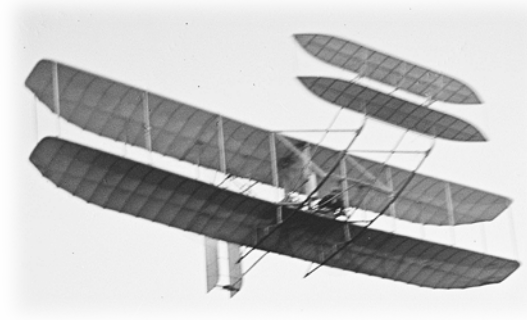


Testing zum Aufbau von Konstruktionswissen

Vorlesung Maschinenkonstruktionslehre C – WS 25/26

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Tobias Düser | Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sven Matthiesen



Maschinenkonstruktionslehre C

Testing zum Aufbau von Konstruktionswissen



Lernziele



Einführung



Konstruktionswissen



Testing



Testing-Objekt



Testing-Umgebung



Zusammenfassung




Quelle: www.wright-brothers.org/




Maschinenkonstruktionslehre C


Testing zum Aufbau von Konstruktionswissen

 Lernziele

 Einführung

 Konstruktionswissen

 Testing

 Testing-Objekt

 Testing-Umgebung

 Zusammenfassung



Quelle: www.wright-brothers.org/



■ Thema

Cleveres Vorgehen für die Konstruktion innovativer Produkte – was tun, wenn niemand weiß, wie es funktionieren könnte?

■ Lernziele: Die Studierenden können...

- ... erläutern, warum es so selten gelingt, technische Systeme auf Anhieb so zu konstruieren, dass sie ihre Funktionen in ausreichender Güte erfüllen
- ... die Bedeutung von Konstruktionswissen erläutern
- ... unterschiedliche Arten, wie Konstruktionswissen aufgebaut werden kann, voneinander abgrenzen
- ... Strategien zum empirischen Aufbau von Konstruktionswissen erläutern und auf eigene Aufgabenstellungen anwenden
- ... Dimensionen zur Klassifizierung der zum Wissensaufbau notwendigen Testing-Objekte und Testing-Umgebungen voneinander abgrenzen

■ Fazit:

- Konstruktionswissen ist oft nicht direkt übertragbar, da produktspezifische Randbedingungen und Systemumgebungen das Verhalten stark beeinflussen. Testing schließt diese Wissenslücken und ist besonders für neuartige, innovative Konstruktionen unverzichtbar.

Maschinenkonstruktionslehre C


Testing zum Aufbau von Konstruktionswissen

 Lernziele

 Einführung

 Konstruktionswissen

 Testing

 Testing-Objekt

 Testing-Umgebung

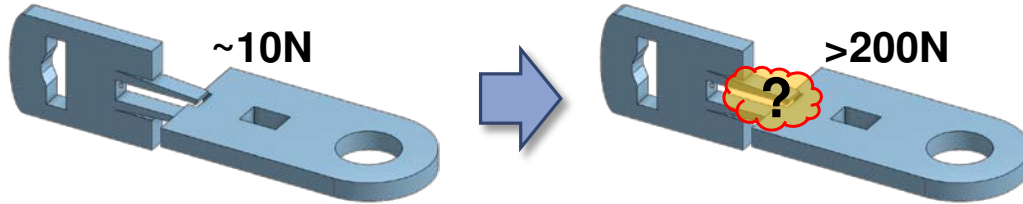
 Zusammenfassung



Quelle: www.wright-brothers.org/



So zu konstruieren, dass die Funktion erfüllt wird, ist schwierig Sogar bei scheinbar einfachen Konstruktionen



Entwickelte Lösungen von MSuP- Studierenden aus letztem Semester



Team A

- 1. Zug: 0 N
- 2. Zug: 0 N



Team B

- 1. Zug: 0 N
- 2. Zug: 0 N



Team C

- 1. Zug: 86 N
- 2. Zug: 0 N

Aufgabe

Konstruieren Sie eine Rasthakenverbindung, die folgenden Anforderungen erfüllt:

1. Erreichen einer Kraft größer 200 N beim ersten von zwei aufeinanderfolgenden Zugversuchen
2. Zwei aufeinanderfolgende zerstörungsfreie Zugversuche

Woran liegt das?

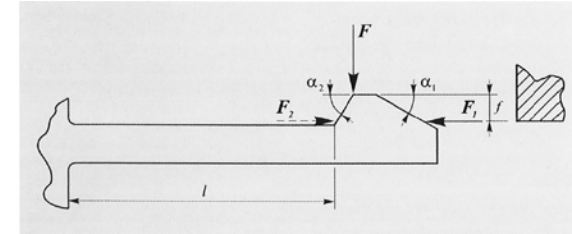
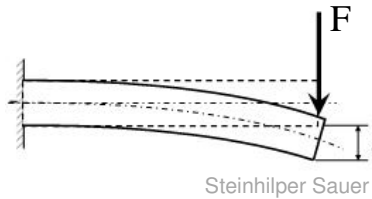
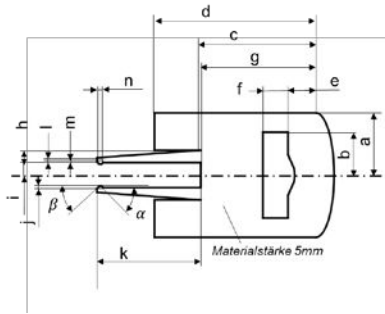
- Es fehlt uns spezifisches Wissen für dieses Produkt



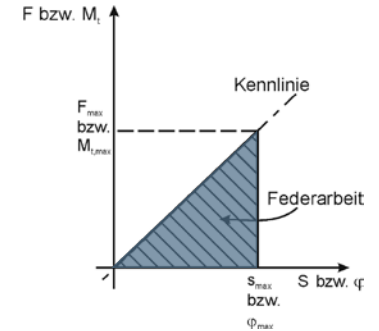
So zu konstruieren, dass die Funktion erfüllt wird, ist schwierig Obwohl viel Wissen zu Rasthaken vorliegt, gelingt es nicht, so zu konstruieren, dass die geforderten Funktionen erfüllt werden

Vorliegendes Wissen aus:

- ...dem Konzept – so funktioniert es prinzipiell
- ...der Vorgängergeneration
- ...einer Rasthakennorm (DVS 2242-1)
- ...Materialkennwerten von HDF-Holzplatten
- ...Grundlagen zu Blattfedern (z.B. aus MKL A)



Verbindungstechnik in der Kunststoffindustrie



Steinhilper Sauer

Warum ist das so?

DVS = Deutscher Verband für Schweißtechnik und verwandte Verfahren

So zu konstruieren, dass die Funktion erfüllt wird, ist schwierig

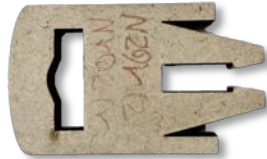
Nach einigen Konstruktionsversuchen wurde die Funktionserfüllung (teilweise) besser

Team A



- 6. Iteration
- 1. Zug: 212 N
- 2. Zug: 42 N

Team B



- 6. Iteration
- 1. Zug: 201 N
- 2. Zug: 162 N

Team C



- 6. Iteration
- 1. Zug: 167 N
- 2. Zug: 23 N

- Was hat sich bezüglich des Wissens von der ersten bis zur sechsten Iteration der Konstruktionen geändert?
- Was war bei den nicht erfolgreichen Konstruktionen anders?

