

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

Fakultät Informatik, Mathematik und Naturwissenschaften
Bachelorstudiengang Medieninformatik

Bachelorarbeit
zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Science (B.Sc.)

Integration des Tacton Produktkonfigurators in ein Open Source Shopsystem

Autor: Philipp Anders
philipp.anders.pa@gmail.com

Betreuer: Prof. Dr. Michael Frank (HTWK Leipzig)
Dipl.-Wirt.-Inf. (FH) Dirk Noack
(Lino GmbH)

Abgabedatum: 29.09.2015

Kurzfassung

Das ganze auf Deutsch.

Abstract

Das ganze auf Englisch.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Listing-Verzeichnis	VI
1 Einleitung	1
1.1 Ziel der Arbeit	1
1.2 Aufbau der Arbeit	1
2 Grundlagen	2
2.1 Bezugsrahmen	2
2.1.1 Ökonomischer Bezug	2
2.1.2 Produktklassifizierung	3
2.2 Produktkonfiguration	5
2.2.1 Begriffsüberblick	5
2.2.2 Wissenrepräsentation	6
2.2.3 Konfigurationsaufgabe	9
2.2.4 Konfigurationslösung	10
2.2.5 Konfigurationssysteme	10
2.3 Webservices	13
2.3.1 SOAP	14
2.3.2 REST	15
2.4 eCommerce	19
2.4.1 Anwendungsrahmen	19
2.4.2 eShop-Systeme	20
3 Analyse	22
3.1 Konfigurationsmodell	22
3.1.1 Components und Configuration	23
3.1.2 Execution	26
3.2 TCsite	30
3.2.1 Architektur	31
3.2.2 Erweiterbarkeit	37
3.2.3 Fazit	38
3.3 Shopsystem	39
3.3.1 Architektur	39
3.3.2 Erweiterbarkeit	41
3.3.3 Konfiguration	43
3.4 Fazit	45
4 Anforderungen	47
4.1 Funktionale Anforderungen	48
4.1.1 Shopware-Plugin	48
4.2 Nichtfunktionale Anforderungen	49

5	Integrationskonzept	50
6	Integrationsumsetzung	51
7	Fazit	52
8	Quellenverzeichnis	53
	Anhang	I

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1	Unvereinbarkeitshypothese	2
Abb. 2.2	notebookConfigurationUML	7
Abb. 2.3	notebookInstanceUML	10
Abb. 2.4	clientServerKommunikation.png	13
Abb. 2.5	restMethoden	17
Abb. 2.6	eCommerceGrundformen	19
Abb. 2.7	eShopGrobarchitektur	20
Abb. 3.1	tactonModellHighLevel	23
Abb. 3.2	tactonModellHighLevelNotebook	24
Abb. 3.3	tactonModellLowLevel	25
Abb. 3.4	tactonModellLowLevelNotebook	26
Abb. 3.5	tactonModellExecution	27
Abb. 3.6	tactonModellExecutionNotebook	28
Abb. 3.7	tcsiteHighLevel	30
Abb. 3.8	tcsiteLowLevel	31
Abb. 3.9	tcsiteAdministrationProduct	32
Abb. 3.10	tcsiteQuotationNumbered	33
Abb. 3.11	tcsiteTCserverCommunication	34
Abb. 3.12	tcsiteConfigurationNumbered	35
Abb. 3.13	tcsiteConfigurationChoice	36
Abb. 3.14	tcsiteConfigurationConflict	37
Abb. 3.15	tcsiteLowLevelExtensions	38
Abb. 3.16	shopwareMVC	40
Abb. 3.17	shopwareKonfigurationFlussdiagramm	44
Abb. 4.1	systemcontext	47
Abb. 4.2	systemcontextErweitert	48
Abb. .1	tcsiteAdministration	I
Abb. .2	tcSiteConfigurationOptionalGroups	II
Abb. .3	shopwareBackendArtikel	II
Abb. .4	shopwareBackendArtikelVarianten	III
Abb. .5	shopwareNotebookDetail	III
Abb. .6	shopwareNotebookWarenkorb	IV

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Constraints des Konfigurationsmodells aus Abbildung 2.2	8
--------	---	---

Listing-Verzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

API	Application Programming Interface
ATO	Assemble-to-Order
B2B	Business-to-Business
B2C	Business-to-Customer
ETO	Engineer-to-Order
MC	Mass Customization
MVC	Model View Controller
MTO	Make-to-Order
ORM	objektrelationale Abbildung
PTO	Pick-to-Order
RPC	Remote Procedure Call
WSDL	Web Service Description Language

1 Einleitung

1.1 Ziel der Arbeit

1.2 Aufbau der Arbeit

2 Grundlagen

2.1 Bezugsrahmen

Im Folgenden wird ein Bezugsrahmen für Produktkonfigurationssysteme (Konfiguratoren) geschaffen. Dazu wird zunächst die marktwirtschaftliche Situation erläutert, welche die Notwendigkeit hybrider Wettbewerbsstrategien begründet. Diese wiederum stellen zu ihrer Umsetzbarkeit Bedingungen an Produktionskonzepte, welche daraufhin vorgestellt werden.

2.1.1 Ökonomischer Bezug

Neue Wettbewerbsbedingungen und gesteigerte Kundenansprüche haben den Druck auf Industrieunternehmen zur Produktion individualisierter Produkte erhöht (Piller, 1998). Dies erfordert eine stärkere Leistungsdifferenzierung (Lutz, 2011). Diese ist eine der von Porter beschriebenen „generischen Wettbewerbsstrategien“. Sie entspricht dem Verkauf von Produkten mit höherem individuellen Kundennutzen zu höheren Preisen. Eine andere Wettbewerbsstrategie ist die Fokussierungsstrategie. Diese bezieht sich klassischerweise auf Anbieter von Massenproduktion. Durch die Unterbietung der Konkurrenzpreise wird der Marktanteil erhöht.



Abbildung 2.1: Unvereinbarkeitshypothese nach Porter (1980), zitiert von Schuh (2005)

In diesem Zusammenhang formulierte Porter die Unvereinbarkeitshypothese. So sollen Kostenführerschaft und Leistungsdifferenzierung nicht gleichzeitig erreichbar sein. Eine uneindeutige Positionierung führe zu einem „stuck in the middle“ und damit zur Unwirtschaftlichkeit, wie Abbildung 2.1 darstellt.

Die Beobachtung der Unternehmensrealität zeichnet ein anderes Bild. Neue Organisationsprinzipien, Informationsverarbeitungspotentiale und Produktstrukturierungsansätze ermöglichen einen Kompromiss aus Preis- und Leistungsführerschaft (Schuh, 2005). Das Ergebnis wird als hybride Wettbewerbsstrategien bezeichnet. Eine dieser Strategien ist die sogenannte Mass Customization (MC).

MC ist die „Produktion von Gütern und Leistungen für einen (relativ) großen Absatzmarkt, welche die unterschiedlichen Bedürfnisse jedes einzelnen Nachfragers dieser Produkte treffen, zu Kosten, die ungefähr denen einer massenhaften Fertigung vergleichbarer Standardgüter entsprechen“ (Piller, 1998). Mit anderen Worten: Preisvorteil (i.d.R. durch Massenfertigung) wird mit Individualisierung (i.d.R. durch Variantenvielfalt) vereint.

2.1.2 Produktklassifizierung

MC stellt zu deren Umsetzbarkeit gewisse Bedingungen an die Produktionsweisen der abgesetzten Güter. Im Folgenden wird eine Klassifizierung von Produkten in Bezug auf deren Herstellung vorgestellt. Sie werden als Produktionskonzepte bezeichnet (nach Schuh 2006, zitiert von Lutz 2011):

- **Pick-to-Order (PTO):** Herstellung ohne Kundenauftrag; Lagerhaltung auf Ebene ganzer Produkte; Keine Abhängigkeit dieser Produkte untereinander; Beispiel: Ein Standardnotebook.
- **Assemble-to-Order (ATO):** Herstellung ohne Kundenauftrag; Lagerhaltung auf Ebene der Baugruppen/-teilen; Teile mit Abhängigkeiten untereinander; Beispiel: Ein Notebook, bei welchem auf Kundenwunsch statt des CD-Laufwerks eine zusätzliche Festplatte eingebaut wird. Die Festplatte lag bereits im Lager vor.
- **Make-to-Order (MTO):** Herstellung teilweise erst nach Kundenenauftrag; Lagerhaltung auf Ebene der Baugruppen/-teilen; Produktion oder regelbasierte (parametrisierte) Konstruktion von Komponenten nach Kundenanforderung; Abhängigkeiten zwischen Teilen; keine unendliche Anzahl von Varianten; Beispiel: Kauf eines Notebooks, wobei der Kunde eine Displaygröße abweichend von den Standarddiagonallängen bestimmen kann. Display und Notebookgehäuse müssen konstruiert/hergestellt und die technischen Standardkomponenten (z.B. Festplatte, Motherboard) eingepasst werden.
- **Engineer-to-Order (ETO):** Produkt ist nicht komplett vom Hersteller vorhersehbar; Wenig bis keine Lagerhaltung auf Ebene der Baugruppen/-teilen; Entwicklung und Fertigung von Teilen nach Kundenspezifikation; unendliche

Variantenanzahl möglich;

Beispiel: Herstellung eines Notebooks mit Kaffeehalterung.

Die Produktionskonzepte unterscheiden sich hauptsächlich nach dem Kriterium, wann die Produktion der Baugruppen/-teile beginnt - vor oder nach Auftragspezifikation. Eine Produktion vor Auftragseingang, also ohne Kundenspezifikation, erlaubt Lagerhaltung. Ein hoher Komponentenanteil, der erst nach Auftragseingang hergestellt oder sogar konstruiert werden muss, spricht für eine starke Kundenindividualisierung (Lutz, 2011). Die unterschiedlichen Produktionskonzepte haben jeweils einen Anwendungsbezug zu Konfiguratoren, welche im Folgenden vorgestellt werden.

2.2 Produktkonfiguration

Aus der im vorangegangenen Kapitel vorgestellten MC resultiert mehr Produktvariabilität und damit Produktkomplexität. Die Produktkonfiguration (Konfiguration) ist ein Werkzeug zur Beherrschung dieser Komplexität. Sie unterstützt das Finden einer Produktvariante, die auf Kundenanforderungen angepasst und gleichzeitig machbar ist (Lutz, 2011).

2.2.1 Begriffsüberblick

Konfiguration ist eine spezielle Designaktivität, bei der der zu konfigurierende Gegenstand aus Instanzen einer festen Menge wohldefinierter Komponententypen zusammengesetzt wird, welche entsprechend einer Menge von Constraints kombiniert werden können (Sabin und Weigel, 1998).

Die Einordnung als Designaktivität erlaubt außerdem die Beschreibung der Konfiguration als ein Designtyp. Es werden das „Routine Design“, „Innovative Design“ und „Creative Design“ unterschieden. Die Konfiguration entspricht dem „Routine Design“. Dabei handelt es sich um ein Problem, bei der die Spezifikation der Objekte, deren Eigenschaften sowie kompositionelle Struktur gegeben ist und die Lösung auf Basis einer bekannten Strategie gefunden wird (Brown und Chandrasekaran, 1989). Damit ist „Routine Design“ die simpelste der drei Formen. Die anderen Designtypen enthalten hingegen Objekte und Objektbeziehungen, die erst während des Designprozesses entwickelt werden.

Die Schlüsselbegriffe der Definition von Sabin und Weigel sind Komponententypen und Constraints. **Komponententypen** sind Kombinationselemente, welche durch Attribute charakterisiert werden und eine Menge alternativer (konkreter) Instanzen repräsentieren. Übertragen auf die objektorientierte Programmierung verhalten sich Komponententypen zu Instanzen wie Klassen zu Objekten. Komponententypen stehen zueinander in Beziehung. Diese kann entweder eine „Teil-Ganzes“-Beziehung oder Generalisierung sein (Felfernig u. a., 2014).

Constraints (d.h. Konfigurationsregeln) im engeren Sinne sind Kombinationsrestriktionen (Felfernig u. a., 2014). Weitere Arten werden später vorgestellt.

Zur besseren Nachvollziehbarkeit der weiteren Terminologie ist eine Definition des Variantenbegriffs angebracht. DIN 199 beschreibt Varianten als „Gegenstände ähnlicher Form und/oder Funktion mit einem in der Regel hohen Anteil identischer Gruppen oder Teile“. Varianten sind also Gegenstandsmengen. Eine Element dieser

Menge unterscheidet sich von einer anderen durch mindestens eine Beziehung oder ein Element (Lutz, 2011).

Die Einheit aus Komponententypen sowie das Wissen um deren Kombinierbarkeit in Form von Constraints wird als **Konfigurationsmodell** bezeichnet. Es bildet die Menge der korrekten Lösungen ab und definiert so implizit alle Varianten eines Produktes (Soininen u. a., 1998). Dadurch muss nicht jede Variante explizit definiert und abgespeichert werden (z.B. in einer Datenbank). Die Anzahl möglicher Kombinationen kann in die Millionen gehen, was die Suche nach einer bestimmten sehr zeitaufwändig machen würde (Falkner u. a., 2011).

Die Einheit aus Konfigurationsmodell und den Kundenanforderungen wird als **Konfigurationsaufgabe** bezeichnet (Felfernig u. a., 2014). Auf dessen Grundlage kann die gewünschte Konfiguration errechnet werden. Demzufolge ist der Begriff Konfiguration überladen: er bezeichnet sowohl den Prozess als auch dessen Ergebnis. Im Folgenden werden daher die Begriffe **Konfigurationsprozess** sowie **Konfigurationslösung** verwendet. Der Konfigurationsprozess, der zur Konfigurationslösung führt, wird von einem System durchgeführt. Dieses wird als **Konfigurator** bezeichnet.

Diese Beschreibung einer Konfigurationslösung suggeriert, dass zu Beginn des Konfigurationsprozesses einmalig die Konfigurationsaufgabe formuliert und daraufhin die Konfigurationslösung ermittelt wird. Diese Form wird als **statische Konfiguration** bezeichnet. Demgegenüber erlaubt die **interaktive Konfiguration** das schrittweise Treffen und Revidieren von Entscheidungen (Hadzic und Andersen, 2004). Die Menge aller bisher getroffenen Entscheidungen wird als **Konfigurationszustand** bezeichnet (Tacton Systems AB, 2014b). Der Konfigurator muss beim Konfigurationsprozess einen Mechanismus besitzen, der die Konfigurationsaufgabe in Bezug mit dem Konfigurationszustand bringt.

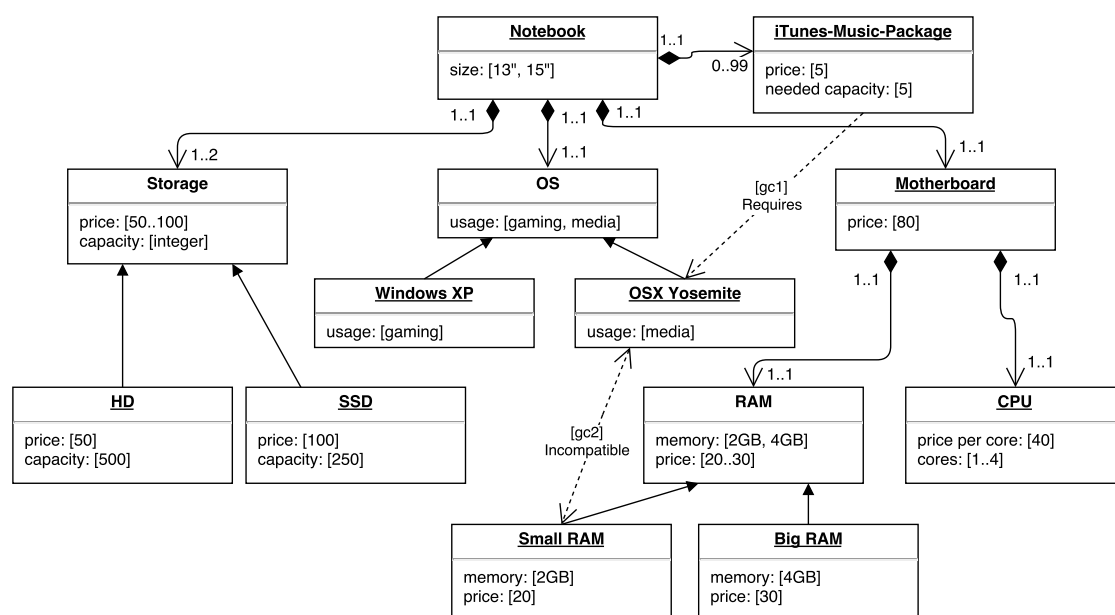
Aus diesem Begriffsüberblick geht hervor, dass die auf dem Konfigurationsmodell basierende Konfigurationsaufgabe der Schlüssel zur Bildung einer kundenspezifischen Variante ist. Aus diesem Grunde werden diese Begriffe im Folgenden genauer erläutert.

2.2.2 Wissenrepräsentation

Das Konfigurationswissen beschreibt Wissen, welches über ein konfigurierbares Produkt besteht (Soininen u. a., 1998). Dieses Wissen kann auf unterschiedliche Art und Weise repräsentiert, d.h. dargestellt werden. Die Repräsentation kann zur Definition eines Konfigurationsmodells genutzt werden (Felfernig u. a., 2014). Auf konzeptueller Ebene werden die Begriffe Wissensrepräsentation und Konfigurationsmodell

äquivalent verwendet. Auf technischer Ebene bezeichnet das Konfigurationsmodell jedoch das spezifische Format, welches ein Konfigurator versteht (Soininen u. a., 1998).

Im Folgenden wird eine grafische Wissensrepräsentation vorgestellt, die auf UML basiert. Die grafische Variante wird gewählt, da sie die Bildung einer Vorstellung über die Problemdomäne zulässt. Sie ist UML-basiert, da die Sprache in der Informatik zur Wissensmodellierung bekannt ist. Im Folgenden wird eine Notebook-Konfiguration eingeführt und von späteren Erklärungen wieder aufgegriffen. Die Modellierung basiert auf dem Arbeitsbeispiel von (Felfernig u. a., 2014).

Abbildung 2.2: UML-Visualisierung einer Notebook-Konfiguration^a

^aDas 'iTunes-Music-Package' stellt ein Überraschungspaket mit Musik für iTunes dar.

