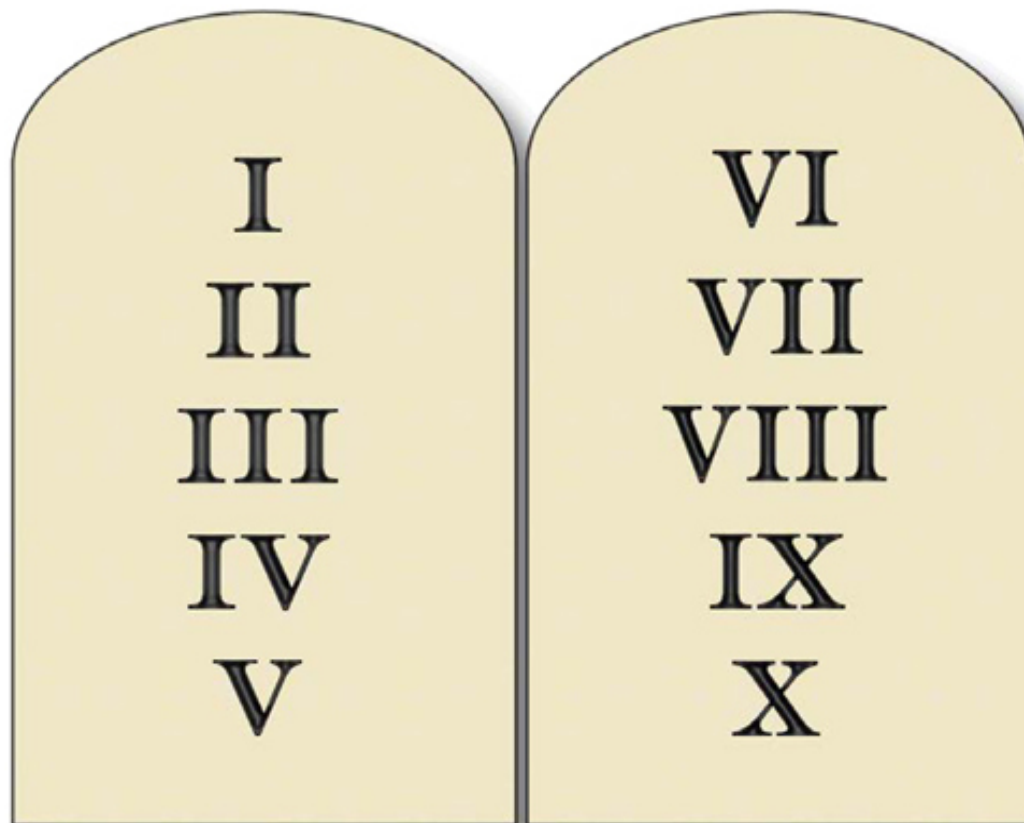


Die 10 Gebote der Löttechnik

- Lötfertigung und Rationalisierung -

Klaus Wittke, Wolfgang Scheel, Mathias Nowotnick



Berlin 2016

INHALT

1. Lötfertigung und Rationalisierung
 - 1.1 Elemente der Lötfertigung
 - 1.2 Elemente der Rationalisierung der Lötfertigung
2. Die 10 Gebote der Löttechnik
 - 2.1 Optimierung der Qualität der Lötverbindungen und Lötbaugruppen (1. Gebot)
 - 2.2 Optimierung der Qualitätsmenge der Lötbaugruppen (2. Gebot)
 - 2.3 Minimierung des Schädigungsrisikos durch die Lötbaugruppen und die Lötfertigung (3. Gebot)
 - 2.4 Minimierung der Materialmengen für die Fertigung der Lötbaugruppen (4. Gebot)
 - 2.5 Minimierung der Prozessstufen bei der Lötfertigung (5. Gebot)
 - 2.6 Minimierung der Energie bei der Lötfertigung (6. Gebot)
 - 2.7 Minimierung der Informationen bei der Lötfertigung (7. Gebot)
 - 2.8 Minimierung der Produktionsfläche bei der Lötfertigung (8. Gebot)
 - 2.9 Minimierung der Prozesszeit bei der Lötfertigung (9. Gebot)
 - 2.10 Minimierung des Arbeitsvolumens bei der Lötfertigung (10. Gebot)
3. Nachwort
4. Literatur

Unserem verstorbenen Kollegen

Prof. Dr. Klaus Wittke

*gebührt großer Dank,
weil dieser für die Publikation der
10 Gebote der Löttechnik
bereits wesentliche Vorarbeit geleistet hatte.*

*Prof. Dr. Wolfgang Scheel
Prof. Dr. Mathias Nowotnick*

1 Lötfertigung und Rationalisierung

1.1 Elemente der Lötfertigung

Ende der 1980-iger Jahre wurde von den Autoren im Rahmen der Industrieforschung der Fertigungsprozess "Löten" näher analysiert [Witt-87, Witt-88]. Dabei wurden die folgenden vier grundlegenden *Fertigungselemente* erkannt und näher beschrieben:

1. *Lötbaugruppe* - Gegenstand und Ziel der Lötfertigung;
2. *Lötprozess* - die eigentliche Fertigung der Lötbaugruppen, die naturgemäß folgende drei Prozesselemente enthält:

Lötverfahren - charakterisiert die Wechselwirkungen zwischen dem zum Löten erforderlichen Energie-, Stoff- und Informationsfluss;

Lötmaterialien - kennzeichnet alle zur Fertigung eingesetzten Materialien wie Lotzusatzwerkstoff, Lötmedien z.B. in Form von Gasen, Füllstoffen, Flussmittel u. a.;

Lötparameter - alle den Lötprozess bestimmenden Werte der Löttemperatur, Haltedauer bei Löttemperatur, Lötgeschwindigkeit usw.

3. *Lötmittel* - die zum Lötprozess erforderlichen technischen Ausrüstungen, die nach Art der Energie-, Stoff- und Informationsflüsse folgende Elemente beinhalten:

Löteinrichtung zur Gewährleistung des notwendigen Energietransports,

Lötvorrichtung zur Gewährleistung des notwendigen Stofftransports und

Lötgerät zur Gewährleistung des notwendigen Informationstransports mit Datenerfassung u. a. durch Sensoren, Verarbeitung und Aktivieren der möglichen Aktoren durch die entsprechende Hard- und Software;

4. Lötfachkräfte - Gewährleistung der Produktion durch die notwendige Bedienung aller Elemente der Lötfertigung (geleistete Arbeitsstunden = menschliches Arbeitsvolumen)

Durch die weitere Untersetzung ergeben sich also insgesamt folgende acht Fertigungselemente, die die Lötfertigung eineindeutig und ausreichend beschreiben:

1. Lötbaugruppe,
2. Lötverfahren als Teil des Lötprozesses,
3. Lötmaterialien als Teil des Lötprozesses,
4. Lötparameter als Teil des Lötprozesses,
5. Löteinrichtung als Teil der Lötmittel,
6. Lötvorrichtung als Teil der Lötmittel,
7. Lötgerät als Teil der Lötmittel und
8. Lötfachkräfte und deren Arbeitsvolumen.

In diesem System ist die Qualitätsprüfung als alleinige Endprüfung oder aber als prozessbegeleitende Prüfung der Wirkung bzw. Funktion aller Fertigungselemente mit vorgesehen. Zu diesen Fertigungselementen wurden von den Autoren auch detaillierte Angaben mit vielen Beispielen

beschrieben [Witt-82, Witt-83, Witt-84, Witt-89, Witt-06, Witt-07, Witt-08, Witt-09, Witt-11.1].

1.2 Elemente der Rationalisierung der Lötfertigung

Die oben abgeleiteten 8 Fertigungselemente beschreiben vom Wesen her eigentlich nur den Stand der technischen Bedingungen für den Lötprozess. Für die Lötpraxis sind aber die wirtschaftlichen Bedingungen mindestens genauso wichtig. Das ergibt sich aus dem Bestreben der entsprechenden Hersteller von Lötbaugruppen, ihren Marktanteil zu sichern bzw. zu vergrößern. Dazu ist in der Regel die Steigerung der *Arbeitsproduktivität* erforderlich. Die angestrebte Maximierung der Arbeitsproduktivität ergibt sich bekannterweise aus dem Verhältnis der zu optimierenden *Qualitätsmenge* zu dem zu minimierenden *Fertigungsaufwand*:

Qualitätsmenge → optimieren

Fertigungsaufwand → minimieren

= Arbeitsproduktivität maximieren

Die *Qualitätsmenge* beschreibt die Anzahl der qualitätsgerecht hergestellten Produkte in einem definierten Zeitraum (in Anlehnung an [DIN-8743]). Sie beinhaltet in der Lötfertigung sowohl die *Qualität*, als auch die Menge der zu produzierenden Lötbaugruppen und erfordert für eine erfolgreiche Marktarbeit die Optimierung beider Komponenten. Diese Qualität wird als "*Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale eines Objektes Anforderungen erfüllt*" [ISO-9000] definiert. Mit diesen zusätzlichen Kategorien lassen sich nun auch die entsprechenden Elemente der Rationalisierung ableiten:

1. Qualifizierung:

- | | |
|--|------------------|
| Qualität der Lötbaugruppen | →
optimieren; |
| Qualitätsmenge der Lötbaugruppen | →
optimieren; |
| 2. Humanisierung: | |
| Schädigungsrisiko durch Produkte und
Fertigung | →
minimieren; |
| 3. Modernisierung: | |
| Materialmenge der Produkte | →
minimieren; |
| Prozessstufen der Fertigung | →
minimieren; |
| Energie bei der Fertigung | →
minimieren; |
| Informationen bei der Fertigung | →
minimieren; |
| 4. Intensivierung: | |
| Produktionsflächen bei der Fertigung und
Lagerung | →
minimieren; |
| Prozesszeit bei der Fertigung | →
minimieren; |
| 5. Mechanisierung und Automatisierung: | |
| Arbeitsvolumen der Lötfachkräfte | →
minimieren. |

