
Produktentwicklung 1

Digitales Bedrucken oder Bemalen von dreidimensionalen Objekten

P r o d u k t s t r u k t u r

Projekt	Digitales Bedrucken oder Bemalen von dreidimensionalen Objekten	
Dokument	Produktstruktur	
Schule	Hochschule Luzern, Technik & Architektur	
Modul	TA.PREN1.H0901	
Projektteam	Galliker Thomas Studiengang Informatik (BB) Panorama 6123 Geiss Tel. +41 79 504 80 70 thomas.galliker@stud.hslu.ch	Hirt Pascal Studiengang Maschinentechnik (BB) Bündtenweg 503 5732 Zetzwil Tel. +41 79 727 45 89 pascal.hirt@stud.hslu.ch
	Ineichen Reto Studiengang Informatik (VZ) Jugiweg 23 6004 Luzern Tel. +41 79 223 67 81 reto.ineichen@stud.hslu.ch	Oehring Daniel Studiengang Wirtschaftsingenieur (VZ) Kastanienbaumstr. 231 6047 Kastanienbaum Tel. +41 76 463 16 10 daniel.oehring@stud.hslu.ch
	Rastedter Thomas Studiengang Maschinentechnik (VZ) Goldmattstrasse 13a 6060 Sarnen Tel. +41 79 708 06 85 thomas.rastedter@stud.hslu.ch	Schwarzentruher Fabian Studiengang Elektrotechnik (VZ) Baumgartenweg 12 6218 Ettiswil Tel. +41 76 360 39 91 fabian.schwarzentruher@stud.hslu.ch
	Vonwil Thomas Studiengang Elektrotechnik (VZ) Bergmatte 4 6248 Alberswil Tel. +41 79 723 26 05 thomas.vonwil@stud.hslu.ch	
Dozenten	Prof. dipl. Ing. FH Habegger Jürg	
Letzte Änderung	6. November 2009, 09:53:00 Uhr	

Änderungsprotokoll

Version	Datum	Autor	Beschreibung
0.1	14.10.2009	inr	Initialversion erstellt
0.2	14.10.2009	inr	Struktur gemäss Besprechung angepasst & Funktionsstruktur eingefügt
0.3	17.10.2009	inr	Funktionen & TF erstellt und eingefügt
0.3	17.10.2009	vot	Beschreibung Funktionen eingefügt
0.4	23.10.2009	inr	Überarbeitete Funktionsstruktur eingefügt (da Struktur überarbeitet) Systemanalyse erstellt
0.5	28.10.2009	oed	Dokument überarbeitet, Formulierungen anpassen

Inhalt

Einleitung	5
1 Funktionsstruktur	6
1.1 Gesamtfunktion	6
1.2 Teilfunktionen	7
1.2.1 Teilfunktion 1: Dateneingabe	7
1.2.2 Teilfunktion 2: Positionierung des Objekts	8
1.2.3 Teilfunktion 3: Starten des Druckvorgangs	9
1.2.4 Teilfunktion 4: Durchführung des Druckvorgangs	10
1.2.5 Teilfunktion 5: Trocknung des Objekts	11
1.2.6 Teilfunktion 6: Freigabe des Objekts	11
2 Systemanalyse	13
2.1 Umsysteme	13

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gesamtfunktion	6
Abbildung 2: TF1 Dateneingabe	7
Abbildung 3: TF2: Positionierung des Objekts	8
Abbildung 4: TF3: Starten des Druckvorgangs.....	9
Abbildung 5: TF4: Durchführung des Druckvorgangs.....	10
Abbildung 6: TF5: Trocknung des Objekts.....	11
Abbildung 7: TF6: Freigabe des Objekts.....	11
Abbildung 8: Systemanalyse	13

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Umsysteme	13
----------------------------	----

Einleitung

Der Recherchebericht und die Anforderungsliste dienen bei vorliegendem Dokument als Grundlage für das Verständnis und die Arbeit.

Der Zweck dieses Dokumentes ist es, die komplexe Aufgabe „Digitales Bedrucken und Bemalen von dreidimensionalen Objekten“ zu erfassen, damit sie überschaubarer und verständlicher wird. Im folgenden Kapitel wurde die Gesamtfunktion zuerst in sechs lösungsneutrale Teilfunktionen aufgeteilt. Die Gliederung ist nicht nur aus diesem Grund sinnvoll, dass die einzelnen Teilaufgaben überschaubarer werden, sondern können so auch einzelnen Personen oder Fachgebieten zur vertieften Verarbeitung weitergegeben werden. Weiter dient dieses Dokument als Grundlage um mögliche Lösungsvarianten bzw. Kombinationen von Lösungen zu evaluieren als auch auf die Machbarkeit zu prüfen. Diese Lösungsvarianten sind aber nicht Gegenstand dieses Dokumentes und werden in einem separaten Dokument mit dem Namen „Prinzipielle Lösung“ ausgearbeitet und bewertet.