Abbildung 2.2 beschreibt den Strukturteil der Visualisierung. Folgende Sprachelemente sind enthalten (Felfernig u. a., 2014):

- **Komponententypen** sind die dargestellten Entitäten. Sie besitzen einen eindeutigen Namen (z.B. 'Storage') und werden durch eine Menge von Attributen beschrieben (z.B. 'price', 'capacity'). Ein Attribut hat einen Datentyp, welcher eine Konstante, ein Wertebereich (z.B. [50...100]) oder eine Enumeration (z.B. ['gaming', 'media']) sein kann. Ein Komponententyp beschreibt ein abstraktes Konzept eines Bauteils. Beispielsweise ist ein 'CPU' etwas, was ein

Tabelle 1: Constraints des Konfigurationsmodells aus Abbildung 2.2

Name	Beschreibung
GC_1	Wird das iTunes-Music-Package gewählt, muss auch das Betriebssystem (OS) vom Typ OSX Yosemite gewählt werden.
GC_2	Das OS vom Typ OSX Yosemite und der Arbeitsspeicher (RAM) vom Typ Small RAM können nicht gleichzeitig gewählt werden
PRC_1	Der Preis des Notebooks ist die Summe der price -Attribute der Storage-, Motherboard-, RAM-, CPU- und iTunes-Music-Package-Komponenten
$RESC_1$	Die Summe der needed capacity -Attribute aller iTunes-Music-Package-Komponenten darf die Summe der capacity -Attribute aller Storage-Komponenten nicht überschreiten
CRC_1	Das OS vom Typ OSX Yosemite benötigt mindestens einen core -Wert der CPU-Komponente von 2
$COMPC_1$	Das OS vom Typ Windows XP ist inkompatibel mit dem size -Wert des Notebooks von 13"

bis vier Kerne haben kann. Werden Attributewerte eines Komponententypen fest gewählt, wird daraus eine Instanz, d.h. ein konkretes Bauteil (z.B. ein Vierkernprozessor).

- **Generalisierungen** stellen die Verbindungen zwischen einem spezialisierten Subtyp zu einem generalisierten Supertyp her. Damit muss der Wertebereich eines Attributs eines Subtypen eine Teilmenge des entsprechenden Attributwertebereichs des Supertypen sein. Komponententypen (z.B. 'Storage') werden so weiter spezialisiert (z.B. 'HD'). Die Beziehung ist disjunkt und vollständig. Disjunkt bedeutet, dass jede Instanz eines Komponententypen nur genau eine seiner Subtypen entsprechen kann. Beispiel: Die Instanz eines 'Storage' kann eine 'HD' oder eine 'SSD' sein, aber nicht beides. Vollständig bedeutet, dass die Subtypen alle tatsächlich möglichen Instanzen darstellen (z.B. gibt es für diese Konfiguration keine Komponente 'DVD' als möglichen Storage).
- **Assoziationen mit Kardinalitäten** beschreiben die Teil-Ganzes-Beziehungen zwischen Komponententypen. Die hier verwendete Variante ist die Komposition. Das bedeutet, dass keine Instanz eines Komponententypen Teil von mehr als einer anderen Instanz sein kann. Kardinalitäten beschreiben Assoziationen noch näher, indem sie sie durch Mengeninformationen ergänzen. Beispiel: Eine Notebook-Instanz besitzt ein oder zwei Storage-Instanzen. Eine Storage-Instanz kann nur Teil einer Notebook-Instanz sein.

Die Darstellung wird ergänzt durch Constraints. Sie gelten zwischen Komponenten-

typen und/oder deren Attribute. Wenn möglich, werden sie direkt im Diagramm dargestellt. Anderenfalls werden sie in einer Tabelle aufgelistet (siehe Tabelle 1). Es werden folgende Constrainttypen unterschieden (Felfernig u. a., 2014):

- **Grafische Constraints** *GC* können im Gegensatz zu anderen Constraints direkt im UML-Diagramm dargestellt werden. Ansonsten entsprechen sie einem der folgenden Typen.
- **Preis-Constraints** *PRC* beziehen sich auf die Preisbildung der Konfiguration. Bei Tatsächliche Konfigurationssoftware sind diese jedoch meistens nicht Teil des Konfigurationsmodells. Stattdessen wird die Preisbildung durch einen eigenen Mechanismus realisiert.
- **Ressourcen-Constraints** *RESC* beschränken die Produktion und den Verbrauch bestimmter Ressourcen. Beispiel: Jedes 'iTunes-Music-Package' verbraucht 5(MB) Festplattenkapazität. Der verfügbare Speicher wird wiederum durch die Storage-Instanzen bestimmt. Wird nur ein Speichermedium in Form einer 'SSD' gewählt, hat das Notebook 250(MB) Festplattenkapazität. Somit die Obergrenze für 'iTunes-Music-Package' Instanzen gleich 50.
- **Abhängigkeits-Constraints** *CRC* beschreiben, unter welchen Voraussetzungen bestimmte Instanzen Teil der Konfigurationslösung sein müssen.
- **Kompatibilitäts-Constraints** *COMPC*: Beschreiben die Kompatibilität oder Inkompatibilität bestimmter Komponententypen bzw. Instanzen.

2.2.3 Konfigurationsaufgabe

Frayman und Mittal (1989) definieren einen Konfigurationsaufgabe wie folgt:

(A) a fixed, pre-defined set of components, where a component is described by a set of properties, ports for connecting it to other components, constraints at each port that describe the components that can be connected at that port, and other structural constraints; (B) some description of the desired configuration; and (C) possibly some criteria for making optimal selections.

(A) ist eine andere Definition für ein Konfigurationsmodell. (B) und (C) sind als Kundenanforderungen zusammenfassbar. Informell entsteht so die im Begriffsüberblick vorgestellte Definition: Die Konfigurationsaufgabe besteht aus dem Konfigurationsmodell sowie den Kundenanforderungen (Felfernig u. a., 2014).

2.2.4 Konfigurationslösung

Die Lösung einer Konfigurationsaufgabe ist vollständig (Jeder Komponententyp ist instanziiert) und konsistent (erfüllt alle Constraints) (angelehnt an Falkner u. a., 2011). Eine solche Lösung wird als korrekt bezeichnet (Soininen u. a., 1998).

Eine korrekte Lösung kann durch ein UML-Instanz-Diagramm visualisiert werden. Abbildung 2.3 zeigt eine korrekte Lösung der Notebook-Konfiguration. Dargestellt wird also eine mögliche Variante. Anstatt der Komponententypen sind nur noch konkrete Instanzen enthalten.

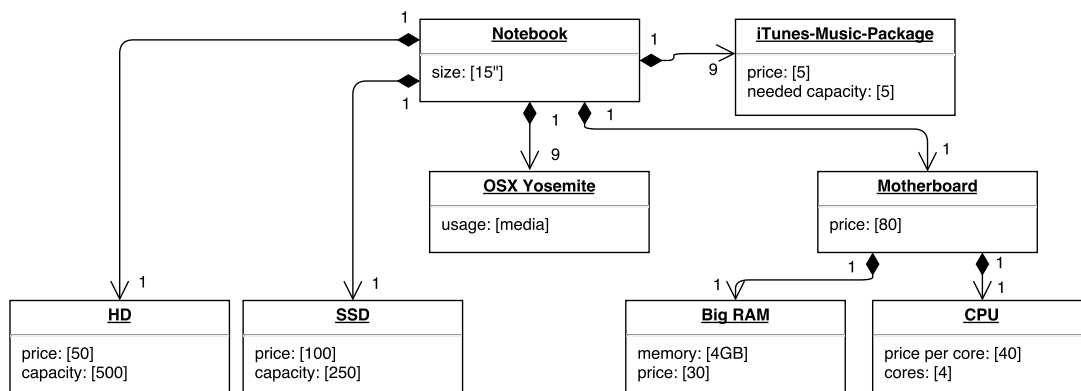


Abbildung 2.3: Visualisierung einer Konfigurationslösung als UML-Instanz-Diagramm

2.2.5 Konfigurationssysteme

Der Konfigurator ist das System, welche die Schnittstelle zum Benutzer darstellt und den (interaktiven) Konfigurationsprozess durchführt. Es bekommt die Konfigurationsaufgabe als Eingabe und liefert als Ausgabe die Konfigurationslösung (Felfernig u. a., 2014). Konfiguratoren "[...] führen den Abnehmer durch alle Abstimmungsprozesse, die zur Definition des individuellen Produktes nötig sind und prüfen sogleich die Konsistenz sowie Fertigungsfähigkeit der gewünschten Variante" (Piller, 2006).

Nach Piller (2006) besitzt ein Konfigurator drei Komponenten:

- Die **Konfigurationskomponente** führt den Konfigurationsprozess durch. Sie wird auch als Konfigurationsengine bezeichnet (Tacton Systems AB, 2007).
- Die **Präsentationskomponente** erstellt eine Konfigurationsdarstellung in zielgruppenspezifischer Form. Daraus lässt sich ableiten, dass sie gleichzeitig

als Schnittstelle zur Aufnahme der Kundenanforderungen dient.

- Die **Auswertungskomponente** präsentiert der Konfiguration in einer Form, welche eine Interpretation der Variante außerhalb des Konfigurators erlaubt. Dies können zum Beispiel Stücklisten, Konstruktionszeichnungen und Arbeitspläne sein.

Konfiguratorarten

Konfiguratoren für die Erhebung komplexer Anforderungen technischer Systeme müssen von Konfiguratoren für den Einsatz bei MC unterschieden werden (Felfernig u. a., 2014). Erstere sind für den Experteneinsatz gedacht oder dienen nach Piller (2006) als Vertriebskonfiguratoren der Unterstützung des Verkaufsgesprächs. Letztere werden von Kunden in einer Company-to-Customer Beziehung genutzt und werden auch als Mass Customization Toolkit bezeichnet. Diese sogenannte Selbstkonfiguration ist eine Voraussetzung für MC, indem der zeitkonsumierende Prozess der Erhebung der Kundenbedürfnisse auf die Seite des Kunden verlagert wird (Piller, 2006)

Konfiguratoren können bei allen in Abschnitt 2.1.2 genannten Produktionskonzepten zum Einsatz kommen. Je nach Produktionskonzept erfüllen sie für den Anwender eine unterschiedliche Funktion. Bei PTO erfüllt der Konfigurator eine Katalogfunktion, indem er den Anwender bei der Auswahl eines fertigen Produktes aus einer Produktpalette unterstützt. Bei ATO verhält sich der Konfigurator wie ein Variantengenerator, der den Anwender bei der Auswahl der richtigen Variante unterstützt. Wohlgemerkt: der Hersteller hat alle möglichen Varianten vordefiniert, sie sind also herstellerspezifisch (Schomburg, 1980). Der Anwendungsfall MTO ist ähnlich, jedoch werden Komponenten kundenspezifisch hergestellt oder regelbasiert konstruiert. Es wird von kundenspezifischen Varianten gesprochen (Schomburg, 1980). Bei ETO besteht ein erheblicher Neukonstruktionsbedarf. Dies widerspricht der Definition der Konfiguration als Designaktivität aus Abschnitt 2.2.1 - die Spezifikation der beteiligten Objekte ist nicht vollständig bekannt. Konfiguration können hier nur einen begrenzt Beitrag leisten. Aus dieser Erläuterung lässt sich ableiten, dass das Haupteinsatzgebiet von Konfiguratoren im ATO/MTO Umfeld liegt.

Zwischenfazit

In Abschnitt 2.1.2 wurde dargestellt, wie bestimmte Produktionskonzepte die Herstellung individualisierter Produktvarianten bei gleichzeitiger Lagerfertigung ermöglichen. Produkte werden mit dem Ziel gestaltet, so individuell und auftragsunabhängig wie möglich zu sein. Damit wurde eine der Schlüsselfaktoren für die Ermöglichung der hybriden Wettbewerbsstrategie MC erläutert. Diese verbindet die Vorteile effizienter Massenproduktion mit denen der kundenspezifischen Einzelfertigung (Piller, 1998).

MC resultiert in Variantenvielfalt und damit in Produktkomplexität. In Abschnitt 2.2 wurde die Funktionsweise von Konfiguratoren vorgestellt, mit welcher sie zur Beherrschung der Produktkomplexität beitragen.

2.3 Webservices

Das W3C (2004) definiert Webservices lose als:

„[...] a software system designed to support interoperable machine-to-machine interaction over a network“

Die Definition schließt die Kommunikation heterogener Systeme ein. „Zwischen Systemen“ differenziert gleichzeitig klar zur klassischen Verwendung eines Programms, bei der ein (menschlicher) Anwender mit einem System kommuniziert. Tilkov (2011) bemerkt, dass Web Service damit sehr weich definiert ist; „nämlich eigentlich gar nicht“. Fest steht, dass hier ein Service einen Dienst anbietet, der von einem Clienten über Webtechnologien angesprochen werden kann. Webservices sind demzufolge eine Möglichkeit zur Realisierung von Integrationsszenarien webbasierter Systeme.



Abbildung 2.4: Generische Client-Server Kommunikation bei Webservices

Abbildung 2.4 entspricht im wesentlichen der klassischen Client-Server Kommunikation im Web. Exemplarisch werden XML-Daten übertragen, was die zugrunde liegende Idee der Webservices illustriert: die Übertragung anderer Daten als Webseiten mittels HTTP.

Wilde und Pautasso (2011) reden von zwei etablierten „Geschmäckern“ (flavors) in der Webservice-Welt: SOAP und REST. Die erste Geschmacksrichtung bedeutet Webservices „auf Basis von SOAP, WSDL und den WS-*Standards - bzw. [...] deren Architektur“ (Tilkov, 2011). Hier wird also ein XML-basierter Technologiestack beschrieben. REST hingegen ist ein Architekturstil, der 2000 in der Dissertation von Fielding vorgestellt wurde. Der Versuch, beide Varianten direkt gegenüberstellen zu wollen, ist ein „[...] klassischer Apfel-Birnenvergleich: ein konkretes XML-Format gegen einen abstrakten Architekturstil“ (Tilkov, 2011).

Vor einer detaillierteren Diskussion von SOAP und REST wird zur Einordnung eine grundlegende Unterscheidung der Ansätze vorgestellt. Gemeinsam ist beiden, dass HTTP als Transportprotokoll zur Übertragung der Frage (Request) verwendet wird, die vom Server (Response) beantwortet werden soll. HTTP wiederum besteht aus

einem Header und einem Entity-Body zur Übertragung von Daten. Richardson und Ruby (2007) haben zwei Leitfragen herausgearbeitet, die von den jeweiligen Ansätzen unterschiedlich beantwortet werden: wo in diesem Paket sagt der Client dem Service, mit welchen Daten (Fokusinformation) was (Methodeninformation) gemacht werden soll?

Die Fokusinformation sagt aus, für welche Datenelemente sich der Client interessiert (z.B. ein Artikel eines Onlineshops). Bei REST ist dies der URI zu entnehmen (z.B. `http://onlineshop.com/artikel/pc`). Bei SOAP steht diese Information in einer XML-Datei welche Entity-Body übertragen wird; die sogenannte Payload. Die Methodeninformation sagt aus, was mit dem identifizierten Datenelement geschehen soll (Bsp: lege einen neuen PC-Artikel an). Bei REST steht dies im Methodenfeld der HTTP-Headers, bei SOAP wieder im Entity-Body. Daraus lässt sich als grundlegender Unterschied ableiten: SOAP verwendet HTTP nur als Transportprotokoll, REST auch dessen Ausdruckskraft (Wilde und Pautasso, 2011).

2.3.1 SOAP

Bei SOAP-Web Services wird ein Remote Procedure Call (RPC) durchgeführt. Dabei handelt es sich um eine generelle Technik zur Realisierung von Systemverteilung. Ein System ruft die Funktion eines Systems aus einem anderen Adressraum auf. SOAP ist ein XML-basiertes Umschlagsformat, welches wiederum die Beschreibung eines Methodenaufrufs in XML-Form enthält. Bei SOAP-Web Services werden also RPCs über HTTP getunnelt (Wilde und Pautasso, 2011). Das ist Konvention, aber keine Notwendigkeit: der SOAP-Umschlag ist Transportunabhängig, könnte also auch von anderen Protokollen als HTTP übertragen werden (Tilkov, 2011). Solange es sich bei dem Transportprotokoll um eine Webtechnologie handelt, wird die Webservedefinition nicht verletzt.

Wie die Beschreibung des RPC aussehen muss, definiert die Web Service Description Language (WSDL). Jeder SOAP basierte Service stellt eine maschinenverarbeitbare WSDL-Datei bereit. Darin werden die aufrufbaren Methoden, deren Argumente und Rückgabetypen beschrieben. Außerdem werden Schemata der XML-Dokumente festgehalten, die der Service akzeptiert und versendet (Richardson und Ruby, 2007).

Es existieren eine Vielzahl von Middleware-Interoperabilitätsstandards, die mit dem „WS-“ Prefix versehen sind. Diese sind „XML-Aufkleber“ für den SOAP-Umschlag, die HTTP-Headern entsprechen (Richardson und Ruby, 2007). Sie erweitern die Ausdrucksmöglichkeit des SOAP-Formats (Wilde und Pautasso, 2011). Beispielsweise

erlaubt WS-Security die Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten bei der Client-Server Kommunikation. Eine Übersicht der existierenden Standards ist dem Wiki für Webservices WsWiki (2009) zu entnehmen.

2.3.2 REST

„Eine Architektur zu definieren bedeutet zu entscheiden, welche Eigenschaften das System haben soll, und eine Reihe von Einschränkungen vorzugeben, mit denen diese Eigenschaften erreicht werden können.“ (Tilkov, 2011)

Dies ist in der Dissertation von Fielding geschehen, in der REST als Architekturstil definiert wird. Ein Architekturstil ist ein stärkerer Abstraktionsgrad als eine Architektur. Beispielsweise ist das Web eine HTTP-Implementierung von REST (Tilkov, 2011). Tatsächlich wurden die Einschränkungen von REST aber dem Web entnommen, indem Fielding es post-hoc als lose gekoppeltes, dezentralisiertes Hypermediasystem konzeptualisiert (Wilde und Pautasso, 2011) und dann von diesem Konzept abstrahiert hat. Einen Webservice nach dem REST-Architekturstil zu implementieren passt ihn dem Wesen des Webs an und nutzt dessen Stärken (Tilkov, 2011).

Entsprechend Tilkovs Architekturdefinition werden im Folgenden die Einschränkungen von REST sowie die daraus resultierenden Eigenschaften besprochen.

Einschränkungen

Einschränkungen sind - in eigenen Worten - Implementierungskriterien. Während Fielding in seiner theoretischen Abhandlung explizit vier solcher Kriterien nennt, basiert die folgende Auflistung auf der praxiserprobten Variante der Sekundärliteratur (Wilde und Pautasso, 2011; Tilkov, 2011).

