

Vitamintablettenspender

Projektarbeit

Systementwicklungsmethodik 2

WS 2019/20

im Studiengang Systems Engineering
der Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät
der Universität des Saarlandes

von

Kristian König und Tim Goll

Matrikelnummern: 2560270, 2553050

Gruppennummer: 1

Saarbrücken, 2019



SEM 2 – Projektaufgabe WS 2019/20

„Innovatives Haushalt-Gadget in AM- & Multi-Material-Design“

Der Drang zur Individualisierung steht heutzutage mehr im Fokus denn je. Gerade auch aus diesem Grunde erleben generative Fertigungsverfahren im privaten Konsumgüterbereich einen vermehrten Einzug. Die Vorteile liegen hierbei klar auf der Hand: werkzeuglose und endkonturnahe Bauteilfertigung, theoretisch realisierbare beliebig komplexe Geometrien sowie letztlich kurze Zeiträume zwischen Entwicklung und fertigem Bauteil insbesondere für Einzelteil- oder Kleinserienfertigungen in Integralbauweise mit Funktionsintegration. Trotz alledem wird aufgrund der stets auch hier existierenden Restriktionen und Herausforderungen der Technologie (u.a. restriktive Bauteilgrößen und Werkstoffspektren, vergleichsweise lange Fertigungszeiten mit entsprechend hohen Materialkosten sowie funktionsbedingt nachbearbeitungsnotwendigen Oberflächengüten und Maßhaltigkeiten) zukünftig weiterhin ein Multi-Material-Design, d.h. der richtige Werkstoff oder eine entsprechende Werkstoffkombination unter geeignetem Technologieeinsatz an seiner nutzerspezifisch geeignetsten Stelle im Hinblick auf Funktion, Kosten, Qualität, Zeit und Nachhaltigkeit im Fokus einer optimierten Produktentwicklung stehen.

Vor diesem Hintergrund soll im Zuge der parallel zur Lehrveranstaltung „Systementwicklungsmethodik 2“ zu bearbeitenden Projektaufgabe ein technisch bedeutsames aber zeitgleich auch revolutionäres und innovatives Haushalt-Gadget im AM- & Multi-Material-Design schrittweise entwicklungsmethodisch entworfen werden. Dabei kann die Aufgabe einerseits ein intelligentes Re-Engineering eines bereits vorliegenden, funktionell noch optimierbaren Haushaltsartikels umfassen oder ebenfalls die Betrachtung einer geschickten Kombination mehrerer Funktionsgegenstände einschließen. Seien Sie kreativ und überzeugen Sie mit Ihrer Produktvorstellung!

Universität des Saarlandes
Lehrstuhl für Konstruktionstechnik
Campus E2 9, Raum 1.09
66123 Saarbrücken



Ansprechpartner:
Jerome Kaspar, M.Sc.

Telefon: +49 (0)681-302-71234
Telefax: +49 (0)681-302-71317
Mail: kaspar@lkt.uni-saarland.de

Datum: 18. Oktober 2019



Angesichts dieser facettenreichen Aufgabenstellung sind die im Folgenden aufgeführten Teilaufgaben schrittweise durchzuführen und terminiert abzugeben:

- 1) Konzeptionierung (initiale, systematische Konzeptentwicklung)
- 2) Detaillierung (methodische Werkstoffauswahl unter partiellem AM-Technologieeinsatz)
- 3) Ausarbeitung (3D-CAD Modellierung und Dokumentation)
- 4) Prototypenbau

Projektablauf:

Die Projektarbeit, bestehend aus vier Projektteilen, soll semesterbegleitend und selbstständig (*Plagiate führen zum Klausurausschluss*) innerhalb der eingeteilten 2er-Gruppe gelöst werden. Dazu sind zu den jeweiligen Abgabeterminen die nachfolgend aufgeführten Dokumente der Teilaufgaben abzugeben sowie für Projektteil 1 und Projektteil 4 die entsprechenden Ergebnisse in einer 10-minütigen Präsentation vorzustellen.