1 Funktionsstruktur

Das folgende Kapitel umfasst die Gliederung der Gesamtfunktion „Digitales Bedrucken oder Bemalen von 3D-Objekten“ in einzelne, lösungsneutrale Teilfunktionen. In einem ersten Schritt erfolgt die Unterteilung in sechs Teilfunktionen, welche dann im weiteren Verlauf des Kapitels wiederum in kleinere, voneinander unabhängige Teilaufgaben gegliedert werden.

1.1 Gesamtfunktion

Die folgende Darstellung zeigt die Gesamtfunktion, die In- und Outputs, sowie die Unterteilungen in die sechs Teilfunktionen.

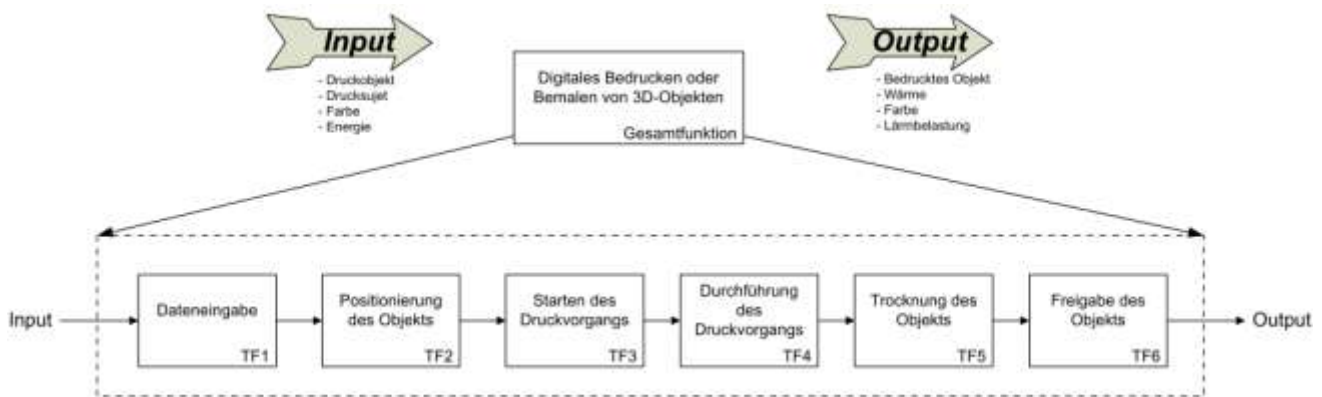


Abbildung 1: Gesamtfunktion

Als Input für die Gesamtfunktion wird zum einen ein Druckobjekt benötigt. Dabei kann es sich um einen Ballon oder um ein beliebiges, dreidimensionales Objekt handeln, welches den Bedingungen der Anforderungsliste entspricht. Unter Umständen kann auch ein Drucksujet als Input verwendet werden. Dies ist zum Beispiel dann der Fall, wenn ein bereits extern vorhandenes Bild in die im Verlaufe des Projektes zu erstellende Software importiert und dann auf das Objekt gedruckt werden soll. Des Weiteren benötigt die zu entwickelnde Maschine Druckfarbe und elektrische Energie.

Ein bedrucktes Objekt stellt am Ende des Druckprozesses den Output dar. Während des Druckvorgangs entstehen zusätzlich unerwünschte Outputs. Dabei handelt es sich in erster Linie um Wärme, die aufgrund der Energieumwandlung aus elektrischer Energie entsteht. Ausserdem wird auch eine geringe Lärmbelastung nicht zu vermeiden sein. Als Letztes seien Druckfarbenreste erwähnt, welche zum Beispiel bei der Reinigung einer Druckdüse oder der Vorbereitung eines Farbstiftes anfallen können. Diese drei genannten Outputs sind unerwünscht und sollten wo immer möglich reduziert werden.

Die Gesamtfunktion „Digitales Bedrucken oder Bemalen von 3D-Objekten“ kann in folgende sechs Teilfunktionen gegliedert werden:

In einem ersten Schritt erfolgt die Dateneingabe durch den Benutzer. Dies ist in der Teilfunktion 1 (TF1) dargestellt.

Als zweite Teilfunktion (TF2) ist die Positionierung des Objektes zu betrachten. Es ist zu erwähnen, dass dieser Schritt hier zwar nach der Dateneingabe aufgelistet ist, er jedoch durchaus auch vor dem ersten oder parallel stattfinden kann.

Das Starten des Druckvorganges stellt die dritte Teilfunktion (TF3) dar. Für diesen Schritt ist die Komplettierung der ersten beiden Teilfunktionen zwingend notwendig. Sind diese drei Funktionen abgeschlossen, kann der Benutzer via das Druckinterface den Befehl zum Druck erteilen. Am Ende dieses

Schrittes stehen die aufbereiteten Bilddaten für den Druck-Controller am Interface zwischen PC und Drucker zur Verfügung.

