

Gerald Zickert



Leiterplatten

Stromlaufplan, Layout und Fertigung



3., aktualisierte Auflage

HANSER



Ihr Plus – digitale Zusatzinhalte!

Auf unserem Download-Portal finden Sie zu diesem Titel kostenloses Zusatzmaterial. Geben Sie dazu einfach diesen Code ein:

`plus-fu992-b5oce`

plus.hanser-fachbuch.de



Bleiben Sie auf dem Laufenden!

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter

www.hanser-fachbuch.de/newsletter

Gerald Zickert

Leiterplatten

Stromlaufplan, Layout und Fertigung

3., aktualisierte Auflage

HANSER

Der Autor:

Prof. Dr.-Ing. Gerald Zickert

Westfälische Hochschule Zwickau, Fakultät Elektrotechnik



Alle in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden nach bestem Wissen zusammengestellt und mit Sorgfalt geprüft und getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Buch enthaltenen Informationen mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor(en, Herausgeber) und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Weise aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht.

Ebenso wenig übernehmen Autor(en, Herausgeber) und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, sind vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) – auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2023 Carl Hanser Verlag München

Internet: www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Frank Katzenmayer

Herstellung: Frauke Schafft

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, www.rebranding.de, München

Titelbild: © shutterstock.com/Gorodenkoff

Satz: Eberl & Kösel Studio, Kempten

Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck

Printed in Germany

Print-ISBN 978-3-446-47583-0

E-Book-ISBN 978-3-446-47858-9

Vorwort

Das vorliegende Lehrbuch entstand im Zusammenhang mit den Vorlesungen *Leiterplattenentwurf* und *Aufbau- und Verbindungstechnik* im Hauptstudium der Studiengänge Informationstechnik und Kraftfahrzeugelektronik.

Die Elektronik ist unser ständiger Begleiter sowohl im beruflichen wie im privaten Umfeld. Wesentlicher Teil elektronischer Geräte ist die Leiterplatte, die mit großem Abstand das häufigste Verbindungselement der Elektronik darstellt.

Der Entwurf einer Leiterplatte beginnt mit dem Stromlaufplan, der in symbolischer Form bereits alle Bauelemente und deren Verbindungen untereinander und nach außen enthält. Mit diesen Informationen werden unter Nutzung eines Leiterplatten-Layoutsystems die Bauelemente angeordnet und Verbindungen in Form von Leitern gelegt. Dabei sind zahlreiche Restriktionen in Bezug auf die künftige Fertigung zu beachten. Der Entwurf mündet in die Erstellung der Fertigungsdaten.

Auf Basis dieser Daten werden zunächst die Leiterplatten strukturiert und für die Weiterverarbeitung vorbereitet. Danach werden die elektronischen Bauelemente bestückt und gelötet. Damit diese Fertigungsschritte kostengünstig und fehlerfrei ausgeführt werden können, müssen sie bereits beim Entwurf berücksichtigt werden, weshalb der Konstrukteur auch fertigungstechnische Kenntnisse benötigt.

Die Nutzung eines CAD-Systems ist selbstverständlich und wird produktneutral und ohne Einschränkung auf die Bedienung eines speziellen Systems dargestellt.

Ziel dieses Lehrbuches ist es, vor allem Grundlagen des Leiterplattenentwurfes durchgängig von der Aufgabenstellung über Layout und Fertigung bis zur funktionsfähigen Leiterplatte zu vermitteln. Ein durchgängiges und leicht verständliches Beispiel dient der Illustration.

Ich danke dem Carl Hanser Verlag und besonders Frau Christina Kubiak und Herrn Frank Katzenmayer für die Betreuung dieser dritten Auflage.

Zwickau, April 2023

Gerald Zickert

Inhalt

■	Vorwort	5
1	Grundlagen der Konstruktion	11
	1.1 Technische Zeichnungen	11
	1.2 Ablauf und Methoden der Konstruktion	13
	1.2.1 Entwurfsprozess	13
	1.2.2 Konstruktionsprozess	14
	1.2.3 Elektrokonstruktion	14
	1.3 Normung	16
	1.3.1 Begriff und Inhalt technischer Normen	16
	1.3.2 Rechtliche Stellung der Normen	17
	1.3.3 Normungsgremien	18
	1.4 Rechnerunterstützte Konstruktion	19
	1.4.1 Smart Engineering	20
	1.4.2 Inhalte der rechnerunterstützten Konstruktion	21
	1.4.3 Rechnerunterstützte Konstruktion in der Elektrotechnik	23
2	Regeln für das Anfertigen von Stromlaufplänen	27
	2.1 Grundlegende Gestaltungshinweise	27
	2.1.1 Formatsystem und Faltungsregeln	27
	2.1.2 Standardschriftfeld	29
	2.1.3 Linienarten	30
	2.2 Grafische Symbole für Schaltunterlagen	31
	2.2.1 Grundsätze der Symbolik	31
	2.2.2 Binäre Elemente	32
	2.2.3 Analoge Elemente	37
	2.2.4 Bibliotheken im CAD-System	38