Warum?

Thema heute:

Der Unterschied liegt im cleveren Vorgehen zum Aufbau von Wissen

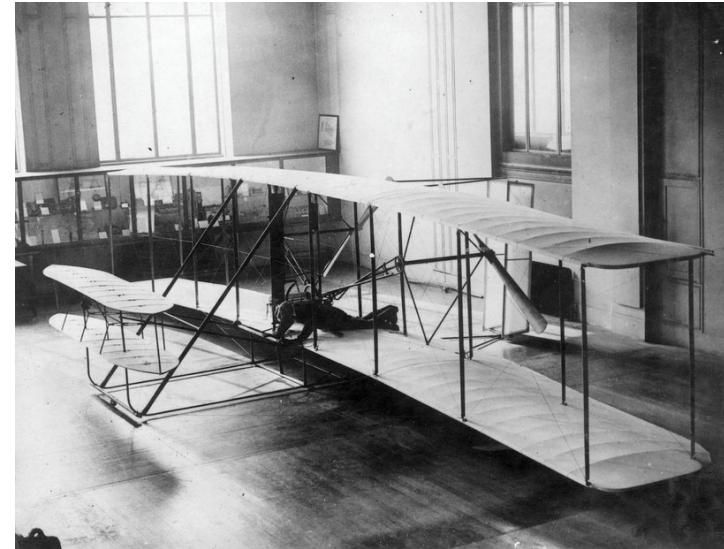
Was kann man von erfolgreichen Konstruierenden bezüglich eines cleveren Vorgehens zum Aufbau von Wissen lernen?



Cleveres und weniger cleveres Vorgehen in der Konstruktion

Am historischen Beispiel der bemannten Luftfahrt

- Um 1900 war das bemannte Flugzeug noch nicht erfunden.
- Es war unbekannt, wie ein Flugzeug konstruiert werden kann, das seine Funktion prinzipiell und auch noch ausreichend gut erfüllt.
- Das Konstruktionsproblem ist durch nicht verfügbares Wissen noch größer als bei der Entwicklungsaufgabe zum Rasthaken.



Warum?

Je weniger Wissen recherchierbar oder modellbasiert aufgebaut werden kann, desto wichtiger wird das „clevere“ Vorgehen beim Konstruieren.

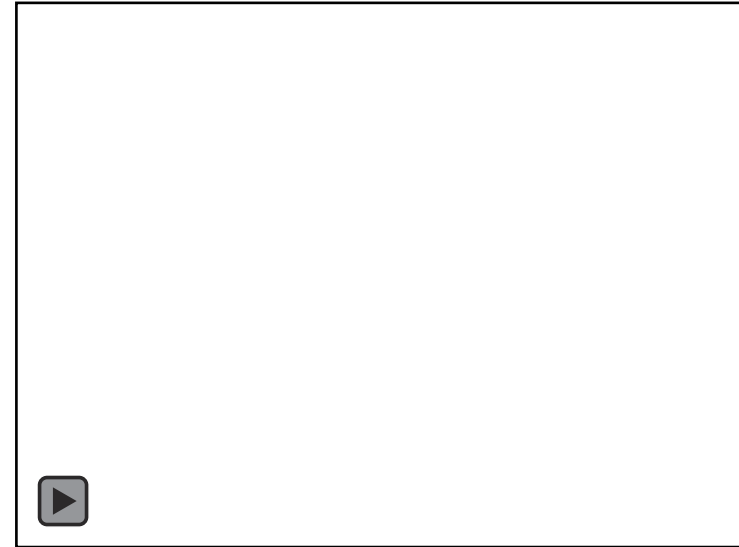


Vorgehen *Team Langleys*

Weniger clever und letztendlich nicht erfolgreich.

Samuel Pierpont Langleys

- Professor für Physik, Gründung des Smithsonian Astrophysical Observatory
- Staatliches Budget > 50.000 \$
- Investierte Zeit: 17 Jahre

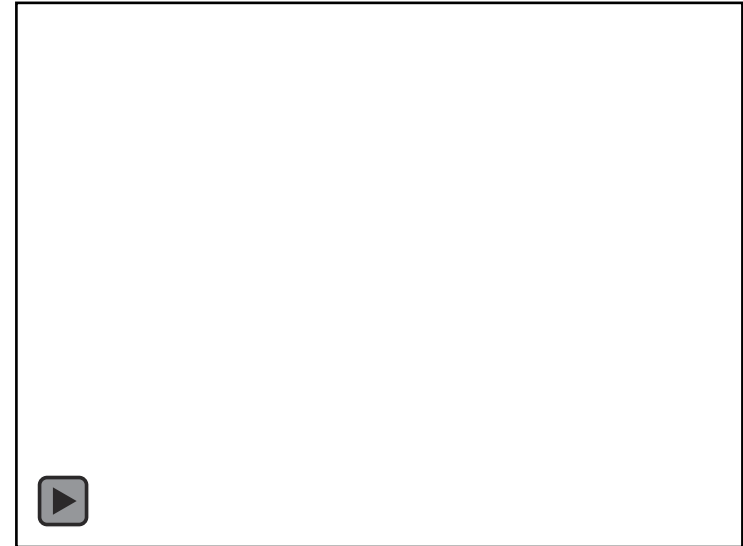


Link: https://youtu.be/ZuNp6U3d_oM



■ Brüder Wright

- Fahrrad-Reparaturwerkstatt und später Wright Cycling Company (Hobby).
- Investierte Zeit: 22 Monate (über 4 Jahre verteilt)



Link: <https://youtu.be/lyrTPZQgmaE>

Vorgehen *Team Wright*

Sehr clever und letztendlich erfolgreiche Erfinder des Fluggerätes

■ Brüder Wright

- Fahrrad-Reparaturwerkstatt und später Wright Cycling Company (Hobby).
- Investierte Zeit: 22 Monate (über 4 Jahre verteilt)

Worin besteht der Unterschied und was kann man von diesem Vorgehen lernen?



Vorgehen *Team Wright*

Sehr clever und letztendlich erfolgreiche Erfinder des Fluggerätes

■ Brüder Wright

- Fahrrad-Reparaturwerkstatt und später Wright Cycling Company (Hobby).
- Investierte Zeit: 22 Monate (über 4 Jahre verteilt)

Worin besteht der Unterschied und was kann man von diesem Vorgehen lernen?



Der Unterschied kommt aus dem Erkenntnisgewinn während dem Testing – dem Zuwachs von Konstruktionswissen.



