

## **Einzelschritte des Klebprozesses**

**Anforderungsliste/Lastenheft**

**Klebgerechte Konstruktion**

**Klebstoffauswahl**

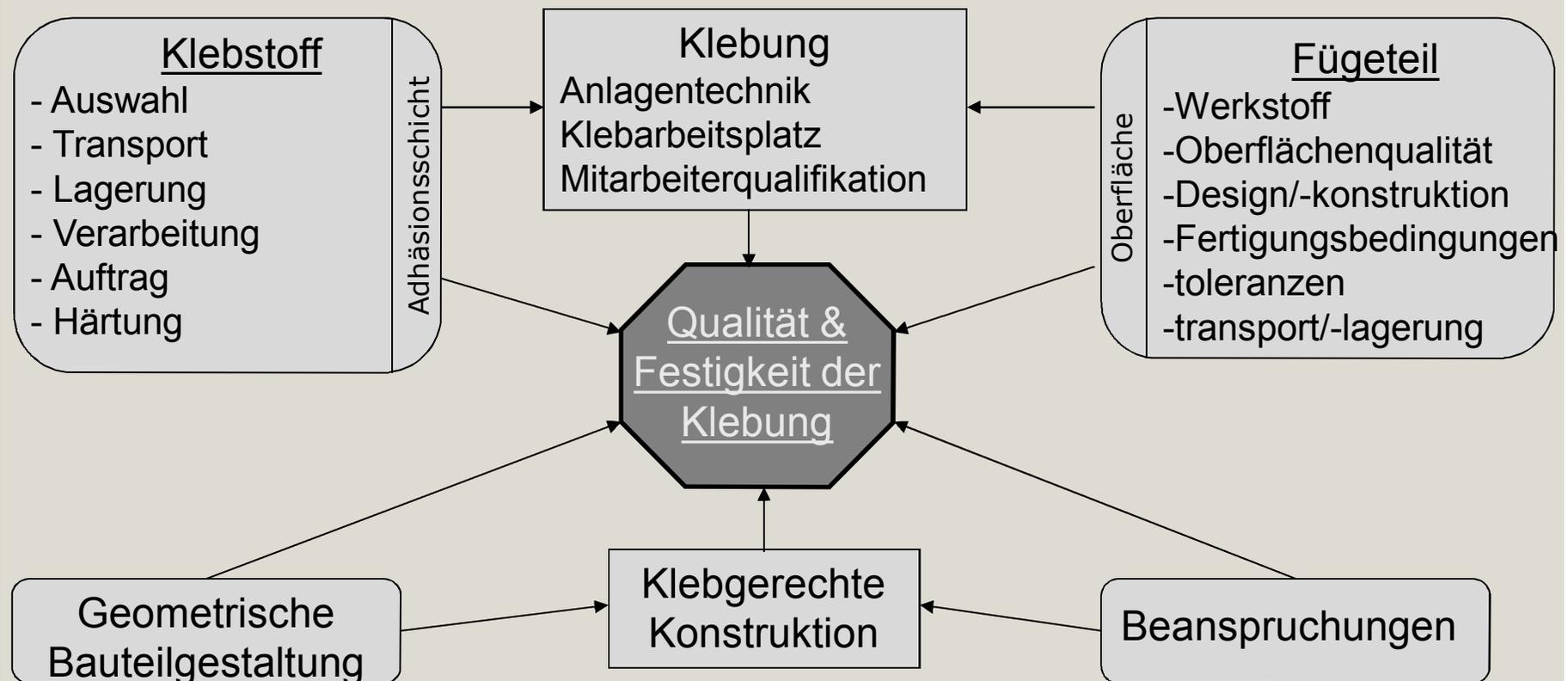
**Applikationstechnik**

**Qualitätssicherung**

**Arbeitssicherheit/Umweltschutz**

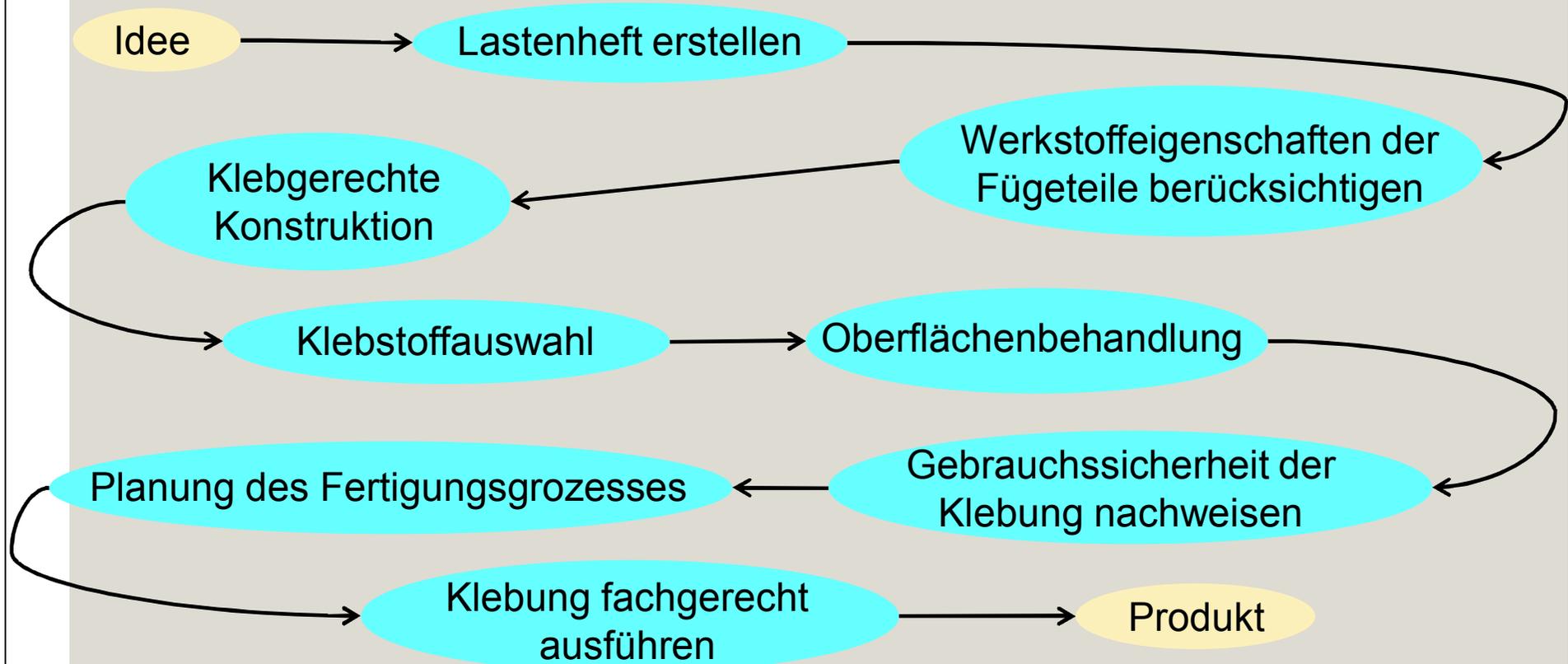


## Qualitätsbestimmende Einflussfaktoren beim Kleben



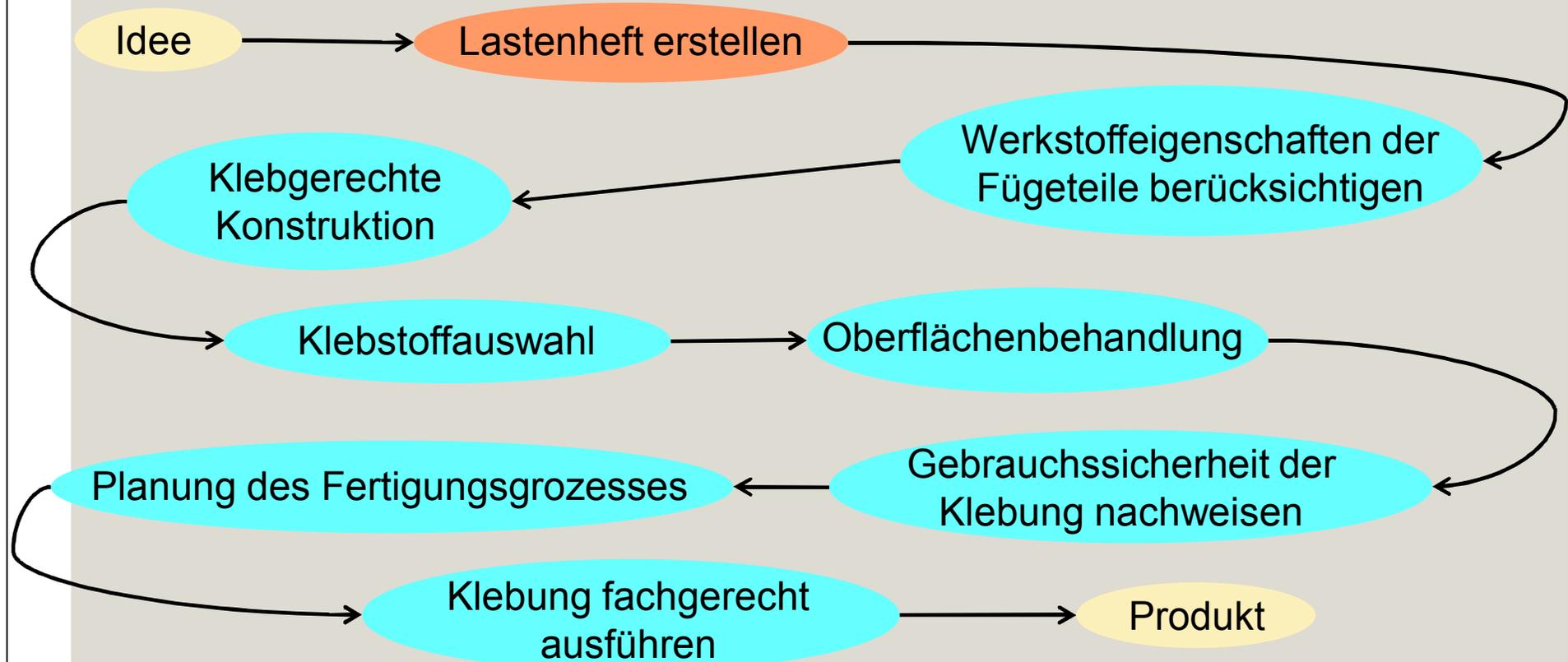
nach: G. Habenicht, Kleben, Springer Verlag, 2002

Einzelschritte bei der Planung einer Klebung/eines Klebprozesses



nach: Industrieverband Klebstoffe e.V.  
Leitfaden Kleben – aber richtig  
<http://leitfaden.klebstoffe.com/index.php>

Einzelschritte bei der Planung einer Klebung/eines Klebprozesses



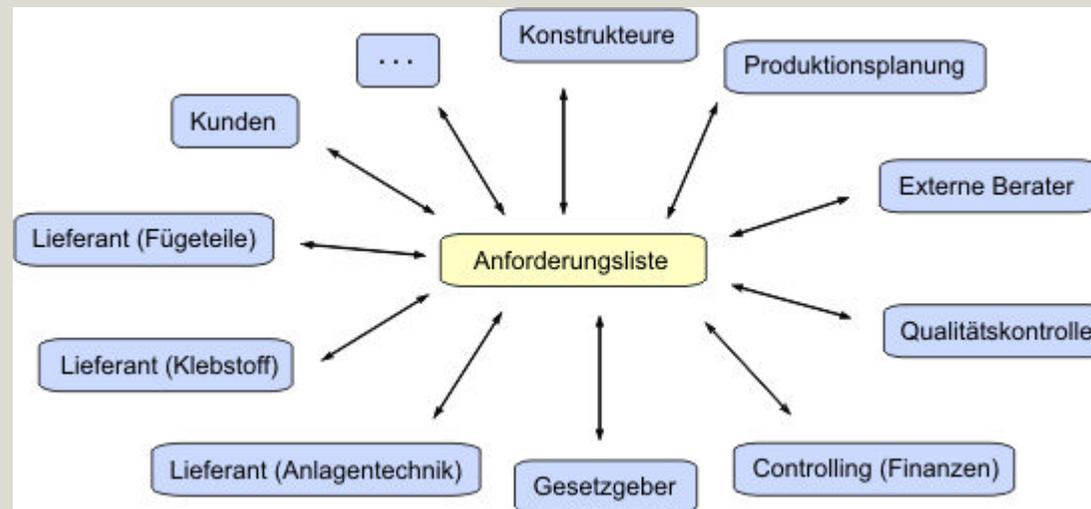
nach: Industrieverband Klebstoffe e.V.  
Leitfaden Kleben – aber richtig  
<http://leitfaden.klebstoffe.com/index.php>

