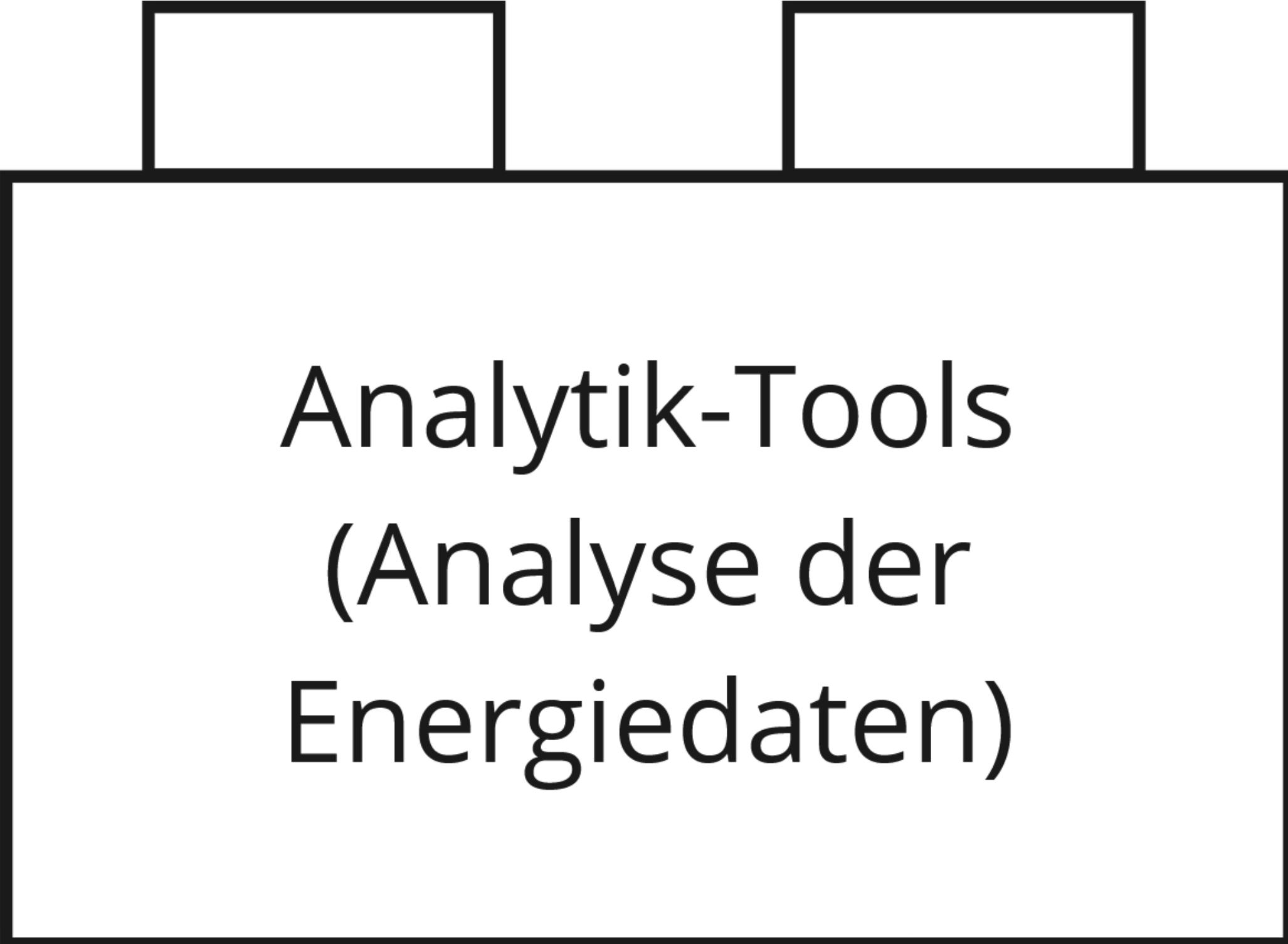
GSM / Mobilfunk

(Datenübertragung über Distanzen)

