

1 Einleitung

Innerhalb der letzten zwanzig Jahre ist der Umsatz der Chemiebranche weltweit um das 3,5-fache gestiegen, während in der EU nur ein Plus von 59 % erzielt werden konnte (vgl. Abbildung 1-1). In der Konsequenz ist der Weltmarktanteil der europäischen Chemieindustrie, in dem genannten Zeitraum, um 18 % gesunken. Hintergrund ist die globale Wettbewerbsintensivierung in der Chemiebranche, als Folge einer geografischen Verschiebung der Nachfrage: Zum einen liegen die Empfänger europäischer Erzeugnisse zumeist innerhalb des europäischen Binnenmarktes, dessen Volkswirtschaften gut entwickelt sind, wodurch die Nachfrage nach chemischen Erzeugnissen entsprechend langsam wächst. Zum anderen profitieren die deutschen bzw. europäischen Produzenten nur geringfügig von der steigenden Nachfrage der Schwellenländer, wie bspw. China und Brasilien, nach erdölnahen Grundchemikalien, wie z. B. Chlor und Wasserstoff. Deren Produktion ist innerhalb der EU aufgrund der langen Transportwege und der damit verbundenen Kosten für die Rohstoffversorgung und anschließende Distribution der Fertigerzeugnisse nicht zu wettbewerbsfähigen Preisen möglich. Durch den daraus resultierenden Wettbewerbsdruck gehen aktuelle Prognosen, wie die von Oxford Economics (2014) und dem VCI (2014) davon aus, dass sich die Produzenten in Hochlohnländer wie Deutschland zunehmend auf die Produktion von ertragreichen Spezialchemikalien fokussieren werden. Zu diesen zählen bspw. Riech- und Aromastoffe sowie Futter- und Lebensmitteladditive. (Wildemann 2009, S. 19-26; Behr et al. 2010, S. 9 & 202; Brodhagen et al. 2012, S. 624-625; Kümmerlen 2015) Im Vergleich zu den Grundchemikalien, bei denen die Verfügbarkeit und der Preis im Fokus stehen, ist bei den Spezialchemikalien der industrielle Kunde der treibende Wettbewerbsfaktor, welcher nach anwendungsspezifischen und innovativen Lösungen verlangt (Au 2011, S. 4).

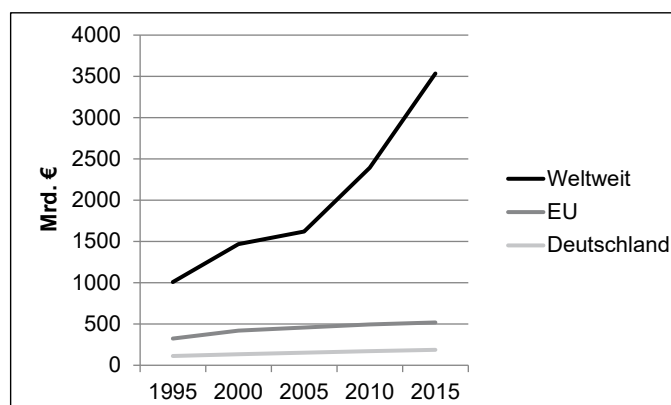


Abbildung 1-1: Umsatzentwicklung der chemischen Industrie¹

Die kontinuierliche Entwicklung von Produktinnovationen bewirkt allerdings eine beschleunigte Veralterung bestehender Produkte und damit kürzere Produktlebenszyklen (Shah 2005, S. 1225; Kleinaltenkamp 2007, S. 87). Dies führt zu einer zunehmenden Dynamik, welche

¹ Quellen: CEFIC - The European Chemical Industry Council 2016; VCI 2016a, S. 32

durch die global verteilten Absatzmärkte, mit ihren individuellen zeitlichen und nachfragespezifischen Entwicklungen, weiter gesteigert wird (Nilay Shah 2005, S. 1225; Buchholz 2010, S. 993). Darüber hinaus resultieren, aus der Produktion kundenspezifischer Erzeugnisse, eine höhere Produktdifferenzierung und kleinere Produktionsvolumina (Loos 1997, S. 33; Buchholz 2010, S. 993)