Äußere Form der Abgabedokumente:

Alle Dokumente (Zeichnungen auf A4 gefaltet) sind gebunden / geheftet / in Ordner mit

- ▶ Deckblatt mit Gruppennummer, Namen und Matrikelnummern
- ▶ Inhaltsverzeichnis und Aufgabenstellung (und Lastenheft)

vollständig in aktuellster Form zum jeweiligen Abgabetermin mitzubringen und abzugeben.

Anforderungen – Präsentation:

- ▶ Stellen Sie Ihre Konzeption / Konstruktion im Sinne eines **Konstruktionswettbewerbs** dar
 - Erläutern Sie die Funktionsweise Ihrer Konstruktion
 - Begründen Sie die Entscheidung für Ihr gewähltes Funktionsprinzip gegenüber anderen möglichen Funktionsprinzipien (z.B. anhand des morphologischen Kastens)
 - Stellen Sie die besonderen Vorteile Ihrer Konstruktion dar
 - Nennen Sie ggf. gerne auch bereits identifizierte Schwachstellen Ihrer Konstruktion und entsprechende Verbesserungsvorschläge
- ▶ Gestalten Sie Ihre 10-minütige Präsentation nach Ihren Vorstellungen (d.h. Anzahl der Vortragenden, Beamer und/oder Wandtafel)



Teil 1 – Konzeptionierung: (initiale, systematische Konzeptentwicklung)

Abgabetermin 29.11.2019

Die methodische Vorgehensweise ist zu dokumentieren mit

▶ Produktplanung

- Marktanalysen, Wettbewerbsanalysen, Technologieanalyse & Patentanalyse

▶ Projektplan

für die Gestaltungsaufgabe mit Planung von

- Aufgaben
- Dauer, Beginn und Ende der Aufgaben
- Abhängigkeiten zwischen Aufgaben
- ggf. kritischem Pfad

▶ Anforderungsliste

- Anforderungen des Lastenheftes präzisiert sowie um sinnvolle Anforderungen und Angaben inkl. Verweis auf Lage in Kano-Diagramm ergänzt (*min. 20 Anforderungen*)
- Konsistenzmatrix für (*mindestens 10*) Hauptanforderungen

▶ Funktionsstruktur

- Allgemeine kybernetische Black-Box-Darstellung
- Hierarchische Funktionsstruktur (*mindestens 10 Teilfunktionen*)
- Funktionsmodell mit Darstellung der (*mindestens 10*) wichtigsten Funktionen

▶ Lösungsprinzipien

- Morphologischer Kasten mit (*jeweils mindestens 4*) Teillösungsprinzipien (ggf. durch geeignete Lösungsfindungsmethoden) für diese wichtigsten Funktionen
- Verträglichkeitsmatrix für die Teilprinzipien
- Kennzeichnung von *mindestens 3* möglichen Gesamtlösungskombinationen im morphologischen Kasten
- Bewertung dieser Gesamtlösungskombinationen

▶ Grobentwurf / technische Prinzipskizze

- Anfertigung einer technischen Prinzipskizze zur Verdeutlichung des Wirkprinzips

Teil 2 – Detaillierung: (methodische Werkstoffauswahl unter partiellem AM-Technologieinsatz)

Abgabetermin 10.01.2020

Das konstruktiv entworfene Produkt ist angesichts einer methodischen Werkstoff- und Technologieauswahl transparent zu dokumentieren mit

