

Geschäftsmodellanalyse des io-key

Projektarbeit im Fach IoT-Geschäftsmodelle

von

Dominik Deschner
Matrikelnummer: 3001769



Hochschule Aalen

Hochschule für Technik und Wirtschaft

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Betreuender Dozent Prof. Dr. Markus Weinberger

01.12.2023

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit widmet sich der detaillierten Geschäftsmodellanalyse der IoT-Lösung io-key. Diese Analyse umfasst eine eingehende Untersuchung des Produkts, welches auf der IO-Link-Technologie basiert, sowie die detaillierte Betrachtung seiner Bestandteile. Dabei wird insbesondere das St. Galler magische Dreieck als Analyseinstrument genutzt, um die Funktionalität und Mechanik des Geschäftsmodells zu evaluieren.

Zusätzlich wird eine umfassende Profitabilitätsanalyse der Lösung anhand eines spezifischen Szenarios durchgeführt. Diese Analyse bezieht sich auf die Prognose der Kapitalzuflüsse über einen Zeitraum von fünf Jahren sowie die Bewertung des Nettobarwerts der Investition. Ein abschließender Abschnitt fasst die Ergebnisse der Arbeit zusammen und bietet eine kritische Bewertung der Analyse. Dabei werden potenzielle Entwicklungsimpulse für die Weiterentwicklung des io-key erörtert.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	2
2.1	IO-Link	2
3	Der io-key	4
3.1	Überblick und Funktionsbeschreibung	4
3.2	Aufbauanalyse anhand des IoT Value Stacks	5
3.2.1	Physical Thing	5
3.2.2	Sensor/Actuator	6
3.2.3	Connectivity	6
3.2.4	Analytics	6
3.2.5	Service	6
3.2.6	Customer Value	7
4	Analyse des Geschäftsmodells	8
4.1	St. Gallen Magic Triangle	8
4.1.1	Was?	8
4.1.2	Wer?	8
4.1.3	Wie?	9
4.1.4	Wert?	9
4.2	Revenue Model Framework	9
4.3	Quantitative Cashflow Analyse	10
5	Fazit	12

1. Einleitung

Bereits 2017 betonte das englischsprachige Wirtschaftsmagazin in einem viel zitierten Leitartikel mit dem Titel „The world’s most valuable resource is no longer oil, but data“ [1] den sich wandelnden Charakter des wirtschaftlichen Werts, der sich weg von Öl und hin zu Daten verlagert. Es beschrieb den beispiellosen Hunger amerikanischer Tech-Unternehmen nach eben jenen Daten. Dieser Trend hat sich mittlerweile gefestigt, und Organisationen aller Art beginnen zunehmend, Daten zu sammeln und aus ihnen Mehrwerte zu generieren.

Insbesondere im industriellen Kontext sind physische Messgrößen von enormer Relevanz. Diese werden bereits heute durch Sensoren erfasst und in Steuerungen verarbeitet, um Prozesse zu automatisieren und zu überwachen. [2]

Dennoch impliziert die bloße Erfassung von Messwerten nicht automatisch, dass diese nahtlos, skalierbar und wirtschaftlich in die Big-Data-Infrastruktur eines Unternehmens integriert werden können. Die Herausforderung besteht darin, Daten in ausreichender Quantität und Qualität aus dem Feld zu erfassen. Dies erfordert nicht nur organisatorische, sondern auch technische Lösungsansätze. [3]

Der IO-Link-Standard bietet einen vielversprechenden Ansatz, um den gewachsenen Anforderungen an Datenerfassung und -übertragung im industriellen Umfeld gerecht zu werden. [4]

Das Produkt *io-key* der Firma autosen GmbH ist das Ergebnis einer umfassenden Kooperation deutscher Unternehmen aus den Bereichen Software- und Hardwareentwicklung. Es integriert die IO-Link-Technologie in eine umfassende IoT-Lösung, die es ermöglicht, sämtliche IO-Link-Sensoren oder -Aktuatoren über ein Cloud-Portal zu steuern und zu verwalten. [5]

Im Verlauf dieser Hausarbeit wird eine detaillierte Beschreibung des *io-key* und des zugrunde liegenden Geschäftsmodells präsentiert. Dies geschieht unter Berücksichtigung der in der Vorlesung vermittelten Inhalte, um eine umfassende Analyse zu ermöglichen.

2. Grundlagen

Dieses Kapitel dient der Erläuterung der grundlegenden Konzepte, die für ein umfassendes Verständnis dieser Arbeit erforderlich sind.

