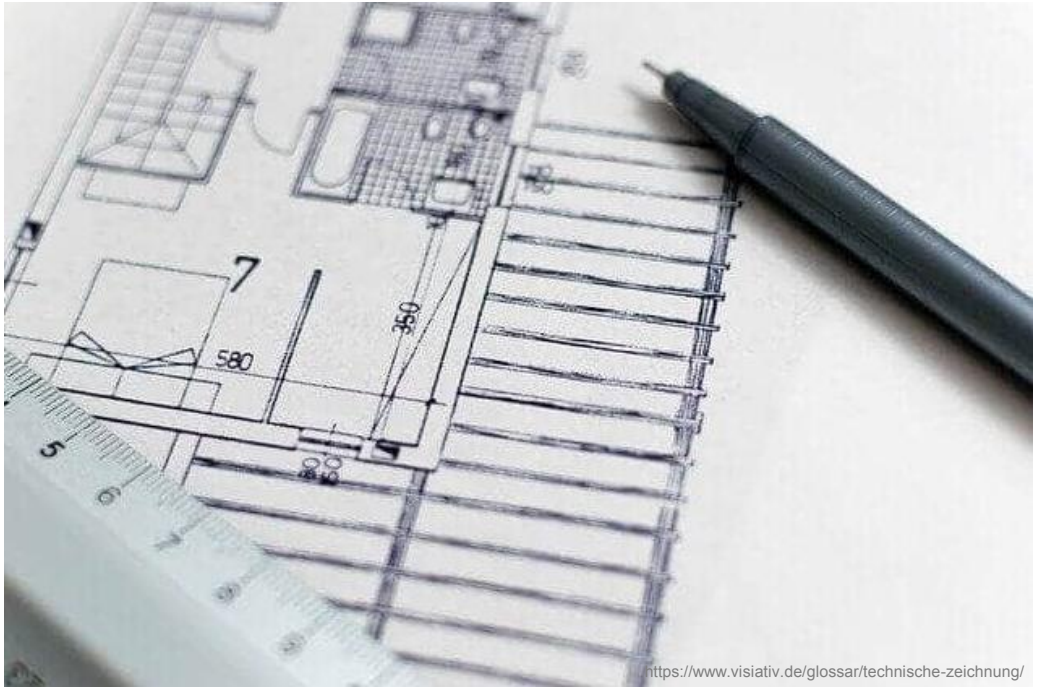
Ingenieurprojekt 1



Vorlesung

Prof. Dr.-Ing. Günter Valder
Modul 101250

FH AACHEN
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Hinweise



Ziel meiner Lehrveranstaltungen ist es, Ihnen wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse praxisnah zu vermitteln, damit Sie die erworbenen Kenntnisse im späteren Berufsleben direkt anwenden können.
Voraussetzung für die erfolgreiche Anwendung von Wissen ist Verständnis. Stellen Sie daher jederzeit Fragen, wenn Ihnen etwas unklar erscheint.
Für vertrauliche Anliegen vereinbaren Sie bitte per E-Mail einen Gesprächstermin: valder@fh-aachen.de



In der abschließenden **Erfolgskontrolle** (Prüfung) geht es nicht darum, vorgegebene Zahlen in bekannte Formeln einzusetzen. Entscheidend ist, mit ingenieurwissenschaftlichem Rechnen sinnvolle Ergebnisse zu erzielen – also Methoden zu verstehen, anzuwenden und auf neue Situationen zu übertragen. Geprüft wird dabei einerseits übertragbares Wissen, also die direkte Anwendung bekannter Methoden und Verfahren auf vergleichbare Aufgabenstellungen. Darüber hinaus wird auch transformiertes Wissen verlangt: Sie sollen Ihr Verständnis nutzen, um Methoden auf neue oder veränderte Problemstellungen anzupassen.

Hinweis



Die im Rahmen dieser Lehrveranstaltung bereitgestellten Unterlagen wurden mit größter Sorgfalt erstellt. Sie dienen der Orientierung sowie der Unterstützung beim Verständnis und der Vertiefung der Lehrinhalte.

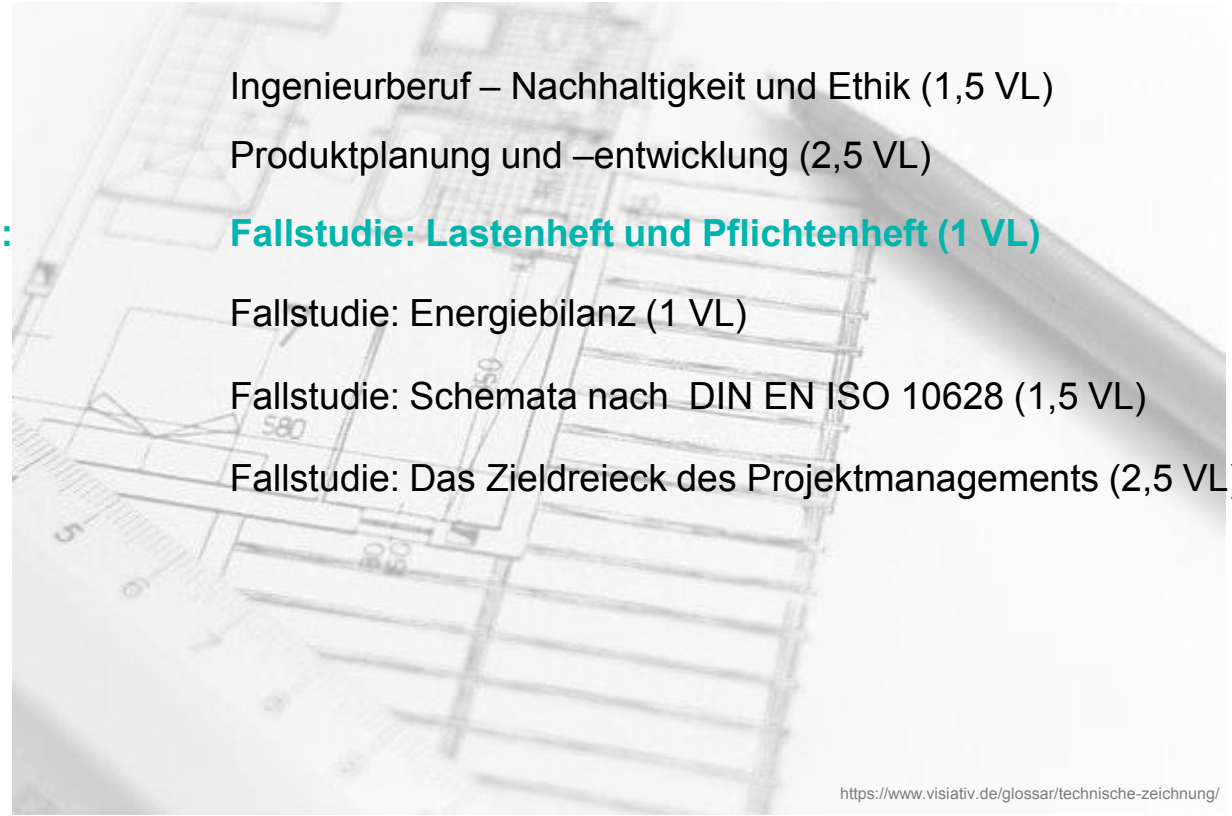
Diese Unterlagen ersetzen nicht die Teilnahme an Vorlesungen und Übungen und entbinden nicht von der eigenständigen Auseinandersetzung mit dem Stoff.