► Ashby-Methode

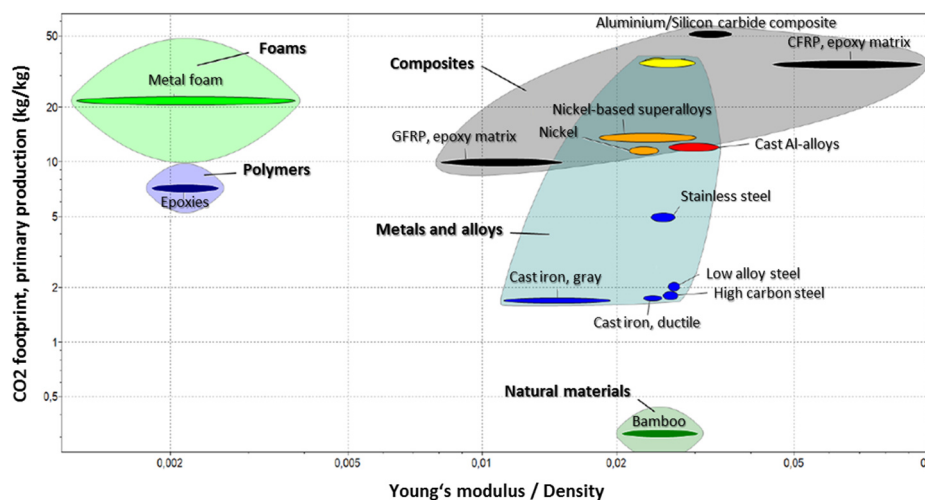
für alle Subsysteme und Komponenten mit relevanter Werkstoffauswahl

- Analyse der Gestaltvorgaben als Randbedingungen und Ziele
- Identifizierung und Ableitung sogenannter „Functions“, „Constraints“, „Objectives“ sowie „Free Variables“ zur Auflistung einfacher Randbedingungen für die Selektion
- Aufstellung einer „Performance-Rechnung“ (*mathematische/physikalische Beziehungen und Formeln zur Berechnung des Ziels*) zur Entmystifizierung der Werkstofffaktoren

► CES-Software

optimierte Auswahl mittels computerunterstützter Datenbank

- Erstellung sogenannter Eigenschaftsdiagramme unter Anwendung sogenannter Designgeraden (*Steigung entsprechend obiger Performance-Rechnung / Werkstofffaktoren*) zur Einschränkung gewisser Werkstofflösungen
- Ranking der besten fünf (5) grundsätzlich in Frage kommenden Lösungen
- Begründete Auswahl der finalen Werkstofflösung entsprechend der Prozesstechnologie sowie sonstiger „weicher“ Faktoren (*bspw. über „limit stages“*)





Teil 3 – Ausarbeitung: (3D-CAD Modellierung und Dokumentation)

Abgabetermin 24.01.2020

Das modellierte Produkt ist vollständig sortiert zu dokumentieren mit

- ▶ Dimetrischer Ansicht des modellierten „innovativen Haushalt-Gadgets“ (digital & Ausdruck)
- ▶ 3D-CAD Datensätzen der Einzelteile sowie des Zusammenbaus (*.prt sowie *.stp)
- ▶ Digital abgeleiteten Zeichnungssätzen (separate *.prt sowie *.pdf)

alle zur fertigungsgerechten (Toleranzen, Oberflächen, etc.) Herstellung notwendigen ...

- Einzelteil- und Zusammenbauzeichnungen
- Stücklisten

Teil 4 – Prototypenbau:

Abgabetermin 07.02.2020

- ▶ Eigenständiger Zusammenbau & Test des selbst konstruierten „innovativen Haushalt-Gadget in AM & Multi-Material-Design“
- ▶ Endpräsentation und Vorführung des „Haushalt-Gadgets“ mit allen teilnehmenden Studenten-Teams

Inhaltsverzeichnis

1	Lastenheft	1
2	Konzeptionierung	2
2.1	Produktplanung	2
2.2	Projektplan	4
2.3	Anforderungsliste	4
2.4	Funktionsstruktur	5
2.5	Lösungsprinzipien	5
2.6	Technische Prinzipskizze	5
3	Detaillierung	6
4	Ausarbeitung	7
5	Prototypenbau	8
A	Anhang	11
A.1	Marktanalyse zu Nahrungsergänzungsmitteln	11

1 Lastenheft

Es ist die Entwicklung eines innovativen Haushalt-Gadgets in AM-&Multimaterial-Design vorgegeben. Dabei soll ein bedeutsames aber zeitgleich auch revolutionäres und innovatives Produkt entworfen werden. Vom Kunde ist ein Vitamintablettenspender gewünscht. Dieser soll über folgende Funktionen verfügen:

