

Masterarbeit

LOGISTIKKONZEPT FÜR DEN SMART METER ROLLOUT

ausgeführt am



FACHHOCHSCHULE DER WIRTSCHAFT

Fachhochschul-Masterstudiengang
Automatisierungstechnik-Wirtschaft

von

Ing. Harald Knechtl, BSc

1510322007

betreut und begutachtet von

Dipl.-Ing. (FH) Werner Frissenbichler

Graz, im Dezember 2016

..... 

Unterschrift

EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benützt und die benutzten Quellen wörtlich zitiert sowie inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.



Unterschrift

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die mich bei der Anfertigung dieser Masterarbeit unterstützt haben. Ein besonderer Dank gilt meinem Betreuer, Herrn Dipl.-Ing. (FH) Werner Frissenbichler, der mich durch seine hilfreichen Anregungen immer wieder unterstützt hat. Des weiteren möchte ich mich ganz besonders bei meiner Familie, Freunden und Bekannten bedanken, die mich immer unterstützt und motiviert haben, und somit wesentlich Anteil an der Erstellung dieser Arbeit haben. Ein Besonderer Dank gebührt ebenfalls meinen Kollegen Hr. DI Gerhard Kaufmann und Hr. DI Mag. Harald Gruber sowie den Kollegen aus dem Zählermanagement, die mich mit Ihrem Wissen und Ihrer Erfahrung immer wieder unterstützt haben.

KURZFASSUNG

In den meisten österreichischen Haushalten wird ein sogenannter Ferraris-Zähler zur Messung der verbrauchten elektrischen Energie eingesetzt. Aufgrund der gesetzlichen Lage sind die österreichischen Netzbetreiber verpflichtet, 95 % der Ferraris-Zähler bis zum Ende des Jahres 2019 durch moderne Smart Meter zu ersetzen. Die Hauptaufgabe der Netzbetreiber ist die Versorgung seiner Kunden mit elektrischer Energie. Der bevorstehende Rollout stellt eine große Herausforderung an den Netzbetreiber im Bereich der Logistik dar.

Das Ziel dieser Masterarbeit ist es, ein Logistikkonzept zu erstellen, welches den Rollout von fast 200 000 Smart Meter im Netzgebiet der Stromnetz Graz GmbH & Co KG in einem Zeitraum von dreieinhalb Jahren sicherstellt. Zu Beginn werden die Rahmenbedingungen im Rollout definiert und drei mögliche Konzepte erstellt. Im theoretischen Teil der Arbeit werden relevante logistische Größen bestimmt und Planungsmethoden beschrieben. Im nächsten Schritt werden die Warenflüsse in den drei betrachteten Szenarien analysiert und quantifiziert. Darüber hinaus werden die logistischen Prozesse untersucht um die notwendigen Ressourcen bestimmen zu können. Am Ende erfolgt der Vergleich der gewonnenen Ergebnisse. Diese werden anhand einer Nutzwertanalyse bewertet, um das beste Konzept hinsichtlich der Ressourcen, der Nachverfolgbarkeit der Zähler während des Rollouts sowie der strategischen Nutzung des Konzepts über den Rollout hinaus, zu bestimmen.

Die Bewertung der drei Konzepte zeigt, dass das Konzept mit einem Zentrallager und zwei externen Servicestellen das am besten geeignete Konzept darstellt, obwohl es sich dabei um jenes mit der größten Dezentralisierung handelt. Die gewonnenen Ergebnisse werden in der weiteren Planung des Rollouts berücksichtigt.

ABSTRACT

In nearly all Austrian households a so called Ferraris meter is used to measure the consumption of electric power. Due to the legal situations Austrian grid operators are committed to replacing at least 95 % of the existing meters with modern smart meters by the end of 2019. The main focus of grid operators is to provide electric power to their customers. The upcoming smart meter rollout highly challenges the logistics of grid operators.

The aim of this master thesis is to create a logistic concept which ensures the rollout of nearly 200 000 smart meters within three and a half years. At the beginning parameters for the rollout are defined, and three possible logistic concepts are created. The theoretical part of the thesis deals with the determination of relevant quantities of a logistic system and with planning methods. The practical part of this thesis covers the investigation and quantification of the flow of goods in all three concepts. Furthermore the logistic processes are analysed and the required resources are determined. Finally the results are compared. A value benefit analysis assesses which of the three investigated concepts is best in terms of the amount of required resources, traceability of the smart meter during the rollout and the strategic use of the concept after the rollout.

The assessment of the three concepts points out that the concept with one central warehouse and two external service points is the most appropriate concept, even though this concept is the most decentralized. The results of this thesis are going to be considered in the further planning of the rollout.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	1
1.1	Ist-Situation	1
1.2	Zielsetzung.....	2
1.3	Unternehmensbeschreibung.....	3
2	Smart Meter Rollout	4
2.1	Rahmenbedingungen	5
2.1.1	Gesetzliche Rahmenbedingungen und Forderungen.....	5
2.1.2	Zeitlicher Rahmen.....	6
2.1.3	Netzgebiet.....	6
2.1.4	Einbausituation	7
2.1.5	Zugänglichkeit.....	9
2.1.6	Niedrig-Tarif-Zähler.....	10
2.1.7	Soziales Umfeld bei der Zählermontage	10
2.1.8	Materialbeschaffung	11
2.2	Vorgehensweise im Rollout	11
2.3	Auswirkungen auf das Unternehmen	12
2.4	Einbauvarianten.....	12
2.5	Komponenten des Rollout	13
2.5.1	IT Systeme.....	13
2.5.1.1	Workforce-Management-System (WFM).....	13
2.5.1.2	Zählermanagement und Lagerverwaltung.....	14
2.5.2	Rollen und Beteiligungen beim Rollout.....	14
2.5.2.1	Annahmeprüfung	14
2.5.2.2	Zentrallager	15
2.5.2.3	Servicestelle für Rollout und / oder Betrieb	15
2.5.2.4	Montageteams für den Einbau der Smart Meter durch einen Dienstleister	15
2.5.2.5	Montageteams der Stromnetz Graz	15
2.5.2.6	Steuerung der Montagendienstleistung.....	15
2.5.2.7	Administration	15
2.6	Rolloutprojekte und deren Herausforderungen	16
2.7	Smart Meter Rolloutlogistik.....	17
3	Materialfluss	18
3.1	Warteschlangentheorie.....	18
3.1.1	Beschreibung von Bediensystemen	19
3.1.2	Klassifizierung von Bediensystemen	20
3.1.3	Exponentialverteilung	21
3.2	Wartemodelle.....	22
3.3	M/M/1 Modell	23
3.4	Materialflussplanung.....	26

4	Lager	28
4.1	Lagerkapazität	28
4.2	Flächennutzungsgrad	30
4.3	Lagerbestände	31
4.3.1	Sicherheitsbestand	32
4.3.2	Lieferbereitschaftsgrad	33
4.4	Wirtschaftliche Bestellmenge	34
5	Beschaffungslogistik.....	37
5.1	Bedarfsmengen.....	37
5.2	Prozessschritte	38
5.2.1	Produktion.....	38
5.2.2	Eichung	39
5.2.3	Wareneingang.....	39
5.2.4	Annahmeprüfung	39
5.3	Entwicklung der Beschaffungsszenarien.....	39
5.3.1	Beschaffungsszenario 1	40
5.3.2	Beschaffungsszenario 2	42
5.3.3	Bewertungskriterien für die Beschaffungsprozesse	43
5.3.4	Vergleich der Beschaffungsszenarien	44
5.4	Zusammenfassung	45
6	Ressourcenbedarf im Smart Meter Rollout.....	47
6.1	Allgemeines	47
6.1.1	Sortiment.....	47
6.1.2	Ladehilfsmittel	48
6.1.3	Lagerart.....	48
6.1.4	Nachverfolgbarkeit und Sicherheit.....	49
6.1.5	Mengengerüst	50
6.2	Szenarien.....	51
6.2.1	Bedeutung der Servicestelle.....	51
6.2.2	Szenario 1 - Zentrales Lager mit integrierter Servicestelle	52
6.2.3	Szenario 2 - Zentrallager mit einer Servicestelle für Rollout und Betrieb.....	53
6.2.4	Szenario 3 - Zentrallager mit getrennten Servicestellen für Rollout und Betrieb	54
6.3	Warenströme	55
6.3.1	Eingehender und abgehender Warenfluss vom und zum Zählerlieferanten	56
6.3.2	Eingehender und abgehender Warenfluss vom und zum Monteur	57
6.4	Warenströme bei zentralem Lager mit integrierter Servicestelle.....	58
6.5	Warenströme mit Zentrallager und einer Servicestelle	59
6.6	Warenströme mit Zentrallager und zwei Servicestellen	59
6.7	Warenstrom vom Lieferanten	61
6.8	Kapazitätsplanung für das Zentrallager.....	62
6.8.1	Lagergröße des Zentrallagers mit integrierter Servicestelle.....	65
6.8.2	Lagergröße des Zentrallagers mit einer externen Servicestelle.....	66

6.8.3	Lagergröße des Zentrallagers mit zwei externen Servicestellen.....	66
6.8.4	Vergleich der Stellplatzkapazitäten in den Szenarien	67
6.8.5	Worst Case Szenario	68
6.9	Transportkapazitäten für den Rollout	70
6.10	Kapazitätsplanung für die Servicestellen.....	72
6.10.1	Integrierte Servicestelle beim Szenario 1	72
6.10.2	Servicestelle im Szenario 2	74
6.10.3	Servicestellen im Szenario 3	75
6.11	Personalressourcen	77
6.11.1	Handhabung der Zähler	77
6.11.1.1	Handhabung von Zählern mit kryptographischem Material.....	77
6.11.1.2	Handhabung von Zählern ohne kryptographischem Material	78
6.11.1.3	Vergleich der Methoden	78
6.11.2	Vergleich der Prozesse in den unterschiedlichen Szenarien	78
6.11.3	Ergebnis der Ressourcenbedarfsermittlung der verschiedenen Szenarien	80
7	Datenfluss	82
7.1	Informationsfluss beim Zählerhandling	83
7.2	Vergleich der drei Szenarien	87
7.3	Auswirkungen auf die betroffenen Systeme	88
8	Bewertung der Logistikkonzepte	90
8.1	Bewertungskriterien und Methodik	90
8.1.1	Stellplatzbedarf im Zentrallager	91
8.1.2	Stellplatzbedarf in den Servicestellen.....	92
8.1.3	Infrastruktur in den Servicestellen	92
8.1.4	Transportkapazität	92
8.1.5	Gesamter Personalbedarf zur Realisierung des Konzepts	93
8.1.6	Personalbedarf der EGG / SGG zur Realisierung des Konzeptes	93
8.1.7	Nachverfolgbarkeit der Zähler im Rollout	93
8.1.8	Unabhängigkeit von der Systemeinführung im Rollout	93
8.1.9	Verwendung des Konzepts nach dem Rollout.....	94
8.2	Gewichtung der Kriterien	94
8.3	Ergebnis der Nutzwertanalyse.....	96
8.3.1	Vergleich der Erfüllungsgrade	96
8.3.2	Ergebnis der Nutzwertanalyse.....	97
8.4	Zusammenfassung und Empfehlungen aus der Nutzwertanalyse	98
9	Ergebnisse	100
	Literaturverzeichnis	102
	Abbildungsverzeichnis.....	105
	Tabellenverzeichnis.....	108
	Anhang 1: Nutzwertanalyse.....	109
	Anhang 2: Ermittlung der Personalressourcen	110
	Anhang 3: Mengengerüst der Bestandsanlagen	111

1 EINLEITUNG

Den gesetzlichen Vorgaben geschuldet, stehen Österreichs Netzbetreiber vor der großen Herausforderung die bestehenden, bewährten Messmittel, die sogenannten Ferraris-Zähler, durch intelligente Messgeräte, den Smart Metern, zu ersetzen. Diese neue Technologie soll es dem Verbraucher ermöglichen seinen Energieverbrauch und somit die CO₂ Emissionen zu reduzieren. Österreichweit werden in den nächsten Jahren rund 5,5 Millionen Ferraris-Zähler durch Smart Meter ersetzt. Im Netzgebiet der Stromnetz Graz GmbH & Co KG sind davon rund 186 000 bestehende Zähler betroffen. Bei diesem Vorhaben handelt es sich um das größte Projekt in der Unternehmensgeschichte. Neben der Größe ist auch die Reichweite einzigartig, da nahezu jeder Bereich im Unternehmen davon betroffen ist. In Hinblick auf den Rollout stellt die Einführung der Smart Meter ganz besondere Anforderung. Während des Rollouts werden innerhalb sehr kurzer Zeit die Smart Meter von einer Vielzahl von Monteuren installiert. Diese wiederum müssen mit den notwendigen Komponenten und Informationen versorgt werden, damit keine Stillstandzeiten entstehen. Um gegenüber den Monteuren einen Servicelevel von nahezu 100 % bei der Bereitstellung der notwendigen Waren garantieren zu können, muss der Waren- und Informationsfluss beginnend bei Beschaffung, über die Warenannahme, im Lager und bis hin zum Monteur optimal funktionieren.

Diese Arbeit widmet sich dieser sehr umfangreichen logistischen Aufgabenstellung. Es soll ein Logistikkonzept erarbeitet werden, das mögliche Umsetzungsvarianten aufzeigt und am Ende Empfehlungen für die Umsetzung der Rolloutlogistik ableitet.

1.1 Ist-Situation

Der Einbau, Austausch und Betrieb der Zählerinfrastruktur ist ein integraler Bestandteil der täglichen Aufgaben eines Netzbetreibers. Bislang werden die Zähler nach Bedarf im Zuge von Neubauten installiert und aufgrund der im Maß- und Eichgesetz festgelegten Fristen getauscht. Dabei werden jährlich durchschnittlich rd. 5000 Zähler eingebaut und getauscht. Alle hierfür notwendigen Kapazitäten sind für die bisher vorherrschenden Bedingungen ausgelegt. Dazu gehören im Wesentlichen die vorhandene Montagekapazität in Form der Monteure, welche die Zählermontage durchführen, die Innendienstmitarbeiter welche die Arbeiten der Monteure koordinieren, sowie die Beschaffungslogistik und das Lager.

Die Versorgung der Monteure mit dem notwendigen Material für die Durchführung ihrer Aufträge erfolgt über ein überschaubares Zählerlager welches sich auf dem Betriebsgelände befindet. Dies bedeutet, dass der Zugang dem Eigenpersonal vorbehalten ist. Beim bestehenden Zählerlager handelt es sich um ehemalige Garagen die als Lagerflächen genutzt werden. Die Lagerfläche beträgt ca. 120 m². Dieses Lager ist mit Regalen mit drei Ebenen ausgestattet und bietet lediglich Platz für rd. 100 Paletten. Aufgrund der verhältnismäßig geringen Zählermengen die innerhalb des Lagers manipuliert werden, wird das Lager aus Kostengründen als unbemanntes Lager betrieben. Wird ein Gerät für den Einbau in eine Kundenanlage benötigt, wird dieses selbstständig vom Monteur entnommen.

Eine Folge dieser Vorgehensweise ist, dass nicht mit Bestimmtheit bekannt ist an welchem Lagerort oder Fahrzeug sich die Zähler befinden. Da der Verlust eines Ferraris-Zähler zum einen nur einen geringen wirtschaftlichen Schaden darstellt und kein Sicherheitsrisiko beinhaltet, wurde bislang auf die Forderung zur lückenlosen Nachverfolgbarkeit der Zähler verzichtet.

1.2 Zielsetzung

Mit der flächendeckenden Einführung der Smart Meter im gesamten Netzgebiet ist bereits heute absehbar, dass notwendige Kapazitäten für den Rollout nicht vorhanden sind. Dies führt zu dem Schluss das wesentliche Ressourcenanpassungen beim Montagepersonal notwendig sind.

Des Weiteren ist absehbar, dass die vorhandenen Lagerkapazitäten nicht ausreichen und die unterstützenden EDV-Systeme die notwendige Funktionalität nicht bieten, weshalb diese teilweise angepasst oder neu angeschafft werden müssen um den Anforderungen eines Rollouts für Smart Meter in Graz gerecht zu werden.

Ziel dieser Masterarbeit ist es ein Logistikkonzept zu erarbeiten, welches für einen Rollout unter Berücksichtigung der bekannten Rahmenbedingungen realisierbar ist. Dieses Konzept soll sämtliche Warenflüsse die im Zuge der Projektumsetzung möglich sind, berücksichtigen. Hierbei gilt es den Warenfluss während des Rollouts darzustellen und davon die für den Rollout notwendigen Ressourcen abzuleiten. Wesentlicher Bestandteil hierfür ist die Betrachtung der zentralen Drehscheibe, des Zählerlagers selbst, in dem hauptsächlich die Zähler für die Zählermontage gelagert werden.

Da es sich bei den Smart Metern um sicherheitsrelevante Komponenten handelt, ist die lückenlose Nachverfolgbarkeit der Geräte von wesentlicher Bedeutung. Um diese zu gewährleisten, soll das Konzept neben der quantitativen Bewertung der Ressourcen auch eine qualitative Bewertung zur Sicherstellung der Nachverfolgbarkeit der Zähler beinhalten.

Es soll ein geeignetes Konzept durch Vergleich unterschiedlicher Konzepte hinsichtlich des Ressourcenbedarfs und der Möglichkeit zur lückenlosen Nachverfolgbarkeit erstellt werden. Zu guter Letzt soll eine Umsetzungsempfehlung für die Rolloutlogistik auf Basis einer fundierten Bewertung abgegeben werden.

1.3 Unternehmensbeschreibung

Gegründet wurde das Unternehmen Stromnetz Graz GmbH & Co KG 1960 als Teil der Graz Stadtwerke AG, welches ursprünglich die Geschäftsbereiche Verkehrsbetriebe, Strom, Gas, Fernwärme und Wasser umfasste. Bis 2002 befand sich das Unternehmen im Eigentum der Stadt Graz. 2002 erfolgte schließlich die Abspaltung des Energiebereichs mit der Gründung der Energie Graz GmbH & Co KG. Ebenfalls 2002 wurden 49 % der Energie Graz für rund 400 Mil. € an die heutige Energie Steiermark verkauft. Seither halten die Energie Steiermark sowie die Holding Graz jeweils 49 % und die Stadt Graz 2 % an der Energie Graz GmbH.

Aufgrund der gesetzlichen Vorgaben des Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetzes 2004 (EIWOG 2004) und des Stmk. Elektrizitätswirtschafts und -organisationsgesetzes 2005 (Stmk. EIWOG 2005), sind Verteilnetzbetreiber mit mehr als 100 000 Netzkunden welche zu einem vertikal integrierten Unternehmen gehören, verpflichtet das Unternehmen in einen regulierten und einem im Wettbewerb stehenden Bereich aufzutrennen. Damit wurde sichergestellt, dass das Netzgeschäft von einer rechtlich selbstständigen Gesellschaft durchgeführt wird. Zu diesem Zweck wurde im Oktober 2005 die Stromnetz Graz GmbH & Co KG (SGG) gegründet, die schließlich am 1.1.2006 ihre operative Tätigkeit aufgenommen hat. Die Stromnetz Graz GmbH & Co KG ist ein 100 prozentiges Tochterunternehmen der Energie Graz.

Die Hauptaufgabe als Verteilnetzbetreiber es ist den Betrieb des Netzes sicherzustellen und das bestehende Netz auszubauen. Damit wird die Stromversorgung in der erforderlichen Kapazität und Qualität gewährleistet. Eine weitere Aufgabe ist es, einen diskriminierungsfreien Netzzutritt zu gewährleisten und das damit verbundene Datenmanagement sicherzustellen.

Insgesamt werden von der SGG sechs 110/20 kV Umspannwerke betrieben, diese speisen das städtische 20 kV-Netz der Stadt Graz. An das 20 kV-Netz sind wiederum rund 730 Umspannstationen angeschlossen, die das Niederspannungsnetz, und somit die Kunden mit elektrischer Energie versorgen. Im Netzgebiet der Stromnetz Graz befinden sich derzeit ca. 122 000 Kundenanlagen mit insgesamt rund 186 000 Zählpunkten. Die Verteilung der Energie erfolgt im 42,6 km² großen Netzgebiet über das ca. 1800 km lange Leitungsnetz.¹

Da der Verteilnetzbetreiber für den Betrieb der Infrastruktur verantwortlich ist, zu der auch die Zähler und die Bereitstellung der Daten gehören, ist das Unternehmen ebenfalls für die Einführung der intelligenten Messgeräte entsprechend den gesetzlichen Forderungen verantwortlich.

¹ Stromnetz Graz GmbH & Co KG (2016), Online-Quelle [17.Juli.2016].

2 SMART METER ROLLOUT

Die bereits seit Jahrzehnten vorhandenen Strukturen und Prozesse der Energiewirtschaft befinden in einem noch da gewesenen Wandel. Energie wird zukünftig anders als bislang üblich erzeugt, gespeichert und verteilt werden. Die Veränderungen im Energiesektor werden durch Rahmenbedingungen aus Politik, Gesellschaft, Wirtschaft, Rohstoffknappheit sowie dem technischen Fortschritt ausgelöst und angetrieben. Wesentlichen Anteil an der Entwicklung im Energiesektor hat der steige Ausbau von volatilen Energieformen aus generativen Quellen. Dieser stellt die Netzbetreiber vor technischen Herausforderungen bei der Sicherstellung der Netzstabilität, wodurch umfangreiche Modernisierungen der Infrastruktur der Netzbetreiber erforderlich sind. Dabei kommen verstärkt moderne Informations- und Kommunikationstechnologien zum Einsatz.²

Ein Teil dieser Modernisierungsmaßnahmen stellt die Einführung der intelligenten Messgeräte, den Smart Meter, dar.

In einigen Ländern Europas werden bereits Smart Meter in großen Mengen in Kundenanlagen eingebaut, so etwa in Italien, Schweden und Frankreich.³ Insgesamt wollen 16 Mitgliedstaaten der europäischen Union bis 2020 Smart Meter großflächig einführen.⁴

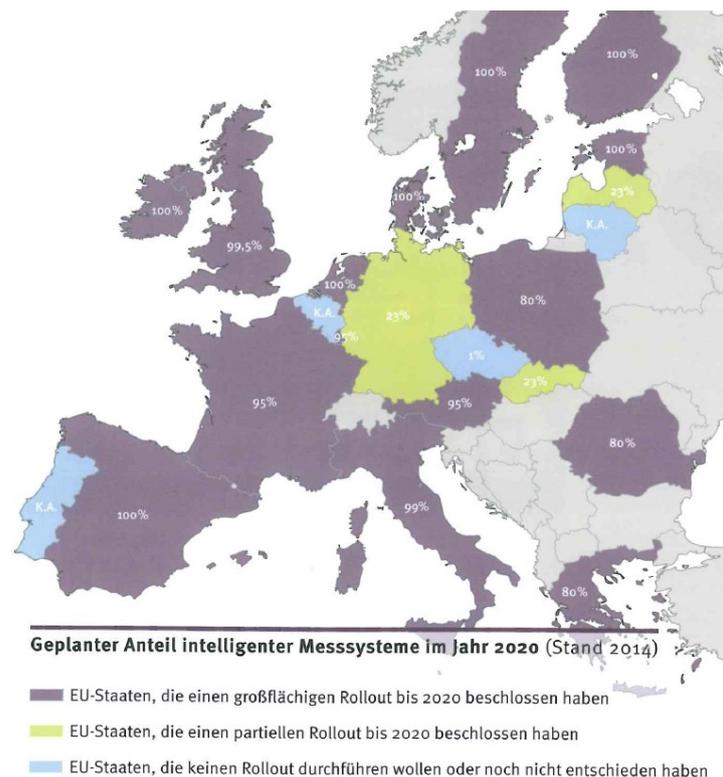


Abbildung 1: Übersicht der geplanten Rollout-Quoten in Europa im Jahr 2020, Quelle: Sig Media GmbH & Co. KG (Hrsg.) (2016), S. 38.

² Vgl. Aichele/Doleski (2013), S. 3 f.

³ Vgl. Aichele/Doleski (2013), S. 21 f.

⁴ Vgl. Sig Media GmbH & Co. KG (Hrsg.) (2016), S. 38.

Auch in Österreich wurde bereits damit begonnen Smart Meter auszurollen, wie dies bereits bei Netz Burgenland der Fall ist.⁵

In diesem einführenden Kapitel werden die Rahmenbedingungen aufgezeigt die direkten Einfluss auf die Durchführung des Rollouts haben. Des Weiteren soll die, mit dem Rollout verbundene Komplexität veranschaulicht werden.

2.1 Rahmenbedingungen

Bei der Planung des Rollout, dies gilt besonders für die Ausbringung der Smart Meter ins Feld, gibt es eine Vielzahl von Rahmenbedingungen die zu berücksichtigen sind. Jede dieser Rahmenbedingungen hat Einfluss auf die Umsetzung der logistischen Abläufe sowie die für die Umsetzung notwendigen Ressourcen. Die wichtigsten Rahmenbedingungen werden in diesem Kapitel beschrieben, um einen Überblick über verschiedenste Vorgaben und Einschränkungen die mit diesem Projekt verbunden sind zu erhalten.

2.1.1 Gesetzliche Rahmenbedingungen und Forderungen

Grundlage für die Einführung von Smart Meter in Österreich bildet die EU-Energieeffizienz Richtlinie und das Dritte EU-Binnenmarktpaket. Darin wird festgehalten, dass bis 2020 zumindest 80 % der Verbraucher in der EU mit Smart Meter auszustatten sind. Im Dezember 2010 wurde dies in der EIWOG-Novelle (Energiewirtschafts- und Organisationsgesetz) 2010 beschlossen. Darin enthalten sind nun erstmals Rahmenbedingungen für eine österreichweite Einführung von intelligenten Messgeräten, sogenannten Smart Meter.⁶

Auf das Gesetz aufbauend wurden bislang drei, für die Einführung wesentliche, Verordnungen erlassen. Dabei handelt es sich um die Intelligente Messgeräte Anforderungsverordnung (IMA-VO), die Intelligente Messgeräte Einführungsverordnung (IME-VO) und die Datenformat- und Verbrauchsinformationsdarstellungsverordnung (DAVID-VO).⁷

Entsprechende der IME-VO sollen bis Ende 2017 mindestens 70 % und bis Ende 2019 mindestens 95 % der Zähler im Netz durch IMA-VO konforme Messgeräte ersetzt werden. Der Austausch hat hierbei entsprechend der technischen Machbarkeit zu erfolgen.⁸

Eine von der E-Control Austria in Auftrag gegebene Studie zeigt bei der Bewertung unterschiedlicher Einführungsszenarien für intelligente Messgeräte, dass der größte gesamtwirtschaftliche Nettoeffekt bei einem Durchdringungsgrad von 95 % und der kürzesten Rollout Zeit, erzielt wird. Die kürzeste betrachtete Einführungsdauer beträgt dabei 4 Jahre.⁹

⁵ Vgl. Netz Burgenland Strom GmbH (2016), Online-Quelle [20.11.2016].

⁶ Vgl. E-Control Austria (2016), Online-Quelle [8.Juli.2016].

⁷ Vgl. Österreichs E-Wirtschaft (2016), Online-Quelle [8.Juli.2016].

⁸ Vgl. Bundeskanzleramt Österreich (2016), Online-Quelle [8.Juli.2016].

⁹ Vgl. PwC PricewaterhouseCoopers (2010), Online-Quelle [11.Juli.2016].

2.1.2 Zeitlicher Rahmen

Um den gesetzlichen Forderungen nachzukommen ist es notwendig den Rollout innerhalb relativ kurzer Zeit durchzuführen. Die Vorgehensweise im Rollout sieht vor, dass vor dem eigentlichen Rollout ein Feldtest durchgeführt wird. Im Zuge des Feldtests werden in einem geographisch abgegrenzten Gebiet erstmals Smart Meter in größeren Stückzahlen verbaut. Dabei sollen die für die umsetzungsrelevanten Prozesse getestet und das Montagepersonal geschult werden. Außerdem gilt es die für die Umsetzung des Massenrollouts notwendigen Systeme zu testen. Nach dem Feldtest und der Anpassungsphase startet der sogenannte Pre-Rollout. Darunter ist die Startphase des Rollouts zu verstehen, in der die Anzahl der ins Feld gebrachten Zähler kontinuierlich erhöht wird. Mit dem Hochfahren der Rollout-Mengen geht diese Phase nahtlos in den eigentlichen Rollout über.

2.1.3 Netzgebiet

Wie bereits der Name des Unternehmens erahnen lässt, handelt es sich beim Netzgebiet der Stromnetz Graz GmbH & Co KG (SGG) um den Großteil des städtischen Netzgebiets der Stadt Graz. Das Versorgungsgebiet erstreckt sich im Wesentlichen über die Grazer Innenstadt und die umliegenden Grazer Stadtbezirke. Eine Ausnahme stellt ein Netzausläufer im Süden der Stadt Graz dar. Dieser erstreckt sich über das Stadtgebiet von Graz hinaus, bis nach Feldkirchen. Zusätzlich existieren historisch bedingte isolierte Netzbereiche die von Fremdnetzen umschlossen sind. Im Norden grenzt das Netz an das Netz des E-Werk Franz und in allen anderen Bereichen wird das Netzgebiet vom Netz der Energienetze Steiermark umschlossen. Wegen des städtische Gebiets und der hohen Bebauungsdichte ist die Abnehmerdichte im Niederspannungsnetz verglichen mit ländlichen Gebieten relativ hoch.

Eine Besonderheit im Netzgebiet ist der Altstadt kern im Zentrum der Stadt. Gerade dieser Bereich stellt eine besondere Herausforderung bei Zählertausch dar. Zum einen sind die Gebäude teilweise sehr alt, wodurch umfangreiche zusätzliche Montagetätigkeiten von Nöten sind, zum anderen erschwert die Parkplatzsituation in diesem Gebiet die Montagetätigkeiten erheblich. Die folgende Abbildung zeigt das Versorgungsgebiet der SGG.

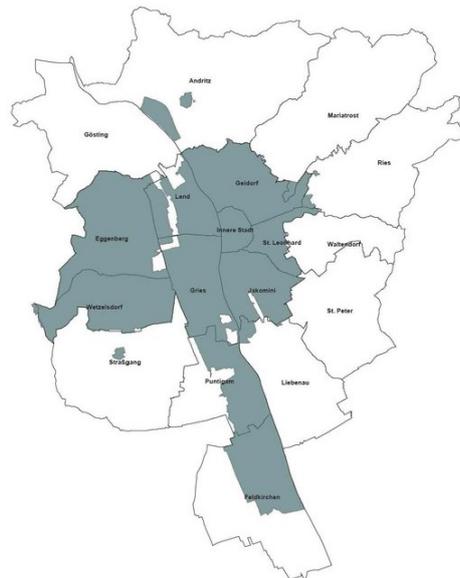


Abbildung 2: Versorgungsgebiet der Stromnetz GmbH & Co KG, Quelle: Stromnetz Graz GmbH & Co KG (2016), Online-Quelle [17.Juli.2016].

Diese 186 000 Zähler verteilen sich, wie in Abbildung 3 dargestellt, auf Kundenanlagen im gesamten Netzgebiet.

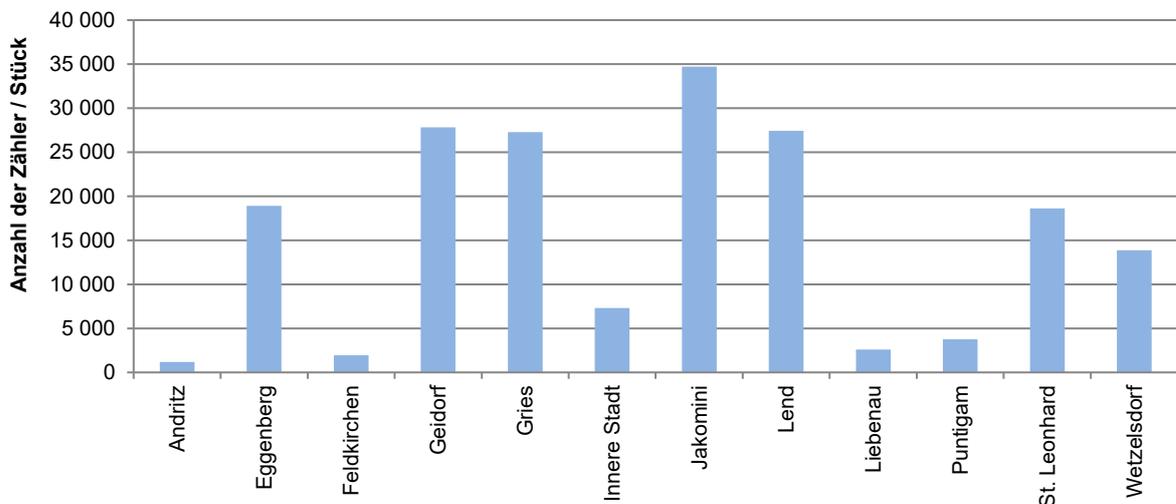


Abbildung 3: Verteilung der Zähler im Netzgebiet nach Bezirken, Quelle: Eigene Darstellung.

2.1.4 Einbausituation

Die Dauer und der Aufwand, sowie die für den Umbau notwendigen Komponenten hängen sehr stark von der Beschaffenheit und Ausführung des Zählplatzes ab. Im Laufe der Jahrzehnte haben sich die Ausführungsrichtlinien für die Erstellung des Zählplatzes mehrfach geändert. Dies ist unter anderem auf den technischen Fortschritt sowie Änderungen im Normenwerk zurückzuführen. Dabei reicht die Vielfalt der Ausführungen der Zählerplätze von Normzählerschränken, die dem Stand der Technik entsprechen, bis hin zu Zählplätzen bei denen der Zähler direkt an die Wand geschraubt ist. In Einzelfällen wurden um Zähler herum sogar Möbel gebaut. In manchen Fällen stößt man auf Gebäude bei denen stoffummantelte

Leitungen anzutreffen sind, oder kunststoffummantelte Leitungen bei denen die Isolierung, bedingt durch die Alterung, bei Berührung zerbricht.



Abbildung 4: Darstellung unterschiedlicher Zählplätze im Netzgebiet. Zähler montiert in einem modernen Zählerschrank auf Normzählertafeln (links); Zähler in ein Möbel eingebaut (Mitte); aufputz montierte Zähler (rechts), Quelle: Eigene Darstellung.

In manchen Fällen ist ein Zählertausch unmöglich, jedoch gilt es die Forderung der IME-Verordnung einzuhalten, die eine Smart Meter Quote von 95 %¹⁰ der im Netz befindlichen Zähler fordert. In den vergangenen Jahren konnte bereits im Zuge der Zählerablesung eine umfangreiche Erhebung der Zählplatzsituation durchgeführt werden. Dies lässt einen groben Überblick über die Zählplatzsituationen zu. Die Einteilung der Zählplatzqualität erfolgt dabei in sechs Kategorien, die durch eine Kennzahl unterschieden werden.

Kategorie	Beschreibung
1	Es sind Zählerplätze mit Zählertafeln aus Kunststoff vorhanden. Ein Zählertausch ist problemlos möglich. Es sind keine technischen Probleme oder Platzmangel zu erwarten.
5	Es ist keine Zählertafel vorhanden, jedoch ist ausreichend Platz für einen Zählertausch vorhanden.
7	Es sind Zählerplätze mit Zählertafeln aus Metall vorhanden. Auf Grund des Alters könnten Probleme bei der Montage entstehen. Die Wahrscheinlichkeit hierfür ist jedoch gering.
10	Es handelt sich um Zählerplätze die im Zuge der Zählerplatzerhebung nicht bewertet werden konnten, jedoch wird auf Grund des Errichtungsdatums der Anlage davon ausgegangen, dass diese mit Zählertafeln aus Kunststoff ausgestattet sind und somit der Kategorie 1 entsprechen.
20	Der Zustand des Zählerplatzes konnte nicht erhoben werden. Situation ist nicht bekannt.

¹⁰ Vgl. Kapitel 2.1.1

50	Es ist keine Zählertafel vorhanden. Die Platzverhältnisse lassen mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit keinen Zählertausch zu.
----	--

Tabelle 1: Beschreibung der unterschiedlichen Zählplatzqualitäten im Netzgebiet, Quelle: Eigene Darstellung.

Diese Daten sind von wesentlicher Bedeutung bei der Bestimmung des Montageaufwandes und somit auch für die Montagezeit. Außerdem lässt sich auf Grund dieser Information auch der Bedarf an anderen Komponenten, außer dem Zähler, ermitteln und ermöglicht eine bedarfsgerechte Lagerung und Bereitstellung der für den Zählertausch notwendigen Komponenten. Der Anteil der unterschiedlichen Zählplatzqualitäten weicht von Bezirk zu Bezirk ab. Eine Übersicht wie sich die Zählplätze entsprechend ihrer Qualität innerhalb eines Bezirkes relativ zur Gesamtsumme der Zählerplätze aufteilen, gibt Abbildung 5. Der Abbildung kann entnommen werden, dass in den jeweiligen Bezirken der Anteil an potentiellen Problemzählern zwischen 10 % und 20 % liegt. Dabei handelt es sich um Zähler in Anlagen, die mit einer Zählerplatzqualität von 20 oder 50 bewertet sind.

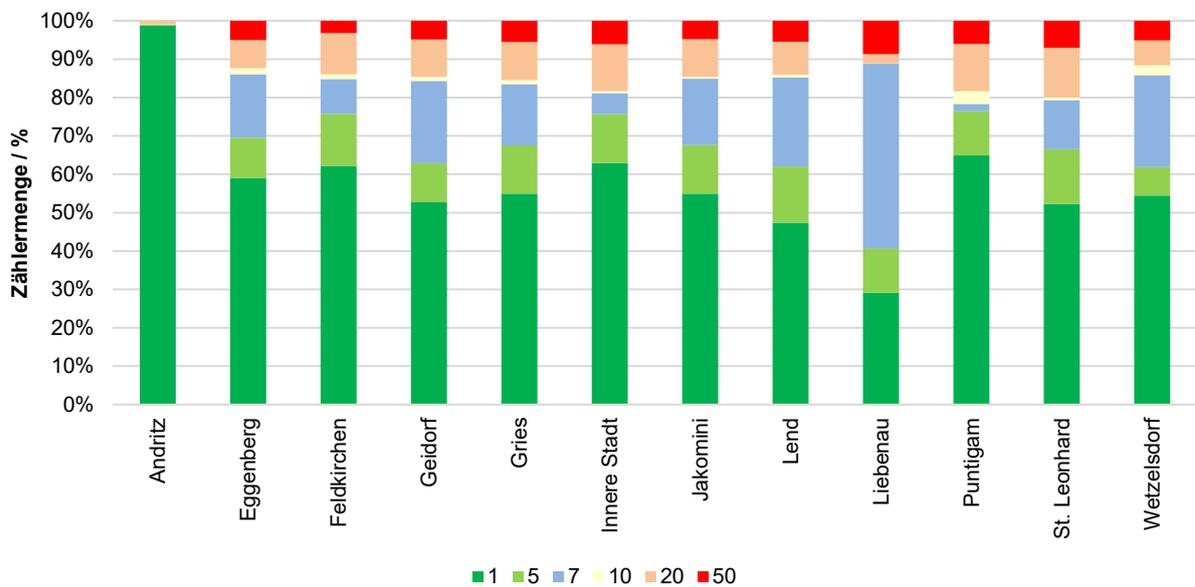


Abbildung 5: Übersicht der Zählplatzqualitäten im Netzgebiet nach Bezirken, Quelle: Eigene Darstellung.

2.1.5 Zugänglichkeit

Die Ausbringung der Zähler erfolgt umso schneller, je weniger Interaktion mit dem Netzkunden erforderlich ist. Um dies in den Planungen zu berücksichtigen wird zwischen Kundenanlagen unterschieden, bei denen die Anwesenheit des Kunden erforderlich ist bzw. nicht erforderlich ist. Anlagen bei denen kein freier Zugang besteht, sind meist Wohnungen bzw. Einfamilienhäuser bei denen der Zähler direkt im Inneren der Wohneinheit installiert ist. Daneben gibt es ein Menge anderer Lokationen an denen Zähler verbaut sind, wie beispielsweise dem Stiegenhaus, dem Keller, einer Tiefgarage oder einem Technikraum etc. Diese sind in der Regel für den Monteur zugänglich. Zur Abschätzung der Zugänglichkeit zu den Kundenanlagen gibt es umfangreiche Aufzeichnungen die im Zuge der Zählerablesung erstellt wurden. Diese Aufzeichnungen zeigen, dass rund 25 % aller Kundenanlagen nicht zugänglich sind. Je nach Gebiet schwankt die Zugänglichkeit zu den Anlagen zwischen knapp 70 % bis über 80 %. Eine Ausnahme stellt

hierbei lediglich der Bezirk Andritz dar, in dem sich vorwiegend Wohnbauten mit zugänglichen Zählern befinden.

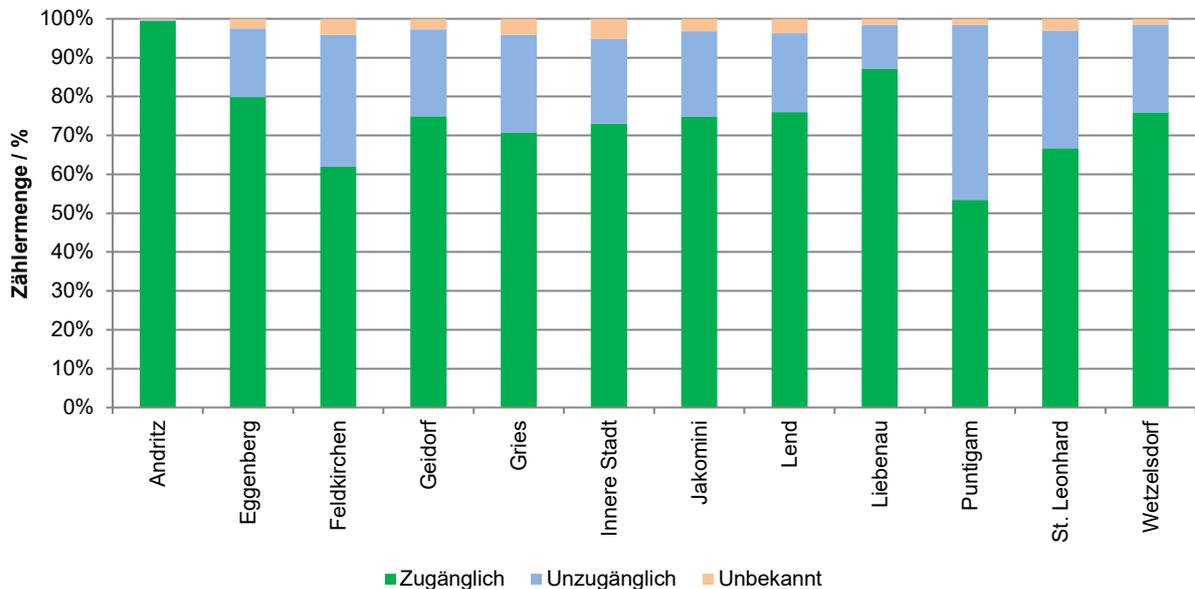


Abbildung 6: Darstellung der Zugänglichkeit zu den Zählplätzen im Netzgebiet nach Bezirken, Eigene Darstellung.

2.1.6 Niedrig-Tarif-Zähler

Niedrig-Tarif-Zähler (NT-Z) stellen einen besonderen Fall beim Austausch des Ferraris-Zählers durch einen Smart Meter dar. Bei diesen Zählern wird die Stromlieferung vom Netzbetreiber an den Netzkunden über eine Rundsteueranlage gesteuert. Hierfür ist in Anlagen, die einen NT-Z besitzen, in der Regel ein Rundsteuerempfänger eingebaut. Dieser schaltet die Kundenanlage beim Erhalt des entsprechenden Rundsteuerbefehls ein bzw. wieder aus. Aufgrund der Ausführungsrichtlinie des Netzbetreibers wurden in der Vergangenheit die Rundsteuerempfänger vor dem NT-Z montiert. Demnach liegt der NT-Z nur an Spannung wenn das Rundsteuergerät durchgeschaltet ist. Für den zukünftigen Betrieb der Smart Meter muss der Fall eines spannungslosen Smart Meter verhindert werden.

Für den Rollout heißt das, dass im Zuge des Zählertausches Umverdrahtungsarbeiten notwendig sind, für die zusätzlich zum Smart Meter weitere Komponenten benötigt werden. Insgesamt sind rund 51 000 Kundenanlagen von dieser Umbaumaßnahme während der Smart Meter Einführung betroffen.

2.1.7 Soziales Umfeld bei der Zählermontage

Nicht zu vernachlässigen bei der Planung sind die Netzkunden selbst, da bei ca. einem Viertel aller Montagen der Kunde anwesend sein muss, weil sich die Zähler in Häusern oder Wohnungen befinden. In der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass die Wahrscheinlichkeit einen Terminauftrag erfolgreich abschließen zu können, ebenfalls von den Netzkunden selbst abhängt und von Bezirk zu Bezirk unterschiedlich sein kann.

2.1.8 Materialbeschaffung

Die Beschaffungsstrategie des Unternehmens sieht vor, dass die Zähler von mindestens zwei Lieferanten bezogen werden, und somit eine Abhängigkeit von einem Lieferanten ausgeschlossen werden kann. Dementsprechend werden zwei Lieferanten mit der Produktion und der Lieferung der Zähler beauftragt.

Während des Rollouts werden die Geräte der beiden Hersteller innerhalb einer Region nicht vermischt. Grundsätzlich könnten die Geräte beider Hersteller im selben Netzgebiet verbaut werden, da aus technischer Sicht die Interchangeability der Geräte gegeben ist. Die Interchangeability stellt sicher, dass es zu keinen Einschränkungen und Problemen mit dem Smart Meter kommt, wenn Geräte der verschiedenen Hersteller im selben Netzbereich installiert werden. Demnach werden zu Beginn nur Zähler des Hersteller A verbaut. Zu einem späteren Zeitpunkt wird schließlich begonnen, Zähler des Hersteller B zu verbauen. Ein weiterer Grund ist die Tatsache, dass die Geräte der beiden Hersteller zu unterschiedlichen Zeitpunkten zur Verfügung stehen. Anzumerken ist, dass nicht alle Zählertypen von beiden Herstellern geliefert werden. Dies stellt eine weitere strategische Entscheidung und Rahmenbedingung beim Rollout dar.

2.2 Vorgehensweise im Rollout

Unter Berücksichtigung der genannten Kriterien hat sich gezeigt, dass eine sinnvolle Dreiteilung des Netzgebietes erreicht werden kann, wenn natürliche Abgrenzungen zwischen Gebieten unterschiedlicher Zählerhersteller genutzt werden.

Wegen der erfahrungsgemäß einfacheren Terminvereinbarung mit dem Kunden findet der Start des Rollouts im Westen von Graz statt. Bedingt durch die problematische Parkplatzsituation im Stadtzentrum findet während der Hochlaufzeit des Rollout dieser nicht im Stadtzentrum statt um Probleme mit der Verkehrslage und den Parkmöglichkeiten zu vermeiden. Deswegen wird die Innere Stadt erst später während des Rollouts berücksichtigt. Aus den genannten Überlegungen hat sich die folgende Dreiteilung des Stadtgebietes ergeben.

Der Feldtest zum Test der Zählerinfrastruktur und zum Test der Rollout-Prozesse findet im Norden der Stadt statt. In dieser Region, die zu den restlichen Netzteilen hin abgekapselt ist, befinden sich 1200 Zählpunkte mit bester Zählplatzsituation und Zugänglichkeit. Dieses Netzgebiet ist in der Darstellung als rote Fläche gekennzeichnet.

Der eigentliche Rollout startet im Westen der Stadt. Das Rollout-Gebiet ist einerseits durch den Fluss Mur nach Osten hin getrennt. Die Grenze nach Süden und zum Bezirk Gries führt durch ein weitläufiges Netzgebiet in dem eine Trennung der Regionen leicht realisierbar ist und ein Minimum an Umspannstationen Berührungspunkte zueinander aufweisen. Die Grenze des Rollout-Gebiets im Süden (blaue Fläche) verläuft ebenfalls durch ein relativ weitläufiges Netzgebiet, auch hier ist daher die Anzahl der Umspannstationen die miteinander interagieren könnten ein Minimum. Das verbleibende Netzgebiet im Osten ist das Rollout-Gebiet 3, dieses ist wiederum durch den Fluss vom Gebiet 1 getrennt. Aus dieser Aufteilung ergeben sich drei Regionen die mit der Anzahl der Zähler im jeweiligen Gebiet den jährlichen Planzahlen entsprechen. Der zeitliche Ablauf sieht vor, dass im Jahr 2017 und 2018 das grün dargestellte Gebiet mit Smart Meter ausgestattet wird, 2019 folgt das blau dargestellte Gebiet und zuletzt, das pink dargestellte Gebiet im Jahr 2020.