Trotz größter Sorgfalt können Fehler nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung für Vollständigkeit, Aktualität oder Richtigkeit der Inhalte wird daher nicht übernommen.

Dies gilt insbesondere für Verweise auf Gesetze, Normen und Richtlinien. In der späteren beruflichen Praxis sind stets die jeweils aktuellen und verbindlichen Fassungen der einschlägigen Regelwerke heranzuziehen und zu berücksichtigen.

Inhalt Ingenieurprojekt 1

Kapitel 1:	Ingenieurberuf – Nachhaltigkeit und Ethik (1,5 VL)
Kapitel 2:	Produktplanung und –entwicklung (2,5 VL)
Kapitel 3:	**Fallstudie: Lastenheft und Pflichtenheft (1 VL)**
Kapitel 4:	Fallstudie: Energiebilanz (1 VL)
Kapitel 5:	Fallstudie: Schemata nach DIN EN ISO 10628 (1,5 VL)
Kapitel 6:	Fallstudie: Das Zieldreieck des Projektmanagements (2,5 VL)



https://www.visiativ.de/glossar/technische-zeichnung/

Lernziele

Verstehen

→ Die Studierenden können **Lastenheft und Pflichtenheft** hinsichtlich Zweck, Ersteller, Inhalt und Zeitpunkt voneinander abgrenzen.

→ Die Studierenden können den typischen Prozess von der Ausschreibung über die Angebotsbearbeitung bis zum Auftrag aus Sicht von Auftraggeber und Auftragnehmer strukturiert darstellen.

Anwenden

→ Die Studierenden können technische Anforderungen aus Sicht des Auftraggebers eindeutig, realistisch, prüfbar und möglichst lösungsfrei formulieren.

→ Die Studierenden können aus Anforderungen eines Lastenhefts geeignete technische Realisierungsvorgaben für ein Pflichtenheft ableiten.

Taxonomie: Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Longman.

Ausblick auf die nächsten Lehreinheiten

- In den nächsten Lehreinheiten lernen Sie einige Instrumente kennen, die Ihnen die strukturierte Produktentwicklung und das Management eines solchen Prozesses näherbringen:

→ Kapitel 3: Fallstudie: Lastenheft und Pflichtenheft

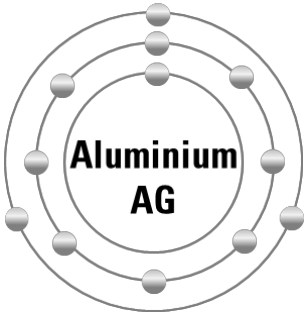
→ Kapitel 4: Fallstudie: Energiebilanz

→ Kapitel 5: Fallstudie: Schemata nach DIN EN ISO 10628

→ Kapitel 6: Fallstudie: Das Zieldreieck des Projektmanagements

- Als durchgehende Fallstudie zur anschaulichen Darstellung dient eine Thermoprozessanlage, die in dieser Form real geplant und umgesetzt wurde.

Fallstudie "Hybrid Heating" - Konfiguration



- Auftraggeber ist die Aluminium AG (AAG).
- Die AAG stellt Halbzeuge aus Aluminium her, möchte zukünftig neue Märkte bedienen und plant dafür die Herstellung neuer Produkte.
- Dazu müssen spezielle Thermoprozessanlagen für das Anwärmen von Pressbarren vor der Umformung durch eine Strangpresse beschafft und in Betrieb genommen werden.
- Potenzieller Auftragnehmer ist die Industrieofenbaugesellschaft (IOG).

DIE INDUSTRIEOFENBAUGESELLSCHAFT

- Die IOG möchte diese Thermoprozessanlagen an die AAG liefern und plant dafür eine auf die Bedürfnisse der AAG zugeschnittene Thermoprozessanlage.
- Diese muss teilweise mit neuen Funktionen ausgestattet werden.

Fallstudie: Investitionsvorhaben "Fit for Future"

- Die AAG betreibt ein derzeit noch profitables Strangpresswerk. Als Rohstoff für die Pressbarren dient **Sekundäraluminium** aus der eigenen Gießerei, daher weisen die Produkte der AAG einen **Recyclinganteil von ca. 80%** auf.

→ Das Strangpresswerk soll zukünftig eine **20 % höhere Produktionskapazität**, nämlich 42.000 Tonnen Pressbarren pro Jahr durchsetzen.