2.3	Stromlaufplan	41
2.3.1	Gestaltung und Inhalt	43
2.3.2	Anordnung der Stromkreise	44
2.3.3	Verteilte Darstellung	46
2.3.4	Referenzkennzeichen	47
2.3.5	Anschlusskennzeichnung	51
2.3.6	Angaben an Verbindungen	52
2.4	Stückliste	53
3	Aufbauprinzipien	58
3.1	Leiterplatten	58
3.1.1	Materialien für Leiterplatten	59
3.1.2	Lagenzahl	60
3.2	Weitere Schaltungsträger	61
3.2.1	Hybrid-Schaltkreise	61
3.2.2	Multi Chip Modul (MCM)	63
3.2.3	Dreidimensionale Schaltungsträger	64
3.3	Bauelemente	65
3.3.1	Bauelemente für Durchsteckmontage	65
3.3.2	Bauelemente für Oberflächenmontage	66
3.3.3	Chip on Board	71
3.3.4	Footprintbibliothek im CAD-System	72
3.4	Wärmeabführung	77
3.4.1	Physikalische Grundlagen	78
3.4.2	Dimensionierung eines Kühlkörpers	82
4	Leiterbildentwurf	85
4.1	Ausgangspunkt	86
4.2	Vorbereitung	87
4.2.1	Kontrolle und Vervollständigung der Footprintbibliothek	88
4.2.2	Optionen einstellen	88
4.3	Bauelemente platzieren	91
4.3.1	Floorplanning	91
4.3.2	Manuelles Platzieren	92
4.3.3	Automatisches Platzieren (Autoplacer)	94
4.3.4	Optimieren von Platzierung und Packaging	94
4.4	Leiter legen (interaktives Routing)	96
4.4.1	Werkzeuge	97
4.4.2	Reihenfolge	98

4.4.3	Routinghinweise	100
4.4.4	Abschließende Arbeiten	102
4.5	Autorouter	103
4.6	Multilayer	103
4.6.1	Durchkontaktierungen	104
4.6.2	Multilayeraufbau	104
4.7	Eigenstörsicherheit	106
4.7.1	Kopplungen und Gegenmaßnahmen	107
4.7.2	Hinweise zur Layoutgestaltung	109
4.7.3	Impedanzdefinierte Leiterplatte	110
4.8	Abgeleitete Unterlagen	117
4.8.1	Bohrplan	119
4.8.2	Bestückungsplan	120
4.8.3	Beschriftungszeichnung	120
4.8.4	Lötmaskenzeichnung	121
4.8.5	Lotpastenzeichnung	122
4.9	Übungsaufgaben zum Layout	124
5	Produktionsdaten	129
5.1	Leiterbild	130
5.1.1	Gerber-Datenformat	131
5.1.2	Extended-Gerber-Datenformat	133
5.2	Ergänzende Produktionsdaten	134
5.2.1	Bohrdaten	135
5.2.2	Bestückungsdaten	136
5.2.3	Daten für Serviceaufdruck	137
5.2.4	Daten für den Lötmaskendruck	138
5.2.5	Daten für den Lotpastendruck mit Schablone	139
6	Leiterplattenfertigung	142
6.1	Ablauf der Leiterplattenfertigung	142
6.2	Subtraktive Leiterbildstrukturierung	144
6.2.1	Leiterbildstrukturierung mit dem Siebdruckverfahren	145
6.2.2	Leiterbildstrukturierung mit Fotodruck	146
6.2.3	Unterätzung	148
6.3	Fräs-Bohr-Plotter	148
6.4	Multilayer	149
6.5	Bohrungen und Durchkontaktierungen	151

6.6	Oberflächen	153
6.6.1	Metallische Oberflächen	153
6.6.2	Lötmaske	154
6.6.3	Serviceaufdruck	154
7	Baugruppenfertigung	156
7.1	Bauteile (SMD) bestücken	156
7.1.1	Bestückungsautomat	156
7.1.2	Bauteile kleben	157
7.2	Lötverfahren	159
7.2.1	Lot, Flussmittel und Lotpaste	160
7.2.2	Wellenlöten	164
7.2.3	Reflowlöten	169
7.3	Leitkleben	176
7.4	Gehäuse	177
7.4.1	Aufgaben des Gehäuses	177
7.4.2	Gehäuse aus dem 19-Zoll-Aufbausystem	178
8	Lösungen	186
	Formelzeichen	197
	Glossar	199
	Literatur und Normen	207
	Index	211

Inhalte auf plus.hanser-fachbuch.de:

- Kontrollfragen/-antworten
- Glossar

Den Zugangscode finden Sie auf der ersten Seite des Buches.