2.1 IO-Link

Die IO-Link-Technologie integriert offene Datenübertragungsstandards, Verkabelungsschemata und Anschlussmöglichkeiten für die digitale Kommunikation mit industriellen Sensoren und Aktuatoren in einem weitläufigen Ökosystem. Es umfasst ergänzende Standards zur Gerätebeschreibung, die die Möglichkeiten dieses Systems erweitern. Ein grundlegender Überblick über die IO-Link-Technologie wird im Folgenden gegeben, da sie ein tragender Bestandteil des io-key darstellt.

Die Systemarchitektur einer typischen IO-Link-Integration wird in Abbildung 1 skizziert. Sensoren und Aktuatoren auf der untersten Ebene verfügen entweder über eine IO-Link-Schnittstelle oder sind mit einem Protokollwandler verbunden. Diese Einheiten etablieren eine Verbindung zum darüber liegenden IO-Link-Master, der wiederum eine Verbindung zu einem oder mehreren IO-Link-Geräten herstellt. Der IO-Link-Master fungiert als Vermittler zwischen dem IO-Link-Ökosystem und der umgebenden Technologie. Es existieren Master-Systeme, die Schnittstellen für unterschiedliche Feldbussysteme wie Profinet oder EthernetIP bereitstellen. Darüber hinaus können auch Protokolle wie MQTT oder HTTP unterstützt werden, was die Einsatzmöglichkeiten von IO-Link-Geräten in verschiedenen Systemkonfigurationen erweitert. [6]

Das IO-Link-Protokoll definiert verschiedene Arten der Datenübertragung zwischen Master und Slave:

- Zyklische Prozessdatenübertragung, wie beispielsweise Messdaten eines Sensors.
- Gerätekonfiguration, wie die Einstellung eines Temperaturschwellwerts.
- Ereignisse, wie die Überschreitung eines Schwellenwerts.

IO-Link definiert auch unterschiedliche Kommunikationsmodi, die verschiedene Datenübertragungsraten und somit verschiedene Einsatzprofile unterstützen. Die IODD (IO Device Description) Spezifikation dokumentiert in maschinenlesbarer Form die unterstützten Einstellungen, bereitgestellten Datenstrukturen und Ereignisse für ein konkretes IO-Link-Gerät. [7]

Die Vielfalt an IO-Link-Sensoren und Aktuatoren von verschiedenen Herstellern ermöglicht ihren Einsatz in unterschiedlichen Bereichen wie beispielsweise Predictive Maintenance oder Retrofitting.

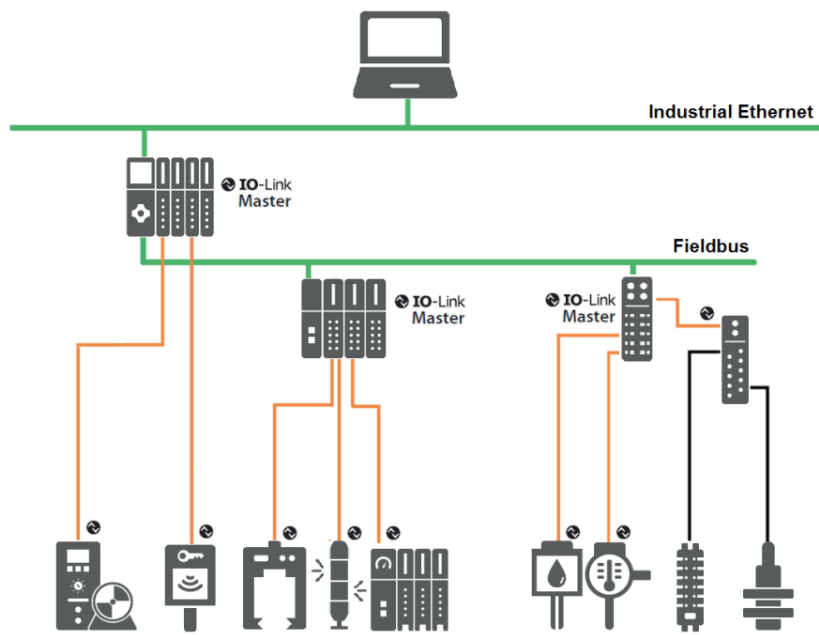


Abbildung 1: IO Link Systemarchitektur [6]

3. Der io-key

Dieses Kapitel stellt das Produkt io-key vor und erläutert im Detail seine Funktionen sowie den daraus resultierenden Kundennutzen.