→ Zukünftig sind **zwei völlig unterschiedliche Absatzmärkte** geplant:

1. **Massenprodukte für die Bauindustrie**

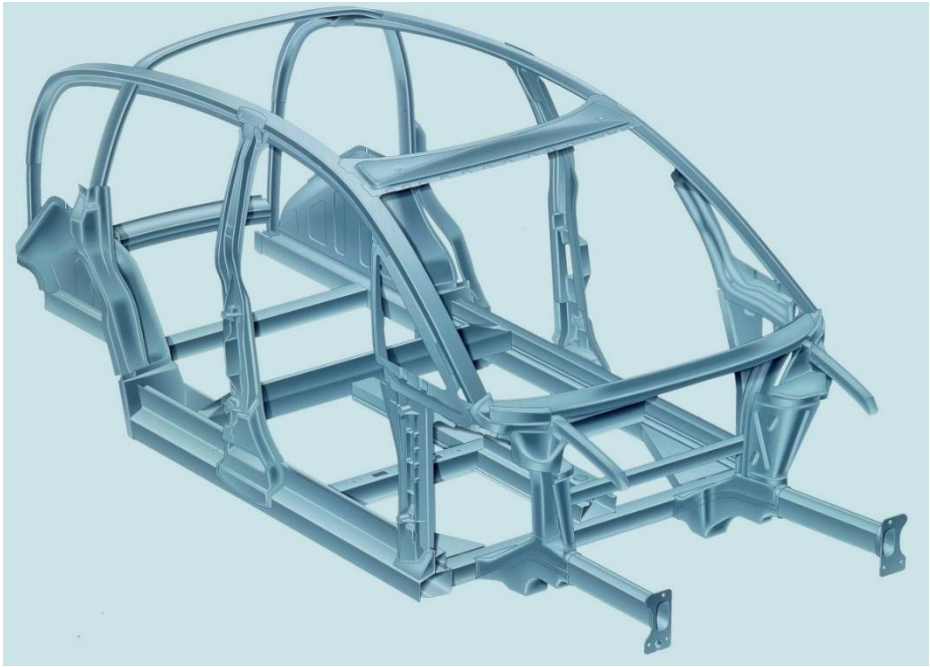
→ Situation: Hoher Kostendruck durch ausländischen Wettbewerb.
→ Fokus: Hoher Automatisierungsgrad, niedrige Energiekosten

2. **Neu: Produktion von hochfesten Aluminiumprofilen für Elektromobile**

→ Erwartung: Partizipation an Wachstumsmarkt
→ Fokus: Besonders hohe Temperaturgenauigkeit und Fähigkeit zum isothermen Pressen zur Einhaltung spezieller Normen der Automobilindustrie (z.B. CQI 9).

Fallstudie: Investitionsvorhaben "Fit for Future"

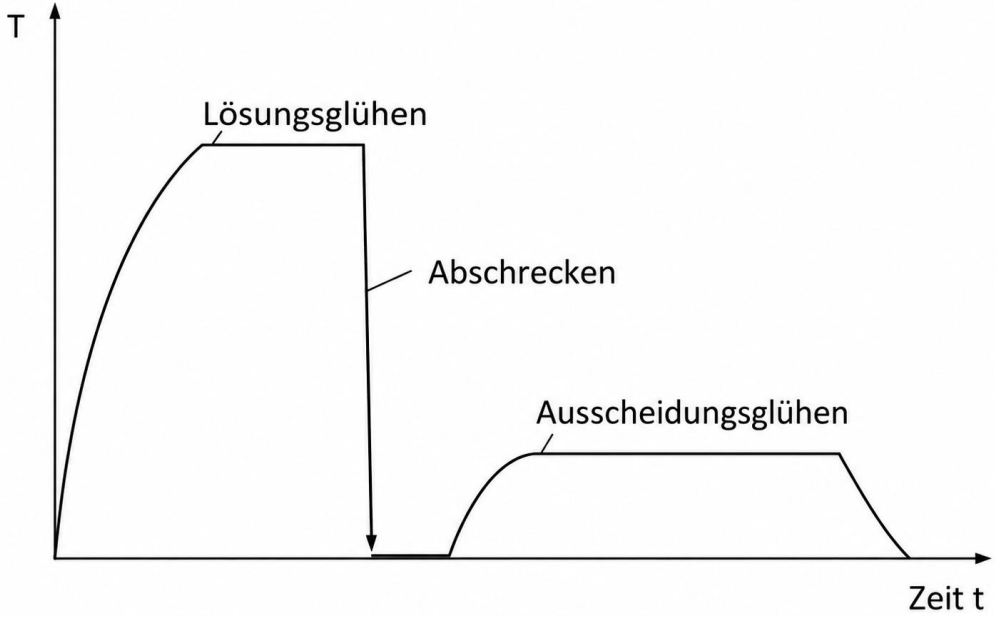
- Stranggepresste Aluminiumprofile im Elektromobil (Audi A2 e-tron, 2026)

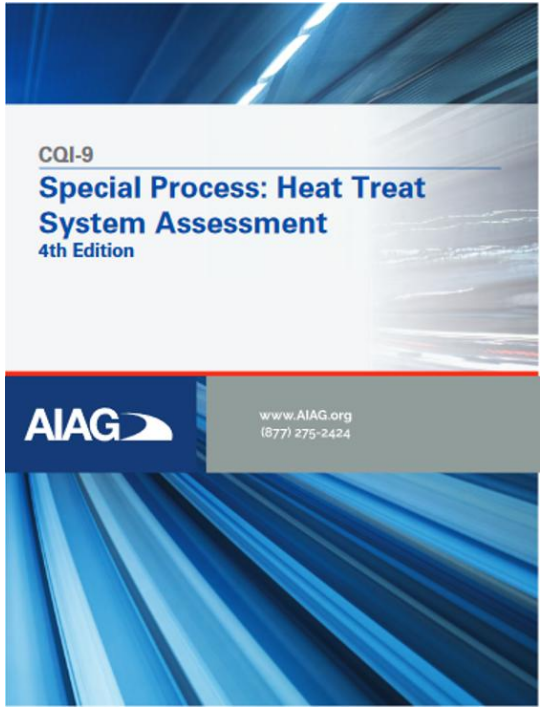




Fallstudie: Investitionsvorhaben "Fit for Future"

- Einzuhaltender Wärmebehandlungsstandard („T6“-Glühung)





Fallstudie: Investitionsvorhaben "Fit for Future"