Bislang nutzt die chemische Industrie, für die Herstellung ihrer Erzeugnisse, zentral angeordnete Einproduktanlagen oder Mehrprodukt- bzw. Mehrzweckanlagen (vgl. Abbildung 1-2, links). Einproduktanlagen sind für ein einzelnes Erzeugnis, wie z. B. ein Polymer, ausgelegt und ermöglichen die Herstellung großer Mengen zu einem vergleichsweise geringen Preis. Allerdings können diese Anlagen, aufgrund ihrer dedizierten Auslegung, nur mit erheblichem Aufwand an veränderte Marktanforderungen angepasst werden. Im Vergleich dazu bieten Mehrprodukt- bzw. Mehrzweckanlagen eine größere Flexibilität. Damit verbunden sind allerdings höhere Ausgaben für Bau und Betrieb, was im Hinblick auf den zunehmenden Kostendruck entsprechend nachteilig zu bewerten ist. (Bramsiepe et al. 2012, S. 32; Lier 2013, S. 2; Mothes 2015, S. 1159-1160)

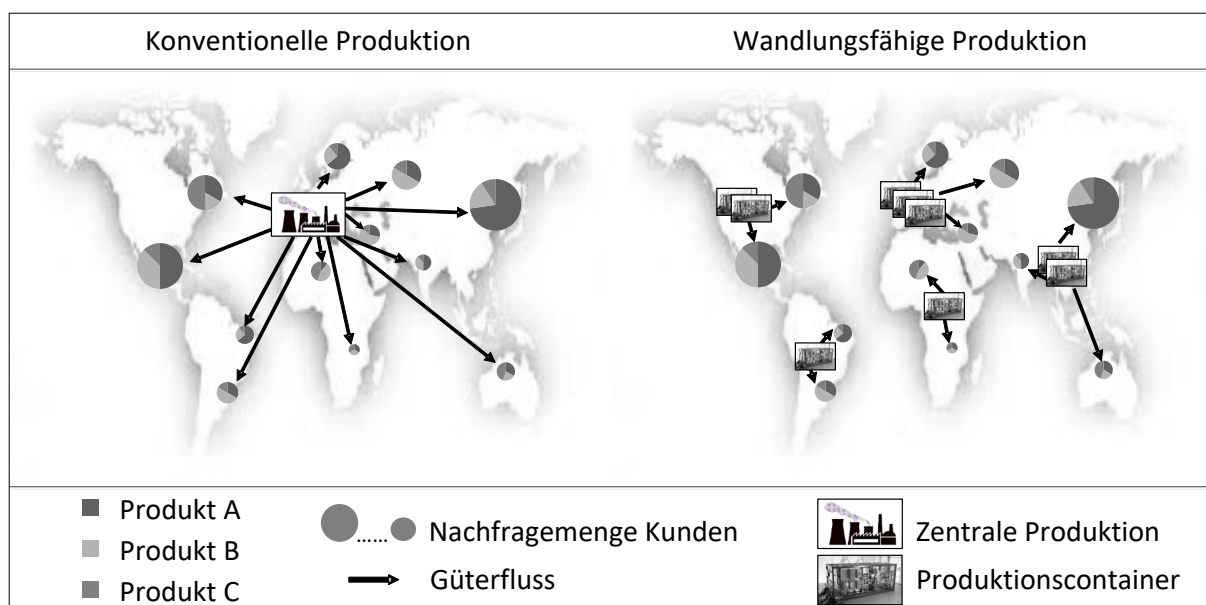


Abbildung 1-2: Vergleich der konventionellen mit der wandlungsfähigen Produktion²

Aus den genannten Gründen werden schnelle und kostengünstige Anpassungen an neue Produktionsanforderungen zu einem entscheidenden Wettbewerbsvorteil (Brodhagen et al. 2012, S. 624). Deshalb wird erforscht wie chemische Produkte flexibel und effizient in kleinen modularen Einheiten, wie z. B. einem 20-Fuß-Container, produziert werden können. Aufgrund deren Mobilität und Skalierbarkeit, kann der Produktionsstandort in Kunden- oder Rohstoffnähe frei gewählt und der Markt dadurch räumlich verfolgt werden (vgl. Abbildung 1-2, rechts). Darüber hinaus bieten sie den Vorteil, die Anzahl der Module und damit die Produktionskapazität, entsprechend der Nachfrage, anpassen zu können. (Lier 2013, S. 2)

² Vgl. Clausen et al. 2014

1.1 Zielsetzung und Forschungsaufgaben

Wie zuvor beschrieben, ermöglichen die mobilen kleinskaligen Anlagen die Herstellung von Chemikalien in Kunden- oder Rohstoffnähe. Durch den damit verbundenen Wandel von zentralen Großanlagen hin zu Netzwerken aus dezentralen Einheiten sind allerdings auch logistische Herausforderungen verbunden, die sich aufgrund der Neuartigkeit der Produktionsform in der Chemiebranche erstmalig ergeben. So erfordert vor allem die Flexibilität bzgl. der Standortwahl ein planvolles und koordiniertes Vorgehen, um, in Abhängigkeit der vorliegenden Marktsituation, die Anlagen positionieren und am jeweiligen Standort wirtschaftlich betreiben zu können. Ein wesentliches Kriterium stellen hierbei die Anforderungen und charakteristischen Eigenschaften der chemischen Industrie dar, welche sich z. T. erheblich von denen der Stückgutindustrie unterscheiden.