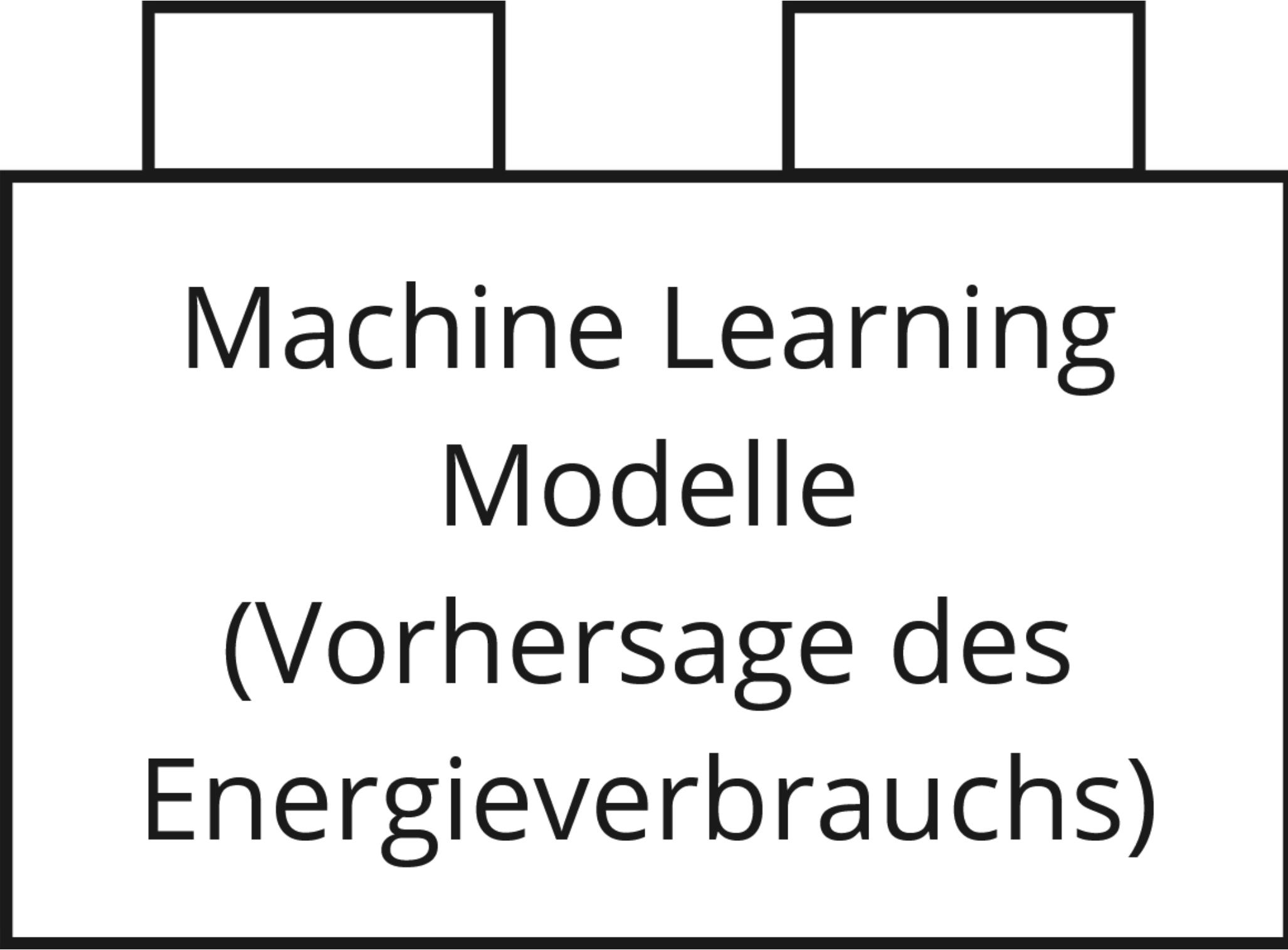


NBIoT

(Datenübertragung über Distanzen)



Analytik-Tools (Analyse der Energiedaten)



Machine Learning Modelle (Vorhersage des Energieverbrauchs)



Digitaler Zwilling (state modelling von Anlagen)



Event Generierung (Soll-Ist-Abgleich von Messwerten)



Dashboard- Anwendung (Visualisierung der Daten)