## Erstellung des Lastenhefts

- Zusammenstellung der unmittelbaren, überprüfbaren Anforderungen an das Bauteil insgesamt und daraus resultierend, an die Klebung, den Klebstoff und den Klebprozess
  - Klimatische Beanspruchungen:
    - Temperatur-und Feuchtigkeitsbereich (min./max., Zeitdauer, Frequenz)
    - UV-Strahlung
  - Mediale Beanspruchungen:
    - Reinigungsmittel, Treibstoffe, Chemikalien, Kühlmittel, Schmierstoffe, etc.
  - Mechanische Beanspruchungen:
    - Statisch/dynamisch ( $F_{\max}$ , Häufigkeit des Auftretens)
    - Schwingungen (Frequenz), schlagartige Belastung (Geschwindigkeit)
    - Schub-, Schäl-, Druck-, Zug- oder Torsionsbelastung
  - Langzeitbeständigkeit
  - Preis

## Erstellung des Lastenhefts

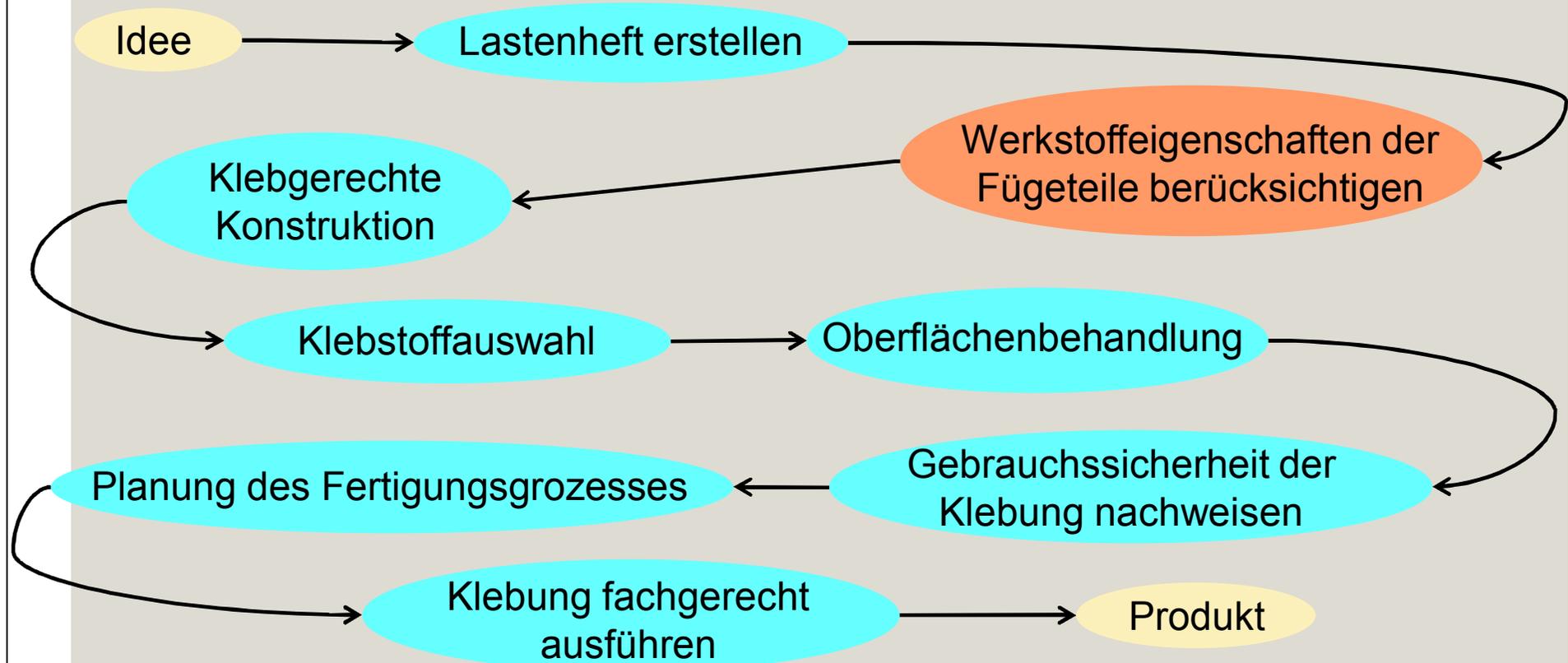
- Zusammenstellung der unmittelbaren, überprüfbaren Anforderungen an das Bauteil insgesamt und daraus resultierend an die Klebung, den Klebstoff und den Klebprozess
- Mitwirkung aller beteiligten Institutionen