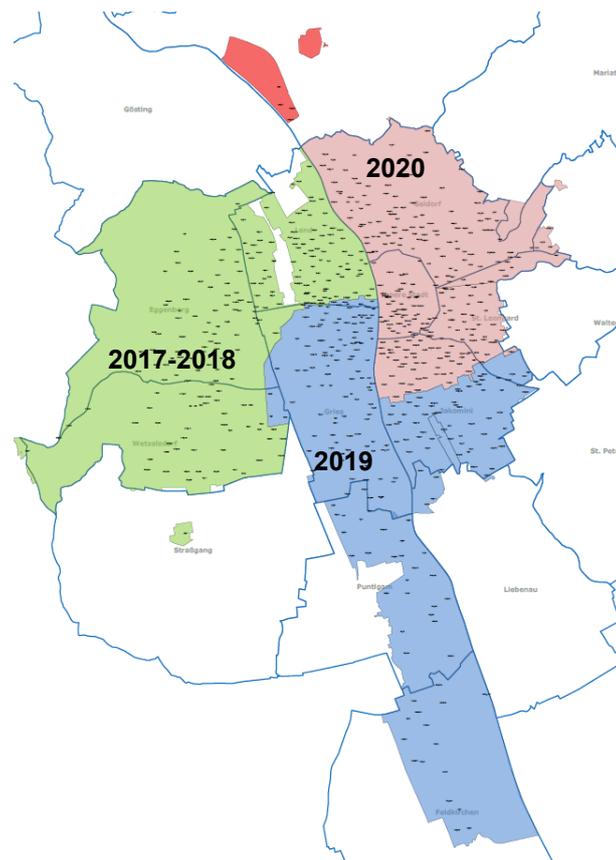


Abbildung 7: Zeitliche Abfolge der Rollout-Gebiete, Quelle: Eigene Darstellung.

2.3 Auswirkungen auf das Unternehmen

Die Größenordnung und die Reichweite der Einführung der intelligenten Messgeräte wirken sich erheblich auf das Unternehmen aus. Fokussiert man ausschließlich auf die Bereiche die operativ mit dem Rollout zu tun haben, ergeben sich Auswirkungen auf Ressourcen, also Mitarbeiter, Lagerflächen, Ausstattungen etc. sowie umfangreiche Auswirkungen auf die bestehenden IT-Systeme. Zusammenfassend ergeben sich wegen des Rollouts die folgenden Auswirkungen auf das Unternehmen:

- Erhöhung der Lagerkapazität
- Erhöhung der Montagekapazität
- Anforderungen an die Rollout relevanten Systeme steigt
- Einführung neuer Prozesse

2.4 Einbauvarianten

Wie bereits gezeigt wurde, gibt es einige wesentliche Größen die bestimmend für die Art des Umbaus sind. Diese beeinflussen die notwendigen Komponenten sowie die Montagedauer beim Zählerwechsel. Die Parameter die eine Einbauvariante beschreiben, sind

- der Zählertyp,
- die Einbausituation respektive der Zählplatz,
- die Zugänglichkeit der Anlage,

- und ob es sich um einen NT-Z handelt.

Aus diesen Parametern lassen sich alle, für den Zählertausch notwendigen Komponenten die bei der Materialbereitstellung vorbereitet werden, ableiten.

2.5 Komponenten des Rollout

Die Einführung der intelligenten Messgeräte (Smart Meter) betrifft nahezu alle Unternehmensbereiche sowie eine Vielzahl von IT-Systemen. In diesem Abschnitt werden die wesentlichen, für die Durchführung des Rollout relevanten, Komponenten und externen Ressourcen vorgestellt und kurz beschrieben.

2.5.1 IT Systeme

Die Hauptanforderung an die IT-Systeme ist die Abbildung des Warenflusses, insbesondere der Zähler. Der gesamte Lebenszyklus der Smart Meter soll lückenlos abgebildet werden, und der Aufenthaltsort muss für jedes Gerät zu jedem Zeitpunkt bekannt sein. Eine weitere Aufgabe der für den Rollout relevanten Systeme, ist die Bereitstellung von Daten zur Generierung der Arbeitsaufträge, aus denen die Informationen, bzw. der Materialbedarf bestimmt werden. Für die Durchführung der genannten Aufgaben sind mehrere Systeme notwendig, die während der Abarbeitung der Arbeitsaufträge und bei der Darstellung des Warenflusses Daten austauschen. Aus diesem Grund ist der Informationsfluss zwischen den Systemen zu definieren. Dieser hängt jedoch von einer konkreten Umsetzungsvariante ab. In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die zentralen IT-Systeme für den Rollout beschrieben.

2.5.1.1 Workforce-Management-System (WFM)

Die Planung, Steuerung, Durchführung und Dokumentation der Arbeitsaufträge wird durch ein sogenanntes Workforce-Management System (WFM) unterstützt. Wesentliche Aufgabe dieser Software ist es, die notwendigen Arbeitsaufträge im Rollout zu disponieren. Dabei wird einem Auftrag eine Ressource also ein Monteur zugeordnet. Die Arbeitsaufträge werden von einem übergeordneten System erzeugt, im WFM abgearbeitet und dokumentiert und Ergebnisdaten an die übergeordneten IT-Systeme zurückgegeben. Eine weitere wesentliche Funktion des WFM ist das Erzeugen von Kommissionierlisten, anhand derer die Komponenten für den Monteur und seinen Aufträgen zusammengestellt werden. Alle notwendigen Informationen werden aus den übergeordneten Systemen bereitgestellt. Die Zuordnung der Aufträge erfolgt durch einen Innendienstmitarbeiter. Die aktuellen Tagesaufträge werden nach der Disposition der Aufträge auf ein mobiles Endgerät (MDE) geladen. Dieses MDE wird vom Monteur zur Abarbeitung seiner Aufträge genutzt. Eine weitere wesentliche Aufgabe des WFM ist die Bereitstellung von kryptographischen Schlüsseln, die für die Parametrierung der Zähler benötigt werden. Das WFM wird neben den hier genannten logistischen Prozessen noch für weitere Funktionen im Zuge des Rollouts verwendet. Da diese jedoch für das Konzept unbedeutend sind, wird auf deren Aufzählung an dieser Stelle verzichtet. Derzeit betreibt die Energie Graz (EGG) als Dienstleister der SGG ein WFM. Jedoch stellt der Rollout neue, erweiterte Anforderungen an dieses System, wodurch auf Basis einer bei Energie Graz durchgeführten Bewertung beschlossen wurde, für den Rollout ein neues leistungsfähigeres WFM anzuschaffen. Die wesentlichsten Funktionserweiterungen stellen die Bereitstellung der Schlüssel und die Logistikschnittstelle zum Zählermanagementsystem dar. Nach dem Rollout wird dieses WFM für den operativen Betrieb eingesetzt.

2.5.1.2 Zählermanagement und Lagerverwaltung

Obwohl die Beschaffung der Zähler sowie aller anderen Komponenten mittels SAP erfolgt, wird das Zählermanagement in einem anderen System durchgeführt. Das für das Management der Zähler verwendete System mit dem Namen SDK.ProviderSuite (SDK/PS) ist eine tief ins Unternehmen integrierte Softwarelösung deren Zweck es ist, alle abrechnungsnahen Bereiche wie die Produkt- und Preisgestaltung, das Vertrags- und Tarifmanagement, die Gerätelegistik und das Energiedatenmanagement, die Kundendatenverwaltung und CRM-Funktionalitäten, die Debitoren-buchhaltung und das Mahnwesen in einer integrierten Applikation abzubilden und dadurch die Arbeitsabläufe zu unterstützen.¹¹

Dieses System stellt alle notwendigen Daten für die Generierung der Arbeitsaufträge zur Verfügung. Darüber hinaus werden in der SDK/PS alle Geräte erfasst und deren Status und Lagerort dokumentiert. Wesentlich hierbei ist anzumerken, dass es sich bei diesem System um kein Lagermanagementsystem im eigentlichen Sinne handelt. Eine klassische Stellplatzverwaltung oder eine Bestandsüberwachung fehlen in diesem System. Es ist lediglich auf den Aufenthaltsort der Zähler auf einen Lagerbereich einzuschränken.

2.5.2 Rollen und Beteiligungen beim Rollout

Bei der Ausrollung der Smart Meter durchlaufen die Zähler zahlreiche Stationen. Abhängig davon wie der Rollout organisiert ist, bzw. welches Konzept im Rollout zur Anwendung kommt, werden verschiedene Unternehmen die Aufgaben erfüllen. Dabei reicht die Bandbreite der Möglichkeiten von jeweils einem Unternehmen je Station, bis hin zu einem Partner der alle Aufgaben übernimmt. Diese bestimmt auch die notwendigen Ressourcen die für die Umsetzung notwendig sind. Das Grundsätzliche strategische Ziel, welches bei der Durchführung des Rollouts angestrebt wird, ist die optimale Nutzung vorhandener, sowie die Minimierung zusätzlich erforderlicher Ressourcen. Dies gilt spezielle für die Bereiche der Montage und der Logistik.

Ebenfalls hängen die Datenflüsse sowie die notwendigen IT-Systeme stark von der Rollenzuteilung auf die beteiligten Organisationen ab. Welche Stationen bzw. Aufgaben für die Rolloutlogistik notwendig sind, wird in den folgenden Unterkapiteln beschrieben. Dass alle Rollen optimal zusammenarbeiten ist wesentlich für den Erfolg des Gesamtprojekts.

2.5.2.1 Annahmeprüfung

Beim Rollout sollen ausschließlich Zähler deren Funktionsweise überprüft wurde verwendet werden. Daher werden die Geräte stichprobenartig einer Annahmeprüfung unterzogen. Diese Maßnahme beinhaltet:

- die Überprüfung des messtechnischen Teils und dessen Firmware die dem Maß- und Eichgesetz entsprechen müssen,
- die nicht messtechnischen Funktionen und die dafür relevante Firmware,
- die Ausführung des Zählers hinsichtlich Zusammenbau und Mechanik,
- die Überprüfung diverser Security-Aspekte.

¹¹ Vgl. Software Development Kopf GmbH (2016), Online-Quelle [04.August.2016], S. 1.

Darüber hinaus wird im Zuge der Annahmepfung die Funktionsweise des Zählers in einer dem Gesamtsystem inklusive aller Komponenten und Systemen nachempfundenen Testumgebung überprüft, sodass der Betrieb und die ordnungsgemäße Funktion des Gesamtsystems von der Messwerterfassung bis hin zur Rechnungslegung sichergestellt sind.

2.5.2.2 Zentrallager

Im Zentrallager wird die Ware vom Lieferanten angeliefert, überprüft und gelagert. Entsteht in einer der Servicestellen ein Bedarf, wird aus dem Zentrallager die notwendige Ware für eine Servicestelle bereitgestellt. Dabei kann die Servicestelle einen in das Zentrallager integrierter Bereich oder eine vom Zentrallager geographisch getrennte Räumlichkeit darstellen.

2.5.2.3 Servicestelle für Rollout und / oder Betrieb

Die Bereitstellung aller Komponenten an den Monteur erfolgt in der Servicestelle. Das Sortiment in der Servicestelle bezieht sich auf alle beim Rollout benötigten Komponenten. Die Servicestelle stellt auch den Rückgabepunkt für Retourwaren dar. Diese werden überprüft und wieder in Umlauf gebracht. Die Rückgabe von ausgebauten Altgeräten und deren Entsorgung erfolgt ebenfalls in der Servicestelle.

2.5.2.4 Montageteams für den Einbau der Smart Meter durch einen Dienstleister

Die Ausrollung großer Mengen in kurzer Zeit erfordert auch die entsprechenden Montagekapazitäten. Diese beziehen sich auf die Anzahl des verfügbaren Fachpersonals für die Umsetzung, welches lediglich temporär für die Dauer des Rollouts benötigt wird. Das Personal des Dienstleisters führt Standardmontagen durch und wird minimal durch Personal der SGG unterstützt.

2.5.2.5 Montageteams der Stromnetz Graz

Im Rollout gibt es Zähler, deren Austausch einem Dienstleister nicht übertragen werden können. Dazu zählen Zählermontagen bei Problemerkunden, Zählermontagen bei leerstehenden Anlagen, Erstinstallationen bei Neubauten, sowie die Montage diverser Sonderzählertypen. Diese Montagen erfordern in den allermeisten Fällen eine individuelle Vorgehensweise. Darüber hinaus gibt es eine schwer abschätzbare Anzahl an sehr aufwendigen Zählermontagen aufgrund der schlechten Zählplatzsituation die mit einem unbekanntem Zeit- und Kostenaufwand einhergehen. Aus diesem Grund werden in diesen Fällen Mitarbeiter der Energie Graz eingesetzt die im Auftrag der SGG die Arbeiten durchführen.

2.5.2.6 Steuerung der Montagedienstleistung

Die Steuerung des Fachpersonals, das die Montage durchführt, erfolgt mit dem WFM. Dabei werden die Aufträge dem jeweiligen Monteur zugeordnet. Das Resultat dieser Zuordnung ist eine Materialliste, die den Bedarf an Teilen für die disponierte Menge an Aufträgen enthält. Änderungen an der Disposition haben direkte Auswirkungen auf den Bedarf des Monteurs.

2.5.2.7 Administration

Die Administration stellt sicher, dass die notwendigen Waren in der richtigen Menge rechtzeitig beschafft werden, überwacht den Fortschritt des Projekts und gibt die Ziele im Rollout an den operativen Bereich weiter und wird auf jeden Fall von wahrgenommen.

2.6 Rolloutprojekte und deren Herausforderungen

Vergleicht man klassische Projekte mit Rollout-Projekten, erkennt man, dass es eine Vielzahl von Gemeinsamkeiten zwischen Rollout Projekten und klassischen Projekten gibt. Bei genauerer Betrachtung ist jedoch ersichtlich, dass Rollout-Projekte nicht zu 100 % der Definition von klassischen Projekten entsprechen. Projekte sind unter anderem durch ihre Einmaligkeit gekennzeichnet. Bei Rollouts hingegen sind Schleifen, also Wiederholungen, üblich. Diese Wiederholungen begründen sich durch die stetige Wiederholung der Tätigkeiten in verschiedenen Objekten. Hieraus folgt, dass die Überwachung und Koordination der sich wiederholenden Aufgaben kennzeichnend für ein Rollout-Projekt ist. Ein weiteres Kennzeichen eines Rollout-Projektes ist die örtliche Verteilung von Projektbeteiligten innerhalb des Projektes, die jederzeit effizient gesteuert werden sollen. In den Jahren 2007 bis 2012 fanden bereits Rollouts in Skandinavien statt, und konnten auch erfolgreich abgeschlossen werden. Rollout-Projekte unterscheiden sich wesentlich in der Art und Weise wie das Projekt abgeschlossen wird zu klassischen Projekten. Der Abschluss des Projektes ist hier klar von der Umsetzungsphase abgegrenzt. Ein Rollout-Projekt ist dagegen dadurch gekennzeichnet, dass es diese klare Abgrenzung zwischen Umsetzung und Abschluss nicht gibt. Dies bedeutet, dass während der Installation der intelligenten Messgeräte an einem Ort bereits parallel dazu Smart Meter an einem anderen Ort in Betrieb genommen werden. Hierbei ist wiederum die örtliche Trennung der Gebiete wesentlich, die dabei durchaus je nach Netzgebiet beträchtlich sein kann und dadurch hohe Anforderungen an das Rollout-Management stellt. Die Durchführung eines Rollout-Projekts stellt die jeweilige Organisation vor beträchtlichen Herausforderungen die prozessualer, technischer und logistischer Natur sein können. Für den Erfolg eines Rollouts relevante sind unter anderem:¹²

- Ein effektives, projektbegleitendes Monitoring und Reporting um mögliche Probleme im Rollout frühzeitig erkennen zu können.
- Bei der Ausbringung der intelligenten Messgeräte handelt es sich nicht um isolierte Aufgaben die von einzelnen Gruppen einer Organisation abgewickelt werden, sondern vielmehr um eine unternehmensweite Aufgabenstellung.
- Der Rollout ist ein längerfristig angelegtes Unterfangen, bei dem jederzeit unvorhergesehene Ereignisse und Einflüsse das Projekt beeinflussen können. Insofern ist es nur klar, dass hierfür ein Maximum an Flexibilität der Abläufe und Strukturen im Rollout benötigt wird.
- Auf Grund der Komplexität bedarf es einer umfangreichen Planung die alle notwendigen Disziplinen beinhaltet. Dabei müssen sowohl technische als auch logistische Anforderungen berücksichtigt werden, die im Zusammenhang mit dem Zählereinbau, der Implementierung neuer Software und IT-Systemen steht.

Diese Aufzählung zeigt nur einige Anforderungen an einen Rollout auf.

¹² Vgl. Doleski/Janner (2013), S. 107 ff.

2.7 Smart Meter Rolloutlogistik

Bei einem Rollout stellt die Logistik eine wesentliche Komponente für den Erfolg eines solchen Projektes dar. Aufgabe der Logistik ist die bedarfsgerechte Bereitstellung von Ressourcen für den betrieblichen Leistungserstellungsprozess. In diesem Zusammenhang versteht man unter Ressourcen, Material, Produkte, Dienstleistungen, Informationen, sowie Personal und mitunter Finanzmittel. Die Rolloutlogistik stellt sicher, dass die materielle Verfügbarkeit während des Rollouts gewährleistet ist. Die permanente materielle Verfügbarkeit in großen Rollout-Projekten über längere Zeiträume sicherzustellen ist schwierig. Dies erfordert eine funktionierende Beschaffungslogistik, sowie eine effiziente Außendienststeuerung bei der Gerätemontage mit dem Workforce Management (WFM). Unvorhergesehene Ereignisse während des Rollouts erfordern eine professionelle Steuerung der gesamten Logistikkette von der Gerätebeschaffung bis zur erfolgreichen Anbindung des Zählers.¹³

In der Literatur existiert eine Vielzahl von Definitionen die den Logistikbegriff beschreiben.¹⁴

Häufig wird der Logistikbegriff mit der Aufzählung der logistischen Hauptaufgaben, den 6R der Logistik, beschrieben. Diese definieren die Ziele jeglichen logistischen Handelns. Dabei geht es darum die Richtige Ware, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort, in der richtigen Qualität, in der richtigen Mengen und den richtigen Kosten zur Verfügung zu stellen.¹⁵

Fokussiert man den allgemeinen Logistikbegriff auf jene Prozesse die in direktem Zusammenhang mit der physikalischen Verteilung und Implementierung von Produkten, Systemen und Dienstleistungen beim Kunden stehen führt dies zum Begriff der Rolloutlogistik. Bezieht man einerseits die Beschaffung, die im operativen Einkauf vorgelagert ist, sowie die nachgelagerte Gerätemontage sowie die Entsorgung der Altgeräte in den Begriff der Rolloutlogistik mit ein, kann die Rolloutlogistik treffend folgendermaßen definiert werden:¹⁶

„Rolloutlogistik umfasst die bedarfsgerechte, integrierte Planung, Gestaltung, Abwicklung und Steuerung aller zur Ausbringung und kommunikativen Einrichtung intelligenter Zähler (Smart Meter) sowie der dazugehörigen Kommunikationseinrichtungen (Messsysteme) in einem Versorgungsgebiet erforderlichen Beschaffungs-, Lagerhaltungs-, Installations-, Entsorgungs- und Informationsprozesse.“¹⁷

¹³ Vgl. Doleski/Liebzeit (2013), S. 210 – 214.

¹⁴ Vgl. Heiserich/Helbig/Ullmann (2011), S. 10 f.

¹⁵ Vgl. ten Hompel/Schmidt/Nagel (2007), S. 322.

¹⁶ Vgl. Doleski/Liebzeit (2013), S. 210 f.

¹⁷ Doleski/Liebzeit (2013), S. 211.

3 MATERIALFLUSS

In Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3300 ist der Materialfluss die räumliche, zeitliche und organisatorische Verkettung aller Vorgänge bei der Gewinnung, Bearbeitung und Verteilung von Gütern innerhalb festgelegter Bereiche. Der Materialfluss umfasst alle Vorgänge im betrieblichen Objektfluss, die mit den Aufgaben der Beschaffung, der Produktion und der Verteilung in Zusammenhang stehen. Aufgabe des Materialflusses ist es, die Fertigungs- und Montageeinheiten zu verknüpfen, sowie die Versorgung und Entsorgung sicherzustellen. Der Materialfluss ergibt sich durch die Aneinanderreihung von Vorgängen zur Erzielung des Endproduktes. Beispiele hierfür sind etwa Bearbeiten – Handhaben – Prüfen – Transportieren – Montieren – Lagern – Verladen.¹⁸

Obwohl das Wort „Fluss“ verwendet wird, befindet sich das Material die meiste Zeit, geplant oder ungeplant, in Ruhe. Mit Ausnahme von produktionsbedingten oder organisatorisch erwünschten Wartezeiten, wird in allen Materialflussprozessen grundsätzlich eine kürzest mögliche Durchlaufzeit bei geringsten Beständen angestrebt. Um dies zu bewerkstelligen können u.a. Methoden und Verfahren der Materialflusslehre angewendet werden. Im Rahmen der Materialflusslehre werden Materialflussprozesse anhand stark vereinfachter Modelle dargestellt. Wesentliche Aufgabe der Materialflusslehre ist die Bestimmung des Durchsatzes an kritischen Stellen des Materialflusssystems. Der betriebliche Durchsatz kann dabei jedoch nicht als konstanter Wert angenommen werden. Mittels einfacher mathematischer Verteilungsfunktionen kann der betriebliche Durchsatz praxisnah beschrieben werden. Die Warteschlangentheorie ermöglicht, mit ihren analytischen Ansätzen, eine Abschätzung der eingeschwungenen Zustände.¹⁹

3.1 Warteschlangentheorie

Warteschlangen sind allgegenwärtig. Beispiele für Warteschlangen im betrieblichen Umfeld sind Pufferlager von Bauteilen, Produkte die im Lager auf ihre Auslieferung warten oder Maschinen die auf ihren nächsten Arbeitsauftrag warten. Wartezeiten verursachen im betrieblichen Umfeld in der Regel Kosten und können unter Umständen noch weitaus gravierendere Ausmaße annehmen.²⁰

Die Warteschlangen- oder Bedientheorie beschäftigt sich mit den Auswirkungen von stochastischen Anforderungen auf den Warte-, Abfertigungs- und Abgangsprozess an einer Ressource. Aufgrund der auftretenden Wartezeiten entstehen Warteschlangen. Weshalb dieses Gebiet auch als Warteschlangentheorie bezeichnet wird.²¹

Das Ziel der Warteschlangentheorie ist es, die realen Abläufe in Wartesystemen mit Hilfe stochastischer Prozesse zu approximieren und das Verhalten des Wartesystems durch Relationen von Kennzahlen zu beschreiben.²²

¹⁸ Vgl. Heinrich (2006), S. 22.

¹⁹ Vgl. Arnold (1998), S. 1 – 3.

²⁰ Vgl. Domschke/Drexl (2005), S. 210.

²¹ Vgl. Furmans (2008), S. 57.

²² Vgl. Hegemann (1986), S. 58.

In diesem Kapitel sollen zunächst die Grundbegriffe der Warteschlangentheorie erörtert und das M/M/1 – System erklärt werden.

3.1.1 Beschreibung von Bediensystemen

Grundelemente der Bedientheorie sind die Bediensysteme und der Warteraum.²³ Im Zusammenhang mit logistischen Systemen sind die folgenden Leistungskennwerte für Bediensysteme von Bedeutung:²⁴

$\rho / 1$	Auslastungsgrad, als Verhältnis von genutzter zu verfügbarer Kapazität
t_w / s	Wartezeit im Warteraum
t_v / s	gesamte Verweilzeit im Bediensystem
t_{an} / s	Zwischenankunftszeit
t_{ab} / s	Bediendauer
$N_w / \text{Stück}$	Zahl der im Mittel im Warteraum wartenden Kunden
$N_s / \text{Stück}$	insgesamt im Mittel im Bediensystem befindliche Anzahl von Kunden.
$\lambda / \text{Stück s}^{-1}$	Ankunftsrate
$\mu / \text{Stück s}^{-1}$	Bedienrate

Ein solches Bediensystem in der einfachsten Version zeigt Abbildung 8.

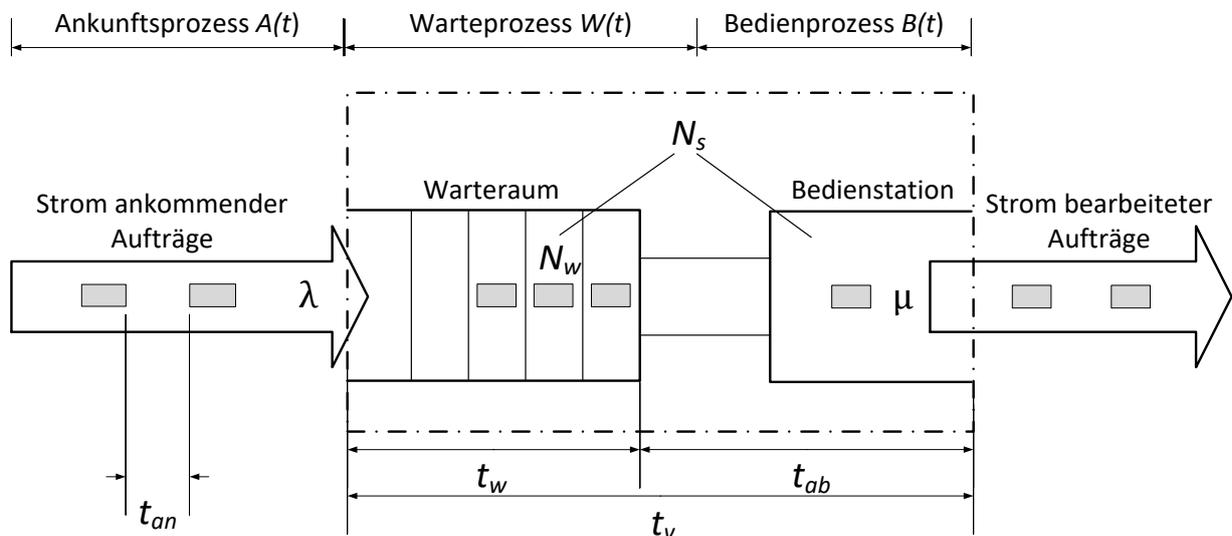


Abbildung 8: Bestandteile eines Bediensystems, Quellen: In Anlehnung an Arnold/Furmans (2009), S. 116.

Ein Bediensystem kann in unterschiedlichen Ausprägungen vorkommen und zwar als Einkanal- oder Mehrkanalsystem. In der Bedientheorie werden Ressourcenanforderungen als Kunden (K) oder auch als Fördererelement bezeichnet, wobei die Zeit zwischen zwei ankommenden Kunden zufällig und einer

²³ Vgl. Furmans (2008), S. 58.

²⁴ Vgl. Furmans (2008), S. 58.

statistischen Verteilung unterworfen ist. Die Zeit zwischen den Ankünften wird als Zwischenankunftszeit t_{an} bezeichnet. Mit dem Erwartungswert der Zwischenankunftszeit $E(t_{an})$ kann die Ankunftsrate λ , welche die durchschnittliche Anzahl der Ankünfte pro Zeiteinheit ausdrückt berechnet werden, und es gilt: ²⁵

$$\lambda = \frac{1}{E(t_{an})} \quad (3.1)$$

Ist mindestens eine Bedienstation frei, so wird der ankommende Kunde sofort bedient. Hierbei gilt die Annahme, dass die Bediendauer t_{ab} ebenfalls zufällig ist. Beträgt der Erwartungswert für die Bediendauer $E(t_{ab})$, können im Mittel

$$\mu = \frac{1}{E(t_{ab})} \quad (3.2)$$

Kunden bedient werden. Man spricht hierbei von der Bedienrate μ . Diese gibt an wie viele Kunden bei einer statistischen Verteilung der Bedienzeit und bei voller Auslastung des Bediensystems pro Zeiteinheit maximal bedient werden können. Ist keine Bedienstation frei, verbleibt der Kunde im Warteraum vorausgesetzt ein solcher ist vorhanden und dieser besitzt noch freie Kapazitäten. Gibt es Kunden die im Warteraum auf die Bedienung warten, werden diese anhand von Bediendisziplinen abgerufen. Die Bediendisziplin beschreibt die Auswahlkriterien anhand derer die Kunden aus der Warteschlange im Warteraum abgerufen werden. Sind der Ankunftsprozess $A(t)$ und der Bedienprozess $B(t)$ regelmäßige Taktprozesse bilden sich keine Warteschlangen und es gilt: ²⁶

$$t_{ab} < t_{an} \Leftrightarrow \mu > \lambda \Leftrightarrow \rho < 1$$

Handelt es sich jedoch beim Bedienprozess oder dem Ankunftsprozess um einen stochastischen Prozess, bilden sich auch bei einem Auslastungsgrad von $\rho < 1$ Warteschlangen. Die Länge der Warteschlange wird umso größer, je näher der Auslastungsgrad bei $\rho = 1$ liegt. ²⁷

Die Entstehung der Warteschlangen ist darauf zurückzuführen, dass sich die Bedienstation nicht beliebig auf die Ankunftsstochastik der Kunden im Bediensystem anpassen kann. ²⁸

3.1.2 Klassifizierung von Bediensystemen

In der Warteschlangentheorie wurde zur Unterscheidung unterschiedlicher Bediensysteme einen Klassifizierungscode entwickelt, der die Ausprägung und die Unterscheidungsmerkmale eines

²⁵ Vgl. Furmans (2008), S. 58.

²⁶ Vgl. Furmans (2008), S. 58.

²⁷ Vgl. Arnold (1998), S. 105.

²⁸ Vgl. Hegemann (1986), S. 58.

Wartesystems beschreibt. Dieser Code kann in einer allgemeinen Form als **a/b/c : (d/e/f)** dargestellt werden. Dabei charakterisiert jede Stelle eine Eigenschaft des Systems. Häufig werden jedoch nur die ersten drei Stellen des Codes angegeben. Dies ermöglicht es auf kurze und prägnante Art und Weise das zugrunde liegende Wartesystem zu beschreiben.²⁹

Die von Kendall eingeführte Notation (A/B/m/xxxx) entspricht der obigen, jedoch werden die Parameter e und f nicht angegeben die Auskunft über die Beschränktheit der Systemkapazität oder des Inputs geben.

Kendall klassifiziert dabei die Elemente folgendermaßen:³⁰

- A Ankunftsprozess $A(t)$ den Zählprozess, der aus der Verteilung der Zwischenankunftszeiten t_{an} resultiert,
- B Bedienprozess $B(t)$ den Zählprozess, der aus der Verteilung der Abfertigungs- oder Bedienzeit t_{ab} resultiert,
- m die Anzahl paralleler und identischer Bedienstationen,
- xxxx Bedienstrategie, also die Entnahmereihenfolge aus dem Warteraum.

In der Logistik ist die Bedienstrategie bzw. Bediendisziplin First-Come-First-Serve (FCFS) oder auf den Warteraum bezogen First-In-First-Out (FIFO) von besonderer Bedeutung.³¹

Für A und B werden häufig die nachstehend angeführten Verteilungen verwendet:³²

- M die Ankünfte sind Poisson verteilt und damit sind die Zwischenankunftszeiten exponentialverteilt. Der Ankunftsprozess ist eine Markov-Kette,
- G es handelt sich um eine beliebige Verteilung,
- D steht für deterministische (d.h. fest vorgegebene) Ankunftszeitpunkte,
- E_k k-Erlangenverteilung.³³

Ein offenes Einkanalmodell mit Poisson-verteiltem Ankunfts- und Abfertigungsprozess wird entsprechend dieser Notation als M/M/1 System bezeichnet.

3.1.3 Exponentialverteilung

Die wichtigste stetige Verteilung in der Materialflusslehre ist die Exponentialverteilung³⁴, weshalb sie an dieser Stelle behandelt wird.

²⁹ Vgl. Domschke/Drexl (2005), S. 221 – 222.

³⁰ Vgl. Arnold (1998), S. 106.

³¹ Vgl. Furmans (2008) S. 58.

³² Vgl. Domschke/Drexl (2005), S. 221.

³³ Vgl. Arnold (1998), S. 106.

³⁴ Vgl. Arnold (1998), S. 84.

Die Exponentialverteilung ist geeignet um den zeitlichen Abstand zweier unmittelbar aufeinanderfolgender Kunden (Zwischenankunftszeit) zu beschreiben.³⁵ Die Dichtefunktion ist mit konstanten Parameter-Werten $\lambda > 0$:

$$f(x) = f(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ \lambda e^{-\lambda x}, & x \geq 0 \end{cases} \quad (3.3)$$

Die Dichtefunktion ist monoton fallend mit dem Parameterwert λ als Funktionswert bei $x = 0$ und $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = 0$.³⁶ Die Verteilungsfunktion der Exponentialverteilung erhält man durch Integration der Dichtefunktion. $F(x)$ gibt die Wahrscheinlichkeit dafür an, dass zwischen der Ankunft zweier aufeinander folgender Kunden maximal x Zeiteinheiten vergehen. Die Verteilungsfunktion der Exponentialfunktion ist³⁷

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(t) dt = \int_0^x \lambda e^{-\lambda t} dt = 1 - e^{-\lambda x} \quad (3.4)$$

Zwischen der Exponentialverteilung und der Poisson-Verteilung besteht ein kausaler Zusammenhang. So sind bei poissonverteilten Ereignissen die Zeitdifferenzen zwischen den Ereignissen exponentialverteilt und umgekehrt.³⁸

3.2 Wartemodelle

Warteschlangenmodelle können unter anderem hinsichtlich ihrer Beziehung zur Umwelt in geschlossene und offene Modelle unterteilt werden. Eine weitere Unterscheidung kann auch nach der Anzahl der Bedienstationen getroffen werden. Hier unterscheidet man zwischen Ein- und Mehrkanalmodellen.³⁹

Offene Wartemodelle sind dadurch gekennzeichnet, dass Kunden an einem oder mehreren Knoten das Netzwerk betreten. Nach Abschluss aller Bedienschritte verlassen diese das Netzwerk wieder. Die Anzahl der Kunden im Gesamtsystem unterliegt somit einem stochastischen Prozess. Mit offenen Bediensystemen können z.B. Werkstattfertigungen abgebildet werden. Ein geschlossenes Wartemodell liegt vor, wenn Kunden das System weder betreten noch verlassen und somit die Zahl der Kunden im System konstant bleibt.⁴⁰

Einkanalmodelle sind dadurch gekennzeichnet, dass für die Abarbeitung genau eine Bedienstation, ein sogenannter Kanal, zur Verfügung steht (Abbildung 9). Bei Mehrkanalmodellen stehen mehrere

³⁵ Vgl. Domschke/Drexl (2005), S. 214.

³⁶ Vgl. Arnold/Furmans (2009), S. 90.

³⁷ Vgl. Domschke/Drexl (2005), S. 214 f.

³⁸ Vgl. Arnold (1998), S. 85.

³⁹ Vgl. Domschke/Drexl (2005), S. 220.

⁴⁰ Vgl. Furmans (2008), S. 65.

Bedienstationen zur Verfügung. Dieser Modelltyp lässt sich weiter in serielle und parallele Mehrkanalmodelle unterteilen. Bei einem seriellen Mehrkanalmodell ist der Output des ersten Kanals gleichzeitig der Input für den zweiten usw. (Abbildung 10). Bei einem parallelen Mehrkanalmodell stehen mehrere Bedienstationen alternativ zur Verfügung die sich nach einer gemeinsamen Warteschlange befinden (Abbildung 11). Darüber hinaus gibt es auch noch Kombinationen bzw. Mischformen in denen beide Fälle vorkommen.⁴¹



Abbildung 9: Einkanalmodell, Eigene Darstellung.

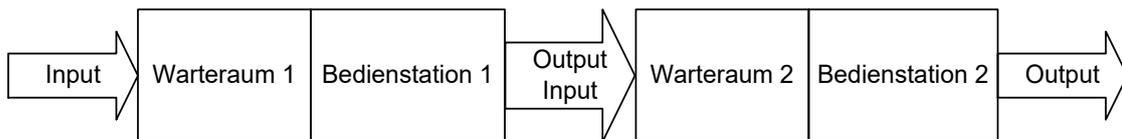


Abbildung 10: Serielles Mehrkanalmodell, Eigene Darstellung.

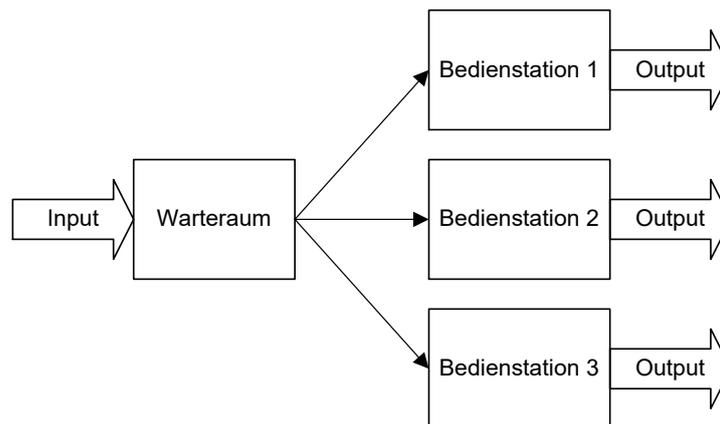


Abbildung 11: Paralleles Mehrkanalmodell, Eigene Darstellung.

3.3 M/M/1 Modell

In der Warteschlangentheorie ist das M/M/1 Modell, das Modell, an dem die Ermittlung und die Bedeutung der nachfolgenden Kennwerte am einfachsten gezeigt werden kann.⁴²

Kennwert	Beschreibung
$p(j)$	Wahrscheinlichkeit, dass sich das Wartesystem im Zustand j befindet
N_w	Mittlere Anzahl der im Wartezimmer befindlichen Fördereinheiten bzw. Kunden, wenn der Warteprozess stationär geworden ist

⁴¹ Vgl. Domschke/Drexel (2005), S. 220 f.

⁴² Vgl. Arnold (1998), S. 107.

t_w	Mittlere Wartezeit der Fördereinheiten bzw. Kunden im Warteraum
N_s	Mittlere Anzahl an Fördereinheiten bzw. Kunden im Wartesystem
t_v	Mittlere Verweilzeit der Fördereinheit bzw. Kunden im Wartesystem

Tabelle 2 : Wichtige Kenngrößen des M/M/1 Modell, Quelle: Eigene Darstellung.

Für die Beschreibung des Ankunftsprozesses $A(t)$ wird angenommen, dass die Zwischenankunftszeit t_{an} mit dem Parameter λ exponentiell verteilt ist. Selbige Annahme gilt für den Bedienprozess $B(t)$, der durch die mit dem Parameter μ exponentiell verteilte Bedienzeit t_{ab} beschrieben wird. Die Annahme der Exponentialverteilung für den Ankunfts- und Bedienprozess besagt auch, dass die Anzahl der Ankünfte sowie die Anzahl der Bedienungen pro Zeiteinheit ebenfalls anhand der Poissonverteilung dargestellt werden können. Mit dem Buchstaben M für den Ankunftsprozess $A(t)$ und dem Bedienprozess $B(t)$ wird ausgedrückt, dass der Prozess die sogenannte Markov-Eigenschaft besitzt. Diese Eigenschaft sagt aus, dass alle Einflüsse aus der Vergangenheit im gegenwärtigen Zustand abgebildet sind und nur dieser Zustand den weiteren Prozessverlauf beeinflusst. Diese Eigenschaft wird auch als Gedächtnislosigkeit bezeichnet. Daraus folgt, dass für die mathematische Behandlung des M/M/1 Modells lediglich der gegenwärtige Zustand sowie die Übergangswahrscheinlichkeit in andere mögliche Zustände berücksichtigt werden müssen. Die Darstellung der möglichen Zustände und Übergänge kann als Zustandsgraph dargestellt werden. In jedem Knoten sind die im Wartesystem befindlichen Fördereinheiten dargestellt. Der Zustand $j = 0$ repräsentiert das leere System. Die Pfeile zeigen die Richtungen des möglichen Übergangs der Systemzustände mit den Übergangsraten λ und μ an. Im Zustandsgraph können Zustandsänderungen nur dann erfolgen, wenn zum einen eine neue Fördereinheit ins System eintritt ($j \rightarrow j + 1$) oder eine Fördereinheit nach erfolgter Bedienung das System verlässt ($j \rightarrow j - 1$).⁴³

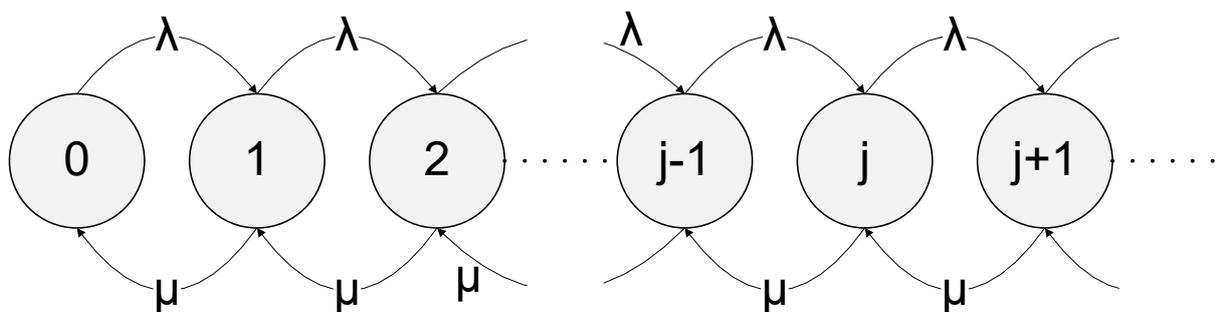


Abbildung 12: Zustandsgraph für das M/M/1-Modell mit den Übergangsraten μ und λ , Quelle: Eigene Darstellung.

Da das M/M/1 System die Markov Eigenschaft besitzt, kann der Zustandsraum mit einer einfachen Markov-Kette und der Zahl der Fördereinheiten im Bediensystem, beschrieben werden, wodurch die Zustandswahrscheinlichkeit wie folgt bestimmt werden kann:⁴⁴

⁴³ Vgl. Arnold/Furmans (2009), S. 115 – 117.

⁴⁴ Vgl. Furmans (2008), S. 60.

$$P(N_s(t) = j) = p(j) \quad (3.5)$$

Befindet sich das System im Gleichgewicht, dann muss die Wahrscheinlichkeit in einen Zustand j zu gelangen, ebenso groß sein wie die Wahrscheinlichkeit diesen Zustand wieder verlassen zu können. Dies wird als statistisches Gleichgewicht bezeichnet. Hierbei gilt für den Auslastungsgrad $\rho = \lambda / \mu < 1$. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich das System im Zustand j befindet, kann mit

$$p(j) = (1 - \rho)\rho^j = p(0)\rho^j \quad (3.7)$$

beschrieben werden. Bildet man die mit den Zuständen j gewichtete Reihensumme um den Erwartungswert $E(j)$ für die im System enthaltenen Fördereinheiten zu bestimmen so ergibt sich ⁴⁵

$$N_s = \frac{\rho}{(1 - \rho)} \equiv E(j) \quad (3.6)$$

Ersetzt man in Gleichung 3.7 ρ durch λ / μ kann diese auch in folgende Form dargestellt werden:⁴⁶

$$N_s = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \quad (3.8)$$

Nachdem die mittlere Anzahl der Förderelemente im Wartesystem definiert ist, soll noch geklärt werden wie lange die Warteschlange ist. Hierfür muss die mittlere Anzahl der Förderelemente im Warteraum N_w eines M/M/1-Wartesystems bestimmt werden. Aus der Überlegung heraus, dass die Zustandswahrscheinlichkeit des leeren Wartesystems $p(0) = 1 - \rho$ ist, so muss die Bedienstation mit der komplementären Wahrscheinlichkeit $1 - p(0)$ besetzt sein. Somit folgt für die Anzahl der im Warteraum befindlichen Förderelementen, also die Länge der Warteschlange:⁴⁷

$$N_w = N_s - \rho = \frac{\rho}{(1 - \rho)} - \rho = \frac{\rho^2}{1 - \rho} \quad (3.9)$$

Für den speziellen Fall des M/M/1-Modells gilt ferner:⁴⁸

$$\frac{N_w}{N_s} = \rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (3.10)$$

⁴⁵ Vgl. Furmans (2008), S. 60.

⁴⁶ Vgl. Arnold/Furmans (2009), S. 120 f.

⁴⁷ Vgl. Arnold (1998), S. 112.

⁴⁸ Vgl. Arnold (1998), S.112.

Bereits aus Gleichung 3.7 und aus Gleichung 3.8 ist erkennbar, dass mit steigendem Auslastungsgrad die Länge der Warteschlange länger wird. Es ist außerdem ersichtlich, dass sich ab einem Auslastungsgrad von $\rho > 0,5$ die Gefahr einer Warteschlangenbildung erheblich vergrößert. Bei den Werten N_s und N_w handelt es sich um die Mittelwerte eines stationären Warteprozesses. In einem realen System befinden sich zeitweise mehr Fördereinheiten im Wartesystem.⁴⁹

Die mittleren Verweilzeit t_s eines Förderelements im System kann aus den Größen N_s und λ mit der „Formel von LITTLE“ berechnet werden. Es zeigt sich unter der Annahme einer dass der Erwartungswert der Zwischenankunftszeit $E(t_a)$ als fiktive streng determinierende Taktzeit T_0 angenommen wird und der stationäre Prozesszustand als $j = \text{konst.} = N_s$ fixiert wird, dass jede Fördereinheit nach der Zeitdauer $t_s = N_s T_0$ das gesamte System durchlaufen hat. Diese Formel gilt allgemein für alle Wartesystem-Modelle.⁵⁰

$$t_s = N_s E(t_a) = \frac{N_s}{\lambda} \quad (3.11)$$

Für den speziellen Fall des M/M/1-Modells lässt sich daraus für die Wartezeit t_w im Warteraum und t_s , die Verweilzeit des Förderelements im Wartesystem, folgender Zusammenhang ableiten:⁵¹

$$t_s = \frac{N_s}{\lambda} = \frac{1}{\mu - \lambda} \quad (3.13)$$

$$t_w = \frac{N_s}{\mu} = \frac{N_w}{\lambda} \quad (3.12)$$

Little's Gesetz zählt zu den elementarsten Zusammenhängen in der Bedien- oder Warteschlangentheorie. Wendet man das Gesetz auf logistische Zusammenhänge an, folgt, dass unter der Annahme eines konstanten Durchsatzes λ , Bestände (N_w und N_s) nur durch Reduzierung der mittleren Durchlaufzeit verringert werden können. Die Bestandsverringerung entspricht dabei der Reduzierung der Durchlaufzeit.⁵²

3.4 Materialflussplanung

Das Ziel von Materialflussuntersuchungen ist es, Schwachstellen zu erkennen und deren Ursachen zu bestimmen und die Materialflusskosten zu ermitteln. Dies ermöglicht die Planung eines optimalen Materialflusses mit minimierten Kosten. Die Aufgabe der Materialflussuntersuchung ist es, Daten für eine Beurteilung und Planung zu gewinnen. Dabei gilt es die folgenden Informationen zu ermitteln:⁵³

⁴⁹ Vgl. Arnold (1998), S. 121.

⁵⁰ Vgl. Arnold/Furmans (2009), S. 122 f.

⁵¹ Vgl. Arnold (1998), S. 114.

⁵² Vgl. Furmans (2008), S. 59.

⁵³ Vgl. Heinrich (2006), S. 30 f.

- Daten des Produktsortiments
- Daten des Transportgutes (Transportgutströme, Transportfrequenz, Verwaltung der Bestände usw.)
- Daten der Transport und Lagerhilfsmittel
- Informationsdaten
- Daten der Transportmittel und Lagerart (Kapazität, Leistung, Lagergröße, Durchsatz, Auslastung etc.)

Ausgangspunkt einer Materialflussplanung ist eine breite und redundanzfreie Datenbasis, für deren Beschaffung und Aufarbeitung meist ein erheblicher Zeitaufwand notwendig ist. Erfolgreiche Neuplanungen von Materialflusssystemen setzen in jedem Fall das Vorhandensein von bekannten, angestrebten Durchsätzen voraus. Ob dieser tatsächlich erreicht werden kann ist von den Grenzdurchsätzen der eingesetzten Materialflusselemente und deren Auslastungsgrad abhängig. Bei der Planung ist es sicherer mehrere Lösungen auszuarbeiten um daraus die beste Lösung als Ergebnis einer technisch-wirtschaftlicher Bewertungen zu ermitteln.⁵⁴

Die Materialflussplanung orientiert sich an den Zielen der Organisation. Die vorrangigen Einzelziele der Planung sind zum einen Kostenziele zum andern betriebstechnische Ziele. Daraus leiten sich materialflussspezifische Einzelziele, wie geringer Platzbedarf, schneller Informationsfluss oder geringer Personalbedarf, ab. Dabei hat sich eine stufenweise Planung bewährt. Während der Grobplanung werden Materialflusskonzepte erarbeitet und alternative Lösungen um das Treffen einer Grundsatzentscheidung vorzubereiten. Bei dieser Planung wird versucht die Betriebsbereiche funktions- und materialflusstechnisch optimal anzuordnen. Als Bewertungsgrößen wird hier der Transportaufwand im Materialflusssystem herangezogen. Ein minimierter Transportaufwand führt unter diesem Gesichtspunkt zum wirtschaftlichsten Materialfluss. Bei der Idealplanung wird die technisch / organisatorisch beste Lösung beschrieben. Die Real- und die Detailplanung finden nach der Grobplanung statt. Während der Realplanung wird die beste Grobplanungsvariante weiterverarbeitet. Ebenfalls während der Realplanung werden mehrere Varianten erarbeitet bei denen u.a. unterschiedliche Fördermittel, die Lagerbauweise, die Hardware der Informations- und Datenverarbeitungssysteme oder das Grundkonzept eines Kommissioniersystems berücksichtigt werden. Das endgültige Ergebnis der Realplanung stellt letztendlich die am besten bewertete Variante zur Lösung der Planungsaufgabe dar.⁵⁵

Bei der Bewertung einer Lösung sind Systemeigenschaften bei denen festgelegte Zahlenwerte gefordert sind meist unproblematisch. Solche Größen sind beispielsweise Geschwindigkeit oder Grenzdurchsätze. Bei solchen Kriterien handelt es sich oftmals um K.O. Kriterien. Schwieriger ist die Bewertung im Falle von Kriterien bei denen ein Bereich eingeräumt wird, oder bei denen Kriterien gegenläufige Werte besitzen (höherer Automatisierungsgrad folgt niedrigerer Flexibilität). In solchen Fällen muss die Bewertung über gewichtete Kriterien erfolgen, wobei die Gewichtung nicht anhand mathematischer Strenge erfolgen kann.⁵⁶

⁵⁴ Vgl. Arnold/Furmans (2009), S. 233 – 234.