Maschinenkonstruktionslehre C

Testing zum Aufbau von Konstruktionswissen



Lernziele



Einführung



Konstruktionswissen



Testing



Testing-Objekt



Testing-Umgebung



Zusammenfassung

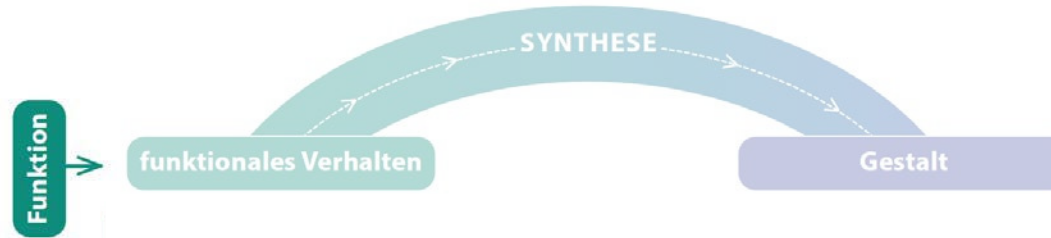


Quelle: www.wright-brothers.org/



Ziel der Konstruktion ist die Beschreibung einer Gestalt, die funktioniert

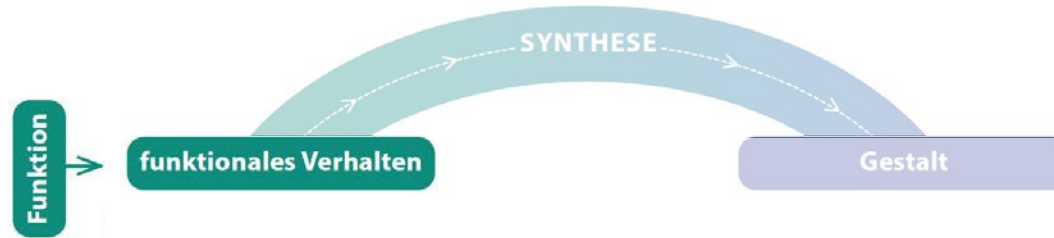
Der erschaffende Prozess nennt sich Synthese



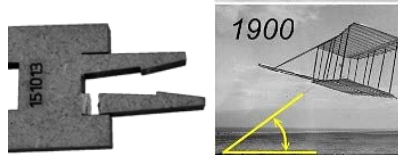
- **Funktion:**
„Wozu dient das System?“
- Rasthaken: *Auslösen bei min. 200N*
- Tragfläche: *Auftrieb erzeugen*

Ziel der Konstruktion ist die Beschreibung einer Gestalt, die funktioniert

Der erschaffende Prozess nennt sich Synthese

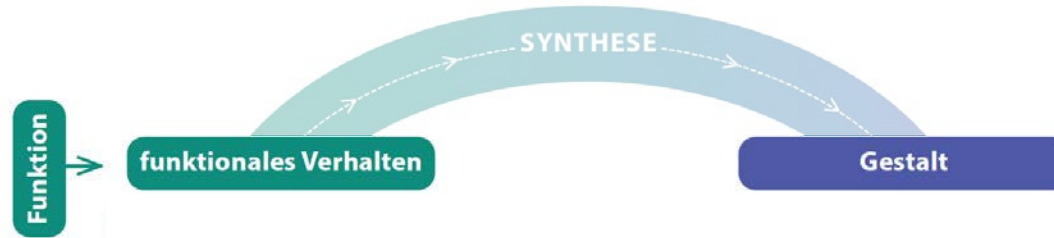


- **Funktion:**
„Wozu dient das System?“
 - **Funktionales Verhalten:**
„Was tut das Produkt?“
- Rasthaken: *Auslösen bei min. 200N*
 - Tragfläche: *Auftrieb erzeugen*



Ziel der Konstruktion ist die Beschreibung einer Gestalt, die funktioniert

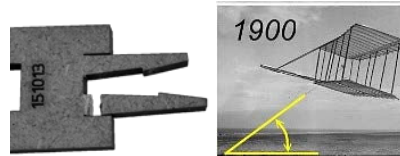
Der erschaffende Prozess nennt sich Synthese



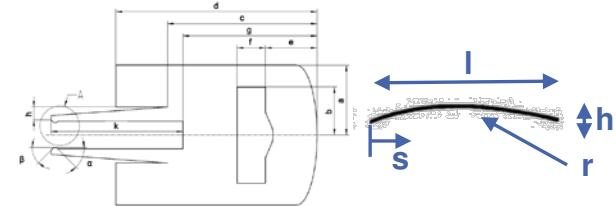
■ **Funktion:**
„Wozu dient das System?“

- Rasthaken: *Auslösen bei min. 200N*
- Tragfläche: *Auftrieb erzeugen*

■ **Funktionales Verhalten:**
„Was tut das Produkt?“

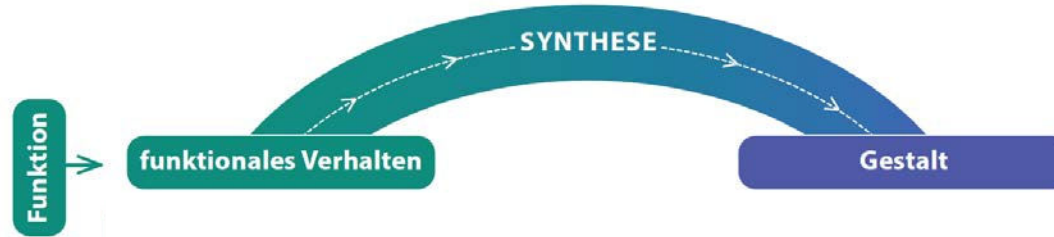


■ **Gestalt:**
„Was verursacht das funktionale Verhalten?“



Ziel der Konstruktion ist die Beschreibung einer Gestalt, die funktioniert

Der erschaffende Prozess nennt sich Synthese



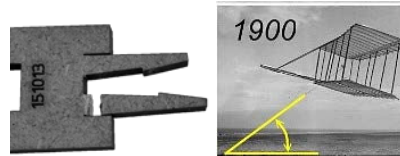
■ Funktion:

„Wozu dient das System?“

- Rasthaken: Auslösen bei min. 200N
- Tragfläche: Auftrieb erzeugen

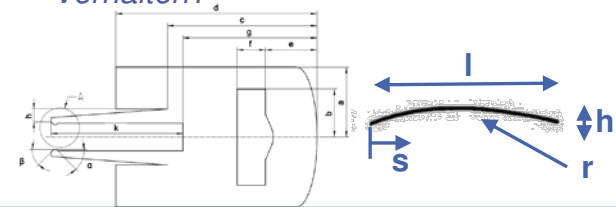
■ Funktionales Verhalten:

„Was tut das Produkt?“



■ Gestalt:

„Was verursacht das funktionale Verhalten?“



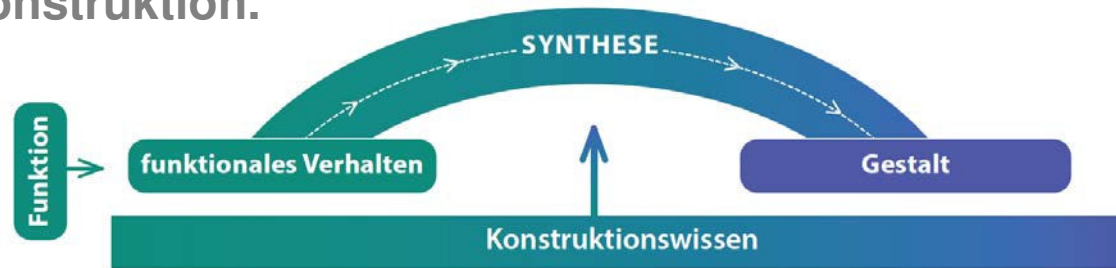
Definition Synthese

Synthese in der Konstruktion ist die Überführung der gewünschten Funktion in eine Gestalt, die die Funktion unter Einhaltung der im Entwicklungsprozess definierten Anforderungen erfüllt.



Konstruktionswissen ist notwendig, um ein funktionierendes technisches System zu konstruieren

Ist ausreichend Konstruktionswissen beim Konstruierenden vorhanden, gelingt die Konstruktion.