1

Grundlagen der Konstruktion

In diesem Kapitel wird der Begriff Konstruktion sowohl allgemeingültig als auch angewendet auf den Bereich der Elektrotechnik beschrieben. In zunächst sehr allgemeiner Form wird dargestellt, womit sich ein Konstrukteur beschäftigt.

Die *Konstruktion* beinhaltet den Entwurf eines technischen Erzeugnisses, das eine Anlage, eine Maschine oder aber eine Leiterplatte sein kann. Im Mittelpunkt steht dabei in jedem Fall die Anfertigung technischer Zeichnungen zur Dokumentation des Entwurfsergebnisses.

■ 1.1 Technische Zeichnungen

Technische Zeichnungen werden bereits seit mehreren Jahrhunderten für Erläuterung und Ausführung technischer Vorhaben genutzt. Populäre Beispiele dafür sind die Konstruktionszeichnungen von *Leonardo da Vinci* [siehe CIAN88]. Leonardo da Vincis Bekanntheitsgrad basiert jedoch nicht nur auf seinen bemerkenswerten Konstruktionen, sondern auch auf seinen zeichnerischen Fähigkeiten als Künstler. Er war, anders als viele andere Konstrukteure seiner Zeit, fähig, seine Entwürfe zu zeichnen – technische Zeichnungen anzufertigen. Auch aus diesem Grund sind seine Ideen bis in unsere Zeit erhalten geblieben.

Heutige technische Zeichnungen beruhen auf standardisierten und z.T. international einheitlichen Zeichenregeln. Das ermöglicht, auf viele realitätsgetreue Darstellungen zu verzichten und stattdessen vereinfachte oder symbolische Darstellungen (z.B. in Stromlaufplänen) anzuwenden.



Eine *technische Zeichnung* ist die bildliche Darstellung eines technischen Erzeugnisses einschließlich ergänzender textlicher Angaben in der für technische Zwecke erforderlichen Art und Vollständigkeit.

Die erforderliche Art beinhaltet das Einhalten von Darstellungsregeln. Zur erforderlichen Vollständigkeit gehören gegebenenfalls Referenzkennzeichnungen, technische Daten, Übersichten und Ähnliches [DIN 199-1].

Eine *Zeichnung* kann als *Originalzeichnung* einer dauerhaft gespeicherten Zeichnung, deren Informationsinhalt als verbindlich erklärt wurde, oder als *Skizze* einer im Regelfall freihändig erstellten, nicht unbedingt maßstäblichen Zeichnung ausgeführt sein [DIN EN ISO 10209].

Eine besondere Form technischer Zeichnungen sind *Pläne*. Sie zeigen Objekte und deren relative Positionen zueinander. Sie sind üblicherweise maßstabsgerecht ausgeführt [DIN EN 61082-1].

Die technische Zeichnung ist ein *Informationsträger* und damit ein wichtiges Verständigungsmittel zwischen den technischen Abteilungen eines Unternehmens. Die Zeichnung entsteht in der Konstruktion auf der Basis einer „technischen Idee“. In der Technologie-Abteilung wird nach dieser Zeichnung die Fertigung vorbereitet und ein Arbeitsplan erstellt. Dieser Arbeitsplan wird mit der Zeichnung an die Fertigung übergeben.

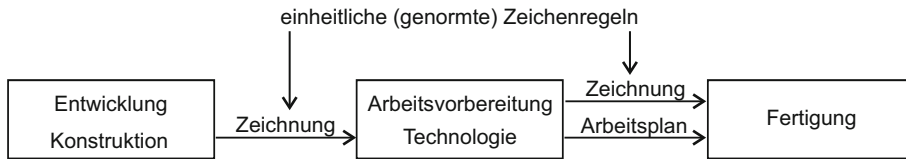


Bild 1.1 Technische Zeichnung im Unternehmen

Selbst bei diesem stark vereinfachten Ablauf müssen bereits mehrere Fachgebiete mit der technischen Zeichnung arbeiten und dabei Vereinfachungen und symbolische Darstellungen richtig interpretieren.

Ohne gegenseitige Vereinbarungen – den *Zeichenregeln* – wäre eine Verständigung nicht möglich. Die genormten Zeichenregeln bilden die Zeichnungsnormen, die als Informationsquelle für die Anfertigung eindeutiger, vollständiger und verständlicher Zeichnungen in der für technische Zwecke erforderlichen Art und Vollständigkeit genutzt werden können.