- **Ressourcen mit eindeutiger Identifikation:** „Eine Ressource ist alles, was wichtig genug ist, um als eigenständiges Etwas referenziert zu werden“ (Richardson und Ruby, 2007). Identifiziert werden sie im Web durch URIs, die einen globalen Namensraum darstellen. Es ist hervorzuheben, dass Ressourcen nicht das gleiche sind wie die Datenelemente aus der Persistenzschicht einer Anwendung. Sie befinden sich auf einem anderen Abstraktionsniveau. Beispiel: eine Warenkorbressource kann eine Auflistung von Artikeln sein, welche allerdings nicht einzeln als Ressource ansprechbar sind. Tilkov nimmt in diesem Zusammenhang eine Typisierung von Ressourcen vor. Von den sieben verschiedenen Ressourcentypen sind folgende im Rahmen der Fragestellung interessant:

- a. Bei einer **Projektion** wird die Informationsmenge verringert, indem eine sinnvolle Untermenge der Attribute einer abgerufenen Ressource gebildet wird. Zweck ist die Reduktion der Datenmenge. Beispiel: Weglassen der Beschreibungstexte von Warenkorbartikeln.
- b. Die **Aggregation** ist das Gegenteil. Hier werden Attribute unterschiedlicher Ressourcen zur Reduktion der Anzahl notwendiger Client/Server Interaktionen zusammengefasst. Beispiel: Hinzufügen der Versandkosten beim Abruf der Warenkorbartikel.
- c. **Aktivitäten** sind Ressourcen, die sich aus Prozessen ergeben, wie etwa ein Schritt innerhalb einer Verarbeitung. Beispiel: Ein Schritt einer nicht abgeschlossenen Konfiguration.
- **Hypermedia** beschreibt das Prinzip verknüpfter Ressourcen. So wird dem Client ermöglicht, neue Ressourcen zu entdecken oder bestimmte Prozesse anzustoßen. Beispiel: Zur einer Bestellbestätigungsressource wird der zugehörige Stornierungslink hinzugefügt.
- **Standardmethoden/uniforme Schnittstelle**: Oben wurde beschrieben, dass jede Ressource durch (mindestens) eine ID identifiziert wird. Jede URI unterstützt dabei den gleichen Methodensatz, welche mit den HTTP-Methoden korrespondieren. Das bedeutet - übertragen auf die objektorientierte Programmierung: jedes Objekt implementiert das gleiche Interface. Folgende Teilmenge der neun verfügbaren HTTP-Methoden finden in der Literatur am häufigsten Erwähnung:
 - a. **GET**: Das Abholen einer Ressource.
 - b. **PUT**: Das Anlegen oder Aktualisieren einer Ressource. Je nachdem, ob unter dieser URI bereits eine Ressource existiert.
 - c. **POST**: Bedeutet im engeren Sinne das Anlegen einer Ressource unter einer URI, die vom Service bestimmt wird. Im weiteren Sinne kann durch Post ein Prozess angestoßen werden.
 - d. **Delete**: Das Löschen einer Ressource.

Voreinstellung ist und explizit angezeigt werden muss, falls die Semantik schließlich zeigt an, ob die Infrastruktur Kenntnis von der Semantik der Methode haben kann.

Methode	sicher	idempotent	identifizierbare Ressource	Cache-fähig	sichtbare Semantik
GET	X	X	X	X	X
HEAD	X	X	X	X	X
PUT		X	X		X
POST					
OPTIONS	X	X		O	X
DELETE		X	X		X

Tab. 5-1 HTTP-Methoden und ihre Eigenschaften (nach [18])

Abbildung 2.5: HTTP-Methoden und ihre Eigenschaften ^a (Quelle: Tilkov (2011))

^aRelevante Attribute im Rahmen der Fragestellung: „sicher“ bedeutet nebenwirkungsfrei, d.h. kein Ressourcenzustand ändert sich durch diese Methode. „Idempotent“ bedeutet, dass das Resultat der Methode bei Mehrfachausführung das gleiche ist. „Identifizierbare Ressource“ bedeutet, dass die URL garantiert eine Ressource identifiziert.

Abbildung 2.5 fasst die Eigenschaften der Methoden aus der HTTP-Spezifikation 1.1 zusammen. Die Implementierung einer Methode muss dem erwarteten Verhalten aus dieser Spezifikation entsprechen. Die Praxis zeigt, dass nur die Methoden unterstützt werden, die für die jeweilige Ressource sinnvoll sind. Abbildung 2.5 macht außerdem klar, dass es für POST keinerlei Garantien gibt. Da nicht eindeutig ist, ob über POST eine Ressource erstellt oder ein Prozess angestoßen wird, sehen Richardson und Ruby hierin eine Verletzung der uniformen Schnittstelle. Dies bedeutet in der Praxis: was bei einem Post passiert, ist nicht der HTTP-Spezifikation, sondern der API-Beschreibung des Webservice zu entnehmen.

- **Ressourcen und Repräsentationen:** Beschreibt die Darstellungen einer Ressource in einem definierten Format. Der Client bekommt nie die Ressource selbst, sondern nur eine Repräsentation derer zu sehen. In der Praxis wird meist eine serialisierte Variante eines Objektes als JSON zur Verfügung gestellt. Beispiel: Bereitstellung einer Bestellbestätigung als PDF und HTML.
- **Statuslose Kommunikation** bedeutet die Nichtexistenz eines serverseitig abgelegten, transienten, clientspezifischen Status über die Dauer eines Requests hinweg. Der Service benötigt also nie Kontextinformationen zur Bearbeitung eines Requests. Beispiel: Ein Warenkorb wird nicht in einem Sessionobjekt, sondern als persistentes Datenelement gehalten.

Diese Auflistung legt folgende Frage nahe: ist ein Webservice nur dann REST-

konform, wenn alle Kriterien erfüllt werden? Was ist mit einem Webservice, der allen Einschränkungen gerecht wird, jedoch Ressourcen nur als JSON ausliefert - ein in der Praxis häufig anzutreffender Fall. Und dennoch ein Verstoß gegen die Forderung nach unterschiedlichen Repräsentationen. Aus diesem Grund existiert das „Richardson Maturity Model“, welches die abgestufte Bewertung eines Webservices nach dessen REST-Konformität erlaubt. Es wird im Auswertungsteil vorgestellt und zur Evaluierung der Implementierung genutzt.

Eigenschaften

Aus den vorgestellten Kriterien resultieren folgende Eigenschaften (Tilkov, 2011), welche die Vorteile REST-basierter Webservices gegenüber der SOAP-Konkurrenz darstellen (Richardson und Ruby, 2007):

- **Lose Kopplung:** Beschreibt isolierte Systeme mit größtmöglicher Unabhängigkeit, die über Schnittstellen miteinander kommunizieren. Hierzu tragen die Standardmethoden bei.
- **Interoperabilität:** Beschreibt die Möglichkeit der Kommunikation von Systemen unabhängig von deren technischen Implementierung. Dies ergibt sich durch die Festlegung auf Standards. Bei der Anwendung von REST auf Webservices sind dies die Webstandards (z.B. HTTP, URIs).
- **Wiederverwendbarkeit:** Jeder Client, der die Schnittstelle eines REST-basierten Service verwenden kann, kann auch jeden anderen beliebigen REST-basierten Service nutzen - vorausgesetzt, das Datenformat wird von beiden Seiten verstanden.
- **Performance und Skalierbarkeit:** Im Ideal sollen Webservices schnell antworten, unabhängig von der Anzahl von Anfragen in einem definierten Zeitraum. Dies wird durch Cachebarkeit (siehe HTTP-Methodenspezifikation) und Zustandslosigkeit erreicht. Da der Service keinen clientspezifischen Kontext aufbauen muss, müssen aufeinanderfolgende Requests nicht vom gleichen System beantwortet werden.

2.4 eCommerce

Im Folgenden wird durch die Charakterisierung des Begriffs eCommerce ein Anwendungsrahmen für eShops hergestellt. Deren softwaretechnische Umsetzung wird durch eShop-Systeme realisiert. Durch eine Kategorisierung der Systeme nach Anbieterstrategie wird abschließend die Menge der Open-Source-Lösungen für eine Konfiguratorintegration identifiziert.

2.4.1 Anwendungsrahmen

eShops gehören zur Domäne des elektronischen Handels (eCommerce). eCommerce ist „die elektronisch unterstützte Abwicklung von Handelsgeschäften auf der Basis der Internet“ (Schwarze und Schwarze, 2002). Je nachdem, welche Marktpartner an dem Handelsgeschäft teilnehmen, werden verschiedene Formen des eCommerce unterschieden. Die in Abbildung 2.6 fett hervorgehobenen Varianten werden von Meier und Stormer (2012) als „die zwei Geschäftsoptionen des eCommerce“ bezeichnet: Business-to-Customer (B2C) und Business-to-Business (B2B). Bei B2C erfolgt der Handel von Produkten und Dienstleistungen zwischen Unternehmen und Endverbraucher, bei B2B zwischen Unternehmen.

und nach der hier vertretenen Auffassung nur dann E-Commerce, wenn Handelsgeschäfte vorliegen.

		Nachfrager		
		private Haushalte	Unternehmen	öffentliche Verwaltung / Staat
Anbieter	private Haushalte	Consumer to Consumer	Consumer to Business	Consumer to Administration
	Unternehmen	Business to Consumer	Business to Business	Business to Administration
	öffentliche Verwaltung / Staat	Administration to Consumer	Administration to Business	Administration to Administration

Abb. 3-2: Grundformen des E-Commerce nach Marktteilnehmern

Nach den Grundformen in Abb. 3-2 ist folgendes anzumerken:

Abbildung 2.6: Grundformen des eCommerce nach Marktpartnern (Quelle: Schwarze und Schwarze (2002))

Für die Umsetzung von eCommerce existieren unterschiedliche Geschäftsmodelle. Timmers (1998) nennt 11 verschiedene Formen. eShops sind eine eine davon. Es handelt sich dabei um ein „Geschäftsmodell der Angebotsveröffentlichung, bei dem ein Anbieter seine Waren oder Dienstleistungen über das Web den Nachfragern offeriert“ (Bartelt u. a., 2000).

Ein eShop bildet den traditionellen Einkaufsvorgang nach: Kunden können mittels einer Katalog- oder Suchfunktion über den Produktbestand navigieren. Produkte können ausgewählt und ausführliche, mit Medien angereicherte Beschreibungen abgerufen werden. Wunschartikel werden einem virtuellen Warenkorb hinzugefügt. Ist die Produktauswahl abgeschlossen, begibt sich der Kunde zur „Kasse“, wo die Zahlungsmodalitäten erledigt werden (Boles und Haber, 2000). Ein eShop beschreibt das Geschäftsmodell, jedoch noch nicht dessen Umsetzung als Softwaresystem. Diese wird als eShop-System bezeichnet (Boles und Haber, 2000) und im Folgenden behandelt.

2.4.2 eShop-Systeme

„eShop-Systeme sind Software-Systeme, die den Aufbau, die Verwaltung und den Einsatz von eShops unterstützen“ (Boles und Haber, 2000). Abbildung 2.7 zeigt die Grobarchitektur eines eShop-Systems nach Meier und Stormer. Darin wird die Unterteilung zwischen Storefront und Backfront deutlich, welche in der Terminologie realer Shopsysteme als Front- und Backend bezeichnet werden (vgl. shopware AG, 2015c). Das Frontend ist der Interaktionsraum der Kunden, das Backend der administrative Bereich des Shopbetreibers.



Abbildung 2.7: Grobarchitektur eines eShop-Systems (Quelle: Meier und Stormer (2012))

Die Hauptaufgaben eines eShop-Systems sehen Boles und Haber (2000) in den Bereichen Merchandising (z.B. Management von hierarchisch strukturierten Produktkatalogen, Beeinflussung des Shopdesigns), Auftragsbearbeitung (z.B. Festlegung der Abarbeitungs-Pipeline, Integration von Bezahlverfahren) und Sonstiges (z.B. die Kopplung mit externen ERP-Systemen). Der konkrete Funktionsumfang hängt vom gewählten eShop-System ab.

Die Systeme sind nach Strategie der Anbieter kategorisierbar:

- **Open-Source-Systeme** sind kostenlos verfügbar. Sie bieten völlige Gestaltungsfreiheit, aber keinen Herstellersupport. Die Dokumentationen sind schwächer und der Funktionsumfang geringer als bei kostenpflichtigen Alternativen. Andererseits existieren Communities, die Unterstützung bieten und die Entwicklung von Erweiterungen vorantreiben (Stahl u. a., 2015). Beim kommerziellen Handel der modularen Erweiterungen auf shopspezifischen Stores liegt auch eine der wesentlichen Erlösquellen der Open-Source Strategie (z.B. der Addon Marketplace der PrestaShop SA oder das Extensionverzeichnis der Opencart Limited).
- **Kauf-Lösungen** können kostenpflichtig lizenziert werden (z.B. shopware AG). Sie bieten Herstellersupport, zusätzliche Dienstleistungen (z.B. Installation des Shops) und einen höheren Funktionsumfang (z. B. Schnittstellen zu verschiedenen Warenwirtschaftssystemen oder Zahlungsdienstleistern) (Stahl u. a., 2015). Die Hersteller bieten verschiedene Editionen mit teilweise erheblichen Preisunterschieden an (Bsp.: die Preisdifferenz der Magento Enterprise Edition zu Enterprise Premium liegt bei über 35.000 \$, vgl FWP shop, 2014).
 - a. Im Rahmen eines Dual-License-Modells ist eine Open-Source **Community Edition** Teil des Editionsspektrums (t3n, 2014) (vgl. das Shopangebot der Magento Inc., shopware AG oder OXID eSales AG). Durch den offenen Quellcode existiert auch hier der Handel modularer Erweiterungen, von dem auch die kostenpflichtigen Varianten profitieren (vgl. der Plugin Store der shopware AG). Die Codebasis aller Editionen ist gleich. Daher kann später zu einer Kauf-Lösung migriert werden. Das bietet Flexibilität für wachsende Shopanforderungen.
- **Miet-Shops** entsprechen einer Cloud-Lösung als Software-as-a-Service (z.B. Strato AG, Shopify). Die technische Infrastruktur wird vom Provider zur Verfügung gestellt. Systemwartung, Bereitstellung der Shopsoftware und Hosting werden unter dem Mietpreis abgerechnet. Stahl u. a. (2015) bewertet diese Variante als Einstiegslösung mit geringer Gestaltungsfreiheit.
- **Eigenentwicklungen** eignen sich für individuelle Bedürfnisse, wenn die Standardsysteme die Anforderungen nicht mehr erfüllen (Stahl u. a., 2015; Graf, 2014).

Aus der Liste sind die (zumindest initial) kostenfreien Varianten ersichtlich: reine Open-Source eShop-Systeme sowie die Community-Editionen der Dual-License Modelle. Eine Anbieterübersicht ist t3n (2014) zu entnehmen. Eine Kategorisierung der Systeme nach Anforderungsklassen ist Graf (2014) zu entnehmen.

3 Analyse

Die Tacton Systems AB (Tacton) wurde 1998 als Spin-Off des Schwedischen Instituts für Informatik (SICS) gegründet (Tacton Systems AB, 2007). In der Forschungseinrichtung wurde als Resultat der Untersuchungen im Bereich Wissensbasierte Systeme und Künstliche Intelligenz der Tacton Produktkonfigurator entwickelt. Dieser interaktive Konfigurator ist die Basis der verschiedenen Produkte der Firma. (Tacton Systems AB, 2015)

Tacton bietet Lösungen im Bereich Vertriebskonfiguration und Design Automation (Automatisierung der Konstruktion in CAD-Systemen). Weitere einführende Worte...

3.1 Konfigurationsmodell

Das in Abschnitt 2.2.2 vorgestellte Visualisierungskonzept abstrahiert Konfigurationswissen in einen Struktur- und einen Regelteil. Im Tacton-Konfigurationsmodell wird ebenfalls abstrahiert, jedoch in andere Domänen (Tacton Systems AB, 2006):

- (a) Strukturinformation: wie ist das Produkt hierarchisch aufgebaut?
- (b) Komponenteninformation: aus was ist es aufgebaut?
- (c) Constraintinformationen: wann ist das Produkt korrekt?
- (d) Ausführungsinformationen: welche Fragen bekommt der Nutzer in welcher Reihenfolge gestellt?

Dabei sind zwei Sachverhalte feststellbar:

- (1) Typisch für einen modellbasierten Konfigurator wird Produktwissen und Problemlösungswissen bei der Wissensmodellierung separiert. Beispiel: ein Constraint, der die Kompatibilität bestimmter Betriebssysteme mit einer bestimmten Anzahl Prozessorkerne ausdrückt, soll wirken, auch ohne die konkreten CPU-Typen (z.B. Intel i7) zu kennen. Darum ist die Rede von generischen Constraints: sie beziehen sich auf alle Komponenten eines Typs (Felfernig u. a., 2014).
- (2) Im Konfigurationsmodell wird auch die Nutzerinteraktion festgelegt. Damit geht der Funktionsumfang eines Tacton-Modells über die Definition aus Abschnitt 2.2.1 hinaus.

Bei der UML-Wissensrepräsentation aus Abschnitt 2.2.2 wurden die Domänen (b) und (a) als Diagramm ausgedrückt sowie (c) als Tabelle. Tacton wählt eine andere Aufteilung. (b) wird unter dem Begriff „Components“ umgesetzt, (a) und (c) unter

dem Begriff „Configuration“. Components und Configuration setzen gemeinsam den Sachverhalt (1) um und werden im Folgenden besprochen. Daraufhin wird die „Execution“ besprochen, welche Sachverhalt (2) umsetzt.

3.1.1 Components und Configuration

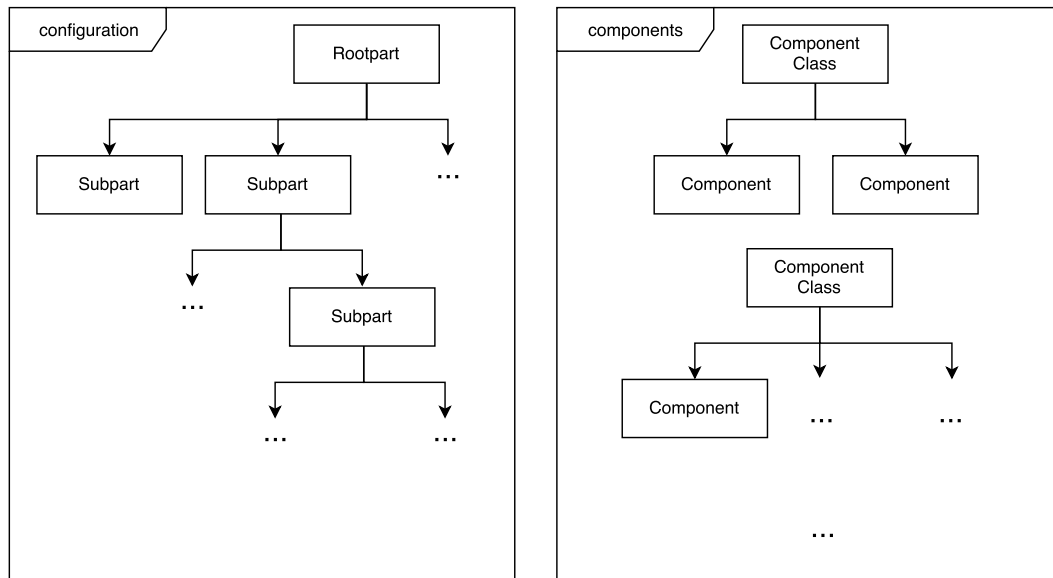


Abbildung 3.1: High-Level Architektur des Tacton-Konfigurationsmodells

Abbildung 3.1 zeigt das High-Level-Konzept der Modellarchitektur. Unter 'configuration' wird die Produktstruktur als hierarchischer Baum von 'Part'-Objekten dargestellt. Jeder Part kann Constraints enthalten, die sich auf den Knoten selbst und alle seine Kinder beziehen. Ein Part ist ansonsten nur ein Komponentenplatzhalter. Noch ist keine Information darüber hinterlegt, welches Bauteil dort eigentlich verkörpert wird. Abbildung 3.2 veranschaulicht das Konzept am Notebook-Beispiel.