■ Funktion:

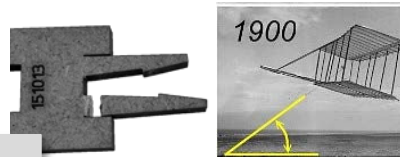
„Wozu dient das System?“

■ Rasthaken: Auslösen bei min. 200N

■ Tragfläche: Auftrieb erzeugen

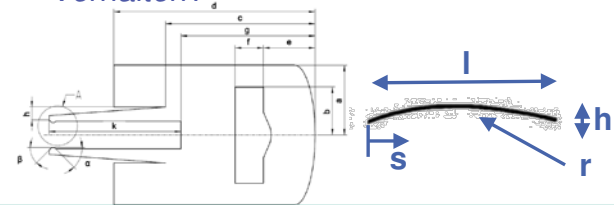
■ Funktionales Verhalten:

„Was tut das Produkt?“



■ Gestalt:

„Was verursacht das funktionale Verhalten?“



Definition Konstruktionswissen

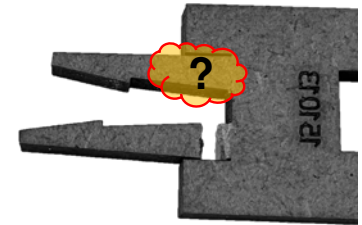
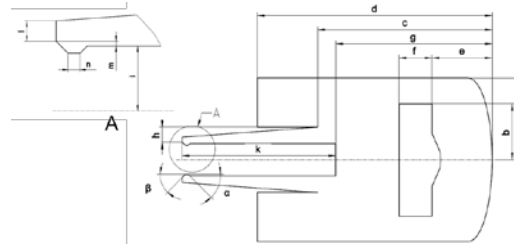
Konstruktionswissen ist Gestalt-Funktion-Zusammenhang-Wissen, welches die Merkmale der Gestalt und ihre Auswirkung auf das funktionale Verhalten zusammenführt.

Zusammenhang von konstruktiv festlegbarem *Merkmal* und dem *funktionalen Verhalten* ist entscheidend

Nicht bei der Eigenschaft aufhören, sondern das Merkmal herausarbeiten – nur so wird man konstruktionsfähig

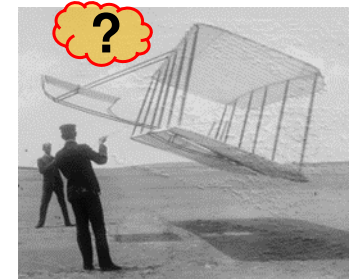
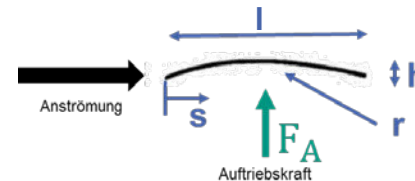
- **Merkmale** sind die **direkt beeinflussbaren Parameter** eines technischen Systems.

Z.B. Längen, Winkel, Oberflächenrauheit, Werkstoff, Regelungsalgorithmus ...



- **Eigenschaften** sind die **nicht direkt beeinflussbaren Parameter** eines technischen Systems.

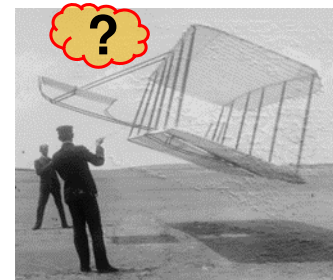
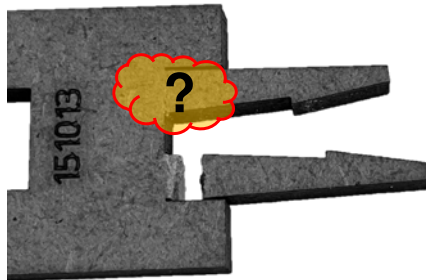
Z.B. Gewicht, Volumen, Elastizitätsmodul, ...



Konstruktionswissen ist notwendig um ein funktionierendes technisches System zu konstruieren

Eine **Lücke im Konstruktionswissen** liegt vor, wenn das **vorhandene** Konstruktionswissen **nicht** zu der **Synthese einer Gestalt befähigt**, welche das **funktionale Verhalten erfüllt**

- Welches Merkmal ist ursächlich für das Halten definierter Lasten am Rasthaken?
- Wie kann er so konstruiert werden, dass er nicht bricht?
- Welches Merkmal ist ursächlich für den Auftrieb des Fluggeräts?
- Wie kann es so konstruiert werden, dass es in der Luft bleibt?



Drei Arten des Wissensaufbaus durch Schließen der Lücke

Welche ist die richtige Wahl?

■ Recherchierend:

- + Günstig, weil ähnliches Wissen bereits vorliegt
- Oft nicht direkt auf das Konstruktionsproblem übertragbar

■ Modellbasiertes Testing:

- + Günstig, weil viele Zusammenhänge mit geringem Aufwand prüfbar sind
- Nur bei ausreichend bekannten und validen Modellen sowie klaren Randbedingungen zielführend

■ Empirisches Testing:

- Aufwändig und teuer, weil Testing-Objekt und Testing-Umgebung erstellt werden müssen und Versuche im Gegensatz zum modellbasierten Vorgehen in der Regel viel Arbeit bedeuten
- + Nah am spezifischen Konstruktionsproblem
- + Oft die einzige Möglichkeit, das spezifische Konstruktionswissen aufzubauen

Testing kann *clever* oder *weniger clever* durchgeführt werden, darauf geht das nächste Kapitel ein



Maschinenkonstruktionslehre C

Testing zum Aufbau von Konstruktionswissen



Lernziele



Einführung



Konstruktionswissen



Testing



Testing-Objekt



Testing-Umgebung



Zusammenfassung



Quelle: www.wright-brothers.org/



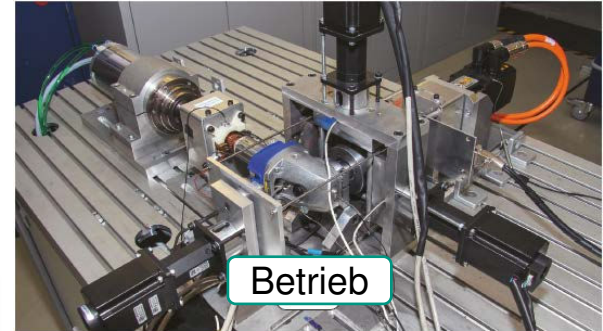
Testing* zum Aufbau von Konstruktionswissen, um Lücke zu schließen

Ist nicht das Überprüfen ob etwas funktioniert, sondern der Prozess zum Wissensaufbau über die Zusammenhänge von Funktion und Gestalt