⁵⁵ Vgl. Arnold (1998), S. 205 – 209.

⁵⁶ Vgl. Arnold/Furmans (2009), S. 275.

4 LAGER

Lager bilden die Voraussetzung um die Versorgung nachgelagerter Systeme sicherzustellen. Lagern als Funktion stellt eine geplante Unterbrechung des Warenflusses dar und dient damit einer zeitlichen Überbrückung und entsteht dort wo der ankommende und abgehende Warenstrom nicht synchronisiert sind. Diese Asynchronitäten können zeitlicher Natur sein oder auch unbekannter bzw. stochastischer. Bei der Lagerung wird zwischen gewollter und ungewollter Lagerung unterschieden. Jede Art von Lagerung verursacht Kosten und erfordert einen Organisations- und Dispositionsaufwand, weshalb das Ziel meist die Vermeidung von Lagerungsvorgängen ist. Bestandsreduzierungen können beispielsweise durch verbrauchssynchrone Lieferung der Güter erreicht werden.⁵⁷

Ein gesamtes Lagersystem besteht aus der Lagerwirtschaft, der Lagerverwaltung, der Lagerung der Güter sowie der Lagersteuerung. Dabei kommen jeder Komponente spezifische Aufgaben zu. Die Lagerverwaltung dient der Verwaltung der Bestände, des Personals und der Aufträge. Die Lagersteuerung beinhaltet die Steuerung des Materialflusses, das Ein- und Auslagern sowie das Kommissionieren der Ware. Zwischen der Lagerverwaltung und Lagersteuerung werden ständig Daten zwischen den EDV-Systemen ausgetauscht. Die Lagerung der Güter beinhaltet die physische Manipulation der Güter auf dem Boden oder in Regalen.⁵⁸

Betrachtet man ein Lagersystem aus Sicht der Ressourcen umfasst dieses auch die Lagerfläche, die Lagermittel (Palette, Gitterbox, Behälter etc.), die Lagerbauweise, die Lagertechnik, die Fördermittel zum Ein- und Auslagern sowie die erforderliche Handhabungstechnik.⁵⁹

4.1 Lagerkapazität

Mit dem Begriff Lagerkapazität wird die maximale Anzahl an Ladeeinheiten die ein Lager aufnehmen kann bezeichnet. Ladeeinheiten können in diesem Zusammenhang Paletten, Kartons, Boxen oder sonstige Stückgüter sein. Somit ergibt sich für die Kapazität folgender Zusammenhang:⁶⁰

$$b = ml \quad (4.1) \quad \begin{array}{ll} b / \text{Stück} & \text{Kapazität} \\ m / \text{Stück} & \text{Anzahl der Lagerplätze} \\ l / \text{Stück} & \text{Anzahl der Ladeeinheiten pro Platz} \end{array}$$

Betrachtet man einen längeren Zeitraum so ist ersichtlich, dass im Mittel $\bar{m} < m$ Lagerplätze belegt sind. Der Lagerfüllungsgrad ist definiert als:

⁵⁷ Vgl. Schneider /Schmid (2008), S. 374 – 375.

⁵⁸ Vgl. Heinrich (2006), S. 310 f.

⁵⁹ Vgl. Fiege/Mühlenbruch/Nyhuis/Wiendahl (2006), S. 334.

⁶⁰ Vgl. Arnold (1998), S. 142.

$$f = \frac{\bar{m}}{m} \leq 1 \quad (4.2)$$

$f / 1$	Lagerfüllungsgrad
$m / \text{Stück}$	Anzahl der Lagerplätze
$\bar{m} / \text{Stück}$	Ø Anzahl der belegten Lagerplätze

oder mit der Kapazität b sowie dem zeitlichen Mittelwert des Bestandes \bar{b} aller k Artikel:⁶¹

$$f = \frac{\bar{b}}{b} = \frac{\sum_{j=1}^k \bar{b}_j}{b} \quad (4.3)$$

$f / 1$	Lagerfüllungsgrad
$b / \text{Stück}$	Bestand
$\bar{b} / \text{Stück}$	zeitlicher Mittelwert des Bestandes
$k / \text{Stück}$	Anzahl der Artikel

Auch wenn der Lagerfüllungsgrad $f \ll 1$ ist, kann aufgrund der Stochastik des Bestandsverlaufes das Lager zeitweise nutzbar oder aufnahmefähig sein. Bei der Lagerplanung wird versucht das Lager so auszulegen, dass es bei kleinstmöglicher Kapazität ausreichend nutzbar ist. Neben den Zugangs- und Abgangsprozessen spielt bei der Dimensionierung die Art der Lagerplatzverwaltung eine wesentliche Rolle. Es wird zwischen einer festen Zuordnung von Artikeln und Lagerplätzen und einer freien Wahl der Lagerplätze unterschieden. Im Falle der festen Zuordnung ist die Zahl der Lagerplätze genau der Summe aller zu erwartenden maximalen Bestände aller Artikel.⁶²

Bei der festen Lagerplatzzuordnung sind für jeden Artikel feste Lagerplätze bereitgestellt, die nur für diese Artikel reserviert sind. Die feste Lagerplatzzuordnung erfolgt bei Anwendungen bei denen ein hoher Wiederholfaktor möglich ist, und eine hohe Zugriffsgeschwindigkeit und Zugriffssicherheit erforderlich ist. Der Vorteil bei der festen Lagerplatzzuordnung ist die Bestimmbarkeit des Lagerortes, jedoch hat dies einen höheren Platzbedarf zur Folge.⁶³

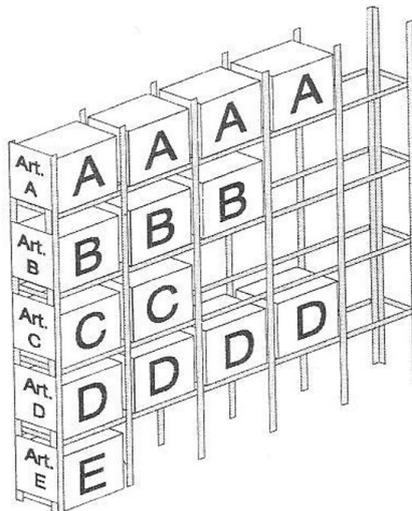


Abbildung 13: Beispiel für feste Lagerplatzzuordnung, Quelle: Wannewetsch (2010), S. 317.

⁶¹ Vgl. Arnold/Furmans (2009), S. 176 f.

⁶² Vgl. Arnold (1998), S. 142.

⁶³ Vgl. Wannewetsch (2010), S. 316 f.

4.2 Flächennutzungsgrad

Für die Beurteilung und den Vergleich eines Lagers dienen Kennzahlen. Eine wesentliche Kennzahl ist hierbei der Flächennutzungsgrad. Für die Bestimmung des Flächennutzungsgrades muss die Brutto- und die Netto-Lagerfläche bekannt sein. Die Lagernettofläche entspricht jener Fläche im Lager die mit Regalen belegt ist. Die Bruttofläche hingegen beinhaltet zusätzlich Verkehrs- und Manipulationsflächen für Lagerbediengeräte. Je nach Art und Ausführung des Lagers ergibt sich der Abstand zwischen zwei gegenüberliegenden Regalen oder Lagereinheiten. Abhängig vom benutzten Lagerbediengerät und bezogen auf eine Tragfähigkeit von 1 t bei Längseinlagerung einer DIN-Palette können die angeführten Arbeitsgangbreiten als Richtwert angenommen werden.⁶⁴

Lagerbediengerät	Arbeitsgangbreite in Meter
Handhubwagen	0,9 ... 1,2
Deichselstapler	1,9 ... 2,3
Frontgabelstapler	3,2 ... 3,5
Schubmaststapler	2,6 ... 2,8
Vierwegstapler	2,2 ... 2,5
Quergabelstapler	2,2 ... 2,5
Kommissionierstapler	1,6 ... 1,8
Stapelkran	1,5 ... 1,7
Schmalgangstapler	1,5 ... 1,8
RBG, schienengeführt	1,4 ... 1,6

Tabelle 3: Richtwerte für Arbeitsgangbreiten: Quelle: Heinrich (2006), S. 326.

Die Kennzahl Flächennutzungsgrad ist das Verhältnis der Nettofläche des Lagers und der Bruttofläche des Lagers.⁶⁵ Diese wird in Prozent angegeben.

$$\text{Flächennutzungsgrad} = \frac{\text{belegte Lagerfläche}}{\text{vorhandene Lagerfläche}} 100\% \quad (4.4)$$

Wird der Flächennutzungsgrad auf verschiedene Regaltyp bezogen, können die in Tabelle 4 dargestellten Anhaltswerte angenommen werden. Diese sind jedoch abhängig vom Gewicht und den Abmessungen des Transportgutes sowie der Regaltiefe bzw. dem Lagerbediengerät.⁶⁶

⁶⁴ Vgl. Heinrich (2006), S. 324 f.

⁶⁵ Vgl. Wannewetsch (2010), S. 466.

⁶⁶ Vgl. Heinrich (2006), S. 326.

Lagersystem	Flächennutzungsgrade / %
Paletten-Blocklager (Bodenlagerung)	80
Ständerregal für Langmaterial (Handbedienung)	40
Fachbodenregal (Gangbreite 1 m)	45
Einfahrregal (6 bis 7 Paletten hintereinander)	70
Palettenregal (mit Frontgabelstapler)	40
Durchlaufregal (mit Regalbediengerät)	65

Tabelle 4: Flächennutzungsgrad ausgesuchter Lagerarten, Quelle: Wannewetsch (2010), S. 326 (leicht modifiziert).

4.3 Lagerbestände

Lagerbestände dienen dem Zweck der mengenmäßigen sowie der zeitlichen Entkopplung von vernetzten Materialströmen in logistischen Ketten. Bedingt durch den Ablauf oder durch Einschränkungen ist eine Entkopplung der Warenflüsse erforderlich. Diese resultieren u.a. durch die Vorproduktion in ein Lager bei beschränkten Produktionskapazitäten für zu erwartende Produktionsspitzen. Oftmals liegt der Grund für eine Entkopplung der Materialströme durch ein Lager auch in ökonomischen Überlegungen. Zusätzlich dienen Lagerbestände dazu, nicht kontrollierbare Einflussgrößen wie dem Bedarfsverhalten von Kunden und der Zuverlässigkeit von Lieferanten, auszugleichen. Dadurch wird eine mengen- und zeitgerechte Belieferung von Bedarfspunkten, trotz zum Zeitpunkt der Disposition abweichender Bedingungen, ermöglicht.⁶⁷

Obwohl Bestände einen reibungslosen Produktionsprozess ermöglichen, können die Bestände die Produktivität negativ beeinflussen indem sie Verbesserungspotentiale verschleiern. Da Bestände immer Kapital binden, sollten diese so gering wie möglich gehalten werden.⁶⁸ Vor- und Nachteile zeigt Tabelle 5.

Bestände ermöglichen	Bestände verdecken
Reibungslose Produktion	Störanfällige Prozesse
Prompte Lieferung	Unbestimmte Kapazitäten
Überbrückung von Störungen	Mangelnde Flexibilität
Wirtschaftliche Fertigung	Ausschuss
Konstante Auslastung	Liefertreue

Tabelle 5: Vor- und Nachteile von Beständen, Quelle: Jetzke (2007), S. 239.

⁶⁷ Vgl. Inderfurt (2008), S. 155.

⁶⁸ Vgl. Wannewetsch (2010), S. 311.

Lagerbestände binden immer Kapital und Raum, wodurch sie die bestimmende Größe für die Lagerhaltungskosten sind. Die Größe des Lagerbestandes ist immer ein Kompromiss und hängt davon ab welches Ziel mit der Lagerung verfolgt wird. Grundsätzlich kann zwischen produktionsbedingten Umlaufbeständen und dem Sicherheitsbestand unterschieden werden.⁶⁹

4.3.1 Sicherheitsbestand

Als Sicherheitsbestand wird ein Mindestbestand bezeichnet der als Reserve dient und nicht für die Produktion herangezogen wird. Grundsätzlich gilt, dass spätestens mit dem Erreichen des Sicherheitsbestandes die neue Lieferung eintreffen soll.⁷⁰ Die Funktion des Sicherheitsbestandes ist es Abweichungen zwischen dem geplanten und tatsächlichen Bedarfsverlauf auszugleichen. Wird der Sicherheitsbestand zu gering gewählt besteht das Risiko, dass der Bestand auf null fällt und somit Anfragen von Kunden nicht mehr bedient werden können. Ein zu hoher Sicherheitsbestand führt zu erhöhten Lagerhaltungskosten. Abweichungen zwischen dem Soll- und Ist-Bedarf können die folgenden Ursachen haben:⁷¹

- Bestandsabweichungen
- Verbrauchsabweichungen
- Lieferterminabweichungen
- Liefermengenabweichungen

Der Sicherheitsbestand kann mit unterschiedlichen Methoden bestimmt werden. Zum einen besteht die Möglichkeit den Sicherheitsbestand mit einer groben Näherungsrechnung zu bestimmen:⁷²

$$SB = V_M t_{WBZ} \quad (4.5)$$

SB / Stück	Sicherheitsbestand
V_M / Stück s^{-1}	durchschnittlicher Verbrauch pro Periode in Monaten
t_{WBZ} / s	Wiederbeschaffungszeit

Diese einfache Berechnung, bei der die Wiederbeschaffungszeit überbrückt wird, ist in der Regel ungenau und ist für die Praxis ungeeignet, da diese Methode zu unnötig hohen Beständen führt. Eine andere systematische Methode die unsichere Bedarfsverläufe berücksichtigt, basiert auf der Gauß'schen Glockenkurve. Bei dieser Methode wird die Wahrscheinlichkeit des nicht Eintreten eines Fehlbestandes angenommen. Aus der Wahrscheinlichkeit des nicht Eintretens einer solchen Situation kann der Sicherheitsbestand abgeleitet werden. Die Dichtefunktion einer Normalverteilung weist einen festen Zusammenhang zwischen der Wahrscheinlichkeit einen bestimmten Wert eines Intervalls um den Mittelwert μ zu erwarten, und der Standardabweichung σ auf. Dies bedeutet, dass bei einem

⁶⁹ Vgl. Heinrich (2006), S. 311.

⁷⁰ Vgl. Wannewetsch (2010), S. 30 – 33.

⁷¹ Vgl. Heiserich/Helbig/Ullmann (2011), S. 155.

⁷² Vgl. Wannewetsch (2010), S. 31.

Sicherheitsbestand von 0, die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Fehlbestandes bei 50 % liegt. Im Umkehrschluss kann angenommen werden, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % alle Kundenanfragen bedient werden können. Erhöht man den Sicherheitsbestand in der Höhe der Standardabweichung steigt auch die Wahrscheinlichkeit, dass jede Kundenanfrage bedient werden kann.⁷³

Dies wird durch Abbildung 14 dargestellt.

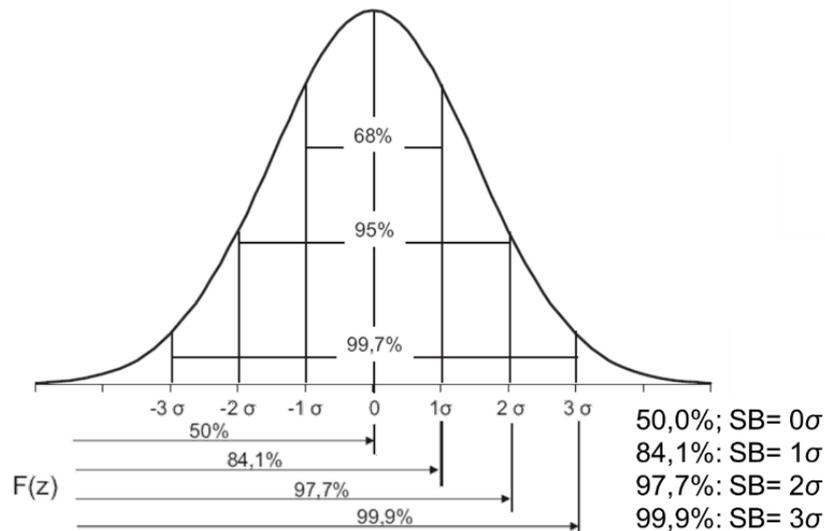


Abbildung 14: Bestimmung des Sicherheitsbestandes, Quelle: Heiserich/Helbig/Ullmann (2011), S. 156 (leicht modifiziert).

4.3.2 Lieferbereitschaftsgrad

Der Lieferbereitschaftsgrad LB beschreibt die Fähigkeit, zu jedem beliebigen Zeitpunkt jede Bedarfsanforderung erfüllen zu können. Demnach ist für eine 100 prozentige Erfüllung jeder Bedarfsanforderung ein Lieferbereitschaftsgrad von 100 % notwendig. Da hierfür die Waren in ausreichender Menge vorhanden sein müssen, führt dies zu hohen Lagerhaltungskosten. Die Kennzahl des Lieferbereitschaftsgrades LB ist der Quotient aus der Anzahl der sofort bedienbaren Bestellanforderungen und der Anzahl der Bedarfsanforderungen.⁷⁴ Der Lieferbereitschaftsgrad wird in Prozent angegeben.

$$LB = \frac{\text{Anzahl sofort bedienbarer Bestellanforderungen}}{\text{Anzahl aller Bedarfspositionen}} 100 \quad (4.6)$$

Um einen hohen Lieferbereitschaftsgrad gewährleisten zu können ist in der Regel ein hoher Lagerbestand (Sicherheitsbestand) notwendig, der wiederum hohe Lagerhaltungskosten nach sich zieht. Der Sicherheitsbestand ist direkt proportional dem Sicherheitsfaktor. Für die Bestimmung des

⁷³ Vgl. Heiserich/Helbig/Ullmann (2011), S. 155 f.

⁷⁴ Vgl. Wannenwetsch (2010), S. 36 f.

Sicherheitsbestandes müssen die Zuverlässigkeit des Lieferanten, die Vorhersehbarkeit des Absatzes sowie die eigene Lieferfähigkeit berücksichtigt werden.⁷⁵

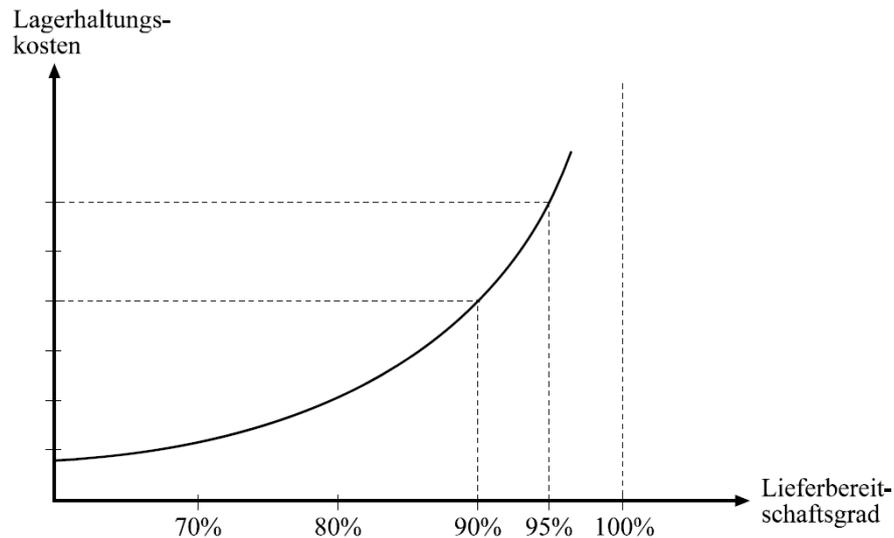


Abbildung 15: Lagerhaltungskosten in Abhängigkeit des Lieferbereitschaftsgrades, Quelle: Wannewetsch (2010), S. 37.

Ein steigender Lieferbereitschaftsgrad führt zu einem überproportionalen Anstieg der Lagerhaltungskosten.⁷⁶ In der Praxis ist eine Lieferbereitschaft von 100 % nicht möglich.⁷⁷

4.4 Wirtschaftliche Bestellmenge

Die Bestellung von Waren hat unmittelbar Einfluss auf bestimmte Kostenarten. Abhängig von der Bestellmenge bzw. der Anzahl an Bestellungen entstehen Lagerhaltungskosten und Bestellkosten. Addiert man beide Kostenarten, erhält man die Gesamtkosten die für die Bereitstellung eines Artikels anfallen. Spricht man von der wirtschaftlichen Bestellmenge geht es darum, das Optimum zwischen der beschafften Bestellmengen pro Bestellung und der Anzahl der Bestellungen zu finden.⁷⁸

⁷⁵ Vgl. Seeck (2010), S. 74 f.

⁷⁶ Vgl. Schneider /Schmid (2008), S 375.

⁷⁷ Vgl. Bichler/Krohn/Riedel/Schöppach (2010), S. 111.

⁷⁸ Vgl. Bichler/Krohn/Riedel/Schöppach (2010), S. 91.

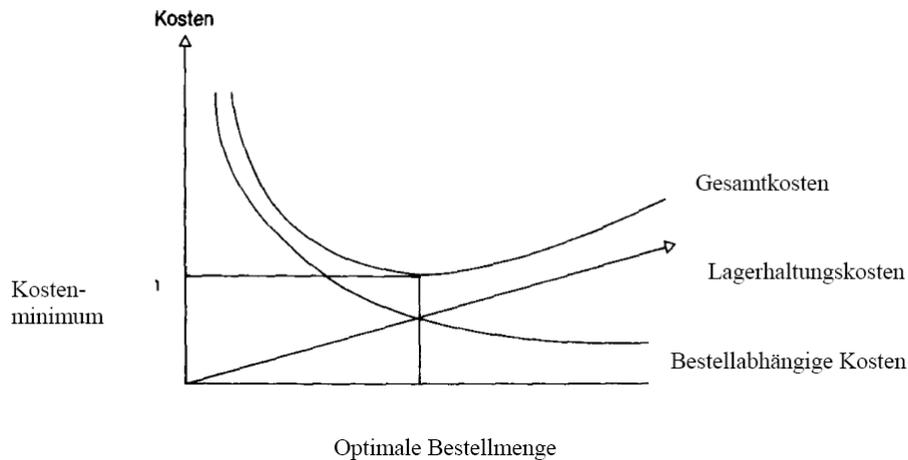


Abbildung 16: Optimale Bestellmenge, Quelle: Wannewetsch (2010), S. 58.

Die Optimierung der Bestellmengen und der Bestellhäufigkeit kann mittels der Losgrößenformel nach Andler berechnet werden. Hierbei wird die eine, aus Kostensicht, optimale Losgröße bestimmt. Ausgangsbasis ist die Berechnung der optimalen Kosten.⁷⁹

Dabei erfolgt die Berechnung der Gesamtkosten K_G als Summe der Bestellkosten K_B und den Lagerhaltungskosten K_L .⁸⁰

$$K_G = K_B + K_L \quad (4.7)$$

Die Berechnung der Gesamtkosten K_G erfolgt mit den Größen:⁸¹

k_b	fixe Kosten pro Bestellung
k_l	Lagerhaltungskosten in % des Einkaufspreises bzw. von den Herstellungskosten inkl. Kapitalbindungskosten
M	Jahresbedarf
P	Einkaufspreis
b	Bestellmenge

mit:

$$K_B = k_b \frac{M}{b} \quad (4.9)$$

$$K_L = P k_l \frac{b}{200} \quad (4.8)$$

⁷⁹ Vgl. Wannewetsch (2010), S. 64 – 65.

⁸⁰ Vgl. Arnold/Furmans (2009), S. 173.

⁸¹ Vgl. Arnold/Furmans (2009), S. 173.

Durch einsetzen der Gleichungen (4.8) und (4.9) in die Gleichung (4.7) und durch die Bildung der ersten Ableitung der Gleichung von K_G nach b erhält man das Minimum für die Gesamtkosten. Durch Auflösen der Gleichung nach b erhält man als Ergebnis die Gleichung für die optimale Bestellmenge x_{opt} .⁸²

$$x_{opt} = \sqrt{200 \frac{M k_b}{k_l P}} \quad (4.10)$$

Die klassische Losgrößenformel nach Andler kann auch zur Berechnung der optimalen Bestellhäufigkeit verwendet werden. Ersetzt man in Gleichung (4.10) x_{opt} durch M/n , wobei n die Bestellhäufigkeit darstellt. Löst man die Gleichung schließlich nach n auf, erhält man für die optimale Bestellhäufigkeit n_{opt} .⁸³

$$n_{opt} = \sqrt{\frac{MPk_l}{200 k_b}} \quad (4.11)$$

Die Voraussetzung für die Anwendung der hier erläuterten Berechnung sind regelmäßige Bestandsverläufe und exakt eingehaltene Liefertermine wie in Abbildung 17 dargestellt wird. In der Praxis kommt dies jedoch eher selten vor.⁸⁴

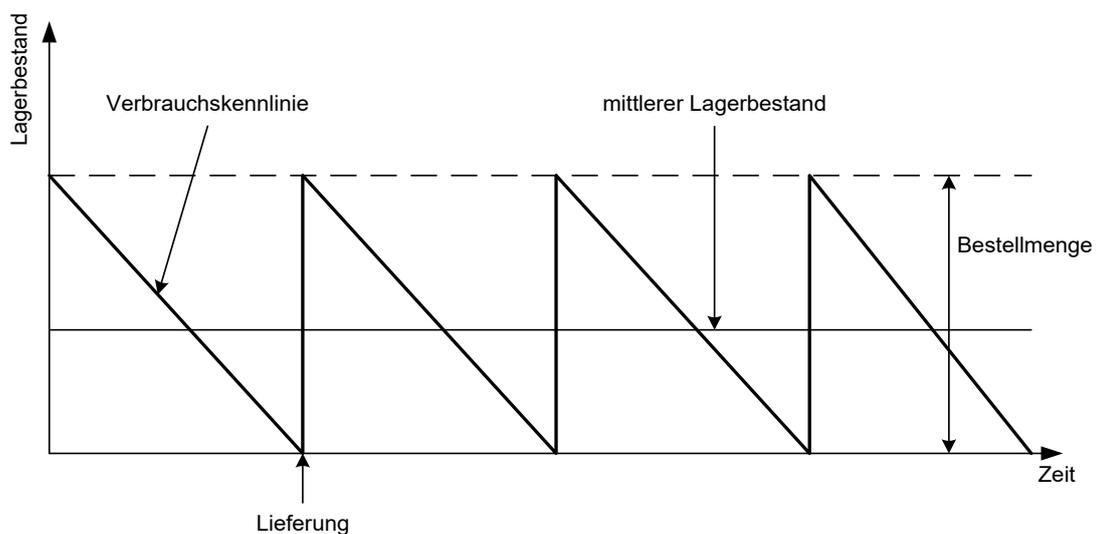


Abbildung 17: Bestandsverlauf im einfachsten Lagerhaltungsmodell, Quelle: In Anlehnung an Arnold/Furmans (2009), S174.

⁸² Vgl. Wannewetsch (2010), S. 64 f.

⁸³ Vgl. Wannewetsch (2010), S. 67.

⁸⁴ Vgl. Arnold (1998), S. 138.

5 BESCHAFFUNGSLOGISTIK

Entscheidend bei einer Supply Chain Strategie ist, dass die Supply Chain Management (SCM) Ziele zu denen Qualitäts-, Lieferzuverlässigkeits-, Lieferdurchlaufzeit-, Flexibilitäts-, Investitions- und Kostenziele gehören durch die Nutzung von logistischen Erfolgspotentialen erzielt werden, anstatt durch die betriebliche Effizienz. Hierbei beziehen sich logistische Erfolgspotentiale auf die Fähigkeiten und Ressourcen, den Material- und Informationsfluss im Zusammenhang mit Beschaffung, Produktion und Vertrieb, effektiv abzuwickeln. Das Kostenreduzierungspotential und das Investitionsreduzierungspotential sind mögliche Potentiale, denen unter anderem Beschaffungs-, Kooperations- und Synergiepotentiale untergeordnet sind.⁸⁵

Die Beschaffung der Zählerinfrastruktur, zu denen auch die Smart Meter gehören, wird aus den genannten Gründen in Form einer steiermarkweiten Beschaffungskoooperation abgewickelt, mit dem Ziel Erfolgspotentiale zu heben.

Eine Hauptaufgabe der Beschaffung besteht u.a. darin, Materialien und Teile in der geforderten Qualität zum richtigen Zeitpunkt zu beschaffen, damit die termingerechte Produktion sichergestellt werden kann.⁸⁶ Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Materialdisposition, die zwei Ziele verfolgt. Zum einen soll die Beschaffung und die anschließende Bereitstellung möglichst wenig Kapital binden, gleichzeitig muss die Versorgung mit Teilen gewährleistet sein. Eine Hauptaufgabe in der Materialdisposition ist der Mengenabruf auf Grund der Produktionsplanung.⁸⁷

Die Bereitstellung der Zähler zum dem Zeitpunkt an dem diese benötigt werden, stellt eine besondere Herausforderung bei der Zählerlogistik dar. Dabei ist sicherzustellen, dass der notwendige Aufwand für Bestellung, Prüfung und Annahme der Ware so gering wie möglich gehalten wird. Insgesamt sind einige Schritte die vom Zeitpunkt der Beauftragung bis zum Zeitpunkt der Lieferung notwendig. Zum anderen sind bei der Wahl des Lieferkonzepts innerbetriebliche Rahmenbedingungen zu berücksichtigen.

In diesem Kapitel werden die notwendigen Schritte der Beschaffung und die Rahmenbedingungen beschrieben, welche die Grundlage für die Szenarien bilden und in weiterer Folge bewerten werden. Im Zuge der Bewertung wird das Konzept hinsichtlich des Ressourcenbedarfs und der gesamten Beschaffungsdauer von der Beauftragung bis zum Einlagern bewertet. Außerdem sollen etwaige Risiken die einem reibungslosen Ablauf gegenüberstehen ebenfalls in die Bewertung miteinfließen.

5.1 Bedarfsmengen

Die Ermittlung der erforderlichen Bedarfsmenge der Materialien bzw. Komponenten, sodass diese rechtzeitig zur Verfügung stehen, ist ein Ziel der Bedarfsprognose. Die Ermittlung des Bedarfs kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen, wobei alle angeführten Methoden in der Praxis üblich sind. Es kann zwischen

⁸⁵ Sennheiser/Schnetzler (2008), S. 292 f.

⁸⁶ Vgl. Bichler/Krohn/Riedel/Schöppach (2010), S. 29.

⁸⁷ Vgl. Bichler/Krohn/Riedel/Schöppach (2010), S. 75.

- programmorientierter Bedarfsermittlung,
- verbrauchsorientierter Bedarfsermittlung und
- subjektiver Bedarfsschätzung

unterschieden werden.⁸⁸

Bei der Beschaffung der Smart Meter ist vor allem die programmorientierte Bedarfsermittlung von Bedeutung.

Diese orientiert sich an einem geplanten Produktionsprogramm bzw. an vorliegenden Kundenaufträgen. Aus diesem Produktionsprogramm wird die Bedarfsplanung abgeleitet. Hierbei ist die exakte Kenntnis über den aktuellen Lagerstand notwendig. Bei der programmorientierten Bedarfsermittlung ist wegen der höheren Planungssicherheit ein niedriger Sicherheitsbestand möglich als etwas bei der verbrauchsorientierten Bedarfsermittlung.⁸⁹

Bei der verbrauchsorientierten Bedarfsermittlung wird der Bedarf anhand von Prognosen ermittelt. Diese basieren auf Vergangenheitswerten aus denen Rückschlüsse auf die Zukunft gezogen werden. Diese Art der Bedarfsermittlung wird bei Gütern des Tertiärbedarfs eingesetzt wenn nicht planbare Entnahmen und Ausschuss auftreten.⁹⁰

Da auf Grund der Rollout-Planung der Zeitpunkt der Zählermontage bekannt ist, respektive ein geplantes Produktionsprogramm vorliegt, kann auf diese Art und Weise der Bedarf ermittelt werden.

5.2 Prozessschritte

Alle Schritte zwischen der Beauftragung bis hin zur Einlagerung müssen sicherstellen, dass ausschließlich montagefähige Zähler in das Entnahmelager gelangen. In diesem Zusammenhang bedeutet „montagefähig“, dass der Zähler messtechnisch und funktionell im Zuge der internen Qualitätskontrolle überprüft wurde, die Zähler geeicht und die Zähler mechanisch in Ordnung ist. Die interne Qualitätskontrolle durch ein Prüflabor wird als Annahmeprüfung bezeichnet.

5.2.1 Produktion

Die Produktion der Zähler erfolgt auf Basis eines rollierenden Forecasts. Dieser wird aus der Rollout-Planung abgeleitet und in regelmäßigen Abständen aktualisiert und dem Lieferanten übermittelt. Der Forecast enthält die geplanten Abnahmemengen der nächsten sechs Monate.

⁸⁸ Vgl. Wannewetsch (2010), S. 37.

⁸⁹ Vgl. Wannewetsch (2010), S. 39.

⁹⁰ Vgl. Pulham (2008), S. 16.

5.2.2 Eichung

Das österreichische Maß- und Eichgesetz schreibt vor, dass jeder Zähler geeicht werden muss bevor dieser zum Zweck der Verrechnung bei Netzkunden verbaut werden darf.⁹¹ Aus diesem Grund werden die produzierten Zähler, trotz interner Qualitätskontrollen während und nach der Produktion, von einer unabhängigen akkreditierten Eichstelle überprüft.

5.2.3 Wareneingang

Die Warenannahme erfolgt direkt nach der Anlieferung der Ware im Wareneingangsbereich des Lagers. Die Aufgabe der Wareneingangsprüfung besteht darin technische wie auch organisatorische Tätigkeiten durchzuführen. Dazu zählt unter anderem das Entladen, Puffern, Auspacken und die Vorbereitungen für die Einlagerung. Neben den physischen Prozessen sind auch Tätigkeiten wie das Erfassen der Ware in den EDV Systemen, die Mengen- und Qualitätsprüfung Tätigkeiten im Wareneingang. Erst nach positiver Prüfung der Ware wird die Ware für den Einlagerungsvorgang freigegeben.⁹²

Im Zuge der Warenannahme wird die Ware auf Vollständigkeit und Unversehrtheit überprüft. Bei Mängel wird die Ware reklamiert.

5.2.4 Annahmeprüfung

Die Annahmeprüfung stellt die Qualitätssicherung⁹³ im Zuge des Warenannahmeprozesses dar. Dabei wird eine Stichprobe aus einer Grundmenge des Lieferanten entnommen und zur Überprüfung an eine interne Prüfstelle gesendet. Diese Zähler werden im Zuge der Prüfung hinsichtlich der Messtechnik, den Security Anforderungen, der ordnungsgemäßen Funktion der spezifizierten Use-Cases und der Kompatibilität zu den beteiligten Systemen, überprüft. Während der Prüfung wird die Ware, aus der die Stichprobe entnommen wurde, getrennt gelagert. Erst wenn diese Prüfung erfolgreich abgeschlossen ist, wird die überprüfte Grundmenge für die weitere Verwendung freigegeben. Im Falle des Nichtbestehens der Annahmeprüfung wird die Ware reklamiert und eine Nachbesserung des Lieferanten ist notwendig. Für die Durchführung der Annahmeprüfung ist ein Zeitraum von ca. zwei Wochen anzunehmen.

5.3 Entwicklung der Beschaffungsszenarien

Für den speziellen Fall des Smart Meter Rollouts wird ein Lieferservicegrad von 100 % angestrebt. Damit sollen Stillstandzeiten der Monteure und zusätzliche Kosten während des Rollout verhindert und einem etwaigen Terminverzug vorgebeugt werden. Dies führt unter Umständen zur Nichteinhaltung der gesetzlichen Vorgaben. Weiters gilt es den notwendigen Lagerplatzbedarf und die Durchlaufzeit vom Zeitpunkt der Bestellung bis hin zur Einlagerung ins Lager gering zu halten um weder Eichzeit der Zähler noch Gewährleistungszeit zu verlieren.

⁹¹ Vgl. Bundeskanzleramt Österreich (Hrsg.) (1950), Online-Quelle [10.August.2016]

⁹² Vgl. Heinrich (2006), S. 319.

⁹³ Vgl. Bichler/Krohn/Riedel/Schöppach (2010), S. 142.

Für die Betrachtung der Durchlaufzeit vom Zeitpunkt der Bestellung bis zur Warenfreigabe mit erfolgter Einlagerung in ein Entnahmelager werden Annahmen getroffen, deren Grundlage Aussagen des Zählerlieferanten im Zuge eines Ausschreibungsverfahrens sind, und wie folgt lauten:

- Lieferzeit beträgt acht Wochen.
- Zähler werden im geeichten Zustand geliefert. Die Eichung erfolgt innerhalb der acht Wochen.
- Die Bestellung muss mindestens acht Wochen vor Lieferung der Ware erfolgen.
- Bei der Lieferung wird ein elektronischer Lieferschein übermittelt, der alle Geräte mit ihrer Seriennummer anführt.
- Die Bestellung erfolgt immer durch SGG.

Die wesentliche Größe bei der zeitlichen Betrachtung ist die Wiederbeschaffungszeit t_W . Diese setzt sich aus

$$t_W = t_A + t_L + t_P \quad (5.1)$$

t_W / s	Wiederbeschaffungszeit
t_A / s	Auftragsvorbereitungszeit
t_L / s	Lieferzeit
t_P / s	Prüfzeit

zusammen. Die Auftragsvorbereitungszeit t_A beinhaltet jene Zeiten der Tätigkeiten vom Zeitpunkt der Feststellung des Bedarfs bis zur Bestelldurchführung, dazu gehören z.B. die Durchführung von Anfragen, die Prüfung von Angeboten oder das Übermitteln der Bestellung. Die Lieferzeit t_L stellt jene Zeit dar, die der Lieferant vom Zeitpunkt des Bestelleinganges bis zur Anlieferung beim Kunden benötigt. Während der Prüfzeit t_P wird die Ware vom Kunden entgegengenommen, geprüft und eingelagert.⁹⁴

Ebenfalls von Bedeutung ist der Lagerplatz, der im Zuge der Beschaffung für die Warenannahme und Eingangsprüfung bereitgestellt werden muss. Da es sich beim Smart Meter um eine neue, und nicht immer ausgereifte Technik handelt, muss davon ausgegangen werden, dass nicht jede Lieferung sofort oder gar nicht angenommen wird.⁹⁵

Im Folgenden werden zwei mögliche Szenarien die den Anforderungen genügen beschrieben. Jede der beiden Szenarien könnte für den Rollout angewendet werden. Diese werden abschließend hinsichtlich der notwendigen Ressourcen, also Lagerfläche, Arbeitskräfte bzw. der Durchlaufzeit beurteilt.

5.3.1 Beschaffungsszenario 1

Dieses Szenario sieht vor, dass auf Basis der rollierenden Planung die für den Rollout notwendigen Zähler produziert werden. Die Messgeräte werden von der SGG direkt abgerufen, woraufhin der Lieferant die Lieferung zusammenstellt und an ein Lager liefert. Dieses Lager kann grundsätzlich von jedem Betreiber betrieben werden. Es ist jedoch auch möglich, dass dieses Lager von der SGG oder einem Kooperationspartner betrieben wird.

⁹⁴ Vgl. Bichler/Krohn/Riedel/Schöppach (2010), S. 106.

⁹⁵ Vgl. Dieper (2013), S. 202.

Bei der Beschaffung werden in der Regel von jedem Zählertyp 2000 geeichte Zähler oder ein Vielfaches von 2000 abgerufen. Diese Mengen bilden die Grundmenge für die Entnahme eines Prüfloses zur Verlängerung der Nacheichfrist aller Geräte aus der Grundmenge entsprechend §18. Abs. 2. des Maß- und Eichgesetzes (MEG). Diese Menge stellt eine wirtschaftlich sinnvolle Menge an Geräten, für den Fall einer Nichtverlängerung der Nacheichfrist, dar. Dies hat im Zuge des Rollouts keine Relevanz, jedoch spätestens mit Erreichen der Nacheichfrist der Zähler, werden Stichproben entnommen und in einer Eichstelle überprüft um die Nacheichfrist für die entsprechende Grundmenge zu verlängern.

In diesem Szenario wird die Stichprobe für die Annahmeprüfung unmittelbar nach der Wareneingangsprüfung entnommen. Während der Dauer der Annahmeprüfung dürfen aus der Lieferung keine Zähler entnommen werden. Um dies zu gewährleisten muss die gesamte Lieferung, bis zum Zeitpunkt der Warenfreigabe, in einem Sperrlager gelagert werden. Nach bestandener Annahmeprüfung gemäß Kapitel 5.2.4 darf die Ware ins Entnahmelager verschoben werden und steht fortan der Verwendung im Rollout zur Verfügung.

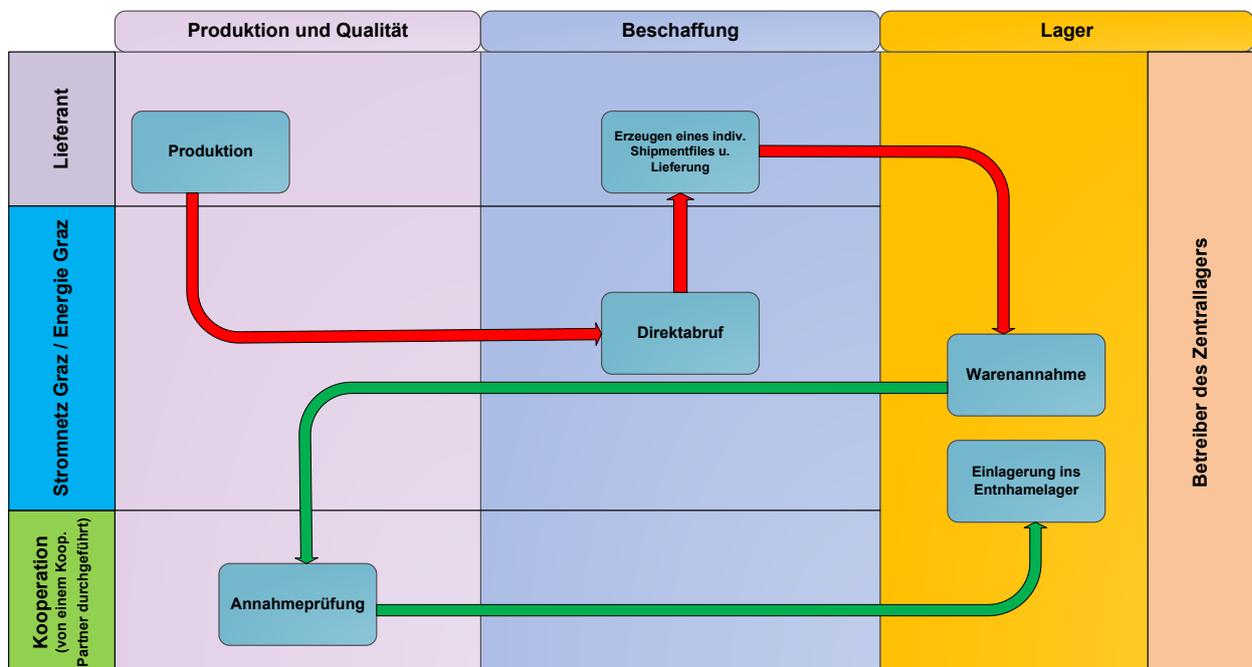


Abbildung 18: Beschaffungsszenario 1, Quelle: Eigene Darstellung.

Besteht ein Los die Annahmeprüfung nicht, so wird eine zweite Stichprobe entnommen und abermals überprüft, wodurch sich die Wiederbeschaffungszeit erheblich verlängert. Im schlimmsten Fall führt ein zweimaliges Nichtbestehen zu einem Totalausfall eines Loses, verbunden mit der Zurückweisung aller gelieferten Zähler des Loses an den Lieferanten. Dadurch verringert sich die Vorhersehbarkeit des Ankunftszeitpunktes erheblich. Die Wahrscheinlichkeit für die Abweisung einer Lieferung von elektronischen Zählern liegt erfahrungsgemäß bei bis zu 20 %.

Da bereits ab dem Zeitpunkt der Warenannahme die Nachverfolgbarkeit der Zähler sichergestellt werden muss, sind ab diesem Zeitpunkt alle Materialbewegungen zu erfassen. Dies bedeutet, dass die angelieferte Ware im Zählermanagementsystem erfasst wird und danach in das Sperrlager gebucht wird. Für die Annahmeprüfung sind zur Gewährleistung der Nachverfolgbarkeit ebenso die notwendigen

Materialbewegungen zur Prüfstelle und zurück sowie die abschließende Materialbuchung in das Entnahmelager notwendig.

Somit ist ersichtlich, dass von der Anlieferung bis zum Zeitpunkt der Einlagerung ins Entnahmelager eine Vielzahl an Lagerbewegungen sowie EDV erfasster Materialbewegungen stattfinden.

Der beschriebene Prozess erfordert die aktive Beteiligung von drei der in 2.5.2 beschriebenen Rollen und zwar die Annahmeprüfung, das Zentrallager sowie die Administration. Der administrative Aufwand der dabei entsteht, beinhaltet neben dem Abruf der Liefermengen beim Lieferanten auch die Probenahme und die Abwicklung der Annahmeprüfung sowie die damit verbundene Erfassung aller Lagerbewegungen.

5.3.2 Beschaffungsszenario 2

Dieses Szenario sieht ebenfalls vor, dass auf Basis der rollierenden Planung die für den Rollout notwendigen Zähler produziert werden. Jedoch werden unmittelbar nach der Produktion die Zähler aus der produzierten Menge (Produktionslos) für die Annahmeprüfung entnommen. Wie bereits zu Beginn des Kapitel 5 erwähnt, werden die Zähler in einer Kooperation beschafft, wodurch größere Mengen in einem Produktionslos hergestellt werden. Die entnommene Stichprobe aus dem Produktionslos wird vom Lieferanten an die Prüfstelle zur Durchführung der Annahmeprüfung gesendet. Besteht das Produktionslos die Prüfung wird dieses Produktionslos für die Lieferung freigegeben. Die Messgeräte werden direkt von der SGG beim Lieferanten abgerufen.

Der Hersteller entnimmt aus dem freigegebenen Produktionslos die Liefermenge. Dies entspricht den Annahmen aus Kapitel 5.3.1. Vom Lieferanten wird ein elektronischer Lieferschein erstellt und mit den Geräten an ein Lager gesendet.

Hier wird die Ware im System erfasst. Da die Ware bereits annahmegeprüft ist, können die Zähler sofort in das Entnahmelager gebucht und verschoben werden, wodurch eine sofortige Verwendung möglich ist.

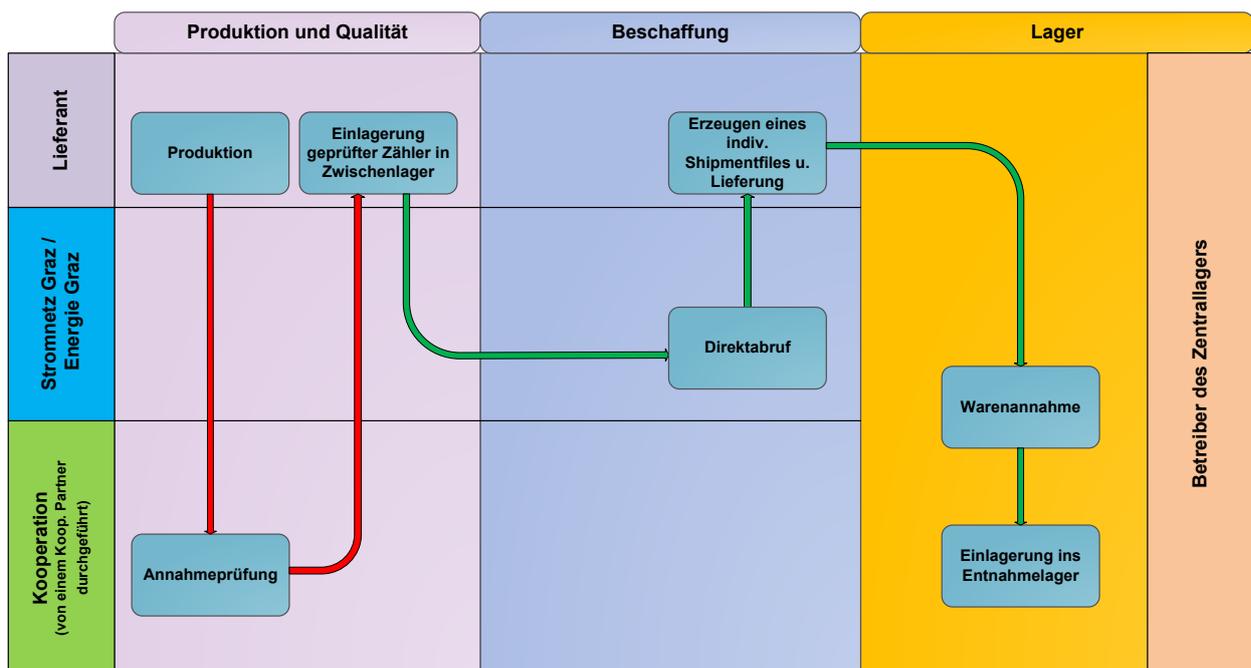


Abbildung 19: Beschaffungsszenario 2, Quelle: Eigene Darstellung.