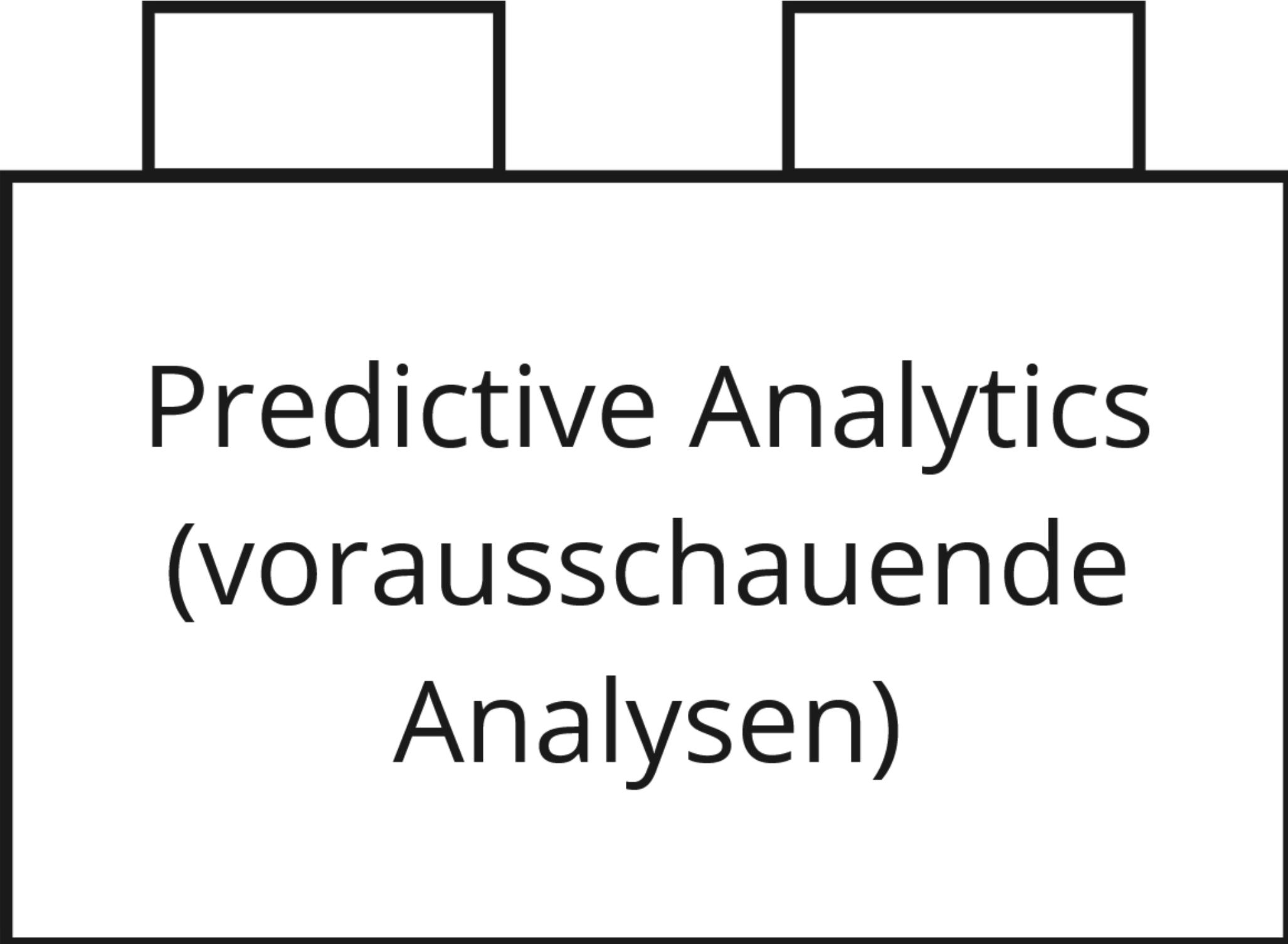


Web-Applikation (Interaktive Visualisierung)





Echtzeit- Datenmonitoring (Visualisierung und Alarmierung)



Predictive Analytics

(vorausschauende Analysen)