- Aufbewahrungsmöglichkeit für vier unterschiedliche Vitamintablettensorten
- Automatischer Tablettenauswurf in einen Trinkbehälter
- Automatisches Auffüllen des Trinkbehälters mit Wasser
- Handlich
- Leicht

Dazu wurden zusätzliche Kundenbefragungen und Umfragen hinsichtlich wünschenswerter Zusatzfunktionen durchgeführt. Als begeisternde Kriterien wurden folgende Wunschanforderungen formuliert:

- Touchdisplay zur Bedienung
- Füllstandanzeige der Tablettenreservoirs
- großer Wasserbehälter

Das Produkt soll dem Kunden im Februar 2020 mittels einem fertigen Prototypen vorgestellt werden.

2 Konzeptionierung

Im Entwicklungsprozess nimmt die Suche nach der optimalen Lösung für das vom Kunden gewünschte Produkt die Hauptaufgabe ein. Das Ergebnis soll nachvollziehbar und objektiv bewertbar sein. Dafür wird im Folgenden zunächst eine umfassende Planung des Produktes hinsichtlich Markt- und Wettbewerbschancen durchgeführt.

Die Entwicklung des Konzepts erfolgt darauffolgend anhand eines Projektplans, der den vom Kunden gewünschten Termin zur Vorstellung des Produktes mit einem Prototypen berücksichtigt. In der Anforderungsliste werden die Anforderungen des Kunden aus dem Lastenheft konkretisiert und durch interne Spezifikationen ergänzt. Damit wird eine Basis zur Entwicklung von Lösungsideen geschaffen.

Hierfür werden zunächst die Zusammenhänge von Anforderungen und Funktionen abstrakt in der Funktionsstruktur dargestellt, wobei das Loslösen vom Gegenständlichen und von vorzeitigen Festlegungen auf ein bestimmtes Lösungskonzept ermöglicht wird. Zur Systematisierung der Suche und Auswahl des optimalen Lösungsprinzips wird im morphologischen Kasten alle Lösungsoptionen aller Teilfunktionen berücksichtigt und verschiedene Gesamtlösungskombinationen unter Beachtung von Konflikten untereinander gebildet. Die abgesicherte Festlegung des zu realisierenden Lösungskonzeptes erfolgt in der Nutzwertanalyse. Zuletzt wird ein Grobentwurf zur Verdeutlichung des Wirkprinzips angefertigt.

2.1 Produktplanung

Der Markt für Nahrungsergänzungsmittel ist riesig. Mehrere Studien und Umfragen zeigten bereits die enorme Nachfrage deutschlandweit. So wurden nach einer Studie von Insight Health [studie1], auf der Website des deutschen Lebensmittelverbandes veröffentlicht, dass im Jahr 2018 225 Millionen Packungen Nahrungsergänzungsmittel verkauft wurden. Das entspricht einem Umsatz von circa 1,439 Milliarden Euro. Dabei machen Vitamine und Mineralstoffe näherungsweise zwei Drittel des gesamten Nahrungsergänzungsmittel-Marktes aus. Das Vitamin C, zur Stärkung des Immunsystems, ist dabei in der Sparte der Vitaminprodukte mit großem Abstand am beliebtesten, sodass davon im Jahr 2019 29,2 Millionen Packungen abgesetzt wurden. Zweitplatziert sind Multivitamin-Tabletten mit Mineralstoffen, die immernoch 17,5 Millionen verkaufte Packungen vorweisen können. Aber auch Vitamintabletten, die lediglich das Vitamin B12 oder die Vitamine A/D oder B-Komplexe beinhalten, sind sehr stark gefragt. Aber auch unabhängig von Vitaminen werden einige Mineralien wie Magnesium insbesondere für Sportler aber auch Calcium vom Markt aufgekauft. Dabei wurden im Jahr 2018 36,8 Millionen Packungen Magnesium sowie 16,4 Millionen Packungen Calcium verkauft. Die Chancen, dass ein Produkt zur automatisierten Ausgabe von Tabletten mit Vitaminen und Mineralen vertrieben wird, sind damit gegeben. Die bereits große Akzeptanz von Medikamentendispensern stellen ein gutes Beispiel für die Erfolgsaussichten des zu entwickelnden Produktes. Diese Dispenser verringern die Wahrscheinlichkeit falsche Medikamente einzunehmen und bieten dabei zeitgleich einen hohen Komfort. Mit dem Vitamintablettendispenser wird ein Produkt konstruiert, das der breiten Masse der Bevölkerung zugänglich gemacht werden

kann. Aufgrund der hohen Verkaufszahlen bieten sich gute Chancen durch den erhöhten Komfort der Tablettenzubereitung und der damit erleichterten Tabletteneinnahme.