5.3.3 Bewertungskriterien für die Beschaffungsprozesse

Beide Varianten sehen die Beteiligung von drei Rollen sowie die des Lieferanten vor, jedoch unterscheiden sich die beiden Szenarien beim Ablauf der Annahmeprüfung. Die Unterschiede liegen im Zeitpunkt der Probennahme und der Durchführung der Annahmeprüfung und von wem die Probe entnommen wird. Aus dem Ablauf des jeweiligen Szenarios ergibt sich, ob die Zähler bereits einer Annahmeprüfung unterzogen wurden. Bei der Bewertung der Szenarien werden die Kriterien Durchlaufzeit, Platzbedarf, personelle Ressourcen im Lager, Performance der Zählermanagementsoftware für die Abbildung der Lagerbewegungen, der personelle Aufwand für die Administration sowie die Lieferantenabhängigkeit bei der Durchführung bewertet.

Die Bewertung erfolgt anhand einer vergleichenden Bewertung, wobei das jeweils bessere Konzept mit „+“ und das schlechtere mit „-“ bewertet wird.

Beim Bewertungskriterium **Durchlaufzeit** wird die Zeitspanne vom Zeitpunkt der Bestellung bis zum Zeitpunkt der Einlagerung der Zähler in das Entnahmelager bewertet. Des Weiteren berücksichtigt die Bewertung die Wahrscheinlichkeit der Abweisung einer Lieferung. Ziel ist eine möglichst geringe Durchlaufzeit und eine hohe Versorgungssicherheit.

Der **Flächenbedarf** für ein geeignetes Sperrlager wird im Kriterium Lagerfläche bewertet. Dem liegt die Annahme einer monatlichen Lieferung von Neuware zu Grunde. Die Liefermengen resultieren aus der Rolloutplanung und betragen im Durchschnitt über den gesamten Rollout rund 5.100 Zähler. Dies entspricht 51 Paletten zu je 100 Zähler. Die Planung zeigt, dass es jedoch zu einer Anlieferung von über 80 Paletten pro Monat kommt, dies ist aus Abbildung 32 in Kapitel 6.7 ersichtlich. Ziel ist ein möglichst geringer Bedarf an Lagerfläche.

Im Zuge der Warenannahme und Wareneingangsprüfung bis hin zur Einlagerung der Geräte in das Entnahmelager sind eine Vielzahl an Tätigkeiten von Mitarbeitern im Lager zu verrichten. Zu den Tätigkeiten zählen die Durchführung der Wareneingangsprüfung, das Manipulieren der Paletten im Lager sowie die Probennahme für die Annahmeprüfung. Je nach Anzahl der Tätigkeiten die durchgeführt werden müssen ergibt sich der notwendige Ressourcenbedarf. Dieser wird im Kriterium **personelle Ressourcen im Lager** bewertet. Ziel ist ein möglichst geringer Bedarf an Personalressourcen.

Stark vom Beschaffungsprozess abhängig ist die notwendige **Anzahl der Lagerbuchungen**. Hier werden die Anzahl der Buchungsschritte für die Sicherstellung der Nachverfolgbarkeit der Geräte bewertet.

Der Beschaffungsprozess benötigt für dessen Durchführung Personalressourcen. Diese werden im Kriterium **administrative Personalressourcen** bewertet. Darin sind die notwendigen Ressourcen für die Beschaffungsplanung, Abwicklung von Reklamationen, Organisation und Steuerung der Probennahme sowie die Unterstützung des Lagerpersonals bei der Durchführung von Lagerbuchungen enthalten. Ziel ist ein möglichst geringer Bedarf an Personalressourcen.

Im Kriterium **Abhängigkeit vom Lieferanten** wird die Möglichkeit bewertet, den Prozess eigenständig zu realisieren, da eine Abhängigkeit von unternehmensfremden Organisationen grundsätzlich das Risiko von Qualitätsmängeln und nicht beeinflussbarer Problemen beinhaltet. Ziel ist es ein Höchstmaß an Unabhängigkeit zu erreichen.

Positiv bewertet wird jeweils das Szenario, das den größeren Nutzen bzw. Vorteil für die SGG mit sich bringt, entsprechend der Prämisse eine Lösung zu finden, die ein Minimum an Ressourcen sowie die kürzere Durchlaufzeit und höhere Versorgungssicherheit bietet.

5.3.4 Vergleich der Beschaffungsszenarien

Für die Umsetzung des Szenario 1 ist das Einrichten eines Sperrlagers für etwa 80 Paletten notwendig. In Szenario 2 ist die Zwischenlagerung der Neuware nicht notwendig, weshalb der Platz hierfür nicht bereitgestellt werden muss. Dadurch ist das Szenario 2 jenes mit dem geringeren Platzbedarf und daher positiv zu bewerten.

Vergleicht man die Durchlaufzeiten bei der Beschaffung, ist zu erkennen, dass beim Szenario 1 zusätzliche zu der Standardlieferzeit von acht Wochen, mindestens zwei zusätzlichen Wochen für die Annahmeprüfung hinzukommen. Die Wahrscheinlichkeit, dass nach zehn Wochen die Ware mit Sicherheit zur Verfügung steht ist dabei nicht gegeben. Im Falle, dass das Ergebnis der Annahmeprüfung der ersten Stichprobe negativ ist, wird eine zweite Stichprobe entnommen und geprüft. Beim Szenario eins hingegen ist eine vertragliche Sicherstellung gegeben die festlegt, dass nur annahmegeprüfte Zähler geliefert werden. Aus diesem Grund kann angenommen werden, dass die gesamte Wiederbeschaffungszeit, als bis zum Zeitpunkt der Bereitstellung der Geräte im Entnahmelager, zumindest um zwei Wochen kürzer ist als im Szenario 1, weshalb Szenario 2 positiv zu bewerten ist.

Jede Manipulation einer Palette oder eines Gerätes erfordert Zeit und somit Ressourcen im Lager. Der Vergleich der Tätigkeiten beider Varianten zeigt, dass aufgrund der Probennahme und der Abwicklung der Annahmeprüfung der Aufwand wesentlich höher ist. Dies geht aus dem Vergleich der Abbildung 18 mit Abbildung 19 hervor. In Variante zwei werden die durchschnittlich 51 Paletten nach der Anlieferung im Lager direkt in das Entnahmelager verschoben. Wobei bei der Variante 1 die gesamte Lieferung zuerst in das Sperrlager verschoben und zumindest eine Stichprobe aus jedem Los entnommen und versendet wird. Nach der bestandenen Annahmeprüfung werden die im Sperrlager gelagerten Paletten in das Entnahmelager verschoben.

Durch die Verschiebung der Geräte in das Sperrlager und die anschließende Verschiebung in das Entnahmelager, ist die doppelte Menge an Palettenmanipulationen zuzüglich des Aufwands für die Probennahme notwendig. Daraus folgt, dass ein höherer Bedarf an Personalressourcen im Lager nur logisch ist. Aus diesem Grund ist das Szenario 2 im Kriterium personelle Ressourcen im Lager positiv zu bewerten.

Bei der Anzahl der Buchungsschritte verhält es sich ähnlich wie bei den bereits betrachteten Personalressourcen. Die Anzahl der Lagerbewegungen bestimmt die Anzahl der Buchungsschritte bei der Erfassung der rund 200 000 Zähler während des Rollouts in den jeweiligen Lägern. In Szenario 2 werden nach dem Erfassen der Geräte im Zählermanagementsystem die Geräte unmittelbar in das Entnahmelager gebucht. Im Szenario 1 ist die Zwischenlagerung im Sperrlager und die dazugehörige Buchung notwendig. Dadurch folgt, dass hier die doppelte Anzahl an Lagerbuchungen durchzuführen ist. Zum bereits doppelten Buchungsaufwand aufgrund der Zwischenlagerungen kommen noch jene Warenbewegungen für die Abnahmeprüfung hinzu und vergrößern somit den Buchungsaufwand zusätzlich. Aus diesem Grund ist Szenario 2 positiv zu bewerten.

Der administrative Personallaufwand steigt, je höherer die Anzahl der Tätigkeiten und die Anzahl der Lagerbuchungen sind. Aufgrund der doppelten Anzahl an Lagerbuchungen, der doppelten Anzahl der Lagerbewegungen, der Durchführung und Organisation der Probennahme für die Annahmeprüfung sowie der Reklamation von Lieferungen in Szenario 1 ist ein höher administrativer Personalaufwand notwendig als in Szenario 2, weshalb Szenario 2 positiv zu bewerten ist.

Der Ablauf des Beschaffungsszenarios 2 sieht vor, dass wesentliche Aufgaben vom Zählerlieferanten übernommen werden. Dies betrifft vor allem das Einverständnis seitens des Lieferanten die produzierte Ware so lange zwischen zu lagern bis diese einer erfolgreichen Annahmeprüfung unterzogen wurde. Der Aufwand für die Durchführung der Probennahme für die insgesamt rund 100 Lose der SGG liegt ebenfalls beim Lieferanten. Hierfür sind entsprechende vertragliche Regelungen zu treffen die zu einem Abhängigkeitsverhältnis vom Lieferanten führen. Der Prozess der Probennahme ist für die SGG nur schwer kontrollierbar und kann somit zu kritischen Qualitätsproblemen bei der gelieferten Ware führen, weshalb das Szenario 1 positiv zu bewerten ist, da hier die Unterstützung des Lieferanten für die Durchführung der Annahmeprüfung nicht benötigt wird.

Der Vergleich beider Varianten ist zusammenfassend in Tabelle 6 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass nahezu alle betrachteten Kriterien zugunsten des Beschaffungsszenarios 2 ausfallen.

Kriterium	Szenario 1	Szenario 2
Durchlaufzeit	-	+
Flächenbedarf	-	+
Personelle Ressourcen im Lager	-	+
Anzahl der Lagerbuchungen	-	+
Administrativer Personalaufwand	-	+
Abhängigkeit vom Lieferanten	+	-

Tabelle 6: Vergleich der Beschaffungsvariante 1 mit Variante 2, Quelle: Eigene Darstellung.

Insgesamt zeigt sich, dass der administrative Aufwand sowie der Ressourcenbedarf des betrachteten Beschaffungsszenarios 1 wesentlich höher ausfällt. Dies führt zwangsläufig zu höheren Kosten und erhöhtem Personalbedarf. Dies ist besonders während des Rollouts relevant da hier im Vergleich zum normalen Betrieb sehr große Warenmengen durchgeschleust werden.

5.4 Zusammenfassung

Auf Grund der Beurteilung der beiden möglichen Beschaffungsszenarien hinsichtlich der Durchlaufzeit und den benötigten Ressourcen hat sich gezeigt, dass es zwingend zu empfehlen ist die Ware bereits direkt nach der Produktion überprüfen zu lassen. Dies führt zum vergleichsweise geringen Aufwand bei der Warenannahme, da der gesamte Warenannahmeprozess vereinfacht wird. Zusätzlich erfordert dies einen geringeren Platzbedarf und Administrationsaufwand. Der geringere Platzbedarf resultiert aus dem

reduzierten Sperrlager (Quarantänelager), da es keine Notwendigkeit gibt angelieferte Ware für die Dauer der Annahmeprüfung gesondert zu lagern. Durch den geringeren Platzbedarf reduziert sich der Bedarf an Lagerausrüstung ebenfalls. Weitere Vorteile bringt der vergleichsweise minimierte Arbeitsaufwand bei der Warenannahme, der sich in Form eines geringeren Personalbedarfs äußert. Ein wesentlicher weiterer Vorteil liegt in der insgesamt kürzeren Wiederbeschaffungszeit. Die Bewertung hat gezeigt, dass für die Beschaffung, die Variante 2 klar zu favorisieren ist.

6 RESSOURCENBEDARF IM SMART METER ROLLOUT

Dieses Kapitel erläutert die logistischen Abläufe im Smart Meter Lager während des Rollouts. Des Weiteren werden die Rahmenbedingungen für die Dimensionierung des Lagers, insbesondere des notwendigen Platz- und Ressourcenbedarfs, festgelegt. Die hierfür notwendige Bestimmung der Warenflüsse und Festlegung der tatsächlichen Warenmengen bildet die Grundlage für die Bewertung und den Vergleich der notwendigen Lagerressourcen. In diesem Kapitel werden drei Umsetzungsvarianten verglichen und stellen die Grundlage für eine abschließende Bewertung der Konzepte dar.

6.1 Allgemeines

In diesem Abschnitt werden allgemeine Rahmenbedingungen für die Bestimmung des Ressourcenbedarfs beschrieben. Dazu gehören insbesondere die Größe des Sortiments, die verwendeten Ladehilfsmittel auf denen Waren angeliefert und transportiert werden, Rahmenbedingungen hinsichtlich der Nachverfolgbarkeit der Geräte und der Zählermengen während des Rollouts.

6.1.1 Sortiment

Für den Rollout werden verschiedenste Komponenten für die Montage zur Verfügung gestellt. Bei den Smart Metern wird zwischen den Grundtypen

- Power Line Communication (PLC) Drehstromzähler (Standardtyp),
- PLC Wechselstromzähler (Standardtyp),
- PLC Drehstromzähler (100 A),
- PLC Wandlerzähler,
- Point-to-Point (P2P) Zähler für Drehstrom,
- P2P Zähler für Wechselstrom

unterschieden. Die Standardtypen werden im Verlauf des Rollouts von zwei Herstellern geliefert. Alle anderen Typen werden nur beim Hersteller A beschafft. Alle Zähler werden nach der Anlieferung in einem Zentrallager zwischengelagert und bei Bedarf der Servicestelle zugeführt.

Neben den Zählern werden noch Zusatzartikel für den Rollout benötigt. Dazu gehören

- Plomben,
- Klemmboxen für den Umbau von NT-Anlagen,
- Klemmen,
- Zählersteckklemmen sowie
- diverse Drucksorten.

Die Zusatzmaterialien werden nur in den Servicestellen angeliefert und eingelagert. Bei diesen Komponenten handelt es sich um Teile mit geringem Volumen und geringem Wert. Desweiteren handelt es sich bei diesen Artikeln um Teile mit geringer Wiederbeschaffungszeit.

6.1.2 Ladehilfsmittel

Die Anlieferung der Smart Meter erfolgt sortenrein auf Euro-Paletten. Die Größe des Ladehilfsmittels, also der Europalette, ist genormt und beträgt (Länge / Breite) 1200 / 800 mm. Der exakte Aufbau des Ladehilfsmittels ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

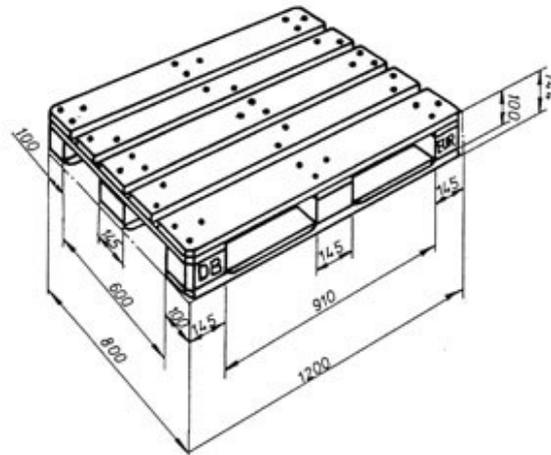


Abbildung 20: Abmessungen einer Europalette, Quelle: Jungheinrich PROFISHOP AG & Co. KG (2016), Online-Quelle [31.10.2016]

Dabei fasst jede Palette zwischen 80 und 120 Zähler. Jede gelieferte Palette ist mit den Seriennummern der Zähler beschriftet, welche auf der Palette verpackt sind.

Die exakte Verpackungsart der Zähler sowie die genaue Zählermenge auf der Palette sind derzeit noch nicht bekannt. Daher werden als Annahmen Erfahrungswerte aus der Vergangenheit herangezogen und wie folgt getroffen:

- Anzahl der Zähler pro Palette ist 100 Stück.
- Jeder Zähler ist einzeln verpackt.
- Jeder Zähler und jede Einzelverpackung sind mit einem Strichcode, der die Gerätenummer enthält, versehen.
- Paletten sind nicht stapelbar.

6.1.3 Lagerart

Der Rollout stellen zeitlich begrenzte erhöhte Anforderungen an die Logistik. Aus diesem Grund wird auf Investitionen in eine automatisierte Lagertechnik gänzlich verzichtet. Für den Rollout kommt in allen Lagern das FIFO-Prinzip (First-In, First-Out) zum Einsatz. Dabei muss der Zugriff auf die ältesten, im System befindlichen, Ladeeinheiten sichergestellt werden, da diese das Lager als erstes verlassen müssen. Durch die Einschränkung, dass die angelieferten Ladehilfsmittel nicht stapelbar sind, wird jedes Lager mit Regalen zur Lagerung der Komponenten ausgestattet, um die Lagerfläche besser auszunutzen. Bei dieser Lagerart handelt es sich um ein sogenanntes Regallager. Die Manipulation der Paletten erfolgt mittels Hubstapler. Wodurch die maximale Lagerhöhe durch die Hubhöhe des Staplers begrenzt wird. Der

Flächennutzungsgrad eines solchen Regallagers liegt etwa bei 40 %⁹⁶ (Regallager mit Frontgabelstapler), dieser hängt jedoch u.a. von der Art des Lagerbediengerätes und der tatsächlich gewählten Gangbreite ab.

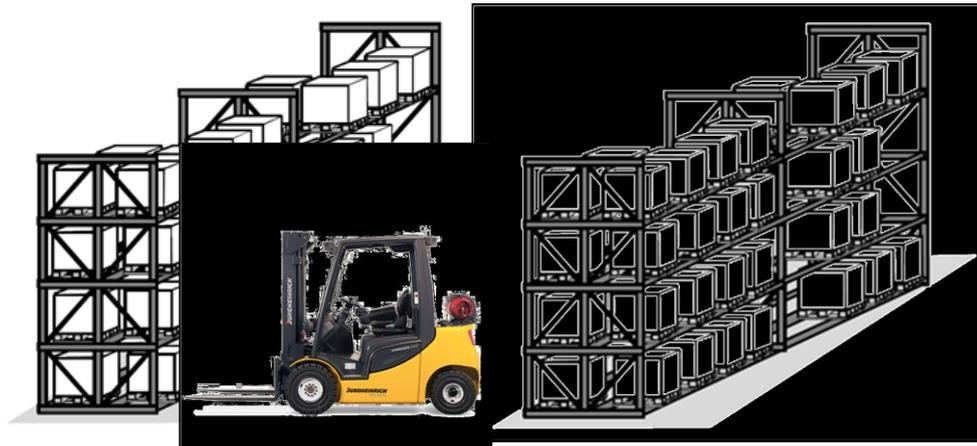


Abbildung 21: Prinzipdarstellung eines Regallagers, Quelle: in Anlehnung an Frank (2008), S. 649.

6.1.4 Nachverfolgbarkeit und Sicherheit

Die Smart Meter sind Bestandteil der kritischen Infrastruktur des Netzbetreibers. Im Gegensatz zu den bislang eingesetzten Ferraris-Zähler werden diese an die IT-Infrastruktur des Netzbetreibers angebunden.

Diese beim Einsatz von Smart Metern genutzte Informations- und Kommunikationstechnologie gilt grundsätzlich als verwundbar und angreifbar. Aufgrund der gestiegenen Vernetzung ist auch die Gefahr von kriminellen Attacken gestiegen.⁹⁷

Der Zähler selbst befindet sich oftmals in einem für jedermann zugänglichen Bereich einer Kundenanlage, beispielsweise im Stiegenhaus oder in einem Technikraum. Die Kommunikation zwischen dem Zähler und den IT-Systemen erfolgt verschlüsselt. Jeder Zähler hat bereits bei Anlieferung durch den Hersteller kryptographisches Material gespeichert. Im Falle des unbemerkten Verlustes oder des Diebstahls könnte ein potentieller Angreifer das Gerät unbemerkt nutzen um die Infrastruktur des Netzbetreibers anzugreifen. In vielen Fällen ist es notwendig die Zähler vor Ort zu parametrieren. Bei jeder Interaktion wird ein entsprechender kryptographischer Schlüssel benötigt, den der Monteur bei der Montage auf seinem mobilen Endgerät des WFM mit sich führt. Dabei werden jedoch die Schlüssel der Smart Meter am Endgerät des Monteurs gespeichert, die er tatsächlich im Fahrzeug geladen hat. Dieses Schlüsselmaterial wird bei der Übernahme der Zähler im Warenausgabebereich der Servicestelle an den Monteur übergeben. Die Schlüsselgültigkeit ist zeitlich begrenzt. Um einen neuen Schlüssel nach Ablauf der Schlüsselgültigkeit zu erhalten, muss der Zähler ins Lager zurückgebucht werden und neu ausgegeben werden.

Hieraus wird ersichtlich, dass die Nachverfolgbarkeit des Zählers wesentlicher Bestandteil des Sicherheitskonzeptes ist.

⁹⁶ Vgl. Tabelle 4.

⁹⁷ Vgl. Bundeskanzleramt Österreich (Hrsg.) (2014), Online-Quelle [7.11.2016].

Die Realisierung des Konzepts erfordert die hierfür notwendige Infrastruktur, damit die notwendigen Lagerbewegungen erfasst und durchgeführt werden können. Dies muss über den gesamten Lebenszyklus des Smart Meters gewährleistet werden.

6.1.5 Mengengerüst

Das Mengengerüst welches in dieser Arbeit verwendet wird, resultiert aus einer Auswertung der Stammdaten der Stromnetz Graz GmbH & Co KG (SGG) in der SDK.ProviderSuit⁹⁸ (SDK/PS) und berücksichtigt alle in Kundenanlagen verbauten Messgeräte. Insgesamt befinden sich mit Stand Februar 2016 exakt 186 461 Zähler im Feld. Aufgrund der vorhandenen Daten ist es möglich eine Aussage über die Zugänglichkeit und Qualität des Zählplatzes zu treffen. Weiters wird die Zuordnung des Zählpunktes zur Umspannstation von der aus der Zählpunkt gespeist wird, ermöglicht. Bei 267 Zählern handelt es sich um Geräte die während des Rollouts nicht getauscht werden, bei weiteren 1138 Zählern ist die Zugehörigkeit zur entsprechenden Umspannstation, aufgrund offensichtlich falscher oder fehlender Daten, unbekannt. Diese 1138 Zähler werden gleichmäßig auf die Quartalsmengen aufgerechnet, da diese auch als gleichmäßig im Netzgebiet verteilt, angenommen werden. Neben den bestehenden Zählern ist wächst die die Anzahl der Zähler aufgrund von Neubauten stetig weiter. Durch den Bestand und den Zuwachs ergibt sich eine auszubringende Zählermenge von 198 620 Geräten bis Ende 2020.

Die Rolloutkurve der Stromnetz Graz GmbH und Co KG legt den zeitlichen Verlauf und die Mengen während es Rollouts fest. Die Planung sieht einen Rolloutgrad von 10 % am Ende des Jahres 2017, 70 % Ende 2019 und den geforderten Rolloutgrad von 95 % mit Ende 2020 vor.

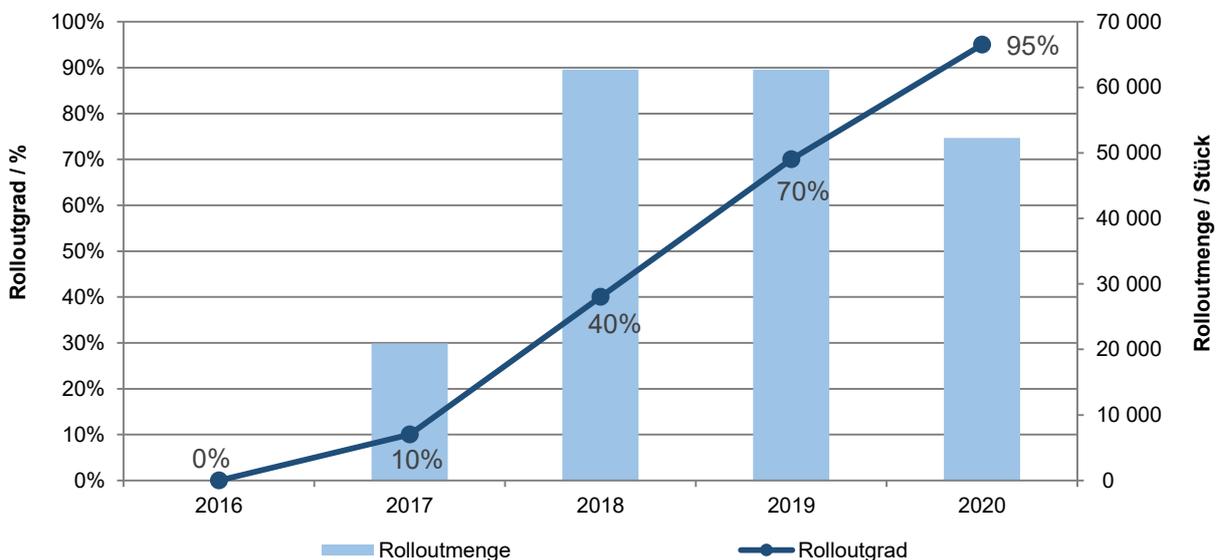


Abbildung 22: Rollout-Kurve und jährliche Rolloutmengen, Quelle: Eigene Darstellung.

Aus dem genannten Mengengerüst wird die Quartalsplanung abgeleitet. Die Quartalszahlen entsprechen dabei den Mengenvorgaben aus der Rolloutkurve. Die Quartalsplanung stellt gleichzeitig die Grobplanung

⁹⁸ Die SDK.PoviderSuit ist das System zur Lagerverwaltung und dem Zählermanagement.

des Rollout dar. Die Quartalsmengen werden durch das Zusammenfassen von Umspannstationen gebildet. Dabei werden die Zählermengen die an den Umspannstationen angeschlossen sind summiert bis die notwendige Quartalsmenge erreicht ist. Durch das Zusammenfassen von aneinander liegenden Umspannstationen ergeben sich geographische Gruppierungen - die Rollout-Quartale. Insgesamt ergeben sich aus dieser Methodik 14 Rollout-Quartale sowie ein weiteres für den Feldtest. Die Reihenfolge der Rollout-Quartale entspricht der in Kapitel 2.2 beschriebenen zeitlichen Vorgehensweise.

Monatswerte werden durch eine gleichmäßige Verteilung der Quartalsmenge, auf die drei Monate innerhalb des Quartals, gebildet.

Aufgrund der vorliegenden Daten, die unter anderem den aktuell verbauten Zählertyp beinhalten, werden den bestehenden Zählertypen äquivalente Smart Meter Typen zugeordnet. Dies ermöglicht die Bestimmung des Bedarfs an Geräten pro Typ und Quartal, wovon sich wiederum der Monatsbedarf ableiten lässt.

6.2 Szenarien

Für die Umsetzung des Rollouts haben sich drei mögliche Umsetzungsvarianten herausgebildet. Jede dieser Varianten sieht ein zentrales Lager sowie einen oder mehrere Servicestellen vor. Die Pufferfunktion wird immer vom Zentrallager übernommen. Jedes Szenario verfolgen das Ziel die Personalressourcen zu minimieren, insbesondere die des Eigenpersonals der SGG. Aus diesem Grund soll der Betrieb der Lager, soweit dies möglich ist, an Fremdfirmen ausgelagert werden. Ein wesentlicher Unterschied in den betrachteten Umsetzungsvarianten ist der Grad der Dezentralisierung. Bei allen betrachteten Szenarien gilt die Annahme, dass die Zähler bereits einer Annahmeprüfung unterzogen und geeicht sind. Im Folgenden werden diese drei Szenarien beschrieben. Diese Beschreibungen stellen die Grundlage für eine anschließende Bewertung und einen Vergleich der Szenarien dar.

6.2.1 Bedeutung der Servicestelle

Für die Abwicklung des Rollouts kommt der Servicestelle eine besondere Bedeutung zu. Diese stellt den zentralen Manipulationspunkt aller ausgehenden und retourkommenden Waren dar.

In der Servicestelle werden alle für die Umbauarbeiten notwendigen Komponenten vorrätig gehalten, sodass die tägliche Versorgung der Monteure sichergestellt ist. Zur Bewerksstellung dieser Aufgabe werden zuerst alle notwendigen Aufgaben erhoben und daraus die hierfür benötigten Ressourcen aufgezeigt.

Bei einer isolierten Betrachtung der Servicestelle erkennt man, dass es sich dabei um ein vollständiges Lager mit begrenzter Lagerfläche handelt. Die begrenzte Lagerfläche resultiert aus der kurzen Wiederbeschaffungszeit der Ware. Dies wird durch die rasche Verfügbarkeit der Ware, aus dem Zentrallager bzw. durch kurze Lieferzeiten für Verbrauchsmaterial durch lokale Lieferanten, erreicht, wodurch auf einen Sicherheitsbestand in der Servicestelle beinahe zur Gänze verzichtet werden kann. Bei dieser isolierten Betrachtungsweise der Servicestelle müssen die an die Servicestelle gelieferten Waren einer Wareneingangsprüfung unterzogen werden. Diese angelieferten Waren haben dem Lieferdokument zu entsprechen und müssen auf Vollständigkeit und Unversehrtheit überprüft werden. Erst danach kann

die gelieferte Ware eingelagert, bzw. zur Kommissionierung bereitgestellt werden. In der Servicestelle erfolgt im Wesentlichen die Zuteilung der Waren für die Aufträge der Monteure unter Einhaltung des FIFO Prinzips. Weiteres ist die Rücknahme der ausgebauten Altgeräte wie Schütz, Rundsteuergeräte sowie der ausgebauten Ferraris-Zähler Aufgabe der Servicestelle. Werden Smart-Meter retourniert sind diese entweder zu entsorgen bzw. einer Überprüfung zuzuführen. Damit ungeprüfte Geräte nicht ungewollt in Umlauf gebracht werden, werden diese innerhalb der Servicestelle gesondert, im Sperrbereich, gelagert.

Die Servicestelle ist in einen Warenannahmebereich, ein Entnahmelager, einen Kommissionierbereich, einen Warenausgabebereich sowie einen Sperrbereich unterteilt. Zusätzlich müssen die notwendigen Rahmenbedingungen für die Entsorgung von Altstoffen geschaffen werden. Daraus resultiert die Aufteilung der Servicestelle in die zuvor genannten Bereiche und wird durch Abbildung 23 dargestellt.

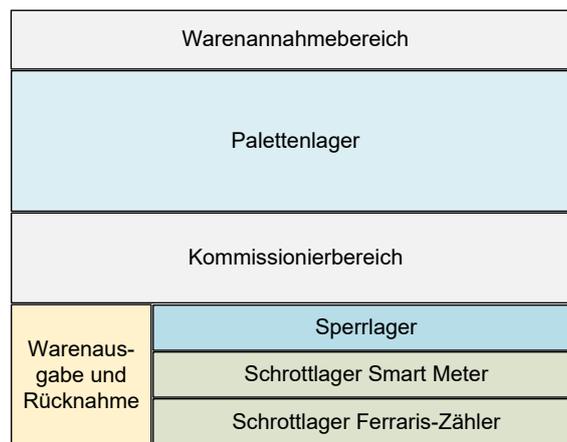


Abbildung 23: Darstellung der Bereiche in der Servicestelle, Quelle: Eigene Darstellung.

6.2.2 Szenario 1 - Zentrales Lager mit integrierter Servicestelle

In dieser Variante sind das Zentrallager sowie die Servicestelle am selben Standort untergebracht. Die Waren werden am Wareneingang angeliefert und überprüft und im Palettenlager gelagert. Für die Kommissionierung der Zähler werden Paletten mit den verschiedenen Zählertypen im Warenausgabebereich bereitgestellt. Ein Lagermitarbeiter kommissioniert die Materialien für die Aufträge aller Monteure, bevor dieser die Ware in sein Fahrzeug übernimmt. Bei der Übernahme der Zähler werden die notwendigen kryptographischen Schlüssel an den Monteur übermittelt. Jegliche Retourwaren werden bei der Abholung einer neuen Tageslosung im Lager retourniert. Der Lagermitarbeiter stellt sicher, dass die Zähler entsorgt, überprüft oder wieder in Verkehr gebracht werden. Die Rückgabe und Entsorgung der Ferraris-Zähler erfolgt ebenfalls hier.

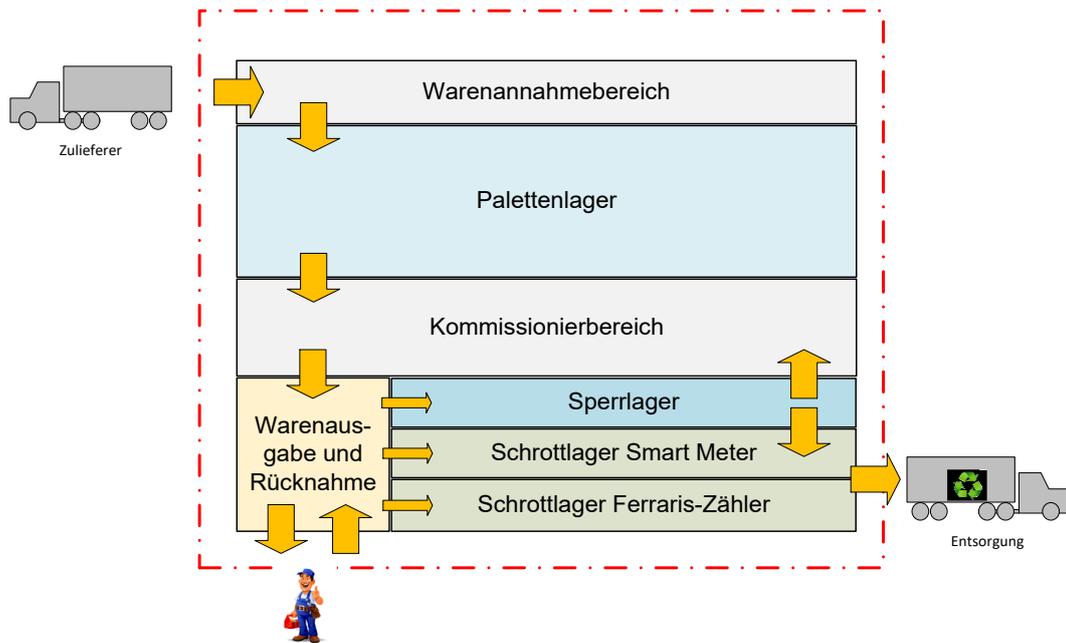


Abbildung 24: Lagerbereich und Warenflüsse beim Zentrallager mit integrierter Servicestelle, Quelle: Eigene Darstellung

Im Grunde handelt es sich hierbei um eine vollwertige Servicestelle, die den gesamten Zählervorrat für den Rollout im Palettenlager fasst. In dieser Variante existieren Schnittstellen zum Lieferanten, Monteur und zur Entsorgung.

6.2.3 Szenario 2 - Zentrallager mit einer Servicestelle für Rollout und Betrieb

In diesem Szenario ist die Servicestelle vom Palettenlager räumlich getrennt. Die Waren werden im Zentrallager angeliefert, übernommen, in den Systemen verbucht und eingelagert. Aufgrund einer Bedarfsmeldung aus der Servicestelle wird die angeforderte Ware im Warenausgang des Zentrallagers zur Abholung bereitgestellt. Nach dem Versand der Ware an die Servicestelle wird eine Wareneingangsprüfung durchgeführt und danach in der Servicestelle eingelagert. Ein Lagermitarbeiter kommissioniert die Materialien für die Aufträge des Monteurs, bevor dieser die Ware in sein Fahrzeug übernimmt. Bei der Übernahme der Zähler werden die notwendigen kryptographischen Schlüssel an den Monteur übermittelt. Jegliche Retourwaren werden bei der Abholung einer neuen Tageslosung in der Servicestelle retourniert. Der Lagermitarbeiter stellt sicher, dass die Zähler entsorgt, überprüft oder wieder in Verkehr gebracht werden. Die Rückgabe und Entsorgung der Ferraris-Zähler erfolgt ebenfalls hier.

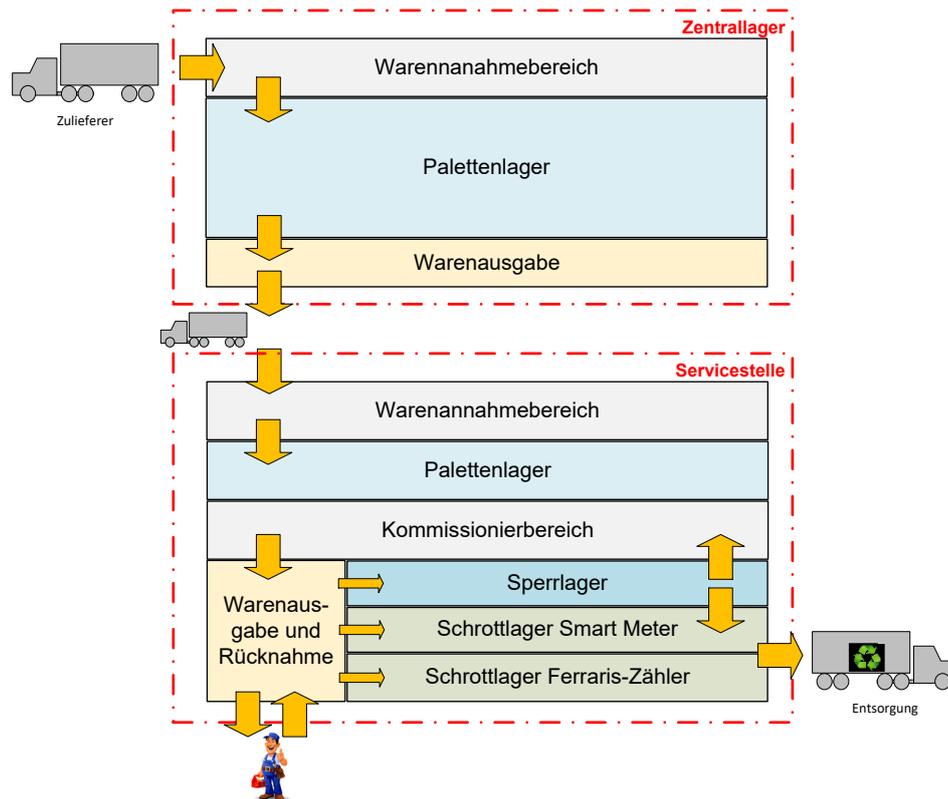


Abbildung 25: Lagerbereich und Warenflüsse beim Zentrallager mit externer Servicestelle, Quelle: Eigene Darstellung.

Für die Realisierung dieses Konzepts sind zwei unabhängige und räumlich getrennte Standorte notwendig. Das Zentrallager lagert ausschließlich Paletten. Die Kapazität des Zentrallagers muss den Sicherheitsbestand sowie die Waren für den Rollout fassen. Da die Verfügbarkeit der Waren aus dem Zentrallager und des dort lagernden Bestand jederzeit gegeben ist, bedarf es lediglich eines kleinen Lagerbereiches in der Servicestelle. Im Gegensatz zum vorangegangenen Szenario ist ein Transport der Ware vom Zentrallager zur Servicestelle notwendig.

6.2.4 Szenario 3 - Zentrallager mit getrennten Servicestellen für Rollout und Betrieb

In diesem Szenario betreibt der Montagedienstleister eine eigene Servicestelle. Die Servicestelle für die Monteure der Energie Graz befindet sich am Betriebsgelände der Energie Graz. Beide Servicestellen erhalten ihre Waren aus dem Zentrallager. Die Übermittlung des angeforderten Bedarfs der jeweiligen Servicestelle erfolgt palettenweise aus dem Zentrallager. Nach dem Versand der Ware an die Servicestelle wird eine Wareneingangsprüfung durchgeführt und die Ware im Anschluss an die Wareneingangsprüfung in den Servicestellen eingelagert.

Die beiden Servicestellen unterscheiden sich wesentlich im Umgang mit dem kryptographischen Schlüsselmaterial. Im Gegensatz zur Servicestelle der Energie Graz werden in der Servicestelle des Montagedienstleisters Zähler ohne Übergabe der Schlüssel ausgegeben.

Ferraris-Zähler die nach erfolgtem Zählertausch in die Servicestelle zurückkommen, werden direkt in den Servicestellen entsorgt. Smart Meter bei denen im Zuge der Montage ein Defekt festgestellt wird, werden

vom Montagedienstleister gesammelt und an die Servicestelle der Energie Graz übermittelt, da nur hier die Rücknahme der Smart Meter erfolgen kann.

In der Servicestelle der Energie Graz hingegen kommissioniert ein Mitarbeiter die Materialien für die Aufträge des Monteurs bzw. entnimmt und erfasst der Monteur selbst die Materialien, bevor der Monteur die Ware in sein Fahrzeug übernimmt. Bei der Übernahme der Zähler werden die notwendigen kryptographischen Schlüssel an den Monteur übermittelt. Jegliche Retourwaren werden bei der Abholung einer neuen Tageslosung in der Servicestelle retourniert. Der Lagermitarbeiter stellt sicher, dass die Zähler entsorgt, überprüft oder wieder in Verkehr gebracht werden, dies gilt auch für vermeintlich defekte Smart Meter die vom Montagedienstleister übermittelt werden. Die Rückgabe und Entsorgung der Ferraris-Zähler erfolgt ebenfalls hier.

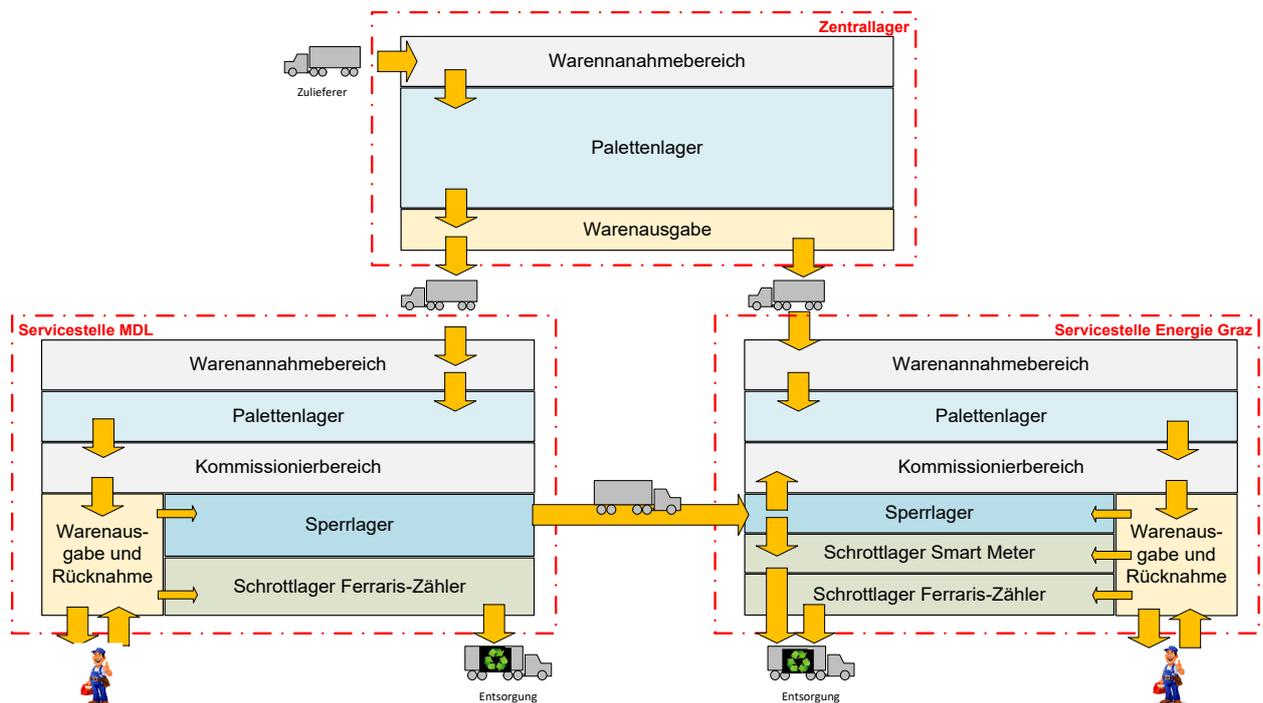


Abbildung 26: Lagerbereich und Warenflüsse beim Zentrallager mit zwei externen Servicestellen, Quelle: Eigene Darstellung

Für die Realisierung dieses Konzepts sind drei unabhängige und räumlich getrennte Standorte notwendig. Das Zentrallager lagert ausschließlich Paletten. Die Kapazität des Zentrallagers muss den Sicherheitsbestand sowie die Waren für den Rollout fassen. Da die Verfügbarkeit der Waren aus dem Zentrallager und des dort lagernden Bestand jederzeit gegeben ist, bedarf es lediglich eines kleinen Lagerbereiches. Bei dieser Variante sind jeweils Transporte zwischen dem Zentrallager und den Servicestellen, sowie zwischen den beiden Servicestellen erforderlich. Aufgrund der Anzahl der Lager und der damit verbundenen Menge an Lagerbewegungen müssen sehr häufig Lagerbuchungen durchgeführt werden.

6.3 Warenströme

Die quantifizierten Warenströme bilden die Grundvoraussetzung für die Bestimmung der notwendigen Ressourcen. Daher gilt es diese für die weiteren Betrachtungen zu bestimmen. Für die weiteren Betrachtungen ist es notwendig, Kenntnis über die Warenströme zu erlangen, da dadurch unter anderem

der Personalbedarf oder die Leistungsfähigkeit der IT-Systeme abgeleitet werden kann. Der Warenstrom wird durch die Anzahl der Waren die pro Zeiteinheit zwischen zwei Punkten in der Logistikkette bestimmt. Im Falle des Smart Meter Rollouts wird der gesamte Warenstrom wesentlich durch die Menge der zu tauschenden Zähler bestimmt. Im Idealfall fließen die Waren nach der Anlieferung direkt zu ihren Bestimmungsort. Dabei handelt es sich um den Zählplatz in der Kundenanlage. Aufgrund der gegebenen Rahmenbedingungen wie Kunden, Zählplatzsituation usw., die Störgrößen darstellen die auf den Warenstrom wirken, darf angenommen werden, dass sich der Warenstrom insgesamt erhöht. Jeder Punkt entlang der Logistikkette besitzt mindestens einen eingehenden und mindestens einen ausgehenden Warenstrom.

Im einfachsten Fall befinden sich Zentrallager und Servicestelle am selben Ort. Für diesen Fall stellt sich der Warenfluss wie in Abbildung 27 gezeigt wird dar.

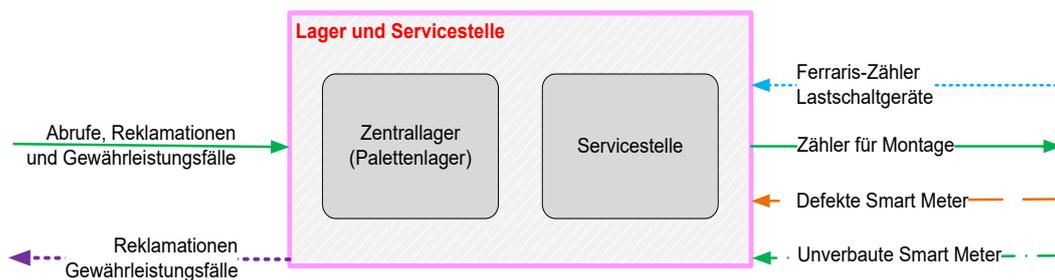


Abbildung 27: Ein- und ausgehende Warenströme, Quelle: Eigene Darstellung.

Am dargestellten realen Beispiel ist zu erkennen, dass es durchaus jeweils mehrere eingehende und ausgehende Warenströme gibt. So werden beispielsweise fehlerhafte Geräte reklamiert und retour gesendet. Die Retoursendung stellt einen zusätzlichen ausgehenden Warenstrom, hervorgerufen durch eine Störung in der Qualität der Geräte, dar. Der reale eingehende Warenstrom wird aus dieser Überlegung und im dargestellten Fall durch die geplante Abrufmenge sowie zusätzlicher angelieferter Waren, auf Grund von Reklamationen und Gewährleistungsfällen, bestimmt.