## Erstellung des Lastenhefts

- Zusammenstellung der unmittelbaren, überprüfbaren Anforderungen an das Bauteil insgesamt und daraus resultierend an die Klebung, den Klebstoff und den Klebprozess
- Mitwirkung aller beteiligten Institutionen
- Unterscheidung zwischen Aspekten, die erfüllt werden müssen, und solchen, die erfüllt werden können.
- Wunschkriterien können zusätzlich mit aufgenommen werden.
- Jeder weitere Schritt der Konstruktion und Fertigung muss in Abstimmung mit dem Lastenheft erfolgen, das gegebenenfalls auch modifiziert oder erweitert werden kann.
- Jede Information bzw. deren Änderung im Lastenheft sollte in schriftlicher Form dokumentiert werden.

Einzelschritte bei der Planung einer Klebung/eines Klebprozesses



nach: Industrieverband Klebstoffe e.V.  
Leitfaden Kleben – aber richtig  
<http://leitfaden.klebstoffe.com/index.php>

## **Berücksichtigung der Werkstoffeigenschaften**

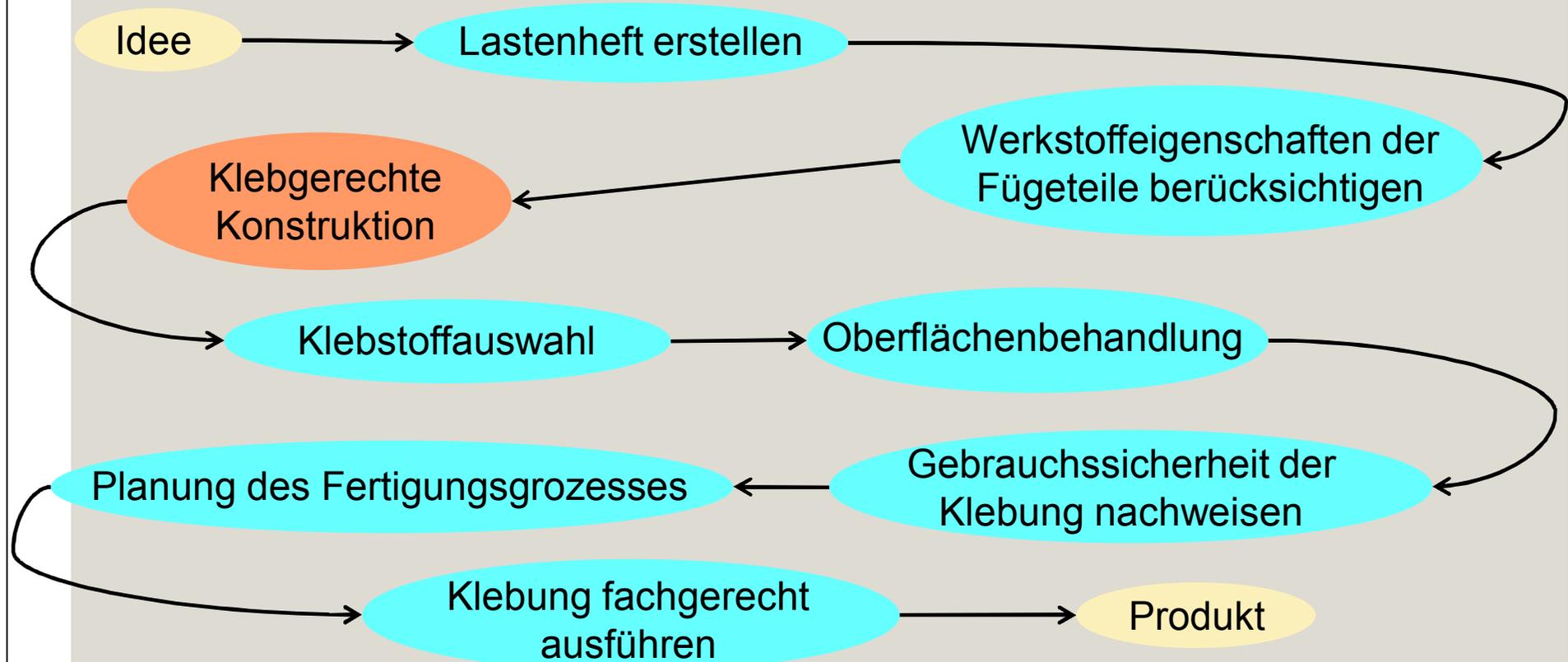
Die Werkstoffauswahl wird ohne Frage nicht allein aus Sicht einer guten Klebbarkeit erfolgen können. Vielmehr wird sich umgekehrt die Wahl des Klebstoffs meist nach dem Fügepartiewerkstoff richten müssen.

Es sollte jedoch schon bei der Wahl des Fügepartiewerkstoffs das Kleben als Fügeverfahren (mit) berücksichtigt werden. Dadurch können später ggf. Probleme und somit zusätzliche Kosten vermieden werden.

Die wichtigsten zu berücksichtigenden Fügepartieeigenschaften aus Klebstoff Sicht sind:

- Fügepartiewerkstoff:
- Benetzbarkeit/Oberflächenenergie, ggf. Vorbehandeln
- Mechanische Eigenschaften (Dehnfähigkeit)
- Thermische Beständigkeit
- Thermische Eigenschaften (Ausdehnungskoeffizient)
- Chemische Beständigkeit gegen Klebstoffbestandteile z.B. (Spannungsrisse)-Korrosion

Einzelschritte bei der Planung einer Klebung/eines Klebprozesses



nach: Industrieverband Klebstoffe e.V.  
Leitfaden Kleben – aber richtig  
<http://leitfaden.klebstoffe.com/index.php>

## Klebgerechte Konstruktion

Schon bei der Konstruktion der Bauteile müssen, wie auch bei anderen Fügeverfahren die Besonderheiten des Fügeverfahrens berücksichtigt werden .

Die Klebtechnik erfordert ein Umdenken vom Anwender, der bisher evtl. ausschließlich mechanisch bzw. durch Löten oder Schweißen gefügt hat:

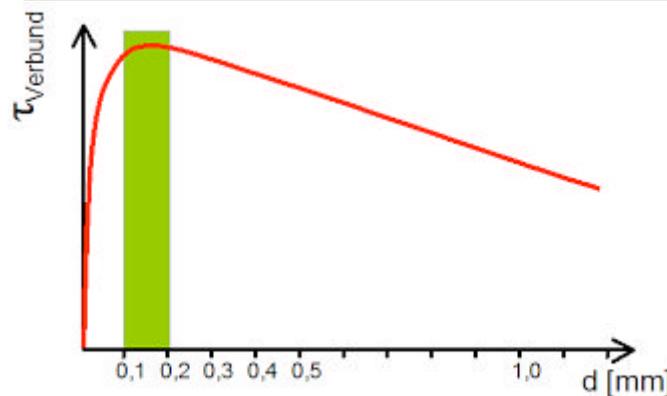
- Auseinandersetzung mit einem neuen Werkstoff mit einer Vielfalt von bisher vielleicht ungewohnten Eigenschaften:
  - Anfälligkeit gegen Schälbelastungen (Spannungsspitzen)
  - mechanische Eigenschaften von Klebstoffen
  - Verformungseigenschaften von Klebstoffen
  - Beeinflussung der Eigenschaften durch Temperatur, Feuchtigkeit, UV, ...
  - Reaktivität des nicht ausgehärteten Klebstoffs

## Klebgerechte Konstruktion

Eine klebgerechte Konstruktion ist für die Qualität einer Klebverbindung von ausschlaggebender Bedeutung.