Technische Unterlagen der Elektrotechnik dienen der Erläuterung der Funktion elektrischer Schaltungen oder deren Leitungsverbindungen. Sie vermitteln ebenfalls Angaben für das Fertigen, Errichten und Erhalten elektrischer Einrichtungen.

Sie beinhalten die zeichnerische Darstellung elektrischer Bauteile, meist durch Schaltzeichen (Symbole), und zeigen die Art, in der diese Bauteile zueinander in Beziehung stehen und wie sie miteinander elektrisch, aber auch mechanisch oder thermisch verbunden sind.

■ 1.2 Ablauf und Methoden der Konstruktion

Die Arbeitsschritte des Entwurfsprozesses, dessen Einbettung in den Konstruktionsprozess in der Elektrotechnik sind wichtige Arbeitsinhalte des Leiterplattenentwicklers.

1.2.1 Entwurfsprozess

Im Zentrum der Konstruktion steht der Entwurfsprozess (Bild 1.2). Dies ist ein zyklischer und sich der Lösung schrittweise nähernder (iterativer) Prozess der Bestimmung und ständigen Detaillierung einer Struktur (Synthese) bei gleichzeitiger Prüfung auf Erfüllung der geforderten Funktion (Analyse).

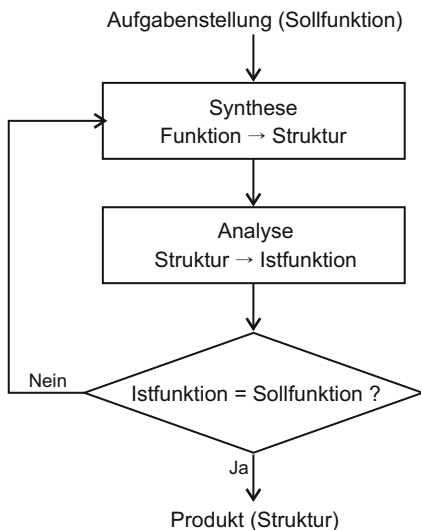


Bild 1.2 Entwurfsprozess

Das ist am Beispiel des Softwareentwurfes leicht nachvollziehbar. Basierend auf einer Aufgabenstellung (Sollfunktion) wird ein Programm (Struktur) im ersten Entwurf geschrieben. Das ist die Synthese. Danach folgt ein erster Test des Programms auf Erfüllung der geforderten Funktion. Das ist die Analyse. Meist ist das Programm in diesem Entwurfsstadium noch fehlerhaft, weshalb in der nächsten Iteration weiter an der Struktur gearbeitet wird. Dieser Zyklus wird durchlaufen, bis das Programm fehlerfrei arbeitet.

Die *Synthese* kann auch als Abbildung einer Funktion in eine Struktur verstanden werden. Diese Abbildung ist mehrdeutig, da es für eine Aufgabe meist mehrere Lösungen gibt. Der Entscheidungsspielraum wird jedoch durch Anforderungen des Auftraggebers, durch Vorschriften und Normen sowie durch weitere Randbedingungen eingeschränkt.

Die *Analyse* ist die Abbildung einer Struktur in eine Funktion und ist im Allgemeinen eindeutig.

1.2.2 Konstruktionsprozess

In der Norm VDI 2221 werden der Konstruktionsprozess und die Konstruktionsphasen ausführlich beschrieben. Die *Konstruktionsphasen* lassen sich zu fünf Schwerpunkten zusammenfassen:

- Klären der Aufgabenstellung und Formulieren der Soll-Gesamtfunktion,
- Auflösen der Gesamtfunktion in ein Netz von Teilfunktionen,
- Erarbeitung der Wirkprinzipien für jede Teilfunktion,
- Gestaltung unter Berücksichtigung von Randbedingungen,
- Detaillierung und Erstellung der Dokumentation.

Zu den Randbedingungen gehören neben den Vorschriften und Normen die Umgebungs- und Einbaubedingungen, aber auch wirtschaftliche Gesichtspunkte.

1.2.3 Elektrokonstruktion

Der zunächst allgemein beschriebene Konstruktionsprozess lässt sich auf den Bereich der *Elektrotechnik/Elektronik* anwenden. Es handelt sich ebenfalls um einen mehrschrittigen Prozess der Lösungssuche, welcher mit der Klärung der Aufgabenstellung beginnt und dessen Ziel die detaillierte Dokumentation des konstruierten Gerätes ist (Bild 1.3).