Abbildung 3.2: Part-Struktur der Notebook-Konfiguration

Die Informationen über die eben erwähnten Bauteile (d.h. Komponententypen) werden isoliert unter 'components' definiert (Abbildung 3.1). Ein Bauteil in 'Component Classes' und 'Components' abstrahiert. Das ist analog zu Komponententypen, die in einer Generalisierungsbeziehung zueinander stehen (siehe Kapitel 2.2.2). Hier wurde eine Terminologie gewählt, die Supertyp und Subtyp unterscheidbar macht. Eine Component Class (z.B. ein 'RAM') wird durch Eigenschaften beschrieben, die als Features bezeichnet werden. Jedes Feature besitzt einen Namen (z.B. 'memory') und einen Wertebereich (z.B. [2GB, 4GB]), welche als Domain bezeichnet wird. Wertebereiche können Integer, Float, Boolean, andere Component Classes oder selbstdefinierte Enumerationen sein. Components (z.B. eine 'SSD') sind das, was eine Component Class (z.B. ein 'Storage') konkret sein kann. Sie übernehmen alle Features der übergeordneten Component Class und besitzen konkrete Werte ('Values') aus dem jeweiligen Wertebereich.



Abbildung 3.3: Zuordnung von Parts und Component Classes.

Abbildung 3.3 zeigt die Zuordnung zwischen Parts und Component Classes via Verzeigerung. Einem Part wird eine Component Class durch eine 'realized-by' Beziehung zugeordnet. Dem Part werden dabei die Features der entsprechenden Component Class vererbt (türkis dargestellt). Nur werden sie zur besseren Differenzierung beim Part nicht mehr als Features, sondern als Attribute bezeichnet. Für einen Part können auch noch zusätzliche Attribute definiert werden ('additional Attributes'), falls notwendig. Die Angabe 'Instances' (grün dargestellt) entspricht den Kardinalitäten in Abschnitt 3.3. Constraints (gelb dargestellt) werden als logische Ausdrücke formuliert. Sie bestehen aus Attributwerten, die mit mathematischen Zeichen in Relation gebracht werden.

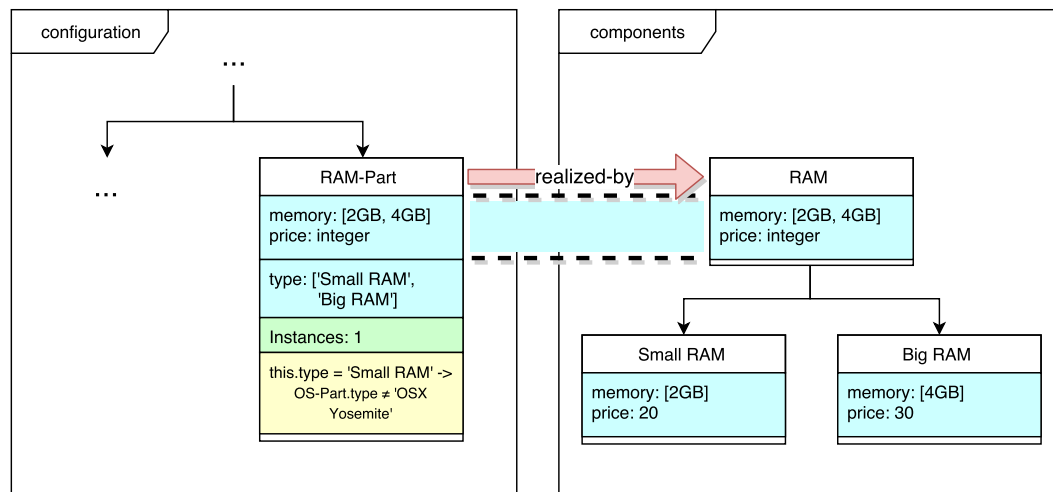


Abbildung 3.4: Part-Struktur der Notebook-Konfiguration

Abbildung 3.4 veranschaulicht die 'realized-by' Beziehung anhand eines Ausschnitts aus der Notebook-Konfiguration. Der Part übernimmt die Attribute 'memory' und 'price'. Das zusätzliche Attribut 'type' kapselt beispielsweise die Information über die jeweiligen Components (z.B. Small RAM). Der Constraint veranschaulicht exemplarisch, wie die Inkompatibilität mit dem Betriebssystem vom Typ 'OSX Yosemite' formuliert werden würde.

3.1.2 Execution

Es wurde dargestellt, wie das Konfigurationswissen im Tacton Konfigurationsmodell definiert wird. Dadurch ist aber noch nicht gesagt, welche Entscheidungen ein Nutzer während des Konfigurationsprozesses treffen kann. Nicht jeder Part und nicht jedes Attribut muss eine relevante Wahl darstellen. Vielleicht sollen dem Nutzer sogar Fragen auf einem anderen Abstraktionsniveau als auf Komponentenebene gestellt werden. Statt „Soll eine HD oder eine SSD als Festplatte in das Notebook eingebaut werden?“ kann auch gefragt werden: „Möchten Sie viel Speicherplatz oder einen schnellen Speicherzugriff?“.

Die Interaktionsspielraum des Anwenders mit der Konfiguration wird unter dem Begriff 'Execution' zusammen gefasst. Dabei wird nicht einfach nur eine Menge an Optionen festgelegt, die dem Nutzer am Ende als Liste präsentiert wird. Stattdessen werden die Optionen hierarchisch strukturiert.

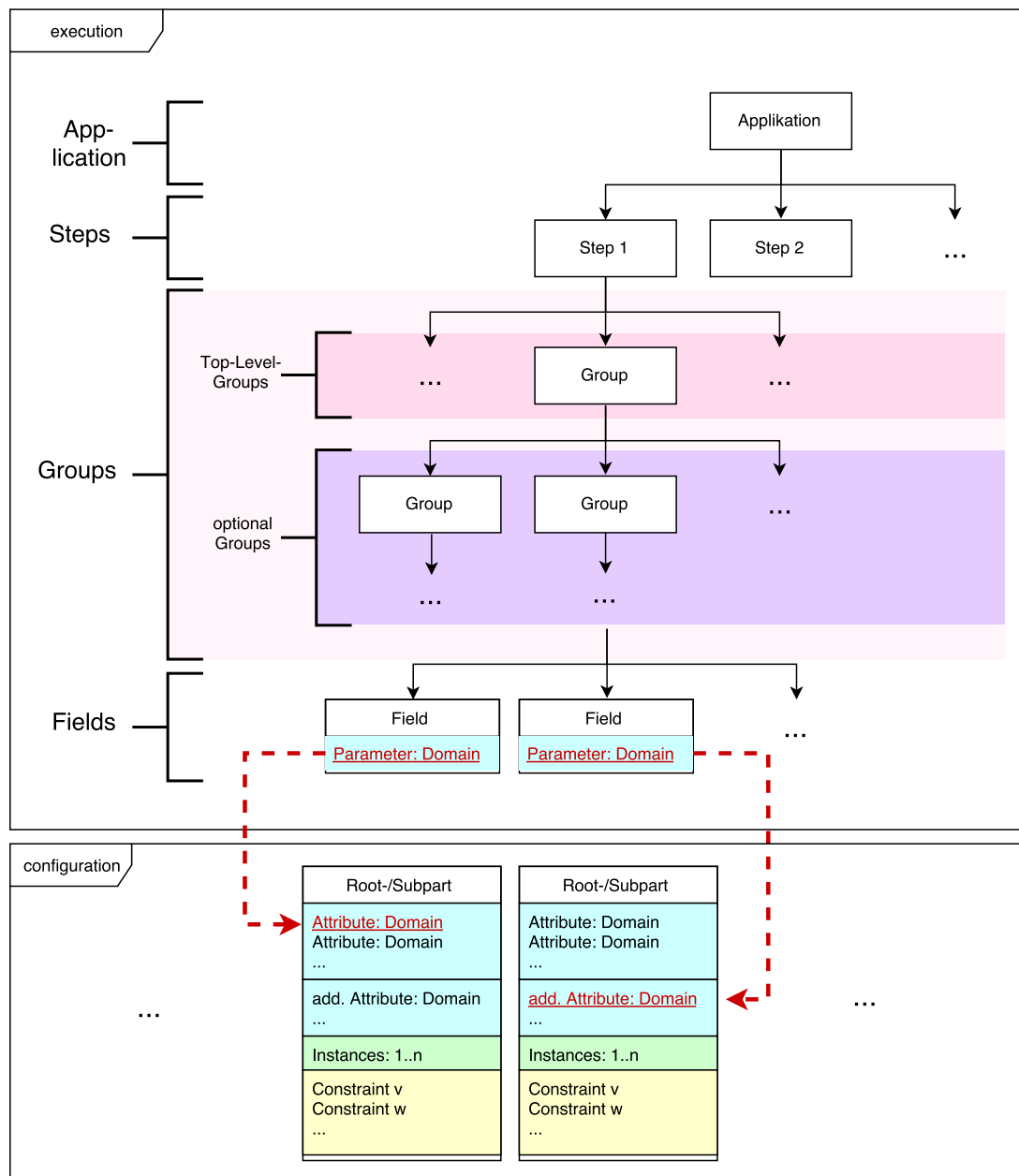


Abbildung 3.5: Generische Executionstruktur



Abbildung 3.6: Exemplarische Executionstruktur einer Notebook-Konfiguration

Abbildung 3.5 zeigt die generische Struktur der Execution als Baum. Abbildung 3.6 veranschaulicht das Konzept durch die exemplarische Umsetzung der Execution der Notebook-Konfiguration.

- Die Wurzel wird als **Applikation** bezeichnet und kapselt den Konfigurationsprozess aus Anwenderperspektive.
Beispiel: Eine Notebook-Konfiguration.
- Die nächste Knotenebene wird als **Steps** bezeichnet. Sie legen fest, in welcher Reihenfolge die Optionen präsentiert werden. Das ist in verschiedenen Fällen sinnvoll. Zum Beispiel dann, wenn komplexe Probleme in mehrere Schritte unterteilt oder Werte für spätere Schritte gesetzt werden sollen.
Beispiel: In Step 1 legt der Anwender eine Preisgrenze fest. In Schritt 2 wird die technische Spezifikation getroffen.
- Nun folgen 1..n Knotenebenen, die als **Groups** bezeichnet werden. Sie fassen Optionen zu logischen Einheiten zusammen. Die in Gruppen angeordneten Optionen müssen nicht in einer bestimmten Reihenfolge beantwortet werden.
 - (a) Die oberste Group-Ebene **Top-Level-Groups** ist obligatorisch.
Beispiel: Eine 'Speicher'-Group in Step 2.

- (b) Die Unterteilung in weitere Groups ist optional. Es kann beliebig tief geschachtelt werden.

Beispiel: unter 'Speicher' wird die Group 'Massenspeicher' angelegt, um sie vom 'RAM' zu unterscheiden.

- **Fields** sind das, womit eine Entscheidung über die Konfiguration getroffen wird. Aus Anwendersicht besteht ein Field aus einer Beschreibung und einem Interaktionselement. Eine technischer Sicht kapselt ein Field einen Parameter mit einem Wertebereich (Domain), aus welchem ein Wert (Value) gewählt wird. Die Parameter stammen aus den Attributen der Parts. Damit ist ein Parameter mit einem Part-Attribute verknüpft, wie ein Part-Attribute mit einem Features der Component Class verknüpft sind. Je nach Interaktionselement wird in unterschiedliche Feldtypen unterschieden:

- (a) **Menu:** Wahl aus einem Wertebereich, z.B. über ein Dropdownmenü realisiert.

Beispiel Massenspeicher:

Parameter = Storage-Part.type, Domain = ['HD', 'SSD']

Beispiel CPU-Kerne:

Parameter = CPU-Part.cores, Domain = [1..4].

- (b) **Number:** Eingabe eines eigenen Wertes in ein Textfeld.

Beispiel Preisgrenze (Eingabe in Schritt 1):

Parameter = Notebook-Part.maxPrice, Domain = [integer]

- (c) **Label:** Anzeige eines Wertes aus Informationsgründen.

Beispiel Aktueller Preis (Anzeige in Schritt 2):

Parameter = Notebook-Part.price, Domain = [integer]

Die Feldtypen (a) und (b) haben gemein, dass der Anwender einen Wert aus einem Wertebereich festlegt. Bei (a) ist der Wertebereich eine Menge ausdefinierter Optionen, bei (b) ein Zahlenbereich, wobei er selbst eine Eingabe tätigt. Um die Formulierung kurz zu halten, wird das, was vom Anwender festgelegt wird, im Folgenden unter dem Begriff „gewählte Option“ zusammen gefasst.

Das Modell wird in einer XML-basierten Format mit der Dateiendung '.tcx' abgelegt. Die Entwicklung einer solchen Datei wird von entsprechenden Programmen unterstützt. Hierfür kann zum Beispiel „TCstudio“ genutzt werden, welches eine grafische Oberfläche zur Modellentwicklung bietet (Tacton Systems AB, 2015).

Zwischenfazit

Das Tacton-Modellierungskonzept wurde vorgestellt. Neben dem Konfigurationswissen werden darin auch die Optionen des Anwenders definiert. Diese werden durch

Steps in eine Reihenfolge gebracht und durch Groups logisch gegliedert. Über Felder wählt der Anwender Optionen. Der Feldtyp Number ermöglicht die Eingabe eines eigenen Wertes. So werden Komponenten definiert, die nach Kundenanforderung konstruiert werden müssen. Entsprechend der vorgestellten Produktklassifizierung in Kapitel 2.1.2 werden so auch MTO Produkte abgebildet.

Das Konfigurationsmodell definiert die Interaktionsstruktur. Diese muss jedoch noch in Form einer Konfigurationsoberfläche dargestellt werden. TCsite stellt eine solche Oberfläche zur Verfügung. Die Anwendung wird im folgenden analysiert.

3.2 TCsite

TCsite ist ein webbasierter Vertriebskonfigurator. Er könnte theoretisch von Endkunden genutzt werden, bildet aber nicht die Prozesse eines eShops nach. Stattdessen handelt es sich um eine CPQ-Lösung (Configure-Price-Quote). Das bedeutet: der Anwender wird durch den Konfigurationsprozess geführt, was in einer Preiskalkulation resultiert, woraus wiederum ein Angebot erstellt wird. Eine unmittelbare Bestellung mit Zahlungsabwicklung ist nicht vorgesehen. Der Anwendungsbereich liegt also im B2B (Tacton Systems AB, 2015).

Technisch betrachtet ist TCsite eine Webanwendung. Im Lieferumfang sind 'Apache Tomcat' als Application Server sowie der **TCserver** enthalten. TCserver ist das, was gemäß Kapitel 2.2 als eigentlicher Konfigurator bezeichnet wird. Er beherbergt die Konfigurationsengine. Damit ist das System gemeint, welches Konfigurationsaufgaben verarbeitet und Ergebnisse in unterschiedlicher Form präsentiert (Tacton Systems AB, 2013). Abbildung 3.7 veranschaulicht die High-Level-Architektur des Standardsetups.

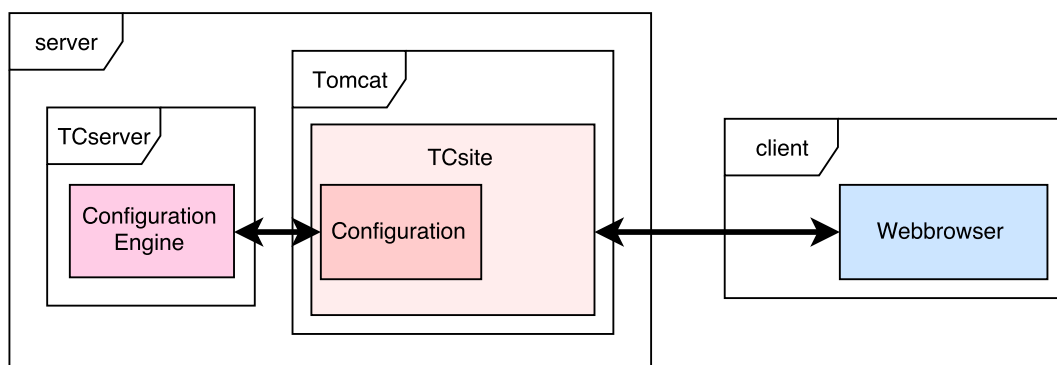


Abbildung 3.7: High-Level-Architektur von TCsite

3.2.1 Architektur

Abbildung 3.8 visualisiert die offene Schichtenarchitektur von TCsite. Offen bedeutet, dass jede Schicht mit allen darunter liegenden Schichten kommunizieren kann. Das Fundament bildet die Persistenzschicht. Sie realisiert die Datenhaltung. Die Plattform bildet ein Application Programming Interface (API) mit den Basisfunktionalitäten für die darüber liegenden Schichten. Die Module realisieren jeweils eine der drei Oberflächenbereiche der Anwendung. Außerdem bieten sie Services und Erweiterungspunkte für die oberste Schicht: die Plugins. Durch diese kann die Funktionalität von TCsite individuell erweitert werden (Tacton Systems AB, 2014b).

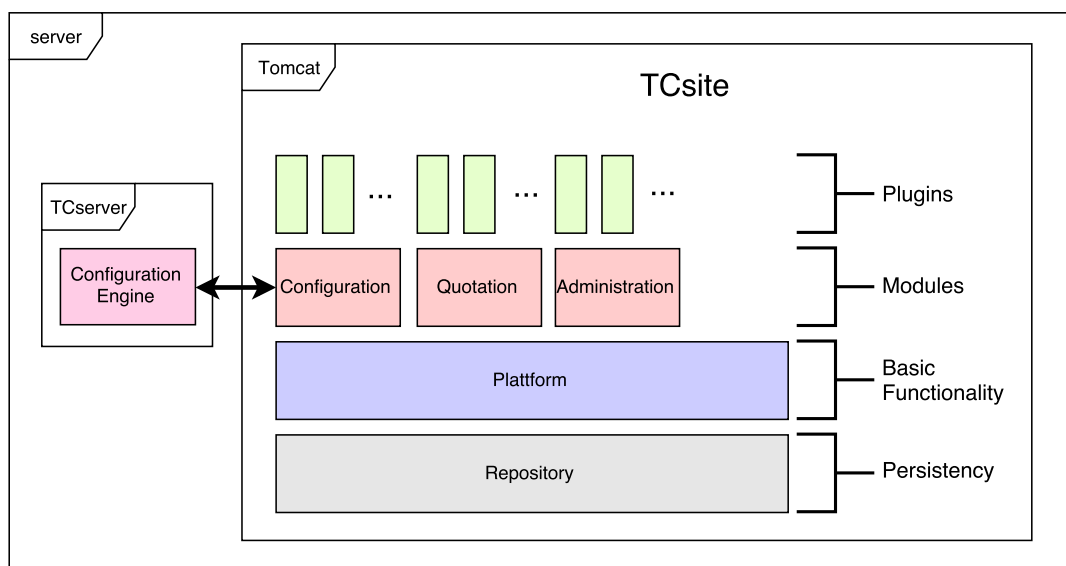


Abbildung 3.8: Schichtenarchitektur von TCsite

Im Folgenden werden die Architekturkomponenten von unten nach oben vorgestellt.

