



OST

Ostschweizer
Fachhochschule

Wissensnugget

Sicherstellen von Qualität

Peter Eichenberger

4. Oktober 2023

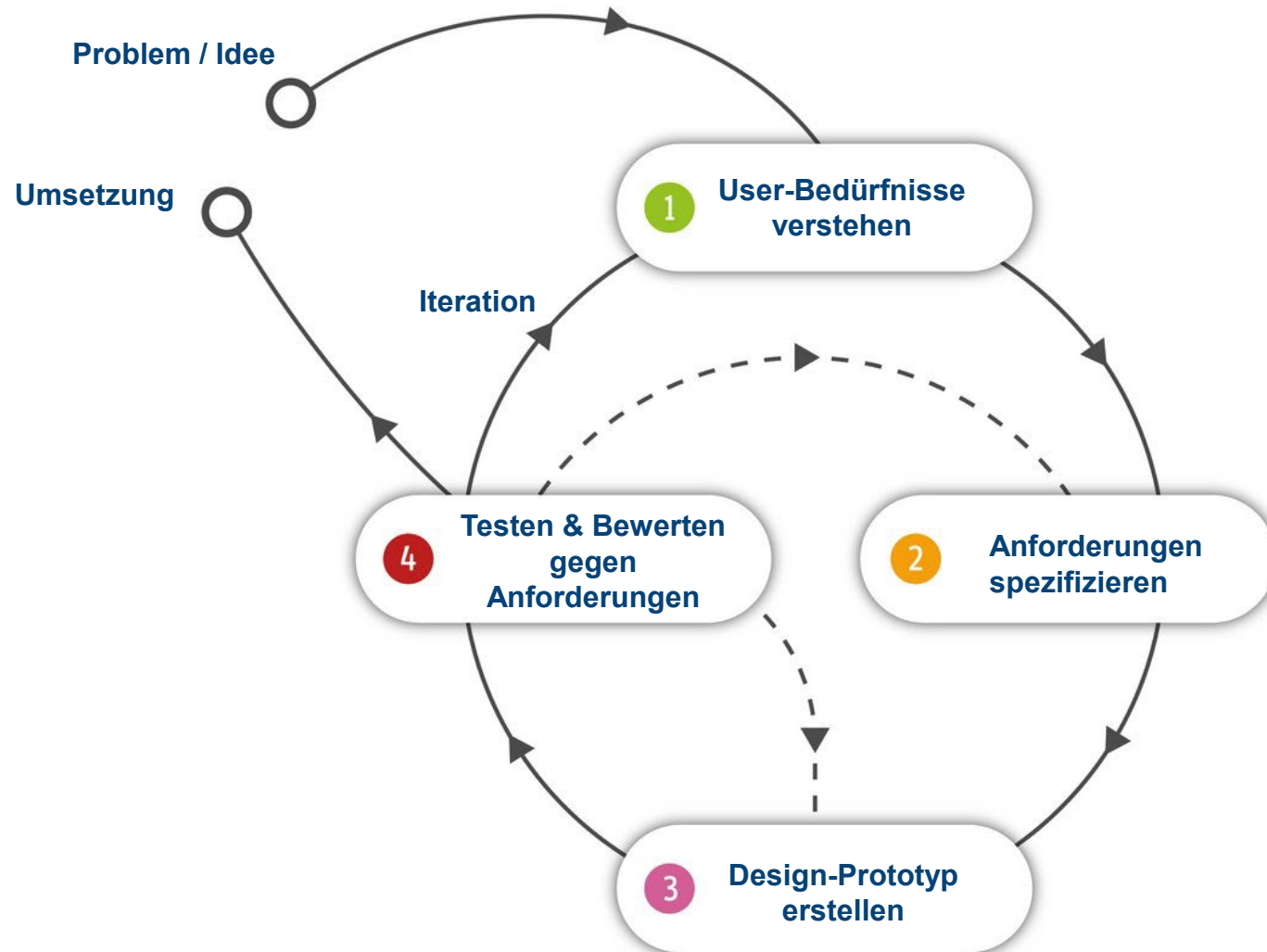
Departement Technik / Institut IPEK

Warum Qualitätssicherung

- Qualitätssicherung ist ein entscheidender Aspekt in der Produktentwicklung
- Es muss sichergestellt werden, dass ein Produkt funktional und effizient ist, und auch, dass es die tatsächlichen Bedürfnisse und Erwartungen der Benutzer erfüllt
- Gerade in agilen Projekten ist die Qualitätssicherung ein integraler Bestandteil des Entwicklungsprozesses, wobei kontinuierliche Tests und Anpassungen gewährleisten, dass das Produkt den sich verändernden Anforderungen und Rückmeldungen der Benutzer gerecht wird

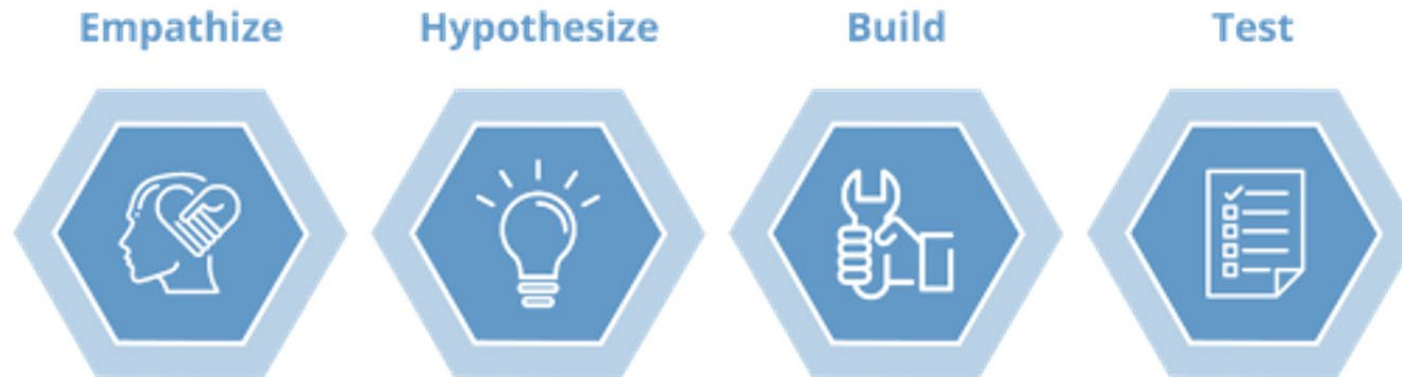
Die Qualität muss in jedem Schritt des Designzyklus sichergestellt werden
Um dies zu erreichen, werden in diesem Wissensnugget zu jeder Phase Tipps gegeben

User-Centered Designzyklus



User-Centered Design

- Der Nutzer steht im Mittelpunkt des gesamten Designprozesses. Es ist entscheidend, die Bedürfnisse, Ziele, Fähigkeiten und Präferenzen der Nutzer zu verstehen.
- Entwicklung **MIT** den Benutzern, nicht nur **FÜR** die Benutzer



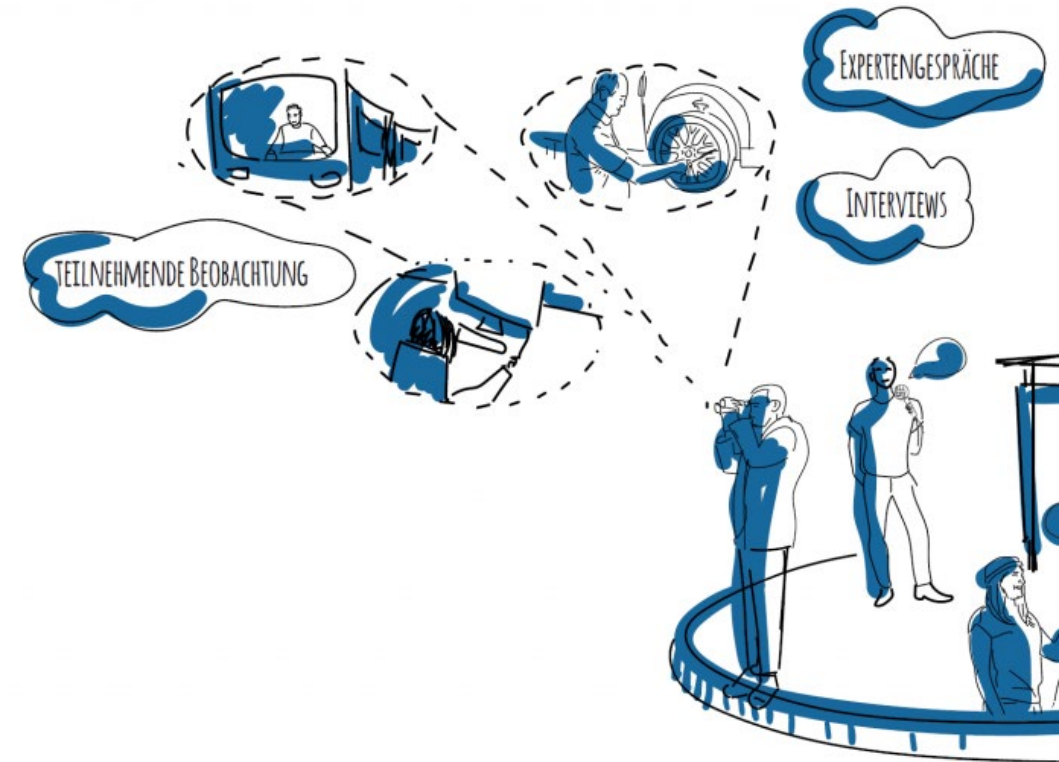
Fokus zuerst auf die Bedürfnisse der Benutzer und erst dann auf die technische Machbarkeit