Die vierte Teilfunktion (TF4) befasst sich mit der Durchführung des Druckvorgangs selbst. In ihr werden die Daten des Benutzers vom Interface der Maschine empfangen und das gewünschte Motiv auf das gespannte Objekt gedruckt oder gemalt.

Das Trocknen des Druckobjektes bildet die zweitletzte Teilfunktion (TF5). Am Ende dieses Schrittes wird das bedruckte Objekt sein endgültiges Aussehen erhalten und die aufgetragene Farbe ist getrocknet.

Die Freigabe, via Signalleuchte, des bedruckten Objektes zur Herausnahme ist die sechste und letzte Teilfunktion (TF6). Die Hauptaufgabe dieses Schrittes ist die Signalisation an den Benutzer, dass der Druck- oder Bemalvorgang beendet worden ist, und das Objekt gefahrlos entnommen werden kann.

1.2 Teilfunktionen

In den folgenden Unterkapiteln wird nun auf jede einzelne der sechs Teilfunktionen präziser eingegangen und diese jeweils in weitere Schritte unterteilt.

1.2.1 Teilfunktion 1: Dateneingabe

Die erste Teilfunktion beinhaltet die Auswahl der Eingabequelle, die Farbwahl des Sujet und des Textes. Es ist bereits in diesem Stadium des Projektes klar, dass dieser Schritt vollständig mithilfe von Software umgesetzt werden wird. Das zu erstellende Programm wird auf dem Computer des Benutzers installiert und ist dann für die Abarbeitung dieser beiden Schritte verantwortlich.

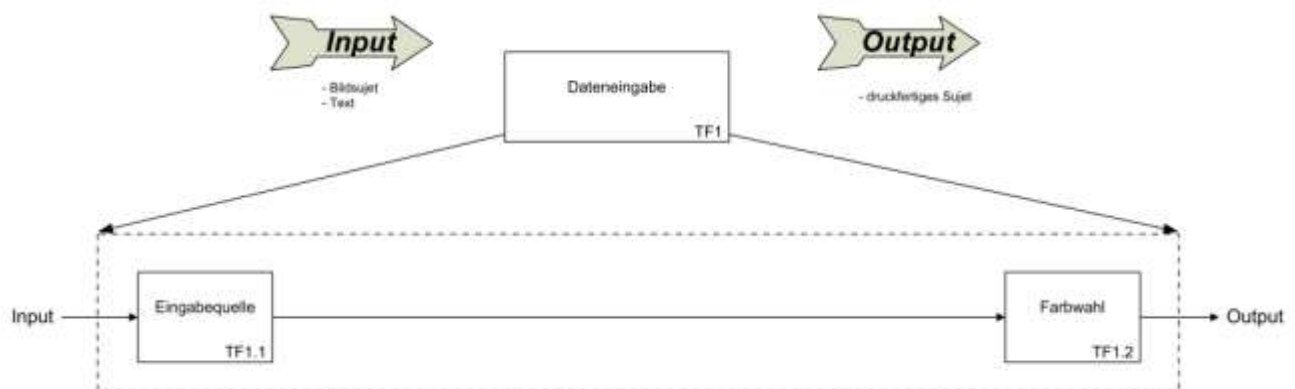


Abbildung 2: TF1 Dateneingabe

Als Input soll der ersten Teilfunktion ein Bildsujet oder ein Text übergeben werden können. Die Kombination soll jedoch fakultativ sein und nur dann umgesetzt werden, wenn dies vom Benutzer explizit gewünscht wird. Der innere Aufbau der ersten Teilfunktion gliedert sich im Wesentlichen in zwei Hauptschritte. Wobei hier zu erwähnen ist, dass diese beiden Schritte auch in verkehrter Reihenfolge durchgeführt werden können.

Um mit dieser Teilfunktion zu starten muss der Benutzer zwingend über die, vom Projektteam erstellte oder definierte, Software verfügen und bereits auf dem PC installiert haben.

Im Schritt (TF1.1) hat der Benutzer die Möglichkeit die Art der Eingabequelle zu wählen. Zum einen kann er ein komplett neues Motiv mithilfe einer Software selbst erstellen, zum anderen soll die Möglichkeit bestehen, Motive aus einer bereits vorhandenen Bibliothek auszuwählen. Als Eingabequelle sind neben der eigenen Erstellung durch Zuhilfenahme der Software oder der Bibliothekauswahl auch verschiedene Eingabegeräte angedacht. Zum Einsatz könnte neben einem Scanner oder einer Webcam auch das Mobiltelefon kommen. Der zweite Schritt (TF1.2) beinhaltet die Farbwahl des Sujets oder des Textes. Wie bereits weiter oben

erwähnt, kann dieser Schritt auch vor TF1.1 durchlaufen werden. Grundsätzlich hat der Benutzer in diesem Schritt die Möglichkeit den Text nach seinen Wünschen zu definieren. Auch die Bilder sollen mit verschiedenen Farben erstellt werden. Einzige Grenze der Benutzerwünsche bildet die Maschine, welche die Mindestanforderungen der Anforderungsliste erfüllen soll und damit evt. nicht allen Benutzerwünschen entsprechen kann.