Definition Testing zum Konstruktionswissen

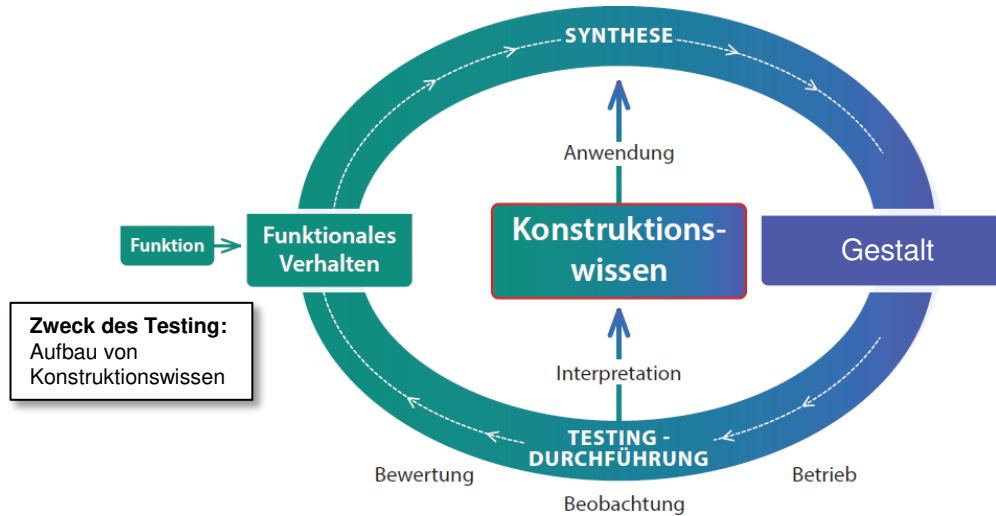
Testing zum Konstruktionswissen beinhaltet den **Betrieb** des **Testing-Objekts** in der **Testing-Umgebung**, die **Beobachtung** des **funktionalen Verhaltens** und die **Bewertung** durch Vergleich mit dem **gewünschten funktionalen Verhalten**.

*Testing ist ursprünglich ein englischer Begriff, der mangels Bedeutungsäquivalenz auch in der deutschen Sprache geläufig ist.

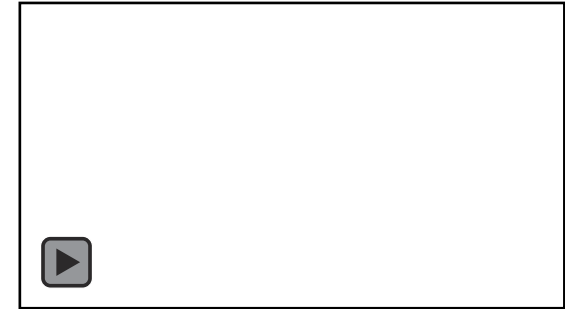


Konstruktionswissen entsteht aus der Interpretation des Testing

Testing ist ein Analyseprozess aus Betrieb, Beobachtung und Bewertung



Zweck des Testing:
Aufbau von
Konstruktionswissen



WS23/24 MSuP Team 7

Videolink:

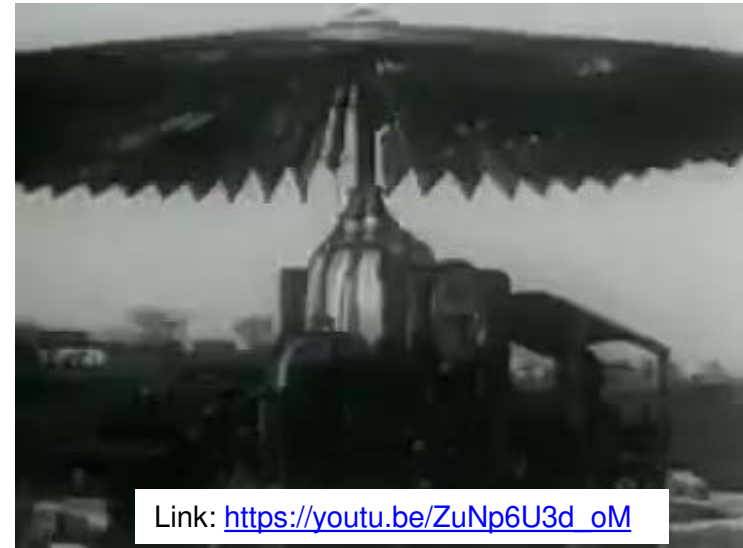


Vorgehen *Team Langleys*

Weniger clever und letztendlich trotz Budget nicht erfolgreich.

Vorgehen im Testing

- Testing vieler unterschiedliche Fluggeräte
- In jeder Iteration wird versucht, ein funktionierendes Fluggerät zu entwickeln
- Häufiger Konzeptwechsel
- Teurer und langwieriger Prototypenbau
- Überprüfend Ja / Nein ob das Produkt funktioniert
- Kein Fokus auf das Schließen der Lücken im Konstruktionswissen



Link: https://youtu.be/ZuNp6U3d_oM

Erkenntnisse werden mit **hohem Aufwand** generiert

Woran es genau lag, war nicht klar

Erkenntnisse sind durch die **häufigen Konzeptwechsel** größtenteils nutzlos



■ Erfolgsfaktoren

- Herunterbrechen des Problems
- Fokus auf das funktionale Verhalten und seine Ursachen
- Frühes Überprüfen der kritischen Funktion durch Testing-Objekte
- Durchführung „einfacher“ Experimente statt Aufbau funktionsfähiger Prototypen
- Lernen aus jedem einzelnen Experiment durch Vergleich von SOLL- und IST Funktion

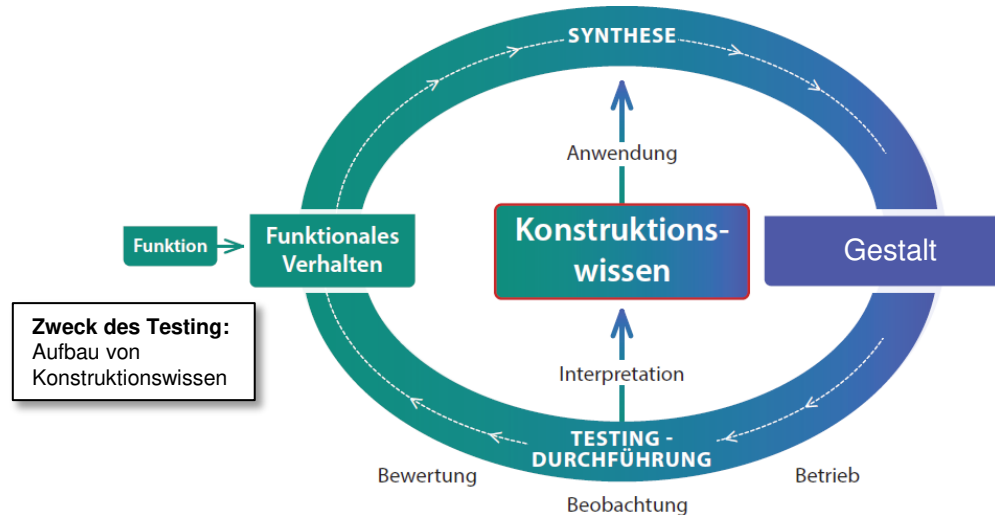


Link: <https://youtu.be/lyrTPZQqmaE>

Erkenntnisse werden mit **geringem Aufwand** generiert
Woran es genau lag, wird durch geeignete Experimente erkennbar
Erkenntnisse **schließen gezielt die Lücke** im Konstruktionswissen

Die Durchführung des Testings für Konstruktionswissen

Entscheidet über den Zuwachs des Konstruktionswissens



Für das Testing ist die Auswahl oder Entwicklung des passenden Testing-Objekts und der Testing-Umgebung von großer Bedeutung.



Maschinenkonstruktionslehre C

Testing zum Aufbau von Konstruktionswissen



Quelle: www.wright-brothers.org/



Lernziele



Einführung



Konstruktionswissen



Testing



Testing-Objekt



Testing-Umgebung



Zusammenfassung



Testing-Objekt

Das Testing-Objekt wird betrieben, beobachtet und bewertet

Testing-Objekte ...