Repository

Das Repository bietet eine Datenbank sowie eine Reihe von Funktionen zum Lesen und Schreiben der TCsite-Objekte. Das Repository ist in einen lokalen und einen globalen Speicher strukturiert. Wird ein Objekt erstellt oder geöffnet, geschieht die Bearbeitung immer auf einer Arbeitskopie in dem für jeden Nutzer spezifischen lokalen Speicher. Änderungen sind solange für andere Nutzer unsichtbar. Erst ein Commit sorgt für die nutzerübergreifende Sichtbarkeit im globalen Speicher. Bei dieser Übertragung wird eine Revisionshistorie über Objektänderungen geführt, so dass alte Zustände wieder abrufbar sind (Tacton Systems AB, 2014b).

Administration

Dieses Modul bildet die Administrationsoberfläche, dargestellt in Anhang .1. Hier werden Einstellungen getroffen und Verwaltungsaspekte realisiert. Dazu gehört zum Beispiel die Verwaltung der Nutzergruppen und Produkte.

Die Nutzergruppen definieren, welche Rechte ein TCsite-User hat. Standardmäßig verfügbar sind die Nutzergruppen „Standarduser“, „Systemadministrator“ und „Integrationuser“. Letzterer Typ dient der Authentifizierung bei der Kommunikation mit externen Systemen, zum Beispiel bei einem Integrationsszenario. Bildlich personifiziert jede externe Webanfrage einen Gast, der die Maske des Integration Users aufgesetzt und dessen Rechte bekommt.

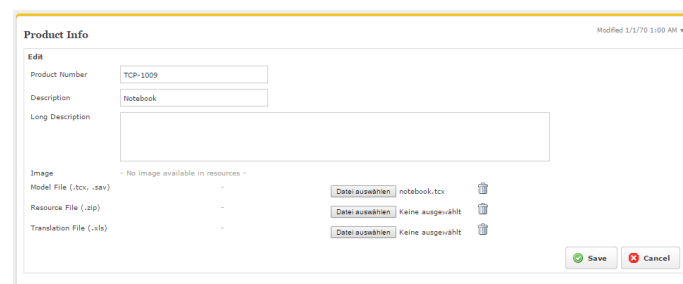


Abbildung 3.9: Detailsansicht eines Produktes aus dem Produktkatalog

Außerdem wird hier der Produktkatalog verwaltet. Abbildung 3.9 zeigt die Detailsansicht eines Produktes. Die Darstellung macht deutlich, dass neben Produktbeschreibungen auch Dateien hinterlegt werden. Wird eine Modelldatei hochgeladen, ist das Produkt konfigurierbar. Ressourcen, wie z.B. Bilder, oder eine Übersetzungsdatei können ergänzend hinzugefügt werden ???. Entsprechend der Definition eines Konfigurationsmodells in Kapitel 2.2 wird so kein bestimmtes Produkt, sondern implizit alle seine Varianten angelegt.

Quotation

Das Quotation-Modul erstellt die Quotation-View, dargestellt in Abbildung 3.10. Technisch betrachtet realisiert das Modul Methoden für die Manipulation und Anzeige von **Quotations** sowie zur Dokumentengenerierung aus der mit ihr im Zusammenhang stehenden Daten. Aus Anwendersicht ist eine Quotation ein Angebot, dass die für ihn konfigurierten Produkte enthält. Diese werden als **QuotationItems** bezeichnet und unter 'Products' gelistet (siehe [1]) (Tacton Systems AB, 2014b). Betrachtet man eine Quotation als Warenkorb, sind die QuotationItems die Warenkorbartikel. Der Vergleich hinkt insofern, als dass die Artikel eines Warenkorbs auch unabhängig von diesem existieren. Ein QuotationItem ist jedoch eine konkrete Variante eines

konfigurierbaren Produktes, die innerhalb der Quotation existiert.

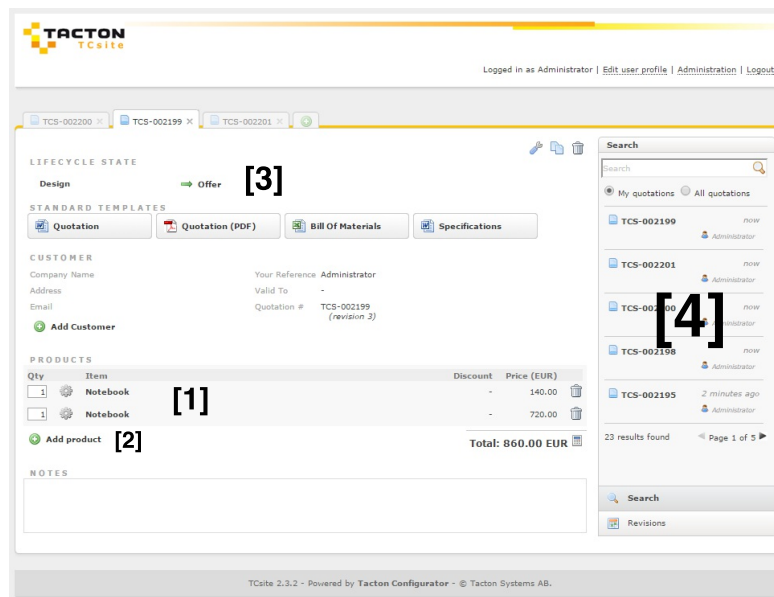


Abbildung 3.10: Quotation-View von TCsite

Die Produktkonfiguration wird über die Schaltfläche 'Add Product' gestartet (siehe [2]). Daraufhin wählt der Anwender das gewünschte Produkt aus einer Liste aus. Im Anschluss geschieht der Übergang zum Configuration-Modul ??.

Eine Quotation hat weiterhin einen Lebenszyklus, welcher unter 'Lifecycle State' dargestellt wird (siehe [3]). Das Angebot befindet sich zu jedem Zeitpunkt in einem bestimmten Zustand, welche über den Administrationsbereich verwaltet werden. Die Zustandsabfolge definiert den sogenannten „Workflow“. Zustände unterscheiden sich in der Sichtbarkeit für verschiedene Nutzergruppen und deren Editierbarkeit. Beispielsweise kann sich eine Quotation in den Zuständen „Design“ oder „Offered“ befinden. In letzterem Zustand ist nicht mehr änderbar, damit keine Inkonsistenz zum herausgegebenen Angebot entstehen kann (Tacton Systems AB, 2014c).

Die Box auf der rechten Seite stellt den Index aller Quotations dar (siehe [4]). Unter dem Suchfeld ist einstellbar, ob nur die Quotations des eingeloggten Nutzers gezeigt werden, oder ob nutzerübergreifend gelistet werden sollen. Wie im Administrationsbereich erwähnt, agieren auch externe Systeme als Nutzer, nämlich als Integration User. Auch Quotations, die von dieser Nutzergruppe stammen, werden hier gelistet (Tacton Systems AB, 2014c).

Configuration

Das Configuration-Modul realisiert den C-Teil des CPQ-Prozesses: die Konfiguration. Es rendert die Konfigurationsoberfläche und verwaltet die mit der Konfiguration im Zusammenhang stehenden Objekte (Tacton Systems AB, 2014b). Im Modul werden zwar Konfigurationsaufgaben formuliert, aber nicht gelöst. Dies übernimmt der TCserver. Somit ist die Konfiguration als Client-Server Architektur implementiert. Das Configuration-Modul präsentiert Services, die die Kommunikation mit der Konfigurationsengine abstrahieren (Tacton Systems AB, 2014a). Ansonsten ist der TCserver nicht unmittelbar ansprechbar.

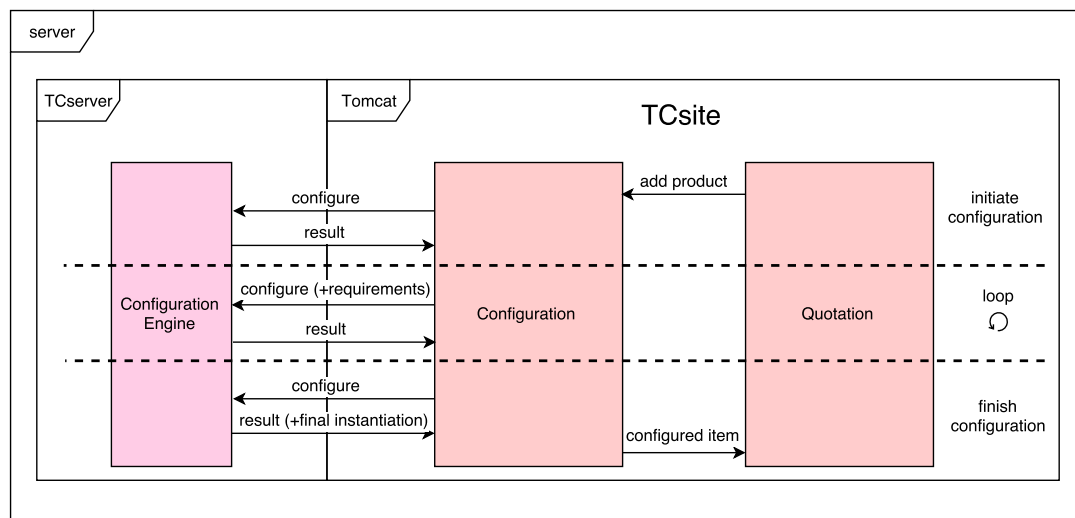


Abbildung 3.11: Kommunikation zwischen TCsite und TCserver

Abbildung 3.11 veranschaulicht die Kommunikation zwischen TCsite und TCserver während der Konfiguration. Das Configuration-Modul führt wiederholt zustandslose Aufrufe ('configure') der Konfigurationsengine durch, welche eine Antwort produziert ('result') (Tacton Systems AB, 2014b). Dabei weicht die Semantik von 'configure' und 'result' von den Definitionen der Konfigurationsaufgabe und -lösung aus Kapitel 2.2.1 ab. Laut Kapitel 2.2.4 müssen interaktive Konfiguratoren einen Mechanismus zum Merken aller bisher gewählten Optionen, d.h. den Konfigurationszustand, besitzen. Eben wurde bemerkt, dass die Aufrufe zustandslos sind. Also wird kein serverseitiger Kontext aufgebaut, der den Konfigurationszustand enthält. Die Alternative ist die Übertragung des Zustands in jedem Aufruf. Demzufolge enthält der 'configure'-Aufruf (1) das Konfigurationsmodell (2) die aktuell gewählte Option oder Eingabe des Anwenders und (3) den Konfigurationszustand (Tacton Systems AB, 2014a). Diese Bestandteile werden ab jetzt unter dem Begriff Konfigurationsengine-Input

(KE-Input) zusammengefasst. Die Antwort liefert neben der Konfigurationslösung auch die Datengrundlage zum Rendern der Konfigurationsoberfläche (Tacton Systems AB, 2014a). Dementsprechend werden diese Bestandteile des 'result' ab jetzt unter dem Begriff Konfigurationsengine-Output (KE-Output) zusammengefasst.

Die Kommunikation läuft in drei Phasen ab. Der erste KE-Input beinhaltet noch keine Wahl des Anwenders. Sie dient dem initialen Aufbau der Konfigurationsoberfläche entsprechend der Execution, die im Konfigurationsmodell definiert wurde. Die Konfiguration startet immer in Step 1. Die Steps müssen in der vordefinierten Reihenfolge abgearbeitet werden. Nun beginnt die Loop-Phase. Nach jeder Wahl einer Option wird die Konfigurationsengine aufgerufen und daraufhin die Oberfläche neu gerendert. Die Oberfläche spiegelt dabei den Konfigurationszustand wieder, d.h. die bisher gewählten Optionen und Eingaben werden hervorgehoben. Wird die Konfiguration im letzten Step vom Anwender abgeschlossen, erfolgt ein letzter Aufruf der Konfigurationsengine. Aus dem KE-Output ist die Konfigurationslösung, d.h. die finale Instanziierung, extrahierbar (Tacton Systems AB, 2014b).

Der Vorgang wird anhand des Notebook-Beispiels aus Kapitel 3.1.2 veranschaulicht. Abbildung 3.12 zeigt die Konfigurationsoberfläche in TCsite. Die befindet sich im zweiten Step gezeigt. Mittels [1] wird zwischen den Steps gewechselt. [2] erlaubt die Navigation durch die Top-Level-Groups des aktuellen Steps. [3] stellt die Felder der aktuellen Top-Level-Group dar. Anhang .2 zeigt anhand der 'Speicher'-Gruppe die Darstellung tieferer Group-Ebenen (siehe Kapitel 3.1.2). Außerdem wird bei [4] noch eine weitere Top-Level-Group angezeigt: die sogenannte Info-Group. Allerdings wurde bei der Execution in Kapitel 3.1.2 gar keine Info-Group explizit definiert. Offensichtlich wird eine Top-Level-Group dann als Info-Group dargestellt, wenn sie nur Felder vom Typ Label enthält. Die Schlussfolgerung ist, dass die Oberfläche nicht nur präsentiert, sondern auch Darstellungslogik enthält.

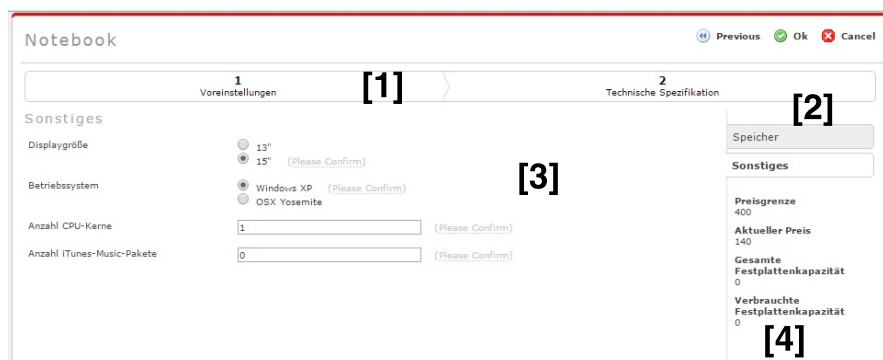


Abbildung 3.12: TCsite Configuration-View einer Notebook-Konfiguration

Es fällt auf, dass bereits Optionen gewählt sind - obwohl der Anwender noch gar nichts Entschieden hat. Offensichtlich hat die Konfigurationsengine initial Default-Values gesetzt. Sie sind durch den grauen 'Please Confirm'-Hinweis gekennzeichnet.

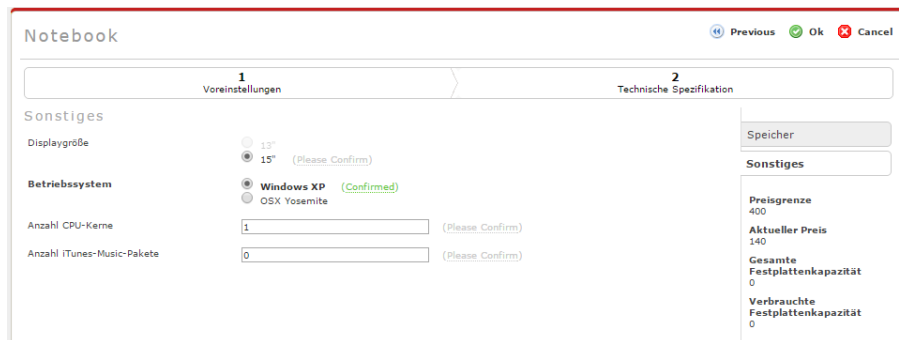


Abbildung 3.13: TCsite Configuration-View einer Notebook-Konfiguration nach Anwenderwahl

Abbildung 3.13 zeigt die Konfiguration, nachdem der Anwender eine Option gewählt hat (Parameter: OS.type, Value: 'Windows CP'). Die gewählte Option wird „unverhandelbar“. Das wird gekennzeichnet durch das grüne 'Confirmed'. Außerdem wird überprüft, wie die gewählte Option die anderen verfügbaren Optionen beeinflusst. Was zu einem Konflikt führt, wird ausgegraut. Beim Feld 'Displaygröße' ist zu beobachten, dass die Wahl der Konfigurationsengine von '13' auf '15' geändert wurde. Offensichtlich sind Werte, die nicht vom Anwender gesetzt wurden, „verhandelbar“. Die Konfigurationsengine hält die Konfiguration folglich immer in einem korrekten Zustand. Durch einen Klick auf 'Confirm' bzw. 'Please Confirm' können Optionen zwischen verhandelbar und unverhandelbar wechseln.

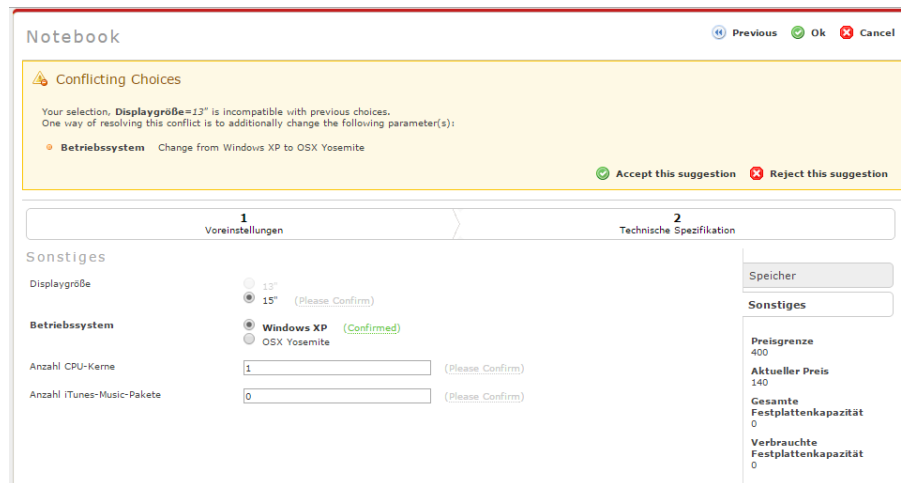


Abbildung 3.14: TCsite Configuration-View in einer Konfliktsituation

Ausgegraute Optionen sind dennoch wählbar. Abbildung 3.14 zeigt die Configuration-View nach einem Klick auf die Displaygröße '13'. Dennoch ist '15' immer noch die aktive Option. Gleichzeitig wird am oberen Ende eine Konflikthinweis angezeigt. Die Konfigurationsengine weist darauf hin, dass Optionen im Widerspruch stehen und schlägt eine Konfliktlösung vor. Diese kann angenommen oder abgelehnt werden. Im letzteren Fall bleibt die Konfiguration einfach in dem Zustand vor der Wahl der konfliktverursachenden Option. Auch die Eingabe von Werten in ein Textfeld kann zu Konflikten führen. Beispielsweise dann, wenn diese außerhalb der Domain des Parameters liegen oder im Widerspruch mit einer anderen Wahl stehen.