3.1 Überblick und Funktionsbeschreibung

Der io-key stellt eine integrierte Lösung dar, die die Verbindung von bis zu zwei IO-Link-Geräten mit einer IoT-Plattform über Mobilfunkverbindungen ermöglicht. Diese Konnektivität erlaubt Interaktionen zwischen den verbundenen Geräten und der Plattform. Abbildung 2 zeigt das io-key Gateway, an welches ein Kunde bis zu zwei IO-Link Geräte anschließen und mit der Cloud-Plattform verknüpfen kann. Durch die Nutzung von NB-IoT oder 2G stellt das Gateway eine Internetverbindung her und überträgt die Daten der angeschlossenen Geräte an die io-key Cloud. [8]



Abbildung 2: io-key Master-Gateway [9]

In der io-key Cloud-Plattform (Abbildung 3) können die Daten der verbundenen Geräte mittels Dashboards visualisiert werden [10]. Zusätzlich ermöglicht die Plattform Firmware-Updates für die Gateways, Benutzerverwaltung, Gateway-Verwaltung und Datenexport [11].

Über die Alarmfunktion kann ein Benutzer individuelle Bedingungen festlegen, beispielsweise das Überschreiten eines Grenzwertes, über die er benachrichtigt werden möchte. Bei Eintritt einer solchen Bedingung erfolgt die Benachrichtigung per E-Mail oder SMS [12].

Die sogenannte Edge-Funktion erlaubt die Definition von Bedingungen, unter denen ein analoger Ausgang am Gateway aktiviert werden soll. Dies könnte beispielsweise dazu dienen, einen Lüfter bei Überschreiten einer vordefinierten Temperaturgrenze zu starten [13].

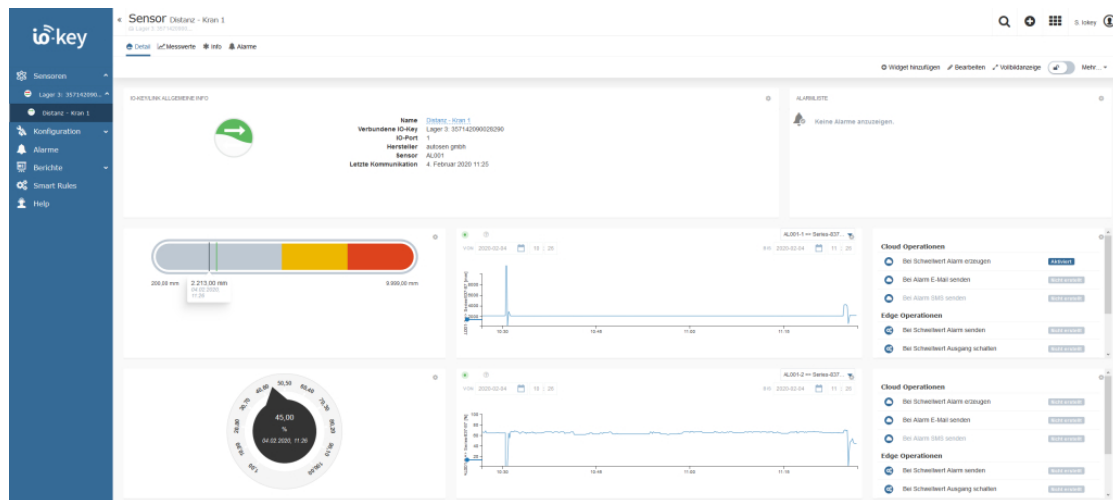


Abbildung 3: io-key Cloud Dashboards [14]

3.2 Aufbauanalyse anhand des IoT Value Stacks

Um ein tieferes Verständnis über die Struktur und Funktionalität des io-keys zu erlangen, erfolgt eine Analyse der verschiedenen Schichten des Produkts anhand des in der Vorlesung behandelten und in [15] beschriebenen IoT Value Stacks.

3.2.1 Physical Thing

Die physische Schicht des io-keys besteht aus zwei wesentlichen Komponenten. Der io-key kombiniert in seinem Gateway einen Industriecomputer mit Mobilfunkanbindung und einen IO-Link-Master. Da der Betrieb eines IO-Link-Masters keinen Selbstzweck darstellt und nur in Kombination mit IO-Link-Sensoren oder Aktuatoren einen Mehrwert bietet, werden die angeschlossenen IO-Link-Geräte ebenfalls als Teil der physischen Schicht betrachtet, obwohl diese nicht im Lieferumfang enthalten sind, sondern vom Kunden bereitgestellt werden. Obwohl io-key nicht notwendigerweise IO-Link-Sensoren

oder Aktuatoren selbst entwickeln muss, erfordert die vollumfängliche und automatische Inbetriebnahme dieser Geräte über die Plattform ein tiefgreifendes Verständnis der Technologie.

3.2.2 Sensor/Actuator

Ein IO-Link-Master ist bereits ein digitales Produkt, das nicht zwangsläufig mit Sensorik oder Aktuatoren ausgestattet werden muss, um mit seiner Umwelt zu interagieren und somit eine IoT-Lösung zu bilden. Die an den io-key angeschlossenen IO-Link-Geräte hingegen beinhalten Sensoren oder auch Aktuatoren. Der io-key kann entsprechend variabel mit Sensorik und Aktuatoren bestückt werden, um verschiedene Messgrößen zu erfassen und auf diese einzuwirken.