Die Technologie zum Realisieren des Produktwunsches sind gegeben. Es gibt zahlreiche Möglichkeiten zum Entwerfen eines Ausgabemechanismus von Vitamintabletten. Die vielfältigen Motoren zum Erzeugen des gewünschten Schiebprinzips. Damit werden zur Umsetzung ausschließlich Komponenten Technologien aus dem Bereich der Basistechnologien sowie der Alten Technologien verwendet. Diese sind preislich günstig zu bekommen und können durch geschickte Kombination miteinander Gewinne einbringen. Hierfür wurden in Norwegen im Jahr 2018 elektronische Medikamentendispenser in Krankenhäuser in einem Pilotprojekt getestet [studie2]. Damit sind die technischen Voraussetzungen für das Produkt gegeben.

Im direkten Wettbewerb mit dem automatischen Vitamintablettendispenser steht ein Produkt der Firma tespo, das die automatische Ausgabe ihrer firmeneigenen Vitamine in Pulverform. Des Weiteren gibt es ausschließlich Behältnisse zu Aufbewahrung von Tabletten. Diese stellen jedoch nicht die automatische Ausgabe sowie das anschließende Auffüllen mit Wasser bereit. Die gewünschte Bedienbarkeit mit einem Touchdisplay sind zusammen mit der automatischen Zubereitung Alleinstellungsmerkmale. Damit ist das Produkt ein Unikat und hebt sich gegenüber der Konkurrenz deutlich ab.

In der Patentanalyse wurde mittels einer Bottom-Up-Recherche-Methode sichergestellt, dass es keine vergleichbaren Patente des Produkts gibt. Dabei wurden im Depatisnet, Espacenet sowie unter Google Patents keine relevanten Produkte gefunden. Es existiert ausschließlich das deutsche Patent DE000029811862U1, der Vitamin-Tablettenspender. Das im Jahr 1998 angemeldete Gebrauchsmuster beschreibt einen Spender, an dem Tablettenröhrchen befestigt werden können. Mit Hilfe eines mechanischen Schiebers können einzelne Tabletten herausgenommen werden. Das Einzelelement ist durch eine Wandhalterung gekennzeichnet, an der die Röhrchen einzeln ausgetauscht werden können. Das Patent beinhaltet das Funktionsprinzip des zu entwickelnden Produktes nur eingeschränkt. Das Patent schützt eine komplette Wandhalterung durch Verschraubung von den Produktschenkeln, das direkt Röhrchen montiert werden können, sowie den mechanischen Schiebemechanismus. Das zu entwickelnde Produkt erweitert das Prinzip in seiner Funktion, sodass der Wirkungsbereich des Schutzes verlassen wird. Der automatische Prozess zur Tablettenausgabe löst dabei den Schiebemechanismus ab. Das System ist nicht zur Montage an der Wand vorgesehen. Außerdem ist die Befüllung des Gerätes mit den Tabletten angedacht, sodass die einzelnen Röhrchen nicht direkt am Produkt montiert werden. Durch Hinzufügen von wesentlichen Produktfunktionen wie beispielsweise einem Touchscreen, einem Wasserbehälter zum automatischen Auffüllen des Behälters mit Wasser und einigen weiteren Zusatzfunktionen hebt sich das System deutlich vom Patent ab und kann konstruiert werden. Die Kombination der einzelnen Komponenten für sein Anwendungsgebiet kann als Patent angemeldet werden. Ausschließlich der automatisierte Auswurf muss hinsichtlich seiner Ähnlichkeit zum Schiebemechanismus überprüft und abgesichert werden.