- **Zielsystem „Fit for Future“**

Kriterium i	Art	Gewichtung g	Untergrenze	ZE(i)[1]	Obergrenze	ZE (i)	Einheit
Betriebsart "Hybrid Normal"	R		nein	0	ja	1	
Betriebsart "Hybrid Flex"	R		nein	0	ja	1	
Betriebsart "Pure Gas"	R		nein	0	ja	1	
Betriebsart "Pure Electric"	R		nein	0	ja	1	
"Isothermes Pressen"	R		nein	0	ja	1	
Anwärmkapazität	R		< 42000	0	≥ 42,000	1	t/a
Temperaturgenauigkeit	R		> ±5	0	≤ ±5	1	K
axialer Temperaturgradient	G	15%	≥ 70	0,8	> 80	1,0	K
Projektlaufzeit bis Produktionsbeginn	G	10%	> 58	0,8	≤ 58	1,0	Wochen
Preis	G	25%	> 2.750.000	0,8	≤ 2.500.000	1,0	Euro
Kapazität Barrenlager	G	15%	≥ 8	0,8	≥ 10	1,0	h
Schalldruckpegel Leitstand	G	5%	≤ 82	0,8	≤ 78	1,0	dB(A)
Energiebedarf	G	20%	≤ 262	0,8	≤ 236	1,0	kWh/t
Verfügbarkeit	G	10%	≥ 96,5	0,8	≥ 97,5	1,0	%

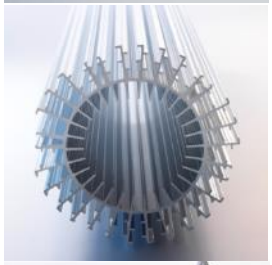
[1]Bei Unterschreitung der Untergrenze ZE(i)=0

$$ZE(i) = \left\{ \sum_{i=0}^{n} g_i \cdot G_i \right\} \cdot \prod_{j=0}^{m} R_j$$

Wie funktioniert Strangpressen?





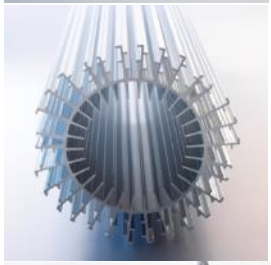






Wie ist ein Strangpresswerk für Sekundäraluminium aufgebaut?

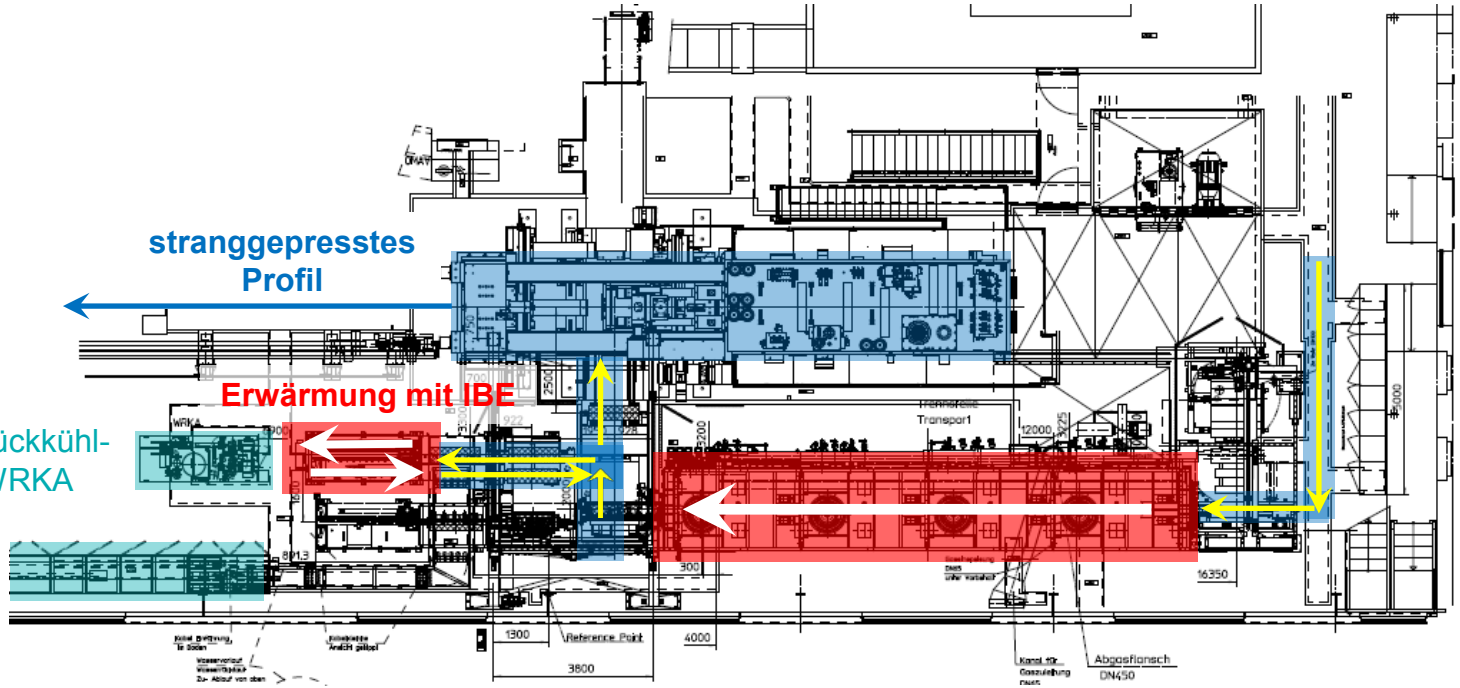








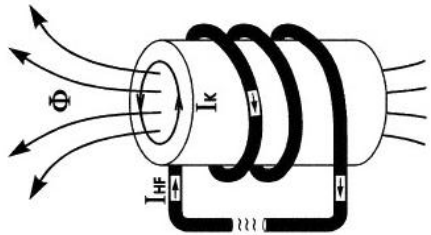
Wie ist eine hybrid beheizte Thermoprozessanlage aufgebaut?