Es ist möglicherweise auch denkbar, Betriebsparameter wie beispielsweise Prozessortemperatur oder Energieverbrauch aus dem integrierten Master auszulesen und zu übertragen. Dies könnte beispielsweise für Predictive Maintenance oder die Prognose der Restlebensdauer des Gateways verwendet werden. Allerdings stellt dieser Anwendungsfall nicht die Kernfunktionalität des io-keys dar und wird in dieser Arbeit nicht weiter behandelt.

3.2.3 Connectivity

Die Kommunikation zwischen dem IO-Link-Master und den IO-Link-Geräten erfolgt kabelgebunden über das IO-Link-Protokoll. Zur Übertragung der Daten in die io-key Cloud stellt das Gateway eine Internetverbindung mithilfe einer integrierten SIM-Karte über Mobilfunk her. Hierbei werden die Standards NB-IoT oder 2G unterstützt [8].

3.2.4 Analytics

Der Bereich Analytics umfasst die Datenverarbeitung in der Cloud. Für den io-key sind sowohl die Umwandlung der von den IO-Link-Geräten ausgelesenen Nutzdaten anhand der IODD-Gerätebeschreibung in verständliche Datensätze als auch die Speicherung dieser konvertierten Daten in der Cloud, die Aggregation für die Verwendung in Dashboards und die Auswertung mithilfe der integrierten Rule Engine von Bedeutung [10].

3.2.5 Service

Die Funktionen der io-key Plattform, wie in Kapitel 3 beschrieben, werden in Form eines Webportals bereitgestellt.

3.2.6 Customer Value

Der io-key ermöglicht seinen Kunden eine vergleichsweise einfache und von der Umgebung unabhängige Inbetriebnahme und Verwendung von IO-Link-Geräten. Ohne den io-key müsste der Kunde einen dedizierten IO-Link-Master beschaffen, konfigurieren, Prozessdaten über den Master abfragen und schließlich anhand der IODD-Datei interpretieren und aufschlüsseln. Zudem wäre der Anwender selbst für die Bereitstellung einer Internetverbindung verantwortlich. Dieser Prozess wird durch den io-key entscheidend vereinfacht, da die bereitgestellten Cloud-Dienste in Kombination mit der direkten Integration des IO-Link-Masters eine ganzheitliche und automatische Interpretation des IO-Link-Protokolls ermöglichen.

Die Vielfalt an verfügbaren Sensortypen und Aktuatoren erlaubt die Orchestrierung unterschiedlichster Lösungen. Insbesondere Remote Monitoring und weniger komplexe Retrofit-Szenarien scheinen prädestiniert zu sein für den Einsatz des io-keys. Hierbei werden beispielsweise die Überwachung von Druckluft und die Leckageerkennung von Maschinen [16], die Temperaturüberwachung von Fertigungsanlagen [17] oder die Produktionskennzahlerfassung für Pressmaschinen [18] als Praxisbeispiele angeführt.

Zusätzlich zur vollständigen SaaS-Lösung bietet io-key unter dem Namen „apollo“ [19] den Stack des io-keys exklusiv der Service-Schicht als Produkt an. Auf dieser Schnittstelle aufbauend können individualisierte Lösungen von Dritten entwickelt werden, die davon profitieren, die bestehende Infrastruktur zur Verarbeitung von IO-Link-Daten des io-keys zu nutzen.

4. Analyse des Geschäftsmodells

In diesem Kapitel wird das Geschäftsmodell von io-key anhand der in der Vorlesung erlernten Methoden analysiert.

4.1 St. Gallen Magic Triangle

In diesem Abschnitt wird das Geschäftsmodell von io-key anhand des in Abbildung 4 dargestellten St. Gallen Magic Triangle analysiert [20].