Wird die Konfiguration über die Schaltfläche 'Ok' beendet, kehrt TCsite zum Quotation Modul zurück. Dort erscheint das konfigurierte Produkt in der Liste der QuotationItems.

3.2.2 Erweiterbarkeit

Zur Erweiterung der Funktionalität bietet TCsite ein Pluginkonzept, welches Abbildung 3.15 visualisiert. Neben den oben diskutierten Verantwortlichkeiten definiert die Plattform und die Module sogenannte Extensionpoints (Tacton Systems AB, 2014a). Extensionpoints sind das, was in anderen Erweiterungskonzepten als Events bezeichnet wird: Ereignisse im Kontrollfluss der Geschäftsprozesse. Plugins können Methoden bereitstellen, die an den entsprechenden Ereignisstellen aufgerufen werden (Tacton Systems AB, 2014b).

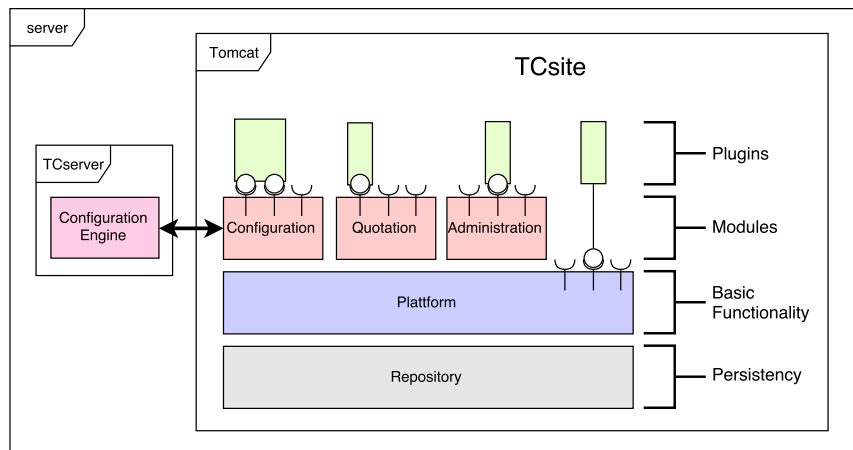


Abbildung 3.15: TCsite Pluginkonzept

Jedes Plugin hat Zugriff auf das Repository, die Plattform und das Modul, zu dem es gehört. Die Plattform stellt außerdem ein paar spezielle Erweiterungspunkte bereit. Sie erlaubt unter anderem die Definition von Webcontrollern. Das bedeutet: Methoden, die auf HTTP-Requests an bestimmte URIs innerhalb des TCsite-Adressraums reagieren.

3.2.3 Fazit

Der Produktkatalog von TCsite besteht nicht aus explizit ausdefinierten Varianten, sondern Produkten mit Konfigurationsmodellen. Erst innerhalb einer Quotation werden aus den Konfigurationsmodellen kundenspezifische Varianten generiert. Dies passiert im Configuration-Modul. Die Konfiguration geschieht durch die Definition von KE-Inputs, die mit KE-Outputs beantwortet werden. Ein KE-Input wird im Configuration-Modul zusammengestellt. Es besteht aus dem Konfigurationsmodell, der gewählten Option und allen vergangenen gewählten Optionen (Konfigurationszustand). Das Configuration-Modul nimmt den KE-Output entgegen und rendert die Konfigurationsoberfläche auf dessen Grundlage neu.

Die Daten aus dem KE-Output, die zum Rendern der Konfigurationsoberfläche genutzt werden, können auch einem externen System zur Verfügung gestellt werden, um dort eine entsprechende Oberfläche zu erstellen. Über diese kann der Anwender Optionen wählen, die dann an das Configuration-Modul zurückgegeben werden. Dort wird in Verbindung mit dem Konfigurationsmodell und dem Konfigurationszustand ein KE-Input definiert. Über den KE-Output kann die Konfigurationsoberfläche im externen System wiederum aktualisiert werden. Die für diesen Vorgang relevan-

ten Informationen müssen nur irgendwie zwischen dem externen System und dem Configuration-Modul transportiert werden. Das Pluginkonzept erlaubt die Definition von Serviceendpunkten über Webcontroller. An diesen können HTTP-Requests ausgewertet und beantwortet werden. Dadurch kann ein Webservice implementiert werden, der eine Schnittstelle für externe Konfigurationsoberflächen bereitstellt.

Potentieller Client dieses Services ist jedes System, welches HTTP nutzen kann. Das trifft auf jede Webanwendung zu. eShops-Systeme sind per se Webanwendungen. Somit können technische Bedingungen an das eShop-System für das Integrationsszenario formuliert werden: (1) das System muss modifizierbar sein, (2) die Modifizierung muss einen Webservice in einer Client-Server Architektur nutzen können und (3) die Verwaltung von Varianten muss integraler Bestandteil des Systems sein.

?????????Jedes Shopsystem, welches diese technischen Bedingungen erfüllt, kommt für das Integrationsszenario in Frage. Ein internen Evaluierungsprozess der Lino GmbH, bei dem zusätzlich ökonomische Faktoren bewertet wurden, hat zu Shopware als System für die prototypische Entwicklung geführt.??????

3.3 Shopsystem

Shopware wird von der shopware AG in Schöppingen entwickelt. Das eShop-System ist aus einer Individuallösung gewachsen, welche 2003 von den heutigen Geschäftsführern entwickelt wurde. Infolgedessen wurde das Unternehmen 2008 als Vertriebsgesellschaft für die Software gegründet. Aktuell liegt die fünfte Version vor. Shopware wird in einem Dual-License Modell vertrieben. Die Community Edition wird unter der GNU Open-Source Lizenz „AGPLv3“ angeboten. Außerdem existieren drei kommerzielle Versionen (shopware AG, 2015f).

Im Folgenden wird Shopware einer technischen Analyse unterzogen. Darauf aufbauend wird die Erweiterbarkeit des Systems besprochen. Anschließend wird diskutiert, wie die Produktkonfiguration in der Standardinstallation technisch realisiert wird. Daraus kann eine Abgrenzung zum Tacton-Produktkonfigurator gewonnen und gleichzeitig dessen Integration motiviert werden. Die abschließende Betrachtung der Konfiguration im Einkaufsprozess liefert Ansatzpunkte für das Integrationskonzept.

3.3.1 Architektur

Shopware basiert auf der Programmiersprache PHP und verwendet eine relationale MySQL Datenbank. Grundlage des Technologiestacks ist das Zend-Framework, welches in der eigenentwickelten Abwandlung namens Enlight vorliegt (shopware AG,

2015a).

Die Shopware-Architektur implementiert das Model View Controller (MVC)-Muster, dargestellt in Abbildung 3.16. Das **Model** definiert die Datenstrukturen des Systems (z.B. Artikel, Kategorien, Bestellungen etc.). Doctrine wird für die objektrelationale Abbildung (ORM) verwendet. Dadurch wird eine Abstraktionsschicht über die Datenbank aufgebaut (shopware AG, 2015a). Das Framework ermöglicht die zentrale Definition der Datenbankstruktur in PHP und einen objektorientierten Datenzugriff (shopware AG, 2014b).

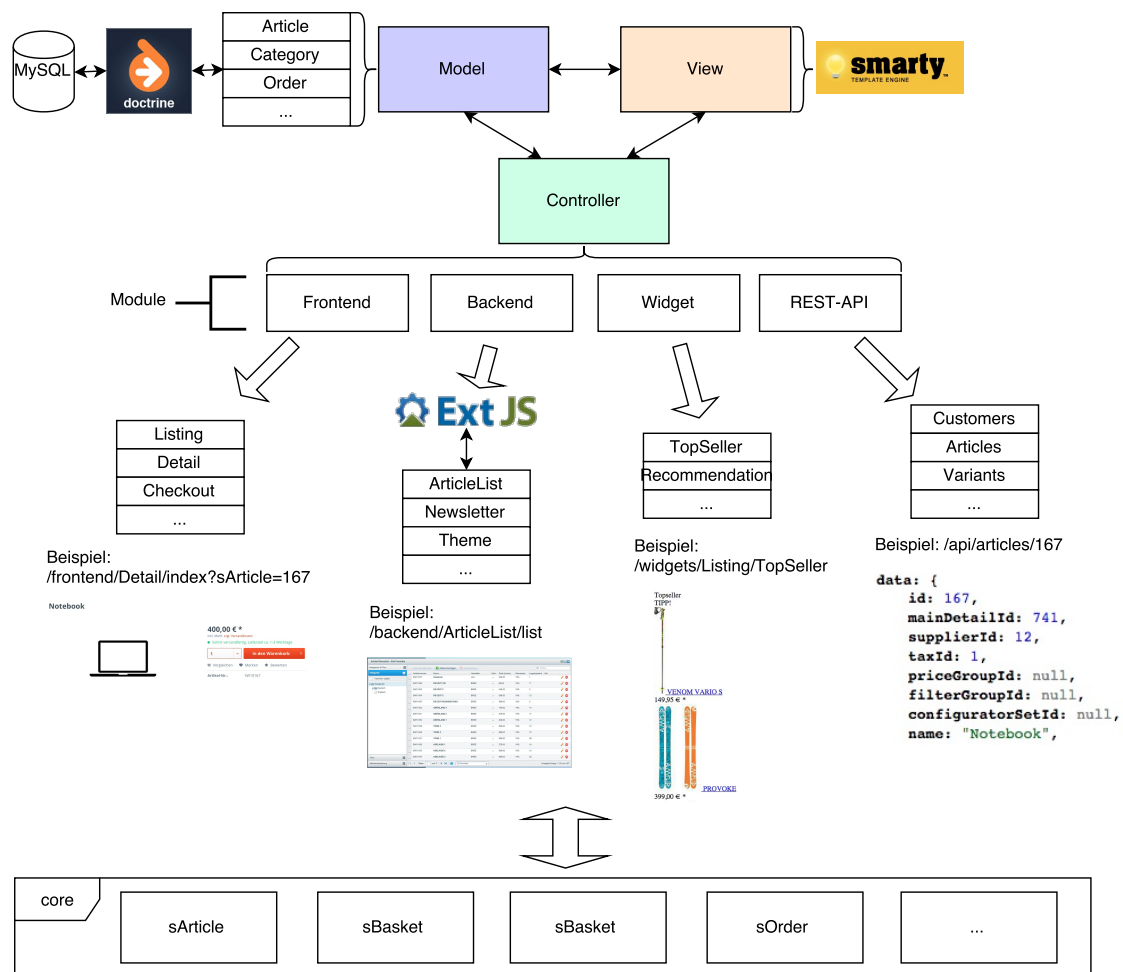


Abbildung 3.16: Shopware High-Level-Architektur

Die **View** nutzt die Templating-Engine Smarty. Diese erweitert den HTML-Syntax um spezielle Smarty-Tags. Sie ermöglichen unter anderem die Definition von Variablen zur Darstellung von Daten aus dem Model. Außerdem können über Smarty-Tags sogenannte Blöcke definiert werden. Es handelt sich hierbei um adressierbare

Bereiche innerhalb eines Templates, die das Markup strukturieren. Sie spielen eine Rolle für das Erweiterungskonzept (shopware AG, 2015a).

Controller sind Klassen, die Webrequests entgegen nehmen und eine Präsentation der Antwort durch Vermittlung zwischen Model und View entwickeln. Sie bieten Methoden an, welche als Actions bezeichnet werden. Diese sind die bestimmten URIs zugeordnet. Controller sind nach Verantwortungsbereichen aufgeteilt. Diese werden als Module bezeichnet und folgendermaßen typisiert (shopware AG, 2014b):

- **Frontend**-Controller sind für die Storefront zuständig. Das bedeutet: alle Seiten, die ein Kunde sieht.
Beispiele: Artikelliste einer bestimmten Kategorie, Detailseite eines Artikels, Warenkorb, Nutzeraccount, ...
- **Widget**-Controller generieren wiederverwendbare Bestandteile der Storefront.
Beispiel: Liste der meistverkauften Artikel.
- **Backend**-Controller sind für die Datenverwaltung der Shopadministration zuständig. Sie generieren jedoch keine Einzelseiten wie im Falle der Frontend-Controller. Stattdessen ist der administrative Bereich als Single-Page-Application mittels des Javascript-Frameworks Ext JS implementiert. Dieses stellt eine Menge an Steuerelementen (z.B. Menüs, Formulare, etc.) zur Verfügung.
Beispiele: Nutzerverwaltung, Artikelverwaltung, Pluginverwaltung, ...
- Für externe Systeme, die mit den Ressourcen von Shopware interagieren möchten, ist eine **REST-API** implementiert. Eine vollständige Übersicht aller Ressourcenendpunkte ist (shopware AG, 2014a) zu entnehmen.
Beispiel: Abrufen des Artikels mit der ID 167.

Der Großteil der Logik ist jedoch nicht in den Actions, sondern den sogenannten core-Klassen implementiert (shopware AG, 2014b). Beispielsweise wird der Request zum Hinzufügen eines Warenkorbartikels vom Checkout-Controller entgegen genommen, die notwendigen Geschäftsprozesse finden aber in der Serviceklasse 'sBasket' statt.

3.3.2 Erweiterbarkeit

Der Quellcode der Community-Edition liegt offen. Theoretisch ist eine Erweiterung der Funktionalität über ein direktes Eingreifen in den Shopware-Kern denkbar. Der Hersteller sieht jedoch eine Anpassung über Plugins vor. Entsprechend der MVC-Architektur wird in logische (Controller), Daten- (Model) und Template- (View) Erweiterungen unterschieden (shopware AG, 2015a).

Logische Erweiterungen

Logische Erweiterungen werden über Events und Hooks realisiert. Events sind „definierte Ereignisse, die im Workflow des Shops auftreten“ (shopware AG, 2014b). Plugins können Code registrieren, welcher an den Ereignispunkten ausgeführt wird. Steht kein Event für die geplante Modifikation zur Verfügung, kann Plugin-Code über das Hooksystem unmittelbar auf Funktionen des Shopware-Kerns registriert werden (shopware AG, 2015a). Damit ist das Erweiterungskonzept flexibler als das von TCsite.

Events werden in Controller-Events und Notify-Events unterschieden (shopware AG, 2014b). **Controller-Events** sind an den Dispatch-Vorgang gekoppelt. Der shopware-Entwickler Nögel (2015a) definiert Dispatching als einen Prozess, bei dem das Request-Objekt gehandhabt, daraus das relevante Modul, der Controller und die Action extrahiert, der entsprechende Controller instanziiert und dieser zur Behandlung des Request gebracht wird. Leitet ein Controller den Request zu einem anderen Controller weiter, wiederholt sich dieser Vorgang. Plugins können auszuführenden Code registrieren, der vor (**PreDispatch**) oder nach dem Dispatching (**PostDispatch**) ausgeführt werden soll. Außerdem können sie den Dispatch-Prozess auf eigene Funktionen umleiten und so ganze Controller-Methoden ersetzen. **Notify-Events** entsprechen hingegen den in Kapitel 3.3.2 erwähnten Extension-Points von TCsite. Sie finden beispielsweise in den Core-Klassen Verwendung. So kann abseits der Controller in den Programmablauf eingegriffen werden (shopware AG, 2014b).

Hooks bieten einen generischeren Ansatz. Events sind auf den Dispatchprozess und alle sonstigen Punkte beschränkt, an denen ein Shopware-Entwickler Erweiterbarkeit vorgedacht hat. Das Hooksystem bezeichnet die Möglichkeit, jede public und protected-Funktion von Shopware zu erweitern. Sie erlauben die Modifizierung der Eingangsparameter und Rückgabewerte der Originalfunktion sowie deren komplette Ersetzung Nögel (2015b).

Daten-Erweiterungen

Im Gegensatz zu TCsite erlaubt Shopware die Erstellung und Modifizierung von Datenbanktabellen. Sollen bestehende Datenmodelle nur um bestimmte Eigenschaften ergänzt werden sollen, existiert das Attributsystem. Gewisse Shopware-Entitäten (z.B. s_user für Shopkunden) haben Attributtabellen (z.B. s_user_attributes) in einer 1-zu-1 Beziehung zugeordnet. Plugins können diesen beliebige Spalten hinzufügen (z.B. die Lieblingsfarbe des Kunden) (shopware AG, 2015a).

Template-Erweiterungen

Die View bietet Erweiterungspunkte über das Smarty-Block-System. Die Blöcke

können durch eigenen Templatecode ersetzt oder erweitert werden. Weiterführend sind so eigene CSS- und Javascriptdateien im Seitenkopf einbindbar. Folglich kann durch Template-Erweiterungen auch clientseitige Logik implementiert werden.

3.3.3 Konfiguration

Shopware behauptet in der offiziellen Funktionsübersicht, bereits in der Standardinstallation einen Konfigurator zu besitzen (shopware AG, 2015b). Im Folgenden wird dessen Implementierung analysiert. Daraufhin wird dessen Integration in den Einkaufsvorgang diskutiert.

Technische Analyse

Ein Artikel wird über den entsprechenden Menüpunkt im Backend angelegt (siehe Abbildung ??). Über das Userinterface kann dieser als „Varianten-Artikel“ gekennzeichnet werden. Dadurch wird der Variantenreiter aktiviert, unter dem der Administrator alle Varianten des Artikels festlegt.