Als Output steht am Ende der ersten Teilfunktion das vom Benutzer gewünschte Sujet in einer Form zur Verfügung, die von späteren Teilfunktionen sinnvoll weiterverwendet werden kann.

1.2.2 Teilfunktion 2: Positionierung des Objekts

In der zweiten Teilfunktion sind all jene Schritte zusammengefasst, bei welchen die physische Vorbereitung des Objektes auf den Bedruck- oder Bemalvorgang im Vordergrund stehen. Es ist nicht auszuschliessen, dass diese Teilfunktion nicht vollständig maschinell umgesetzt werden kann und dass der Benutzer einige Teilschritte manuell durchzuführen hat. Die vorstellbaren Umsetzungsmöglichkeiten werden im morphologischen Kasten (siehe Prinzipielle_Lösung.doc) genauer behandelt

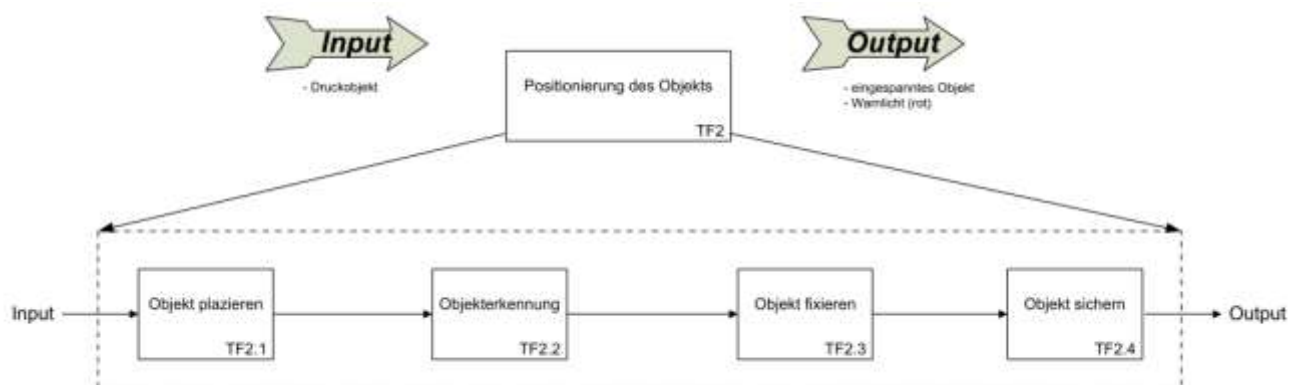


Abbildung 3: TF2: Positionierung des Objekts

Als Input erwartet die zweite Teilfunktion ein den Anforderungen entsprechendes Druckobjekt. Dieser Input muss zwingend zur Verfügung gestellt werden, ist also nicht fakultativ wie der Input für die erste Teilfunktion. Im Verlauf dieser zweiten Teilfunktion werden vier Hauptschritte nacheinander durchgeführt.

Als erstes muss das Objekt auf der dafür vorgesehen Vorrichtung platziert werden (TF2.1). Völlig unabhängig von der gewählten Umsetzung wird der Benutzer in diesen Teilschritt aktiv involviert sein. Danach wird das Objekt auf irgendeine noch zu definierende Art durch die Software oder durch mechanische Teile erkannt (TF2.2). Sobald das Objekt erkannt wurde erfolgt in einem dritten Schritt die Fixierung (TF2.3). Dies ist notwendig, damit kein Verrutschen während des Druckvorgangs auftreten kann. Abschliessend soll das Objekt gegen vorzeitiges Entfernen als auch gegen mögliche Benutzungsfehler seitens des Benutzers oder des Zuschauers gesichert werden (TF2.4).

Als Output liefert die zweite Teilfunktion das eingespannte Druckobjekt, welches von späteren Teilfunktionen weiterverwendet wird. Ausserdem soll ein Warnlicht anzeigen, dass die Maschine im Betrieb und ein Entfernen des Objekts zu diesem Zeitpunkt nicht mehr möglich sind.

1.2.3 Teilfunktion 3: Starten des Druckvorgangs

Die dritte Teilfunktion enthält all jene Schritte, welche ab dem Erteilen des Druckbefehls computerseitig getätigt werden müssen. Dies umfasst unter anderem die Vorbereitung der Druckdaten für das Versenden über das Drucker-Interface.