User-Bedürfnisse verstehen

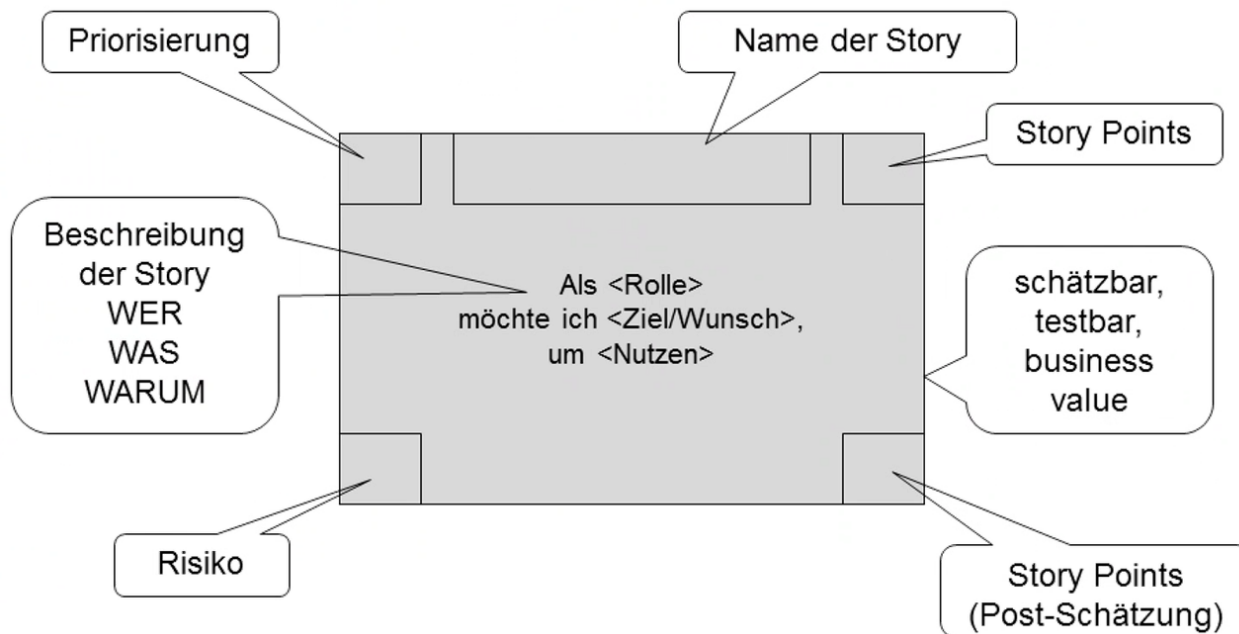
Nutzerbedürfnisse verstehen

- Nutzergruppen so früh wie möglich einbeziehen
- Um die Bedürfnisse der Nutzer zu verstehen, Befragungen der Nutzergruppen durchführen
- In den Befragungen den Fokus auf das Verstehen der Probleme der Nutzer legen
- Die Nutzergruppen individuell befragen, damit sie sich nicht gegenseitig beeinflussen
- Die Nutzer beim Arbeiten im Status Quo oder mit einem Prototypen beobachten



Die User-Story

- Basierend auf den Befragungen werden Personas oder User-Stories erstellt, die typische Nutzerprofile repräsentieren. Diese helfen bei der Visualisierung und Verinnerlichung der Zielgruppe mit ihren entsprechenden Anforderungen.



User story: *As a user, I want to be able to register online, so that I can start shopping online.*

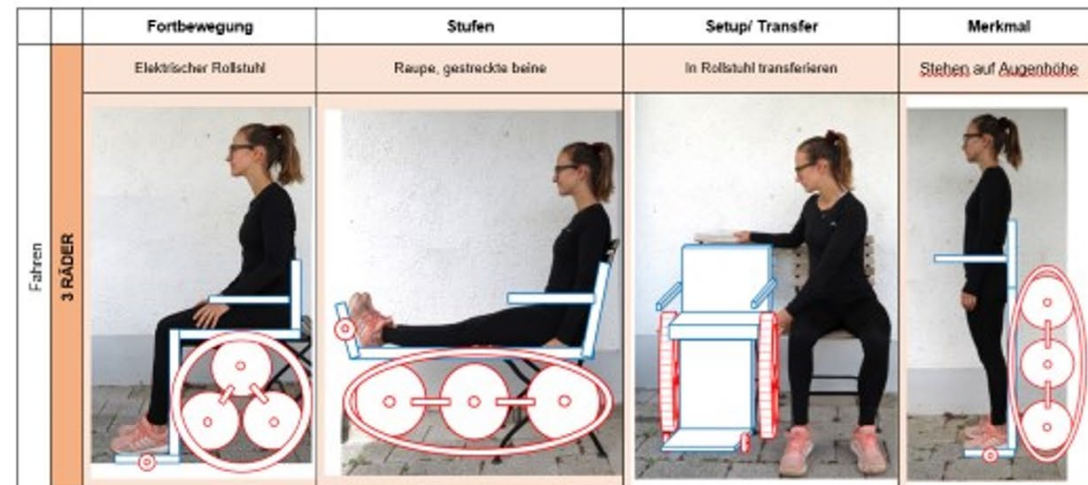
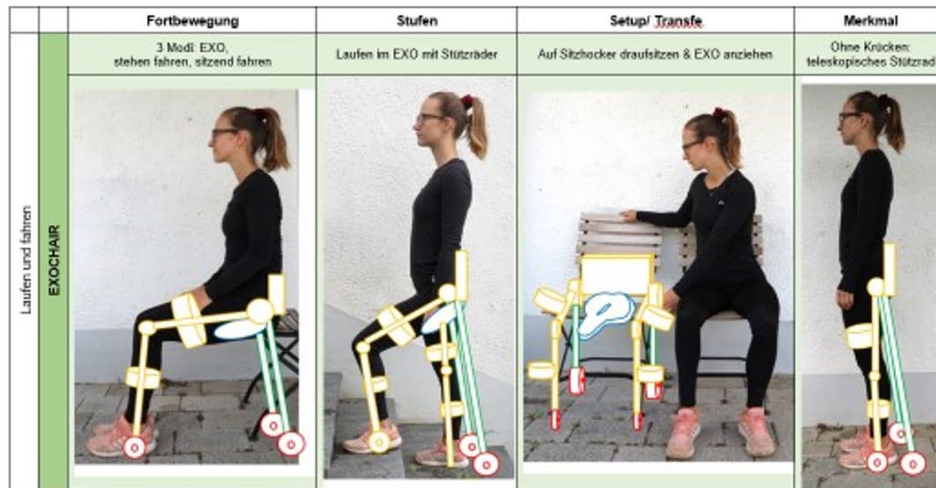
Acceptance criteria:

- User can only submit a form by filling in all required fields
- The email user provided must not be a free email
- Submission from same IP can only be made three times within 30 minutes
- User can only submit a form by filling in all required fields
- User will receive a notification email after successfully registration

...oder auch
Checkliste
genannt

Früh Feedback einholen

- Um die Nutzer in die Entwicklung einzubinden, soll bereits im frühen Entwicklungsstadium zu den Konzepten Feedback der User eingeholt werden. Dabei ist es wichtig, die Ideen so zu visualisieren, dass die User auch fähig sind Feedback zu geben. Z.B. besser einfache Visualisierungen oder Skizzen statt Text verwenden:

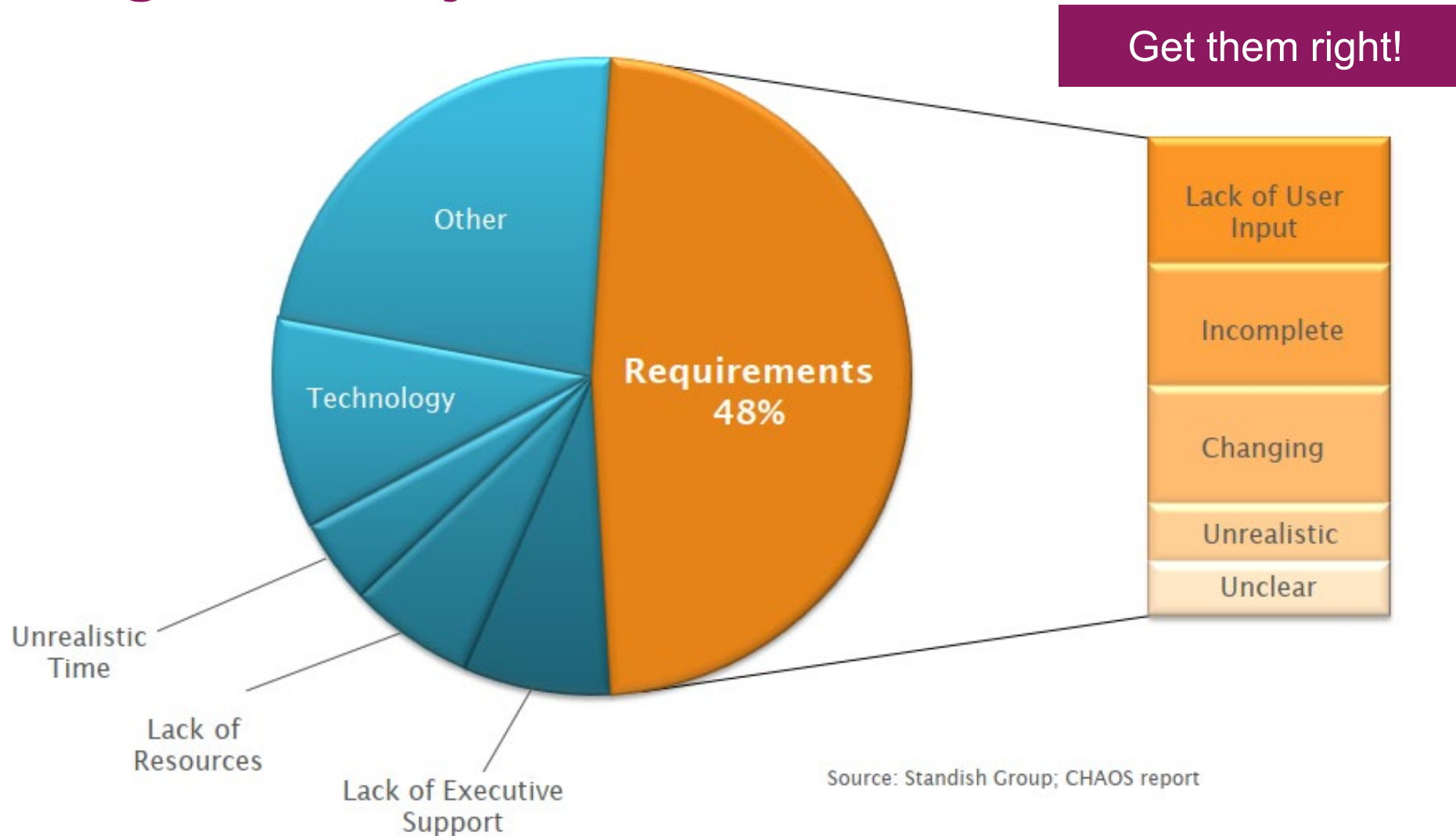




Anforderungsmanagement

Anforderungen spezifizieren

Warum gehen Projekte schief?