Elektrisch beheizter Teil (Induktive Barrenerwärmungsanlage, IBE)



Quelle: Otto Junker GmbH



Induktionsspule als
Einbolzenofen



Quelle: Otto Junker GmbH

Gasbeheizter Teil – (Konvektive Barrenerwärmungsanlage, KBE)

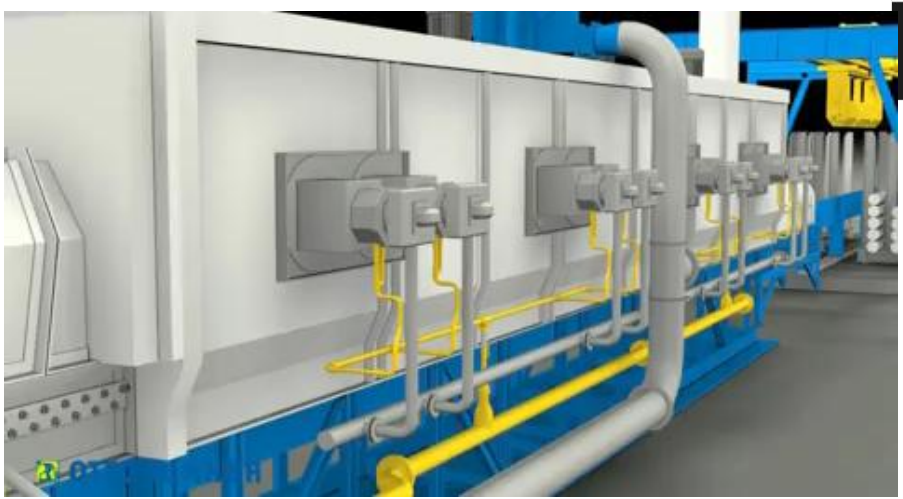








Quelle: Otto Junker GmbH



Quelle: Otto Junker GmbH

Konvektionsofen mit offenen Gasbrennern und Umwälzung der Gase mittels Ventilatoren

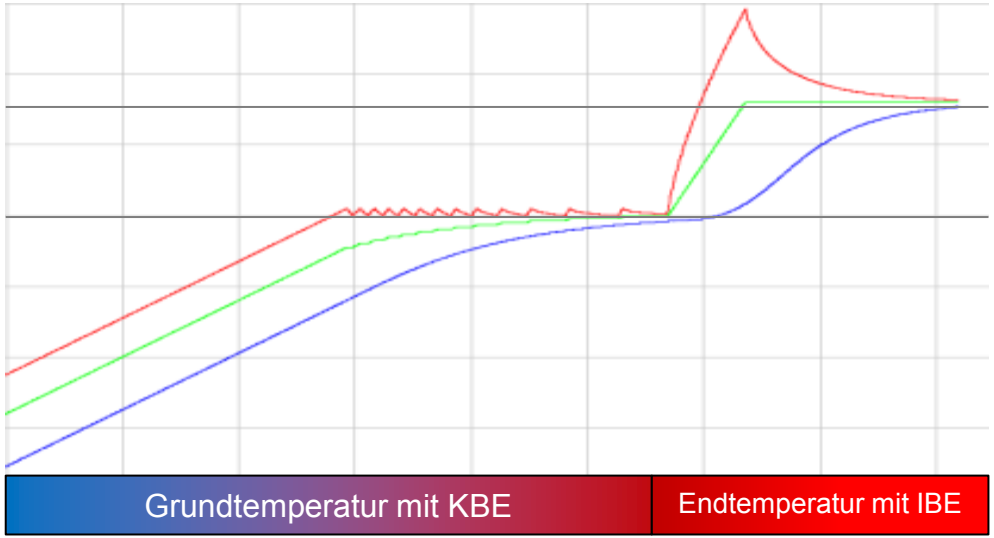
"Hybrid Heating" – Kombination KBE + IBE

- Der wesentliche Unterschied zwischen gasbeheiztem Anwärmen und elektrisch-induktiv beheiztem Anwärmen zeigt sich in der Anwärmgeschwindigkeit:

→ Die Wärmeübertragung in gasbeheizten Anlagen ist auf 80-100 kW/m^2 Barrenoberfläche begrenzt.

→ Die Wärmeübertragung in elektrisch-induktiv beheizten Anlagen kann bis zu 600 kW/m^2 Barrenoberfläche betragen.

→ Dieser Unterschied kommt in den Anwärmkurven zum Ausdruck:



Quelle: Otto Junker GmbH



Der Weg von der Ausschreibung zum Auftrag

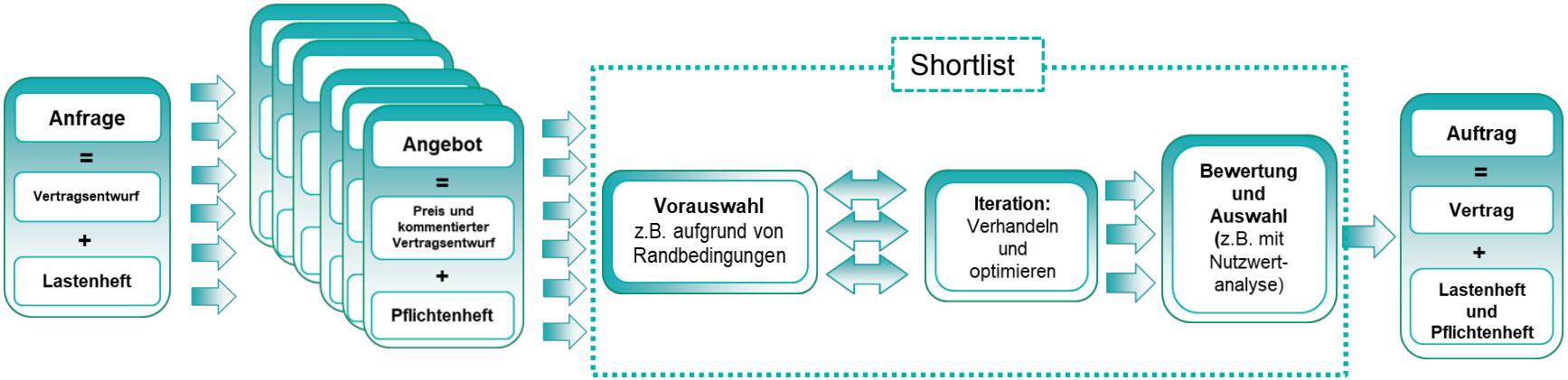
- Für die Auftragsvergabe von erklärungsbedürftigen Investitionsgütern ist im internationalen Anlagenbau beispielsweise folgendes Vorgehen möglich:

1. Anfrage mit Lastenheft und Vertragsentwurf an potenzielle Lieferanten
2. Vorauswahl aufgrund der im Zielsystem definierten Randbedingungen
3. Erstellung einer „short-list“ → Reduktion auf wenige potenzielle Lieferanten.
4. Verhandlungen mit dem Ziel der technischen und kommerziellen Optimierung.
5. Objektive Bewertung der Verhandlungsergebnisse durch Nutzwertanalyse (→ Erfüllungsgrad Zielsystem)
6. Auftrag an den Lieferanten mit dem höchsten Nutzwert bzw. dem besten Preis-Leistungs-Verhältnis.