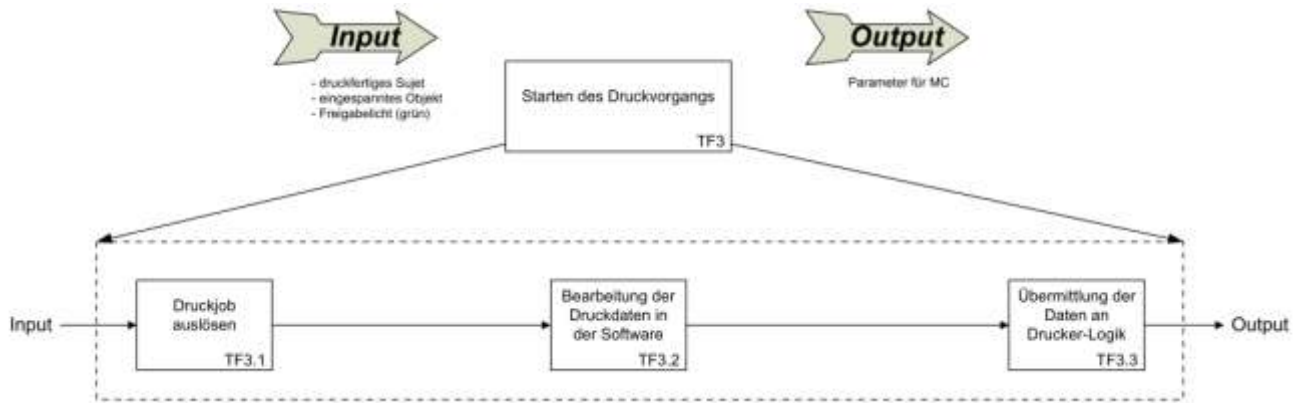


Abbildung 4: TF3: Starten des Druckvorgangs

Die dritte Teilfunktion erwartet als Input ein druckfertiges Sujet, welches in der ersten Teilfunktion erstellt worden ist. Es handelt sich hierbei wiederum um einen zwingend notwendigen Schritt, ohne den ein korrektes Funktionieren nicht garantiert werden kann.

Erst wenn das Objekt durch die Maschine fixiert, gesichert und durch ein entsprechendes Warnlicht für das Bedrucken freigegeben wird, kann mit diesem Teilschritt begonnen werden.

In einem ersten Schritt muss der Druckauftrag erteilt werden (TF3.1). Dies geschieht durch den Benutzer über den Computer. In einem zweiten Schritt muss das Programm darauf folgend die vorliegenden Benutzerdaten so aufbereiten, dass diese später von der Maschine umgesetzt werden können (TF3.2). Abschliessend sollen die Daten über das Druckerinterface an die Maschine übertragen werden (TF3.3). Ab diesem Zeitpunkt ist die Aufgabe der Computer-Software (von einer eventuellen Fehleranzeige abgesehen) beendet.

Einziger Output dieses Teilprozesses sind Parameter für den Microcontroller, um die verschiedenen Maschinenmotoren für den Druck- resp. Bemalvorgang richtig anzusteuern.

1.2.4 Teilfunktion 4: Durchführung des Druckvorgangs

Die vierte Teilfunktion umfasst jene Schritte, welche für den eigentlichen Druckvorgang benötigt werden. Sie stellt somit den Kern der Gesamtfunktion dar. Sie beginnt mit dem maschinenseitigen Empfang von Daten über das Maschinen-Interface und endet mit der Fertigstellung des Motiv-Transfers auf das Druck- oder Bemalobjekt.