Ziel der klebgerechten Konstruktion ist es:

- eine ausreichende Klebfläche bereitzustellen
- die optimale Klebschichtdicke vorzusehen



Es existiert eine optimale Klebschichtdicke, bei der die Kohäsion ihren Maximalwert hat (es gibt jedoch gute Gründe von dieser optimalen Klebschichtdicke abzuweichen)

## Beispiel: Direktverglasung Automobil

Der Klebstoff hat nicht nur die Aufgabe die Scheibe dauerhaft und dicht mit der Karosserie zu verbinden, sondern muss auch die im Fahrbetrieb auftretenden Verformungen der Stahlkarosserie kompensieren.

Dies geht nur mit einem elastischen Klebstoff und einer ausreichenden Schichtdicke.

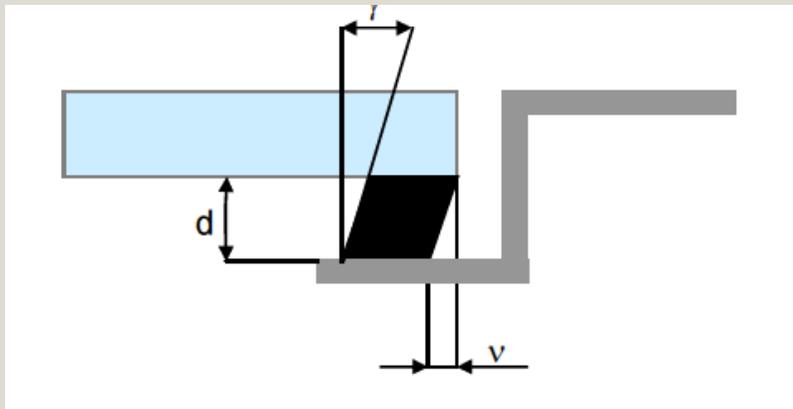
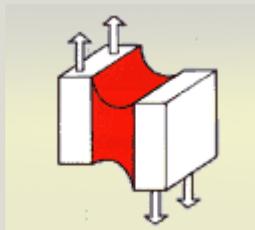
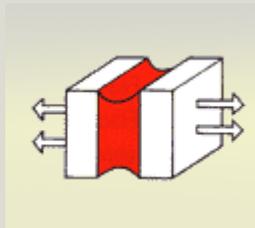


Bild: SCA Schucker

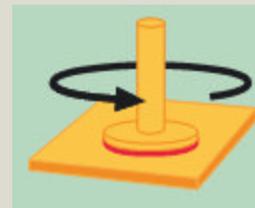
## Klebgerechte Konstruktion



Scher- und  
Schub-  
belastung



Zug- und  
Druckbelastung



Torsions-  
belastung

Eine klebgerechte Konstruktion ist für die Qualität einer Klebverbindung von ausschlaggebender Bedeutung.

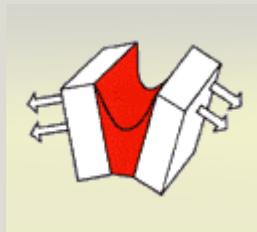
Ziel der klebgerechten Konstruktion ist es:

- Eine ausreichende Klebfläche bereitzustellen
- die optimale Klebschichtdicke vorzusehen
- Eine möglichst gleichmäßige Kraftverteilung ohne Auftreten von übermäßigen Spannungsspitzen zu erreichen

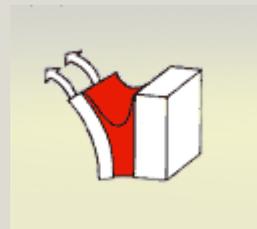
Belastungen bei denen die Kraft auf eine große Fläche verteilt wird und entweder parallel oder senkrecht zu der Klebfläche wirkt sind zu bevorzugen. Spannungsspitzen werden minimiert.

Bilder: Horst Stepanski/IVK

## Klebgerechte Konstruktion:



Spaltbelastung



Schälbelastung

Bilder: Horst Stepansk

Eine klebgerechte Konstruktion ist für die Qualität einer Klebverbindung von ausschlaggebender Bedeutung.

Ziel der klebgerechten Konstruktion ist es:

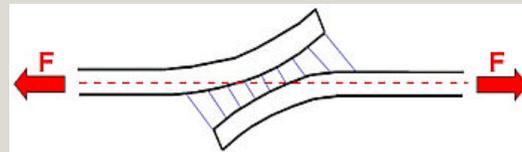
- Eine ausreichende Klebfläche bereitzustellen
- die optimale Klebschichtdicke vorzusehen
- Eine möglichst gleichmäßige Kraftverteilung ohne Auftreten von übermäßigen Spannungsspitzen zu erreichen

Linienförmige Belastungen sind zu vermeiden.  
Auftreten von Spannungsspitzen bei Spalt-  
Schälbelastung

## Klebgerechte Konstruktion

Einfluss der Klebschichtdicke auf die Bruchkraft

- Zunehmende Klebschichtdicke:
  - Zunahme des auf die Klebung wirkenden Drehmoments durch exzentrische Kräfteinleitung.

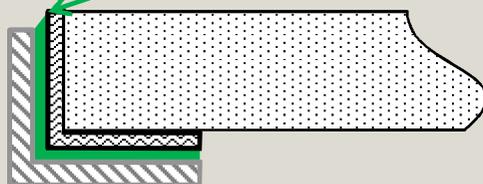
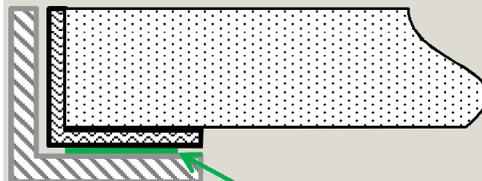


- Eine Zunahme von Inhomogenitäten (Luftblasen, Bereiche unzureichender Vermischung, Verunreinigungen, etc.) verringert ggf. die Bruchkraft



Bild: KLEBTECHNIK  
Dr. Hartwig Lohse e.K.

## Klebgerechte Konstruktion



Klebstoff

Eine klebgerechte Konstruktion ist für die Qualität einer Klebverbindung von ausschlaggebender Bedeutung.

Ziel der klebgerechten Konstruktion ist es:

- Eine ausreichende Klebfläche bereitzustellen
- die optimale Klebschichtdicke vorzusehen
- Eine möglichst gleichmäßige Kraftverteilung ohne Auftreten von übermäßigen Spannungsspitzen zu erreichen
- Klebschichten ggf. vor schädlichen Medien zu

Vermeidung der Gefahr von stehendem Wasser und Feuchtigkeitskondensation im Hohlraum durch vollständig gefüllte Klebfuge