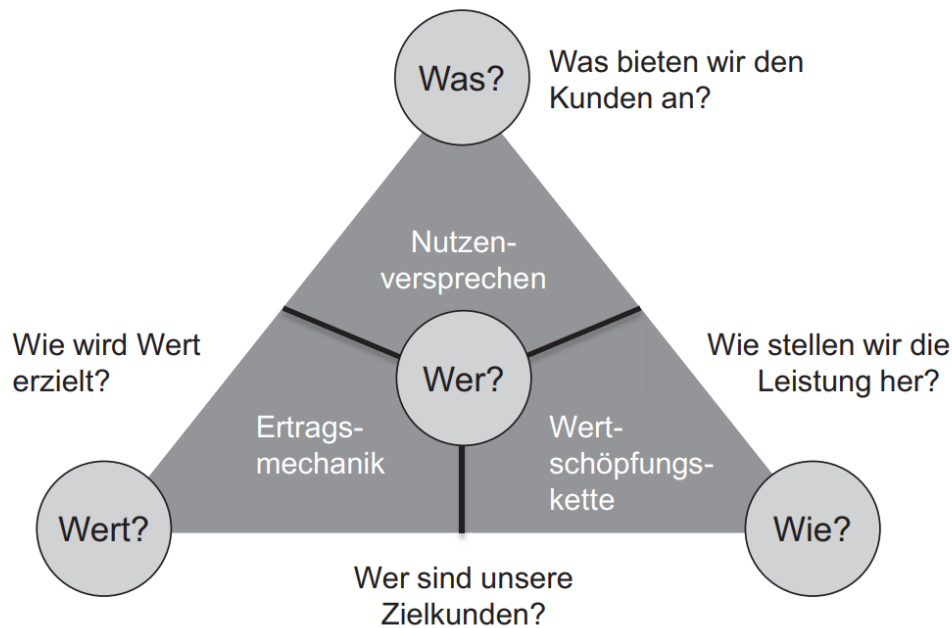


Abbildung 4: St. Gallener Business Model Navigator magisches Dreieck [20, S. 6]

4.1.1 Was?

io-key ist eine integrierte Lösung für den cloudbasierten Betrieb von IO-Link-Geräten. Die Verwendung von io-key erfordert keine tiefgreifende Expertise, da komplexe technische Prozesse von der Plattform abstrahiert werden. Diverse Funktionalitäten zur Visualisierung, Analyse und Ereignisverarbeitung werden über die Cloud bereitgestellt [10].

4.1.2 Wer?

Das Angebot richtet sich an kleine bis mittelgroße Unternehmen, die einerseits durch die unkomplizierte, ortsunabhängige und schnelle Installation von io-key einfachere Remote-Monitoring-Szenarien ohne externe Unterstützung realisieren können. Andererseits dürfen

keine zu hohen Anforderungen hinsichtlich Funktionalität oder Integration mit weiteren Unternehmenssystemen bestehen. Größere Unternehmen, die von IO-Link-Technologie und Industrie 4.0 Anwendungsfällen profitieren können oder darauf aufbauend eine eigene IoT-Lösung entwickeln möchten, werden durch io-key apollo angesprochen, welcher die Datenübertragung in die Cloud des Kunden ermöglicht.

4.1.3 Wie?

Design und Entwicklung des Gateways sowie Entwicklung und Betrieb der Cloud-Infrastruktur.

4.1.4 Wert?

io-key generiert Einnahmen durch den einmaligen Verkauf des Gateways, an welches die IO-Link-Geräte des Kunden angeschlossen werden können. Dafür wird ein Preis von 275 € aufgerufen. Für den Betrieb des Gateways wird eines der angebotenen Abonnement-Pakete benötigt, welches durch zusätzliche Optionen auf die Bedürfnisse des Kunden angepasst werden kann. Primär sind die Pakete durch das Datenübertragungsintervall in die Cloud differenziert. Funktionalitäten wie z.B. die Alarmfunktion über SMS oder die Datenspeicherung für ein Jahr, statt einer Woche, sind einzeln buchbar und erhöhen den monatlichen Preis der Subscription [21]. Auf der Kostenseite stehen Gehälter, die Produktions- und Entwicklungskosten des Gateways, sowie Kosten für Entwicklung und Betrieb der Cloud-Plattform. Die Gateways verbinden sich über Mobilfunk mit dem Internet, daher fallen zusätzlich laufende Kosten für das genutzte Datenvolumen an.

4.2 Revenue Model Framework

io-key generiert Einnahmen sowohl durch den Verkauf des Gateways und Zubehörs als auch durch die für die Nutzung obligatorischen Abonnements. In Abbildung 5 sind die Ertragsströme des io-key anhand des IoT Revenue Model Framework visualisiert. Das Gateway ist ein physisches Produkt, welches vom Kunden gekauft wird und in dessen Eigentum übergeht. Die Clouddienste werden als digitaler Service verkauft. Um den io-key verwenden zu können, muss der Kunde das Gateway kaufen und zwangsweise ein Abonnement abschließen, da das Gateway ohne dieses nicht verwendet werden kann. Folglich wird hier ein Dual Play Ertragsmodell realisiert [22].