Dazu werden sogenannte „Gruppen“ (z.B. 'Storage') angelegt, die wiederum „Optionen“ (z.B. 'HDD' oder 'SSD') besitzen. Das ist äquivalent zu den Begriffen „Parameter“ und „Domain“ in der Execution des Tacton-Konfigurationsmodells, welches in Kapitel 3.1.2) vorgestellt wurde. Es werden also die Wahlmöglichkeiten des Anwenders definiert, jedoch ohne Konfigurationswissen. Die Gruppen und Optionen werden separat in der Datenbank gespeichert und sind Artikelübergreifend verwendbar. Über den Button „Varianten generieren“ (siehe Abbildung .4) werden alle Varianten explizit in der Datenbank angelegt, die sich aus der Kombination der Optionen ergeben. Das Notebook-Beispiel aus Kapitel 3.1 würde damit folgende Rechnung ergeben:

$$3_{\text{Massenspeicher1}} * 3_{\text{Massenspeicher2}} * 2_{\text{Arbeitsspeicher}} * 2_{\text{Displaygröße}} * 2_{\text{Betriebssystem}} * 4_{\text{AnzahlCPU-Kerne}} * 99_{\text{AnzahlTunes-Music-Pakete}} = 28512 \text{ Varianten}$$

Damit passiert das, was durch das Konfigurationsmodell laut Kapitel 2.2.1 verhindert werden soll: das explizite definieren und abspeichern aller Varianten. Es gibt keine Constraints. Dementsprechend muss der Administrator händisch alle inkorrekte Varianten löschen und die Preise der korrekten Varianten eintragen. Die in Kapitel 2.2.1 vorgestellte Konfigurationsdefinition Sabin und Weigel (1998) fordert aber Constraints. Somit stellt Shopware keine Konfiguration bereit, sondern die Selektion einer explizit definierten Variante entsprechend der gewählten Optionen aus einer Datenbank.

Einkaufsvorgang

Ausgehend von dieser Analyse ist der Einkaufsvorgang eines Varianten-Artikels unter

Berücksichtigung der technischen Prozesse als Aktivitätsdiagramm in Abbildung 3.17 darstellbar .

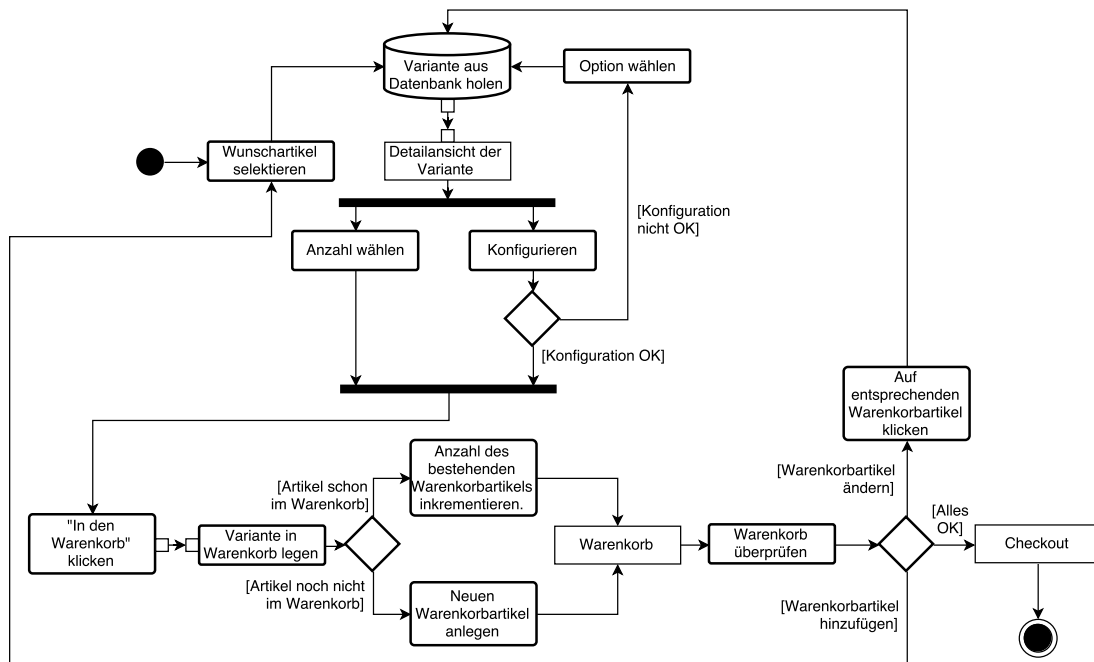


Abbildung 3.17: Fussdiagramm der Einkaufsvorgangs eines Varianten-Artikels in Shopware

Mittels der Katalog- oder Suchfunktion wählt der Kunde einen konfigurierbaren Artikel aus. So kommt er zu dessen Detailseite. Neben beschreibenden Texten und Bildern befindet sich hier die Konfigurationsoberfläche (siehe Abbildung .5). Zu jeder Gruppe wird ein Menü mit den entsprechenden Optionen angezeigt. Die Auswahl einer Option führt zum Reload der Seite mit der aktuellen Variante. Dieser Vorgang wiederholt sich so lange, bis der Artikel den Vorstellungen des Kunden entspricht. Außerdem wird die Anzahl eingestellt. Über den „In den Warenkorb“ Button wird der Artikel in den Warenkorb gelegt. Ist diese Variante bereits im Warenkorb, wird die Anzahl des entsprechenden Warenkorbartikels inkrementiert. Anderenfalls entsteht eine neue Warenkorbposition. Im Warenkorb ist an der jeweiligen Artikelbezeichnung ablesbar, welche Optionskombination vorliegt (siehe Abbildung .6). Nun überprüft der Kunde den Warenkorb. Möchte er weitere Artikel hinzufügen, beginnt der Prozess mit der Auswahl des Wunschartikels von vorne. Ist der Kunde mit einer Warenkorbposition noch nicht zufrieden, kommt er über einen Klick auf den entsprechenden Artikel zur Detailansicht dieser Variante zurück. Nun können andere Optionen gewählt werden. Ein erneuter klick auf „In den Warenkorb“ aktualisiert nicht etwa

die zugehörige Warenkorbposition, sondern erzeugt eine neue. Die alte Variante verbleibt zusätzlich im Warenkorb. Ist der Nutzer mit allen Warenkorbbartikeln zufrieden, wird der Bestellvorgang über den Checkout-Prozess abgeschlossen.

3.4 Fazit

Shopware bietet in der Standardinstallation keine Funktionalität, die der Definition eines Konfigurators gerecht wird. Stattdessen wird eine Variantenselektion durchgeführt. Da alle Varianten explizit vordefiniert sind, werden dadurch die in Kapitel 2.1.2 beschriebenen ATO-Produkte abgebildet. Die Analyse in Kapitel 3.1 hat ergeben, dass Konfigurationsmodellen auch MTO-Produkte abbilden kann. Eine Integration des Tacton-Produktkonfigurators in Shopware würde somit dessen Angebotsspektrum in Bezug auf Produktionskonzepte erweitern.

Im Fazit der TCsite-Analyse (Kapitel 3.2.3) wurde geschlussfolgert, dass eine Konfigurationsoberfläche auch in einem externen System umsetzbar ist. Über Webcontroller kann ein Webservice implementiert werden, mit der die Konfigurationsoberfläche kommuniziert. Webcontroller werden per Plugin definiert. Für die Arbeit bedeutet dies, dass ein Plugin zu erstellen ist, welches eine Konfigurationsschnittstelle für externe Konfigurationsoberflächen anbietet. Das Plugin versorgt das externe System mit den nötigen Informationen zum Rendern der Oberfläche. Im Gegenzug teilt das externe System dem Plugin die gewählten Optionen des Anwenders mit. Das Configuration-Modul kann auf dieser Grundlage einen KE-Input definieren. Die weiteren Bestandteile des KE-Input sind das Konfigurationsmodell, auf welches sich die aktuell gewählte Option bezieht, und der Konfigurationszustand, der die bisher gewählten Optionen speichert. Bleiben diese Bestandteile nach in der Obhut von TCsite bleiben, entsteht im externen System kein Overhead an zusätzlicher Datenverwaltung.

In Kapitel ?? wurde das Plugin-Konzept von Shopware vorgestellt. Die logischen Komponenten, Datenhaltung und Templates sind erweiterbar. Letzteres ermöglicht das Rendern einer Konfigurationsoberfläche in Shopware. Die Analyse der Einkaufsvorgangs mit konfigurierbaren Artikeln in Kapitel 3.3.3, impliziert wo die Konfigurationsoberfläche gerendert werden muss. Außerdem in der Analyse des Einkaufsvorgangs gezeigt, wie konfigurierte Artikel ihren Lebenszyklus im Warenkorb fortsetzen. Das impliziert Änderungen über die reine Integration einer Konfigurationsoberfläche hinaus. Für die Arbeit bedeutet das, dass ein Shopware-Plugin zu erstellen ist, welches (1) eine Konfigurationsoberfläche bereitstellt und (2) die konfigurierten Artikel in den Einkaufsvorgang integriert.

Nach diesem Grobkonzept der jeweiligen Verantwortungsbereiche wird in der folgenden Anforderungsanalyse definiert, was die beiden Plugins im Details leisten müssen.

4 Anforderungen

Ziel der Arbeit ist die Entwicklung eines Systems. Dieses System wird in Abbildung 4.1 in eine Beziehung mit den Elementen gebracht, welche aus der Analyse des vorherigen Kapitels hervorgehen. Der Systemkontext stellt die Umgebung dar, der die für die Entwicklung relevanten Aspekte beinhaltet. Was das System hingegen nicht beeinflusst, ist Teil der irrelevanten Umgebung.

In Kapitel 4.1 wurde erwähnt, dass die Kommunikation mit dem TCserver vom Configuration-Modul abstrahiert wird. Von außen ist also nicht ersichtlich, dass der Konfigurationsprozess durch eine Serveranwendung realisiert wird. TCserver ist also Teil der irrelevanten Umgebung.

Zum Systemkontext gehört TCsite, da es das Configuration-Modul beherbergt. Außerdem verwaltet die Anwendung die Konfigurationsmodelle und -zustände. Weiterhin ist Shopware teil des Kontexts. Dort soll eine Konfigurationsoberfläche integriert und die resultierenden Varianten in den Einkaufsvorgang integriert werden. Der Shopkunde und -administrator sind die relevanten Stakeholder von Shopware. Sie werden mit dem Plugin interagieren. Im Zentrum des Systemkontexts befindet sich das zu entwickelnde System selbst.

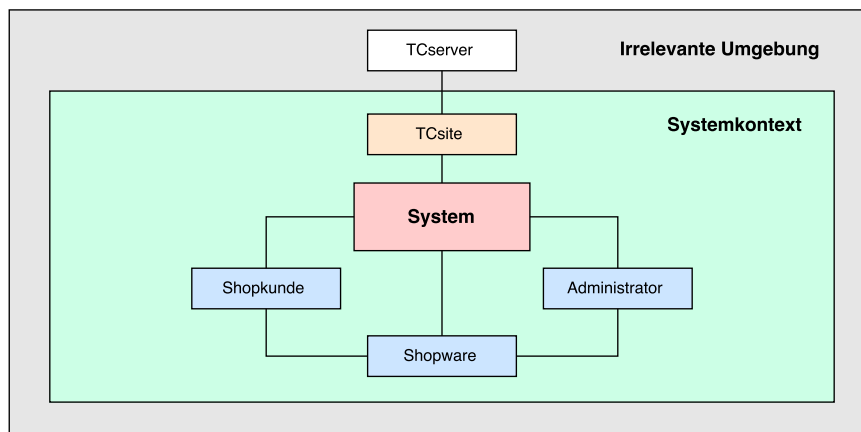


Abbildung 4.1: Systemkontext

Ausgehend von dem Fazit des vorherigen Kapitels kann das System feingranularer bestimmt werden, wie Abbildung 4.2 darstellt. Es wurde beschrieben, dass sowohl für TCsite als auch für Shopware Plugins entwickelt werden müssen. Das TCsite-Plugin stellt eine Schnittstelle als Webservice bereit, welche vom Shopware-Plugin zum Rendern der Konfigurationsoberfläche genutzt wird. Darum besteht eine Verbindung

zwischen beiden Plugins. In Kapitel 2.3 wurde besprochen, dass Webservices nicht direkt von menschlichen Anwendern genutzt werden. Darum steht keiner der Stakeholder in Verbindung zum TCsite-Plugin. Hingegen werden Shopkunden im Frontend und der Administrator im Backend mit dem Shop-Plugin interagieren.

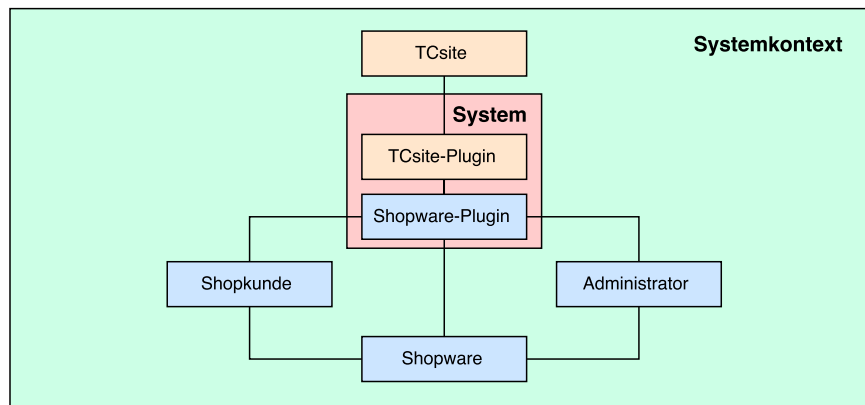


Abbildung 4.2: Systemkontext

Basierend auf den Systemkontext werden nun Anforderungen spezifiziert, die sich auf das System und die Aspekte des Systemkontexts beziehen. Es wird in funktionale und nichtfunktionale Anforderungen unterschieden.

4.1 Funktionale Anforderungen

Funktionale Anforderungen beschreiben das „was“, d.h. welche Funktionalitäten und Dienste das System erfüllen soll. Es werden zunächst die funktionalen Anforderungen des Shopware-Plugins erwähnt. Aus diesen ergibt sich, was das TCsite-Plugin, welches einen Webservice repräsentiert, liefern muss.

4.1.1 Shopware-Plugin

Die Analyse des Einkaufsvorgangs hat ergeben, dass die Konfiguration eines Artikels auf dessen Detailseite stattfindet. Daraus ergibt sich die funktionale Anforderung SW.F01:

SW.F01: Das Shop-Plugin muss auf der Detailseite eine Konfigurationsoberfläche bieten.

Die Funktionalität der Konfigurationsoberfläche kann näher beschreiben werden. Aus der Analyse des Konfigurationsprozesses in Kapitel 3.2.1 ergibt sich die funktionale Anforderung SW.F02:

SW.F02: Die Konfigurationsoberfläche muss einen Konfigurationprozess äquivalent zu TCsite ermöglichen.

Das beinhaltet: Aktualisierung der Oberfläche nach jeder Wahl des Anwenders; Darstellung von Steps, Toplevel-Groups, optionalen Gruppen, allen Feldtypen, Hervorhebung der verhandelbar/nichtverhandelbar gesetzten Optionen; Navigation durch die Execution-Struktur (Steps in vordefinierter Reihenfolge, Toplevel-Groups); Wählen von Optionen, Eingabe von Werten; Wechsel zwischen verhandelbar/nichtverhandelbar gesetzten Optionen; Konfliktbehebung

4.2 Nichtfunktionale Anforderungen

Nichtfunktionale Anforderungen beschreiben das „wie“, d.h. welche Eigenschaften das System besitzen soll.

5 Integrationskonzept

6 Integrationsumsetzung

7 Fazit

8 Quellenverzeichnis

- [Bartelt u. a. 2000] BARTELT, Andreas ; WEINREICH, Harald ; LAMERSDORF, Winfried: Kundenorientierte Aspekte der Konzeption von Online-Shops / Universität Hamburg, Fachbereich Informatik, Verteilte Systeme (VSYS). 2000. – Forschungsbericht
- [Boles und Haber 2000] BOLES, Dietrich ; HABER, Cornelia: DDS: Ein Shop-System für den Informationcommerce / Informatik-Institut OFFIS Oldenburg. 2000. – Forschungsbericht
- [Brown und Chandrasekaran 1989] BROWN, David C. ; CHANDRASEKARAN, B.: *Design Problem Solving: Knowledge Structures and Control Strategies. Research Notes in Artificial Intelligence*. London : Pitman, 1989
- [Falkner u. a. 2011] FALKNER, Andreas ; FELFERNIG, Alexander ; HAAG, Albert: Recommendation Technologies for Configurable Products. In: *AI Magazine* 32 (2011), Nr. 3, S. 99–108
- [Felfernig u. a. 2014] FELFERNIG, Alexander ; HOTZ, Lothar ; BAGLEY, Claire ; TIIHONEN, Juha: *Knowledge-Based Configuration: From Research to Business Cases*. Elsevier, 2014
- [Fielding 2000] FIELDING, Roy T.: *Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures*, University of California, Irvine, Dissertation, 2000
- [Frayman und Mittal 1989] FRAYMAN, Felix ; MITTAL, Sanjay: Towards a generic model of configuration tasks. In: *International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-89)*, 1989
- [FWP shop 2014] FWP SHOP: *Unterschied: Magento Community vs Enterprise Edition*. 2014. – URL <http://www.fwpshop.org/shopsysteme/magento-shop/versionsunterschiede>. – Zugriff: 25.08.2015
- [GNU 2014] GNU: *GNU Affero General Public License*. 2014. – URL <http://www.gnu.org/licenses/agpl-3.0.de.html>. – Zugriff: 06.09.2015
- [Graf 2014] GRAF, Alexander: *Das beste Shopsystem 2014 – Erwartung vs. Wirklichkeit*. 2014. – URL <http://www.fwpshop.org/shopsysteme/magento-shop/versionsunterschiede>. – Zugriff: 26.08.2015
- [Hadzic und Andersen 2004] HADZIC, Tarik ; ANDERSEN, Henrik R.: An introduc-

- tion to solving interactive configuration problems / IT University of Copenhagen. 2004. – Forschungsbericht
- [Lutz 2011] LUTZ, Christoph: *Rechnergestuetztes Konfigurieren und Auslegen individualisierter Produkte*, Technischen Universitaet Wien, Dissertation, 2011
- [Magento Inc. 2015] MAGENTO INC.: *Magento Products Overview*. 2015. – URL <http://magento.com/products/overview>. – Zugriff: 25.08.2015
- [Meier und Stormer 2012] MEIER, Andreas ; STORMER, Henrik: *eBusiness und eCommerce: Management der digitalen Wertschöpfungskette*. 3. Auflage. Springer Gabler, 2012
- [Nögel 2015a] NÖGEL, Daniel: *Bootstrapping Shopware: The dispatch loop*. 2015. – URL <https://developers.shopware.com/blog/2015/08/26/bootstrapping-shopware-the-dispatch-loop/>. – Zugriff: 07.09.2015
- [Nögel 2015b] NÖGEL, Daniel: *Bootstrapping Shopware: The dispatch loop*. 2015. – URL <https://developers.shopware.com/blog/2015/06/09/understanding-the-shopware-hook-system/>. – Zugriff: 07.09.2015
- [Opencart Limited 2015] OPENCART LIMITED: *Opencart Extensions*. 2015. – URL <http://www.opencart.com/index.php?route=extension/extension>. – Zugriff: 25.08.2015
- [OXID eSales AG 2015] OXID ESALES AG: *OXID eSales Produkte*. 2015. – URL <https://www.oxid-esales.com/de/produkte.html>. – Zugriff: 25.08.2015
- [Piller 1998] PILLER, Frank T.: *Kundenindividuelle Massenproduktion: die Wettbewerbsstrategie der Zukunft*. Carl Hanser Verlag München Wien, 1998
- [Piller 2006] PILLER, Frank T.: *Mass Customization. Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter*. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden : Deutscher Universitäts-Verlag | GWV Fachverlage GmbH, 2006
- [Porter 1980] PORTER, Michael: *Competetive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*. New York, 1980
- [Porter 2002] PORTER, Michael: *Wettbewerbsstrategie: Methoden zur Analyse von Branchen und Konkurrenten*. 11. Frankfurt, New York, 2002
- [PrestaShop SA 2015] PRESTASHOP SA: *Prestashop Addon Marketplace*. 2015. – URL <http://addons.prestashop.com/>. – Zugriff: 25.08.2015