Gleichermaßen verhält es sich mit den abgehenden Warenströmen. Im Idealfall werden Waren ausgegeben und danach am Ende der Logistikkette montiert. Dies verursacht jedoch den Rückfluss von Altgeräten, die der Entsorgung zugeführt werden, zum Ausgangspunkt des ausgehenden Warenstromes. Jedoch ist keineswegs sichergestellt, dass nach der Ausgabe der geplante Endzustand erreicht wird, wodurch ebenfalls ein Rückfluss der Waren zurück zur Quelle des ausgehenden Warenstroms zustande kommt.

Für das Szenario 2 mit einer externen bzw. Szenario 3 mit zwei externen Servicestellen, können die nachfolgenden Grundannahmen übernommen werden, wenn gleich die Struktur der Warenflüsse komplexer ist.

6.3.1 Eingehender und abgehender Warenfluss vom und zum Zählerlieferanten

Die Grundlage für den eingehenden Warenfluss bildet eine vertragliche Festlegung des Mengengerüsts, welches für den Rollout benötigt wird. Bei der Belieferung wird auf zwei Lieferanten zurückgegriffen, wobei

Lieferanten A das gesamte Zählersortiment liefert und Lieferant B nur Teile des Sortiments. Die Anlieferung der Geräte des Herstellers A und des Herstellers B erfolgt zeitlich versetzt.

Insgesamt werden 198 620 Zähler zuzüglich des dazu notwendigen Kleinmaterials beschafft. Die Anzahl der Gewährleistungsfälle wird mit 0,3 % entsprechend der zugesagten Ausfallrate angenommen. Weiters gilt die Annahme, dass Aufgrund von unsachgemäßer Handhabung durch Monteure 2,7 % der Geräte beschädigt und wiederbeschafft werden müssen. Insgesamt beträgt die Wiederbeschaffungsmenge für mangelhafte Geräte sowie durch ein Selbstverschulden beschädigte Geräte 3 %. Die Reklamationsquote welche beschädigte Ware bei der Anlieferung beinhaltet wird mit 0,5 % angenommen. Daraus ergeben sich rechnerisch, mit den genannten Annahmen, 205 572 Geräte die angeliefert werden. Der Anteil der Gewährleistungsfälle und selbstverursachter Beschädigungen beträgt rd. 5959 Geräte die zusätzlich zur Planmenge eingelagert werden. Der Anteil der Reklamationen wegen Beschädigungen die beim Transport verursacht werden, beträgt 993 Geräte. Diese sind über die Dauer des Rollouts verteilt. Transportbeschädigungen werden bei der Wareneignungsprüfung erkannt, wodurch diese nie ins Entnahmelager eingelagert werden sondern sofort reklamiert und abgewiesen werden. Die eingehenden Mengen für Gewährleistungsfälle und Reklamationen stellen gleichzeitig auch die Mengen des abgehenden Warenstroms für Gewährleistungsfälle und Reklamationen dar. Mangelhafte Geräte die über die Servicestelle zurückkommen werden dem Hersteller gemeldet und in den Servicestellen entsorgt. In den Konzepten ist nicht vorgesehen diese Geräte an den Hersteller zurückzusenden.

6.3.2 Eingehender und abgehender Warenfluss vom und zum Monteur

Die Servicestelle ist der zentrale Anlaufpunkt für den Monteur. Hier wird Neuware an den Monteur ausgegeben und vom Monteur zurückgegeben. Dies bedeutet, dass die rund 186 000 Bestandszähler sowie die rd. 51 000 Schütze und Rundsteuerempfänger in die Servicestelle zurück gelangen wo sie der Entsorgung zugeführt werden. Insgesamt werden somit 237 000 Altgeräte in der Servicestelle zurückgenommen.

Während des Rollouts werden alle Smart Meter ausschließlich über eine Servicestelle ausgegeben. Dies betrifft zum einen alle Smart Meter, welche anstatt der bestehenden Ferraris-Zähler in bestehenden Kundenanlagen eingebaut werden, zum anderen sind davon die Geräte die bei Neubauten eingesetzt werden, betroffen. Der Zuwachs durch Neubauten im Netzgebiet beträgt 3890 Zähler pro Jahr, dabei handelt es sich um den Mittelwert der Neubauten in den letzten fünf Jahren. Neben dem Neubau finden auch Demontagen von Kundenanlagen statt, die dem Zuwachs entgegen wirken. Während des Rollouts wächst die Gesamtsumme der Zählerpunkte aus den genannten Gründen im Netzgebiet um 14 588 Zähler. Entsprechend der IME-VO muss ein Ausrollgrad von 95 % erreicht werden. Die Realität zeigt, dass es Anlagen gibt, die aus technischen Gründen nicht wirtschaftlich umgebaut werden können. Dadurch wird bei allen Betrachtungen angenommen, dass insgesamt 198 620 Geräte im Rollout verbaut werden.

Nicht jede Zählermontage kann beim ersten Versuch durchgeführt werden. Bei 22,9 %⁹⁹ der Zählerwechsel ist die Anwesenheit des Netzkunden erforderlich, da beim Tausch der Zugang zur Wohnung oder zum

⁹⁹ Diese Zahl entstammt eine Auswertung vom 22.02.2016.

Haus notwendig ist. Erfahrungsgemäß beträgt die Wahrscheinlichkeit einen Kunden trotz übermittelter Termininformation anzutreffen bei 60 %. Daraus folgt, dass rechnerisch für 18 194 Zähler ein zweiter Montageversuch und bei weiteren 7277 Zählern ein dritter Versuch notwendig ist. Nach dem dritten Montageversuch bleibt daher eine Restmenge von rechnerisch 2911 Zählern, die zu einem späteren Zeitpunkt gesondert bearbeitet werden. Durch die angenommene Ausfallwahrscheinlichkeit von 3 % der Smart Meter müssen zusätzliche 5959 Smart Meter als Reservezähler ausgegeben werden. Es wird angenommen, dass die defekten Smart Meter bei der Montage erkannt werden und die Montage mit den Reservezählern abgeschlossen werden kann. Die Summe der Zählerausgaben in der Servicestelle die für die Planmenge von 198 620 Smart Meter erforderlich ist, wird um die Zählerausgaben für mehrfache Montageversuche sowie die Ausgabe der Geräte für die Störungsbehebung erhöht. Somit werden 230 050 Zählerausgaben in der Servicestelle während des Rollouts durchgeführt.

Entsprechend dieser Annahme sind 28 382 Smart Meter aufgrund von nicht Anwesenheit von Kunden in der Servicestelle zurückzunehmen sowie weitere 5959 defekte Geräte. Die Summe der Smart Meter Rückgaben beträgt somit 34 341 Zähler.

Die hier erläuterten Annahmen und die resultierenden Mengen werden bei den Betrachtungen in allen Szenarien verwendet. Weder der eingehende Warenstrom noch der ausgehende Warenstrom zum Netzkunden werden durch die unterschiedlichen Ausprägungen der Szenarien beeinflusst. Aufgrund von Lagerbewegungen zwischen den Lagerorten ergeben sich weitere Warenströme. Diese werden jedoch später betrachtet und berücksichtigt.

6.4 Warenströme bei zentralem Lager mit integrierter Servicestelle

In diesem Szenario ist die Servicestelle im Zentrallager integriert. Es handelt sich somit um den bereits beschriebenen Fall aus dem Kapitel 6.3. Erweitert man die dort angestellten Betrachtungen über die Grenzen des Lagers hinweg, können die Warenströme wie in Abbildung 28 dargestellt werden. Bei der Bereitstellung der Zähler vom Zentrallager für die Servicestelle handelt es sich um einen innerbetrieblichen Transport. Es ist ersichtlich, dass unterschiedliche Einflussfaktoren wie defekte Geräte und abwesende Kunden zu einer wesentlichen Erhöhung der Zählerausgaben führen. Dies ist aus den Warenströmen von der Servicestelle ins Fahrerlager und vom Fahrerlager zum Zählplatz ersichtlich. Für 198 620 Smart Meter Montagen müssen insgesamt 230 050 Zähler von der Servicestelle ausgegeben werden.

Die Annahmeprüfung ist in der Darstellung aus Gründen der Vollständigkeit angeführt. Diese findet bereits bei vor der Anlieferung der Zähler für die Montage statt. Der Prozess bei der Beschaffung, dem auch die Annahmeprüfung zuzuordnen ist, hat keine Auswirkungen auf die Warenflüsse durch das Zentrallager, wodurch darauf auch nicht näher eingegangen wird.

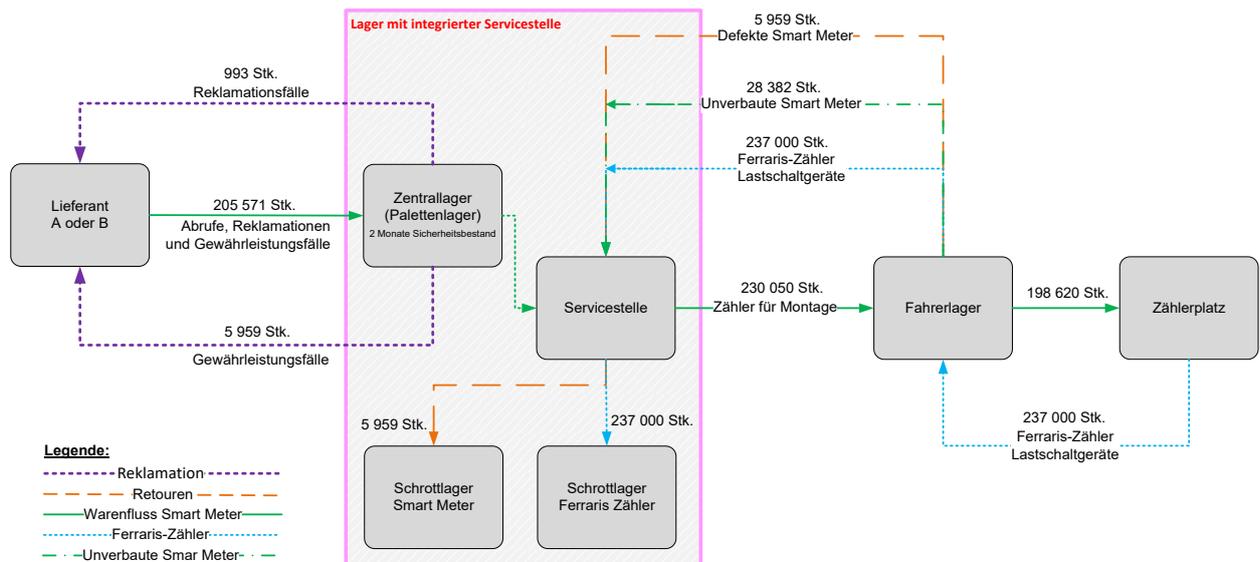


Abbildung 28: Darstellung der Warenflüsse bei zentralem Lager mit integrierter Servicestelle, Quelle: Eigene Darstellung.

6.5 Warenströme mit Zentrallager und einer Servicestelle

Befinden sich das Zentrallager und die Servicestelle an unterschiedlichen Standorten, gelten die Annahmen für die Beträge der Warenflüsse wie sie in 6.3 beschrieben wurden und in Abbildung 29 dargestellt sind. Die Bereitstellung der Waren für die Servicestelle muss durch Transporte zwischen den geographisch getrennten Standorten sichergestellt werden.

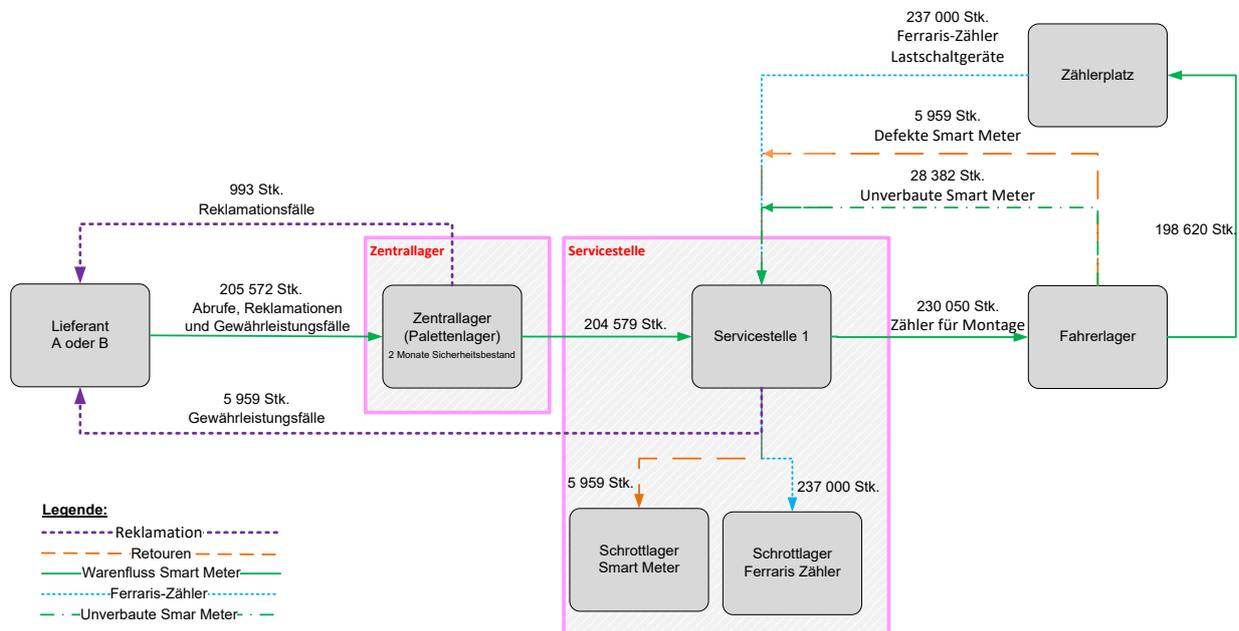


Abbildung 29: Darstellung des Warenflusses mit einem Zentrallager und einer externen Servicestelle, Quelle: Eigene Darstellung.

6.6 Warenströme mit Zentrallager und zwei Servicestellen

In dieser Variante stellt das Zentrallager den zentralen Anlieferpunkt aller beschafften Zähler dar. Die Anzahl der angelieferten Zähler über die Dauer des Rollouts beträgt auch hier 205 572 Zähler. Im Zentrallager werden Paletten eingelagert bzw. Paletten an die Servicestellen ausgeliefert. Funktionale

Mängel an den Smart Metern sowie die Geltendmachung von Gewährleistungsansprüchen sind im Zentrallager nicht möglich. Im Zentrallager können nur offensichtliche Beschädigungen an den Verpackungen und falsche Liefermengen festgestellt und reklamiert werden. Dies betrifft entsprechend Kapitel 6.3.1, 933 Zähler. Gewährleistungsfälle werden ausschließlich von der Servicestelle der Energie Graz abgewickelt. Es gilt die bereits getroffene Annahme von 5959 Zähler für die Anzahl der mangelhaften Geräte.

In diesem Szenario werden zwei Servicestellen aus dem Zentrallager versorgt. Dementsprechend teilt sich der abgehende Warenstrom auf die beiden Servicestellen auf. Aus dem Zentrallager werden die für den Rollout notwendigen 198 620 sowie die für die Störungsbehebung notwendigen 5959 Geräte, in Summe 204 579 Zähler ausgeliefert. Die Servicestellen werden palettenweise aus dem Zentrallager mit Waren versorgt. Der vom Zentrallager ausgehende Warenstrom teilt sich entsprechend in Bedarfsmengen, die aus den jeweiligen Mengengerüsten für die Servicestelle des Montagedienstleisters und der Servicestelle der Energie Graz herrühren, auf. Dabei entfallen 90 % der Geräte auf die Servicestelle des Montagedienstleisters und 10 % auf die Servicestelle der Energie Graz. Im Gegensatz zur Servicestelle der Energie Graz werden bei der Servicestelle des Montagedienstleisters keine Zähler aufgrund von nicht erfüllten Aufträgen in der Servicestelle retourniert. Da kein kryptographisches Material an den Monteur ausgegeben wird, ist eine Zwischenlagerung in den Fahrzeugen der Monteure zulässig. In weiterer Folge ist eine zweite oder dritte Ausgabe des Zählers nicht notwendig. Da der Prozess keine Erfassung der Geräte in den Fahrzeugen des Montagedienstleisters vorsieht, wird auf die Darstellung des Fahrerlagers für den Montagedienstleister in Abbildung 30 verzichtet.

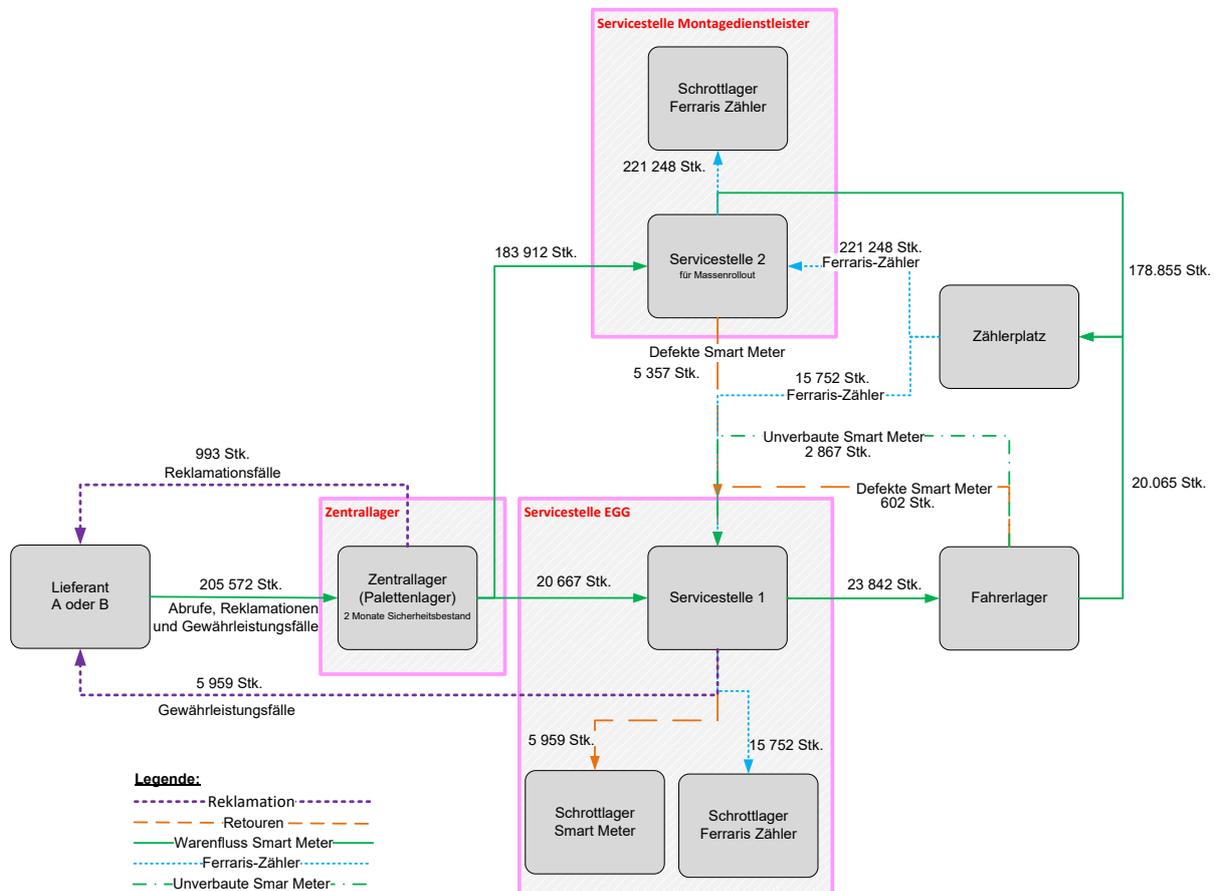


Abbildung 30: Darstellung des Warenfluss mit einem Zentrallager und zwei Servicestellen, Quelle: Eigene Darstellung.

6.7 Warenstrom vom Lieferanten

Aus Kapazitätsgründen kommt der Steuerung des Warenstroms eine wesentliche Bedeutung zu, damit bei einem schwankenden Absatz der Beschaffungsplan angepasst und somit eine Überschreitung der Lagerkapazität verhindert wird. Die Lieferzeit von Neuware wird mit acht Wochen angenommen. Weiters ist bei der Planung der Abnahmemengen zu berücksichtigen, dass die Reduktion der Liefermengen jener Lieferungen, die innerhalb von acht Wochen geliefert werden, nicht möglich ist. Für Lieferungen zwischen der neunten und 16. Woche ist eine Reduzierung der Abnahmemenge bis maximal 50 % möglich. Für Lieferungen die innerhalb der ersten acht Wochen geliefert werden, ist eine Erhöhung der Liefermenge um 20 % möglich, darüber hinaus gibt es keine Einschränkungen. Dies führt zu dem Schluss, dass auf einen reduzierten Absatz kurzfristig nicht reagiert werden kann. Ein erhöhter Absatz hingegen kann kurzfristig mit dem Sicherheitsbestand gedeckt werden und stellt somit keine Einschränkung des Lieferservicegrades der Servicestelle dar.

Die beschriebene Möglichkeit um auf die Liefermengen Einfluss zu nehmen gilt für den Hersteller A und für den Hersteller B gleichermaßen.

Während des Rollouts findet ein Lieferantenwechsel statt. Davon betroffen sind die Zählertypen mit der insgesamt größten Stückzahl. Dabei wird während der Übergangszeit vom Hersteller A auf den Hersteller B der Bestand von Hersteller A sukzessive reduziert und der Bestand vom Hersteller B in der Zeit vor dem geplanten Rolloutbeginn hochgefahren. Die Bestände werden am Ende des Rollout soweit möglich und sinnvoll reduziert indem keine neue Ware abgerufen wird und der Sicherheitsbestand reduziert wird.

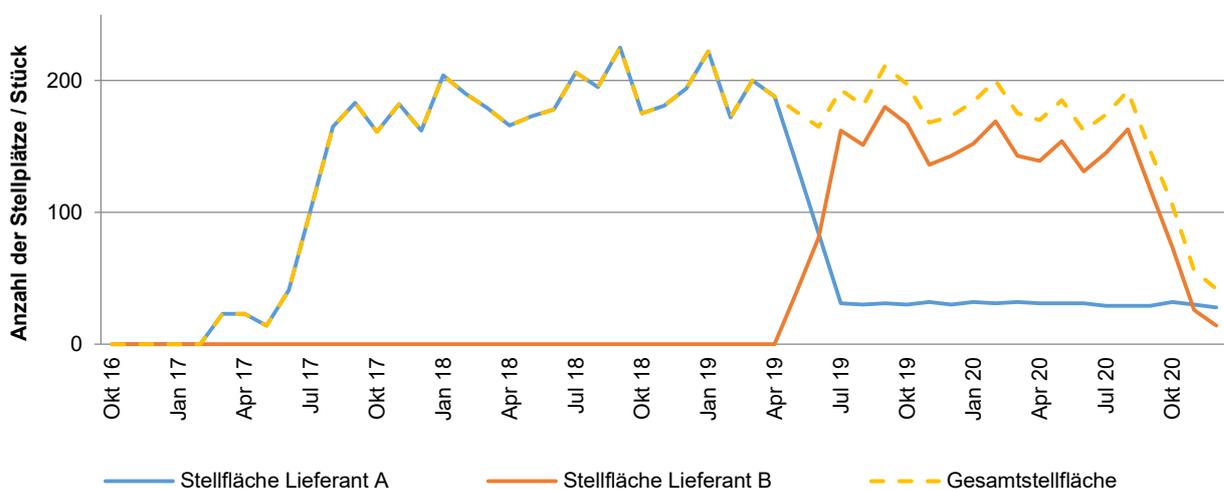


Abbildung 31: Beispielhafter Bestandsverlauf während des Rollouts unter Berücksichtigung von Lieferantenwechsel , Quelle: Eigene Darstellung.

Ebenfalls aus der Rolloutplanung können die monatlichen Abrufmengen abgeleitet werden. Diese betragen während des Rollouts in manchen Monaten über 8000 Smart Meter, wie der folgenden Abbildung entnommen werden kann.

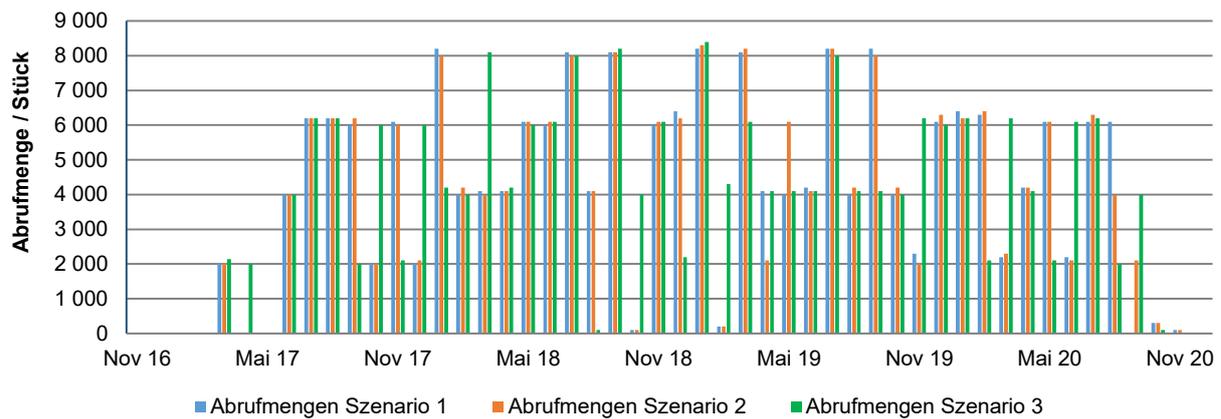


Abbildung 32: Gesamtabrufmengen bei den Lieferanten, Quelle: Eigene Darstellung.

6.8 Kapazitätsplanung für das Zentrallager

Für die Planung der Lagerkapazität und in weiterer Folge der Beschaffungsplanung ist die Kenntnis über den geplanten Absatz der Produkte von besonderer Bedeutung. Hierfür bilden die Rollout-Planung und das resultierende Mengengerüst die Grundlage. Aus den Abnahmemengen von den Lieferanten sowie der Anzahl der montierten Geräte kann der Bestand in jedem Lagerort ermittelt und der benötigte Stellplatzbedarf abgeleitet werden. Der notwendige Stellplatzbedarf wird maßgeblich:

- vom strategischen Sicherheitsbestand,
- von der Anzahl der Lieferungen,
- der Losgröße,
- der Anzahl der Geräte pro Palette,
- sowie der Art der Lagerplatzzuordnung, bestimmt.

Der Sicherheitsbestand im Lager entspricht dem durchschnittlichen Bedarf von zwei Monaten eines jeden Gerätetyps während des Rollouts.

Schwankende Absatzmengen beeinflussen den Lagerbestand ebenfalls. Werden Planzahlen nicht erreicht oder der Rollout gestoppt, erhöht sich der Bestand im Lager aufgrund nicht beeinflussbarer Abnahmeverpflichtungen gegenüber dem Zählerlieferanten. Den Worst Case in diesem Zusammenhang stellt ein sofortiger Rollout-Stopp dar. Dies hat die Reduzierung der Absatzmengen auf null zur Folge. Weitere Einflussgrößen auf den Absatz stellen:

- saisonale Schwankungen bei der Arbeitsleistung der Monteure,
- ungenaue Auftragsdaten,
- sowie nicht vorhersehbare Probleme bei der Durchführung des Zählereinbaus dar.

Für die Bestandsbetrachtungen sind zwei Zeitpunkte von Bedeutung. Einerseits der Bestand am Ende einer Periode, andererseits der Bestand am Anfang einer Periode. Die Anlieferung für die betrachtete Periode erfolgt immer am Beginn der Periode. Demnach ergeben sich der niedrigste Bestand für das Ende einer Periode und der höchste Bestand zu Beginn einer Periode. Die Dauer einer Periode ist bei allen nachfolgenden Betrachtungen jeweils ein Monat.

Die Wiederbeschaffungsmenge, also jene Menge die zu Beginn einer Periode im Lager angeliefert und eingelagert wird, hängt vom Bestand am Ende der letzten Periode sowie des Bedarfs der aktuellen Periode ab. Reicht der Bestand am Ende der vergangenen Periode nicht aus um den Bedarf der aktuellen Periode A_n zu decken, ohne den Sicherheitsbestand SB zu unterschreiten, so wird für diese Periode die entsprechende Menge beschafft. Hierbei gilt, dass für Dreh- und Wechselstromzähler jeweils Lose (L) zu je 2 000 Stück und für alle anderen Zählertypen jeweils eine Palette mit je 100 Geräten oder ein Vielfaches der genannten Mengen geliefert werden. Allgemein gilt für die Berechnung der Wiederbeschaffungsmenge eines Artikels pro Periode, unter der Annahme, dass der vorhandene Bestand am Periodenende abzüglich des Sicherheitsabstandes nicht ausreicht um den Bedarf der der Folgeperiode zu decken, folgendes:

$$M_{WB\#t_n} = \left\lceil \frac{V_{t_n} - (b_{E_{t_{n-1}}} - SB)}{L} \right\rceil L \quad (6.1)$$

$M_{WB\#t_n}$ / Stück	Wiederbeschaffungsmengen in Stück
$b_{E_{t_{n-1}}}$ / Stück	Lagerbestand am Ende der vorangegangenen eine Periode
L / Stück	Losgröße bei der Wiederbeschaffung
SB / Stück	Sicherheitsbestand
V_{t_n} / Stück	Bedarf der aktuellen Periode

Für die Anzahl der Liefereinheiten (Paletten) pro Lieferung gilt somit allgemein:

$$M_{WB_{Pal}} = \frac{M_{WB\#}}{M_{Pal} R_P} \quad (6.2)$$

$M_{WB\#}$ / Stück	Wiederbeschaffungsmengen in Stück
$M_{WB_{Pal}}$ / Stück	Wiederbeschaffungsmengen in Paletten
M_{Pal} / Stück pro EH	Anzahl der Zähler pro Palette
R_P / 1	Anzahl der Teillieferungen innerhalb einer Periode

Bei der Betrachtung der Bestandsverläufe wird eine monatliche Anlieferung der Geräte angenommen daher gilt $R_P=1$.

Der Gesamtbestand eines Artikels im Lager zum Zeitpunkt der Anlieferung, also am Beginn einer Periode, ist die Summe des Restbestandes der vorangegangenen Periode sowie dem Zugang in Form der periodischen Materialanlieferung und kann wie folgt beschrieben werden:

$$b_{A_{t_n}} = b_{E_{t_{n-1}}} + M_{WB\#t_n} \quad (6.3)$$

$M_{WB\#t_n}$ / Stück	Wiederbeschaffungsmengen in Stück
$b_{A_{t_n}}$ / Stück	Lagerbestand Anfang der Periode n
$b_{E_{t_{n-1}}}$ / Stück	Lagerbestand am Ende der vorangegangenen eine Periode

Der Restbestand am Ende einer Periode ergibt sich aus der Differenz des Bestands am Anfang einer Periode sowie den Abgang in Form von montierten Geräten während der betrachteten Periode. Es gilt, wobei es sich beim Bestand am Periodenende $b_{E_{t_n}}$ um die Summe aus dem Sicherheitsbestand sowie dem verfügbaren Restbestand handelt:

$$b_{E_{t_n}} = b_{A_{t_n}} - V_{t_n} \quad (6.4)$$

Aufgrund der Methodik bei der Berechnung der Wiederbeschaffungsmenge, bei der die schwankenden Bedarfsmengen der Artikel in den einzelnen Perioden berücksichtigt werden, ergibt sich der in Abbildung 33 dargestellte Bestandsverlauf. Des Weiteren zeigt die Abbildung die relevanten Zeitpunkte und die bei der Planung berücksichtigten Größen auf.

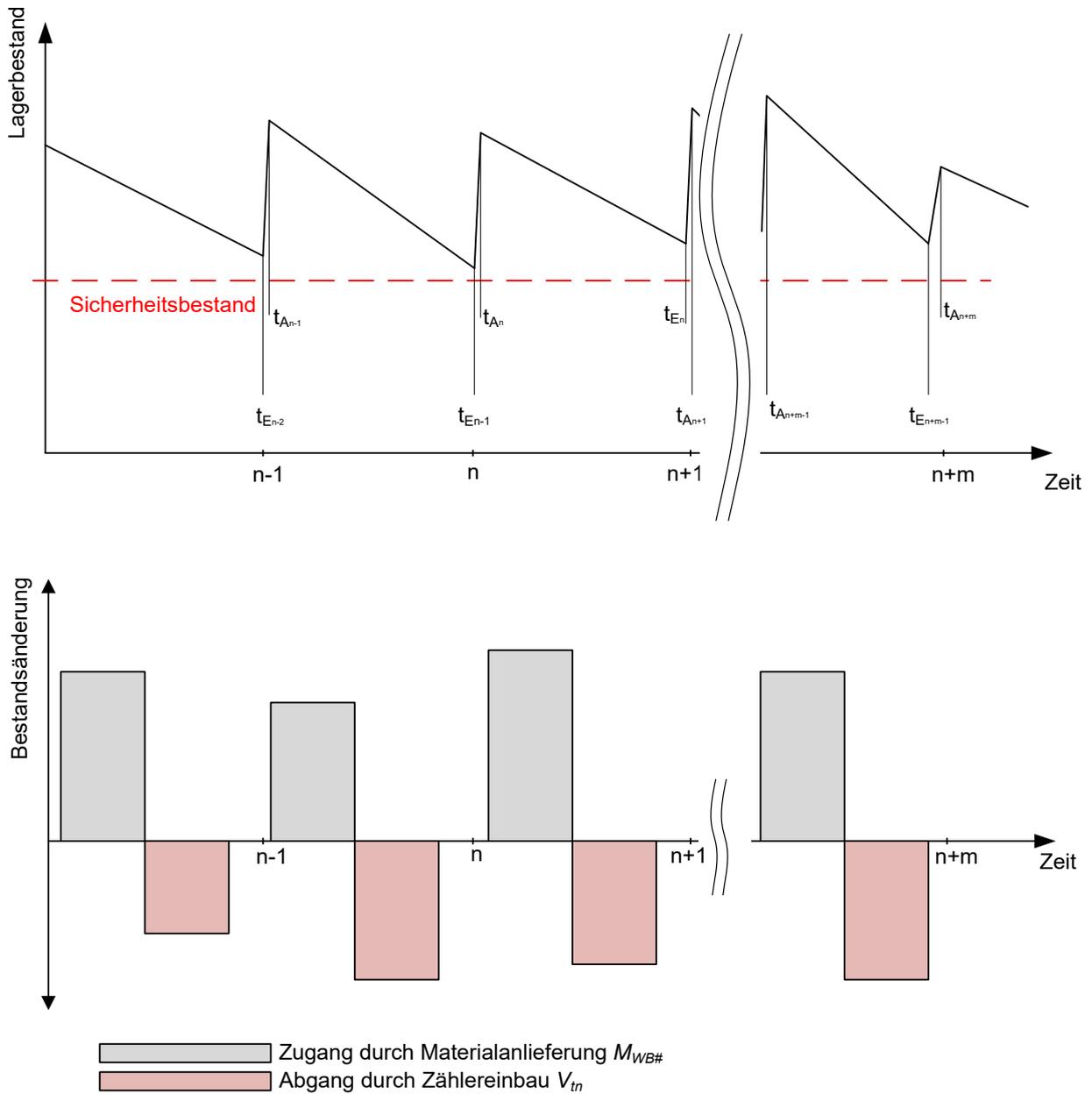


Abbildung 33: Symbolischer Bestandsverlauf im Zentrallager (oben) unter Berücksichtigung von Zu- und Abgängen (unten), Quelle: Eigene Darstellung.

Die Gesamtkapazität des Zentrallagers ergibt sich aus der Summe der Bestände aller Artikel im Lager. Da es sich bei der Lagerkapazität um die notwendige Stellplatzanzahl handelt, wird die Zählerbestand auf den Stellplatzbedarf mittels der Anzahl der Zähler pro Palette umgerechnet.

Der Gesamtstellplatzbedarf im Zentrallager zu einen beliebigen Zeitpunkt errechnet sich daher allgemein wie folgt:

$$b_{Pal_{ges}} = \sum_{i=1}^s \left\lceil \frac{b_i}{M_{Pal_i}} \right\rceil \quad (6.5)$$

b_i / Stück	Bestand eines Artikels
$b_{Pal_{ges}}$ / Paletten.	Gesamtbestand in Paletten
M_{Pal} / Stück pro EH	Anzahl der Zähler pro Palette
$s / 1$	Anzahl der verschiedenen Artikel im Sortiment

Im Zentrallager werden die Stellplätze fest einem Artikel zugeordnet. Aus diesem Grund wird die notwendige Lagerkapazität gesamte Lagerkapazität durch den maximal notwendigen Stellplatzbedarf eines jeden Artikels bestimmt, der sich wie folgt berechnet:

$$b_{Pal_{max}} = \sum_{i=1}^s \left\lceil \frac{\hat{b}_i}{M_{Pal_i}} \right\rceil \quad (6.6)$$

\hat{b}_i / Stück	Maximaler Bestand eines Artikels
$b_{Pal_{max}}$ / Paletten	Maximaler Stellplatzbedarf
M_{Pal} / Stück pro EH	Anzahl der Zähler pro Palette
$s / 1$	Anzahl der verschiedenen Artikel im Sortiment

6.8.1 Lagergröße des Zentrallagers mit integrierter Servicestelle

Aus strategischer Sicht des Unternehmens soll der Sicherheitsbestand niemals unterschritten werden. Unter dieser Annahme sowie bei einem Packungsinhalt von 100 Geräten pro Palette und bei einem konstanten Absatz ohne saisonale Schwankungen muss die Lagerkapazität mindestens 237 Stellplätze für Euro-Paletten betragen. Der Stellplatzbedarf ergibt sich aus der Summe des maximalen Stellplatzbedarfs aller Zählertypen. Beim Lieferantenwechsel werden die Stellplätze des Lieferanten A für den Lieferanten B verwendet. Für den Lieferanten A wird bei der Berechnung der maximalen Lagerkapazität nur der Stellplatzbedarf für die Restmengen berücksichtigt. Für den Sicherheitsbestand werden während des ersten Teils des Rollouts mit den Geräten des Herstellers A 101 Stellplätze benötigt, später nach erfolgreichem Herstellerwechsel reduziert sich der Sicherheitsbestand auf insgesamt 74 Stellplätze. Der Grund hierfür ist die Reduzierung der Zählermontagen pro Zeiteinheit in den letzten Monaten des Rollouts. Am Ende des Rollouts werden die Bestände reduziert und die Beschaffung der Zähler angepasst. Die Restmenge im Zentrallager entspricht jenem Bestand der sich aufgrund der minimalen Bestellmenge in Form der Eichlosgröße ergibt.

Die Servicestelle ist in dieser Variante im Zentrallager integriert, wodurch der Bedarf für die Servicestelle direkt aus dem Zentrallager gedeckt wird. Ein Stellplatz für jeden Gerätetyp im Zentrallager stellt den Kommissionierplatz der Servicestelle dar. Der Warenabgang aus dem Zentrallager erfolgt stückweise nach Geräten.

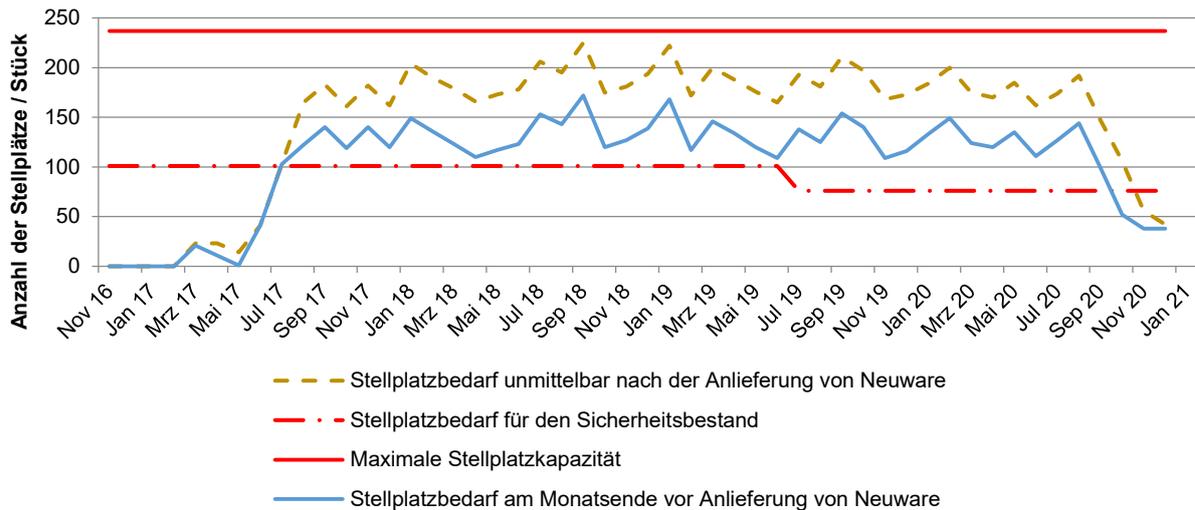


Abbildung 34: Stellplatzkapazität und Stellplatzbedarf der Variante Zentrallager mit integrierter Servicestelle, Quelle: Eigene Darstellung.

6.8.2 Lagergröße des Zentrallagers mit einer externen Servicestelle

Der Bestandsverlauf im Szenario 2 ist sehr ähnlich dem mit einer im Zentrallager integrierten Servicestelle (Szenario 1). Der Unterschied liegt darin, dass der Bedarf für die Servicestelle palettenweise aus dem Zentrallager entnommen und der Servicestelle zugeführt wird. Aus dem Bestandsverlauf ergibt sich für eine feste Stellplatzzuordnung ein Stellplatzbedarf von 232 Stellplätzen. Für die Lagerung des Sicherheitsbestands sind, wie zuvor bei Variante 1, 101 Stellplätze notwendig. Restmengen des Hersteller A nach dem Herstellerwechsel befinden sich sowohl im Zentrallager als auch in der Servicestelle.

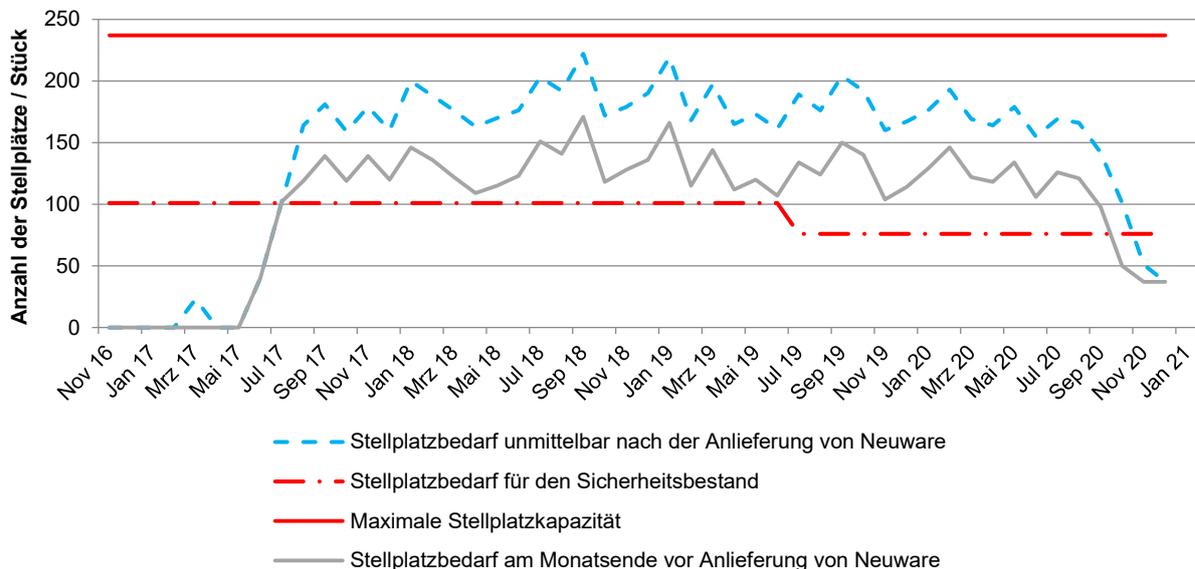


Abbildung 35: Stellplatzkapazität und Stellplatzbedarf bei der Variante Zentrallager mit einer externen Servicestelle, Quelle: Eigene Darstellung.

6.8.3 Lagergröße des Zentrallagers mit zwei externen Servicestellen

Der Bestandsverlauf dieses Szenarios weicht sichtlich von den zuvor betrachteten Varianten ab. Der Grund hierfür sind die beiden Servicestellen, welche durch palettenweise Anlieferung bedient werden. Dadurch

ergeben sich abweichende Bestellzeitpunkte und Wiederbeschaffungsmengen. Aus dem Bestandsverlauf ergibt sich für eine feste Stellplatzzuordnung ein Stellplatzbedarf von 234 Stellplätzen. Für die Lagerung des Sicherheitsbestands sind 101 Stellplätze notwendig. Restmengen des Hersteller A befinden sich nach dem Herstellerwechsel sowohl im Zentrallager als auch in den Servicestellen.

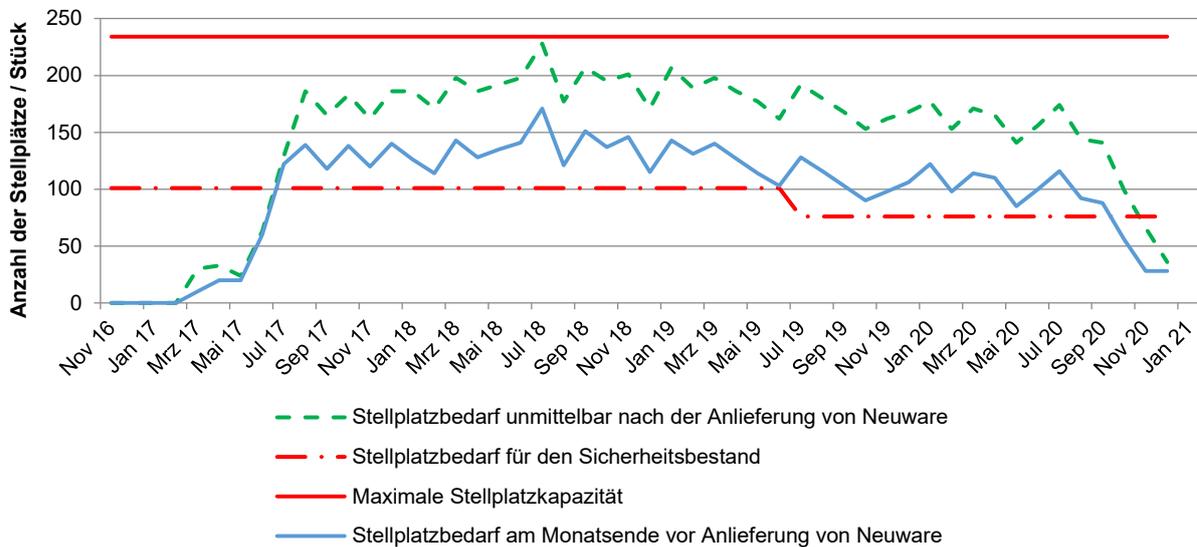


Abbildung 36: : Stellplatzkapazität und Stellplatzbedarf bei der Variante Zentrallager mit zwei externen Servicestelle, Quelle: Eigene Darstellung.

6.8.4 Vergleich der Stellplatzkapazitäten in den Szenarien

Der Vergleich der Bestandsverläufe im Zentrallager zeigt, dass die des Zentrallagers unabhängig von der Anzahl der Servicestellen ist. Die Lagerkapazität, also die Anzahl der mindestens notwendigen Palettenstellplätzen, schwankt zwischen 237 und 232 Stellplätzen in den betrachteten Szenarien.

Im Szenario eins werden die Geräte stückweise ausgegeben, im Szenario 2 und im Szenario 3 erfolgt die Ausgabe der Zähler für die Servicestellen palettenweise. Aufgrund der Abnahmemengen durch die Monteure im Szenario 1 sowie die Abnahmemengen der Servicestellen ergeben sich die in Abbildung 37 dargestellten Bestandsverläufe im Zentrallager. Durch die unterschiedlichen Ausgabemengen in den betrachteten Szenarien, ergeben sich ebenfalls unterschiedliche Wiederbeschaffungszeitpunkte und Wiederbeschaffungsmengen. Dies führt zu den Unterschieden in den Bestandsverläufen der Szenarien. Die dargestellten Bestandsverläufe zeigen jeweils den Bestand zum Zeitpunkt der Warenanlieferung. Es ist zu erkennen, dass die Bestandsverläufe des Zentrallagers mit integrierter Servicestelle und des Zentrallagers mit einer externen Servicestelle annähernd gleich sind. Im letzten Drittel des Rollouts hingegen ist ersichtlich, dass der Bestand im Zentrallager mit integrierter Servicestelle gegenüber dem Bestand im Szenario 2 (Zentrallager mit einer externen Serivcestelle) geringfügig höher ist. Grund hierfür sind die Restmengen des Herstellers A die im Zentrallager gelagert werden, wohin gegen die Restbestände in den Varianten mit externen Servicestellen in den Servicestellen verbleiben. Das Szenario 3 hingegen unterscheidet sich im Bestandsverlauf sichtlich vom Szenario 1 und dem Szenario 2. Dies liegt in der höheren Anzahl der zu beliefernden Servicestellen begründet. Die Versorgung erfolgt palettenweise.