Die *Aufgabenstellung* wird als Ergebnis der Aufgabenklärung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer vereinbart. Der Auftraggeber erstellt hierzu das Lastenheft als Ausschreibungsgrundlage mit einer Zusammenstellung aller Anforderungen an das Konstruktionsergebnis. Als Grundlage für die Realisierung erarbeitet der Auftragnehmer nach Auftragserteilung das Pflichtenheft, in dem er die Umsetzung der Forderungen aus der Aufgabenstellung beschreibt. Häufig ist hierzu bereits ein Grobentwurf in Form einer Vorstudie notwendig, da grundlegende Fragen der Realisierung bereits in dieser Phase geklärt werden müssen. Das Lastenheft wird zum Bestandteil des Pflichtenheftes. Angaben zu Inhalt und Gliederung dieser Unterlagen können der VDI/VDE 3694 entnommen werden.

Eine zweckmäßige *Ablauforganisation* unter Nutzung von Methoden des Projektmanagements sichert die planmäßige Bearbeitung des komplexen Arbeitsgebietes, welches Schnittstellen zu zahlreichen Fachgebieten aufweist und vom ständigen technologischen Wandel geprägt ist. Eine besondere Bedeutung haben in diesem Zusammenhang die Terminplanung und die Kostenplanung sowie deren strikte Kontrolle.

Randbedingungen aus der Aufgabenstellung schränken den Entscheidungsspielraum des Konstrukteurs ein. Die wichtigste Forderung ist die Beachtung des anerkannten Standes der Elektrotechnik, auf den zahlreiche Gesetze verweisen. Die Einhaltung von gesetzlichen Vorschriften und von Sicherheitsnormen hilft, Unfälle und Havarien mit hohen Folgekosten zu vermeiden. In diesem Zusammenhang ist ebenfalls die Betrachtung der Zuverlässigkeit und der Qualität des konstruierten Produktes von großer Bedeutung.

Die *Umgebungs- und Einbaubedingungen* beinhalten neben den Anschlussbedingungen und Platzverhältnissen auch klimatische, mechanische und elektromagnetische Einflüsse sowie die notwendige Überspannungsfestigkeit.

Wirtschaftliche Gesichtspunkte werden außer vom Preis auch durch Erfahrungen mit Herstellern und Lieferanten geprägt. So werden in diesem Fall durch den Auftraggeber mittels Freigabelisten einzelne Hersteller oder Produkte vorgeschrieben, für die bereits positive Erfahrungen vorliegen.

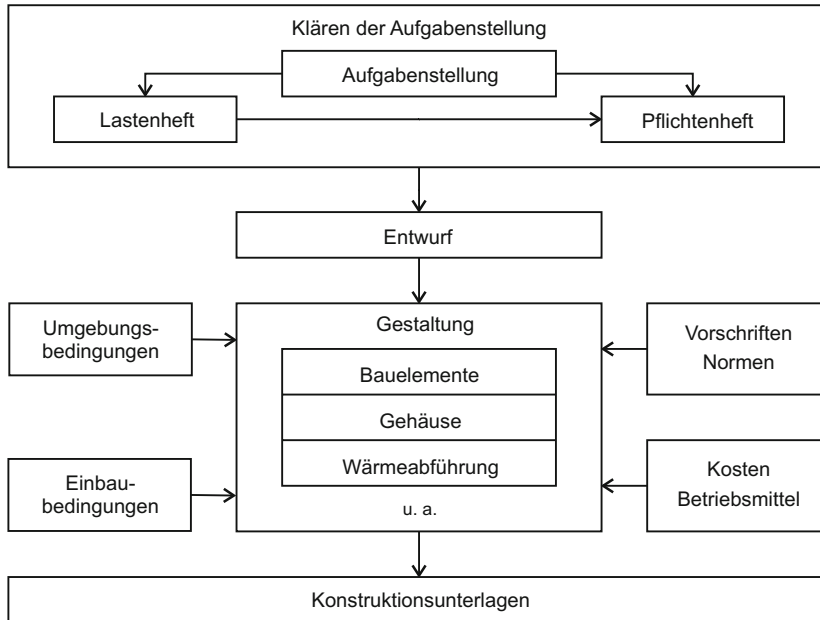


Bild 1.3 Konstruktionsprozess

Die *Gestaltung* des Gerätes umfasst ein komplexes Tätigkeitsfeld, für das Informationen aus zahlreichen Fachgebieten notwendig sind und gemäß der Aufgabenstellung in Übereinstimmung gebracht werden müssen (Bild 1.4). Die Konstruktion ist ein integratives Arbeitsgebiet, da Wissen in Zusammenhängen anzuwenden ist.