- [Richardson und Ruby 2007] RICHARDSON, Leonard ; RUBY, Sam: *Web Services mit REST*. Köln : O'Reilly Verlag, 2007
- [Sabin und Weigel 1998] SABIN, Daniel ; WEIGEL, Rainer: Product Configuration Frameworks-A Survey. In: *IEEE Intelligent Systems* 13 (1998), Nr. 4, S. 42–49
- [Schomburg 1980] SCHOMBURG, Eckart: *Entwicklung eines betriebstypologischen Instrumentariums zur systematischen Ermittlung der Anforderungen an EDV-gestützte Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme im Maschinenbau*, RWTH Aachen, Dissertation, 1980
- [Schuh 2005] SCHUH, Günther: *Produktkomplexität managen: Strategien - Methoden - Tools*. Carl Hanser Verlag München Wien, 2005
- [Schuh 2006] SCHUH, Günther: *Produktionsplanung und -steuerung. Grundlagen, Gestaltung und Konzepte*. 3. Berlin : Springer, 2006
- [Schwarze und Schwarze 2002] SCHWARZE, Jochen ; SCHWARZE, Stephan: *Electronic Commerce: Grundlagen und praktische Umsetzung*. Herne/Berlin : Verlag Neue Wirtschafts-Brife, 2002
- [Shopify 2015] SHOPIFY: *Shopify Pricing*. 2015. – URL <http://www.shopify.com/pricing>. – Zugriff: 26.08.2015
- [shopware AG 2014a] SHOPWARE AG: *REST API Ressourcen Übersicht*. 2014. – URL http://community.shopware.com/REST-API-Ressourcen-%C3%9Cbersicht_detail_1680.html. – Zugriff: 07.09.2015
- [shopware AG 2014b] SHOPWARE AG: *Shopware 4 Developers Guide*. 2014. – URL http://community.shopware.com/Developers-Guide_cat_796.html. – Zugriff: 07.09.2015
- [shopware AG 2015a] SHOPWARE AG: *Shopware 5 Developers Guide*. 2015. – URL <https://developers.shopware.com/developers-guide/>. – Zugriff: 07.09.2015
- [shopware AG 2015b] SHOPWARE AG: *Shopware 5 Funktionsübersicht*. 2015. – URL https://en.shopware.com/media/pdf/shopware_5_funktionsuebersicht.pdf. – Zugriff: 07.09.2015
- [shopware AG 2015c] SHOPWARE AG: *Shopware Dokumentation*. 2015. – URL http://community.shopware.com/Doku_cat_938.html. – Zugriff: 25.08.2015
- [shopware AG 2015d] SHOPWARE AG: *Shopware Plugin Store*. 2015. – URL <http://store.shopware.com/>. – Zugriff: 25.08.2015

- [shopware AG 2015e] SHOPWARE AG: *Shopware Pricing*. 2015. – URL <https://en.shopware.com/pricing/>. – Zugriff: 25.08.2015
- [shopware AG 2015f] SHOPWARE AG: *Über die shopware AG*. 2015. – URL <http://store.shopware.com/unternehmen>. – Zugriff: 06.09.2015
- [Soininen u. a. 1998] SOININEN, Timo ; TIIHONEN, Juha ; MÄNNISTÖ, Tomi ; SULONEN, Reijo: Towards a general ontology of configuration. In: *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing* 12 (1998), Nr. 4, S. 357–372
- [Stahl u. a. 2015] STAHL, Ernst ; WITTMANN, Georg ; KRABICHLER, Thomas ; BREITSCHAFT, Markus: *E-Commerce-Leitfaden: Noch erfolgreicher im elektronischen Handel*. 3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Universitätsverlag Regensburg, 2015
- [Strato AG 2015] STRATO AG: *Strato Webshops*. 2015. – URL <https://www.strato.de/webshop>. – Zugriff: 25.08.2015
- [t3n 2014] T3N: *Open Source: 16 Shopsysteme im Überblick*. 2014. – URL <http://t3n.de/news/open-source-shopsysteme-13-losungen-uberblick-286546/>. – Zugriff: 26.08.2015
- [Tacton Systems AB 2006] TACTON SYSTEMS AB: *Introduction to Modeling with Tacton Configurator Studio 4*. 2006
- [Tacton Systems AB 2007] TACTON SYSTEMS AB: *Bridging the gap between engineering and sales for complex products*. 2007. – internes Präsentationsdokument zur Produktübersicht
- [Tacton Systems AB 2013] TACTON SYSTEMS AB: *TCsite Application Development Manual*. 2013
- [Tacton Systems AB 2014a] TACTON SYSTEMS AB: *TCsite API Documentation*. 2014
- [Tacton Systems AB 2014b] TACTON SYSTEMS AB: *TCsite Application Development Manual*. 2014
- [Tacton Systems AB 2014c] TACTON SYSTEMS AB: *TCsite Reference Manual*. 2014
- [Tacton Systems AB 2015] TACTON SYSTEMS AB: *About Tacton*. 2015. – URL <http://www.tacton.com/about-tacton/>. – Zugriff: 27.08.2015

- [Tilkov 2011] TILKOV, Stefan: *REST und HTTP - Einsatz der Architektur des Web für Integrationsszenarien*. 2. Heidelberg : dpunkt.verlag, 2011
- [Timmers 1998] TIMMERS, Paul: Business Models for Electronic Markets. In: *Electronic Markets* 8 (1998), Nr. 2, S. 3–8
- [W3C 2004] W3C: *Web Services Glossary*. 2004. – URL <http://www.w3.org/TR/2004/NOTE-ws-gloss-20040211/#webservice>. – Zugriff: 21.08.2015
- [Wilde und Pautasso 2011] WILDE, Eric ; PAUTASSO, Cesare: *REST: From Research to Practice*. Springer Verlag, 2011
- [WsWiki 2009] WSWIKI: *Web Service Specifications*. 2009. – URL <https://wiki.apache.org/ws/WebServiceSpecifications>. – Zugriff: 21.08.2015

Anhang

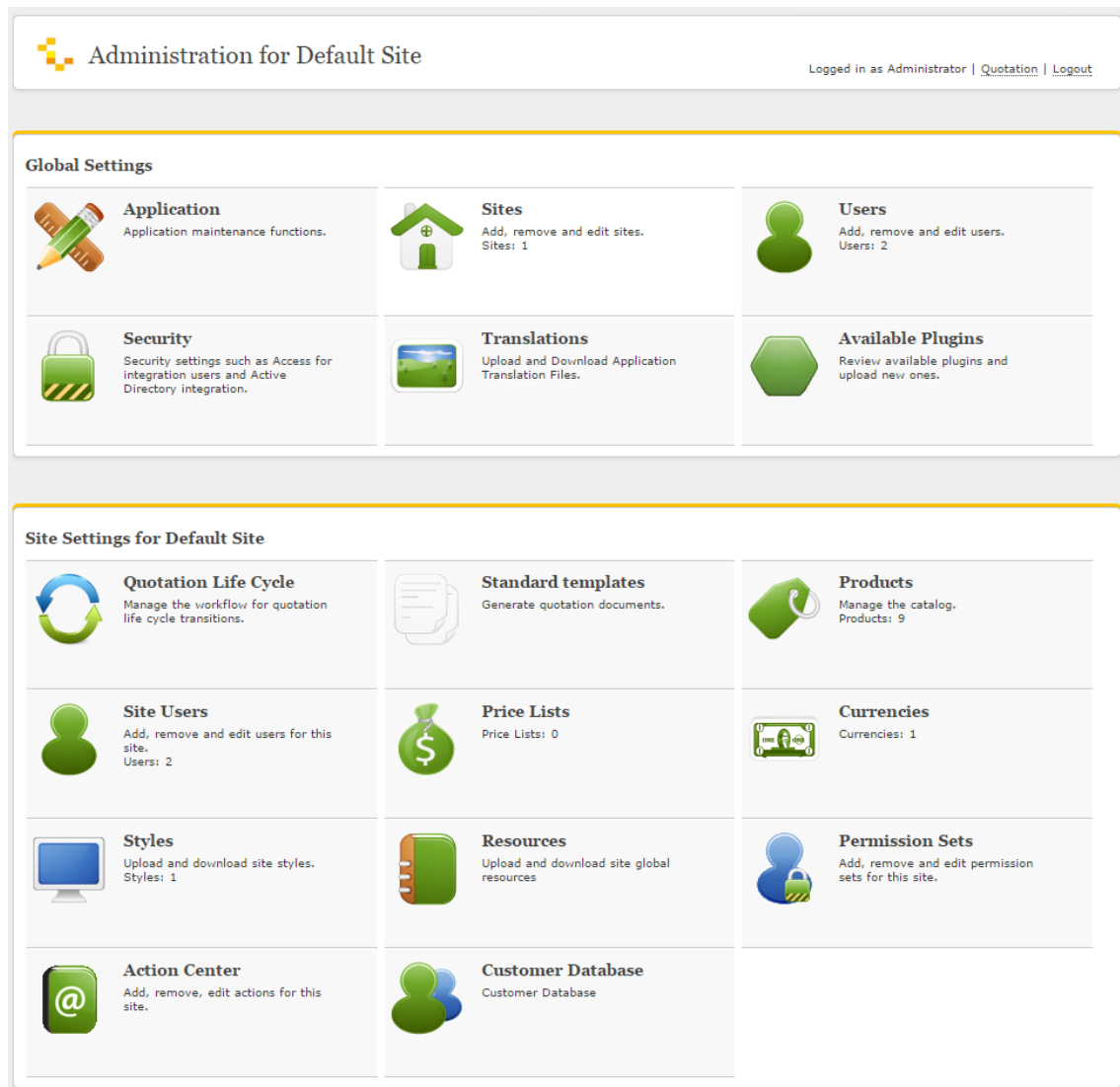


Abbildung .1: TCsite Administrationsoberfläche

The screenshot shows the 'Notebook' configuration window with two tabs: '1 Voreinstellungen' and '2 Technische Spezifikation'. The 'Speicher' (Storage) section is active, showing two optional groups for 'Massenspeicher' (Mass Storage) and 'Arbeitsspeicher' (RAM). Each group has three radio button options: 'HD', 'SSD', and 'Keine Festplatte' (No Hard Drive). The 'Keine Festplatte' option is selected for both groups, with a '(Please Confirm)' note next to it. On the right side, there is a summary panel with the following information:

- Preisgrenze** (Price Limit): 400
- Aktueller Preis** (Current Price): 140
- Gesamte Festplattenkapazität** (Total Hard Drive Capacity): 0
- Verbrauchte Festplattenkapazität** (Used Hard Drive Capacity): 0

Abbildung .2: Darstellung optionaler Groups in TCsite

The screenshot shows the 'Artikel-Details: Notebook' form in the TCsite backend. The form is divided into several sections:

- Stammdaten** (Master Data): Includes fields for 'Hersteller' (Manufacturer) set to 'Lino', 'MwSt' (VAT) set to '19%', 'Artikel-Bezeichnung' (Article Name) set to 'Notebook', 'Template' set to 'Standard', 'Artikelnummer' (Article Number) set to 'SW10002', 'Preisgruppe aktiv' (Price Group Active) checkbox, and 'Preisgruppe wählen' (Select Price Group) dropdown.
- Preise** (Prices): A table showing prices for 'Shopkunden Brutto' (Shop Customer Gross) and 'Händler Netto' (Retailer Net). The table has columns for 'Von' (From), 'Bis' (To), 'Preis' (Price), 'Prozentrabatt' (Percentage Discount), 'Pseudopreis' (Pseudo Price), and 'Einkaufspreis' (Purchase Price). The first row shows a price of 400,00 for 'Beliebig' (Arbitrary) with a 0,00 % discount and a 0,00 purchase price.
- Beschreibung** (Description): A text area for the article description.

At the bottom right, there are buttons for 'Abbrechen' (Cancel) and 'Artikel speichern' (Save Article).

Abbildung .3: Anlegen eines Artikels im Backend

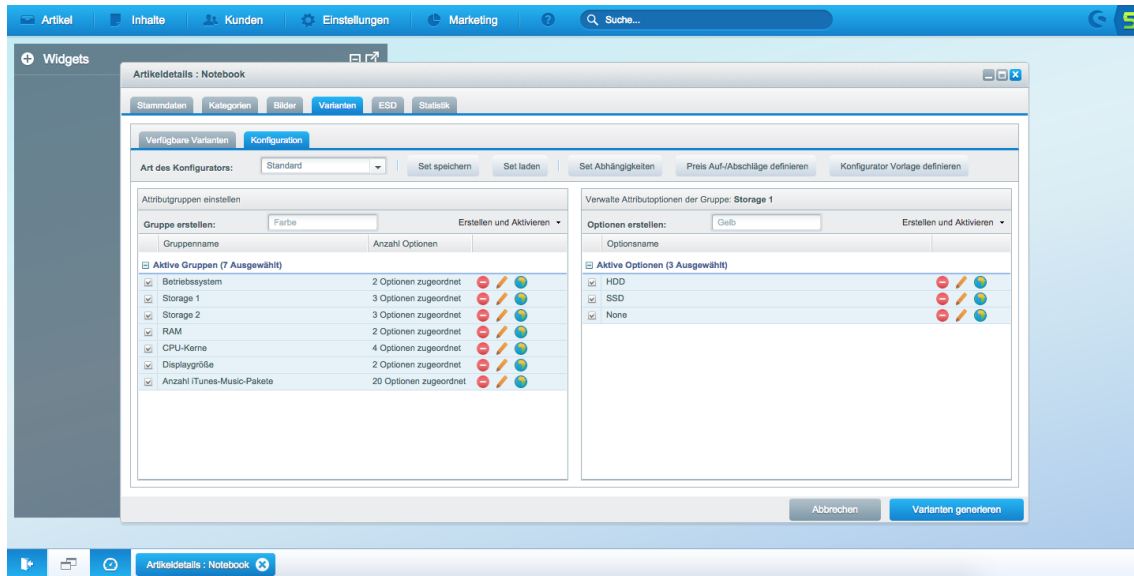


Abbildung .4: Generieren der Varianten im Backend

Notebook

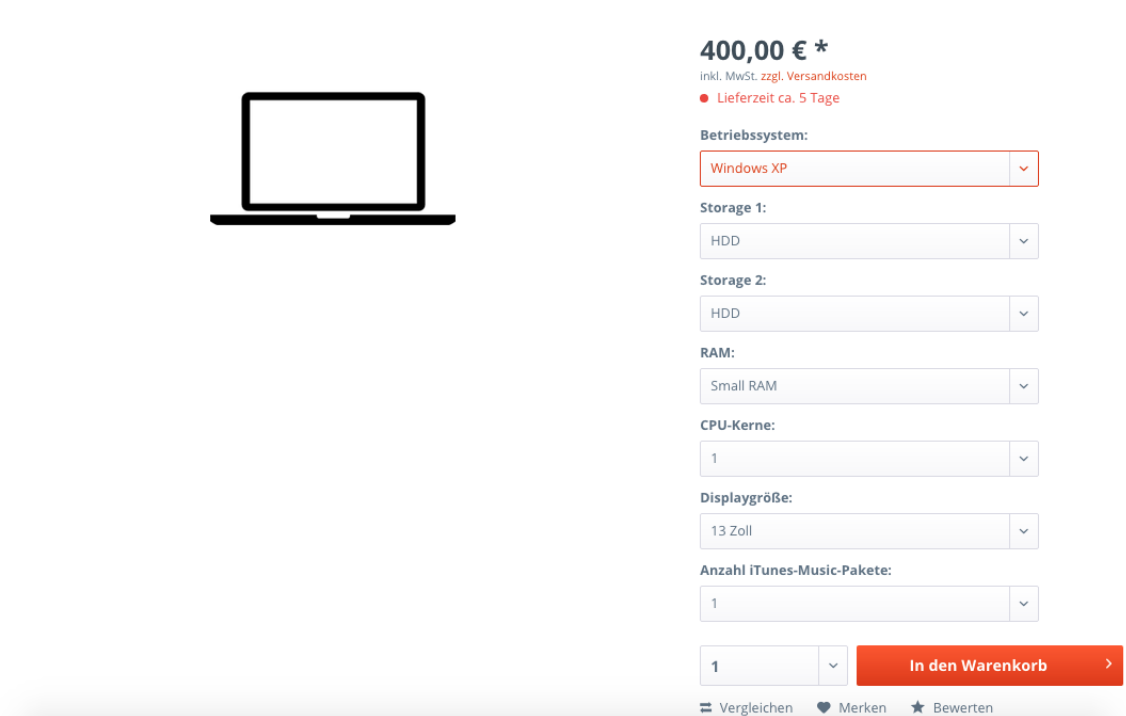



Abbildung .5: Detailansicht eines konfigurierbaren Notebooks in shopware.

[← Weiter shoppen](#)

[Zur Kasse >](#)

Artikel	Anzahl	Stückpreis	Summe
 Notebook HDD OSX Yosemite HDD Big RAM 1 13 Zoll 1 Artikel-Nr.: SW10002.3040 Lieferzeit ca. 5 Tage	1 ▾	400,00 €* x	400,00 €* x
<input type="text" value="Artikelnummer eingeben"/> >			
<input type="checkbox"/> Ich habe einen Gutschein			
Versandkosten >			
Summe:		400,00 €* 3,90 €* Gesamtsumme: 403,90 € Gesamtsumme ohne MwSt.: 339,41 € zzgl. 19.00 % MwSt.: 64,49 €	

[← Weiter shoppen](#)

[Angebot anfordern](#)

[Zur Kasse >](#)

Unsere Vorteile für Sie

- ✓ Schnelles Einkaufen
- ✓ Speichern Sie Ihre Benutzerdaten und Einstellungen
- ✓ Einblick in Ihre Bestellungen inkl. Sendungsauskunft
- ✓ Verwalten Sie Ihr Newsletter-Abo

Wir verschicken mit

Ihre Versandanbieter-Logos

Zahlungsmethoden

Ihre Zahlungsanbieter-Logos

Abbildung .6: Warenkorb mit konfiguriertem Artikel.

Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich meine Abschlussarbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Datum:

.....

(Unterschrift)