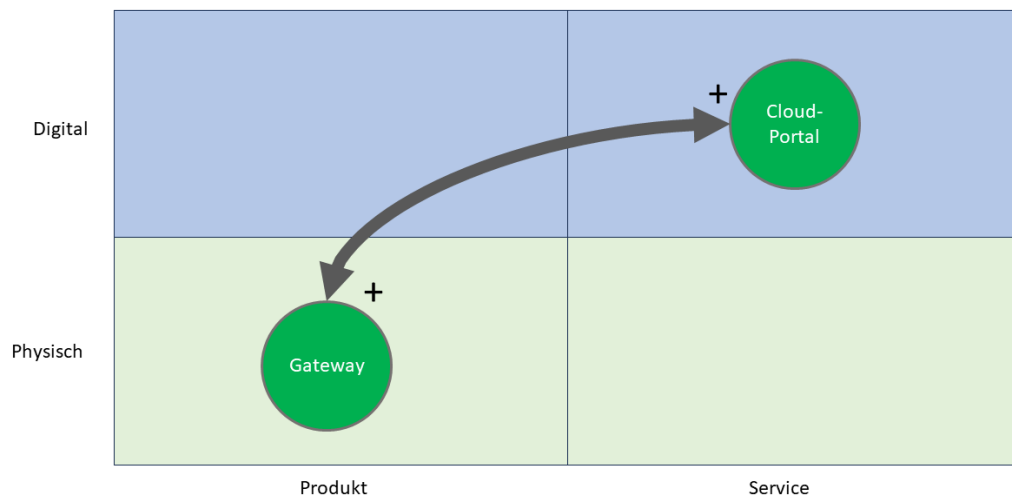


Abbildung 5: Ertragsströme des io-key, eigene Darstellung in Anlehnung an [22]

4.3 Quantitative Cashflow Analyse

Für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit eines Geschäftsmodells ist die Betrachtung der erwarteten Cashflows essenziell. Hierfür eignet sich die Discounted Cashflow Methode, mit der zukünftige Mittelzuflüsse und Kosten abgezinst werden und somit der Nettobarwert einer Investition berechnet wird. Für Dual Play Ertragsmodelle wird im IoT Revenue Model Framework folgende Formel für die Berechnung des Nettobarwerts definiert:

$$NPV = m_H + m_S \left(\frac{1}{i} - \frac{1}{i(1+i)^T} \right) \quad [22]$$

Der Nettobarwert muss größer als 0 sein, damit eine Investition wirtschaftlich ist [22]. Im Folgenden wird der Cashflow von io-key für das Paket M mit den Optionen „1 Jahr Cloudspeicher“ und „SMS Benachrichtigungen“ für einen Zeitraum von fünf Jahren betrachtet. Diese Konfiguration deckt die von io-key beworbenen Anwendungsfälle ab, weshalb angenommen wird, dass diese am häufigsten gebucht wird.

In Tabelle 1 sind alle für diese Betrachtung relevanten Mittelzuflüsse aufgelistet. Vom Autor getroffene Annahmen sind mit einem Asterisk gekennzeichnet. Die angesetzten Betriebs- und Wartungskosten beinhalten die anfallenden Kosten für die Mobilfunkanbindung.

Position	Mittelzufluss	Häufigkeit
Verkaufspreis Gateway	+275 €	Einmalig
Herstellkosten Gateway*	-82 €	Einmalig
Einnahmen Abonnement	+186 €	Jährlich
Betrieb- und Wartungskosten Plattform*	-150 €	Jährlich
Zinssatz*	+7 %	-

Tabelle 1: Mittelzuflüsse io-key

Aus den zuvor festgelegten Parametern ergeben sich die in Abbildung 6 visualisierten Mittelzu- und abflüsse. Es ist ersichtlich, dass das Geschäftsmodell unter den getroffenen Annahmen bereits im ersten Jahr und fortlaufend einen positiven Cashflow aufweist. Diese Aussage wird durch den berechneten Nettobarwert von 340,6 € für den Betrachtungszeitraum von fünf Jahren gestützt.

Ein Großteil des Gewinns wird durch den Verkauf des Gateways beim Start eines Abonnements realisiert, daher profitiert das Geschäftsmodell des io-key stark von Neukunden oder Zusatzgeschäft mit Bestandskunden. Hier könnten gezielte Marketing-Aktionen genutzt werden, um das Produkt zu bewerben. Möglicherweise würde eine Preissenkung des Abonnements zu zusätzlichem Absatz führen. Grundsätzlich lässt sich resümieren, dass io-key in einer relativ komfortablen Situation ist, in der keine Anpassung am bestehenden Geschäftsmodell notwendig ist.