- In Bezug auf die Fallstudie trifft das auf die von der AAG zu beschaffenden Thermoprozessanlagen zu.

Der Weg von der Ausschreibung zum Auftrag

→ typischer Ablauf von der **Ausschreibung** (Anfrage) bis zum **Auftrag**:



Start **internes Projekt** beim Auftraggeber

Start **internes Projekt** beim Auftragnehmer

Start **gemeinsames Projekt**
von Auftragnehmer und Auftraggeber

Lastenheft und Pflichtenheft

Lastenheft und **Pflichtenheft** bilden die **Grundlage der Zusammenarbeit** zwischen **Auftraggeber und Auftragnehmer.**

Lastenheft

- Das Lastenheft ist die „…vom **Auftraggeber** festgelegte **Gesamtheit der Forderungen** an die Lieferungen und Leistungen eines Auftragnehmers innerhalb eines Auftrages.“ [DIN 69901-5/2009].

→ Beschreibung der Liefergegenstandes
→ funktionale Anforderungen
→ nicht-funktionale Anforderungen
→ …

} **WAS und WOFÜR?**

Pflichtenheft

- Das **Pflichtenheft** umfasst die „vom **Auftragnehmer** erarbeiteten **Realisierungsvorgaben** aufgrund der Umsetzung des vom Auftraggeber vorgegebenen Lastenhefts.“ [DIN 69901-5/2009].

→ Fließbilder, Zeichnungen, Pläne, Stücklisten
→ Technische Daten
→ Funktionsbeschreibung und Bedienkonzept
→ Gefährdungsbeurteilung
→ …

} **WIE und WOMIT?**

Lastenheft – Vorschlag Inhaltsverzeichnis

1. Auftraggeber, Istzustand und globales Ziel

- Wer ist der Auftraggeber (Unternehmen, Produkte, Markt,…)?
- Was ist der (unerwünschte) Istzustand, bzw. das Problem?
- Warum wird das Projekt durchgeführt bzw. was ist das globale Ziel des Projektes (SMART).

2. Beschreibung der Teilziele

- Was sind die Teilziele des mit diesem Lastenheft initiierten Projektes?

→ Gegenstand des Lastenheftes ist manchmal nur ein Teilprojekt, welches dazu dient, das zuvor formulierte globale Ziel zu erreichen.

3. Externes und internes Umfeld

- Hier kann z.B. die vorhandene Infrastruktur beschrieben werden, soweit sie für das jeweilige Teilprojekt relevant ist.

4. Funktionale Anforderungen

- Funktionale Anforderungen haben meist einen direkten Bezug zum Zweck des Produkts, sind also spezifischer Natur (vgl. ISO/IEC 25010:2011)

5. Nicht-funktionale Anforderungen

- Nicht-funktionale Anforderungen sind meist unspezifisch. Während die funktionalen Anforderungen bestimmen, WAS ein System tut, beschreiben die nicht-funktionalen Anforderungen, WIE ein System es tut.

Lastenheft – Vorschlag Inhaltsverzeichnis

6. Terminplan

- Was ist wann zu liefern?

7. Lieferumfang / Lieferausschluss

8. Einzuhaltende Vorschriften, Normen und Richtlinien

9. Dokumentation

10. Abnahmekriterien

11. Mitgeltende Unterlagen

12. Projektorganisation

13. Revisionsstand Lastenheft

Lastenheft – Auszug „Betriebsarten“

- In Abschnitt 4 des Lastenheftes der AAG sind folgende Anforderungen an die Betriebsarten der Thermoprozessanlagen definiert:

4.6 Betriebsarten

…

"Hybrid Normal": *Anwärmen von Raumtemperatur auf Grundtemperatur mit gasbeheiztem Anwärmofen, Erwärmung auf Umformtemperatur mit und ohne Taper Heating mit elektrisch beheiztem Anwärmofen.*

"Hybrid Flex": *Variation der Grundtemperatur im gasbeheizten Anwärmofen abhängig vom aktuellen Strompreis mit maximal 15 Minuten Umschaltzeit. Erwärmung auf Umformtemperatur mit und ohne Taper Heating mit elektrisch beheiztem Anwärmofen.*

"Pure Gas": *keine elektrische Erwärmung, Anwärmen von Raumtemperatur auf Umformtemperatur.*

"Pure Electric": *keine gasbeheizte Erwärmung, Anwärmen der Nennlast von Raumtemperatur auf Umformtemperatur mit und ohne Taper Heating.*

…

Hinweise zu Lasten- und Pflichtenheften

- → Technische Anforderungen und Lösungen eindeutig, realistisch und prüfbar formulieren.
- → „Sollte“ und „könnte“ vermeiden. Konjunktiv kann unterschiedlich interpretiert werden.
- → Werte als Variable anlegen und nur einmal verbindlich festlegen.
- → Lastenheft möglichst lösungsfrei formulieren. Die Verantwortung für die Lösung trägt der Auftragnehmer.
- → Verweise auf bestehende Altsysteme vermeiden. Der Auftragnehmer kennt diese nicht.
- → Fotos, Skizzen und Fließbilder zur Verständlichkeit nutzen.
- → Technische und kommerzielle Inhalte strikt trennen.
- → Dokumente vor Weitergabe im Vier-Augen-Prinzip prüfen. Unklare oder widersprüchliche Dokumente führen zu Rückfragen, Änderungen und unnötigem „Dokumenten-Ping-Pong“.

Hinweise zu Lasten- und Pflichtenheften - Beispiel

- *„Technische Anforderungen und Lösungen eindeutig, realistisch und prüfbar formulieren.“*

→ *ungünstig:* „Das Wasser muss in kurzer Zeit ausreichend warm werden.“

→ *besser:* „30 Liter Wasser müssen in 2 Minuten von 20°C auf 60°C erwärmt werden.“

- Erst die verbesserte Formulierung ermöglicht dem Lieferanten die Festlegung des Wärmebedarfs, z.B. für eine Elektroheizung: :

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta\vartheta$$

$$\dot{Q} = \frac{30\ \text{kg}}{120\ \text{s}} \cdot 4{,}186 \frac{\text{kWs}}{\text{kg K}} \cdot 40\text{K}$$

$$\dot{Q} = 41{,}9\ \text{kW}$$

45 kW Industrie-Durchlauferhitzer



https://www.dew-doebeln.com

Was macht der Empfänger des Lastenheftes?