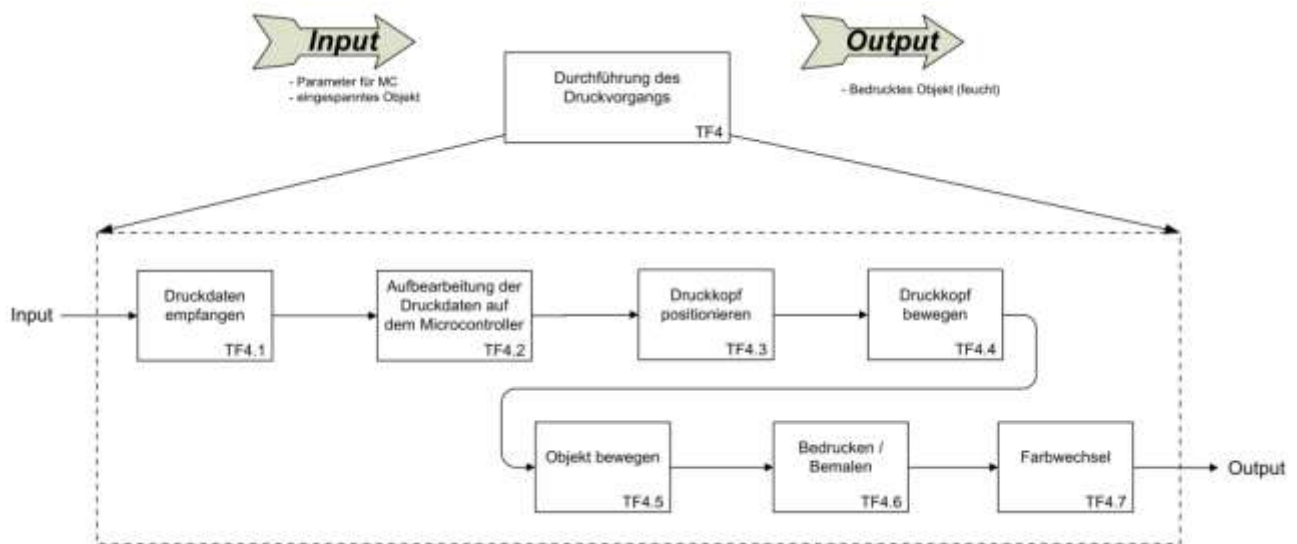


Abbildung 5: TF4: Durchführung des Druckvorgangs

Die vierte Teilfunktion benötigt zwei Inputs für die korrekte Durchführung ihrer Aufgabe. Zum einen müssen Daten am Maschinen-Interface vorliegen, welche von der internen Logik weiterverarbeitet werden können. Dies muss von der dritten Teilfunktion zur Verfügung gestellt werden. Zum anderen muss ein korrekt eingespanntes Druckobjekt vorhanden sein. Dies wird durch die erfolgreiche Abarbeitung der zweiten Teilfunktion gewährleistet.

Es lassen sich sieben Hauptaufgaben innerhalb der vierten Teilfunktion definieren. Als erstes müssen die vom PC vorbereiteten Druckdaten über das Maschinen-Interface empfangen werden (TF4.1). Sobald dies geschehen ist, müssen die empfangenen Daten in der Maschine intern so weiterverarbeitet werden, dass diese für die Ansteuerung der Maschinenmechanik verwendet werden können (TF4.2). Dies wird, ohne der Lösungsfindung voreilen zu wollen, mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit, mithilfe eines Microcontrollers umgesetzt werden. Danach wird der Druckkopf entsprechend dieser verarbeiteten Daten positioniert (TF4.3). Hiermit ist gemeint, dass die ganze Mechanik in einen wohlbekannten und für den Druckvorgang nützlichen Zustand versetzt wird. Die folgenden vier Schritte wurden zwar unterteilt um eine bessere lösungsorientierte Arbeitsvorgehensweise zu erlangen, werden aber während dem Druckvorgang parallel durchgeführt. Um diese durchzuführen benötigt die Maschine die aufbereiteten Daten des Microcontrollers. Zum einen handelt es sich um die Teilaufgabe: Druckkopf bewegen (TF4.4), Objekt bewegen (TF4.5), das Bemalen resp. Bedrucken des Objektes (TF4.6) an sich als auch der evt. notwendige Farbwechsel (TF4.7) während dem Druckvorgang. Der Teilschritt TF4.6 ist ein sehr umfangreicher und komplexer Schritt, der aber zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht genauer spezifiziert werden kann, da sehr vieles von der verwendeten Drucktechnik abhängig ist. Sobald zusätzliche Details bezüglich Druckverfahren und verwendeter Technik bekannt sind, ist jedoch wiederum eine gründliche Funktionsanalyse zu diesem Schritt notwendig.

Als Output gibt die vierte Teilfunktion das fertig bedruckte Objekt heraus, welches jedoch zu diesem Zeitpunkt mit einer hohen Wahrscheinlichkeit noch feucht sein wird. Die Trocknung des Druckobjektes wurde

in die fünfte Teilfunktion ausgelagert, da die Teilfunktion 4 bereits einen grossen Funktionsumfang bietet und zusätzlich der Trocknungsvorgang selbst je nach Umsetzung eine vom Druckvorgang komplett unabhängige Problemstellung aufweisen kann.

1.2.5 Teilfunktion 5: Trocknung des Objekts

In der fünften Teilfunktion befinden sich alle nötigen Schritte, die für die Trocknung des Druckobjektes notwendig sind. Es handelt sich hierbei von der Komplexität her um eine gut überschaubare Teilfunktion, die jedoch je nach Umsetzungsvariante durchaus anspruchsvolle Aufgabenstellungen bieten könnte.