Evtl. kurze Produktanalyse...

2.2 Projektplan

Für die Gestaltungsaufgabe mit Planung von

- Aufgaben
- Dauer, Beginn und Ende der Aufgaben
- Abhängigkeiten zwischen Aufgaben
- ggf. kritischem Pfad

2.3 Anforderungsliste

- Anforderungen des Lastenheftes präzisiert sowie um sinnvolle Anforderungen und Angaben inkl. Verweis auf Lage im Kano-Diagramm ergänzt (min. 20 Anforderungen)
- Konsistenzmatrix für (min. 10) Hauptanforderungen

Nr.	F/W	Gew.	Beschreibung und Erläuterung
1			Funktionsanforderungen
1.1	F		Wirft gewünschte Vitamintablette aus
1.2	W		Tabletten werden automatisch ausgeworfen, wenn Glas platziert wird
1.3	W		Immer nur eine der Tageszeit entsprechende Tablette darf ausgeworfen werden um Vitaminbalance zu garantieren
1.4	W		Modernes Design
1.5	F		Gute Standfestigkeit oder Möglichkeit zu Wandmontage
1.6	F		Anzeige der aktuellen Uhrzeit
1.7	F		Anzeige der nächsten Tablette mit deren Uhrzeit
1.8	F		Einfache und intuitive Bedienung
1.9	W		Nutzerprofile, sodass zwischen mehreren Nutzern gewechselt werden kann
1.10	F		Vorrat-Leer Sensor um Nutzer auf Röhrchenwechsel hinzuweisen
1.11	W		Warnton, wenn Tablette vergessen wurde
2			Mechanische/Geometrische Anforderungen
2.1	F		Muss kompatibel sein mit handelsüblichen Vitaminröhrchen
2.2	F		Verwendung robuster Sensoren um Lebensdauer zu erhöhen
2.3	W		Handliches Gewicht: $< 5 \text{ kg}$
2.4	W		Maximale Abmessungen: $X \text{ cm} \times Y \text{ cm} \times Z \text{ cm}$
3			Sicherheitsanforderungen
3.1	F		Auswurfsmechanismus muss geschützt sein, sodass Finger nicht versehentlich hinein gerät
3.2	F		Standfeste Position des Glases
4			Umwelt- und Wartungsanforderungen

4.1	F	Verwendung von lebensmittelechten Materialien
5		Produktions- und Fertigungsanforderungen
5.1	F	Funktionsprototyp bis zum 07.02.2020
5.2	W	Verwendung wasserfester Materialien
6		Sonstiges
6.1	F	

Tabelle 2.1: Anforderungsliste (F = Festanforderung, W = Wunschanforderung)

2.4 Funktionsstruktur

- Allgemeine kybernetische Black-Box-Darstellung
- Hierarchische Funktionsstruktur (min. 10 Teilfunktionen)
- Funktionsmodell mit Darstellung der (min. 10) wichtigsten Funktionen

2.5 Lösungsprinzipien

- Morphologischer Kasten mit (jeweils min. 4) Teillösungsprinzipien (ggf. durch geeignete Lösungsfindungsmethoden) für diese wichtigsten Funktionen
- Verträglichkeitsmatrix für die Teilprinzipien
- Kennzeichnung von min. 3 möglichen Gesamtlösungskombinationen im morphologischen Kasten
- Bewertung dieser Gesamtlösungskombinationen

2.6 Technische Prinzipskizze

Anfertigung einer technischen Prinzipskizze zur Verdeutlichung des Wirkprinzips

3 Detaillierung

4 Ausarbeitung

5 Prototypenbau

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

2.1	Anforderungsliste (F = Festanforderung, W = Wunschanforderung)	5
-----	--	---

A Anhang

A.1 Marktanalyse zu Nahrungsergänzungsmitteln

Gesamtmarkt für Nahrungsergänzungsmittel in Deutschland 2018*

Werte für 2017** in Klammern



Umsatz
1,439 Mrd. Euro
(1,31 Mrd. Euro)



Absatz
225 Mio. Packungen
(212 Mio. Packungen)

* April 2017 bis März 2018

** April 2016 bis März 2017

Quelle: INSIGHT Health

Wo kaufen Verbraucher Nahrungsergänzungsmittel?