- Üblicherweise wird das Lastenheft vom Vertrieb entgegen genommen und dann in der Regel gemeinsam mit den technischen Fachabteilungen geprüft:

1. Ist das Lastenheft verstanden?

2. Vergleich des aus dem Lastenheft abgeleiteten Zielsystems mit den eigenen Möglichkeiten:

- **Technisch:**

→ Ist eine bereits erprobte Lösung vorhanden (Wiederholauftrag) ?
→ Wenn nein: Kann eine bestehende Lösung modifiziert werden (Variantenkonstruktion)?
→ Wenn nein: Muss erst ein passendes Produkt entwickelt werden (Neukonstruktion)?

- **Organisatorisch:**

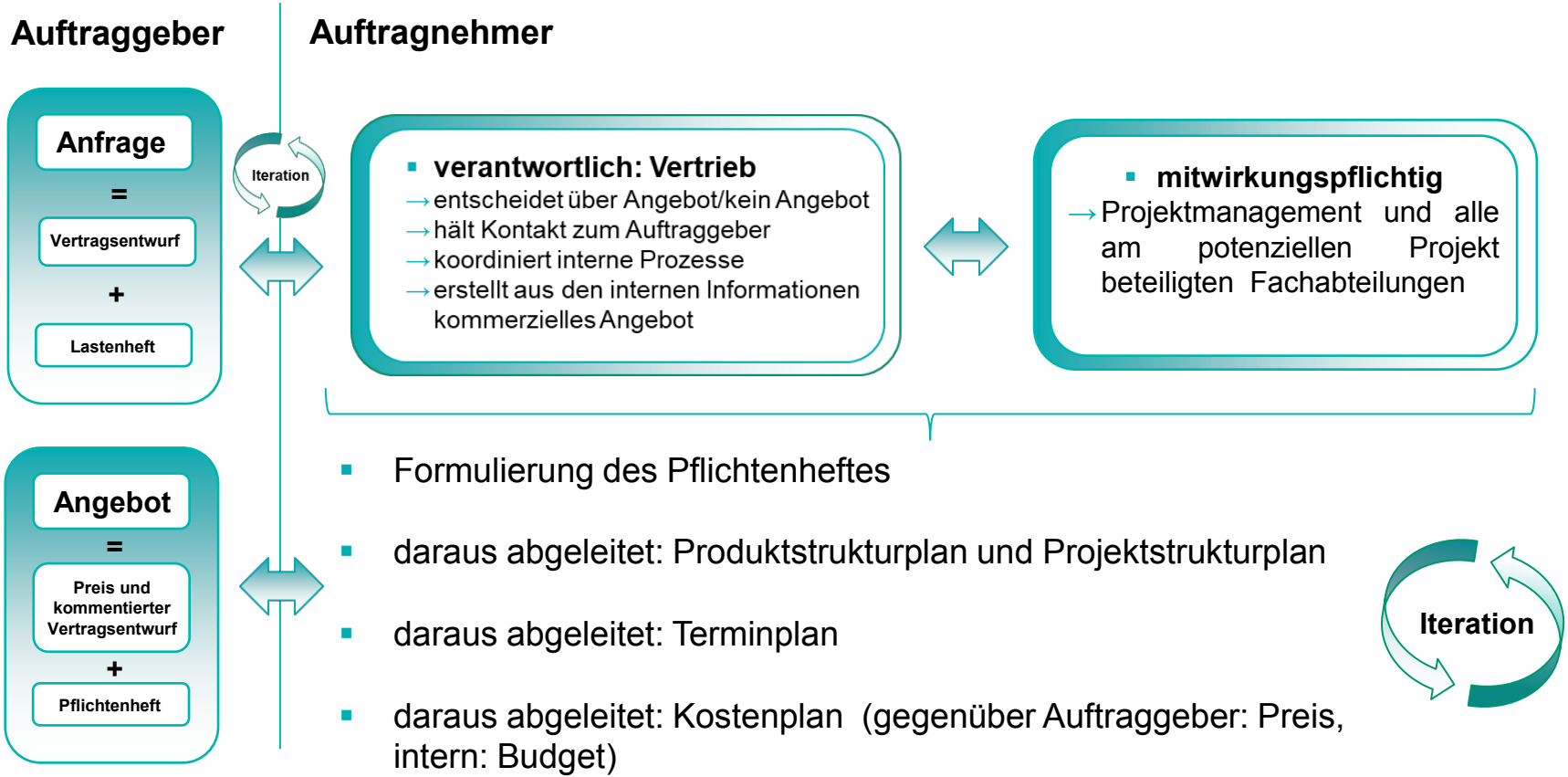
→ Sind ausreichend Ressourcen vorhanden, um den geforderten Termin einzuhalten?