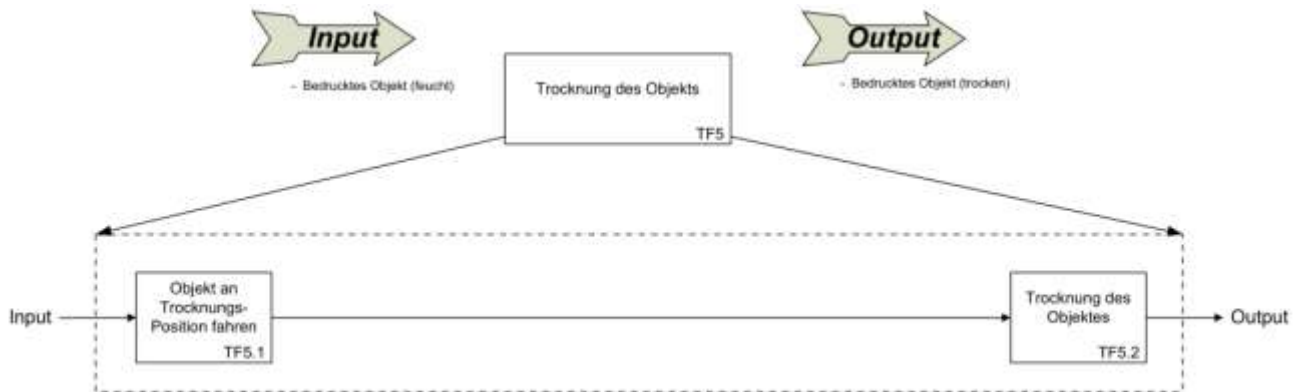


Abbildung 6: TF5: Trocknung des Objekts

Als einzigen Input erwartet die fünfte Teilfunktion das noch feuchte, aber fertig bedruckte oder bemalte Objekt, welches in der vierten Teilfunktion erstellt worden ist.

In einem ersten Schritt wird das bedruckte Objekt an eine für die Trocknung geeignete Position gefahren (TF5.1). Nicht auszuschliessen ist, dass die Trocknung noch an derselben Position, an welcher das Objekt bedruckt resp. bemalt wurde, statt findet. Anschliessend wird das Objekt getrocknet (TF5.2). Dies könnte sowohl passiv als auch aktiv erfolgen. Genauere Angaben darüber finden sich wiederum im Morphologischen Kasten.

Als Output liefert die fünfte Teilfunktion das trockene Objekt mit dem in der vierten Teilfunktion bedruckten oder bemalten Motiv.

1.2.6 Teilfunktion 6: Freigabe des Objekts

Die sechste und letzte Teilfunktion hat das Ausspannen des nun bedruckten resp. bemalten und trockenen Objektes zum Inhalt. Dieser Schritt ist von der Charakteristik her jener der zweiten Teilfunktion sehr ähnlich, allerdings werden hier die einzelnen Teilschritte in umgekehrter Reihenfolge durchgeführt.

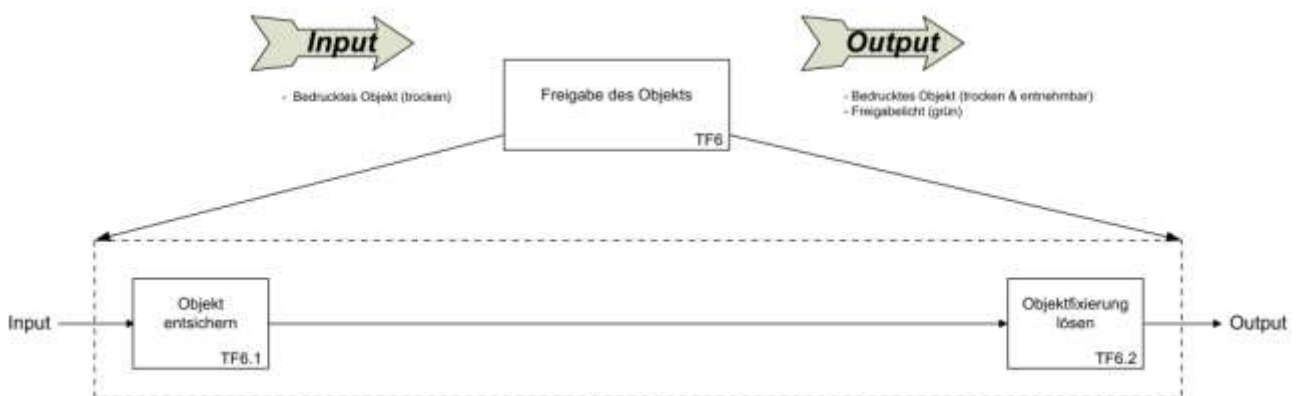


Abbildung 7: TF6: Freigabe des Objekts

Als Input erwartet die sechste Teilfunktion das komplett fertig gestellte Druckobjekt. Dieses kann von der fünften Teilfunktion zur Verfügung gestellt werden.

Sie lässt sich in zwei Einzelschritte gliedern:

Als erstes wird das Druckobjekt entsichert (TF6.1). Je nach Trocknungsposition, kann auch noch eine Verschiebung des Objektes an die entsprechende Position beinhalten sein. Sobald dies geschehen ist, kann das Objekt entsichert werden (TF6.2), das heisst der Schutz gegen das vorzeitige Entfernen des Objektes, welcher durch TF2.4 ausgelöst wurde, kann aufgehoben werden. Anschliessend kann die Einspannung gelöst werden (TF6.2).

Als Output liefert die sechste Teilfunktion das fertig bedruckte resp. bemalte und entnehmbare Objekt. Zudem wird dem Benutzer durch ein Freigabelicht der Abschluss des Druckvorganges angezeigt.

Die sechste Teilfunktion beendet die Aufgabe der Gesamtfunktion und schliesst somit den Druckprozess ab. Anschliessend kann entweder ein neuer Druckauftrag gestartet oder die Maschine ordnungsgemäss abgeschaltet werden.