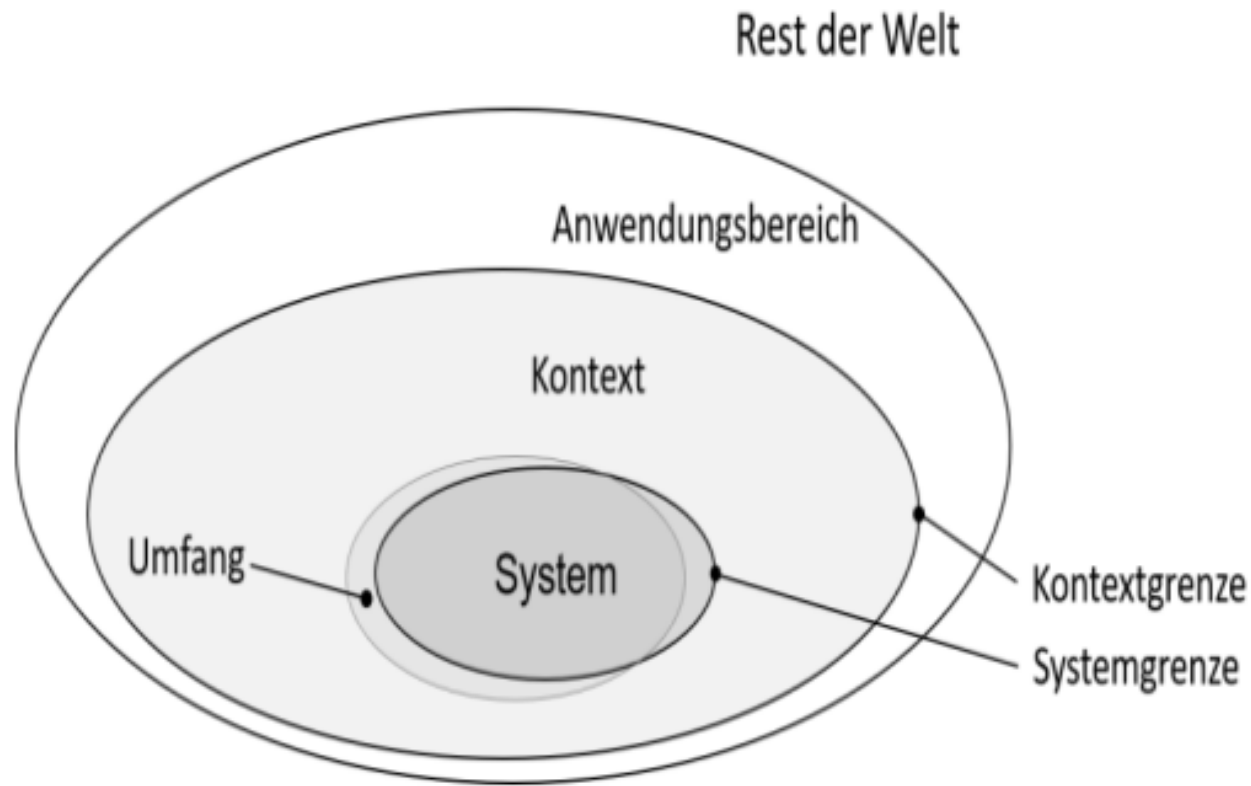


Regeln für das Anforderungsmanagement

1. **Werteorientierung:** Anforderungen sind kein Selbstzweck
2. **Stakeholder:** Befriedung der Bedürfnisse der Stakeholder & User
3. **Gemeinsames Verständnis:** Erfolgreiche Systementwicklung ist nur mit einer gemeinsamen Kommunikation aller beteiligter möglich
4. **Kontext:** Systeme können nicht isoliert verstanden werden
5. **Validierung:** Ohne Validierung und Verifikation sind Anforderungen nutzlos
6. **Systematische und disziplinierte Arbeitsweise**

Systeme können nur im Kontext betrachtet werden

- Das Verständnis des Kontextes (Umfeld und Umsysteme) ist wesentlich für das Verständnis der Anforderungen.



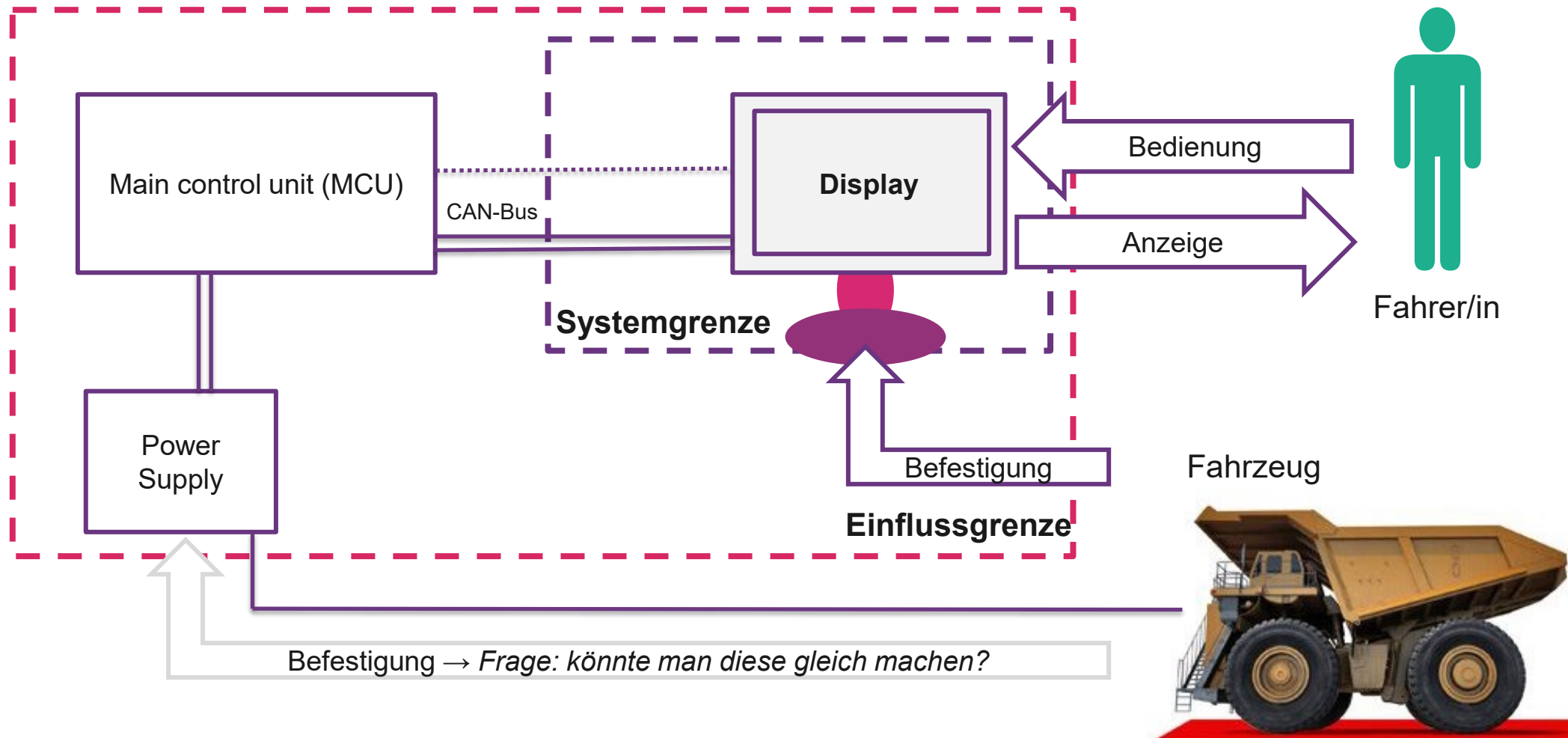
Systemgrenze:

- Sie zeigt, was zum System gehört und was nicht. Alles innerhalb dieser Grenze wird als Teil des zu entwickelnden Systems betrachtet.

Kontext- oder Einflussgrenze:

- Die Einflussgrenze zeigt, wie das System mit seiner Umgebung interagiert. Alles, was innerhalb der Einflussgrenze liegt, kann das System beeinflussen oder von ihm beeinflusst werden.

Beispiel zur Darstellung der Systemarchitektur eines Displays



Beispiel unklare Anforderung: Gehäuse von Gerät im Bergbau

- Anforderung: Das Gehäuse muss **"Gorrilla-Proof"** sein. Heisst das:
 - Das Gehäuse muss von einem Gorilla bedient werden können?
 - Das Gehäuse darf nicht kaputt gehen wenn wir es einem Gorilla geben?
- Anforderungen klar messbar definieren, allenfalls mit Normen
- Festlegen, wann, was gegen welche Anforderung getestet wird.