Aus der Betrachtung des gesamten Systems der Fertigungs- und Rationalisierungselemente können, bezogen auf die Lötfertigung, die folgenden 10 Gebote der Löttechnik abgeleitet werden:

1. **Gebot:** *optimiere* die **Qualität** der Lötverbindungen und Lötbaugruppen;
2. **Gebot:** *optimiere* die **Qualitätsmenge** der Lötbaugruppen;
3. **Gebot:** *minimiere* das **Schädigungsrisiko** durch die Lötbaugruppe und die Lötfertigung;
4. **Gebot:** *minimiere* die **Materialmenge** für die Fertigung der Lötbaugruppen;
5. **Gebot:** *minimiere* die **Prozessstufen** bei der Lötfertigung;
6. **Gebot:** *minimiere* die **Energie** bei der Lötfertigung;
7. **Gebot:** *minimiere* die **Informationen** bei der Lötfertigung;
8. **Gebot:** *minimiere* die **Produktionsflächen** bei der Lötfertigung;
9. **Gebot:** *minimiere* die **Prozesszeit** bei der Lötfertigung und
10. **Gebot:** *minimiere* das **Arbeitsvolumen** der Lötfachkräfte bei der Lötfertigung.

Wie bereits oben erwähnt, sind in diesen Geboten auch die End- oder laufenden Qualitätsprüfungen zu beachten.

Nach [ISIF-14] ist unter Modernisierung die Nutzung technisch-organisatorischer Innovationen in der Produktion und die damit erzielten Verbesserungen der Leistungsfähigkeit im verarbeitenden Gewerbe zu verstehen. In Ergänzung zu dieser allgemeinen Definition sollen unter dem Begriff Modernisierung auch konkrete, messbare Maßnahmen zur Reduzierung der Materialmengen, der Prozessstufen, der Energie oder der erforderlichen Informationen verstanden werden. Ähnlich verhält es sich auch mit den Begriffen Qualifizierung, Intensivierung und Mechanisierung bzw. Automatisierung.

Das entwickelte Rationalisierungssystem erlaubt damit eine objektive quantitative Bewertung des Fertigungsprozesses Löten für alle Hersteller von Lötbaugruppen. Bei der Rationalisierung der Fertigung sollten die entsprechenden Maßnahmen (Bild 1), ausgehend vom 1. Gebot, nacheinander und letztlich bis zum 10. Gebot erarbeitet werden.

RATIONALISIERUNGSELEMENTE		FERTIGUNGSELEMENTE						LötFachkraft					
		Lötbaugruppe	Lötprozess			Lötmaterial							
			Lötverfahren	Lötmaterialien	Lötparameter	Löteinrichtung	Lötversorgung		Lötgerät				
Qualifizierung	Qualität optimieren	1. Gebot											
	Qualitätsmenge optimieren	2. Gebot											
Humanisierung	Schädigungsrisiko minimieren	3. Gebot → risikoarme Produkte und Fertigung											
Modernisierung	Materialmenge minimieren	4. Gebot → materialarme Produkte und Fertigung											
	Prozessstufen minimieren	5. Gebot → prozessstufenarme Produkte und Fertigung											
	Energie minimieren	6. Gebot → energiearme Fertigung											
	Information minimieren	7. Gebot → informationsarme Fertigung											
Intensivierung	Prozessfläche minimieren	8. Gebot → flächenarme Fertigung											
	Prozesszeit minimieren	9. Gebot → zeitarne Fertigung											
Mechanisierung Automatisierung	Arbeitsvolumen minimieren	10. Gebot → automatisierte Fertigung											

Bild 1. Fertigungs- und Rationalisierungselemente (10 Gebote der Löttechnik)

Die Betrachtungsweise erfolgt hier beispielhaft für die Lötfertigung und kann darüber hinaus natürlich auch für andere Fertigungs- und Produktionsprozesse angewendet werden.

Weiterhin ist bei der Fertigung von Lötbaugruppen nicht zuletzt auch die Systemeigenschaft "Demontierbarkeit" mehr als früher zu beachten. Diese Eigenschaft wird immer

wichtiger für die Rückgewinnung von Baugruppenkomponenten und teurer, seltener Werkstoffe durch Recycling bzw. Re-use. In diesem Zusammenhang ist die Mitteilung [Schm-14] über ein Unternehmen in Berlin/Brandenburg interessant, das sich auf die Weiterverwertung von Gebrauchte-Elektronik spezialisiert hat. Hier werden monatlich ca. 20.000 hochwertige Smartphones für durchschnittlich 120 Euro aufgekauft und generalüberholt. Der Wiederverkauf der geprüften Geräte erfolgt für einen Verkaufspreis deutlich über 200 Euro. Das erfolgreiche Unternehmen will künftig weiter in Europa expandieren.