Absatz in Millionen Packungen 2018*, Zuwachs in Prozent und
Werte für 2017** in Klammern

1 Drogeriemärkte
92,9 Mio.
+ 10,5 % (84,1 Mio.)



2 Lebensmitteleinzelhandel
73,0 Mio.
– 1,7 % (74,2 Mio.)



4 Versandapotheken
16,5 Mio.
+ 23,3 % (13,4 Mio.)



3 Apotheken
43,3 Mio.
+ 2,7 % (41,2 Mio.)



2018*
225 Mio.
+ 5,5 %
(213 Mio.)

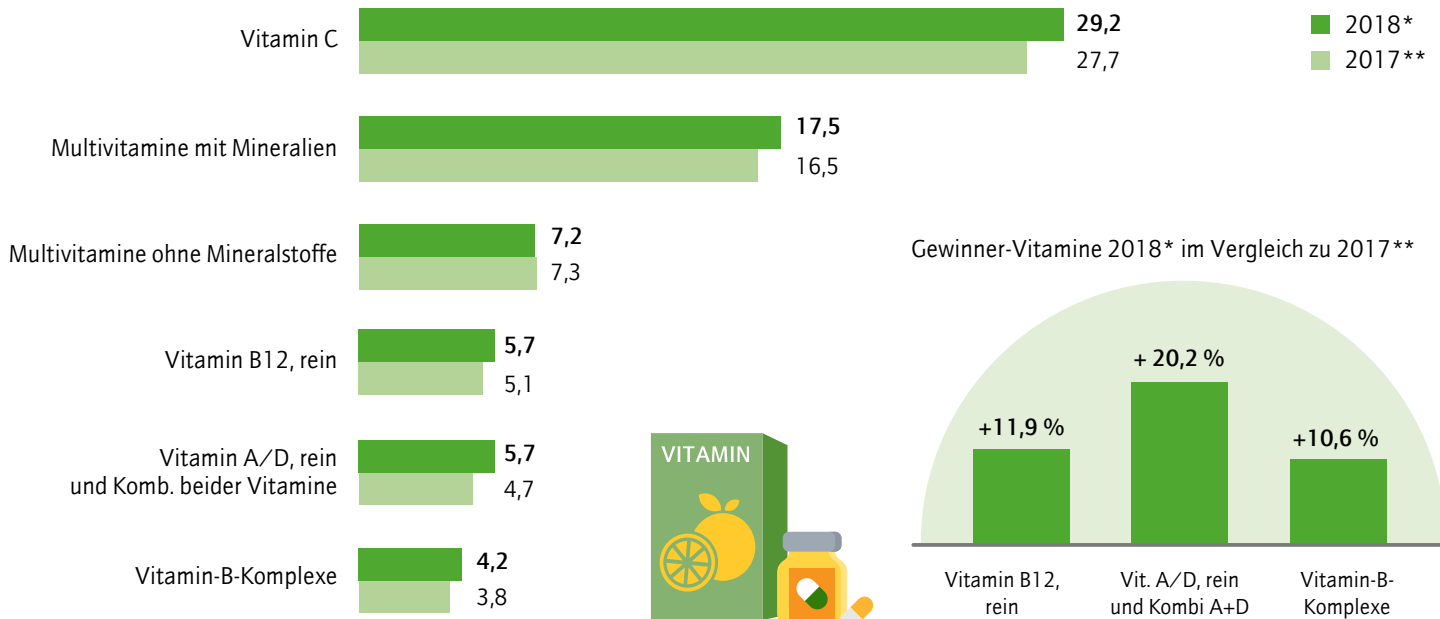
* April 2017 bis März 2018

** April 2016 bis März 2017

Quelle: INSIGHT Health

Die Top 6 der Vitamine

Absatz in Millionen Packungen



* April 2017 bis März 2018

** April 2016 bis März 2017

Quelle: INSIGHT Health