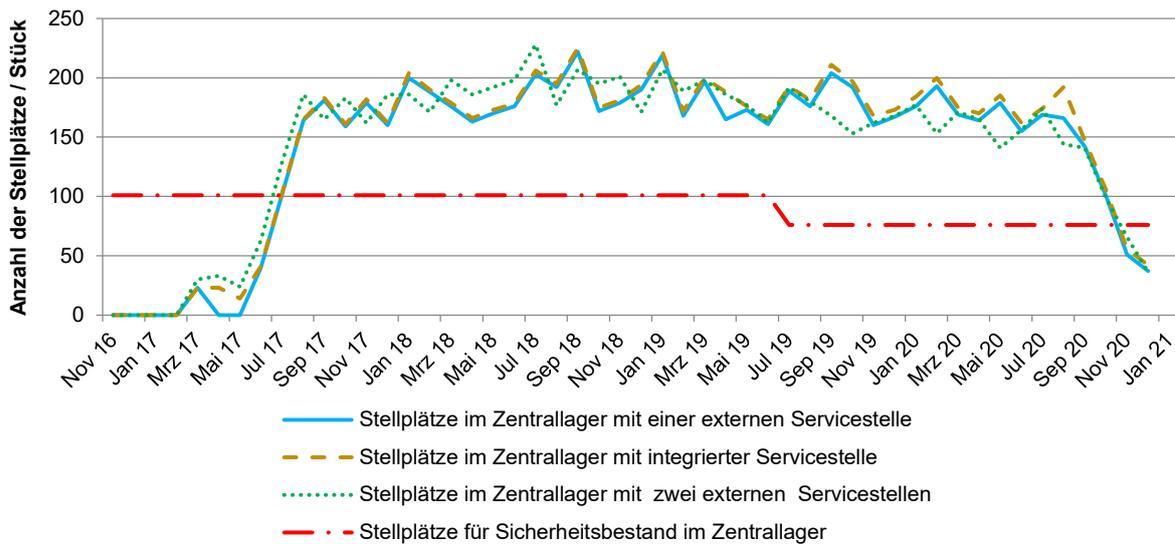


Abbildung 37: Vergleich der Bestandsverläufe bei den unterschiedlichen Varianten, Quelle: Eigene Darstellung.

Weiteres kann festgestellt werden, dass in den betrachteten Szenarien die Erhöhung der Anzahl der Servicestellen keine signifikanten Auswirkungen auf die Lagerkapazität des Zentrallagers hat.

6.8.5 Worst Case Szenario

Den denkbar ungünstigsten Fall bei der Betrachtung der Lagerkapazität des Zentrallagers stellt ein sofortiger Rollout-Stopp in Verbindung mit den bestehenden Abnahmeverpflichtungen gegenüber dem Lieferanten dar. Dieser Fall führt zu einem stetigen Anwachsen der Lagerstände und somit unweigerlich zu einem größeren Stellplatzbedarf im Zentrallager. Bei der Analyse der Abrufmengen unter Berücksichtigung einer 100 prozentigen Abnahmeverpflichtung für der Lieferungen in den ersten acht Wochen (zwei Monate) sowie einer 50 prozentigen Abnahmeverpflichtung der geplanten Liefermengen ab der neunten bis zur 16 Woche (zwei Monate) zeigt sich, dass für die Einlagerung im Worst Case Fall die minimalen Lagerkapazitäten des Zentrallagers in allen Szenarien unzureichend ist. Die Auswirkungen im Worst Case Szenario ist in Abbildung 38 dargestellt. Es wird gezeigt, dass der Bestand aufgrund der bestehenden Abnahmeverpflichtung und fehlenden Absatz kontinuierlich steigt. Der Stopp erfolgt in der Darstellung unmittelbar nach einer Anlieferung am Monatsanfang, dies stellt zugleich auch aus Sicht der maximalen Kapazität bei einem Rollout-Stopp den ungünstigsten Fall dar, da gerade eine Anlieferung erfolgt ist und vier weitere Lieferungen eintreffen werden.

Der maximale Stellplatzbedarf eines Artikels berechnet sich bei einem Rollout-Stopp aus dem Lagerbestand zum Zeitpunkt des Rollout-Stopps, im ungünstigsten Fall ist dies $b_{A_{t_n}}$ (Gleichung 6.3) sowie den geplanten Zugängen die anhand des geplanten Bedarfs für die jeweilige Periode $M_{WB\#_{t_n}}$ anhand von (Gleichung 6.1) berechnet werden. Das Maximum stellt sich erst 16 Wochen nach dem Rollout-Stopp ein, wodurch die ersten zwei Monatslieferungen zur Gänze und die dritte und vierte Lieferung jeweils zu 50 % zu berücksichtigen sind.

$$b_{Stopp_{max}} = \left\lceil \frac{b_{A_{t_n}}}{M_{Pal}} \right\rceil + \sum_{k=1}^2 \left\lceil \frac{M_{WB\#_{n+k}}}{M_{Pal}} \right\rceil + \sum_{k=3}^4 \left\lceil \frac{0,5M_{WB\#_{n+k}}}{M_{Pal}} \right\rceil \quad (6.7)$$

$M_{WB\#t_{n+k}}$ / Stück	Wiederbeschaffungsmengen für die Periode $n+k$
$b_{A_{t_n}}$ / Stück	Lagerbestand Anfang der Periode n
M_{Pal} / Stück pro EH	Anzahl der Zähler pro Palette
k / 1	Lieferung nach dem Rollout-Stopp
n / 1	Lieferperiode im Rollout
$b_{Stopp_{max}}$ / Paletten	Maximaler Stellplatzbedarf nach einem Rollout-Stopp für einen Artikels

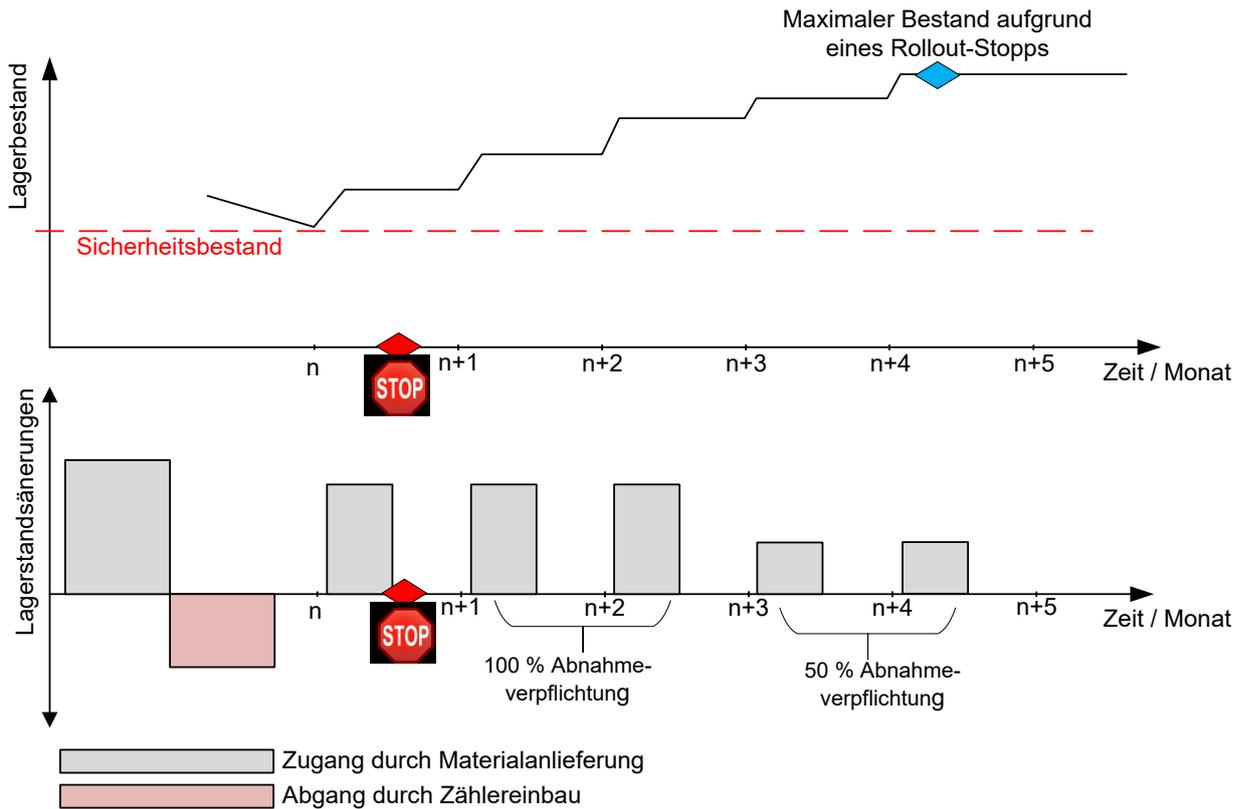


Abbildung 38: Materialzugänge und Bestandsverlauf im Lager nach einem Rollout-Stopp, Quelle: Eigene Darstellung.

Der Gesamtstellplatzbedarf im Zentrallager ist die Summe der maximalen Bestände $b_{Stopp_{max}}$ aller Artikel s im Sortiment

$$b_{Stopp_{max_{ges}}} = \sum_{i=1}^s b_{Stopp_{max_i}} \quad (6.8)$$

Abbildung 35 zeigt die Bestandsverläufe der drei Szenarien. Dabei sind die Liefermengen aufgrund der Abnahmeverpflichtungen berücksichtigt. Es ist zu erkennen, dass in keiner Variante die für den Normalfall notwendige Lagerkapazität ausreicht um die Mengen aufgrund der Abnahmeverpflichtung zu puffern. Ein sofortiger Rollout-Stopp erfordert im Szenario 1 und im Szenario 2 eine Lagerkapazität von 386 Stellplätzen und im Szenario 3 eine Lagerkapazität von 357 Stellplätzen.

Bezogen auf die notwendige Mindestkapazitäten bedeutet dies, dass im Worst Case Fall im Szenario 1 zusätzliche 149 Stellplätze, im Szenario 2 154 Stellplätze und im Szenario 3 123 Stellplätze, fehlen. Im Bedarfsfall müssen diese Lagerkapazität kurzfristig geschaffen werden.

Dies gilt jedoch nur, wenn temporär auf eine feste Stellplatzzuordnung verzichtet wird, und jeder verfügbare Stellplatz ausgenutzt wird, anderenfalls kann sich der zusätzliche Stellplatzbedarf erhöhen.

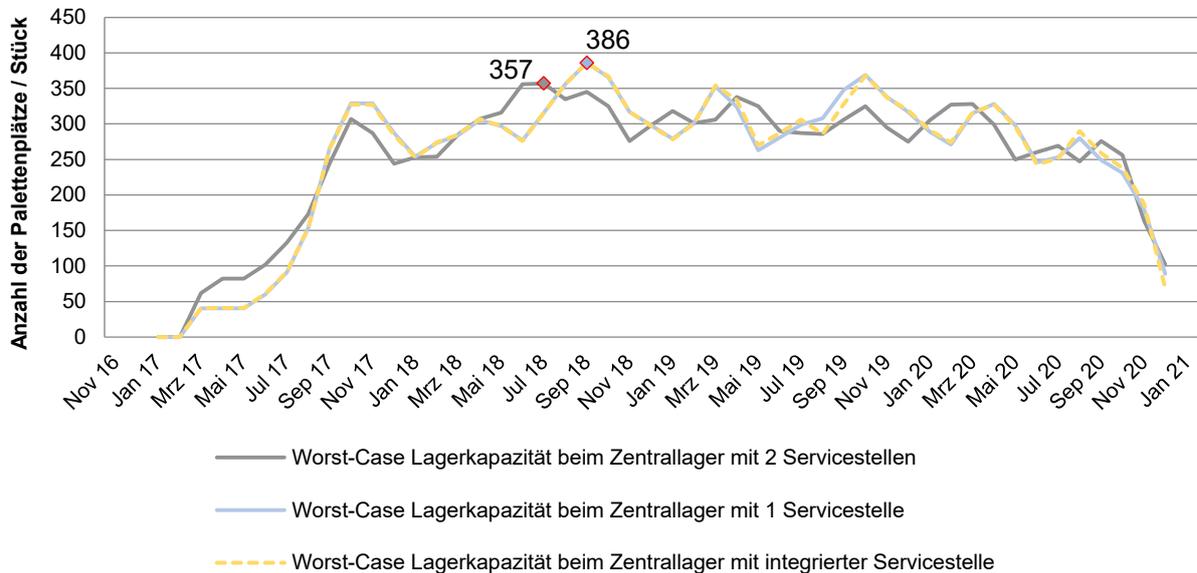


Abbildung 39: Maximale Lagerkapazität beim Eintritt eines Rollout-Stopps, Quelle: Eigene Darstellung

Auf die Kapazitäten der Servicestellen hat ein Rollout-Stopp keine direkten Auswirkungen, da in den Servicestellen nur jene Mengen aufbewahrt werden, die zeitnah benötigt werden. Die notwendige Pufferfunktion wird vom Zentrallager übernommen.

6.9 Transportkapazitäten für den Rollout

Bei der Betrachtung der notwendigen Transportkapazitäten, die aus der getrennten geographischen Lage der Lager resultiert, ist der Bedarf der Servicestellen ausschlaggebend. Aus den durchgeführten Bestandsbetrachtungen, die den Bedarf und die Abrufmengen der Servicestellen berücksichtigen, ergibt sich die Menge an Paletten mit Smart Metern, die den Servicestellen zugeführt werden. Die Betrachtung beinhaltet nur den Netto-Bedarf der Zähler, dabei sind Nachlieferungen aufgrund von Reklamationen ausgenommen. Im Szenario 1 ist es nur logisch, dass aufgrund der Integration der Servicestelle in das Zentrallager es zu keinen Transporten zwischen zwei Standorten kommen kann. Hier beschränken sich alle Transporte auf Palettenmanipulationen innerhalb des Lagers. Bei der Variante 2 mit nur einer Servicestelle müssen insgesamt 1982 Paletten zur Servicestelle transportiert werden und im Szenario 3 (Zentrallager mit zwei externen Servicestellen) müssen insgesamt 1979 Paletten zwischen dem Zentrallager und den Servicestellen transportiert werden. Im Szenario 3 müssen dabei 1786 Paletten in die Servicestelle des Montagedienstleisters sowie 193 Paletten in die Servicestelle der Energie Graz transportiert werden. Dies bedeutet, dass im Szenario 2 und im Szenario 3 in etwa gleich viele Paletten zu den Servicestellen transportiert werden (Abbildung 40). Der monatliche Bedarf der jeweiligen Servicestelle

ergibt sich aus den geplanten Absatzmengen der Servicestelle die wiederum von den Planmengen während des Rollout abhängig ist.

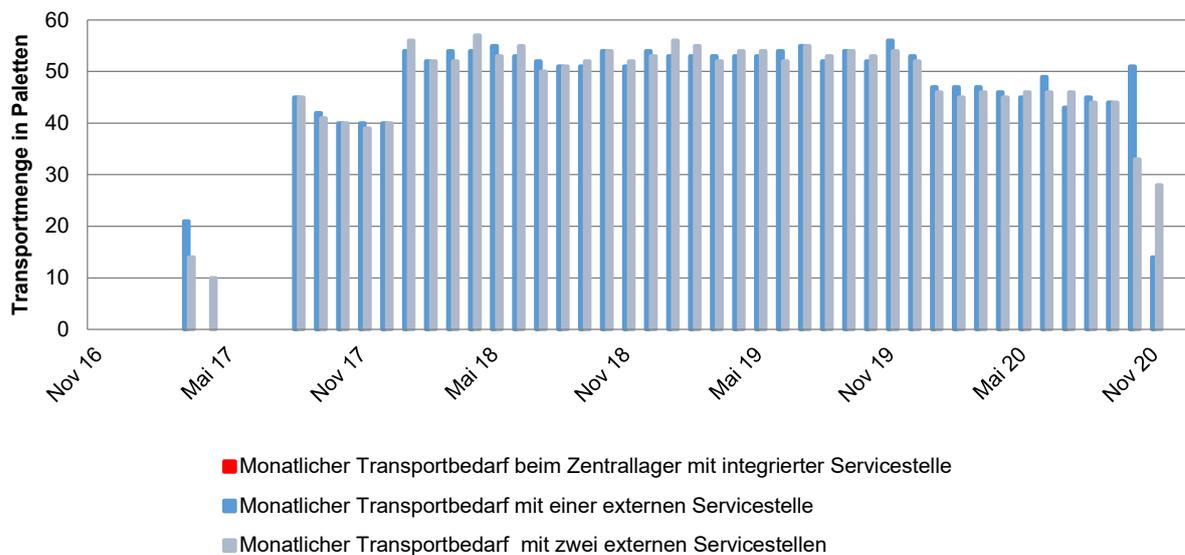


Abbildung 40: Vergleich des Transportbedarfs an Paletten während des Rollouts für unterschiedliche Logistikkonzepte, Quelle: Eigene Darstellung.

Auf Grund der Forderung, dass sich alle Lagerorte im Stadtgebiet der Stadt Graz befinden sollen, wird angenommen, dass die Transporte mit einem entsprechenden Transportmittel durchgeführt werden. Ein solches Transportmittel ist ein Zwölf-Tonner (LKW). Auf Grund der Größe und des Eigengewichts des Fahrzeugs kann etwaigen Problemen mit Gewichtsbeschränkungen für Fahrzeuge oder zu engen Straßen und Zufahrten vorgebeugt werden. Ein solches Fahrzeug verfügt über eine Transportkapazität von 18 Euro-Paletten.

Aus dem monatlichen Transportbedarf und der Transportkapazität des Fahrzeuges ergibt sich die notwendige Anzahl an Transporten pro Monat. Während des Rollouts werden im Szenario 2 (Zentrallager mit einer Servicestelle) 123 Transporte und im Szenario 3 (Zentrallager mit zwei Servicestellen) 159 Transporte durchgeführt.

Während des Rollouts erfordert das Szenario 2 durchschnittlich drei und das Szenario 3 durchschnittlich vier Transporte pro Monat, vom Zentrallager in die Servicestellen. Im Szenario 3 entfallen dabei drei Transporte auf Transporte zur Servicestelle des Montagedienstleisters sowie ein Transport zur Servicestelle der Energie Graz. Insgesamt, wie aus Abbildung 41 ersichtlich ist, ist die notwendige Transportkapazität beim Szenario 3 (mit zwei externen Servicestellen) insgesamt am größten. Im Szenario 1 hingegen sind aufgrund des gemeinsamen Standortes des Zentrallagers und der Servicestelle keine Transporte notwendig.

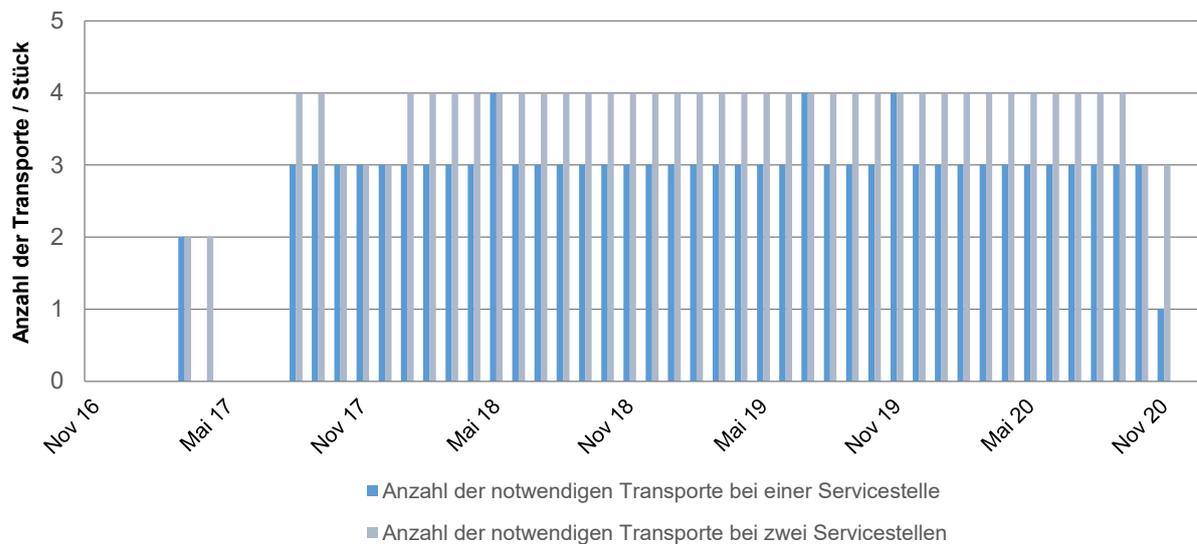


Abbildung 41: Anzahl der Transporte vom Zentrallager in die Servicestellen, Quelle: Eigene Darstellung.

6.10 Kapazitätsplanung für die Servicestellen

Die Aufgabe der Servicestellen ist die Vorbereitung und die Bereitstellung der notwendigen Waren für den Rollout. Neben dieser Hauptaufgabe werden die angelieferten Waren einer Wareneingangsprüfung unterzogen. Dies gilt für Waren die aus dem Zentrallager oder direkt von Lieferanten geliefert werden gleichermaßen. Im Gegensatz zum Zentrallager, in dem nur Zähler gelagert werden, wird in der Servicestelle das gesamte für den Rollout notwendige Sortiment bereitgestellt. Dies beinhaltet neben den Zählern auch alle Zusatzkomponenten. Neben der Bevorratung bzw. Bereitstellung der Komponenten wird in der Servicestelle die Entsorgung von defekten Geräten und Verpackungsmaterial durchgeführt.

6.10.1 Integrierte Servicestelle beim Szenario 1

In diesem Szenario befindet sich die Servicestelle am Standort des Zentrallagers. Daraus folgt, dass die Ware für die Ausgabe an den Monteur über einen innerbetrieblichen Transport im Kommissionierbereich bereitgestellt wird. Die Nähe zum Zentrallager ermöglicht einen direkten und zeitlich unmittelbaren Zugriff auf den Bestand des Zentrallagers. Die Pufferfunktion bei Bedarfsschwankungen übernimmt das Zentrallager. Aus diesem Grund befinden sich in der integrierten Servicestelle lediglich jene Materialmengen, die unmittelbar für die Kommissionierung benötigt werden. Daher ist für den Stellplatzbedarf bei der Zählerkommissionierung lediglich ein Palettenplatz pro Gerätetyp notwendig.

Neben den Zählern werden in der Servicestelle alle Zusatzkomponenten, wie Klemmboxen, Plomben, Zählerdeckel, Klemmen, Zählersteckklemmen und verschiedenen Drucksorten ausgegeben. Bei diesen Artikeln handelt es sich um Komponenten mit geringem Wert und kurzer Wiederbeschaffungszeit. Aus diesem Grund wird hier das Prinzip der doppelten Lagerhaltung angewendet. Hierbei werden jeweils zwei Palettenplätze pro Artikel vorgesehen. Ist ein Platz leer, wird auf den Inhalt des zweiten zugegriffen und die Wiederbeschaffung ausgelöst.

Insgesamt werden während des Rollouts 230 050 Zählerausgaben durchgeführt. Ausgehend von einer durchschnittlichen Montagekapazität von zehn Geräten pro Tag und Monteur und bei 250 Arbeitstagen im Jahr ist täglich das notwendige Material für 26 Touren zusammengestellt werden. Jede Tour beinhaltet den

täglichen Arbeitsvorrat eines Monteurs. Die Montagekapazität von zehn Geräten pro Tag ist ein Erfahrungswert, der aus bereits durchgeführten Massenzählertauschen im Zuge eines Eichtausches bei der Energie Graz ermittelt wurde. Je nach Rolloutgebiet kann diese Zahl jedoch sowohl nach oben und unten schwanken.

Diese Annahme wird auch durch facheinschlägige Literatur bestätigt. Abhängig von den vorherrschenden Umweltbedingungen ist sind zehn Gerätewechsel bis hin zu 30 Gerätewechsel unter Idealbedingungen möglich.¹⁰⁰

Innerhalb der Servicestelle ist im Warenausgabebereich Platz für das Material für mindestens 26 Routen und somit auch für 26 Monteure bereitzustellen.

Die Servicestelle stellt ebenfalls den Anlaufpunkt bei der Retourgabe ausgebauter Geräte sowie defekter Smart Meter und Verpackungsmaterial dar. Smart Meter zeichnen den Stromverbrauch von Kunden auf, bei diesen Daten handelt es sich um persönliche Daten des Kunden und unterliegt somit dem Datenschutz. Weiters ist kryptographisches Material darauf gespeichert, wodurch die Smart Meter gesondert entsorgt werden. Für die Entsorgung von Verpackungsmaterial und Schrott sind die notwendigen Ressourcen bereitzustellen. Deswegen werden jeweils Container für

- Papier und Karton,
- Elektroschrott und
- Smart Meter benötigt.

Wie bereits festgestellt wurde, erfüllt die Servicestelle in diesem Szenario keine Pufferfunktion, da als Puffer das Zentrallager verwendet wird. Aus diesem Grund sind keine zusätzlichen Stellplätze für Smart Meter in der Servicestelle nötig. Lediglich die Entnahmeplätze für die Kommissionierung der Smart Meter sind bereitzustellen. Hierfür ist jeweils ein Platz pro Smart Meter Typ, insgesamt 8, notwendig.

Darüber hinaus werden für die Zusatzkomponenten die in Kapitel 6.1.1 genannten wurden, jeweils zwei weitere Plätze pro Artikel benötigt, also in Summe zehn.

	Integrierte Servicestelle
Stellplatzbedarf für Zähler	0
Stellplatzbedarf für Zusatzmaterial	10
Warenübergabeplätze	26 (mindestens)
Entsorgung	3 Container (Verpackung, Elektroschrott und Smart Meter)
Entnahmeplätze	8

Tabelle 7: Lagerausstattung für den Warenausgabe- und Kommissionierbereich bei einer im Zentrallager integrierten Servicestelle, Eigene Darstellung.

¹⁰⁰ Vgl. Doleski/Liebzeit (2013), S. 237.

6.10.2 Servicestelle im Szenario 2

Bei der Servicestelle im Szenario 2 handelt es sich um eine Servicestelle wie sie in Kapitel 6.10.1 beschrieben wurde, jedoch mit dem großen Unterschied, dass sich die Servicestelle an einem anderen Standort als das Zentrallager befindet. Wegen der örtlichen Trennung der Servicestelle vom Zentrallager sind Transporte zur Versorgung der Servicestelle notwendig. Aus diesem Grund erfordert die externe Servicestelle Ressourcen in Form von Palettenstellplätzen zur Aufnahme der gelieferten Waren aus dem Zählerlager. Diese bilden, wenn auch nur im geringen Maß, einen Pufferspeicher der im Wesentlichen zur Überbrückung des Zeitraums zwischen zwei Lieferungen dient.

Der Stellplatzbedarf ergibt sich aus dem Bestandsverlauf der Zähler in der Servicestelle. Dieser hängt von der bereits beschriebenen Anzahl der monatlichen Lieferungen, der Größe des Transportmittels (LKW) und dem Absatz ab. Der daraus resultierende Bestandsverlauf zeigt, dass innerhalb der Servicestelle 18 Stellplätze für die Lagerung von Zählern benötigt werden. Dies gilt jedoch nur unter der Annahme, dass auf eine feste Stellplatzzuordnung verzichtet wird.

Die Untersuchung des Restbestandes vor einer Anlieferung von Neuware in die Servicestelle hat ergeben, dass pro Zählertyp maximal eine Palette im Lager vorrätig ist. Diese befindet sich jedoch zum Zweck der Kommissionierung im Entnahmeplatz und nicht im Pufferbereich der Servicestelle.

Der Graph zeigt den Stellplatzbedarf für die Anlieferung von Neuware. Da vor der Anlieferung von Neuware der Pufferbereich leer ist, ist die Puffergröße nur von der Anlieferungsmenge abhängig. Diese ist durch die Ladekapazität des Transportmittels begrenzt. Bei dieser Betrachtung wird die mittlere Liefermenge pro LKW herangezogen, die vom gesamten monatlichen Palettenbedarf und der Anzahl der geplanten Transporte abhängig ist. Es ist ersichtlich, dass über weite Strecken des Rollouts die LKW im Mittel nicht voll beladen sind.

Restmengen des Lieferanten A verbleiben bis zum Ende des Rollout in der Servicestelle.

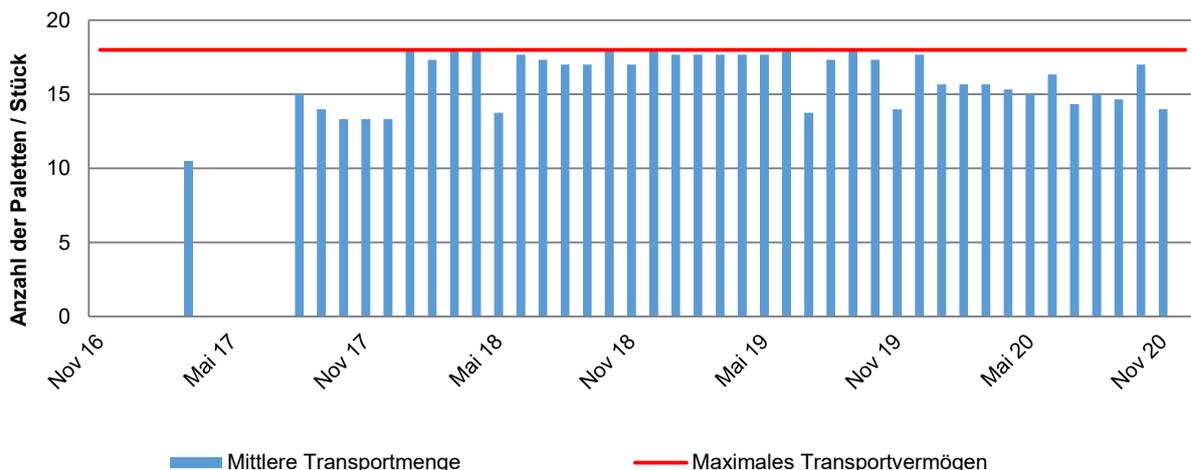


Abbildung 42: Stellplatzbedarf für die Smart Meter in der externen Servicestelle, Quelle: Eigene Darstellung.

Die maximale mögliche Liefermenge entspricht der maximalen Ladekapazität des Transportmittels. In diesem Fall werden zur Lagerung der Geräte in der Servicestelle mindestens 18 Palettenstellplätze sowie mindestens 8 Entnahmeplätze in der Servicestelle benötigt.

Die nachfolgende Tabelle zeigt zusammenfassend den Stellplatzbedarf der Servicestelle.

	Integrierte Servicestelle
Stellplatzbedarf für Zähler	18
Stellplatzbedarf für Zusatzmaterial	10
Warenübergabeplätze	26 (mindestens)
Entsorgung	3 Container (Verpackung, Elektroschrott und Smart Meter)
Entnahmeplätze	8

Tabelle 8: Stellplatzbedarf für die Smart Meter im Szenario 2 mit einer externen Servicestelle, Quelle: Eigene Darstellung.

6.10.3 Servicestellen im Szenario 3

Die beiden Servicestellen in diesem Szenario unterscheiden sich wesentlich in der Handhabung der Smart Meter voneinander. Einen Überblick der detaillierten Tätigkeiten erfolgt später bei der Betrachtung der Prozesse und Personalressourcen. Jedoch resultieren aus den unterschiedlichen Tätigkeiten unterschiedliche Ressourcenanforderungen.

Beide Servicestellen werden aus dem Zentrallager beliefert. Die Abrufmengen werden durch den Bedarf der Servicestelle für die Zählerausgabe an den Monteur bestimmt. Der lagernde Bestand sowie die benötigte Menge für die Montage bestimmen die Liefermengen aus dem Zentrallager. Die Anlieferung der Geräte in der Servicestelle erfolgt periodisch. Für die Transportkapazität des LKW gilt die Annahme aus Kapitel 6.9. Im Gegensatz zu den bereits betrachteten Szenarien teilt sich der vom Zentrallager ausgehende Warenstrom auf die beiden Servicestellen auf. Dies geht aus den untersuchten eingehenden Warenströmen der Servicestellen hervor.

Die Untersuchung der Restbestände hat gezeigt, dass zum Zeitpunkt der Zähler aus dem Zentrallager lediglich die für die Kommissionierung notwendigen Mengen am Entnahmeplatz des Kommissionierers oder Lagermitarbeiters belegt sind. Dies bedeutet, dass jeweils eine Palette pro Zählertyp vorhanden ist. Der Pufferbereich ist zum Zeitpunkt der Anlieferung leer. Aufgrund des leeren Pufferbereichs zum Zeitpunkt der Anlieferung hängt dessen Kapazität vom Transportvermögen des Transportmittels (LKW) ab. Dies gilt für beide Servicestellen gleichermaßen. Das Transportvermögen des zugrundeliegenden LKW beträgt 18 Europaletten. Im ungünstigsten Fall ist dieser vollbeladen, wodurch zumindest eine Lagerkapazität im Pufferbereich der Servicestelle von 18 Palettenstellplätze pro Servicestelle notwendig ist. Insgesamt sind in diesem Szenario daher 36 Palettenstellplätze in beiden Servicestellen notwendig. Die Planung zeigt jedoch, dass die Transportkapazität des LKW bei Transporten zur Servicestelle des Montagedienstleisters kaum und bei Transporten zur Servicestelle der Energie Graz nie ausgenutzt wird. Dies ist aus

Abbildung 43 ersichtlich. Hier gilt ebenfalls, dass innerhalb der Servicestelle auf eine feste Stellplatzzuordnung verzichtet wird. Für die Lagerung und Bereitstellung der Zusatzkomponenten im Rollout sind auch in den Servicestellen dieses Szenarios mindestens 10 Stellplätze für das spezifizierte Sortiment bei einer doppelten Lagerhaltung notwendig.

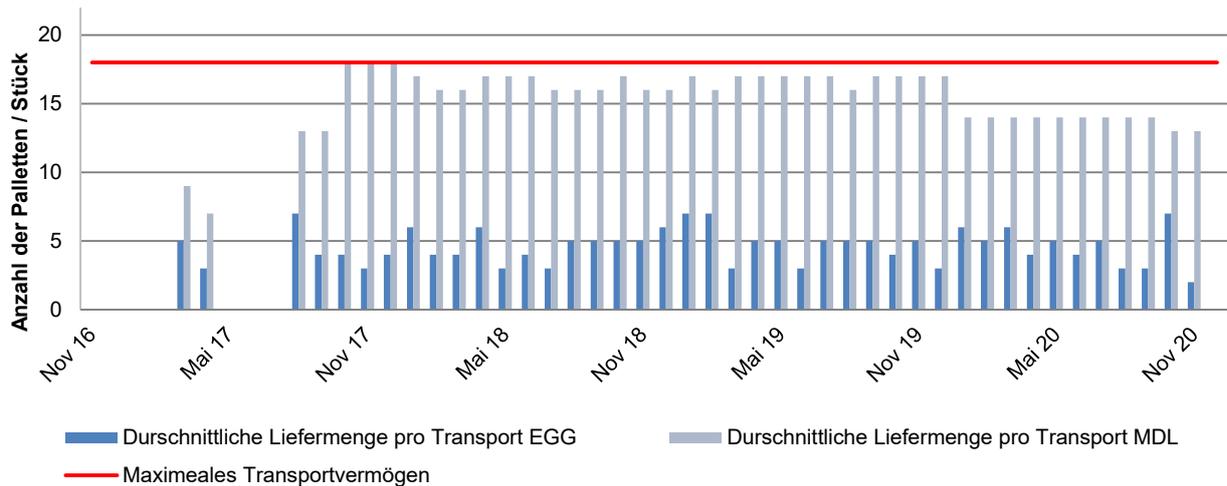


Abbildung 43: Stellplatzbedarf im Szenario 3 mit zwei externen Servicestellen, Quelle: Eigene Darstellung.

In der Servicestelle der Energie Graz wird das Material entsprechend der Tagesplanung bereitgestellt. Während des Rollouts werden 23 842 Geräte ausgegeben die über 3,5 Jahre hinweg an 250 Arbeitstagen benötigt werden. Daraus ergeben sich rechnerisch exakt 2,7 tägliche Routen mit je 10 Geräten pro Tag. Daraus folgt, dass mindestens drei Übergabeplätze zur Ausgabe des Materials an den Monteur benötigt werden. Bei der Servicestelle des Montagedienstleisters erfolgt die Ausgabe in Form einer Selbstentnahme aus dem Lager, wodurch keine separaten, von der Anzahl der Routen abhängigen Warenübergabeplätze benötigt werden. In jeder der beiden Servicestellen werden Verpackungen und Altgeräte (Ferraris-Zähler und Rundsteuergeräte) entsorgt. Weshalb in beiden Servicestellen die notwendigen Container zur Verfügung gestellt werden müssen. Die Entsorgung der defekter Smart Meter erfolgt nur in der Servicestelle der EGG. Hierfür ist in dieser Servicestelle gegenüber der des MDL ein zusätzlicher Behälter notwendig.

Zusammengefasst stellt sich der notwendige Platzbedarf wie in den beiden Servicestellen des Szenarios 3 wie folgt dar:

	Servicestelle MDL	Servicestelle EGG	Gesamt
Stellplatzbedarf für Zähler	18	18	36
Stellplatzbedarf für Zusatzmaterial	10	10	20
Warenübergabeplätze	0	3 (mindestens)	3 (mindestens)
Entsorgung	2 Container (Verpackung und Elektroschrott)	3 Container (Verpackung, Elektroschrott und Smart Meter)	5 Container (auf 2 Standorten verteilt)
Entnahmeplätze	4	8	12

Tabelle 9: Platzbedarf in den Servicestellen des Szenario 2, Quelle: Eigene Darstellung.

6.11 Personalressourcen

Zur Bestimmung des Ressourcenbedarfs sind drei Aspekte von besonderer Bedeutung, und zwar

- der Warenstrom,
- die notwendigen Arbeitsschritte sowie
- die Zeitschätzungen zur Durchführung der einzelnen Arbeitsschritte.

Zuerst muss der Warenstrom, also die Menge der Fördereinheiten die innerhalb einer Zeiteinheit das System durchlaufen, ermittelt werden. Weiters müssen die notwendigen Schritte zur Abarbeitung identifiziert werden und schlussendlich werden Annahmen betreffend der Dauer der einzelnen durchzuführenden Tätigkeiten getroffen. Aufgrund der Wichtigkeit der Servicestellen und den umfangreichen Tätigkeiten die dort durchgeführt werden, werden die Prozesse in der Servicestelle genauer beschrieben und deren Unterschiede aufgezeigt. Dies ermöglicht eine exakte Abschätzung der für den Betrieb notwendigen Personalressourcen. Die Abläufe in der Servicestelle der EGG und der des Montagedienstleisters unterscheiden sich im Wesentlichen durch die Art der Handhabung der Zähler.

6.11.1 Handhabung der Zähler

Eine der Hauptaufgaben innerhalb der Servicestelle ist die Bereitstellung der Waren, also die Kommissionierung der Waren für die Aufträge der Monteure. In den beschriebenen Konzepten wird die Kommissionierung der Waren unter zwei unterschiedlichen Gesichtspunkten durchgeführt. Bei der ersten Variante erfolgt bei der Kommissionierung der Aufträge eine exakte Zuweisung der Gerätenummer zur Tagesroute eines Monteurs. Anhand der Gerätenummer wird kryptographisches Material auf ein mobiles Endgerät (MDE) übertragen. Diese kryptographischen Schlüssel werden für die Parametrierung der Smart Meter benötigt. Dieses Schlüsselmaterial besitzt eine begrenzte Gültigkeit. Nach Ablauf der Schlüsselgültigkeit muss ein neuer Schlüssel übermittelt werden. Bei der zweiten Variante ist diese Zuweisung der Gerätenummer nicht notwendig, wodurch sich eine wesentliche Vereinfachung des Kommissionierprozesses ergibt.

6.11.1.1 Handhabung von Zählern mit kryptographischem Material

Die Kommissionierung der Aufträge erfolgt anhand einer Kommissionierliste die aus den disponierten Aufträgen für einen bestimmten Zeitraum resultiert und einem Monteur zugeordnet ist. Bei der Kommissionierung werden die notwendigen Geräte entnommen, erfasst und der Route zugewiesen. Diese Route ist wiederum einem Monteur zugewiesen. Ist das gesamte notwendige Material kommissioniert, wird dieses an einem Übergabeplatz in der Servicestelle bereitgestellt, sodass der Monteur seine Komponenten übernehmen kann. Mit der Übernahme der Waren vom Monteur aus der Servicestelle werden die Gerätenummern der bereitgestellten Smart Meter auf das MDE des Monteurs übertragen und gleichzeitig das kryptographische Material auf das MDE übermittelt. Mit der Übernahme erfolgt eine Verschiebung der Geräte vom Entnahmelager in das Fahrzeug (Fahrerlager) des Monteurs, sodass der Aufenthaltsort eines jeden Gerätes zu jedem Zeitpunkt bekannt ist.

Grundsätzlich sollen die Smart Meter unmittelbar nach deren Ausgabe aus der Servicestelle in den Kundenanlagen verbaut werden. Zum einen erhält der Monteur für die nächste Route wieder die Anzahl der Geräte die er für die Abarbeitung benötigt, zum anderen steht die begrenzte Schlüsselgültigkeit einer

längeren Lagerung der Geräte im Fahrzeug entgegen. Aus diesem Grund müssen übrig gebliebene Geräte regelmäßig in der Servicestelle abgegeben werden, wo diese wieder eingelagert werden. Die eingelagerten Geräte werden zu einem späteren Zeitpunkt erneut kommissioniert und an den Monteur erneut ausgegeben, dabei erhält dieser einen neuen Schlüssel für das Gerät. Bei der Wiederausgabe gilt das FIFO-Prinzip.

In dieser Variante kann die Entnahme entweder durch einen Lagermitarbeiter erfolgen oder auch durch den Monteur selbst. Die notwendigen Schritte bei der Bereitstellung der Waren sind jedoch zwingend erforderlich um den Aufenthaltsort zu bestimmen und um die Übermittlung des Schlüsselmaterials zu ermöglichen.

6.11.1.2 Handhabung von Zählern ohne kryptographischem Material

Bei der Übergabe der Geräte an den Monteur werden keine kryptographischen Schlüssel übertragen. Dadurch herrscht die Meinung, dass Sicherheitsanforderungen hinsichtlich Nachverfolgbarkeit gelockert werden können. Diese Art der Warenbereitstellung kommt nur in Betracht, wenn bei der Montage der Zähler keine Parametrierung der Geräte vor Ort erfolgt. Dadurch ergeben sich wesentliche Vereinfachungen bei der Bereitstellung und dem Handling der Geräte gegenüber der Warenbereitstellung für Aufträge bei denen kryptographisches Material an den Monteur übergeben wird.

In diesem Fall findet keine Kommissionierung statt. Der Monteur gleicht seine Auftragsliste mit dem noch vorhandenen Bestand in seinem Fahrzeug ab. Er muss lediglich sicherstellen, dass immer ausreichend Geräte vorhanden sind. Bei der Entnahme aus der Servicestelle und Übernahme ins Fahrzeug findet keine Lagerbuchung statt. Wegen des nicht vorhandenen Sicherheitsschlüssels können beliebig viele Geräte beliebig lang in Fahrzeugen vorrätig gehalten werden.

6.11.1.3 Vergleich der Methoden

Betrachtet man die Handhabung der Zähler mit und ohne kryptographischen Material wird klar, dass bedingt durch die Verwendung der Sicherheitsschlüssel der Aufwand in der Servicestelle in der Schlüsselmaterial übergeben wird, beträchtlich höher ist. Jedoch können ohne Schlüssel einige Vorort-Tätigkeiten nicht durchgeführt werden. Da diese jedoch notwendig sind, kann auf den komplexen Handhabungsprozess im Rollout nicht zur Gänze verzichtet werden.

6.11.2 Vergleich der Prozesse in den unterschiedlichen Szenarien

Für die Montage der Geräte beim Netzkunden sind, wie bereits gezeigt wurde, vom Zeitpunkt der Anlieferung der Zähler bis zu deren erfolgreichen Einbau eine Vielzahl an Tätigkeiten notwendig. Jede dieser durchzuführenden Tätigkeiten benötigt Zeit. Daraus lässt sich am Ende der Ressourcenbedarf, in Form von Lagermitarbeitern und Personal für die administrative Unterstützung bei der Abwicklung durch Innendienstmitarbeiter unter Berücksichtigung der quantitativen Warenströme, bestimmen.

In einem ersten Schritt werden die Logistikprozesse untersucht und alle notwendigen Schritte in jedem Szenario identifiziert. Dies stellt die Grundlage für die Bestimmung der notwendigen Personalressourcen zu einem späteren Zeitpunkt dar.

Bei der Analyse des Logistikprozesses wird als Startereignis die Anlieferung von Waren durch den Zählerhersteller angenommen. Dies erfolgt in allen Szenarien in einem Zentrallager. Im einfachsten Fall befindet sich die Servicestelle am Standort des Zentrallagers. Bei der Analyse der Prozesse werden alle notwendigen Aufgaben betrachtet die für den Logistikprozess wichtig sind. Die wesentlichen Schritte stellen die Warenannahme, die Einlagerung, die Auslagerung für die Servicestelle, die Kommissionierung und die Entsorgung dar.

Aus der bereits durchgeführten Analyse des quantitativen Warenflusses für die Zähler geht hervor, dass die Abläufe vom Zeitpunkt der Anlieferung zum Zeitpunkt der Einlagerung der Geräte in ein Entnahmelager identisch sind, da der Anlieferungspunkt immer das Zentrallager ist und somit für alle Szenarien dieselben Prozesse im Zentrallager angewendet werden. Unterschiede ergeben sich ab dem Zeitpunkt der Entnahme aus dem Zentrallager zur Verwendung in der Servicestelle. Im Fall der integrierten Servicestelle ist nur eine Verschiebung der Waren vom Entnahmelager in den Kommissionierbereich notwendig. Bei externen Servicestellen hingegen wird auf Grund einer Bedarfsanforderung aus der Servicestelle, eine Lieferung für die Servicestelle zusammengestellt und übermittelt. In den externen Servicestellen wird die Ware übernommen und eingelagert, bevor diese für die Zusammenstellung bzw. die Entnahme für die Arbeitsaufträge zur Verfügung steht.

Der Vergleich der Tätigkeiten in der Servicestelle 1 zeigt, dass identische Aufgaben durchzuführen sind. Im Szenario 2, mit einer externen Servicestelle, werden die Tätigkeiten um Aufgaben zur Sicherstellung des notwendigen Bestandes in der Servicestelle erweitert. Im Szenario 3 mit zwei externen Servicestellen werden ausschließlich in der Servicestelle 1 defekte Smart Meter erfasst. Dies erfordert einen Transport der Geräte aus der Servicestelle des Montagedienstleisters zur Servicestelle 1.

Die Aufgaben der Servicestelle 2 sind nur für das Szenario 3 von Bedeutung. Jene Aufgaben die sich aus der Analyse der Prozesse der verschiedenen Szenarien ergeben haben, sind in Abbildung 44 dargestellt. Handelt es sich um eine für ein Szenario relevante Tätigkeit, wird dies durch ein „x“ ausgedrückt. Ist eine Tätigkeit für ein Szenario unbedeutend, wird dies durch ein Minus (-) ausgedrückt.

	Nr.	Prozessschrittbezeichnung	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Zentrallager	1	LKW entladen	x	x	x
	2	Wareneingangsprüfung durchführen	x	x	x
	3	Information für die Lagerbuchung an den Innendienst senden	x	x	x
	4	Lagerbuchung durchführen	x	x	x
	5	Paletten ins Entnahmelager einlagern	x	x	x
	6	Bedarfsmeldung aus Servicestelle annehmen	-	x	x
	7	Bedarf für Servicestelle kommissionieren und bereitstellen	-	x	x
	8	Lieferschein schreiben	-	x	x
	9	Lieferschein an EGG übermitteln	-	x	x
	10	Lieferschein bearbeiten und Lagerbuchungen durchführen	-	x	x
	11	LKW für Transport zur Servicestelle beladen	-	x	x

1. Servicestelle	12	LKW entladen	-	x	x
	13	Wareneingangsprüfung durchführen	-	x	x
	14	Ware in der Servicestelle einlagern	-	x	x
	15	Ware am Kommissionierplatz bereitstellen	x	x	x
	16	Aufträge kommissionieren und bereitstellen	x	x	x
	17	Material an die Monteure ausgeben	x	x	x
	18	Restmaterial zurücknehmen	x	x	x
	19	Retouren aus der 2. Servicestelle erfassen	-	-	x
	20	Restmaterial überprüfen	x	x	x
	21	Restmaterial zurücklagern	x	x	x
	22	Ferraris-Zähler und Rundsteuergeräte entsorgen	x	x	x
	23	Bedarfsmeldung für Zentrallager erstellen und übermitteln	-	x	x
	24	Verpackungen entsorgen	x	x	x
	25	Warenannahme Zusatzmaterial	x	x	x
26	Organisation der Entsorgung mit Entsorgerunternehmen	-	-	x	
2. Externe Servicestelle MDL	27	LKW entladen	-	-	x
	28	Wareneingangsprüfung durchführen	-	-	x
	29	Ware in der Servicestelle einlagern	-	-	x
	30	Material für Aufträge entnehmen	-	-	x
	31	Defekte Smart Meter zurückgeben	-	-	x
	32	Ferraris-Zähler und Rundsteuergeräte entsorgen	-	-	x
	33	Verpackungen entsorgen	-	-	x
	34	Bedarfsmeldung für Zentrallager erstellen und übermitteln	-	-	x
	35	Lieferschein für Transport erstellen	-	-	x
	36	Lieferschein an EGG übermitteln	-	-	x
	37	Lieferschein bearbeiten und Lagerbuchungen durchführen	-	-	x
	38	Periodische Inventur durchführen	-	-	x
	39	Inventurergebnis bearbeiten	-	-	x
	40	Warenannahme Zusatzmaterial	-	-	x
	41	Organisation der Entsorgung mit Entsorgerunternehmen	-	-	x

Abbildung 44: Prozessschritte im Bereich der Logistik beim Smart Meter Rollout für die betrachteten Szenarien, Quelle: Eigene Darstellung.