Vor diesem Hintergrund sind die folgenden aufeinander aufbauenden Forschungsfragen zu beantworten:

1. Forschungsfrage:

Welche logistischen Kriterien und produktspezifischen Anforderungen bestimmen die Standortwahl und –entwicklung in der chemischen Industrie und sind daher ebenfalls bei der Positionierung mobiler kleinskaliger Anlagen zu berücksichtigen?

Die Produktionsstandorte können aufgrund der Mobilität des neuen Anlagenkonzeptes frei gewählt werden. Allerdings müssen zugleich die standortspezifischen Rahmenbedingungen die logistischen und verfahrenstechnischen Anforderungen erfüllen. Vor diesem Hintergrund ist die Frage, welche Kriterien hierbei zu berücksichtigenden sind, ein wesentlicher Teil dieser Forschungsfrage.

2. Forschungsfrage:

Inwieweit können, im Hinblick auf die spezifischen Anforderungen mobiler kleinskaliger Anlagen, bekannte Methoden der Standortplanung für die Identifikation geeigneter Produktionsstandorte genutzt bzw. adaptiert werden?

Über die, mit Hilfe der ersten Forschungsfrage, identifizierten Kriterien hinaus, sind auch die geografische Lage der Kundenstandorte und deren spezifischen Nachfragemengen bedeutende Kriterien, welche im Rahmen der Standortplanung zu beachten sind. Im Hinblick auf die dadurch zu erwartende Vielzahl und Varianz der Parameter, sind die existierenden Methoden der Standortplanung auf deren Eignung hin zu überprüfen und darauf aufbauend ein Vorgehensmodell zu entwickeln.

3. Forschungsfrage:

Wie erfolgt die Anlieferung und Bereitstellung des zu verarbeiteten Materials, um auf Basis dieser Planungsgrundlage die Lager- und sonstigen Logistikkapazitäten standortspezifisch dimensionieren zu können?

Entgegen der bisherigen Praxis ermöglicht das neue Produktionskonzept eine bedarfsgerechte Produktion. Daraus resultiert die Herausforderung der Identifikation einer geeigneten Bevorratungsstrategie, mit der die Versorgung der Produktion sichergestellt und die zu erwartenden Mengen abgeschätzt werden können.

1.2 Aufbau der Arbeit und methodisches Vorgehen

Aus der in Unterkapitel 1.1 beschriebenen Zielsetzung und den hierfür zu bearbeitenden Forschungsaufgaben, resultiert maßgeblich die Gliederung der vorliegenden Arbeit in vier Hauptkapitel. Die Struktur der Arbeit ist ebenfalls in Abbildung 1-3 grafisch dargestellt.

	1	Einleitung	
Grundlagen	2	Charakteristika der chemischen Industrie	
		Anforderungen und Restriktionen für das Vorgehensmodell	
	3	Stand der Technik und Forschung	
Ablauf und Kriterien der Standortplanung		Methoden der Bevorratung und Disposition	
Methodenentwicklung	4	Vorgehensmodell zur Entwicklung eines Logistikkonzeptes für modulare verfahrenstechnische Anlagen	
		Vorgehen zur Standortplanung	
		Vorgehen zur Identifikation der Bevorratungsstrategie	
	5	Gestaltung eines Logistikkonzeptes für modulare verfahrenstechnische Anlagen	
		Identifikation geeigneter Produktionsstandorte	
		Identifikation der zu wählenden Bevorratungsstrategie	
Basis für die Planung und Dimensionierung der Intralogistik			
	6	Zusammenfassung und Ausblick	

Abbildung 1-3: Aufbau und Struktur der vorliegenden Arbeit

Da bei der Wahl des Produktionsstandortes, die spezifischen Anforderungen und Restriktionen der chemischen Industrie sowie der modularen Produktion zu berücksichtigen sind, werden diese im zweiten Kapitel, zusammen mit den grundlegenden Begriffen, erläutert. Hierbei liegt der Fokus zunächst auf den Eigenschaften chemischer Stoffe, welche einen wesentlichen Einfluss auf die zum Einsatz kommende Technik, die Prozesse und die gesetzlichen Vorgaben haben, bevor näher auf die Produktgruppen eingegangen wird. Im Anschluss erfolgt die Beschreibung der charakteristischen Eigenschaften existierender Produktionsstandorte sowie der Rahmenbedingungen und Möglichkeiten für Dritte diese zu nutzen. Abschließend wird das Grundkonzept einer chemischen Produktion, mögliche Formen der Reaktionsführung sowie die Charakteristika der unterschiedlichen Anlagentypen erläutert, um darauf aufbauend das Konzept der modularen verfahrenstechnischen Anlagen und der daraus resultierenden Änderungen und Anforderungen zu beschreiben.