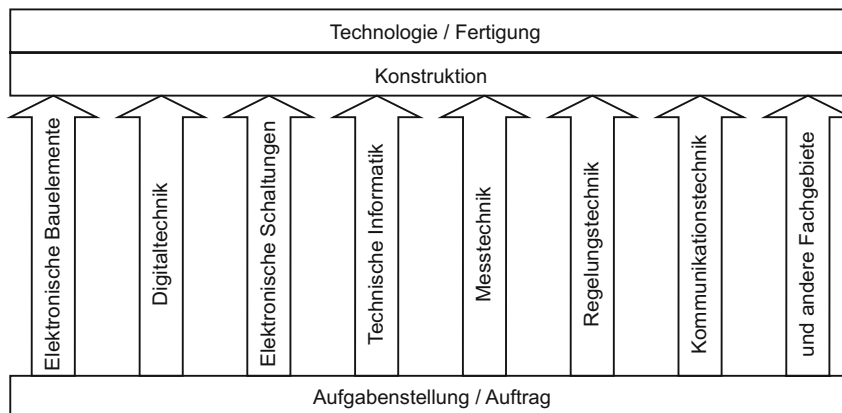


Bild 1.4 Arbeitsgebiete der Konstruktion

Zur Tätigkeit des Konstrukteurs gehört wesentlich mehr als „nur“ die Anfertigung von technischen Zeichnungen. Dennoch sind Zeichnungen und Pläne ein wichtiges Verständigungsmittel in den technischen Abteilungen eines Unternehmens. Sie dokumentieren das Arbeitsergebnis des Konstrukteurs und sind Grundlage für die anschließende Fertigung des konstruierten Gerätes.

■ 1.3 Normung

Nationale und internationale Normen sind wichtige Arbeitsgrundlagen für den Konstrukteur. Sie enthalten viele wichtige Informationen und unterstützen den Konstruktionsprozess.

1.3.1 Begriff und Inhalt technischer Normen

Normen sind ein Mittel zur Ordnung und sind Grundlage für eine sinnvolle Zusammenarbeit, denn in einer Gesellschaft kann nicht jeder nach seinem Belieben handeln. Je größer die Gemeinschaft ist, desto detaillierter müssen die Regeln (Normen) sein, die dieses Zusammenleben ordnen [KLEIN08].

Der Begriff Normung ist in DIN 820-3 definiert: Normung ist die „... *planmäßige, durch die interessierten Kreise gemeinschaftlich im Konsens durchgeführte Vereinheitlichung von materiellen und immateriellen Gegenständen zum Nutzen der Allgemeinheit.*“

Die *Normungsarbeit* erfolgt auf nationaler, regionaler oder internationaler Ebene. Hierzu gehören auch das Anwenden ihrer Ergebnisse und deren laufendes Anpassen an den jeweiligen Stand der Entwicklung. Eine Norm wird von einem Dokument geprägt, das im Wesentlichen im Konsens erstellt und von einer anerkannten Körperschaft angenommen worden ist. Sie legt entsprechende Regeln, Anleitungen oder Kenndaten für Tätigkeiten oder deren Ergebnisse für die allgemeine und wiederkehrende Anwendung fest [KLEIN08].

Die Normung wird ungerechterweise oft als Einschränkung der Gestaltungsfreiheit in der Konstruktion verstanden, obwohl die Anwendung von Normen neben einer größeren Rechtssicherheit weitere entscheidende Vorteile bietet:

■ **Information**

Die Normung bietet Lösungen für wiederkehrende Aufgaben wie die Ermittlung der notwendigen Leiterbreite für eine bestimmte Stromstärke.

■ **Rationalisierung**

Der Einsatz von Normteilen verringert die Typenvielfalt und erlaubt die kostengünstige Herstellung in großen Stückzahlen. Gleichzeitig wird die Lagerhaltung vereinfacht und die Austauschbarkeit, z. B. von Baugruppen aus dem 19-Zoll-Aufbausystem, ermöglicht.

■ **Ordnung**

Vereinheitlichte Darstellungsmittel, z. B. durch Zeichnungsnormen, ermöglichen die Verständigung zwischen unterschiedlichen Fachgebieten. Genormte Mess- und Prüfverfahren machen die Ergebnisse vergleichbar.

▪ Qualität

Durch genormte Qualitätsanforderungen werden Mindestvorgaben durchgesetzt und Qualitätsangaben einheitlich.

▪ Sicherheit

Genormte Sicherheitsanforderungen, z.B. für die sicherheitsgerechte Konstruktion, schützen vor Unfällen und Havarien, bieten Lösungen für diese Anforderungen und machen Sicherheitsangaben kompatibel.

1.3.2 Rechtliche Stellung der Normen



Die Normen des deutschen Normenwerkes gelten als Empfehlungen, sie sind keine Gesetze, der Gesetzgeber verlangt keinen Erfüllungsnachweis und sie stehen jedermann zur Anwendung frei [DIN 820-1].