- ... spielen eine zentrale Rolle für das Testing
- ... sind entscheidend für Dauer und Agilität des Entwicklungsprozesses

- Die Ausprägung des Testing-Objekts entscheidet darüber, welches Konstruktionswissen aufgebaut werden kann und wie träge der Entwicklungsprozess abläuft.

Team Wright



Team Langleys



Definition Testing-Objekt

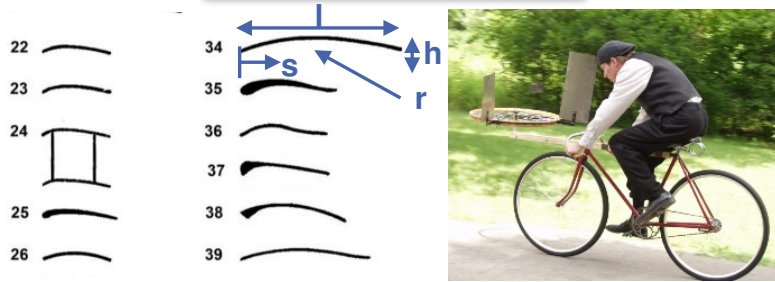
Testing-Objekte sind die im Testing betriebenen, beobachteten und bewerteten technischen Systeme. Sie können Referenzprodukte oder Entwicklungsgenerationen des zu entwickelnden Produkts sein, aber auch speziell nur für den Aufbau von Konstruktionswissen entwickelt werden.



Team Wright, exploratives Testing als Vorteil

Das Testing-Objekt entscheidet, über den Zuwachs des Konstruktionswissens

Team Wright



200 unterschiedliche Tragflächenprofile im Testing

- **Systematisches Testing** unter verschiedenen Anströmwindeln
- Einfach und schnell herstellbar
- **Ziel des Testing:** Zusammenhang zwischen konstruktivem Merkmal (Profilform) und funktionalem Verhalten (Auftrieb) erarbeiten

Team Langleys



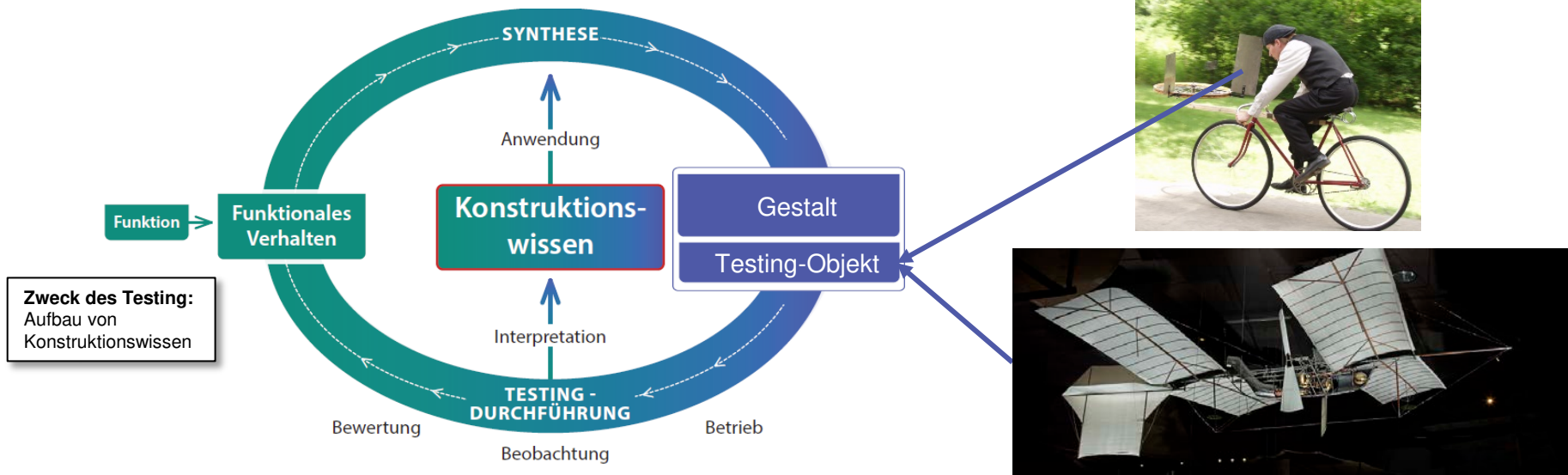
Wenige ganze Fluggeräte im Testing

- **Testing als Ganzes inkl. Pilot**
- Teuer und zeitaufwändig
- **Ziel des Testing:** Überprüfung ob Fluggerät fliegt

Das Testing-Objekt muss nicht das zu konstruierende Produkt sein

Das Testing-Objekt

entscheidet über den Zuwachs des Konstruktionswissens



Das Testing-Objekt muss nicht das zu konstruierende Produkt sein



- 1. Iteration
- 1. Zug: 0 N
- 2. Zug: 0 N

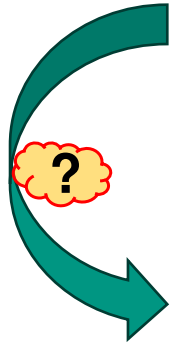


- 1. Iteration
- 1. Zug: 0 N
- 2. Zug: 0 N



- 1. Iteration
- 1. Zug: 86 N
- 2. Zug: 0 N

Was lernen Sie daraus für Ihre Rasthakenkonstruktion bezüglich möglicher Testing-Objekte?



- 6. Iteration
- 1. Zug: 212 N
- 2. Zug: 42 N



- 7. Iteration
- 1. Zug: 201 N
- 2. Zug: 162 N



- 6. Iteration
- 1. Zug: 167 N
- 2. Zug: 23 N



Klassierung von *Testing-Objekten*

Einteilung nach Integrationsgrad, Ausprägung und Wiedergabetreue

DIMENSIONEN DES TESTING – ORIENTIERUNGSHILFE

ZWECK DES TESTING

Überprüfen von Anforderungen

VERIFIKATIONS-TEST

Überprüfen des Kundennutzens

VALIDIERUNGS-TEST

Konstruktionswissen aufbauen und absichern

TESTING ZUM KONSTRUKTIONSWISSEN



FUNKTIONALER INTEGRATIONSGRAD

Einzelfunktion

Gesamtsystem

AUSPRÄGUNG

physisch

virtuell



WIEDERGABETREUE

niedrig

hoch



Bei der Entwicklung oder Auswahl des passenden Testing-Objektes ist es hilfreich, in den Möglichkeiten und Einschränkungen jeder Klasse zu denken



Maschinenkonstruktionslehre C

Testing zum Aufbau von Konstruktionswissen



Lernziele



Einführung



Konstruktionswissen



Testing



Testing-Objekt



Testing-Umgebung



Zusammenfassung



Quelle: www.wright-brothers.org/



In der Testing-Umgebung

Wird das Testing-Objekt betrieben, beobachtet und bewertet

- Die Umgebung, die es **ermöglicht**, dass das Testing-Objekt **betrieben, beobachtet** und **bewertet** werden kann.
- **Beinhaltet** auch die **Messtechnik**, die die Erfassung des **funktionalen Verhaltens** ermöglicht.
- Um **erfolgreich** zu sein, **muss** eine zum Testing-Objekt **passende** Testing-Umgebung **vorhanden** sein



Definition Testing-Umgebung

Die Umgebung, in der Testing-Objekte betrieben, beobachtet und bewertet werden, bezeichnen wir als Testing-Umgebung. Sie setzt sich aus physischen und virtuellen Modellen und Aspekten zusammen, die mit ihren Wechselwirkungen das funktionale Verhalten der Testing-Objekte beeinflussen.