Für die Lösung der nächsten beiden Forschungsfragen werden, im dritten Kapitel, der aktuelle Stand der Wissenschaft und Forschung dargelegt. Im ersten Teil liegt der Schwerpunkt auf der Standortplanung, der dabei zu berücksichtigenden Kriterien und Einflussfaktoren sowie der bei der Durchführung der Standortplanung zu durchlaufenden Prozessschritte. Da es bei der Standortwahl sowohl qualitative als auch quantitative Standortfaktoren zu berücksichtigen gilt, erfolgt im Anschluss die Vorstellung der hierfür jeweils zur Verfügung stehenden Verfahren und deren jeweiliger Charakteristika. Im Hinblick auf die zu erwartenden Bestände und die hierfür zu dimensionierende Logistik wird, im zweiten Teil des dritten Kapitels, das Management von Beständen und deren Abhängigkeit von der Position der Bevorratungsebene in der Wertschöpfungskette eines Unternehmens erläutert. Darauf aufbauend erfolgt die Beschreibung der zur Verfügung stehenden Bevorratungsmethoden, mit deren jeweiligen Schwerpunkten und Funktionsweisen.

In Kapitel vier erfolgt schließlich die Entwicklung des Vorgehensmodells, dessen Ziel die Positionierung der modularen Anlagen und die Schaffung einer Planungsgrundlage für die anschließende Dimensionierung der Intralogistik ist. Der wirtschaftliche Betrieb der mobilen modularen Anlagen setzt deren anforderungsgerechte Lokalisation voraus. Um im ersten Schritt des Vorgehensmodells die qualitative Eignung der zur Wahl stehenden Standorte überprüfen zu können, erfolgt zunächst die Erfassung der hierbei zu berücksichtigenden Kriterien und die Bestimmung der jeweils zu verwendenden Bewertungsverfahren. Die qualitative Eignung ermöglicht zwar die technische Inbetriebnahme, stellt aber noch nicht die Wirtschaftlichkeit der Standortentscheidung sicher. Daher sieht das Vorgehensmodell ebenfalls eine quantitative Selektion der Standorte vor. U. a. ist hierbei der Flächenbedarf entscheidend, welcher standortabhängig einen wesentlichen Einfluss auf die resultierenden Betriebskosten hat. Dessen Herleitung und Bestimmung ist Bestandteil der Ausführungen. Mit der Identifikation der Standorte stellt sich für die Betreiber der modularen Anlagen die Herausforderung der Dimensionierung der erforderlichen Lagerkapazitäten. Die hierfür geeignete Methode und die dabei zu berücksichtigenden Einflussgrößen sind Teil des Vorgehensmodells und werden abschließend erläutert.

Auf Grundlage des Vorgehensmodells erfolgt, im fünften Kapitel, die Entwicklung eines Logistikkonzeptes für ein Anwendungsbeispiel der Spezialchemie. Im Hinblick auf den betrachteten Anwendungsfall, liegt der Fokus hierbei zunächst auf der Einzelgewichtung der zuvor beschriebenen Standortfaktoren. Darauf aufbauend erfolgt, mit Hilfe der ausgewählten qualitativen und quantitativen Verfahren, die Bewertung und anschließende Auswahl der zu nutzenden Standorte. Auf Grundlage der ebenfalls ermittelten Kundenzuordnung, deren individuellen Nachfrageverhalten und den zum Einsatz kommenden Ausgangserzeugnissen, erfolgt im Anschluss die Identifikation der zu wählenden Bevorratungs- bzw. Dispositionsstrategie. Diese ermöglicht abschließend eine Einschätzung der zu erwartenden Mengen bzw. der benötigten Lagerkapazitäten und schafft damit die Grundlage für die damit verbundenen Investitionsentscheidungen.

Im sechsten Kapitel werden abschließend die Ergebnisse der bearbeiteten Forschungsfragen zusammengefasst und ein Ausblick auf den weiteren Forschungsbedarf gegeben.