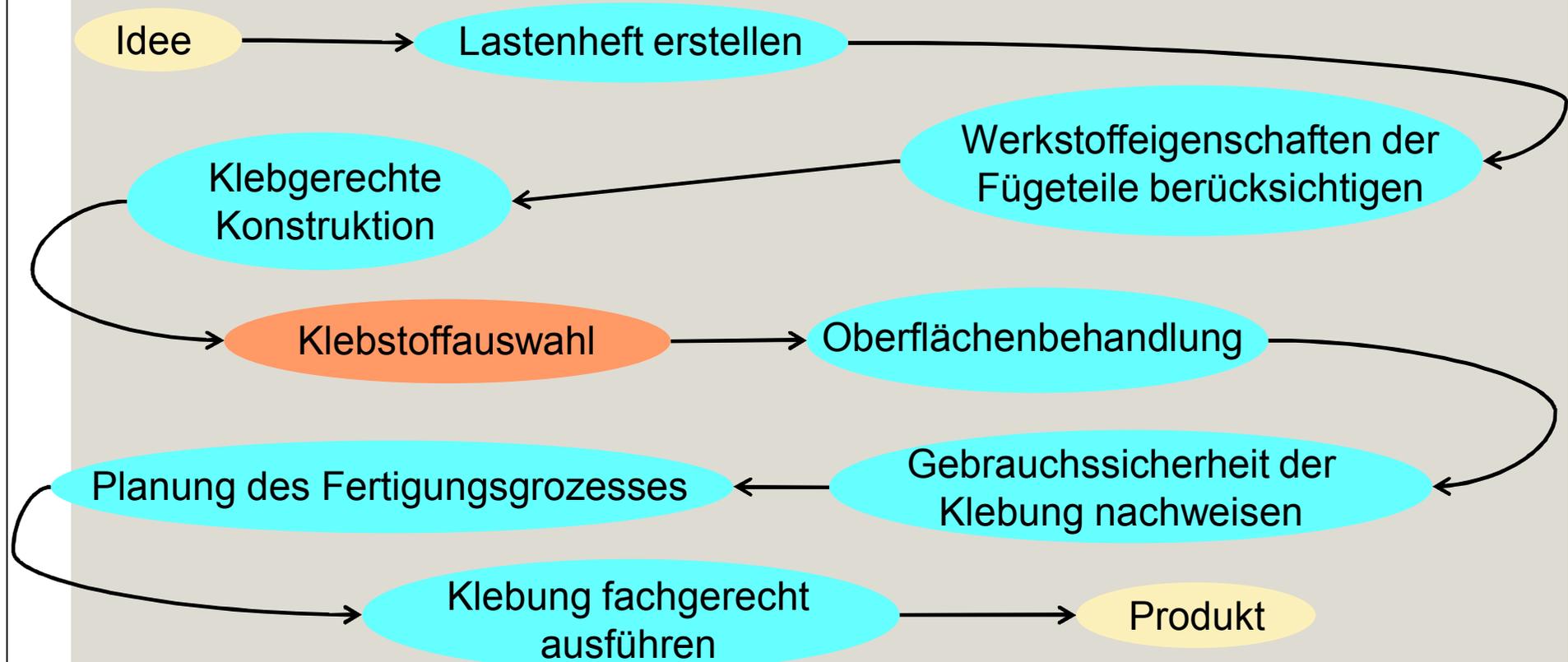
## Klebgerechte Konstruktion

Eine klebgerechte Konstruktion ist für die Qualität einer Klebverbindung von ausschlaggebender Bedeutung.

Ziel der klebgerechten Konstruktion ist es:

- eine ausreichende Klebfläche bereitzustellen
- die optimale Klebschichtdicke vorzusehen
- eine möglichst gleichmäßige Kraftverteilung ohne Auftreten von übermäßigen Spannungsspitzen zu erreichen
- Klebschichten ggf. vor schädlichen Medien zu schützen
- schlecht belüftete Hohlräume zu vermeiden
- Ermöglichen des Fügevorgangs ohne Beschädigung der Klebstoffschicht
- eine mechanische Fixierung bis zur Aushärtung des Klebstoffs zu ermöglichen

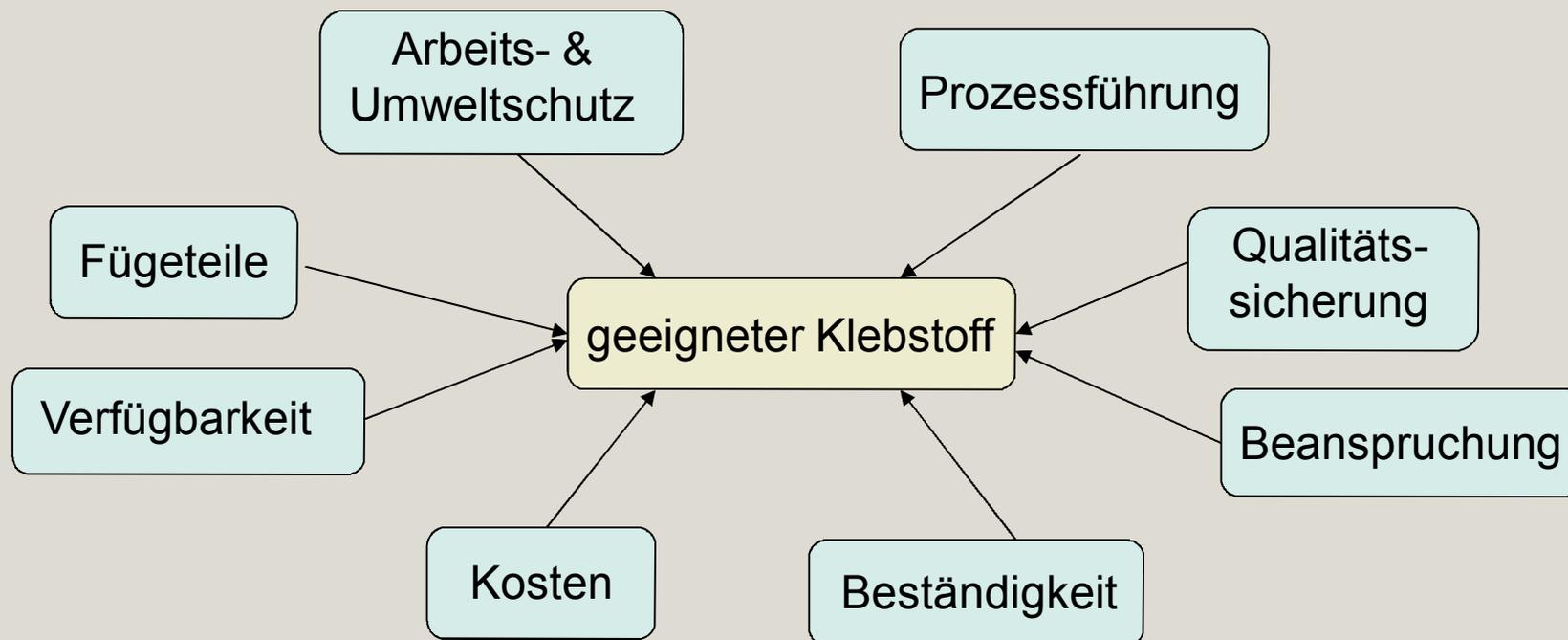
Einzelschritte bei der Planung einer Klebung/eines Klebprozesses



nach: Industrieverband Klebstoffe e.V.  
Leitfaden Kleben – aber richtig  
<http://leitfaden.klebstoffe.com/index.php>

## Klebstoffauswahl:

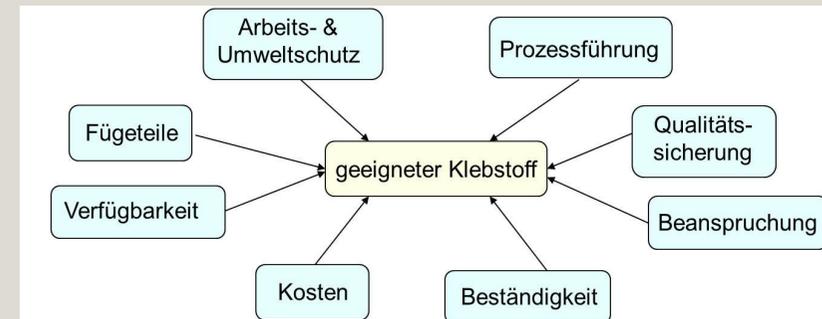
Die aus dem Lastenheft resultierenden Anforderungen an den Klebstoff müssen berücksichtigt werden, diese betreffen:



## Klebstoffauswahl:

### Beanspruchungen/Beständigkeit:

- mechanisch (dynamisch, statisch, Stoß/Crash)
- Temperatur Extrema, kurzzeit, langzeit, schnelle Wechsel  
Abhängigkeit der mech. Eigenschaften von der Temperatur
- Medien Feuchtigkeit, (See-)Wasser  
Salze, Treibstoffe, Öle,  
Frostschutz, ...
- Strahlung Sonneneinstrahlung, UV,  $\gamma$ -Strahlung (Medizintechnik)



**Langzeitbeständigkeit:** wie lange muss die Klebung unter welchen Bedingungen auftretenden Belastungen standhalten, bzw. wie hoch darf der Festigkeitsverlust nach einer bestimmten Einwirkungsdauer sein.

## Klebstoffauswahl:

### Fügeteile:

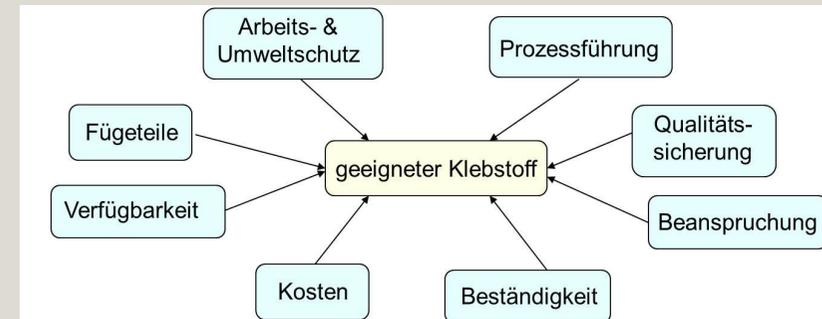
- Werkstoff, Werkstoffeigenschaften
- Thermische Ausdehnung
- Beständigkeit des Werkstoffs
- Oberfläche
- Dimensionen
- ...