Quelle: Hexagon Mining

Beispiel nicht Berücksichtigung des Kontexts: Rückscheiben Auto

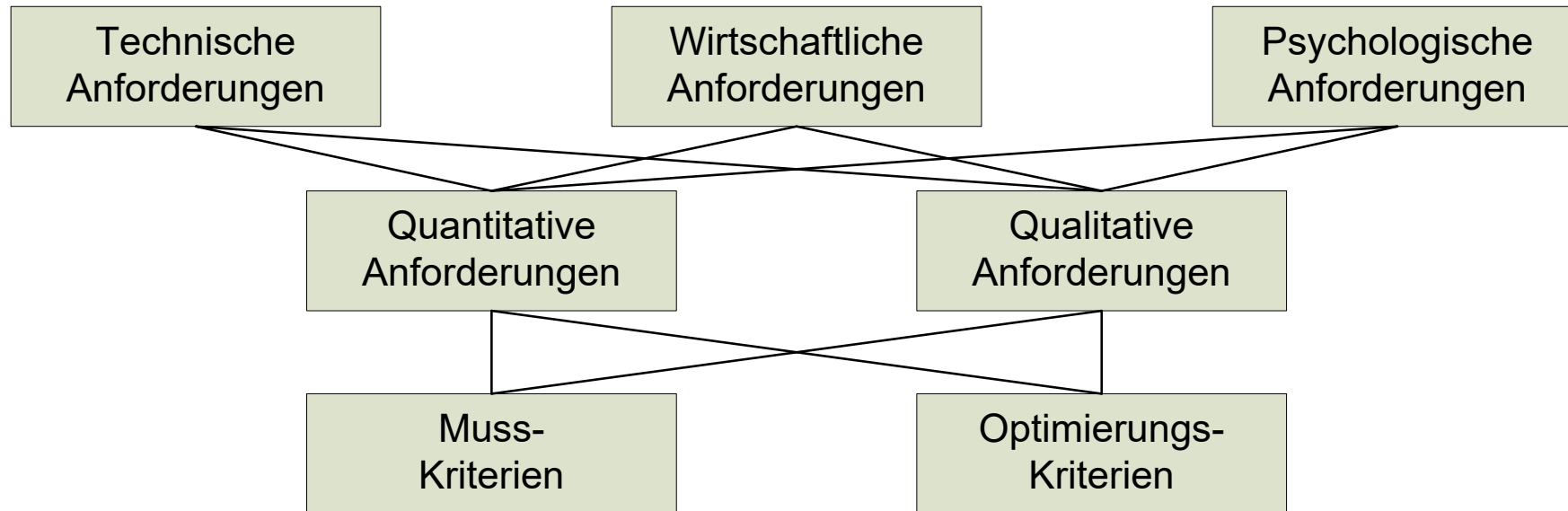
- **Originale-Anforderung**
 - Rückscheiben des Fahrzeugs müssen eine Windlast bei 160 km/h aushalten
- **Projektbestimmung während der Entwicklung**
 - Value Management um die Kosten und das Gewicht der Scheiben zu halbieren
- **Entwickler-Standpunkt**
 - "160 km/h ist exzessiv"
 - Abmindern auf 100 km/h (max. Rückwärtsgeschwindigkeit 30 km/h, Windlast 60 km/h und 10 km/h Marge)



Quelle: A. Hawthorn, Bristol

Resultat: Bei vielen ersten Lieferlosen kam es zu gebrochenen Rückscheiben.

Arten von Anforderungen / Kriterien



Anforderungs-Kriterien kommen aus dem Lasten- bzw. Pflichtenheft oder den Gesprächen mit den Usern. Unterschiedliche Gruppen stellen oft unterschiedliche Ansprüche an das Produkt. Es ist Ihre Sache mit dem Auftraggeber diese Widersprüche zu klären. Eigene Annahmen unbedingt dem Auftraggeber mitteilen (ISO 9100).

Die Kriterien dürfen sich nicht widersprechen

Kriterien

Muss-Kriterien

- Sind prüfbar mit einem Test
- Sind binär (erfüllt/1 oder nicht erfüllt/0)
- Enthalten exakte Werte
- So viele Kriterien wie unbedingt nötig.
 - **Konzepte, welche die Muss-Kriterien nicht erfüllen, müssen verworfen oder überarbeitet werden!**

Beispiel:

- Muss im Test der Kraft von 1 kN einmal standhalten
- Herstellkosten kleiner als CHF 4'000

Optimierungskriterien

- Beginnen mit dem Wort "möglichst"
- Werden zur Bewertung und dem Vergleich von unterschiedlichen Konzepten verwendet

Beispiel:

- Möglichst wenige Komponenten verwenden
- Möglichst geringes Gewicht

Nice-to-have / Wunsch

- Machen den Kunden glücklich, sind aber nicht zwingend erforderlich

Beispiel:

- Individuell beschriftbar

Beispiel Anforderungskatalog (I)

Wenn die Anforderung nur von einem Teil des System erfüllt werden muss.

Auf welcher Stufe die Verifizierung bzw. Validierung stattfindet

| | Kategorie | Anforderung | Subsystem | Wert | Stufe | Testkriterium | Bemerkung |
|---|--------------------|---|-----------|----------|-----------|---|---|
| 1 | Preis | Herstellkosten (HK) | | <100 CHF | Nullserie | - | <i>1. Kalkulation nach Konzeptphase 2. Anfrage Lieferanten mit Prototyp</i> |
| 2 | Normen | IP Schutz | Gehäuse | 54 | Prototyp | Test mit Prototyp | |
| 3 | Lebensdauer | 4 Jahre Nutzungsdauer | | | Kunde | | |
| 4 | Benutzer | Gerät muss ohne Vorkenntnisse bedient werden können | | - | Prototyp | Software: Usertests nach Konzeptphase mit 10 Fahrern Installation: Einbau des Prototyps in eine Fahrzeug | |

Beispiel Anforderungskatalog (II)

- Der Anforderungskatalog wird während dem Projekt laufend ergänzt.



Template
verfügbar

Anforderungskatalog

| Kat. | ID | Muss Optimierung Vunsch | Titel | Beschreibung | Wert | Testkriterium (Wer, Wann) | Bemerkungen/Entscheid |
|-----------------------|------|-------------------------------|---------------------------------|--------------|------|------------------------------|-----------------------|
| 1 Benutzer | 1.01 | | Akademischer Ausbildungsgrad | | | | |
| | 1.02 | | Arbeitsdauer | | | | |
| | 1.03 | | Vorkenntnisse | | | | |
| | 1.04 | | | | | | |
| | 1.05 | | | | | | |
| | 1.06 | | | | | | |
| | 1.07 | | | | | | |
| | 1.08 | | | | | | |
| | 1.09 | | | | | | |
| 2 Funktion | 2.01 | | | | | | |
| | 2.02 | | | | | | |
| | 2.03 | | | | | | |
| | 2.04 | | | | | | |
| | 2.05 | | | | | | |
| | 2.06 | | | | | | |
| | 2.07 | | | | | | |
| | 2.08 | | | | | | |
| | 2.09 | | | | | | |
| | 2.10 | | | | | | |
| 2 Geometrie | 3.01 | | Bauraum | | | | |
| | 3.02 | | Gewicht | | | | |
| | 3.03 | | Farben | | | | |
| | 3.04 | | Toleranzen | | | | |
| | 3.05 | | Handlauf | | | | |
| | 3.06 | | | | | | |
| ingsablauf / matik | 4.01 | | | | | | |
| | 4.02 | | | | | | |
| | 4.03 | | | | | | |
| | 4.04 | | | | | | |
| | 4.05 | | | | | | |

Warum Prototypen bauen?

- Es lohnt sich möglichst früh und in allen Entwicklungsstadien Prototypen zu bauen, um die Designideen zu visualisieren und um frühzeitig Kunden- und User-Feedback zu erhalten. Die Prototypen können von Papierskizzen über digitale Modelle bis zu Hardware reichen.



Quelle: dyson

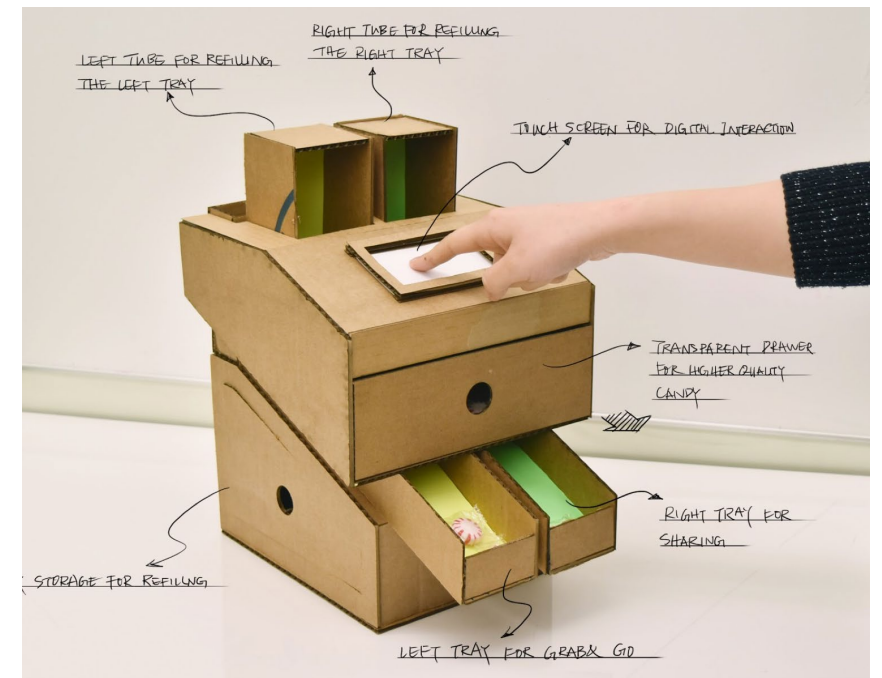
UX Wireframe

- Wird als Konzeption einer Webanwendungen, App und Software eingesetzt
- [Miro](#)
- [Balsamiq](#)
- [Marvel](#)
- Von Hand zeichnen



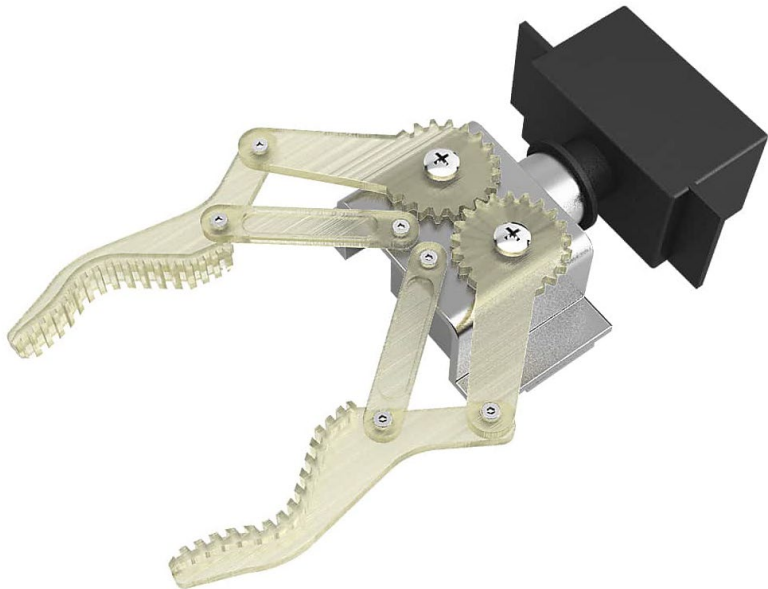
Kartonmodell

- Fokus: Ergonomie, Massstäblichkeit, auch grössere Produkte schnell herstellbar
- Feine Detailelemente können mittels 3D-Druck ergänzt werden
- Bedienelemente können aufgemalt oder als Papierausdruck aufgeklebt werden