6.11.3 Ergebnis der Ressourcenbedarfsermittlung der verschiedenen Szenarien

Die Beurteilung des Ressourcenbedarfs im Zentrallager und in den Servicestellen erfolgt anhand der ein- und ausgehenden Warenströme sowie den erforderlichen Tätigkeiten. Die Beurteilung der Durchführungszeit einzelner Aufgaben erfolgt anhand von betrieblichen Aufzeichnungen und Erfahrungswerten. Daraus resultiert der Personalaufwand für den Rollout von 198 620 Smart Metern über einen Zeitraum von 3,5 Jahre.

Der Vergleich der Szenarien zeigt, dass der Personalaufwand im Szenario 3 insgesamt im niedrigsten ist, obwohl in diesem Szenario periodische Inventuren in der Servicestelle des Montagedienstleisters notwendig sind. Außerdem sind in diesem Szenario zwei Servicestellen zu mit Waren zu versorgen. Durch die Selbstentnahme der Geräte aus der Servicestelle und dem vereinfachten Entnahmeprozedere wird der Aufwand für die Warenentnahme im Vergleich zu den beiden anderen Szenarien stark reduziert. Der

Zeitaufwand bei der Selbstentnahme beträgt pro ausgegebenem Gerät lediglich 38 % der Zeit der Materialausgabe in einer Servicestelle mit kryptographischen Material. Außerdem entfällt der Zeitaufwand für die Materialrückgabe in der Servicestelle zur Gänze. Der administrative Personalaufwand ist im Szenario 3 mit 0,25 MAJ (Mannjahre) über den gesamten Rollout jedoch am größten.

Szenario 1 und Szenario 2 unterscheiden sich in der geographischen Lage der Servicestelle. Aufgrund der externen Servicestelle 2 steigt der Aufwand für die Warenbereitstellung im Zentrallager sowie für die Warenannahme in der Servicestelle. Dies führt im Wesentlichen zum höheren Personalaufwand im Szenario 2. Wie aus der nachfolgenden Abbildung ersichtlich ist, ist das Szenario 1 jenes mit dem zweithöchsten, und das Szenario 2 jenes mit dem insgesamt höchsten Personalbedarf. Der administrative Personalaufwand ist in beiden Szenarien gleich groß.

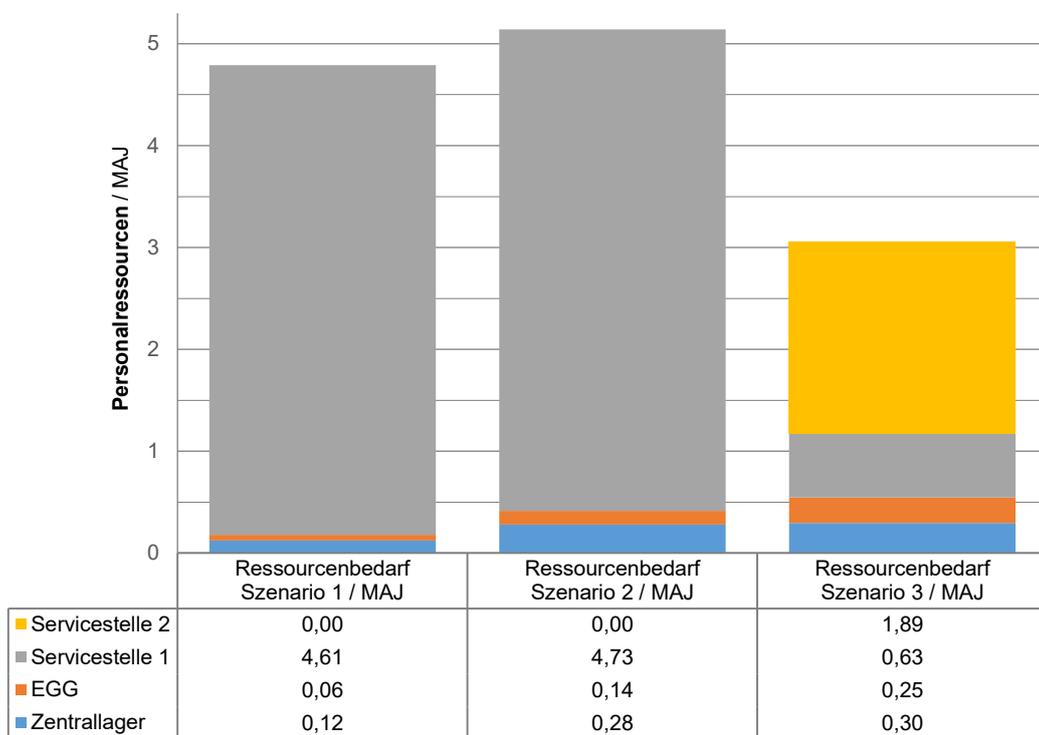


Abbildung 45: Vergleich der notwendigen Personalressourcen für die Logistik während des gesamten Rollouts, Quelle: Eigene Darstellung.

7 DATENFLUSS

Für die Beherrschung komplexer logistischer Prozesse ist die sach- und zeigerechte Bereitstellung von Informationen, auf deren Basis Entscheidungen getroffen und Handlungen ausgelöst werden erforderlich. Eine systemübergreifende Informationslogistik integriert die Bereich Warenfluss und die Informationsflüsse und ermöglicht eine praktikable Abarbeitung logistischer Abläufe. Die realen Güter des Materialflusses verfügen über keine logistischen Informationen. Erst die Zuordnung von Informationen wie Transportwege, Zielorte und Termine, lösen Güterflüsse aus. Die Steuerung der Güterbewegungen ist durch die Vorgabe und Weiterleitung von Informationen an die im logistischen Netzwerk befindlichen Teilnehmer zu denen unter anderem Lieferanten und Dienstleister zählen, organisatorisch und informationstechnisch zu verknüpfen und in einem integrierten System zusammenzufassen, wodurch der Informationsfluss der beteiligten Unternehmen beschleunigt, die Qualität der Informationen erhöht, und gleichzeitig wird der Verwaltungsaufwand geringer.¹⁰¹

Aus diesen Gründen ist für die Abwicklung des Rollouts ist die Durchgängigkeit der notwendigen Daten wesentlich. Für den Rollout von besonderer Bedeutung sind hierbei zwei Systeme:

- das Verrechnungssystem der Energie Graz, die SDK/PS,
- und das Workforce Management System (WFM) AuReS¹⁰² der Firma Reisewitz.

Im Verrechnungssystem sind alle für die Erstellung von Aufträgen notwendigen Daten enthalten. Aus diesen Daten können die notwendigen Komponenten für den Umbau der Smart Meter abgeleitet werden. Ebenfalls in diesem System integriert ist das Gerätemanagement. Dieses stellt den aktuellen Lagerort eines jeden im System enthaltenen Gerätes dar. In diesem Zusammenhang ist auch jede Kundenanlage als ein „Lagerort“ zu verstehen.

Zur operativen Abwicklung wird das WFM eingesetzt mit dem die Disposition der Mitarbeiter, die Dokumentation der Gerätewechsel und die Ausgabe der Stücklisten bei der Kommissionierung der Waren durchgeführt wird.

Das Zusammenspiel der Systeme und deren Schnittstellen wird in Abbildung 46 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass für die Erstellung der Aufträge (Aufträge und Auftragsdaten) und für die Nachverfolgung der Zähler sowie die Darstellung des Warenflusses jeweils die SDK/PS und das WFM die zentralen Systeme darstellen. Neben diesen werden für die Bereitstellung der bei der Montage notwendigen Schlüssel das Meter-Data-Management System (MDM) und das dazugehörige Key-Management-System (KMS) benötigt. Die exakte Funktion der beiden zuletzt genannten Systeme ist für die Darstellung des Warenflusses jedoch ohne Bedeutung. Es soll lediglich gezeigt werden, dass es neben dem SDK/PS und dem WFM weitere rolloutrelevante Systeme gibt.

¹⁰¹ Vgl. Heiserich/Helbig/Ullmann (2011), S. 338 f.

¹⁰² AuReS ist der Eigenname des eingesetzten Workforce Management Systems der Firma Reisewitz.

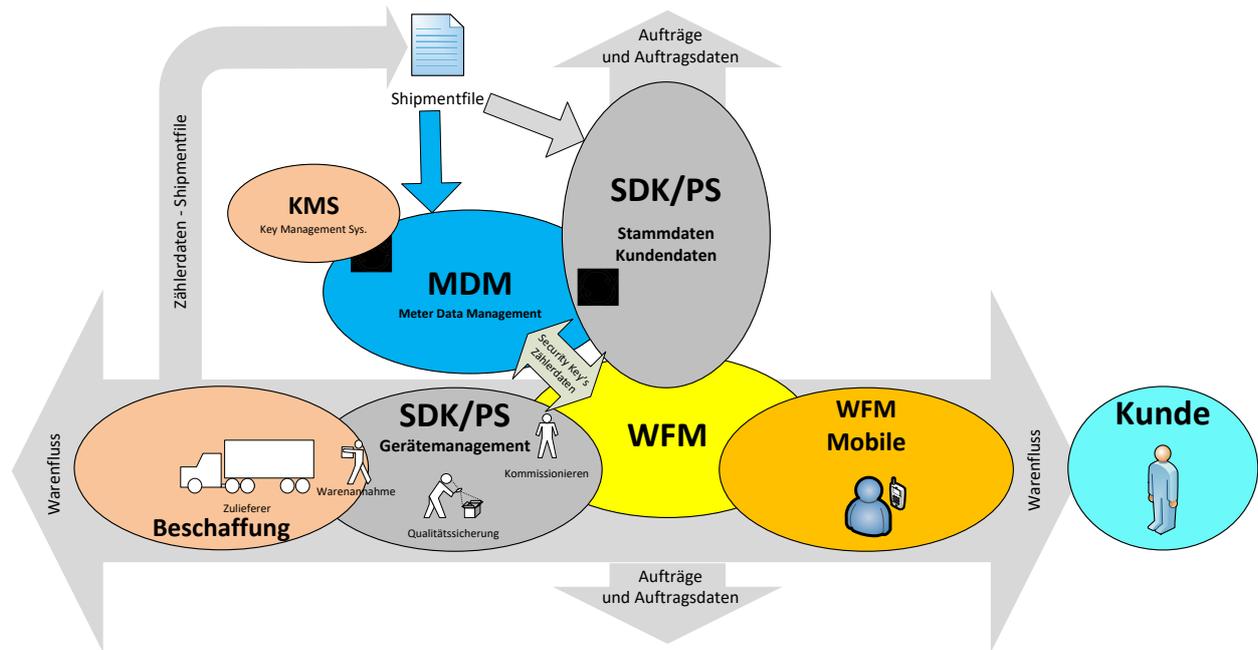


Abbildung 46: Darstellung der Rollout-Systeme und deren Schnittstellen in der Energie Graz, Quelle: Eigene Darstellung.

In diesem Kapitel werden die betrachteten Szenarien hinsichtlich der Auswirkungen auf die beteiligten Systeme untersucht. Von besonderer Bedeutung sind hierbei die bereits beschriebenen Abläufe in den Servicestellen und die örtliche Trennung zwischen dem Zentrallager und der/den Servicestelle/n.

Die folgenden Untersuchungen sollen die Vor- und Nachteile anhand der unterschiedlichen Szenarien aufzeigen und der Bewertung der Logistikkonzepte aus Sicht der IT-Systeme ermöglichen.

7.1 Informationsfluss beim Zählerhandling

Grundsätzlich lässt sich der gesamte Informationsfluss anhand eines Beispiels darstellen. Für die allgemeine Betrachtung des Informationsflusses wird angenommen, dass der Zähler aus einem Zentrallager mit integrierter Servicestelle entnommen wird. Bei der Servicestelle handelt es sich um eine Servicestelle bei der kryptographisches Material für die Montage ausgegeben wird.

Die Abbildung 47 stellt den Datenfluss und alle notwendigen Lagerbewegungen von der Anlieferung der Zähler bis hin zum erfolgreichen Einbau der Geräte in der Kundenanlage dar und zeigt dabei die Interaktionen zwischen den Systemen auf.

Zur Sicherstellung der Nachverfolgbarkeit werden die Smart Meter bei jeder Änderung des Lager- bzw. Aufenthaltsortes umgebucht. Für eine lückenlose Bestimmung des Aufenthalts werden die Geräte bei

- der Anlieferung im Zentrallager,
- bei der Auslieferung in eine Servicestelle,
- bei der Ausgabe der Geräte an den Monteur,
- beim Einbau in die Kundenanlage und
- bei der Rückgabe der Zähler in der Servicestelle erfasst.

Bei der Anlieferung der Zähler in eine Servicestelle werden diese vom Zentrallager in die Servicestelle gebucht. Beim Sonderfall der integrierten Servicestelle entfällt diese Lagerbewegung, da das Zentrallager gleichzeitig die Servicestelle darstellt.

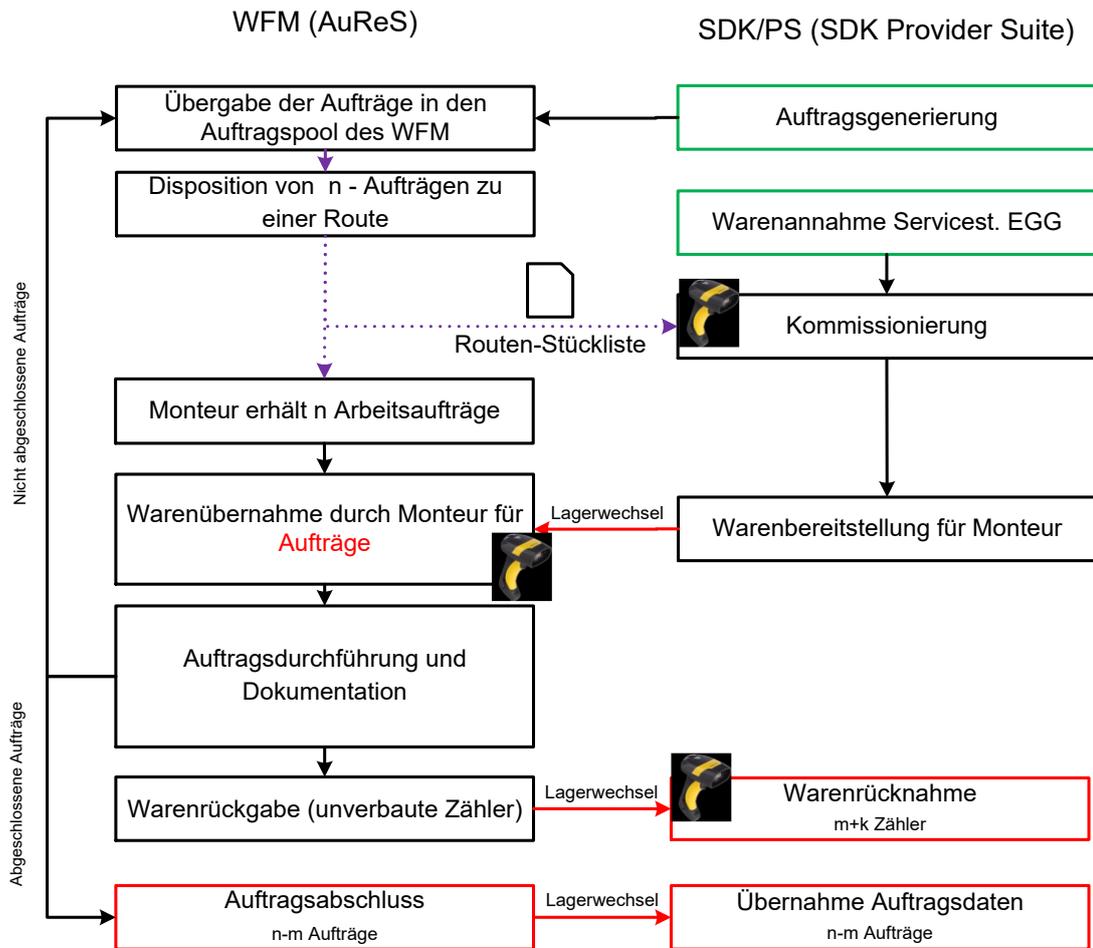
Die Auftragsgenerierung erfolgt in der SDK/PS und die erzeugten Aufträge werden an AuReS für die Disposition übergeben. Dabei werden Kundendaten und Gerätedaten übermittelt, anhand derer die notwendigen Komponenten, die für die Durchführung eines Auftrages benötigt werden, ermittelt. Aus der disponierten Route wird eine zur Route gehörige Stückliste erzeugt. Mit dieser Liste werden die notwendigen Komponenten in der Servicestelle kommissioniert und für den Monteur bereitgestellt.

Bei der Abholung der Zähler durch den Monteur in der Servicestelle, werden die bereitgestellten Geräte in der SDK/PS in das Fahrerlager gebucht. Damit wird angezeigt, dass sich die Geräte in einem Fahrzeug befinden. Außerdem werden die Geräte im WFM in ein, dem Monteur zugeordnetes, individuelles Fahrerlager gebucht. Damit kann über das WFM nachvollzogen werden, welcher Monteur im Besitz welchen Gerätes ist. Bei dieser Lagerverschiebung werden auch die kryptographischen Schlüssel für die Zählermontage übergeben.

Nach erfolgreicher Montage wird die Gerätenummer eines Zählers aus dem Fahrerlager des Monteurs einem Auftrag und somit einem Zählpunkt zugeordnet. Mit dem Auftragsabschluss werden die Geräte aus dem Fahrerlager des WFM entfernt und in der SDK/PS aus dem virtuellen Fahrerlager auf den Zählpunkt, also die Kundenanlage, gebucht. Zähler die nicht verbauten werden, werden in der Servicestelle zurückgenommen und vom Fahrerlager in einen anderen Lagerbereich, abhängig vom Zählerstatus, retour gebucht. Hierbei werden die Geräte ebenfalls aus dem WFM Fahrerlager entfernt.

Wie aus dem beschriebenen Ablauf ersichtlich ist, kann auf diese Art und Weise eine lückenlose Nachverfolgbarkeit der Geräte gewährleistet und der Aufenthaltsort bestimmt werden.

Bei der Verschiebung der Zähler zwischen den Lagern werden die Geräte anhand des angebrachten Strichcodes und einem Scanner erfasst.



Legende:

Anzahl der Aufträge (jeder ZP ist ein Auftrag) : n
 Anzahl der Reservezähler: k
 Anzahl der nicht durchgeführten Aufträge: m

Abbildung 47: Datenfluss bei der Durchführung des Rollouts in der Servicestelle mit kryptographischem Material, Quelle: Eigene Darstellung

Zur Realisierung des erläuterten Ablaufs ist es notwendig, in der Servicestelle die Infrastruktur zur sicheren Übermittlung der Schlüssel bereitzustellen. Des Weiteren benötigt der Lagermitarbeiter das WFM System AuReS für die Kommissionierung und Warenvorbereitung und die SDK/PS zur Durchführung von Lagerbuchungen.

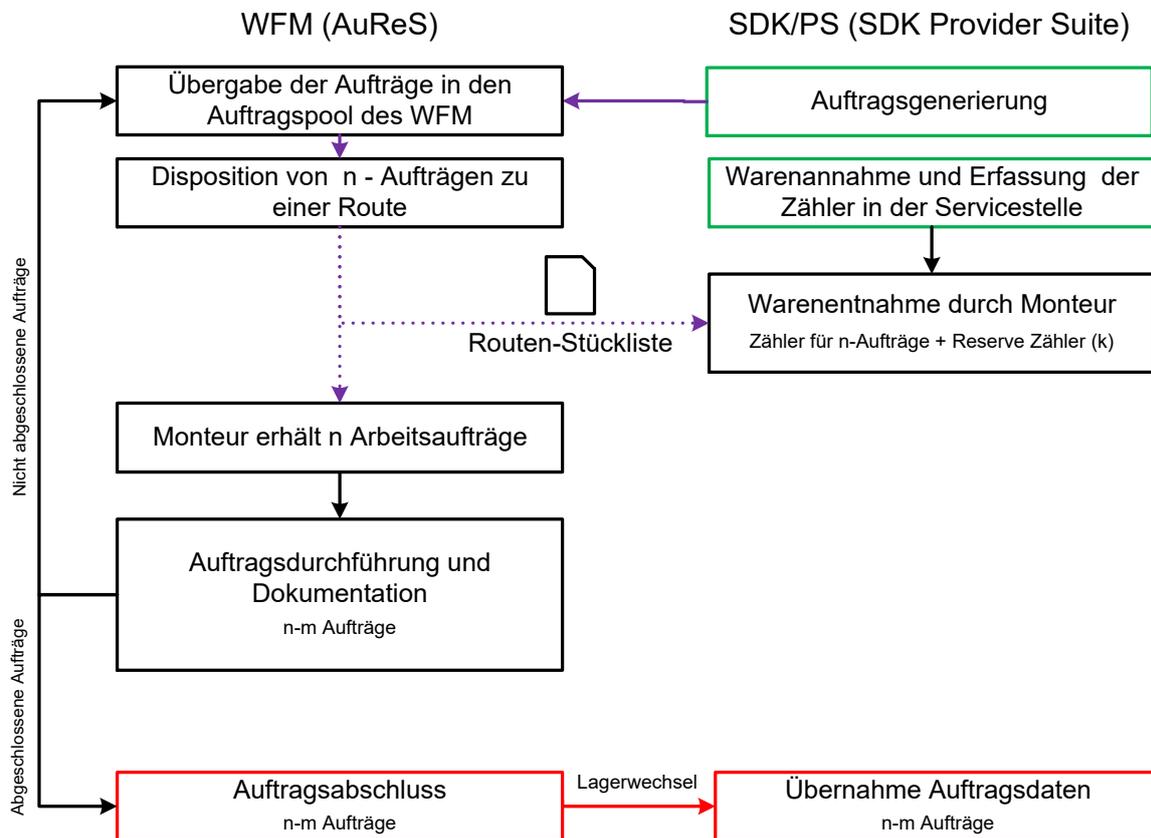
Die Servicestelle des Montagedienstleisters (Servicestelle 2) stellt einen Sonderfall dar. Der Ablauf und der Nachverfolgungsaufwand sind zugunsten einer schnelleren Warenentnahme aus der Servicestelle vereinfacht. Der Zeitaufwand hierfür wurde bereits bei der Feststellung der Personalressourcen in der Servicestelle untersucht.

Betrachtet man den Ablauf und den Informationsfluss in der Servicestelle 2 ist aus Abbildung 48 zu erkennen, dass in diesem Fall keine erfassten Lagerbewegungen bei der Übergabe an den Monteur erfolgen, somit ist jedoch auch die Übergabe von Schlüsselmaterial ausgeschlossen. Lagerwechsel beschränken sich hier auf

- die Anlieferung im Zentrallager,

- die Auslieferung in eine Servicestelle und auf
- den Einbau in die Kundenanlage.

In diesem Fall werden die Zähler nach der Anlieferung in die Servicestelle gebucht. Dort verbleiben diese bis ein Gerät nach erfolgreicher Montage einem Zählpunkt zugewiesen wird. Mit diesem Ereignis erfolgt die Verschiebung aus dem Entnahmelager zur Kundenanlage. Die Lagerverschiebung wird in der SDK/PS durchgeführt.



Legende:

Anzahl der Aufträge (jeder ZP ist ein Auftrag) : **n**
 Anzahl der Reservezähler: **k**
 Anzahl der nicht durchgeführten Aufträge: **m**

Abbildung 48: „Quelle: Datenfluss zur Abbildung bei der Durchführung des Rollouts in der Servicestelle ohne kryptographischen Material, Quelle: Eigene Darstellung

Betrachtet man die Nachverfolgbarkeit der Zähler in diesem Szenario fällt auf, dass sich die Zähler von der Anlieferung in der Servicestelle bis zum Zeitpunkt der Montage in der Servicestelle befinden. Somit kann der genaue Aufenthaltsort des Gerätes, ab dem Zeitpunkt der Zählerentnahme aus der Servicestelle nicht bestimmt werden. Daraus folgt, dass die Geräte formal die Servicestelle nie verlassen und somit auch nicht zurückgegeben werden müssen. Defekte Geräte werden im zuerst beschriebenen Servicestellentyp zurückgegeben. Eine lückenlose Nachverfolgbarkeit in diesem Servicestellentyp ist daher nicht gegeben.

Insgesamt ist der Aufwand wegen der Dokumentation des Aufenthalts der Zähler in der Servicestelle mit kryptographischen Material sehr viel größer. In der Servicestelle ohne kryptographische Schlüssel geht der

Aufwand gegen null, da kein Buchungsaufwand bei der Ausgabe entsteht und eine Rückgabe der Geräte nicht notwendig ist.

In beiden beschriebenen Fällen stellt eine erfolgreiche Installation eines Smart Meter in einer Kundenanlage den Auftragsabschluss dar. Dies bedeutet, dass im WFM als operatives Tool für die Auftragsabarbeitung der Auftrag abgeschlossen wird und die notwendigen Informationen an das auftragsgenerierende System, die SDK/PS, zurückgegeben werden.

7.2 Vergleich der drei Szenarien

Bei der Betrachtung der Aufgaben die während des Rollouts für die Montage des Smart Meter notwendig sind, gelangt man zu dem Schluss, dass der Einsatz einer Servicestelle in dem Schlüsselmaterial für die Zähler ausgegeben wird, immer erforderlich ist. In vielen Fällen ist eine Parametrierung beim Kunden notwendig. Aus diesem Grund muss eine Schlüsselausgabe an den Monteur in jedem Szenario möglich sein.

Aus der Analyse der Tätigkeiten der unterschiedlichen Konzepte geht hervor, dass es sich im Szenario 1 und im Szenario 2 jeweils um eine Servicestelle handelt, bei der kryptographisches Material ausgegeben wird. Dadurch folgt, dass die Nachverfolgbarkeit der Geräte zu 100 % gewährleistet ist. Wobei hingegen im Szenario 3 beide Servicestellentypen zum Einsatz kommen.

Durch die Aufteilung des Warenflusses auf zwei Servicestellen, bei denen es sich jeweils um unterschiedliche Typen handelt, ist klar, dass der Anteil der nachverfolgbaren Geräte jener ist, der in der Servicestelle der Energie Graz ausgegeben wird.

Über die Servicestelle des Montagedienstleisters werden entsprechend der Warenflussanalyse 90 % der Zähler ausgegeben. Die Ausgabe der restlichen 10 % erfolgt über die Servicestelle der Energie Graz. In der Servicestelle der Energie Graz erfolgt bei der Ausgabe der Zähler an den Monteur eine entsprechende Erfassung der Geräte, wodurch der exakte Aufenthaltsort der Geräte bekannt ist. Nur für jene 10 % der Geräte die in Szenario 3 aus der Servicestelle der EGG ausgegeben werden ist daher eine lückenlose Nachverfolgung gegeben.

Für die Ausgabe der Zähler und deren Rücknahme sind im Szenario 1 und Szenario 2 jeweils die Systeme AuReS und SDK/PS bereitzustellen. Bedingt durch den vereinfachten Ausgabe- und Rücknahmeprozess im Szenario 3 wird in der Servicestelle des Montagedienstleisters nur das WFM System AuReS benötigt.

In allen drei Szenarien werden die gelieferten Smart Meter elektronisch erfasst. Nach der Anlieferung wird das Shipment-File durch einen EGG Mitarbeiter in die Systeme eingespielt, wodurch die Smart Meter mit ihrer Gerätenummer erstmalig elektronisch in den IT-Systemen erfasst werden.

Im Szenario 2 und Szenario 3 erfolgt die Verschiebung der Geräte vom Zentrallager in die jeweiligen Servicestellen auch durch den EGG Innendienst anhand eines Transportdokuments. Dieses wird im Zentrallager erstellt enthält und eine Auflistung der Geräte die den Lagerort wechseln.

Im Szenario 1 befindet sich die Servicestelle am selben Standort wie das Zentrallager. Aus diesem Grund kann auf Umbuchungen in die Servicestelle verzichtet werden. Daher ist die Bereitstellung von EGG internen IT-Systemen zum Betrieb des Zentrallagers während des Rollout nicht notwendig.

7.3 Auswirkungen auf die betroffenen Systeme

Wie aus Abbildung 46 ersichtlich ist, werden zur Abbildung des Waren- und Auftragsflusses die Systeme AuReS und SDK/PS eingesetzt. Die SDK/PS erfüllt derzeit die Anforderungen hinsichtlich der Logistikprozesse die im laufenden Betrieb gefordert werden. Aufgrund der verhältnismäßig geringen Anzahl von rd. 5000 Arbeitsaufträgen pro Jahr sind Automatismen, welche die Abarbeitung von Massen-aufträgen unterstützen, nur unzureichend implementiert.

Aus den beschriebenen Prozessen lassen sich die wesentlichen Anforderungen und Funktionen die für eine effiziente Abwicklung der Aufträge notwendig sind, ableiten:

- Auftragsgenerierung für den Rollout
- Einspielen und Anlegen der Geräte mittels Shipment-File
- Einbindung eines Scanners zur Erfassung der Gerätenummer
- Massenbuchungen durchführen
- Schnittstelle zum WFM für den Datenaustausch zwischen den Systemen

Die genannten Funktionen sind nicht im System implementiert und müssen rechtzeitig bis zum Start des Rollouts implementiert werden.

Die Energie Graz betreibt bereits ein WFM System, welches jedoch nicht für den Rollout von Smart Metern geeignet ist. Das bestehende WFM System verfügt über Funktionseinschränkungen bei der automatischen Disposition von Arbeitsaufträgen. Dadurch ist die Abarbeitung von 60 000 Arbeitsaufträgen und mehr pro Jahr nicht möglich. Eine weitere wesentliche Schwäche des bestehenden Systems ist die fehlende Anbindung eines sogenannten Opto-Kopfes. Dieser wird jedoch für das Auslesen von Zählerständen aus den Messgeräten und deren Parametrierung benötigt. Im Zuge einer umfassenden Evaluierung des bestehenden Systems durch ein externes Beratungsunternehmen wurde entschieden, eine neue Softwarelösung für den Rollout anzuschaffen.

Für den Rollout müssen bei der Einführung des WFM verschiedene Funktionen implementiert werden. Diese erforderlichen Funktionen gehen aus den bereits beschriebenen Abläufen und Prozessen hervor. Wesentlich sind die folgenden Funktionen:

- Schnittstelle zum übergeordneten System, der SDK/PS
- Schlüsselhandling, Schlüsselaustausch
- Opto-Kopf Anbindung
- Implementierung des Rollout-Prozesses in das WFM
 - Auftragsabschluss
 - Auftrageskalation bei nicht Erfüllung eines Auftrages
- Abbildung eines Fahrerlagers zur Sicherstellung der Nachverfolgbarkeit
- Übernahme der Geräte in das Fahrerlager und deren Rückgabe
- Bereitstellen der Kommissionierlisten für den Lagerarbeiter oder den Monteur

Die dargelegten Funktionen beziehen sich auf eine Servicestelle in der Schlüsselmaterial an den Monteur ausgegeben wird. Wie bereits festgestellt wurde ist diese Funktionalität für den Rollout essentiell. Eine

Reduzierung der Anforderungen gilt jedoch für die Servicestelle bei der auf die Ausgabe der Schlüssel verzichtet wird. Hier reduzieren sich die funktionellen Anforderungen auf:

- Schnittstelle zum übergeordneten System
- Implementierung des Rollout-Prozesses in das WFM
 - Auftragsabschluss
 - Auftrageskalation bei nicht Erfüllung eines Auftrages
- Bereitstellen der Kommissionierlisten für den Lagerarbeiter oder den Monteur

Jene Anforderungen spiegeln die Anforderungen an einen konventionellen Zählertausch, also einen Tausch eines Ferraris-Zählers gegen einen anderen, wider. Die Abarbeitung der rd. 179 000 Geräteausgaben und Gerätemontagen die in Szenario 3 über die Servicestelle des Montagedienstleisters abgewickelt werden, wäre somit funktionell auch mit dem bestehenden WFM möglich.

8 BEWERTUNG DER LOGISTIKKONZEPTE

In diesem Kapitel werden die beschriebenen Konzepte einer Bewertung unterzogen. Diese Bewertung erfolgt anhand einer Nutzwertanalyse.

Die Nutzwertanalyse ist eine Methode zur Entscheidungsfindung bei der mehrere mögliche Lösungen für ein Problem evaluiert werden. Dabei gilt es das Problem mit Faktoren oder Merkmalen zu charakterisieren. Die Nutzwertanalyse stellt ein qualitatives Werkzeug zur Beurteilung von Problemen dar.¹⁰³

Bestandteil einer Nutzwertanalyse sind die folgenden Prozessschritte:¹⁰⁴

- Definition der Problemstellung,
- Bestimmung der Alternativen A_j ,
- Bestimmung der Bewertungskriterien K_i ,
- Ermittlung der Kriteriengewichte G_i ,
- Bewertung der Lösungsalternativen bezogen auf den Erfüllungsgrad P_{ij} des Kriterium,
- Ermittlung der Teilnutzwerte durch Multiplikation von Kriteriengewichten und Kriterienausprägungen und
- Ermittlung des Gesamtnutzens durch Addition der Teilnutzwerte.

Der Gesamtnutzen N_j einer Alternative A_j ergibt sich aus der Summe der mit dem Gewicht G_i multiplizierten Erfüllungsgrad eines Kriteriums einer Alternative P_{ij} .

$$N_j = \sum_{i=1}^n G_i P_{ij} \quad (8.1)$$

Beim Nutzwert handelt es sich um einen dimensionslosen Ordnungsindex der die Eignungen einer alternativen Problemlösung im Vergleich zu einer anderen Alternative bewertet. Es ist weiters möglich aus den Bewertungskriterien Gruppen zu bilden um einen Teilnutzen darzustellen.¹⁰⁵

8.1 Bewertungskriterien und Methodik

Die Bewertung der drei Szenarien erfolgt aufgrund der in den vorangegangenen Kapiteln festgelegten Prämissen und erarbeiteter Anforderungen. Daraus abgeleitet wird die Gliederung in die Kriteriengruppen

- der Ressourcen,
- der Prozesse sowie
- der Strategie.

¹⁰³ Vgl. Schönsleben (2007), S. 129.

¹⁰⁴ Vgl. Heesen (2009), S. 111.

¹⁰⁵ Vgl. Arnold/Furmans (2009), S. 276.

Bewertet werden insgesamt neun Kriterien die den Hauptgruppen, wie in der nachfolgenden Tabelle dargestellt ist, zugeordnet sind.

Ressourcen	Prozesse	Strategie
<ul style="list-style-type: none"> • Stellplätze im Zentrallager • Lagerfläche in den Servicestellen • Infrastruktur in den Servicestellen • Transportkapazität während des Rollouts • Gesamter Personalbedarf zur Realisierung des Konzepts • Personalbedarf der EGG / SGG zur Realisierung des Konzept 	<ul style="list-style-type: none"> • Nachverfolgbarkeit der Zähler im Rollout • Unabhängigkeit von der Systemeinführung im Rollout 	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung des Konzepts nach dem Rollout

Tabelle 10: Kriterien für die Bewertung der Logistikkonzepte, Quelle: Eigene Darstellung.

Die Gruppe der Ressourcen enthält Kriterien die sich aus einer quantitativen Betrachtung des erforderlichen Ressourcenbedarfs für die Umsetzung eines Konzeptes ergeben. Diese Gruppe stellt jene Kriterien dar, die vor und während des Rollouts Kosten verursachen. Die Kriterien aus der Kategorie Prozesse spiegeln den Aspekt der Qualität und des Risikos wieder und die Kategorie Strategie bezieht sich auf den langfristigen Nutzen eines Konzeptes.

Die Erfüllungsgrade werden für deren Darstellung durch Multiplikation mit dem Maximalwert des Erfüllungsgrades skaliert. Der maximal erreichbare Erfüllungsgrad beträgt 10, das Minimum 0 Punkte.

8.1.1 Stellplatzbedarf im Zentrallager

Dieses Kriterium bewertet den notwendigen Stellplatzbedarf im Zentrallager. Der Platzbedarf bzw. die Kosten für den Betrieb des Rollouts hängen direkt mit der Anzahl der Abstellplätze zusammen. Die Grundlage für die Bewertung dieses Kriteriums bilden die im Kapitel 6.8 angestellten Überlegungen und Ergebnisse.

Bei der Bewertung der Szenarien wird der notwendige Stellplatzbedarf (Anzahl der Stellplätze) der Szenarien vergleichend bewertet. Einen Erfüllungsgrad von 100 % erreicht jenes Szenario welches für die Realisierung den geringsten Ressourcenbedarf benötigt. Der Stellplatzbedarf dieses Szenarios entspricht dem Erwartungswert. Eine Überschreitung des Erwartungswertes reduziert den Erfüllungsgrad um den Prozentsatz der Überschreitung.

8.1.2 Stellplatzbedarf in den Servicestellen

Die Hauptaufgabe der Servicestelle ist die Ausgabe und Rücknahme von Smart Metern sowie die Entsorgung von ausgebauten Ferraris-Zählern und Rundsteuerempfängern. Hierfür sind abhängig von er Menge an Waren die durch die Servicestelle fließen und den Prozessen innerhalb der Servicestelle entsprechende Stellplatz-Ressourcen notwendig. Grundlage für die Bewertung liefern die durchgeführten Ressourcenbetrachtungen in den Servicestellen. Bei der Betrachtung der Lagerfläche werden nur Stellplätze für die Lagerung von Zählern und Zusatzmaterial betrachtet.

Bei der Bewertung der Szenarien wird der notwendige Stellplatzbedarf (Anzahl der Stellplätze) der Szenarien vergleichend bewertet. Einen Erfüllungsgrad von 100 % erreicht jenes Szenario, welches für die Realisierung den geringsten Ressourcenbedarf benötigt. Der Stellplatzbedarf dieses Szenarios entspricht dem Erwartungswert. Eine Überschreitung des Erwartungswertes reduziert den Erfüllungsgrad um den Prozentsatz der Überschreitung. Ab einer Überschreitung des Stellplatzbedarfs um das doppelte des Erwartungswertes ist der Erfüllungsgrad 0 %. Der Erwartungswert entspricht dem geringsten Stellplatzbedarf in der Servicestelle der drei betrachteten Szenarien.

8.1.3 Infrastruktur in den Servicestellen

Dieses Kriterium bewertet die zusätzlich, neben dem Lagerbereich, benötigten Ressourcen. Grundlage für die Bewertung bildet die Ressourcenaufstellung für die Servicestellen. Die betrachteten Ressourcen sind die notwendigen Container für die Entsorgung, die Anzahl der Plätze für die Abholung der Waren durch den Monteur sowie die Materialentnahmeplätze aus denen die Geräte den Lagermitarbeiter entnommen werden.

Bei der Bewertungen wird jede Ressource für sich bewertet. Dabei wird der Erfüllungsgrad für jede Ressource in jedem Szenario bestimmt. Der Erwartungswert ist der geringste Wert einer Ressource in den betrachteten Szenarien.

Eine Überschreitung des Erwartungswertes reduziert den Erfüllungsgrad um den Prozentsatz der Überschreitung. Ab einer Überschreitung des Stellplatzbedarfs um das Doppelte des Erwartungswertes ist der Erfüllungsgrad 0 %. Der jeweilige Erwartungswert für die betrachteten Ressourcen entspricht dem geringsten Wert pro Ressource.

Aus den errechneten Erfüllungsgraden für Container, den Entnahmenplätze und den Übergabepätze, wir der arithmetische Mittelwert für jedes Szenario berechnet.

8.1.4 Transportkapazität

Dieses Kriterium bewertet die Anzahl der Transporte die bei der Umsetzung der Konzepte notwendig sind. Die Grundlage für die Bewertung liefert die durchgeführte Analyse der notwendigen Transportkapazitäten in Kapitel 6.9. Bei der Bewertung der Szenarien wird jenes Szenario am besten bewertet, welches die geringste Transportkapazität aufweist. Jenes Szenario mit der höchsten Kapazität wird mit null bewertet. Der Erfüllungsgrad für Werte die zwischen dem Minimum- und dem Maximalwert wird linear ermittelt.

8.1.5 Gesamter Personalbedarf zur Realisierung des Konzepts

Dieses Kriterium bewertet den gesamten, für den Rollout benötigten, Personalbedarf aus dem Bereich der Logistik. Die Grundlage für die Bewertung bildet das Ergebnis aus dem Kapitel 6.11. Dem Ergebnis liegen die Erkenntnisse aus den Warenflussbetrachtungen sowie der durchgeführten Prozessanalyse zu Grunde. Da die Personalressourcen eine wesentliche Komponente hinsichtlich möglicher Kosten sind und dadurch ein Minimum an Personalressourcen bei der Umsetzung des Rollouts angestrebt wird, ist dieses Kriterium von besonderer Bedeutung. Als Erwartungswert bei der Beurteilung werden die Personalressourcen des Szenarios mit dem geringsten MAJ (Mannjahre) Bedarf angenommen.

Eine Überschreitung des Erwartungswertes reduziert den Erfüllungsgrad um den Prozentsatz der Überschreitung. Ab einer Überschreitung des Stellplatzbedarfs um das Doppelte des Erwartungswertes ist der Erfüllungsgrad 0 %.

8.1.6 Personalbedarf der EGG / SGG zur Realisierung des Konzeptes

Die Abwicklung des Rollout soll mit den bestehenden Mitarbeiterressourcen bei Stromnetz Graz und der Energie Graz als Dienstleister der SGG umgesetzt werden. Die Grundlage für die Bewertung stellen der durchgeführte Vergleich der Prozesse sowie die Bewertung der Prozesse anhand der analysierten Warenflüsse dar, aus denen die Personalressourcen für jedes Szenario bestimmt wurden.

Der hier bewertete Aufwand beinhaltet Tätigkeiten die von der EGG oder SGG durchgeführt werden müssen, da ein Outsourcing an externe Partner nicht möglich ist.

Als Erwartungswert, der maximal bewertet wird, gilt ein Personalaufwand von 0,5 MAJ (Mannjahre) über den gesamten Rollout. Bei einer Überschreitung des Erwartungswertes von 0,1 MAJ wird der Erfüllungsgrad jeweils um 10 % reduziert, bis dieser null erreicht.

8.1.7 Nachverfolgbarkeit der Zähler im Rollout

Aus Sicherheitsgründen ist es notwendig die Nachverfolgbarkeit der Geräte sicherzustellen. Hierfür notwendig sind entsprechende Prozesse. Die Grundlage für die Bewertung bildet das Kapitel 7.2 in dem die Szenarien hinsichtlich der Möglichkeit zur Sicherstellung der Nachverfolgbarkeit verglichen werden. Bedingt durch die Brisanz im Umgang mit den Zählern und deren Verlust ist der Erwartungswert an die Nachverfolgbarkeit 100 %. Die Bewertung betrachtet den Anteil der Zähler im Falle einer Umsetzung des Konzepts die tatsächlich vollständig nachverfolgt werden können.

8.1.8 Unabhängigkeit von der Systemeinführung im Rollout

Dieses Kriterium berücksichtigt Risiken die in Verbindung mit der Anpassung und Einführung von IT-Systemen stehen bzw. die Abhängigkeit von neuer und derzeit nicht verfügbarer Funktionalität. Vorrangiges Ziel ist es, den Einbau der Smart Meter zu ermöglichen. Aus diesem Grund gilt für den Erwartungswert, dass 100 % der Zähler unabhängig vom Fortschritt der Systemanpassungen montiert werden können. Grundlage für die Bewertung stellen die untersuchten Warenflüsse aus dem Kapitel 6.3 dar.

8.1.9 Verwendung des Konzepts nach dem Rollout

Aufgrund der erhöhten Stückzahlen bei der Zählermontage muss für den Rollout die notwendige Infrastruktur geschaffen werden. Die möglichen Ausprägungen sind in den drei betrachteten Szenarien beschrieben. Ziel ist es, sofern dies möglich ist, die geschaffene Infrastruktur langfristig zu nutzen.

Bewertet wird der prozentuelle Anteil der wiederverwendbaren Standorte. Der Erwartungswert ist 100 %, da im Idealfall die gesamte geschaffene Infrastruktur nach dem Rollout für den laufenden Betrieb verwendet werden kann.

Dieses Kriterium beurteilt den langfristigen Nutzen und den Nachhaltigkeitseffekt des Szenarios.

8.2 Gewichtung der Kriterien

Die Gewichtung der Kriterien erfolgt anhand der Bedeutung der Kriterien aus Sicht des Unternehmens. Bei der Bewertung der Kriterien wird die Kriteriengruppe der Ressourcen mit einem Anteil von 70 % am stärksten gewichtet. Die Ressourcen sind für das Unternehmen besonders relevant und können direkt mit Kosten in Verbindung gebracht werden. Die prozessualen Kriterien sind insgesamt mit 20 % gewichtet. Die langfristige strategische Eignung der Konzepte geht mit einem Gewicht von 10 % in die Gesamtbewertung ein (Abbildung 49).

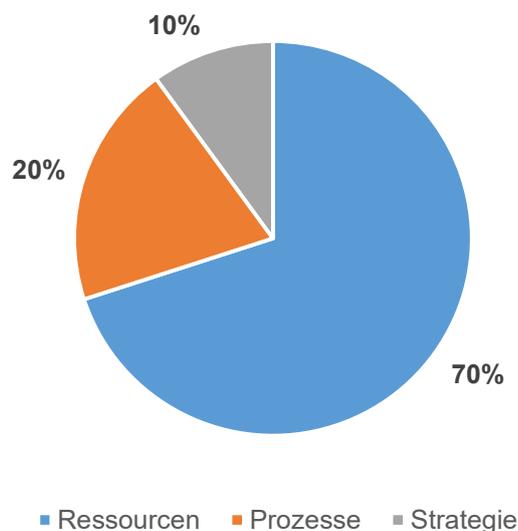


Abbildung 49: Gewichtung der Kriterien bei der Bewertung der Szenarien, Quelle: Eigene Darstellung.

Innerhalb der Kriteriengruppen erfolgt eine weitere Gewichtung der einzelnen Kriterien K_j innerhalb der Gruppe I . Diese sind anhand ihrer Bedeutung in der Gruppe gewichtet. In der Gruppe der Ressourcen handelt es sich bei den Personalressourcen und beim Stellplatzbedarf im Zentrallager um die am stärksten gewichteten Kriterien. In der Kriteriengruppe der Prozesse werden die einzelnen Kriterien gleich gewichtet. Die Gewichtungsmatrix in Tabelle 11 zeigt das Gesamtgewicht der Gruppe G_I sowie die Kriteriengewichte G_k innerhalb der Kriteriengruppe.

Aufgabe: Logistikkonzept für die Zählerlogistik während des Smart Meter Rollout in Graz					
<i>I</i>	<i>i</i>	Bewertungskriterium K_i	$G_i / \%$	$G_k / \%$	$G_i = G_i * G_k / \%$
I		Ressourcen	70%		
	1	Stellplätze im Zentrallager		15%	10,5%
	2	Stellplätze in den Servicestellen		10%	7,0%
	3	Infrastruktur in den Servicestellen		10%	7,0%
	4	Transportkapazität		10%	7,0%
	5	Gesamter Personalbedarf zur Realisierung des Konzepts		30%	21,0%
	6	Personalbedarf der EGG / SGG zur Realisierung des Konzept		25%	17,5%
II		Prozesse	20%		
	7	Nachverfolgbarkeit der Zähler im Rollout		50%	10,0%
	8	Unabhängigkeit von der System Einführung im Rollout		50%	10,0%
III		Strategie	10%		
	9	Verwendung des Konzepts nach dem Rollout		100%	10,0%

Tabelle 11: Gewichtungsmatrix, Quelle: Eigene Darstellung.

Die Bestimmung des Gesamtgewichts G_i eines Kriteriums erfolgt durch Multiplikation von G_i und G_k . Daraus ergibt sich die in Abbildung 50 dargestellte Gewichtsverteilung der einzelnen Kriterien. Es ist ersichtlich, dass der Personalbedarf der EGG / SGG und der Gesamtpersonalbedarf insgesamt ca. ein Drittel der Gesamtbewertung betragen.