### Qualitätssicherung

- Welche QS-Maßnahmen sind möglich und erforderlich

### Arbeits- & Umweltschutz

- Notwendige Arbeitssicherheitsmaßnahmen



## Klebstoffauswahl:

### Prozessführung/Fertigungsbedingungen:

- Einzel- oder Serienfertigung, Stückzahlen
- Taktzeiten
- Bauteilgröße, Klebnahtlänge
- 2D- oder 3D-Teile, Verlaufeigenschaften des Klebstoffs (standfest, selbstverlaufend)
- Härtingsbedingungen (insb. Temperatur und Zeit)
- Möglichkeiten einer Oberflächenvorbehandlung

### Verfügbarkeit/Kosten

- Preis- Leistungs- Verhältnis



## **Klebstoffauswahl:**

Anhand der erstellten Anforderungsliste kann die (Vor-)Auswahl des Klebstoffs und der Oberflächenvorbehandlung erfolgen (z.B. Klebstofftyp festlegen)

entweder:

- vom Anwender selbst (setzt entsprechende Markt- und Fachkenntnisse voraus)

oder

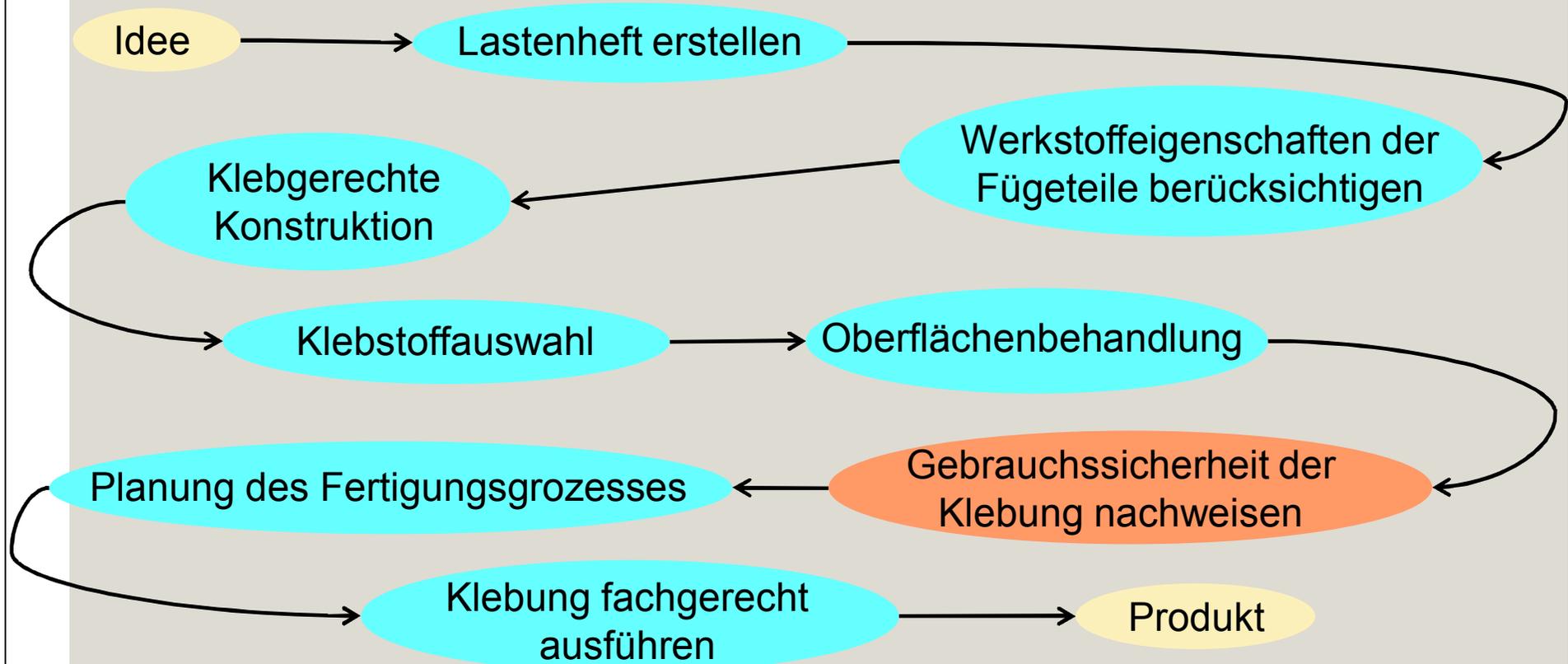
durch den Anwender zusammen mit

- einem Klebstoff-Hersteller bzw. –Händler (eingeschränkte Produktpalette)
- einem neutralen Dienstleister (herstellerunabhängig, umfangreiches Fachwissen und Erfahrung aber nicht kostenlos)

## **Klebstoffauswahl - Vorgehensweise:**

- Identifizierung geeignet erscheinender Klebstofftechnologien
- Identifizierung von Anbietern dieser Klebstoffe
- Kontaktaufnahme zu den identifizierten Klebstoffanbietern, Diskussion der Anforderungsliste
- Vergleich der vorgeschlagenen Klebstoffe anhand ihrer technischen Datenblätter (Achtung: auf einheitliche Prüfmethodik achten)
- Vergleich der vorgeschlagenen Klebstoffe, Klebstofftechnologien bzgl. Kosten (Klebstoffpreis, Verarbeitungsgerätschaften, Arbeitssicherheit)
- Prüfung von Klebstoffmustern nach genormten Prüfmethoden gem. der identifizierter Belastungen auf den zu verklebenden Fügeteilen
- Ggf. Bauteilversuche und Prüfung der Bauteile

Einzelschritte bei der Planung einer Klebung/eines Klebprozesses



nach: Industrieverband Klebstoffe e.V.  
Leitfaden Kleben – aber richtig  
<http://leitfaden.klebstoffe.com/index.php>

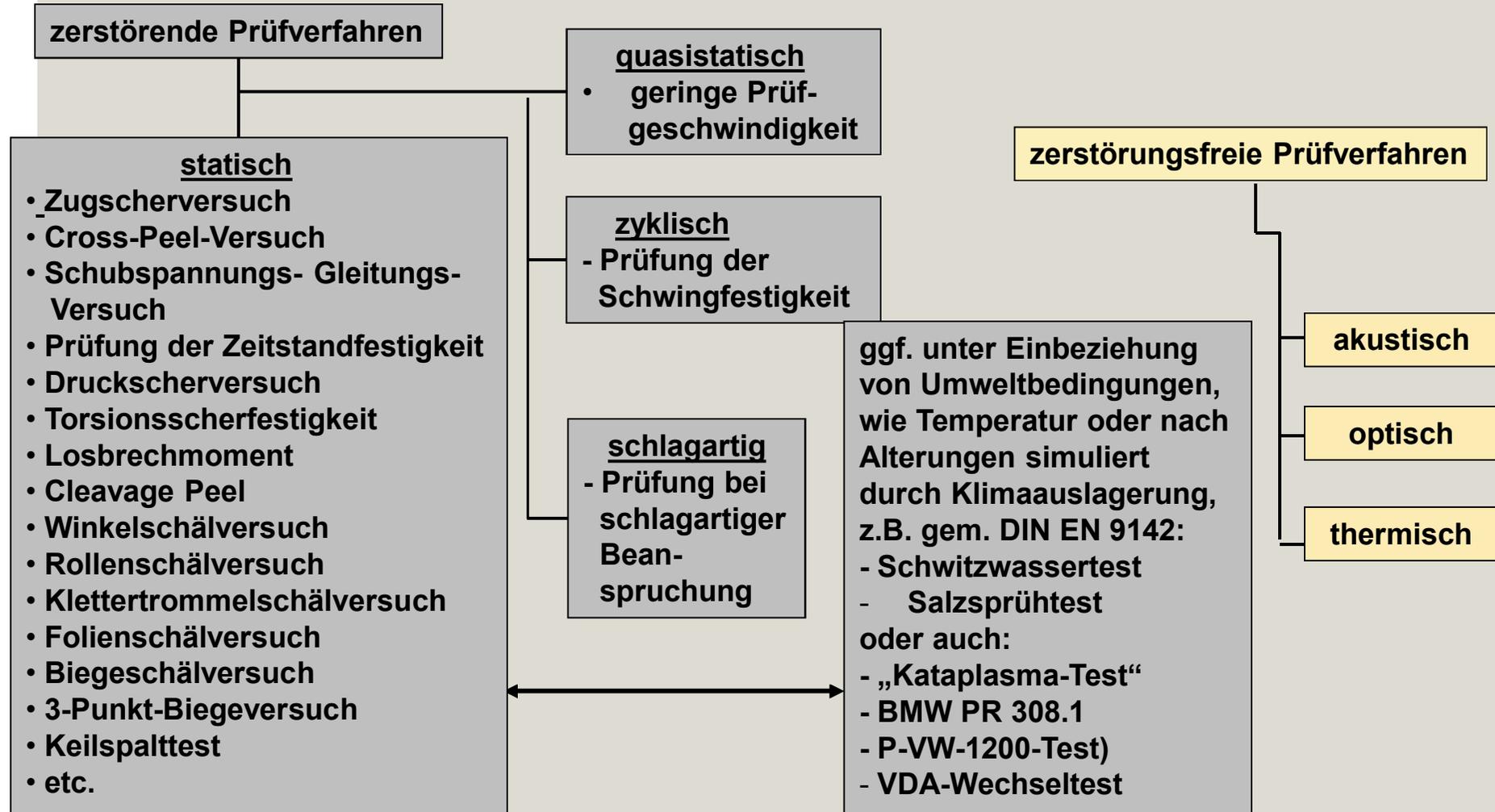
## Klebstoffprüfung:

Durchführung von Prüfungen anhand geeigneter Prüfkörpern und –bedingungen unter Einbeziehung von relevanten Einsatzbedingungen (Temperatur) und nach beschleunigten Alterungsverfahren.

**Ziel: Belastbarkeit > Belastung x Sicherheitsfaktor**

Verifizierung und Validierung der am Normprüfkörper ermittelten Werte am realen Bauteil

## Klebstoffprüfung:



## Klebstoffprüfung:

Durchführung von Prüfungen anhand geeigneter Prüfkörper und –bedingungen unter Einbeziehung von relevanten Einsatzbedingungen (Temperatur) und nach beschleunigten Alterungsverfahren.

**Ziel: Belastbarkeit > Belastung x Sicherheitsfaktor**

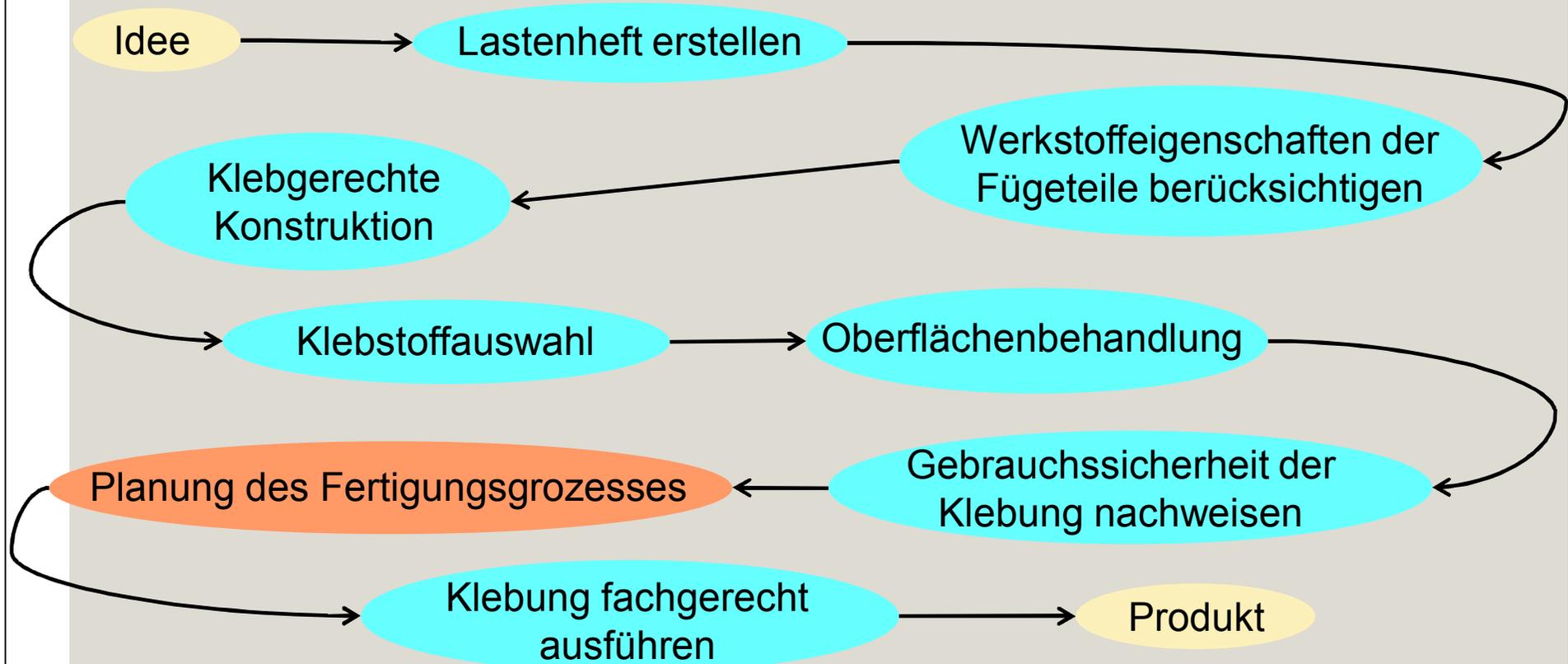
Verifizierung und Validierung der am Normprüfkörper ermittelten Werte am realen Bauteil

Zerstörende, stichprobenartige Prüfung von Serienteilen

- subjektive Beurteilung der Klebfestigkeit
- Bruchbildbeurteilung

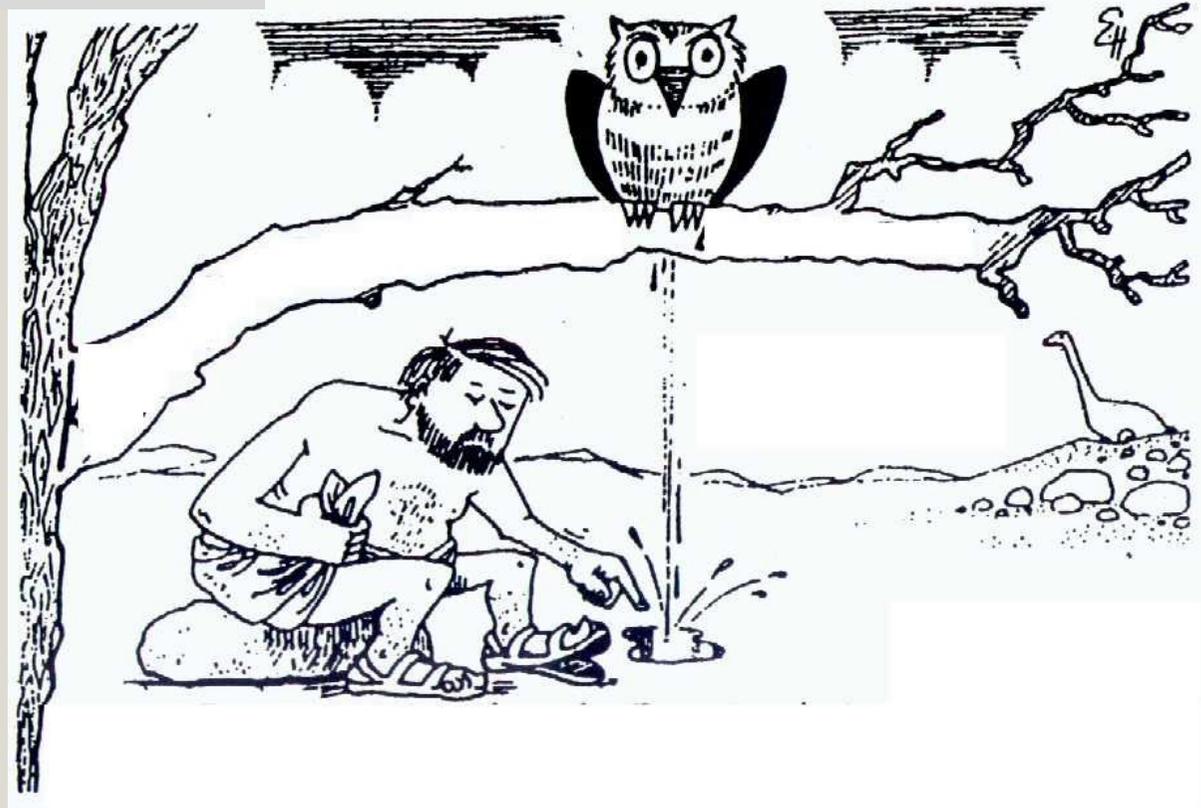


Einzelschritte bei der Planung einer Klebung/eines Klebprozesses



nach: Industrieverband Klebstoffe e.V.  
Leitfaden Kleben – aber richtig  
<http://leitfaden.klebstoffe.com/index.php>