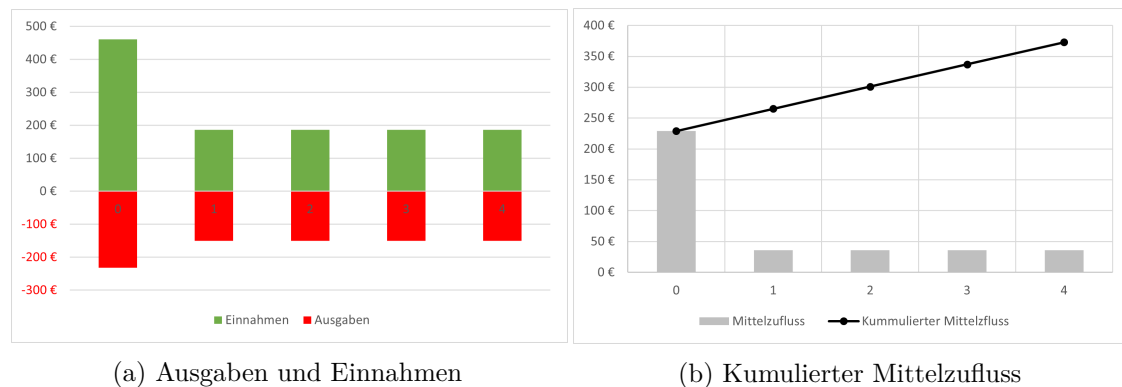


Abbildung 6: Mittelzu- und abflüsse für den Betrachtungszeitraum von 5 Jahren

5. Fazit

Im Kontext dieser Arbeit wurde ein Überblick über die IoT Lösung io-key und die zugrundeliegende IO-Link-Technologie gegeben. Weiterhin wurde der Aufbau des Produkts analysiert und der Kundennutzen herausgearbeitet. Auch das Geschäftsmodell von io-key wurde genauer betrachtet und eine Cashflow-Analyse für eine konkrete Konfiguration des io-key Cloud Abonnements durchgeführt. Dabei wird evident, dass der io-key unter den getroffenen Annahmen ein hochprofitables Produkt ist.

Die IoT-Lösung zielt auf B2B-Kunden für kleinere und eher triviale Projekte ab. Hierfür werden unterschiedliche Lösungen angeboten und selbst Dritte können auf der Technologie aufbauend eigene Lösungen entwickeln. Dieses Geschäftsfeld scheint bereits gut entwickelt zu sein. Eine Absatzsteigerung scheint realistisch zu sein, wenn es io-key gelingt auch Anforderungen mittlerer und großer Unternehmen zu erfüllen. Dies könnte beispielsweise durch die Implementierung folgender Funktionen erreicht werden:

- Schnittstellen in ERP- und MES-Systeme
- Erweiterte Edge Funktionen wie z.B. visuelle Workflow Programmierung und Ausführung
- Weiterentwicklung des Gateways mit mehr als zwei IO-Link Ports
- Adapter für andere Protokolle als IO-Link wie z.B. Modbus oder i²c

Der io-key ist ein vielseitiges Produkt, welches zusätzlich zu den beschriebenen Geschäftsfällen weitere Revenue Streams aufweist. So wird der io-key auch als Komponente für die Entwicklung weiterer Plattformen angeboten. Nicht nur dadurch profitiert das Geschäftsmodell von io-key von unterschiedlichen Ökosystem-Mechaniken, wie z.B. dass die Verwendung des io-keys immer attraktiver wird je mehr Marktdurchdringung der IO-Link-Standard erreicht. Oder auch erfolgreiche Plattformen basierend auf der io-key Infrastruktur sorgen für zusätzlichen Umsätze. Diese Aspekte wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht berücksichtigt, sind jedoch relevant um das Geschäftsmodell holistisch zu betrachten.