3D-Druck

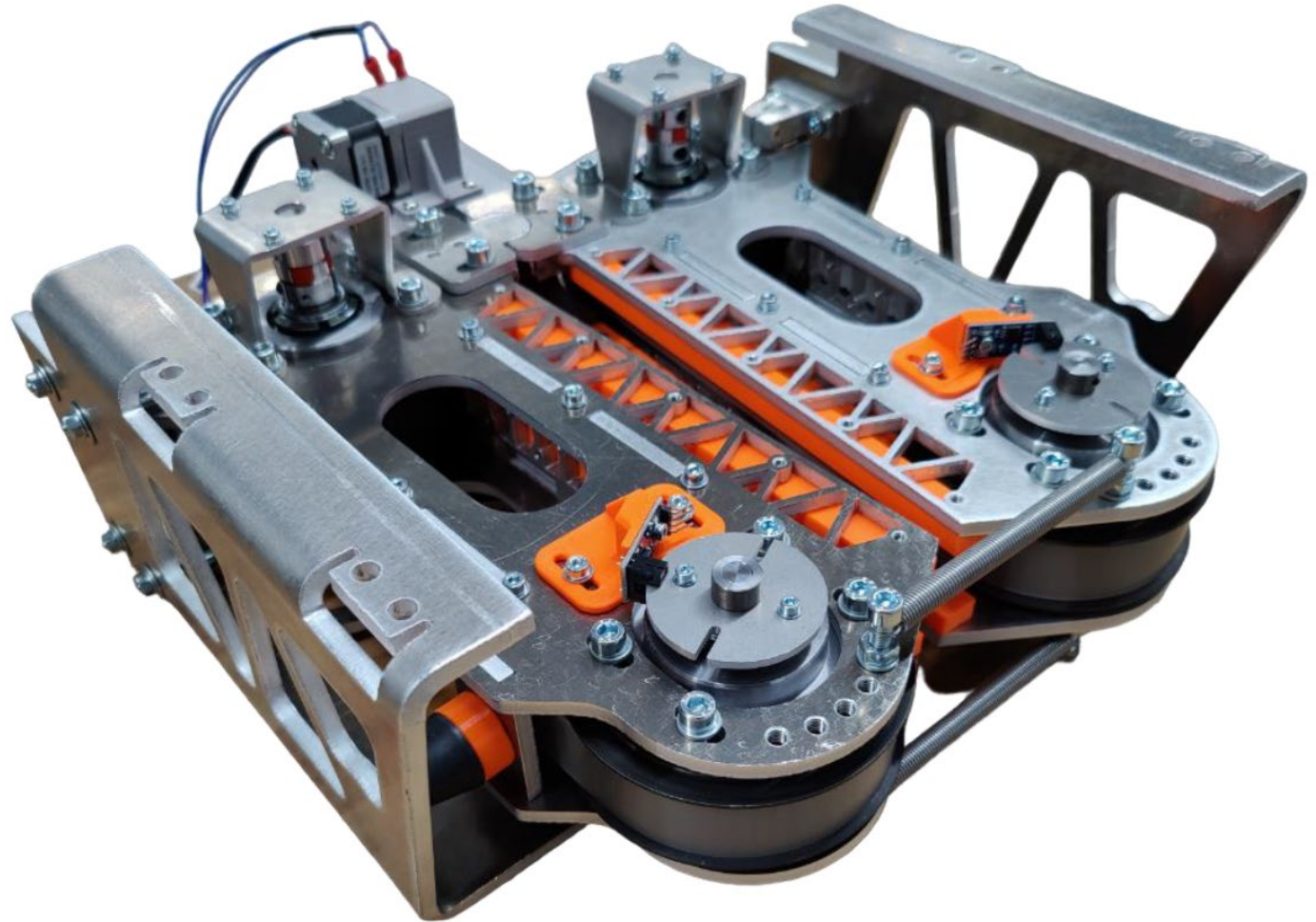
- Funktionsnahe Prototypen mit komplexer Form oder feinen Details
- Kleine bis mittelgrosse Produkte
- Schnell in der Produktion: "über Nacht"
- Variantenstudien



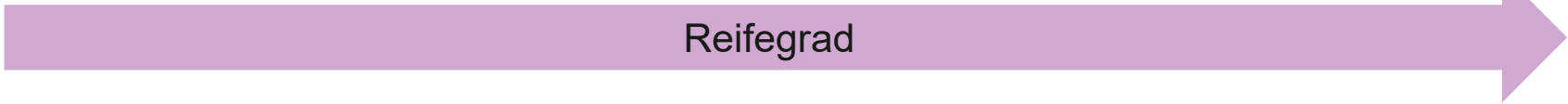

Design Prototyp

Drehen, Fräsen, Lasern & biegen

- Für seriennahe Prototypen
- Hohe Genauigkeit
- Hohe Belastbarkeit
- Hohe Kosten



Welche Muster werden wann umgesetzt bzw. erwartet?

| Mustertypen | | | | | | |
|--|--|---|--|---|--|---|
| | Proof-of-Concept (POC) | Functional model (Fumo) | Design model | Prototype | Mock-up | Pilot series |
| | Machbarkeitsnachweis | Funktionsmuster (FuMu) | Designmuster | Prototyp | Attrappe | Nullserie |
| Definition | Zeigt die prinzipielle Durchführbarkeit eines Vorhabens. Wird schnell und ohne detaillierte Vorgaben entwickelt (Fast-Prototyping) | Ein Funktionsmuster zeigt die generellen Funktionen einer Konstruktion. Es kann noch wesentliche Anforderungen weglassen (z.B. Sicherheit oder Design) Manchmal wird es auch MVP (Minimal Viable Product) bei Software genannt. | Ein Designmuster wird vor allem bei Konsumgütern für eine Klärung der Kundenakzeptanz in Design (Form, Farbe) genutzt. Es wird oftmals als Vorgabe für die Konstruktion genutzt. | Ein Prototyp vereint die Funktionen und das Design und ist seriennah. Er kann für Test (Lebensdauer, Usability) genutzt werden. | Ein Moc-kup ist eine Attrappe des Produktes um die Gebrauch und Nutzungs-tauglichkeit zu prüfen. Es kann auch mit Virtual Reality nachgebildet werden. | Die Nullserie dient der Absicherung des Produktionsablaufes zur Serienfertigung. Die Funktion der Betriebsmittel und Systeme wird unter Produktionsbedingungen auf verketteten Anlagen erprobt. Damit wird die Prozessfähigkeit der Betriebsmittel, Prüfabläufe und -einrichtungen bestätigt. |
|  | | | | | |  |