## Planung des Fertigungsprozesses:



Nicht nur ein guter Klebstoff, sondern auch die Applikations- und Aushärtetechnik ist für den Erfolg einer Klebung von ausschlaggebender Bedeutung

## Planung des Fertigungsprozesses:

- Bereitstellung und Handling der Fügeteile, einschließlich Reinigung
- Sofern erforderlich: Konzipierung der Oberflächenbehandlung
- Konzipierung einer geeigneten Klebstoff-Applikationsanlage einschließlich der Vorrichtung zur Klebstoffaushärtung auf Grundlage der spezifischen Klebstoffeigenschaften und der geforderten Stückzahlen
- Dem Härtingzustand des Klebstoffs und dem Bauteil angepasstes schonendes Handling der geklebten Teile
- Festlegung der Qualitätssicherungsmaßnahmen
- Erstellen einer Arbeitsanweisung

## Anforderungen an die Klebstoffapplikationsanlage:

Bereitstellung des Klebstoffs in der erforderlichen Menge

- Entnahme aus dem Liefergebinde
- Transport zum Bauteil
- ggf. Mischen im korrekten Verhältnis mit einer 2. Komponente
- Auftragen in der richtigen Menge und Form an den richtigen Ort des Bauteils

ohne den Klebstoff z. B. durch

- thermische Schädigung
- Abbau der Standfestigkeit (Scherung)
- Verunreinigung

negative zu beeinflussen

## Anforderungen an eine Vorrichtung zum Fügen und Aushärten:

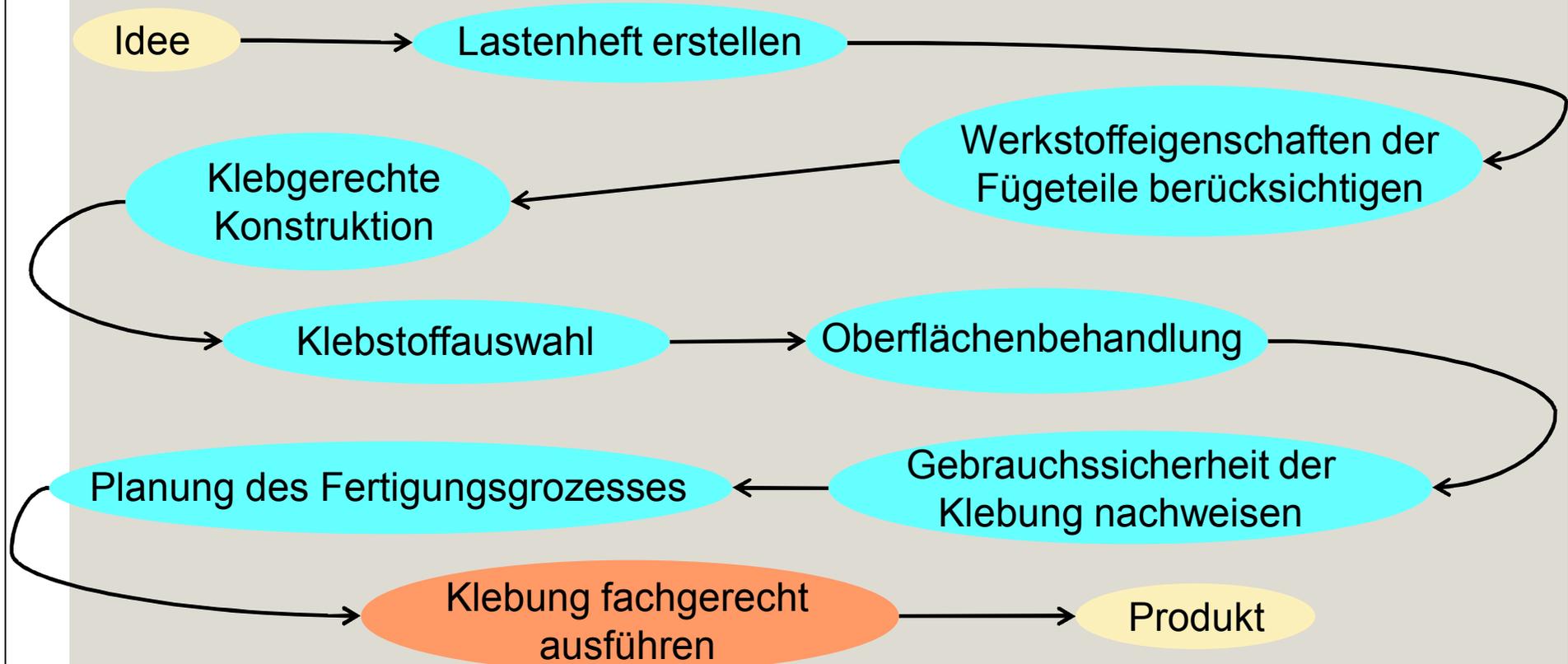
- Sicherstellen der Maßhaltigkeit des gefügten Bauteils
- Teilehandling und Fügevorgang ohne Deformation oder ‚Verschmieren‘ des Klebstoffs
- Sichere Fixierung der Bauteile, Vermeiden jeglicher Relativbewegungen während der Klebstoffhärtung
- An den Klebstoff und den Fügepartiewerkstoff angepasste Härtungsbedingungen (Temperatur, Druck, Zeit). Bei hohen Stückzahlen können ggf. mehrerer Fügevorrichtungen notwendig werden
- ...

## Arbeitsanweisung:

Der Arbeitsanweisung kommt eine besondere Bedeutung zu, sie muss:

- fachlich zutreffend sein
- den gesamten Prozess einschl. der vorbereitenden und der fertigungsbegleitenden QS-Maßnahmen vollständig beschreiben
- aktuell sein
- verständlich und anschaulich sein
- Vorgaben für Maßnahmen bei Abweichungen enthalten
- chronologisch gem. des Arbeitsfortschritts aufgebaut sein
- eine Liste aller benötigten Materialien und Arbeitsmittel enthalten
- übersichtlich sein (evtl. Langfassung für Schulung, Kurzfassung für täglichen Gebrauch in der Fertigung)

Einzelschritte bei der Planung einer Klebung/eines Klebprozesses



nach: Industrieverband Klebstoffe e.V.  
Leitfaden Kleben – aber richtig  
<http://leitfaden.klebstoffe.com/index.php>

## **Klebung fachgerecht ausführen:**

Kleben ist ein sog. spezieller Prozess, d.h. die Konformität des erzeugten Produkts kann nicht oder nur z.T. zerstörungsfrei geprüft werden. Entsprechend kommt der Einhaltung (und Dokumentation) aller in der Arbeitsanweisung festgelegten Schritte somit eine besondere Bedeutung zu.

... und *last but not least* wird ausreichend geschultes Personal benötigt!

Dazu haben Sie ja heute den ersten Schritt gemacht.

Bitte berücksichtigen Sie auch die mit der Planung und Konzeption betrauten und die, die Klebung ausführenden Mitarbeiter adäquat zu schulen.

## Weitere Informationsquellen:

Aufgrund der Vielzahl der verschiedenen Klebstoffsysteme, die alle spezifischen Anforderungen an den Klebprozess stellen, konnten nur die grundlegenden Punkte angesprochen werden.

Weitere Informationen erhalten Sie

- im IVK-Leitfaden *Kleben – aber richtig\**,
- in den technischen Datenblättern zu den Klebstoffen bzw. den Klebstoffherstellern
- von unabhängigen, beratenden Fachleuten
- bei klebtechnischen Seminaren und Fortbildungen (z.B. KuK und IFAM)

\* <http://leitfaden.klebstoffe.com/index.php>

# Klebstoffe und Klebstoffauswahl



KLEBTECHNIK  
Dr. Hartwig Lohse e.K.

[www.How-Do-You-Glue.de](http://www.How-Do-You-Glue.de)

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit**

**Fragen?**



KLEBTECHNIK Dr. Hartwig Lohse e.K.  
[www.how-do-you-glue.de](http://www.how-do-you-glue.de)