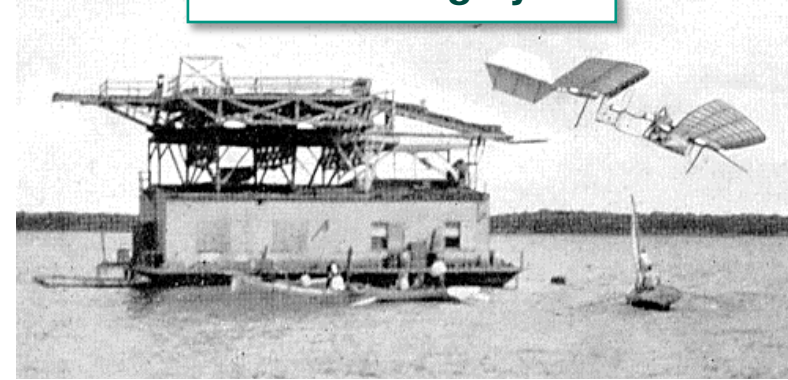
Die Testing-Umgebung wird durch das Testing-Objekt beeinflusst Die richtige Wahl oder Entwicklung der Testing-Umgebung beeinflusst den Zuwachs des Konstruktionswissens entscheidend

Team Wright



Testing-Objekt „Tragflächenprofil“ erzwingt
Entwicklung einer Testing-Umgebung

Team Langleys

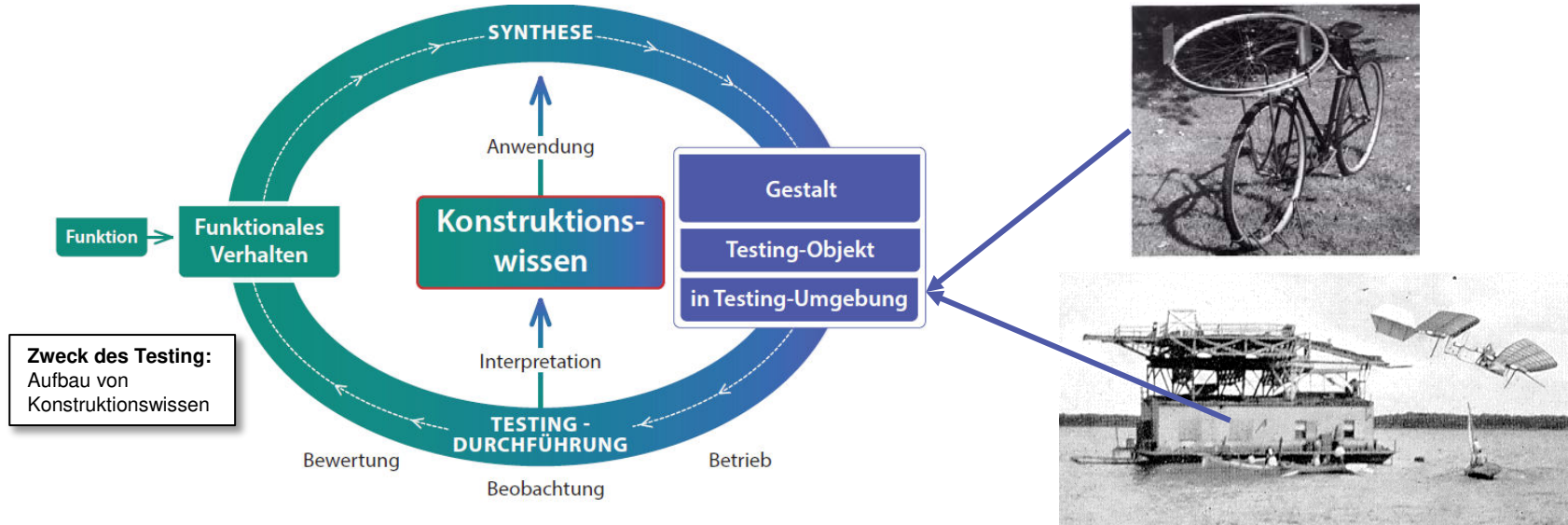


Testing-Umgebung ist reales Anwendungsumfeld

**Testing-Objekt und Testing-Umgebung beeinflussen sich
wechselseitig und müssen gemeinsam gewählt oder entwickelt
werden**

Testing-Umgebungen

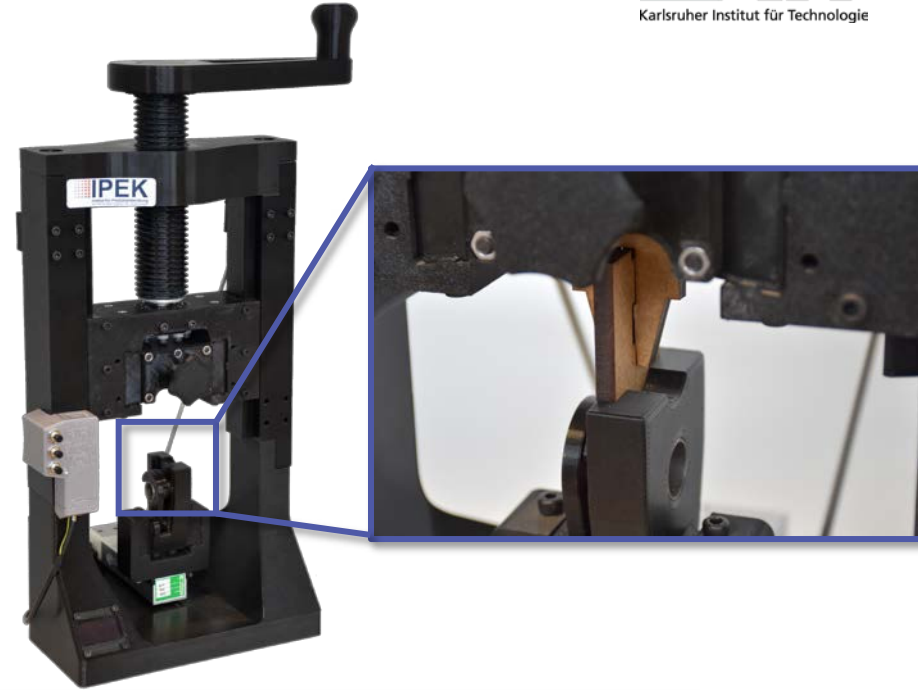
Machen Testing-Objekte betreibbar, beobachtbar und bewertbar



Für das Testing ist die Auswahl oder Entwicklung des passenden Testing-Objekts und der Testing-Umgebung sehr wichtig



Die Testing-Umgebung - beeinflusst das Testing-Ergebnis

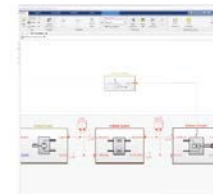


Haben Sie Ideen, wie die Testing-Umgebungen die Testing-Ergebnisse unterschiedlich beeinflussen?