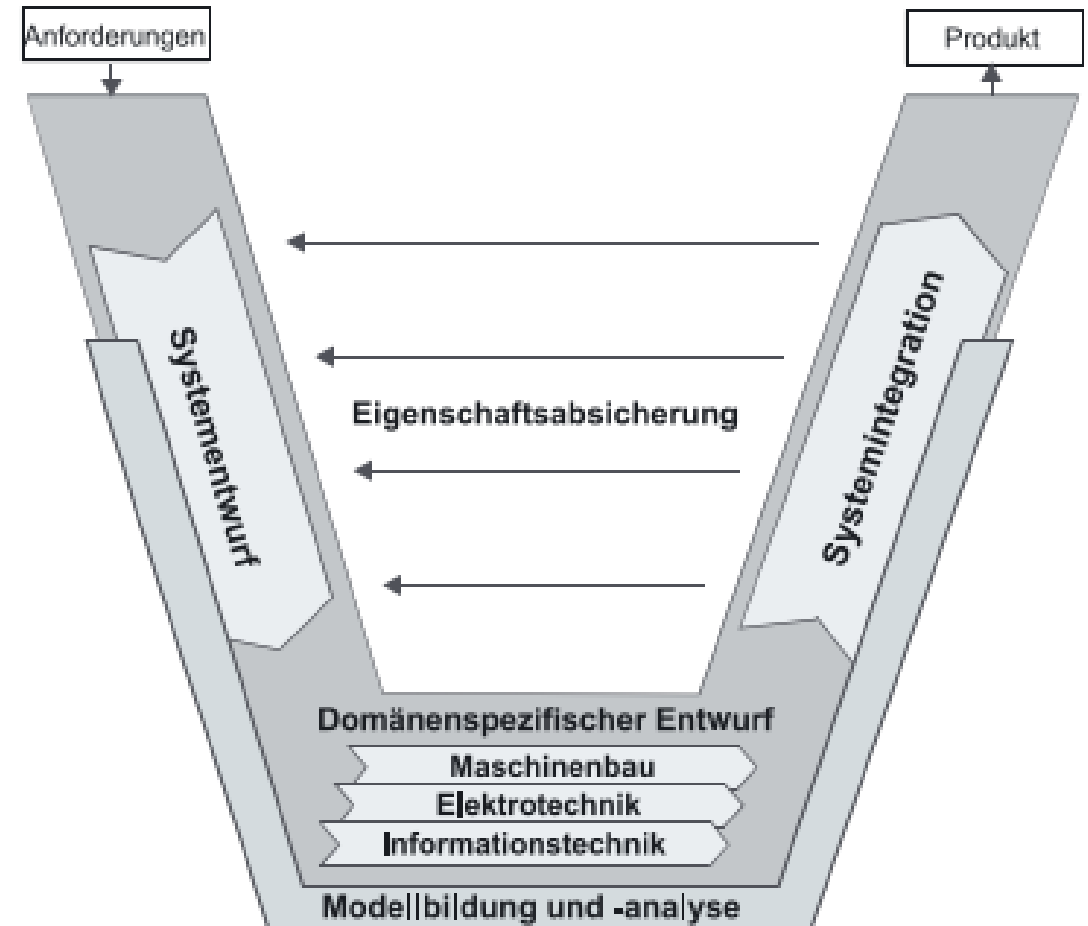


Testen & bewerten

Testen & bewerten

V-Modell VDI 2206

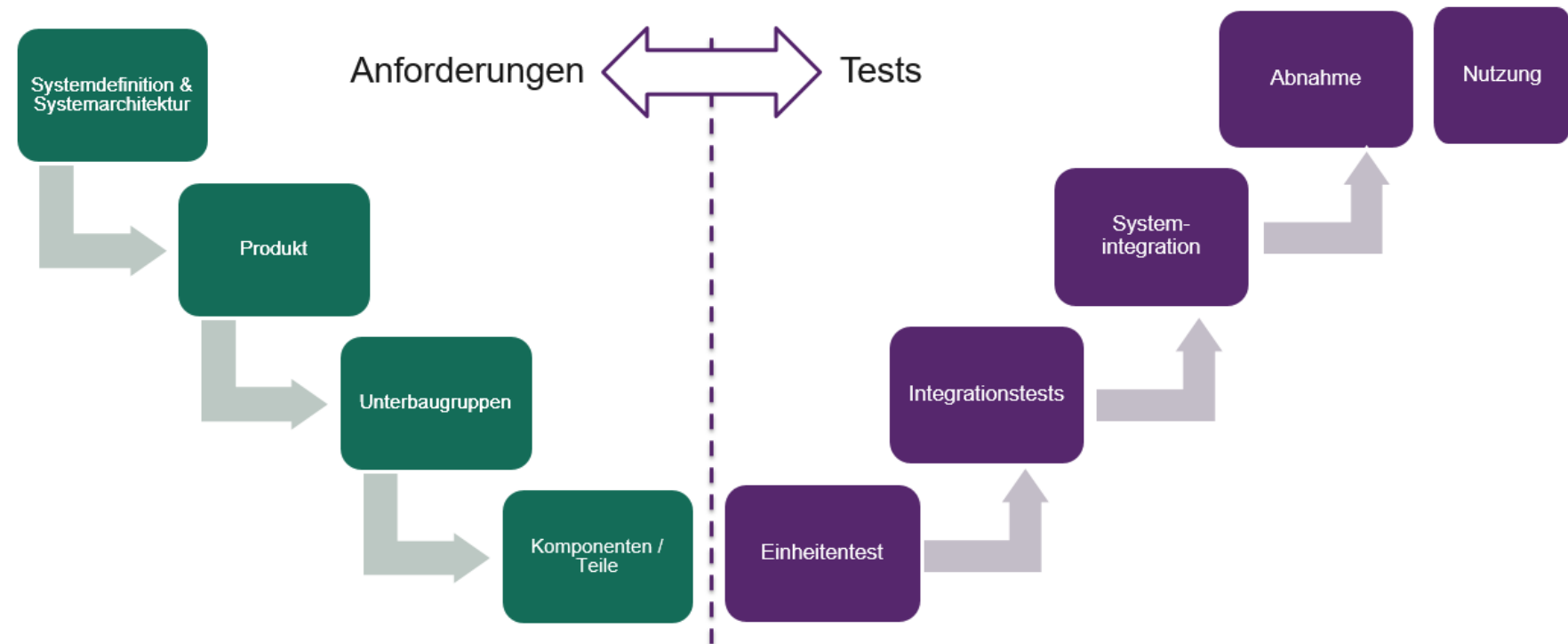
- Interdisziplinäre Produkt-Entwicklung:
 - Mechanik
 - Elektronik
 - Software
 - ...
- Gemeinsamer Systementwurf
- Gemeinsame Modularisierung auf Systemebene
- Domänenspezifische Entwicklung
- Systemintegration
 - Test auf Modul-Ebene
 - Test auf Subsystem-Ebene
 - Test auf Gesamtsystem-Ebene



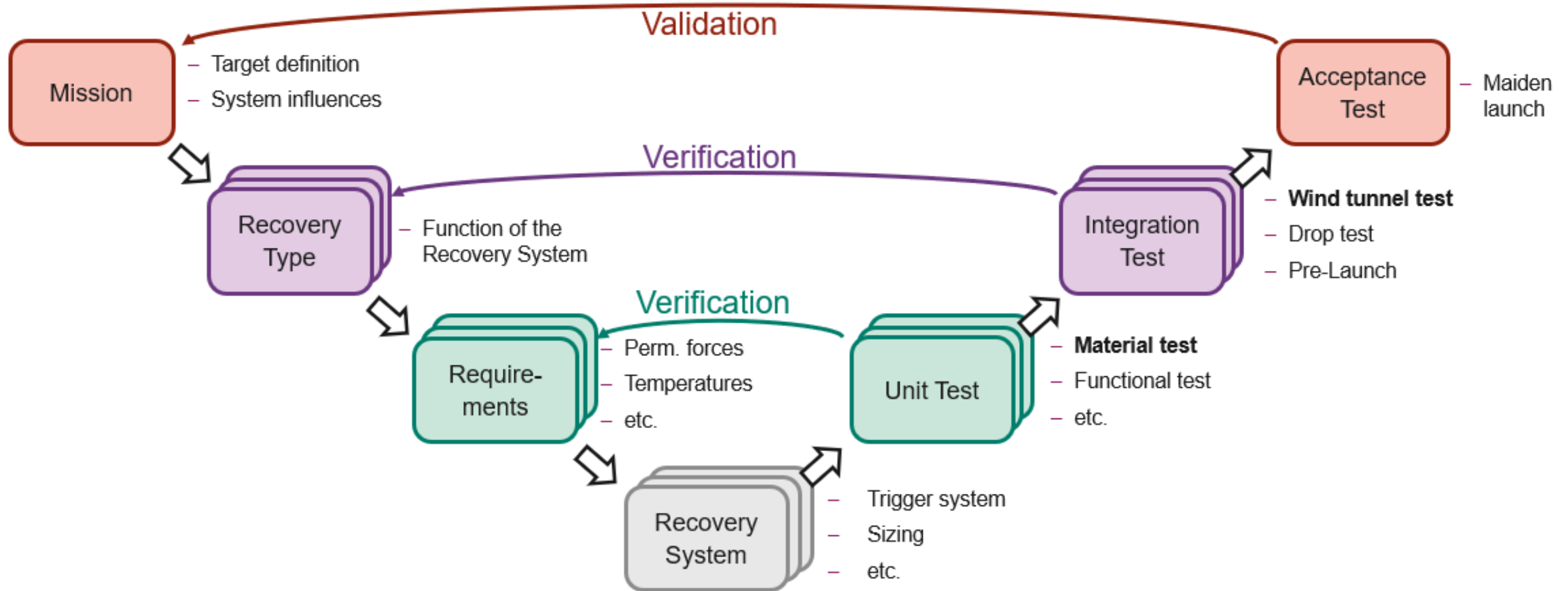
Die linke Seite des "V" repräsentiert die Entwicklungsphase, während die rechte Seite die Test- und Validierungsphase darstellt.

Aufbau des V-Modells

- Unterteilung des Gesamtprojektes in mehrere Untersysteme (Subsysteme)
- Bestimmung der Anforderungen (linker Seite) und Tests (rechte Seite)
- Entwicklung von den einzelnen Subsystemen (z.B. Baugruppen) oder Bauteilen (Elemente) einzeln



Beispiel V-Modell eines Raketenfallschirms



Arten von Tests

- **Umgebung:** Produkte können in realen oder simulierten Umgebungen getestet werden. FEM-Simulationen, VR-Brillen etc.
- **Konzepttests:** Diese Tests werden durchgeführt, um die Akzeptanz und das Interesse potenzieller Kunden für eine Produktidee oder ein Produktkonzept zu bewerten, bevor mit der eigentlichen Entwicklung begonnen wird. Sie können in Form von Umfragen, Fokusgruppen oder Interviews durchgeführt werden.
- **Usability-Tests:** Bei Usability-Tests steht die Benutzerfreundlichkeit und Benutzererfahrung im Vordergrund. Personen werden gebeten, das Produkt oder den Prototyp zu verwenden, und ihre Interaktionen und Feedbacks werden aufgezeichnet, um Schwachstellen und Verbesserungspotenziale zu identifizieren.
- **Labortests:** In Labortests werden Produkte unter kontrollierten Bedingungen auf Leistung, Haltbarkeit, Sicherheit etc. getestet und gegen die Anforderungskriterien verglichen.

Beispiel Testprotokoll



Template
verfügbar

| | A | B | C | D | E | F |
|----|-------------------------------|------------|---------------------|--------------|---------------|-------------------------|
| 1 | Testprotokoll | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | Projekt: | | | | | |
| 4 | Datum: | | | | | |
| 5 | Getestet durch: | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | Testbeurteilung: | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | Testbeschreibung: | | | | | |
| 10 | | | | | | |
| 11 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |
| 13 | Bilder/Fotos des Testaufbaus: | | | | | |
| 14 | | | | | | |
| 15 | | | | | | |
| 16 | | | | | | |
| 17 | | | | | | |
| 18 | | | | | | |
| 19 | | | | | | |
| 20 | Test # | Testinhalt | Erwartetes Ergebnis | Testresultat | Testentscheid | Massnahmen aus dem Test |
| 21 | 1 | | | | | |
| 22 | 2 | | | | | |
| 23 | 3 | | | | | |
| 24 | 4 | | | | | |
| 25 | 5 | | | | | |

Im Test soll die Erfüllung der Anforderungen überprüft werden. → Siehe Anforderungskatalog



