

## Kurzfassung

Die europäischen Chemikalienhersteller sehen sich mit verändernden Marktbedingungen konfrontiert, welche vor allem aus dem zunehmenden Wettbewerb mit Betrieben aus Schwellenländern resultieren. Diese profitieren nicht nur von der steigenden lokalen Nachfrage, sondern auch größtenteils von der geografischen Nähe zu den Rohstoffquellen und den damit verbundenen günstigen Einkaufskonditionen. Das hat bereits entsprechende Auswirkungen auf den Absatz erdölnaher Grundchemikalien und wird, mit dem steigenden technischen Know-how in diesen Regionen, auch den Export höherwertiger Chemikalien erschweren. Vor diesem Hintergrund konzentrieren sich europäische Betriebe zunehmend auf die Herstellung von Spezialchemikalien, welche i. d. R. kundenspezifisch entwickelt und hergestellt werden und dadurch höhere Margen bei geringer ausgeprägten Marktzyklen ermöglichen. Die kunden- und produktspezifische Ausrichtung des Portfolios erfordert allerdings den Einsatz hocheffizienter Herstellungsverfahren, welche zugleich eine hohe Flexibilität bzgl. Menge und Wahl des Produktionsortes gewährleisten.

Diese Anforderungen erfüllt das Konzept der modularen verfahrenstechnischen Anlagen, welches die Möglichkeit bietet, vergleichsweise geringe Mengen zu wirtschaftlich sinnvollen Konditionen an beliebigen Standorten herzustellen und darüber hinaus das Produktionsvolumen skalieren zu können. Allerdings setzt deren regulärer Einsatz nicht nur eine erprobte Verfahrenstechnik, sondern auch ein funktionierendes und wirtschaftlich sinnvolles Logistikkonzept voraus. Hierzu zählen die Identifikation der zu wählenden Produktionsstandorte und die Abschätzung der zu bevorratenden Mengen, um, darauf aufbauend, die Intralogistik dimensionieren zu können. Aufgrund dieses Defizits, wird im Rahmen der vorliegenden Abhandlung eine prozessorientierte Methodik entworfen und bereitgestellt.

Dazu wird zunächst ein mehrstufiges Verfahren zur Standortplanung entwickelt, das, auf Basis der Anforderungen der betrachteten modularen verfahrenstechnischen Anlagen, eine Identifikation qualitativ und quantitativ geeigneter Produktionsstandorte ermöglicht. Im Hinblick auf das übergeordnete Ziel der Identifikation der Chemiestandorte, welche für die Herstellung des jeweiligen Produktes am geeignetsten sind, wird im ersten Schritt der analytische Hierarchieprozess (engl.: Analytic Hierarchy Prozess, AHP) für die qualitative Selektion verwendet. Auf Basis der quantitativen Größen erfolgt darauf aufbauend eine weitere Selektion der verbleibenden Standortalternativen. Für die Lösung des Warehouse-Location-Problems (WLP) kommen heuristische Verfahren zum Einsatz, die nicht nur eine Identifikation der zu eröffnenden Standorte, sondern auch eine Zuordnung der Kunden ermöglichen. Das stellt wiederum die Grundlage für die Abschätzung der standortabhängig zu erwartenden Chemikalienmengen dar.

Da mit steigendem Umfang der angeschlossenen Infrastruktur auch zunehmend die (räumliche) Flexibilität der modularen Anlagen sinkt, gilt es die vorzuhaltenden Lagermengen möglichst gering zu halten. Das hierfür verwendete Verfahren ermöglicht nicht nur für jeden Artikel die Dispositionsmethode zu bestimmen, sondern auch, diese auf Grundlage aktueller

Nachfragedaten, kontinuierlich zu überprüfen und anzupassen. Mit der Festlegung der Beschaffungsmethode können für jeden Artikel die zu erwartenden Mengen abgeschätzt und, darauf aufbauend, die Prozesse und Ressourcen der Intralogistik ermittelt und dimensioniert werden.

Die vorliegende Abhandlung leistet somit einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung eines bedarfs- und anforderungsgerechten Logistikkonzeptes für modulare verfahrenstechnische Anlagen.

## Abstract

European chemical producers are confronted with many changes in market conditions, which mainly result from the increasing competition with companies from emerging countries. These producers benefit not only from the increasing local demand, but also from the geographic proximity to the sources of raw materials and the related favorable purchasing conditions. This affects the sales of basic chemicals and will make the export of high-quality chemicals more difficult due to the increasing technical know-how in these regions. For that reason, the European companies are increasingly focusing on the production of special chemicals. These products enable usually higher margins at less pronounced market cycles because they are developed and manufactured due to customers specifications. The customer- and product-specific orientation of the portfolio requires the use of highly efficient manufacturing processes, which at the same time ensure a high degree of flexibility regarding the quantity and choice of production site.

The concept of modular process plants fulfills the above-mentioned requirements. This offers the possibility to produce small quantities at economically reasonable conditions at any location and to scale the production volume. However, not only proven chemical process engineering is required, but also an efficient and economically reasonable logistics concept should be given to realize this concept. The identification of selected production sites and the estimation of stored quantities are prerequisite for this realization. This concept provides the basis for the dimensioning of intralogistics. Due to this deficit mentioned earlier, a process-oriented methodology is designed and provided during this work.

In that respect, a multi-stage procedure for site planning is developed. It enables the identification of qualitatively and quantitatively suitable production sites based on the requirements of the considered modular process plants. In the first step, the analytical hierarchy process (AHP) is used for a qualitative selection of the chemical sites, which are most suitable for the production of the respective product. In the next step, a further selection of the remaining site alternatives is made based on the quantitative parameters. Thereby, some heuristic algorithms are used to solve the Warehouse-Location-Problem (WLP). These enable the identification of the sites to be opened and the assignment of the customers to these sites. This provides the basis for the estimation of the expected amount of chemicals depending on the location.

The (spatial) flexibility of the modular systems decreases with the increasing size of the connected infrastructure. Therefore, the quantity stored must be kept as low as possible. The method used here allows to determine the disposition method for each article, and to continuously check and adapt it regarding current demand data. By defining the procurement method, the quantities to be expected can be estimated for each article. Based on this value, the processes and resources of the intralogistics can be determined and dimensioned.

Thus this work presents an important contribution to the development of a demand-driven and requirement-oriented logistics concept for modular process plants.