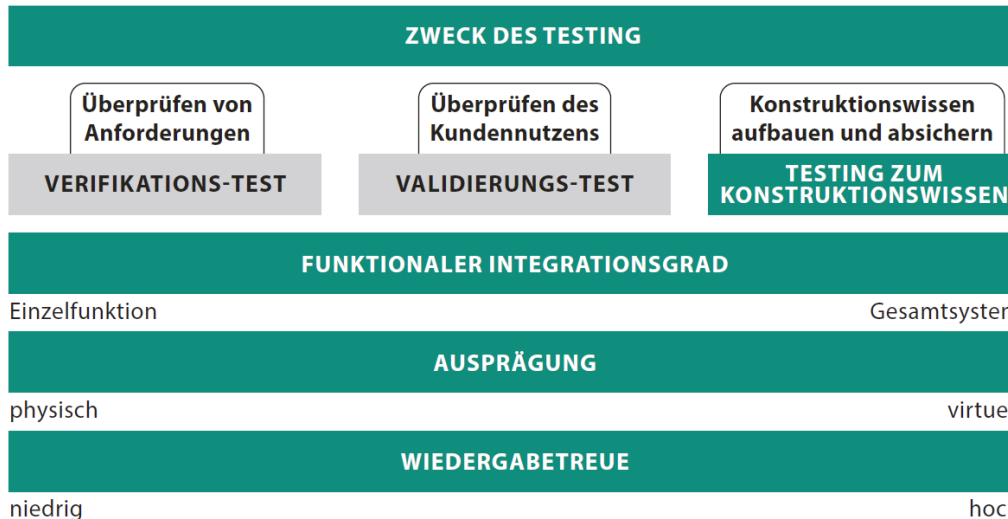


Klassierung von Testing-Umgebungen

Gleiche Dimensionen wie das Testing-Objekt



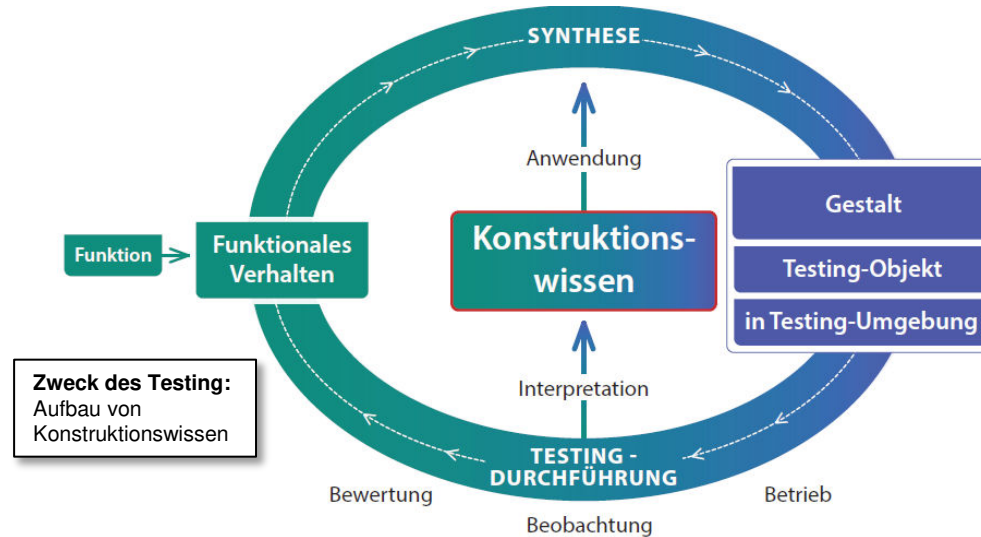
DIMENSIONEN DES TESTING – ORIENTIERUNGSHILFE



Bei der Entwicklung oder Auswahl der Testing-Umgebung kann es hilfreich sein, in den Möglichkeiten und Beschränkungen jeder Klasse zu denken.

Testing zum Aufbau von Konstruktionswissen

Oft schwierig, aber notwendig, um innovative Produkte entwickeln zu können



Durch Betrieb, Beobachtung und Bewertung von Testing-Objekten in Testing-Umgebungen wird Konstruktionswissen empirisch aufgebaut.

Maschinenkonstruktionslehre C

Testing zum Aufbau von Konstruktionswissen



Lernziele



Einführung



Konstruktionswissen



Testing



Testing-Objekt



Testing-Umgebung



Zusammenfassung



Quelle: www.wright-brothers.org/



- Der Schwerpunkt der MKL liegt auf dem Erlernen übertragbaren Konstruktionswissens. Trotzdem gelingt es fast nie, ein technisches System auf Anhieb so zu konstruieren, dass es seine Funktion erfüllt.
- Insbesondere bei anspruchsvollen, neuartigen Konstruktionen (z.B. Fluggeräte, nicht spanende Schraube „Speedy“) gibt es kaum übertragbares Wissen.
- Aber auch bei einfacheren Konstruktionen (z.B. Rasthaken) ist vorhandenes Wissen oft nicht ausreichend.

Warum ist das so?

1. Produktspezifische Randbedingungen

beeinflussen das funktionale Verhalten (z. B. Eigenschaften der HDF-Platte, Einfluss des Lasers auf die Schnittkante).

2. Randbedingungen aus der Umgebung des Systems

Die Funktion ergibt sich in Wechselwirkung mit dem Umgebungssystem (z. B. Rasthaken in Kofferwaage, Prüfstand oder realer Anwendung).

- **Testing** wird häufig eingesetzt, um die Lücke im Konstruktionswissen zu schließen – besonders bei anspruchsvollen Konstruktionen.



■ Thema

Cleveres Vorgehen für die Konstruktion innovativer Produkte – was tun, wenn niemand weiß, wie es funktionieren könnte?

■ Lernziele: Die Studierenden können...

- ... erläutern, warum es so selten gelingt, technische Systeme auf Anhieb so zu konstruieren, dass sie ihre Funktionen in ausreichender Güte erfüllen **F6ff**
- ... die Bedeutung von Konstruktionswissen erläutern **F15ff**
- ... unterschiedliche Arten, wie Konstruktionswissen aufgebaut werden kann, voneinander abgrenzen **F22**
- ... Strategien zum empirischen Aufbau von Konstruktionswissen erläutern und auf eigene Aufgabenstellungen anwenden **F24ff**
- ... Dimensionen zur Klassifizierung der zum Wissensaufbau notwendigen Testing-Objekte und Testing-Umgebungen voneinander abgrenzen **F30ff**

■ Fazit:

- Konstruktionswissen ist oft nicht direkt übertragbar, da produktspezifische Randbedingungen und Systemumgebungen das Verhalten stark beeinflussen. Testing schließt diese Wissenslücken und ist besonders für neuartige, innovative Konstruktionen unverzichtbar.



KIT Bibliothek

**Konstruktionswissen für Ingenieure -
Innovative Produkte zielgerichtet
entwickeln**

Kapitel

Wissen in der Produktentwicklung – Grundlagen	1
Arten von Wissen in der Produktentwicklung	1.1
Entwicklungswissen – gleichzeitig Notwendigkeit für und Ergebnis der Produktentwicklung	1.2
Konstruktionswissen in der Produktentwicklung	1.3
Der Prozess des Wissensaufbaus in der Produktentwicklung	2
Analyse – die Aktivität des Wissensaufbaus	2.1
Iterativer Wissensaufbau	2.2
Wissensaufbau zum Schließen der Lücken im Konstruktionswissen	2.3