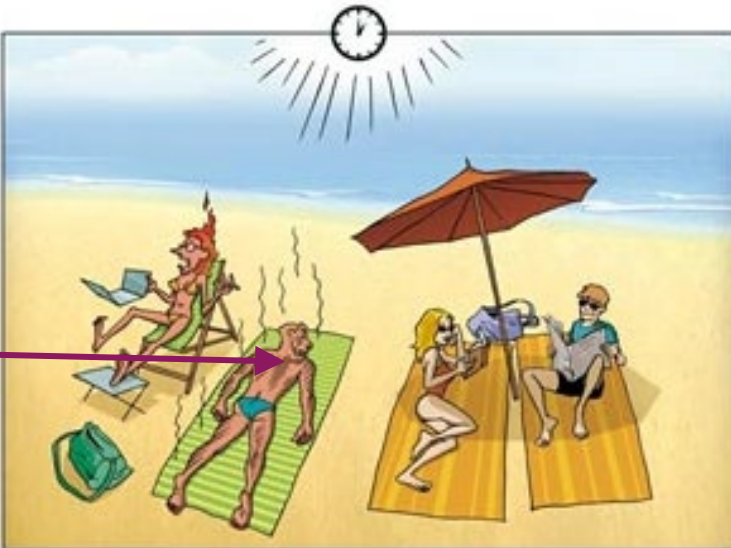
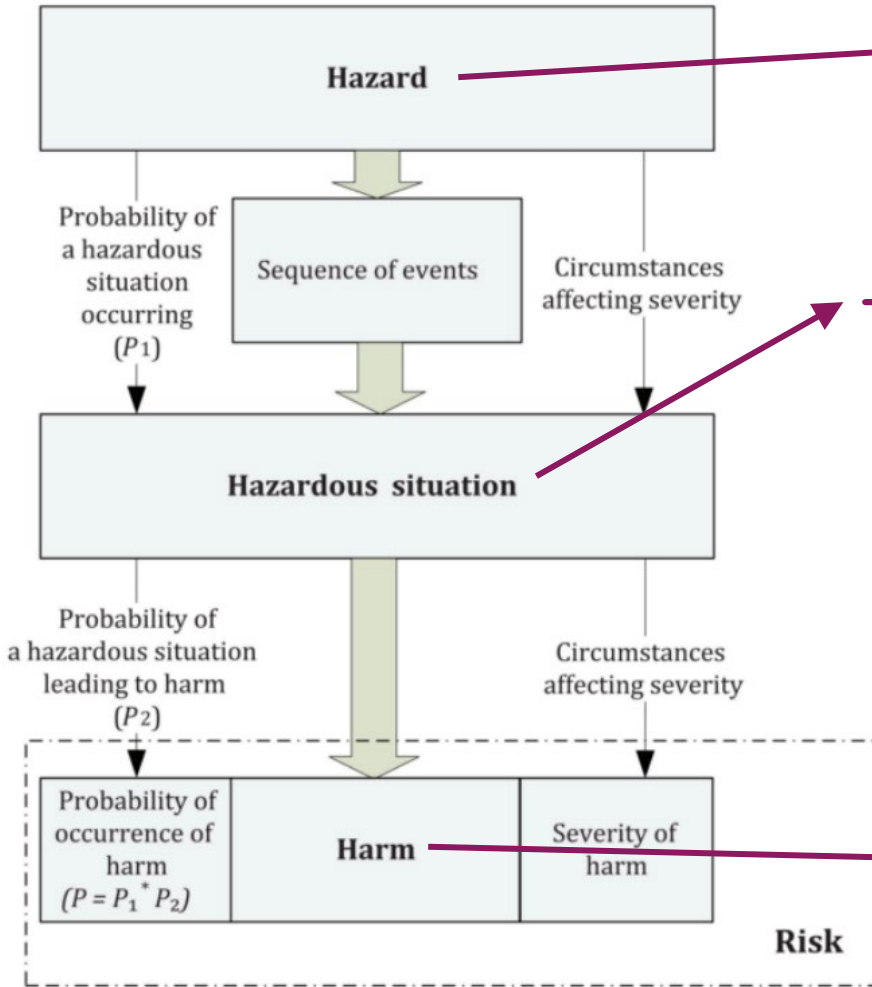
Risikomanagement

Warum Risikomanagement?

- Bei der Erkundung neuer Wege und der Entwicklung innovativer Produkte geht stets auch das Risiko einher, dass Dinge nicht wie geplant verlaufen. Durch eine gezielte Anwendung von Risikomanagement kann jedoch dieses Restrisiko auf ein akzeptables Mass reduziert werden. Hierbei werden Gefahren systematisch erkannt und bewertet, um anschliessend gezielte Massnahmen zur Risikominimierung zu ergreifen.

Risikomanagement

Überblick Risikomanagement



- Hazard: Sonne
- Sequence: UV-Strahlung
- Situation: Zur Mittagszeit an Sonne
- Harm: Sonnenbrand
- **Risikominderung:**
 - **By Design**
 - Kein Zugang zum Strand
 - **By Protection**
 - Sonnencreme, Schirm
 - **By Information**
 - Nicht um Mittagszeit, nicht länger wie X Minuten an Sonne

Methodik zur Risikominimierung: FMEA

Die FMEA-Methode (Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse) ist eine systematische Herangehensweise, um mögliche Probleme oder Fehler in Produkten, Prozessen oder Systemen frühzeitig zu erkennen, zu bewerten und Gegenmassnahmen zu ergreifen.

Grober Ablauf der Methode:

- 1. Identifikation von Risiken:** Denken Sie darüber nach, was im Betrieb oder der Anwendung des Produktes schiefgehen könnte, wie z.B. Fehler, Störungen, Fehlmanipulationen, die auftreten könnten.
- 2. Bewertung der Risiken:** Bewerten sie diese möglichen Probleme nach zwei Hauptkriterien: Wie wahrscheinlich ist es, dass der Fehler auftritt, und wie schwerwiegend wären die Folgen, wenn er passiert? Das hilft, die Risiken zu priorisieren. **Risiko = Eintrittswahrscheinlichkeit x Schadensausmass**
- 3. Massnahmen ergreifen:** Basierend auf dieser Bewertung entscheiden Sie, welche Schritte unternommen werden sollten, um die Wahrscheinlichkeit oder die Folgen von Fehlern zu reduzieren. Das können Designänderungen, bessere Kontrollen oder andere Verbesserungen sein. Das Restrisiko muss in einem akzeptablen Bereich resultieren.
- 4. Überwachung und Kontrolle:** Schliesslich ist es wichtig, die Wirksamkeit dieser Massnahmen zu überwachen und sicherzustellen, dass sie funktionieren. Wenn neue Informationen auftauchen oder sich Bedingungen ändern, sollte die FMEA aktualisiert werden.

Anwendungsbeispiel der FMEA



Template verfügbar

| | | | |
|----------------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Projekt: Baupuppenname: | Projektnummer: Baupuppen Nr.: | Erstellt am: durch: | Version: 01 Prüfer: |
|----------------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|

| Betriebsart (B) | |
|-----------------|--------------------|
| N | Normalbetrieb |
| S | Sonderbetrieb |
| I | Instandhaltung |
| U | Störfall (Unglück) |

| Risikobewertung (Matrix) (Aufbauend auf EN 12100) | | | | |
|---|---------------------|------------------------------|---------------------------------|---|
| | Schadensausmass (A) | | Eintrittswahrscheinlichkeit (H) | |
| | Maschinenschaden | Personenschaden | | |
| 1 | unbedeutend | leichte heilbare Verletzung | unwahrscheinlich | 1 |
| 2 | kalkulierbar | heilbar mit Arbeitsausfall | sehr selten | 2 |
| 3 | spürbar | leichte bleibende Verletzung | selten | 3 |
| 4 | kritisch | schwere bleibende Verletzung | möglich | 4 |
| 5 | katastrophal | tödliche Verletzung | häufig | 5 |

| Hilfe zum Abschätzen der Eintrittswahrscheinlichkeit (H) | |
|--|------------------------------|
| Hinweis: Diese Hilfe ersetzt nicht den Beurteilungsprozess nach EN 12100 | |
| 1 | Startwert |
| 0 | Gefährdungsexposition selten |
| +1 | Gefährdungsexposition häufig |
| 0 | langsamer Prozess |
| +1 | schneller Prozess |
| 0 | Gefahrenbewusstsein hoch |
| +1 | Gefahrenbewusstsein tief |
| 0 | Prozesszuverlässigkeit hoch |
| +1 | Prozesszuverlässigkeit tief |
| = Ergebnis zwischen 1 - 5 | |

| Erforderlicher Performancelevel (PL) (gem. EN 13849) | |
|--|----|
| Hinweis: Bewertung notwendig bei sicherheitsrelevanten el., hydr. und pneum. Elementen | |
| Hinweis: Der PL ist aufgrund des Risikos / Restrisikos zu ermitteln, welches durch die Steuerung reduziert werden soll. (Erst durch die Steuerung mit PL "x" ergibt sich das reduzierte Restrisiko.) | |
| Schwere der Verletzung | S |
| Leichte, üblicherweise reversible Verl. | S1 |
| Ernste, üblicherweise nicht reversible Verletzung, einschliesslich Tod | S2 |
| Häufigkeit und Dauer der Gefährdungsexposition | F |
| Selten bis weniger häufig oder die Zeit der Exposition ist kurz | F1 |
| Häufig bis dauernd oder die Zeit der Exposition ist lang | F2 |
| Möglichkeit zur Vermeidung oder Begrenzung der Gefahr | P |
| Möglich unter bestimmten Bedingungen | P1 |
| Kaum möglich | P2 |

Matrix Risikobewertung

| Häufigkeit (H) | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------|---------------------|---|---|---|----|
| 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | Schadensausmass (A) | | | | |

- Keine weiteren Massnahmen nötig
- Weitere Massnahmen prüfen nach Stand der Technik/nach vertretbarem Aufwand
- Zusätzliche Massnahmen erforderlich

| Massnahmenplanung mit S-T-O-P | |
|--|---|
| Hinweis: Die Massnahmen sind in der Reihenfolge S-T-O-P zu planen und das Restrisiko (6.) Schrittweise auf ein akzeptables Mass ("grün", in begründeten Fällen "gelb") zu senken. "rote" (Rest-)Risiken sind mit S und T Massnahmen zu senken. | |
| Strategie, System, Substitution (Verhindern der Gefahr) | S |
| Technik (technische Verminderung / Eingrenzung der Gefahr) | T |
| Organisation, nicht zum senken "roter" (Rest-)Risiken zulässig | O |
| Person (Verhalten), nicht zum senken "roter" (Rest-)Risiken zul. | P |