Sie sind zwar einerseits Empfehlungen, gelten jedoch andererseits als anerkannte Regeln der Technik. In mehreren Gesetzen wird auf die Einhaltung dieser Regeln verwiesen oder es wird aus einer Rechtsvorschrift die Anwendungspflicht abgeleitet. Normen sind eine wichtige Informationsquelle für einwandfreies technisches Verhalten im Normalfall. Sie sind bei zivil- und strafrechtlichen Auseinandersetzungen geeignet, den Verantwortlichen zu entlasten, da deren Anwendung die Vermutung begründet, dass einwandfreies technisches Verhalten vorliegt [DIN 820-1].

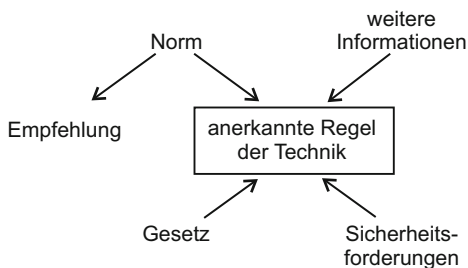


Bild 1.5 Anerkannte Regel der Technik

Normen können nicht alle Sonderfälle und alle neuen Erkenntnisse sofort berücksichtigen, weshalb weitere Informationen aus anderen Quellen, z.B. Veröffentlichungen, Fachtagungen oder Messeveranstaltungen, auszuwerten sind. In Sonderfällen sind weitergehende oder weniger umfangreiche Maßnahmen möglich, sofern die Sicherheit nachweislich erhalten bleibt. Dies erlaubt die Übernahme neuer Verfahren, die im Normenwerk noch nicht enthalten sind.



„Durch das Anwenden von Normen entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln.“ [DIN 820-1]

Aus der Verantwortung, die der Konstrukteur einer elektrischen Anlage oder eines Gerätes für die Sicherheit hat, resultiert die Forderung, diese so sicher zu machen, wie es nach dem Stand der Technik, der in Normen beschrieben wird, möglich ist.

1.3.3 Normungsgremien

Es haben sich zahlreiche Organisationen gebildet, die die Normungsarbeit auf nationaler, europäischer oder internationaler Basis ausführen. Darüber hinaus gibt es weitere Normungsgremien als Vertreter von Firmenverbänden, die auf dem jeweiligen Fachgebiet tätig sind.

Deutschland

- **Deutsches Institut für Normung (DIN)**

Träger der Normung in Deutschland ist das Deutsche Institut für Normung. Es ist ein eingetragener und als gemeinnützig anerkannter Verein mit Sitz in Berlin. Mitglied können Unternehmen und Verbände sowie alle an der Normung interessierten Körperschaften, Behörden oder Organisationen werden. Die Arbeitsergebnisse des DIN sind die DIN-Normen.

- **Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE)**

Historisch bedingt haben sich in Deutschland zwei Organisationen entwickelt, die die Normungsarbeit einerseits auf nichtelektrischen Gebieten (DIN) und andererseits auf dem Gebiet der Elektrotechnik (VDE¹) ausführen. Die DKE wurde als gemeinsames Organ des DIN und des VDE gebildet, sie wird juristisch vom VDE getragen und ist gleichzeitig die „elektrotechnische Abteilung“ des DIN. Die Arbeitsergebnisse der DKE sind DIN-Normen. Sie werden zusätzlich als VDE-Bestimmung gekennzeichnet, wenn sie Sicherheitsvorschriften für die Anwendung des elektrischen Stromes enthalten.

Europa

- **Europäisches Komitee für Normung (CEN)**

- **Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC)**

Ziel der europäischen Normung ist, bestehende nationale Normen zu harmonisieren und neue regionale Normen zu entwickeln. Die europäischen Normungsgremien sind nichtstaatliche und gemeinnützige Vereinigungen mit Sitz in Brüssel. Die Arbeitsergebnisse sind EN-Normen, die nach unveränderter Übernahme als DIN-EN-Norm geführt werden.

Internationale Organisationen

- **International Organization for Standardization (ISO)**

- **International Electrotechnical Commission (IEC)**

ISO und IEC erarbeiten internationale ISO- bzw. IEC-Normen als Empfehlungen, die von den nationalen Normungsgremien der Mitgliedsländer übernommen werden sollen.

¹⁾ Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik

Deutschland ist Mitglied beider Organisationen. Nach unveränderter Übernahme sind dies die DIN-ISO- oder DIN-IEC-Normen.

- **American National Standards Institute (ANSI)**

Das ANSI ist der wichtigste Träger der Normung in den USA und vertritt die USA in der ISO.