References

- [1] Economist. „The world’s most valuable resource is no longer oil, but data“. Abgerufen am. (Mai 2017), [Online]. Verfügbar: <https://www.economist.com/leaders/2017/05/06/the-worlds-most-valuable-resource-is-no-longer-oil-but-data> (besucht am 22. Nov. 2023).
- [2] Y. Lu, C. Liu, K. I.-K. Wang, H. Huang und X. Xu, „Digital Twin-driven smart manufacturing: Connotation, reference model, applications and research issues“, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Jg. 61, S. 101–137, Feb. 2020, ISSN: 0736-5845. DOI: [10.1016/j.rcim.2019.101837](https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.101837).
- [3] M. H. ur Rehman, I. Yaqoob, K. Salah, M. Imran, P. P. Jayaraman und C. Perera, „The role of big data analytics in industrial Internet of Things“, *Future Generation Computer Systems*, Jg. 99, S. 247–259, Okt. 2019, ISSN: 0167-739X. DOI: [10.1016/j.future.2019.04.020](https://doi.org/10.1016/j.future.2019.04.020).
- [4] H. J. Gonzaga und T. C. Pimenta, „Study and Application of the IO-Link Industrial Network in the Context of Industry 4.0“, in *2023 30th International Conference on Mixed Design of Integrated Circuits and System (MIXDES)*, IEEE, 2023. DOI: [10.23919/mixdes58562.2023.10203244](https://doi.org/10.23919/mixdes58562.2023.10203244).
- [5] K. und Entwicklung. „So ermöglicht der IO-Key neue Geschäftsmodelle im IIoT“. (2019), [Online]. Verfügbar: <https://www.konstruktion-entwicklung.de/so-ermoeglicht-der-io-key-neue-geschaeftsmodelle-im-iiot> (besucht am 21. Nov. 2023).
- [6] I.-L. Community, *IO-Link System Description*, 2018. [Online]. Verfügbar: https://io-link.com/share/Downloads/At-a-glance/IO-Link_System_Description_eng_2018.pdf.
- [7] P. Patolla, D. Reichelt, D. Mothes und G. Schneider, „An architecture for an automatic integration of IO-Link sensors into a system of systems“, in *IECON 2021 – 47th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, IEEE, Okt. 2021. DOI: [10.1109/iecon48115.2021.9589686](https://doi.org/10.1109/iecon48115.2021.9589686).
- [8] io-key. „Der io-key“. (2023), [Online]. Verfügbar: <https://help.io-key.com/de/guide/der-io-key/> (besucht am 15. Okt. 2023).
- [9] autosen. (o. J.), [Online]. Verfügbar: https://media.autosen.com/autosen_content/iokey/landingpage/img/front_iokey.png (besucht am 22. Nov. 2023).
- [10] io-key. „Sensor to Cloud“. (2023), [Online]. Verfügbar: <https://help.io-key.com/de/guide/sensor-to-cloud/> (besucht am 15. Okt. 2023).
- [11] —, „Firmware Update“. (2023), [Online]. Verfügbar: <https://help.io-key.com/de/guide/firmware-update/> (besucht am 15. Okt. 2023).

- [12] —, „Alarme und Aktionen“. (2023), [Online]. Verfügbar: <https://help.io-key.com/de/guide/alarme-und-aktionen/> (besucht am 15. Okt. 2023).
- [13] —, „Edge Funktionen“. (2023), [Online]. Verfügbar: <https://help.io-key.com/de/guide/edge-funktionen/> (besucht am 15. Okt. 2023).
- [14] —, „Dashboard und Widgets“. (2023), [Online]. Verfügbar: <https://help.io-key.com/de/guide/dashboards-und-widgets/> (besucht am 22. Nov. 2023).
- [15] E. Fleisch, M. Weinberger und F. Wortmann. „Business Models and the Internet of Things“, Bosch Internet of Things & Services Lab. (2014), [Online]. Verfügbar: https://www.iot-lab.ch/wp-content/uploads/2014/11/EN_Bosch-Lab-White-Paper-GM-im-IOT-1_3.pdf (besucht am 20. Okt. 2023).
- [16] autosen. „SMC - io-key White-Label-Solution“, autosen. (2023), [Online]. Verfügbar: <https://autosen.com/de/Industrie-4-0-Loesungen/Kundenprojekte/SMC-io-key-White-Label-Solution> (besucht am 19. Okt. 2023).
- [17] —, „Jaspers - High-End-Sensorik bei Kerzenschein“, autosen. (2023), [Online]. Verfügbar: <https://autosen.com/de/Industrie-4-0-Loesungen/Kundenprojekte/Jaspers-High-End-Sensorik-bei-Kerzenschein> (besucht am 19. Okt. 2023).
- [18] —, „FRIMA - Von der Presse in die Cloud“, autosen. (2023), [Online]. Verfügbar: <https://autosen.com/de/Industrie-4-0-Loesungen/Kundenprojekte/FRIMA-Von-der-Presse-in-die-Cloud> (besucht am 19. Okt. 2023).
- [19] —, „apollo - your sensor in any cloud“, autosen. (2023), [Online]. Verfügbar: <https://autosen.com/de/Industrie-4-0-Loesungen/apollo-your-sensor-in-any-cloud#schneller> (besucht am 19. Okt. 2023).
- [20] O. Gassmann, K. Frankenberger und M. Choudury, *Geschäftsmodelle entwickeln*, M. Csik und O. Gassmann, Hrsg., München, 2013. DOI: [10.3139/9783446452848.fm](https://doi.org/10.3139/9783446452848.fm).
- [21] autosen. „IO001io-key Wireless IoT Gateway“. (2023), [Online]. Verfügbar: <https://autosen.com/de/io-key-IO-Link/io-key/io-key-Wireless-IoT-Gateway-IO001-M> (besucht am 20. Okt. 2023).
- [22] E. Fleisch, D. Bilgeri, M. Weinberger und F. Wortmann, „REVENUE MODELS AND THE INTERNET OF THINGS - The Consumer IoT Market“, en, 2016. DOI: [10.13140/RG.2.2.28287.66728](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28287.66728).