Hinweis: Bewertung nur bei sicherheitsrelevanten el., hydr. und pneum. E

| Prozess-Schritt | | B | 1. Gefährdungsbild | | | 2. Risiko | | | 3. Schutzziel | | 4. Massnahmenplanung | | | | | 5. Perf. Level | | | | 6. Restrisiko | | | |
|-----------------|--------------|---|-----------------------------|---------|------------------|-----------|---|---|---|---------|-----------------------------------|---|--|--|--|----------------|---|---|---|-----------------|---|---|---|
| Nr. | Beschreibung | | Benennung der Gefahr (kurz) | Ursache | Ereignis | A | H | S | Messbare Gefahrenbehebung | S-T-O-P | Praktische, Umsetzbare Massnahmen | | | | | R | S | F | P | PL _r | A | H | S |
| 1 | Konstruktion | | Rotierende Speichen | Motor | Finger abscheren | 4 | 4 | 8 | Finger dürfen nicht in Nähe der rotierenden Speichen kommen | | Feinmaschiges Gitter zum Schutz | x | | | | | | | | 4 | 1 | 5 | |

Vorgehen zur Erstellung der FMEA (I)

1. Ein interdisziplinäres Team zusammenstellen, welches über ein umfassendes Verständnis über das Produkt verfügt
2. Mögliche Fehlermodi des Produktes auflisten. Z.B. Fehlmanipulation, mechanischer Bruch, Undichtigkeit, Funktionsausfall, Kurzschluss, Korrosion, Softwarefehler, Montagefehler, fehlende Sicherheitsvorkehrungen etc.

| Prozess-Schritt | | | | 1. Gefährdungsbild | Ursache | Ereignis |
|-----------------|---------------------|---|--|-----------------------------|---------------------|-----------------------|
| Nr. | Beschreibung | B | | Benennung der Gefahr (kurz) | Herkunft der Gefahr | Begründung der Gefahr |
| 1 | Konstruktion | | | Rotierende Speichen | Motor | Finger abscheren |

Vorgehen zur Erstellung der FMEA (II)

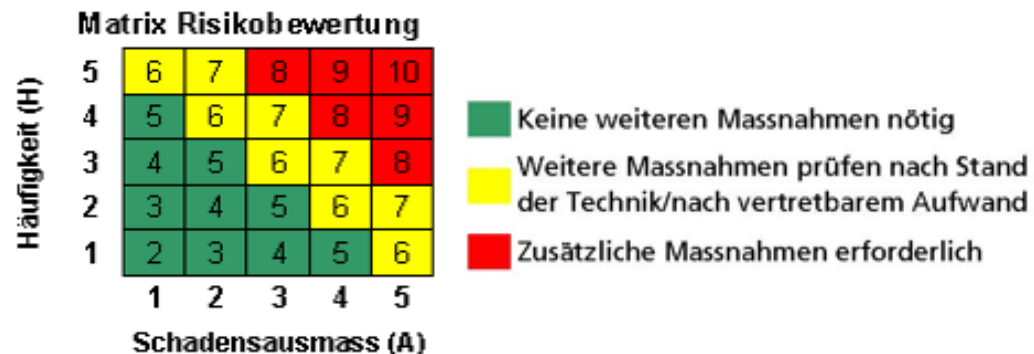
- Für jeden identifizierten Fehlermodus müssen die potenziellen Auswirkungen auf das Produkt und den Nutzer bewertet werden. Das Risiko setzt sich aus dem Schadensausmass und der Eintrittswahrscheinlichkeit zusammen

d

| Risikobewertung (Matrix) (Aufbauend auf EN 12100) | | | | |
|---|---------------------|------------------------------|---------------------------------|---|
| | Schadensausmass (A) | | Eintrittswahrscheinlichkeit (H) | |
| | Maschinenschaden | Personenschaden | | |
| 1 | unbedeutend | leichte heilbare Verletzung | unwahrscheinlich | 1 |
| 2 | kalkulierbar | heilbar mit Arbeitsausfall | sehr selten | 2 |
| 3 | spürbar | leichte bleibende Verletzung | selten | 3 |
| 4 | kritisch | schwere bleibende Verletzung | möglich | 4 |
| 5 | katastrophal | tödliche Verletzung | häufig | 5 |

| Ereignis | 2. Risiko | | |
|-----------------------|-----------|---|---|
| Begründung der Gefahr | A | H | S |
| Finger abscheren | 4 | 4 | 8 |

- Wird ein bestimmtes Ausmass an Risiko überschritten, sind zwingend Massnahmen erforderlich zur Reduktion des Risikos



Vorgehen zur Erstellung der FMEA (III)

5. Es wird ein Schutzziel formuliert und Massnahmen zur Reduktion des Risikos getroffen

| Massnahmenplanung mit S-T-O-P | |
|--|----------|
| Hinweis: Die Massnahmen sind in der Reihenfolge S-T-O-P zu planen und das Restrisiko (6.) Schrittweise auf ein akzeptables Mass ("grün", in begründeten Fällen "gelb") zu senken. "rote" (Rest-)Risiken sind mit S und T Massnahmen zu senken. | |
| Strategie, System, Substitution (Verhindern der Gefahr) | S |
| Technik (technische Verminderung / Eingrenzung der Gefahr) | T |
| Organisation , nicht zum senken "roter" (Rest-)Risiken zulässig | O |
| Person (Verhalten), nicht zum senken "roter" (Rest-)Risiken zul. | P |

| 2. Risiko | | | 3. Schutzziel | 4. Massnahmenplanung | | |
|-----------|---|---|---|----------------------|-----------------------------------|---|
| A | H | S | Messbare Gefahrenbehebung | S-T-O-P | Praktische, Umsetzbare Massnahmen | R |
| 4 | 4 | 8 | Finger dürfen nicht in Nähe der rotierenden Speichen kommen | | Feinmaschiges Gitter zum Schutz | x |

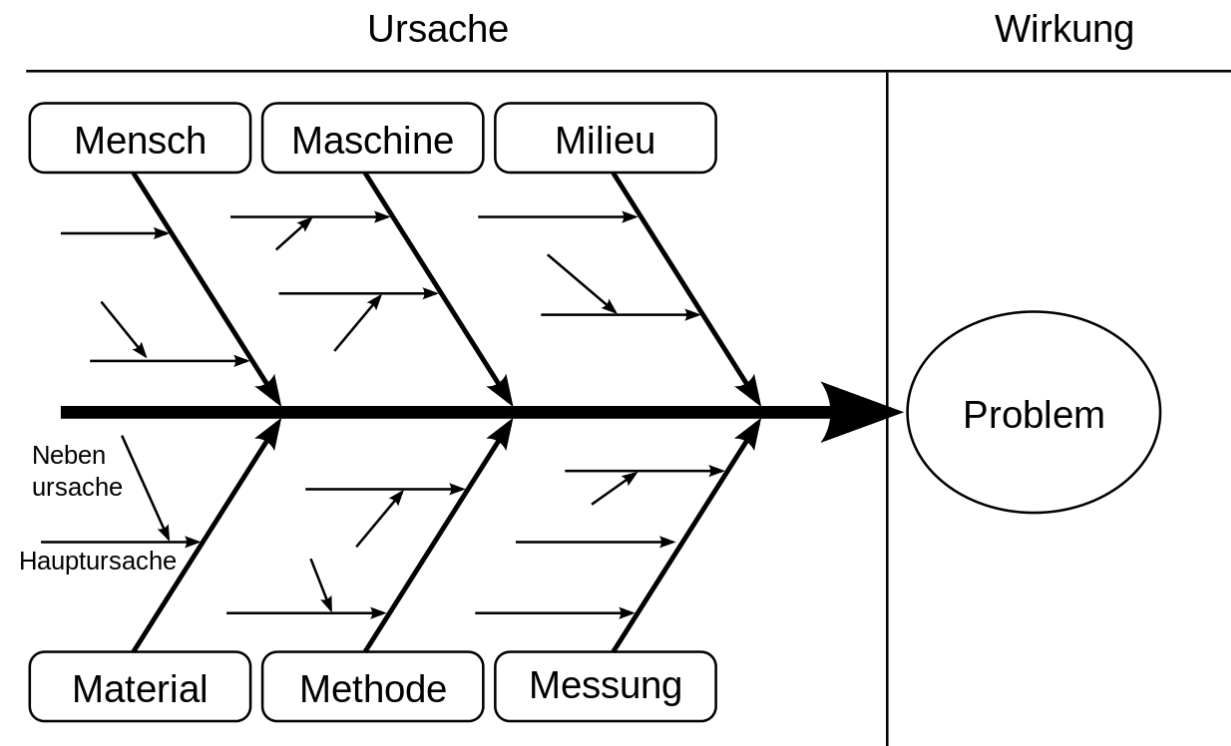
6. Einschätzung des Restrisikos nach den geplanten Massnahmen

| 4. Massnahmenplanung | | | 5. Perf. Level | | | | 6. Restrisiko | | |
|----------------------|-----------------------------------|---|----------------|---|---|-----------------|---------------|---|---|
| S-T-O-P | Praktische, Umsetzbare Massnahmen | R | S | F | P | PL _r | A | H | S |
| | Feinmaschiges Gitter zum Schutz | x | | | | | 4 | 1 | 5 |

7. Umsetzung der Massnahmen

Ishikawa-Diagramm

- Das Ishikawa-Diagramm, auch bekannt als Fischgräten-Diagramm oder Ursache-Wirkungs-Diagramm, ist eine einfache grafische Darstellung, die verwendet wird, um die möglichen Ursachen für ein bereits aufgetretenes Problem zu identifizieren.
- Probleme können oft aus verschiedenen Ursachen entstehen. Brainstorme mit deinem Team oder deiner Gruppe, um mögliche Ursachen in jeder Kategorie zu finden:



Weiterführende Normen & Informationen

- Maschinenrichtlinie:
 - <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0042&from=DE>
 - <https://www.hanser-elibrary.com/doi/book/10.3139/9783446441637>
- Ergonomie:
 - [Ergonomiekompodium](#) (Pdf-Download)
 - [Kleine ergonomische Datensammlung](#) (Buch, TÜV)



Quality is Success

Viel Erfolg!

4. Oktober 2023