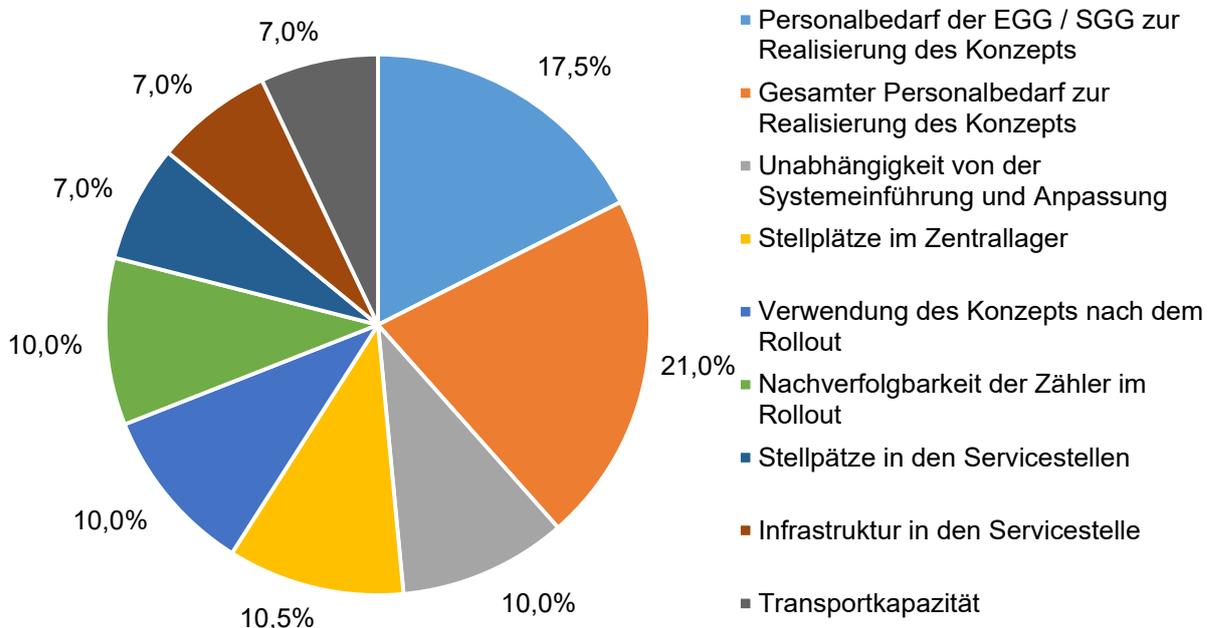


Abbildung 50: Kriteriengewichte, Quelle: Eigene Darstellung.

8.3 Ergebnis der Nutzwertanalyse

Bei der Bewertung der Ergebnisse werden zwei Betrachtungsweisen durchgeführt. Zum einen werden die Erfüllungsgrade der unterschiedlichen Szenarien dargestellt, die Aufschluss über deren Stärken und Schwächen bzw. deren Vorteile und Nachteile zeigen. Darüber hinaus ist das Gesamtergebnis von Bedeutung, welches letztendlich von den Erfüllungsgraden sowie der Gewichtung der einzelnen Kriterien abhängt.

8.3.1 Vergleich der Erfüllungsgrade

Bei der Betrachtung der Erfüllungsgrade der einzelnen Kriterien zeigt sich, dass sich das Szenario 3 von den Szenarien 1 und 2 bei der Erfüllung einzelner Kriterien stark unterscheidet. Der Vergleich des Szenarios 1 mit dem Szenario 2 zeigt im Wesentlichen, dass der Verlauf der Erfüllungsgrade tendenziell gleich ist, jedoch das Szenario 2 nirgendwo einen höheren Erfüllungsgrad als das Szenario 1 aufweist. Ein wesentlicher Vorteil des Szenario 1 gegenüber den beiden anderen ist, dass sich sowohl das Zentrallager als auch die Servicestelle am selben Standort befinden und dadurch keine Transportkapazitäten und zusätzliche Lagerkapazitäten in der Servicestelle benötigt werden.

Vergleicht man nun das Szenario 1 mit dem Szenario 3 zeigen sich die Stärken und Schwächen der beiden Konzepte. Das Szenario 1 stellt insgesamt geringere Anforderungen an den materiellen Ressourcenbedarf (Stellplätze, Ausstattung der Servicestellen) sowie die notwendige Transportkapazität. Ein wesentlicher Vorteil des Szenario 1 gegenüber dem Szenario 3 ist die Möglichkeit zur lückenlosen Nachverfolgbarkeit der Smart Meter. Dies führt zu höheren Personalressourcen in den Servicestellen.

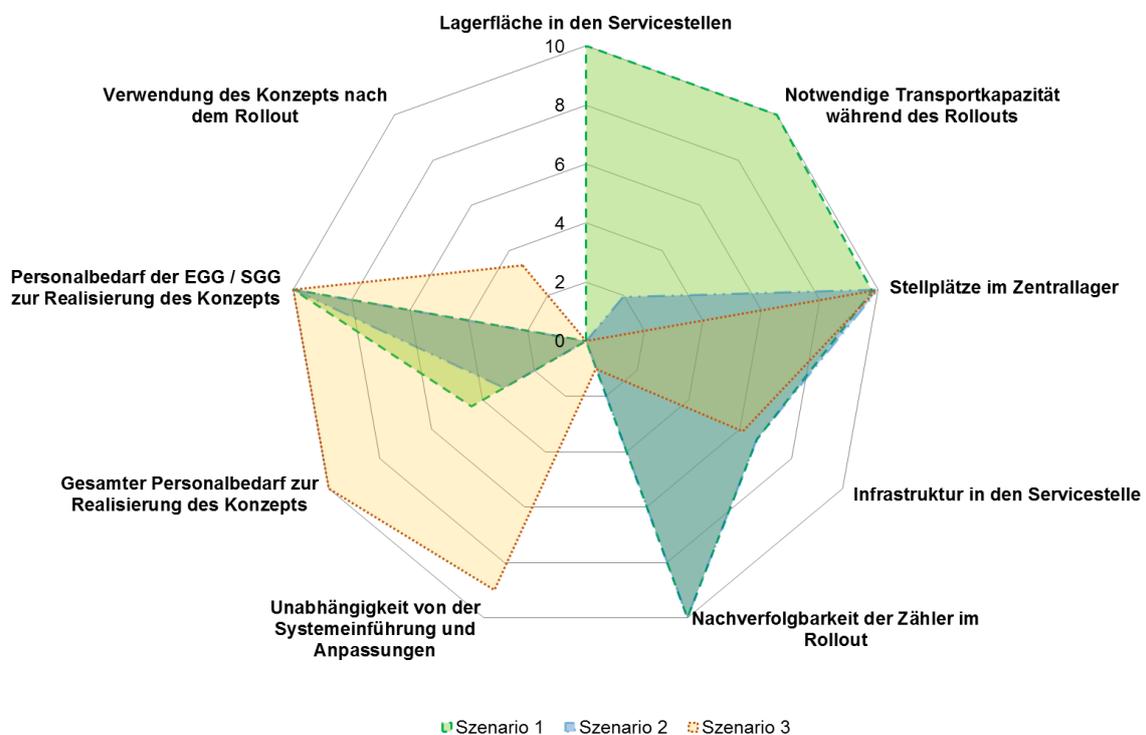


Abbildung 51: Vergleich der Erfüllungsgrade der betrachteten Szenarien, Quelle: Eigene Darstellung.

Die Stärken des Szenarios 3 ergeben sich dagegen im Wesentlichen aus den vereinfachten Prozessen. Dies führt zu einem insgesamt niedrigeren Personalaufwand der sich in einem hohen Erfüllungsgrad niederschlägt. Darüber hinaus ist die Abhängigkeit von Systemanpassungen und der Einführung des WFM AuReS geringer, weil ein Start des Rollout grundsätzlich auch mit dem bestehenden System möglich wäre. Da bereits im Rollout ein eigenes Lager von der EGG bereitgestellt wird, ist die Weiterführung dieser Einrichtung über den Rollout hinaus möglich. Dies begründet den strategischen Nutzen dieses Szenarios.

8.3.2 Ergebnis der Nutzwertanalyse

Durch das Zusammenführen der Erfüllungsgrade mit der zuvor festgelegten Gewichtung der Kriterien erhält man den bewerteten Nutzen eines Kriteriums sowie den Gesamt-Nutzwert eines Szenarios als Summe der Nutzwerte der einzelnen Kriterien des jeweiligen Szenarios.

Das Ergebnis, das der Tabelle 12 entnommen werden kann, zeigt, dass unter Berücksichtigung der festgelegten Bestimmung der Erfüllungsgrade sowie der definierten Gewichtung der Kriterien das Szenario 3 mit 6,65 Punkten die höchste Punktezahl erhält. Das zweitbeste Ergebnis erhält Szenario 1 mit 6,56 Punkten gefolgt von Szenario 2 mit 5,08 Punkten am letzten Platz.

Aufgabe: Logistikkonzept für die Zählerlogistik während des Smart Meter Rollout in Graz				Ergebnis		
I	i	Bewertungskriterium K_i	max. Punkte	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
I		Ressourcen				
	1	Stellplätze im Zentrallager	1,05	1,03	1,05	1,04
	2	Stellplätze in den Servicestellen	0,70	0,70	0,00	0,00
	3	Infrastruktur in den Servicestellen	0,70	0,47	0,47	0,43
	4	Transportkapazität	0,70	0,70	0,14	0,00
	5	Gesamter Personalbedarf zur Realisierung des Konzepts	2,10	0,91	0,67	2,10
	6	Personalbedarf der EGG / SGG zur Realisierung des Konzept	1,75	1,75	1,75	1,75
II		Prozesse				
	7	Nachverfolgbarkeit der Zähler im Rollout	1,00	1,00	1,00	0,10
	8	Unabhängigkeit von der Systemeinführung im Rollout	1,00	0,00	0,00	0,90
III		Strategie				
	9	Verwendung des Konzepts nach dem Rollout	1,0	0,00	0,00	0,33
Summe				6,56	5,08	6,65

Tabelle 12: Detailliertes Ergebnis der Nutzwertanalyse, Quelle: Eigene Darstellung.

Wie bereits zuvor bei der Betrachtung der Erfüllungsgrade vorhersehbar war, kann Szenario 2 in keinem Fall eine bessere Bewertung erhalten als Szenario 1, da das Szenario 2 kein Kriterium besser erfüllt als Szenario 1.

Aus den Erfüllungsgraden ist bereits ersichtlich, dass die Szenarien 1 und 3 unterschiedliche Schwerpunkte besitzen. Dies spiegelt sich auch in der gewichteten Bewertung der beiden Szenarien wieder.

Betrachtet man die Ergebnisse der Kriteriengruppen Ressourcen, Prozesse und Strategie (Tabelle 13) ist zu erkennen, dass aus Sicht der Ressourcen das Szenario 1 zu favorisieren wäre. Den insgesamt größten Nutzen bringt hier das Szenario 1 gefolgt von Szenario 3 und Szenario 2. Bei einer genaueren Betrachtung der einzelnen Kriterien innerhalb dieser Gruppe ist ersichtlich, dass das Szenario 1 im Gegensatz zu

Szenario 3 bei allen Kriterien punktet. Der letztendlich knappe Vorsprung des Szenario 1 auf Szenario 3 ist mit dem geringen Personalressourcenbedarf des Szenarios 3 begründet. Wesentlicher Einflussfaktor beim Endergebnis, welches das Szenario 3 als jenes mit dem höchsten Nutzwert darstellt, ist daher die Gewichtung der Personalressourcen.

In der Kriteriengruppe Prozesse ergeben sich keine Unterschiede bei den Nutzwerten, obwohl die Prozesse sehr unterschiedlich sind. Insgesamt profitieren die Szenarien 1 und 2 von der vollständigen Nachverfolgbarkeit der Zähler während des Rollouts. Szenario 3 hingegen kann die wünschenswerte Nachverfolgbarkeit von 100 % nicht erbringen, jedoch ist hier das Risiko geringer, den Rollout aufgrund von Problemen bei der Einführung bzw. Anpassung von IT-Systemen zu gefährden. Daher ergibt sich eine Gleichbewertung der betrachteten Szenarien in der Kriteriengruppe Prozesse.

Einzig das Szenario 3 weist in der Kriteriengruppe Strategie einen Nutzen auf. Dieser liegt in der Weiterführung der Servicestelle der Energie Graz nach dem Rollout begründet.

Aufgabe: Logistikkonzept für die Zählerlogistik während des Smart Meter			Ergebnis		
I	i	Bewertungskriterium K_i	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
I		Ressourcen	5,56	4,08	5,32
II		Prozesse	1,00	1,00	1,00
III		Strategie	0,00	0,00	0,33
Summe			6,56	5,08	6,65

Tabelle 13: Teilergebnisse der Nutzwertanalyse der Kriteriengruppen Ressourcen, Prozesse und Strategie, Quelle: Eigene Darstellung.

8.4 Zusammenfassung und Empfehlungen aus der Nutzwertanalyse

Die Bewertung der drei Szenarien anhand einer Nutzwertanalyse führt zum Ergebnis, dass Szenario 3 für die Umsetzung im Smart Meter Rollout in Graz insgesamt am geeignetsten ist. Dieses Szenario stellt aus Sicht der Personalressourcen die optimale Lösung dar. Die im Vergleich zu den Szenarien 1 und 2 geringen Personalressourcen des Szenario 3 sowie deren hohe Gewichtung der Kriterien, sowohl des Gesamtpersonalbedarfs als auch des Personalbedarfs der EGG/SGG, sind maßgeblich für das Gesamtergebnis. Die geringen Personalressourcen im Szenario 3 resultieren aus den vereinfachten Prozessen in der Servicestelle des Montagedienstleisters. Hier werden rund 90 % aller Zähler, die während des Rollouts in den Kundenanlagen verbaut werden, ausgegeben. Diese vereinfachten Prozesse führen jedoch dazu, dass lediglich rund 10 % aller Zähler, also jene Zähler die aus der Servicestelle der EGG ausgegeben werden, lückenlos nachverfolgt werden. Durch den Verzicht auf die lückenlose Nachverfolgbarkeit der Geräte, die von der Servicestelle des Montagedienstleisters bereit gestellt werden, können rund 90 % der Messgeräte ohne große Anpassungen bzw. Neueinführungen bei den IT-Systemen in Kundenanlagen eingebaut werden. Dadurch wird die Gefahr von negativen Auswirkungen auf den Rollout-Start wegen Verzögerungen bei der Bereitstellung der EDV-Systeme, stark reduziert wird. Szenario 3 erlaubt die weitere Nutzung von Teilen der Rollout-Infrastruktur. Die Servicestelle der EGG, aus der nur das Betriebseigenepersonal bedient wird, entspricht bereits während des Rollouts in Größe und Ausstattung den Anforderungen an die spätere Betriebsführung. Im Szenario 1 und im Szenario 2 können keine Infrastrukturen sinnvoll genutzt werden, da diese für die Notwendigkeiten des laufenden Betriebs überdimensioniert sind. Es ist jedoch kritisch anzumerken, dass Szenario 3 aufgrund der Dezentralisierung

der Logistikstandorte, die insgesamt über die höchsten Ressourcenanforderungen bei der Ausstattung, den Platzbedarf und der Transportkapazitäten verfügt. Durch die gewählte Gewichtung der Kriterien geht das Szenario 3 mit 6,65 Punkten knapp gefolgt von Szenario 1 mit 6,56 Punkten, als Szenario mit dem größten Nutzen hervor.

Die gezeigten Vorteile überwiegen mit ihrem Nutzen den Nachteilen des Szenarios 3 unter Berücksichtigung der gewählten Kriterien und deren Gewichtung. Aus diesem Grund ist die Umsetzung das in Szenario 3 beschriebene Logistikkonzept für den Smart Meter Rollout in Graz zu empfehlen.

9 ERGEBNISSE

Der bevorstehende Smart Meter Rollout im Netzgebiet der Stromnetz Graz GmbH & Co KG stellt logistischen Anforderungen an das Unternehmen, die mit der bestehenden Infrastruktur nicht zu bewerkstelligen sind. Im Zuge der Smart Meter Einführung werden im Netzgebiet der Stromnetz Graz GmbH & Co KG rund 200 000 Zähler ausgerollt. Besonderes betrifft dies die Kapazität der Lager, die logistischen Prozesse sowie die dafür erforderlichen IT-Systeme. Ziel dieser Arbeit war es, aufgrund der komplexen Zusammenhänge und den umfangreichen Rahmenbedingungen ein geeignetes Logistikkonzept für die Umsetzung des Rollouts zu entwickeln.

In der vorliegenden Arbeit wurden auf Grundlage der bestehenden gesetzlichen Forderung die Ferraris-Zähler durch Smart Meter zu ersetzen drei Logistikkonzepte für die Durchführung des Rollouts definiert. Jedes der Szenarios beinhaltet ein großes Materiallager und zumindest eine Servicestelle, welche in weiterer Folge anhand ihres Ressourcenbedarfs, ihrer Prozesse und der strategischen Bedeutung über den Rollout hinaus, anhand einer Nutzwertanalyse beurteilt wurden. Darüber hinaus erfolgte ein Vergleich möglicher Beschaffungsszenarien.

Die Grundlage für die Analyse des Ressourcenbedarfs der verschiedenen Konzepte bildet das Mengengerüst, welches sich aus den vorhandenen Stammdaten ergibt und aus denen sich ebenfalls die detaillierte Rollout-Planung ableitet.

Bei der Bestimmung der Warenströme wurden neben den bekannten Zählermengen auch zusätzliche Einflussfaktoren berücksichtigt zu denen defekte Geräte bei der Montage und mehrfache Montageversuche zählen, und erhöhend auf den Warenstrom wirken. Die Warenströme wurden für alle Konzepte abgebildet. Die Analyse der Lagerkapazitäten für das Zentrallager hat gezeigt, dass jedes der betrachteten Szenarien nahezu dieselben Lagerkapazitäten benötigen und somit kein wesentliches Unterscheidungsmerkmal für eines der Konzepte darstellt. Weiters wurde der notwendige Transportaufwand in den betrachteten Szenarien analysiert, und führte zum Ergebnis, dass die notwendige Transportkapazität mit der Anzahl der Standort steigt. Der Bedarf an Personalressourcen, hängt stark mit den logistischen Prozessen im Umgang mit den Messgeräten und der Größe der jeweiligen Warenströme zusammen. Durch die Analyse der Prozesse und die Bestimmung der für die Umsetzung notwendigen Personalressourcen konnte gezeigt werden, dass zur Sicherstellung einer 100 prozentigen Nachverfolgbarkeit der Geräte der Bedarf an Personalressourcen insgesamt am größten und die Anforderungen an die IT-Systeme am höchsten sind. Der Größte Teil der notwendigen Personalressourcen entfällt dabei auf Aufgaben, welche in den Servicestellen im Zusammenhang mit der Zählerausgabe und Zählerrücknahme zu erbringen sind.

Beim Vergleich der betrachteten Szenarien stellte sich heraus, dass sich das Szenario 1 und das Szenario 3 bei der Erfüllung der Bewertungskriterien deutlich voneinander unterscheiden. Das Szenario 2 hingegen unterscheidet sich nur geringfügig vom Szenario 1 durch den zusätzlichen Standort der Servicestelle. Aufgrund der Ähnlichkeit des Szenario 1 zum Szenario 2 konnte sich das Szenario 2 nicht vom Szenario 1 hervorheben, insbesondere da für die Versorgung der externen Servicestelle zusätzliche Transportkapazitäten erforderlich sind.

Aus der durchgeführten Nutzwertanalyse geht hervor, dass Szenario 3 wegen dem vereinfachten Zählerhandlings bei dem auf die Ausgabe von kryptographischen Material an den Monteur verzichtet wird

und dadurch mit dem geringsten Personalbedarf, die höchste Punktezahl bei der Bewertung erhält. Gleichzeitig handelt es sich hierbei um das Szenario mit dem höchsten Dezentalisierungsgrad und dem größten Bedarf an Transportkapazitäten. Bei der Festlegung der Gewichtung für die Bewertungskriterien standen strategische Überlegungen hinsichtlich minimaler Personalressourcen und geringes Risiko im Vordergrund. Insgesamt wird das Endergebnis wesentlich durch die Gewichtung der Personalressourcen beeinflusst. Die Nutzwertanalyse ergab, dass das Szenario 3 aufgrund des geringen Bedarfs an Personalressourcen und der langfristigen Nutzbarkeit von Teilen der Rollout-Infrastruktur, den größten Nutzen mit sich bringt. Aus diesem Grund war die Umsetzung des Szenarios 3 für den Rollout zu empfehlen.

Eine alternative Bewertung der Szenarien, in der die Personalressourcen geringer gewichtet werden führt zu dem Ergebnis, dass das Szenario 1 insgesamt die höchste Punktezahl bei der Bewertung erhalten würde. Das Verändern der Gewichtung der Kriteriengruppen alleine hat auf das Ergebnis keinen Einfluss.

Im Zuge dieser Masterarbeit wurden die notwendigen Ressourcen für die Umsetzung der Szenarien bestimmt und bewertet. Eine umfassende Betrachtung von betriebswirtschaftlichen Aspekten und deren Einfluss, war nicht Ziel dieser Masterarbeit. Die in dieser Arbeit erhobenen Ressourcen stellen auch eine Grundlage für eine solche umfassende betriebswirtschaftliche Analyse dar. Der innerbetriebliche Hauptnutzen der vorliegenden Arbeit liegt in der Verwendung der Ergebnisse, welche auf einer fundierten Datenbasis und der verwendeten Bewertungsmethode resultieren. Somit wurde eine auf Effizienzmaximierung zielende Rolloutplanung, unter Einbeziehung finanzieller Restriktionen, wesentlich unterstützt. Empfehlungen der Arbeit wurden angenommen und umgesetzt.

Der erste großflächige Smart Meter Rollout in der Unternehmensgeschichte der SGG startet bereits im Sommer 2017. Aus diesem Grund werden derzeit die Rahmenbedingungen für den Rollout geschaffen. Wesentlicher Bestandteil dabei sind der Aufbau der Rolloutlogistik und die Implementierung der notwendigen Prozesse, die auch Anpassungen und die Einführung der IT-Systeme beinhaltet. Für den Rollout wird die das empfohlene Szenario 3 umgesetzt, welches sich aufgrund seines Nutzens, der durch die Nutzwertanalyse bestätigt wurde, am besten geeignet ist. Darüber hinaus wird der Beschaffungsprozess entsprechend dem Beschaffungsszenario 2 durchgeführt.

LITERATURVERZEICHNIS

Gedruckte Werke (14)

- Aichele, Christian; Doleski, Oliver (2013): *Einführung in den Smart Meter Rollout*, in: Aichele, Christian; Doleski, Oliver (Hrsg.): *Smart Meter Rollout - Praxisleitfaden zur Ausbringung intelligenter Zähler*, Springer Vieweg, Wiesbaden, S. 3-42
- Arnold, Dieter (1998): *Materialflußlehre*, 2. Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden
- Arnold, Dieter; Furmans, Kai (2009): *Materialfluss in Logistiksystemen*, 6. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg
- Bichler, Klaus; Krohn, Ralf; Riedel, Guido; Schöppach, Frank (2010): *Beschaffungs- und Lagerwirtschaft*, 9. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden
- Dieper, Stephan (2013): *Rollout-Prozesse – Planung, Ausführung, Integration*, in: Aichele, Christian; Doleski, Oliver (Hrsg.): *Smart Meter Rollout - Praxisleitfaden zur Ausbringung intelligenter Zähler*, Springer Vieweg, Wiesbaden, S. 183-208
- Doleski, Oliver D.; Liebzeit, Marc (2013): *Rolloutlogistik: Vom Einkauf bis zum angebundenen Zähler*, in: Aichele, Christian; Doleski, Oliver D. (Hrsg.): *Smart Meter Rollout - Praxisleitfaden zur Ausbringung intelligenter Zähler*, Springer Vieweg, Wiesbaden 2013, S. 209-267
- Doleski, Oliver; Janner, Till (2013): *Projektmanagement bei der Ausbringung intelligenter Zähler*, in: Aichele, Christian; Doleski, Oliver (Hrsg.): *Smart Meter Rollout - Praxisleitfaden zur Ausbringung intelligenter Zähler*, Springer Vieweg, Wiesbaden, S. 104-129
- Domschke, Wolfgang; Drexl, Andreas (2005): *Einführung in Operations Research*, 6. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg
- Fiege, Torsten; Mühlenbruch, Helge; Nyhius, Peter; Wiendahl, Hans-Peter (2006): *Materialbereitstellung in der Montage*, in: Lotter, Bruno; Wiendahl, Hans-Peter (Hrsg.): *Montage in der industriellen Produktion - Ein Handbuch für die Praxis*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, S. 323-353
- Frank, Thomas (2008): *Lagersysteme*, in: Arnold, Dieter; Kuhn, Axel; Furmans, Kai; Isermann, Heinz; Tempelmeier, Horst (Hrsg.): *Handbuch Logistik*, 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, S. 645-660
- Furmans, Kai (2008): *Bedientheoretische Modellierung logistischer Systeme*, in: Arnold, Dieter; Kuhn, Axel; Furmans, Kai; Isermann, Heinz; Tempelmeier, Horst (Hrsg.): *Handbuch Logistik*, 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, S. 57-72
- Heesen, Marcel (2009): *Innovationsportfolio Management - Bewertung von Innovationsprojekten in kleinen und mittelgroßen Unternehmen der Automobilzulieferindustrie*, 1. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden
- Hegemann, Holger (1986): *Kapazitäts- und Prozeßplanung in der klinischen Diagnostik*, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York Tokyo

Heinrich, Martin (2006): *Transport- und Lagerlogistik - Planung, Struktur, und Kosten von Systemen der Intra-logistik*, 6. Auflage, Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden

Heiserich, Otto-Ernst; Helbig, Klaus; Ullmann, Werner (2011): *Logistik - Eine praxisorientierte Einführung*, 4. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden

Inderfurt, Karl (2008): *Lagerbestandsmanagement*, in: Arnold, Dieter; Furmans, Kai; Iserman, Heinz; Kuhn, Axel; Tempelmeier, Horst (Hrsg.): *Handbuch Logistik*, 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, S. 155-166

Jetzke, Siegfried (2007): *Grundlagen der modernen Logistik - Methoden und Lösungen*, Carl Hanser Verlag, München

Pulham, Susan (2008): *Ermittlung des Materialbedarfs*, in: Wannewetsch, Helmut (Hrsg.): *Intensivtraining Produktion, Einkauf, Logistik und Dienstleistung*, 1. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden, S. 8-23

Schneider, Marc; Schmid, Achim (2008): *Lager- und Materialflussprozesse*, in: Arnold, Dieter; Furmans, Kai; Kuhn, Axel; Isermann, Heinz; Tempelmaier, Horst (Hrsg.): *Handbuch Logistik*, 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, S. 371-404

Schönsleben, Paul (2007): *Integrales Logistikmanagement - Operations und Supply Chain Management in umfassenden Wertschöpfungsnetzwerken*, 5., bearbeitete und Erweiterte Auflage Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg

Seeck, Stephan (2010): *Erfolgsfaktor Logistik - Klassische Fehler Erkennen und vermeiden*, 1. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden

Sennheiser, Andreas; Schnetzler, Matthias (2008): *Wertorientiertes Supply - Strategien zur Mehrung und Messung des Unternehmenswertes durch SCM*, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York

ten Hompel, Michael; Schmidt, Torsten; Nagel, Lars (2007): *Materialflusssysteme - Förder- und Lagertechnik*, 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg

Wannewetsch, Helmut (2010): *Integrierte Materialwirtschaft - Beschaffung, Logistik, Materialwirtschaft*, 4. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg

Wissenschaftliche Artikel (1)

Sig Media GmbH & Co. KG (Hrsg.) (2016): *Smart Meter in Europa*, in: Smart Meter Rollout - Branchenleitfaden für Stadtwerke und Netzbetreiber, Oktober/2016, 50,2 Verlag, Köln, S. 38

Online-Quellen (10)

E-Control Austria (2016): *Smart Metering - E-Control*

<https://www.e-control.at/marktteilnehmer/strom/smart-metering> [Stand: 8.Juli.2016]

Österreichs E-Wirtschaft (2016): *Oesterreichs Energie - FAQ zu Smart Meter*

<http://oesterreichsenergie.at/branche/stromnetze/faq-zu-smart-meter.html> [Stand: 8.Juli.2016]

Stromnetz Graz GmbH & Co KG (2016): *Stromnetz Graz: Kennzahlen*

<https://www.stromnetz-graz.at/das-unternehmen/wissenswertes/kennzahlen.html> [Stand: 17.Juli.2016]

Software Development Kopf GmbH (2016): *www.sdk.at*

http://www.sdk.at/downloads/SDK_ProviderSuite.pdf [Stand: 04.August.2016]

Junghenrich PROFISHOP AG & Co. KG (2016): *Die Palette als Ladehilfsmittel für Hubwagen und Stapler*

<http://www.jh-profishop.de/wiki/ladehilfsmittel/> [Stand: 31.10.2016]

Netz Burgenland Strom GmbH (2016): *Netz Burgenland: Rollout Status*

<http://www.netzburgenland.at/kundenservice/smart-metering/smart-metering/rollout-status.html> [Stand: 20.11.2016]

Bundeskanzleramt Österreich (Hrsg.) (2016): *RIS - Gesamte Rechtsvorschrift für Intelligente Messgeräte-Einführungsverordnung - Bundesrecht konsolidiert, Fassung vom 08.07.2016*

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007808> [Stand: 8.Juli.2016]

Bundeskanzleramt Österreich (Hrsg.) (1950): *RIS - Gesamte Rechtsvorschrift für Maß- und Eichgesetz - Bundesrecht konsolidiert, Fassung vom 10.08.2016*

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10011268> [Stand: 10.August.2016]

Bundeskanzleramt Österreich (Hrsg.) (2014): *Risikoanalyse für die Informationssysteme der Elektrizitätswirtschaft unter besonderer Berücksichtigung von Smart-Metern und des Datenschutzes*

<https://www.e-control.at/documents/20903/-/-/3f89d470-7d5e-433c-b307-a6443692d8f7> [Stand: 7.11.2016]

PwC PricewaterhouseCoopers (2010): *Studie zur Analyse der Kosten-Nutzen einer österreichweiten Einführung von Smart Metering*

<https://www.e-control.at/documents/20903/-/-/cf11cc28-2826-4bf8-95e1-59ba8c75dac3> [Stand: 11.Juli.2016]

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Übersicht der geplanten Rollout-Quoten in Europa im Jahr 2020, Quelle: Sig Media GmbH & Co. KG (Hrsg.) (2016), S. 38.....	4
Abbildung 2: Versorgungsgebiet der Stromnetz GmbH & Co KG, Quelle: Stromnetz Graz GmbH & Co KG (2016), Online-Quelle [17.Juli.2016].....	7
Abbildung 3: Verteilung der Zähler im Netzgebiet nach Bezirken, Quelle: Eigene Darstellung.....	7
Abbildung 4: Darstellung unterschiedlicher Zählplätze im Netzgebiet. Zähler montiert in einem modernen Zählerschrank auf Normzählertafeln (links); Zähler in ein Möbel eingebaut (Mitte); aufputz montierte Zähler (rechts), Quelle: Eigene Darstellung.....	8
Abbildung 5: Übersicht der Zählplatzqualitäten im Netzgebiet nach Bezirken, Quelle: Eigene Darstellung.....	9
Abbildung 6: Darstellung der Zugänglichkeit zu den Zählplätzen im Netzgebiet nach Bezirken, Eigene Darstellung.....	10
Abbildung 7: Zeitliche Abfolge der Rollout-Gebiete, Quelle: Eigene Darstellung.....	12
Abbildung 8: Bestandteile eines Bediensystems, Quellen: In Anlehnung an Arnold/Furmans (2009), S. 116.....	19
Abbildung 9: Einkanalmodell, Eigene Darstellung.....	23
Abbildung 10: Seriell Mehrkanalmodell, Eigene Darstellung.....	23
Abbildung 11: Paralleles Mehrkanalmodell, Eigene Darstellung.....	23
Abbildung 12: Zustandsgraph für das M/M/1-Modell mit den Übergangsraten μ und λ , Quelle: Eigene Darstellung.....	24
Abbildung 13: Beispiel für feste Lagerplatzzuordnung, Quelle: Wannenwetsch (2010), S. 317.....	29
Abbildung 14: Bestimmung des Sicherheitsbestandes, Quelle: Heiserich/Helbig/Ullmann (2011), S. 156 (leicht modifiziert).	33
Abbildung 15: Lagerhaltungskosten in Abhängigkeit des Lieferbereitschaftsgrades, Quelle: Wannenwetsch (2010), S. 37.....	34
Abbildung 16: Optimale Bestellmenge, Quelle: Wannenwetsch (2010), S. 58.....	35
Abbildung 17: Bestandsverlauf im einfachsten Lagerhaltungsmodell, Quelle: In Anlehnung an Arnold/Furmans (2009), S174.....	36
Abbildung 18: Beschaffungsszenario 1, Quelle: Eigene Darstellung.....	41
Abbildung 19: Beschaffungsszenario 2, Quelle: Eigene Darstellung.....	42
Abbildung 20: Abmessungen einer Europalette, Quelle: Jungheinrich PROFISHOP AG & Co. KG (2016), Online-Quelle [31.10.2016].....	48
Abbildung 21: Prinzipdarstellung eines Regallagers, Quelle: in Anlehnung an Frank (2008), S. 649.....	49

Abbildung 22: Rollout-Kurve und jährliche Rolloutmengen, Quelle: Eigene Darstellung.....	50
Abbildung 23: Darstellung der Bereiche in der Servicestelle, Quelle: Eigene Darstellung.	52
Abbildung 24: Lagerbereich und Warenflüsse beim Zentrallager mit integrierter Servicestelle, Quelle: Eigene Darstellung	53
Abbildung 25: Lagerbereich und Warenflüsse beim Zentrallager mit externer Servicestelle, Quelle: Eigene Darstellung.	54
Abbildung 26: Lagerbereich und Warenflüsse beim Zentrallager mit zwei externen Servicestellen, Quelle: Eigene Darstellung	55
Abbildung 27: Ein- und ausgehende Warenströme, Quelle: Eigene Darstellung.	56
Abbildung 28: Darstellung der Warenflüsse bei zentralem Lager mit integrierter Servicestelle, Quelle: Eigene Darstellung.	59
Abbildung 29: Darstellung des Warenfluss mit einem Zentrallager und einer externen Servicestelle, Quelle: Eigene Darstellung	59
Abbildung 30: Darstellung des Warenfluss mit einem Zentrallager und zwei Servicestellen, Quelle: Eigene Darstellung.	60
Abbildung 31: Beispielhafter Bestandsverlauf während des Rollouts unter Berücksichtigung von Lieferantenwechsel , Quelle: Eigene Darstellung.	61
Abbildung 32: Gesamtabrufmengen bei den Lieferanten, Quelle: Eigene Darstellung.	62
Abbildung 33: Symbolsicher Bestandsverlauf im Zentrallager (oben) unter Berücksichtigung von Zu- und Abgängen (unten), Quelle: Eigene Darstellung.....	64
Abbildung 34: Stellplatzkapazität und Stellplatzbedarf der Variante Zentrallager mit integrierter Servicestelle, Quelle: Eigene Darstellung.	66
Abbildung 35: Stellplatzkapazität und Stellplatzbedarf bei der Variante Zentrallager mit einer externen Servicestelle, Quelle: Eigene Darstellung.	66
Abbildung 36: : Stellplatzkapazität und Stellplatzbedarf bei der Variante Zentrallager mit zwei externen Servicestelle, Quelle: Eigene Darstellung.	67
Abbildung 37: Vergleich der Bestandsverläufe bei den unterschiedlichen Varianten, Quelle: Eigene Darstellung.	68
Abbildung 38: Materialzugänge und Bestandsverlauf im Lager nach einem Rollout-Stopp, Quelle: Eigene Darstellung.	69
Abbildung 39: Maximale Lagerkapazität beim Eintritt eines Rollout-Stopps, Quelle: Eigene Darstellung.	70
Abbildung 40: Vergleich des Transportbedarfs an Paletten während des Rollouts für unterschiedliche Logistikkonzepte, Quelle: Eigene Darstellung.....	71
Abbildung 41: Anzahl der Transporte vom Zentrallager in die Servicestellen, Quelle: Eigene Darstellung.	72

Abbildung 42: Stellplatzbedarf für die Smart Meter in der externen Servicestelle, Quelle: Eigene Darstellung.	74
Abbildung 43: Stellplatzbedarf im Szenario 3 mit zwei externen Servicestellen, Quelle: Eigene Darstellung.	76
Abbildung 44: Prozessschritte im Bereich der Logistik beim Smart Meter Rollout für die betrachteten Szenarien, Quelle: Eigene Darstellung.	80
Abbildung 45: Vergleich der notwendigen Personalressourcen für die Logistik während des gesamten Rollouts, Quelle: Eigene Darstellung.....	81
Abbildung 46: Darstellung der Rollout-Systeme und deren Schnittstellen in der Energie Graz, Quelle: Eigene Darstellung.	83
Abbildung 47: Datenfluss bei der Durchführung des Rollouts in der Servicestelle mit kryptographischem Material, Quelle: Eigene Darstellung.....	85
Abbildung 48: ,Quelle: Datenfluss zur Abbildung bei der Durchführung des Rollouts in der Servicestelle ohne kryptographischen Material, Quelle: Eigene Darstellung	86
Abbildung 49: Gewichtung der Kriterien bei der Bewertung der Szenarien, Quelle: Eigene Darstellung..	94
Abbildung 50: Kriteriengewichte, Quelle: Eigene Darstellung.....	95
Abbildung 51: Vergleich der Erfüllungsgrade der betrachteten Szenarien, Quelle: Eigene Darstellung. ...	96

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Beschreibung der unterschiedlichen Zählplatzqualitäten im Netzgebiet, Quelle: Eigene Darstellung.	9
Tabelle 2 : Wichtige Kenngrößen des M/M/1 Modell, Quelle: Eigene Darstellung.	24
Tabelle 3: Richtwerte für Arbeitsgangbreiten: Quelle: Heinrich (2006), S. 326.	30
Tabelle 4:Flächennutzungsgrad ausgesuchter Lagerarten, Quelle: Wannenwetsch (2010), S. 326 (leicht modifiziert).	31
Tabelle 5: Vor- und Nachteile von Beständen, Quelle: Jetzke (2007), S. 239.	31
Tabelle 6: Vergleich der Beschaffungsvariante 1 mit Variante 2, Quelle: Eigene Darstellung.	45
Tabelle 7: Lagerausstattung für den Warenausgabe- und Kommissionierbereich bei einer im Zentrallager integrierten Servicestelle, Eigene Darstellung.	73
Tabelle 8: Stellplatzbedarf für die Smart Meter im Szenario 2 mit einer externen Servicestelle, Quelle: Eigene Darstellung.	75
Tabelle 9: Platzbedarf in den Servicestellen des Szenario 2, Quelle: Eigene Darstellung.	76
Tabelle 10: Kriterien für die Bewertung der Logistikkonzepte, Quelle: Eigene Darstellung.	91
Tabelle 11: Gewichtungsmatrix, Quelle: Eigene Darstellung.	95
Tabelle 12: Detailliertes Ergebnis der Nutzwertanalyse, Quelle: Eigene Darstellung.	97
Tabelle 13: Teilergebnisse der Nutzwertanalyse der Kriteriengruppen Ressourcen, Prozesse und Strategie, Quelle: Eigene Darstellung.	98

ANHANG 1: NUZTWERTANALYSE

Aufgabe: Logistikkonzept für die Zählerlogistik während des Smart Meter Rollout in Graz																		
I	i	Bewertungskriterium K_j	G_l	G_k	$G_j = G_l \cdot G_k$	Erwartungswert			Systemalternativen			Erfüllungsgrad			Ergebnis			
						Erwartungswert	Einheit	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3		
I		Ressourcen	0,7															
	1	Stellplätze im Zentrallager	0,15	0,105	232	Stellplätze	237	232	234	9,78	10,00	9,91	1,03	1,05	1,04			
	2	Lagerfläche in den Servicestellen	0,1	0,07	10	Stellplätze	10	28	53	10,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00			
	3	Infrastruktur in den Servicestellen	0,1	0,07	-	-	-	-	-	6,67	6,67	6,11	0,47	0,47	0,43			
	4	Transportkapazität für während des Rollouts	0,1	0,07	0	Transporte	0	123	153	10,00	1,96	0,00	0,70	0,14	0,00			
	5	Gesamter Personalbedarf zur Realisierung des Konzepts	0,3	0,21	3,06	MAJ	4,79	5,14	3,08	4,35	3,20	10,00	0,91	0,67	2,10			
	6	Personalbedarf der EGG / SGG zur Realisierung des Konzept	0,25	0,175	0,5	MAJ	0,06	0,16	0,26	10,00	10,00	10,00	1,75	1,75	1,75			
II		Prozesse	0,2															
	7	Nachverfolgbarkeit der Zähler im Rollout	0,5	0,1	100	%	1	1	0,10	10,00	10,00	1,00	1,00	1,00	0,10			
	8	Unabhängigkeit von der Systemführung im Rollout	0,5	0,1	1	%	0	0	0,9	0,00	0,00	9,00	0,00	0,00	0,90			
III		Strategie	0,1															
	9	Verwendung des Konzepts nach dem Rollout	1	0,1	1	%	0	0	0,33	0,00	0,00	3,33	0,00	0,00	0,33			
													6,56	5,08	6,65			

Berechnung des Erfüllungsgrad für das Kriterium 3													
I	i	Bewertungskriterium K_j	Erwartungswert			Systemalternativen			Erfüllungsgrad				
			Erwartungswert	Einheit	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3			
	3.1	Warenübergabepunkte	3	Stellplätze	26	26	3	0	0	10			
	3.2	Container für Entsorgung	3	Container	3	3	5	10	10	3,3			
	3.3	Entnahmepunkte	8	Stellplätze	8	8	12	10	10	5			
								6,67	6,67	6,11			

ANHANG 2: ERMITTLUNG DER PERSONALRESSOURCEN

Mr. Prozessschrittbezeichnung	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Ressource	t ₀ / min	Einheit	t _{zz1} / MAJ [†]	t _{zz2} / MAJ	t _{zz3} / MAJ
Zentrallager									
1 LKW entladen	x	x	x	Zentrallager	1,3	min/Palette	0,03	0,03	0,03
2 Wareneingangsprüfung durchführen	x	x	x	Zentrallager	17,0	min/Lieferung	0,01	0,01	0,01
3 Information für die Lagerbuchung an den Innendienst senden	x	x	x	Zentrallager	17,0	min/Lieferung	0,01	0,01	0,01
4 Lagerbuchung durchführen	x	x	x	EGG	30,0	min/Lieferung	0,03	0,03	0,03
5 Paletten ins Entnahmelager einlagern	x	x	x	Zentrallager	3,0	min/Palette	0,06	0,06	0,06
6 Bedarfsmeldung aus Servicestelle annehmen	0	x	x	Zentrallager	5,0	min/Anfrage	0,00	0,01	0,01
7 Bedarf für Servicestelle kommissionieren und bereitstellen	0	x	x	Zentrallager	3,0	min/pro Palette	0,00	0,06	0,06
8 Lieferschein schreiben	0	x	x	Zentrallager	30,0	min/Lieferung	0,00	0,04	0,05
9 Lieferschein an EGG übermitteln	0	x	x	Zentrallager	5,0	min/Lieferung	0,00	0,01	0,01
10 Lieferschein bearbeiten und Lagerbuchungen durchführen	0	x	x	EGG	60,0	min/Lieferung	0,00	0,08	0,10
11 LKW für Transport zur Servicestelle beladen	0	x	x	Zentrallager	2,0	min/Palette	0,00	0,04	0,04
12 LKW entladen	0	x	x	Servicestelle 1	1,3	min/Palette	0,00	0,03	0,00
13 Wareneingangsprüfung durchführen	0	x	x	Servicestelle 1	10,0	min/Lieferung	0,00	0,01	0,00
14 Ware in der Servicestelle einlagern	0	x	x	Servicestelle 1	2,0	min/Palette	0,00	0,04	0,00
15 Ware am Kommissionierplatz bereitstellen	x	x	x	Servicestelle 1	1,0	min/Palette	0,02	0,02	0,00
16 Aufträge kommissionieren und bereitstellen	x	x	x	Servicestelle 1	10,0	min/Route	2,40	2,40	2,25
17 Material an Monteure ausgeben	x	x	x	Servicestelle 1	3,0	min/Route	0,72	0,72	0,07
18 Restmaterial zurücknehmen	x	x	x	Servicestelle 1	1,0	min/Route	0,24	0,24	0,02
19 Retouren aus 2. Servicestelle erfassen	0	0	x	Servicestelle 1	1,0	min/Gerät	0,00	0,00	0,06
20 Restmaterial überprüfen	x	x	x	Servicestelle 1	1,0	min/Gerät	0,36	0,36	0,03
21 Restmaterial zurücklagern	x	x	x	Servicestelle 1	0,5	min/Gerät	0,18	0,18	0,04
22 Ferraris-Zähler und Rundsteuergeräte entsorgen	x	x	x	Servicestelle 1	0,2	min/Gerät	0,49	0,49	0,03
23 Bedarfsmeldung für Zentrallager erstellen und übermitteln	0	x	x	Servicestelle 1	20,0	min/Anfrage	0,00	0,03	0,01
24 Verpackungen entsorgen	x	x	x	Servicestelle 1	20,0	min/Tag	0,18	0,18	0,09
25 Warenannahme Zusatzmaterial	x	x	x	Servicestelle 1	10,0	min/Lieferung	0,02	0,02	0,00
26 Organisation des Entsorgung mit Entsorgungsunternehmen	0	0	0	EGG	5,0	min/Abholung	0,03	0,03	0,01
27 LKW entladen	0	0	x	Servicestelle 2	1,3	min/Palette	0,00	0,00	0,03
28 Wareneingangsprüfung durchführen	0	0	x	Servicestelle 2	10,0	min/Lieferung	0,00	0,00	0,01
29 Ware in der Servicestelle einlagern	0	0	x	Servicestelle 2	2,0	min/Palette	0,00	0,00	0,00
30 Material für Aufträge entnehmen	0	0	x	Servicestelle 2	0,5	min/Gerät	0,00	0,00	0,93
31 Defekte Smart Meter zurückgeben	0	0	x	Servicestelle 2	3,0	min/Tag	0,00	0,00	0,01
32 Ferraris-Zähler und Rundsteuergeräte entsorgen	0	0	x	Servicestelle 2	0,2	min/Gerät	0,00	0,00	0,46
33 Verpackungen entsorgen	0	0	x	Servicestelle 2	20,0	min/Tag	0,00	0,00	0,18
34 Bedarfsmeldung für Zentrallager erstellen und übermitteln	0	0	x	Servicestelle 2	20,0	min/Anfrage	0,00	0,00	0,02
35 Lieferschein für Transport erstellen	0	0	x	Servicestelle 2	30,0	min/Transport	0,00	0,00	0,01
36 Lieferschein an EGG übermitteln	0	0	x	Servicestelle 2	5,0	min/Transport	0,00	0,00	0,00
37 Lieferschein bearbeiten und Lagerbuchungen durchführen	0	0	x	EGG	2,0	min/Gerät	0,00	0,00	0,00
38 Periodische Inventur durchführen	0	0	x	Servicestelle 2	480,0	min/Monat	0,00	0,00	0,21
39 Inventurergebnis bearbeiten	0	0	x	EGG	180,0	min/Monat	0,00	0,00	0,08
40 Warenannahme Zusatzmaterial	0	0	x	Servicestelle 2	10,0	min/Woche	0,00	0,00	0,02
41 Organisation des Entsorgung mit Entsorgungsunternehmen	0	0	x	EGG	5,0	min/Lieferung	0,00	0,00	0,03
2. Externe Servicestelle MDL									
Summe							4,79	5,18	3,08

Legende

t_d Durchführungsdauer

t_{zz1} Gesamtzeitaufwand des Szenario 1

t_{zz2} Gesamtzeitaufwand des Szenario 2

t_{zz3} Gesamtzeitaufwand des Szenario 3

[†] MAJ = Mannjahr á 1600 Stunden p. a.

ANHANG 3: MENGENGERÜST DER BESTANDSANLAGEN

Zählertyp	Rollout-Quartal														Summe		
	Feldtest	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		14	Unbekannt
Drehstromzähler PLC ^{*1}	1135	3826	5361	8218	11046	7721	8919	7819	8037	7832	9277	7483	7262	7658	3009	723	105326
Drehstromzähler PLC 100A	13	38	113	174	164	168	214	240	101	124	212	452	160	118	65	66	2422
Wandlerzähler	10	19	57	119	41	77	118	118	59	68	65	184	83	50	28	55	1151
Nicht Relevant		2	2	20	46	30	9	65	16	10	2	9	10	13	13	20	267
Wechselstromzähler PLC	2	3792	5691	6614	4145	6546	5792	6743	6752	6905	5674	4746	5205	4635	2045	274	75661
Drehstromzähler P2P ^{*2}	0	0	0	0	0	0	0	13	154	99	90	243	221	39	416	0	1275
Wechselstromzähler P2P	0	0	0	0	0	0	0	0	43	73	40	61	83	54	105	0	459
Gesamtergebnis	1160	7677	11224	15145	15442	14542	15052	14998	15162	15111	15360	13178	13024	12567	5681	1138	186461

*1 PLC = Power Line Communication

*2 P2P = Point to Point (GPRS/LTE)