Fachverbände

- **Fachverband Elektronik-Design (FED)**

Der FED ist ein Interessenverband von Unternehmen der Elektronikindustrie. Er stellt IPC-Richtlinien bereit und ist ein Forum für den Informationsaustausch zwischen den beteiligten Unternehmen.

- **Association Connecting Electronics Industries (IPC²)**

Association Connecting Electronics Industries ist ein weltweit tätiger Fachverband der Leiterplatten- und Elektronikindustrie, der zahlreiche Normen zur Elektronikfertigung erarbeitet hat.

- **National Electrical Manufacturers Association (NEMA)**

Amerikanischer Fachverband der Elektroindustrie, der zahlreiche Normen auf dem Gebiet der Elektrotechnik entwickelt hat.

- **EIA (Electronic Industries Alliance)**

Die EIA ist ein amerikanischer Industrieverband, der zahlreiche Normen für Geräteschnittstellen veröffentlicht hat.

- **IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)**

Es handelt sich um einen Berufsverband von Ingenieuren aus den Bereichen Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik, der zahlreiche Normen auf dem Gebiet der Elektrotechnik und Elektronik herausgegeben hat.

■ 1.4 Rechnerunterstützte Konstruktion

Die rechnerunterstützte Konstruktion (Computer Aided Design – CAD), das „Konstruieren am Bildschirm“, wird heute in allen wichtigen Industriebranchen vom Maschinenbau bis zur Kartografie eingesetzt. Eine Vorreiterrolle hatten sicherlich die Branchen Automobil- und Maschinenbau, allein schon wegen der dort vorhandenen Betriebsgrößen. Mittlerweile ist aber die Einführung auch in mittelständischen Betrieben und in Ingenieurbüros weit vorangeschritten.

²⁾ Gegründet unter dem Namen „Institute for Printed Circuits“

1.4.1 Smart Engineering

Zunächst sollen das Umfeld der rechnerunterstützten Konstruktion sowie die Einordnung in ein Gesamtkonzept (Bild 1.6) beleuchtet werden.

Unter *Smart Engineering* werden informationstechnische Methoden und Werkzeuge verstanden, die integriert und miteinander vernetzt in allen Betriebsbereichen eines Unternehmens eingesetzt werden.

Zu den Anwendungsgebieten zählen im Besonderen:

- **Enterprise Resource Planning (ERP)**

Hier werden unterschiedliche Funktionen, Aufgaben und Daten in eine gemeinsame Datenhaltung integriert. ERP ist aus der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) hervorgegangen und beinhaltet diese.

- **Produktionsplanung und -steuerung (PPS)**

Diese enthält die organisatorische Planung, Steuerung und Überwachung der Produktionsabläufe von der Angebotserarbeitung bis zum Versand. Die wichtigsten Hauptfunktionen sind die Produktionsprogrammplanung, die Mengenplanung, die Termin- und Kapazitätsplanung sowie die organisatorische Fertigungssteuerung.

- **Product Lifecycle Management (PLM)**

Das ist die ganzheitliche unternehmensweite Verwaltung und Steuerung aller Produktdaten und Prozesse über den gesamten Lebenszyklus, von der Entwicklung und Produktion über den Vertrieb bis zur Wartung.

- **Produktmanagement (PDM)**

Daten und Dokumente der Produktentwicklung werden gespeichert, verwaltet und an nachgelagerte Phasen übergeben.

- **Computer Aided Engineering (CAE)**

Hierzu zählen die Computeranwendungen in den ingenieurtechnischen Arbeitsbereichen (z. B. Konstruktion und Fertigungsvorbereitung).

- **Computer Aided Design (CAD)**

Dies umfasst die Teilaufgaben Zeichnen und Entwerfen technischer Objekte, Manipulieren und Ändern vorliegender Zeichnungen oder Modelle sowie die Simulation technischer Objekte am Computer.

- **Computer Aided Planning (CAP)**

Das ist die Rechnerunterstützung in der Fertigungsvorbereitung, beispielsweise bei der Arbeitsplanerstellung, der Technologie für Fertigung und Montage und der Prüfzubereitung.

- **Computer Aided Manufacturing (CAM)**

Dieser Teilbereich beinhaltet die rechenstechnische Unterstützung bei Steuerung und Überwachung des Fertigungsprozesses mit den Teilen Bearbeitungssystem, Materialflusssystem und Leitsystem. Meistens steht die Steuerung von Werkzeugmaschinen, Handhabegeräten sowie von Transport- und Lagersystemen im Mittelpunkt.

- **Computer Aided Quality Assurance (CAQ)**

Hierbei handelt es sich um die rechnerunterstützte Planung und Durchführung der Qualitätssicherung. Im Zusammenhang mit der Einführung eines Qualitätssicherungssystems wächst die Bedeutung dieses Teilbereiches.