- **Kaufmännisch:**

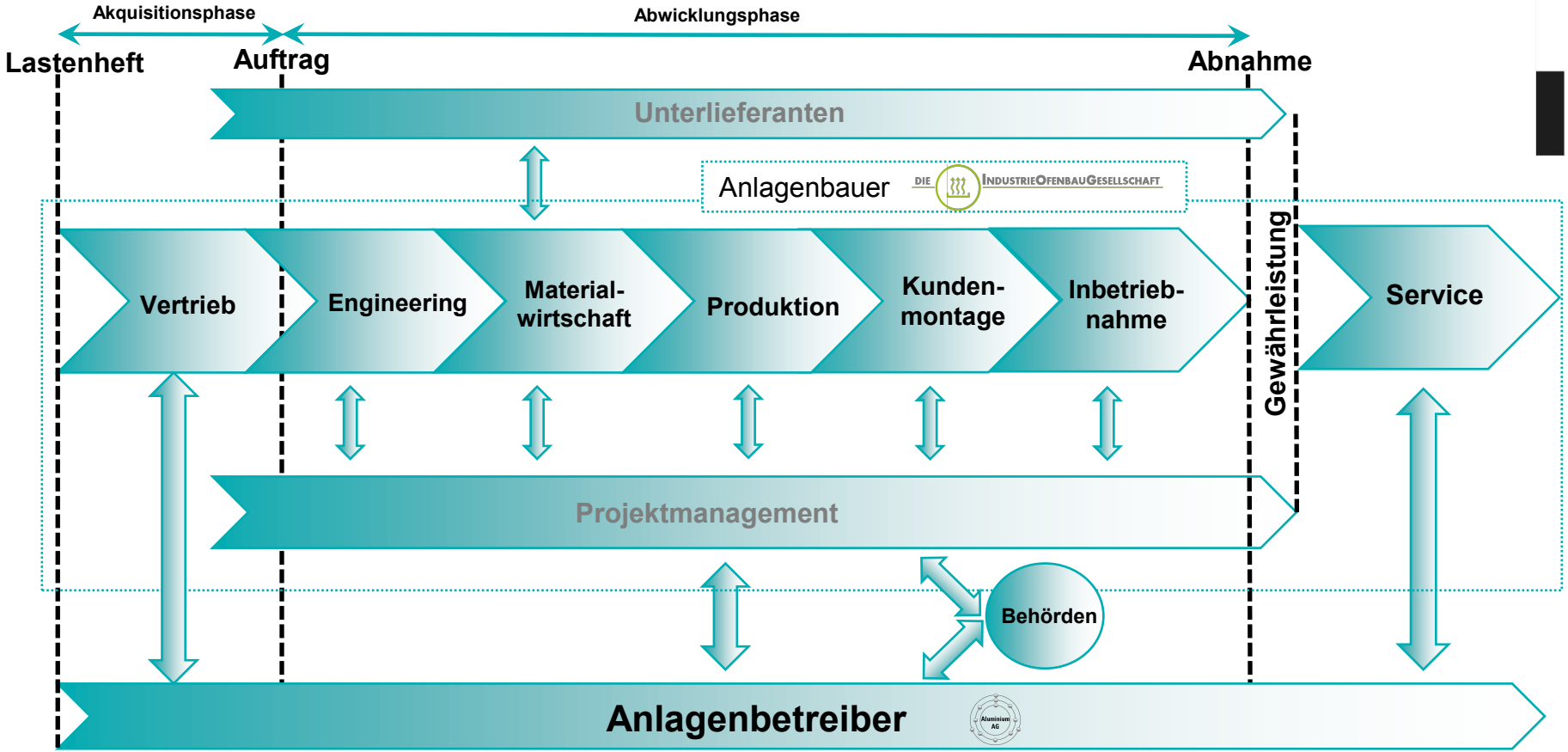
→ Was sind erwartbare Risiken, welche Vorkehrungen zu deren Vermeidung sind zu treffen?

3. Entscheidung über Angebot („bid“ / „no bid“).

Was macht der Empfänger des Lastenheftes, wenn er anbieten will?



Phasen des Anlagenbaus – Wer ist alles einzubinden?



Abgrenzung Lastenheft / Pflichtenheft

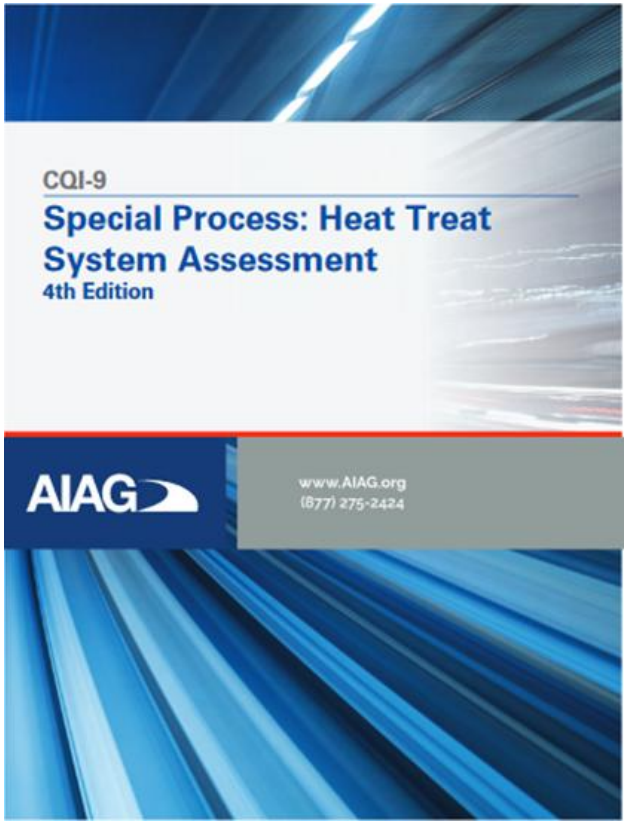
Lastenheft	Pflichtenheft
Was und wofür? oder: Was der Auftraggeber wünscht.	**Wie und womit?** oder: Was der Auftraggeber bekommt.
erstellt der Auftraggeber (Kunde)	erstellt der Auftragnehmer (Anbieter)
Basis für Pflichtenheft	basiert auf Lastenheft
Erstellung vor Projektstart	Erstellung mit Projektstart
nach Auftrag : quasistatisch im klassischen Projekt (Änderungsmanagement), dynamisch im agilen Projekt	nach Auftrag: dynamisch
lösungsfrei	lösungsgebunden
beschreibt das Zielsystem	beschreibt den Erfüllungsgrad des Zielsystems

Teamaufgabe 3

Die AAG fordert, dass auch für die Anwärmöfen die Regeln der CQI 9 gelten sollen. Formulieren Sie drei Anforderungen, die zu diesem Zweck von den Thermoprozessanlagen der IOG eingehalten werden müssen und formulieren Sie zu jeder dieser Anforderungen eine passende technische Umsetzung für das Pflichtenheft. Achten Sie darauf, dass die Anforderungen eindeutig und prüfbar formuliert sind.

Umfang: maximal zwei DIN-A4-Seiten.

Literatur


CQI-9
Special Process: Heat Treat System Assessment
4th Edition
AIAG
www.AIAG.org
(877) 275-2424

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.



Fachhochschule Aachen
Campus Jülich
Heinrich-Mußmann-Strasse 1
52348 Jülich
E-Mail valder@fh-aachen.de
Telefon 0241 6009 53282