2 Systemanalyse

Die Systemanalyse soll mithilfe einer Abbildung den Umfang des Projektsystems ersichtlich darstellen. Auf der folgenden Abbildung sind die gesamten Inputs, welche für die Erfüllung der Aufgabe durch das System benötigt werden, als auch dessen Outputs ersichtlich. Weiter definiert sie die Systemgrenze und somit die Umsysteme, welche in Beziehung zum Projektsystem stehen.

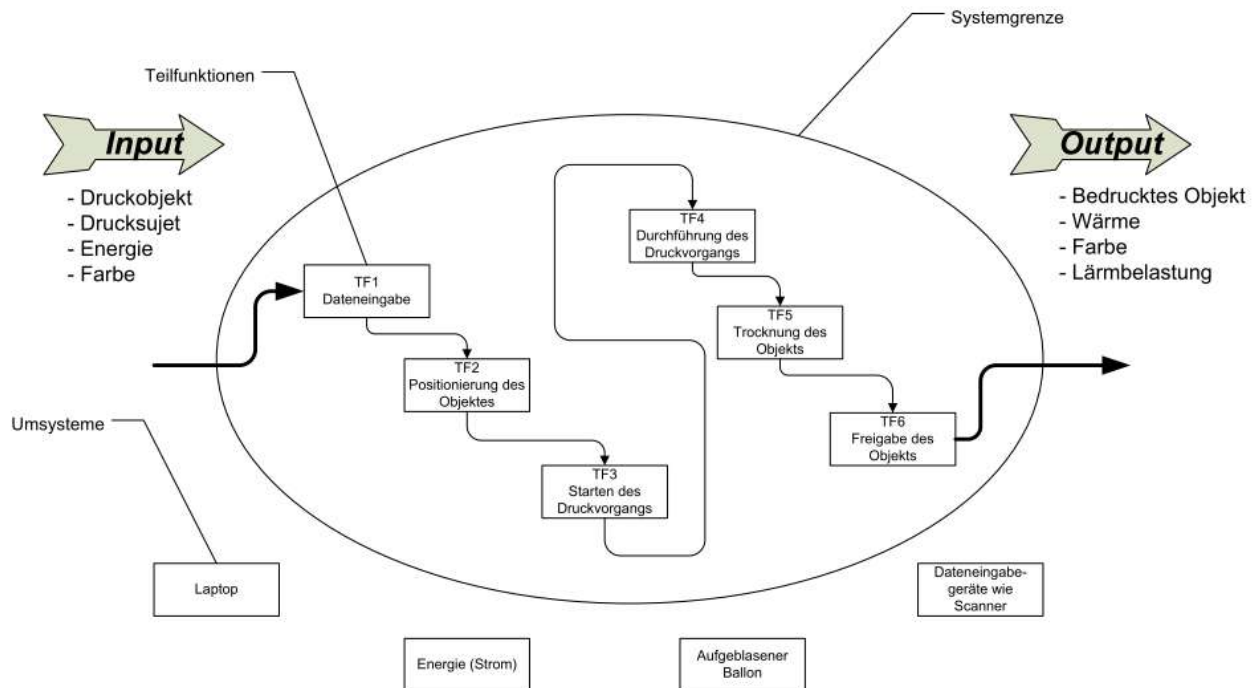


Abbildung 8: Systemanalyse

2.1 Umsysteme

Das System ist in direktem Kontakt mit folgenden vier Umsystemen:

Laptop	Der Laptop wird aktiv vom Benutzer verwendet. Auf ihm wird die benötigte Software installiert sein, mit welcher die Motive erstellt oder bereits verfügbare Motive ausgewählt werden können. Wie oben bereits angedeutet sind weitere Dateneingabegeräte angedacht, welche dann auch über den Laptop angesteuert und benutzt werden können.
Energie	Als Energiequelle der Bemal- oder Bedruck-Maschine.
Aufgeblasener Ballon	Gemäss Anforderungsliste ist das Bedrucken oder Bemalen dieses konkreten Objektes ein zwingendes Kriterium. Zu erwähnen ist, dass bei der zu entwickelnden Maschine keine Funktion vorgesehen ist um den Ballon maschinell mit Luft zu füllen. Dies muss vom Benutzer im Voraus selbst erledigt werden und in aufgeblasenem Zustand der Maschine entsprechend übergeben werden.
Dateneingabegeräte wie Scanner	In der ersten Teilfunktion (TF1) kann der Benutzer zwischen verschiedenen Datenquellen wählen. Neben den beiden zwingenden Möglichkeiten wie der Selbsterstellung eines Motivs oder der Auswahl aus einer Standardbibliothek, ist bei diesem System vorgesehen, dass die Eingabe auch mittels Scanner oder ähnlichen Geräten erfolgen kann. Da zum jetzigen Zeitpunkt noch keine Lösungsvariante definiert und weiterverfolgt wird, kann nicht mit abschliessender Sicherheit gesagt werden, dass diese Erweiterung unser System in der Endversion tatsächlich umgesetzt wird.

Tabelle 1: Umsysteme