

Gerhard Metze
Wei Gu · Jinyu Zhang *Hrsg.*

Innovationsmanagement in Deutschland

Mehr als Industrie 4.0

创新管理 在德国

不仅仅是工业 4.0

Innovationsmanagement in Deutschland

创新管理 在德国

Gerhard Metze • Wei Gu • Jinyu Zhang
(Hrsg.)

Innovationsmanagement in Deutschland

Mehr als Industrie 4.0

创新管理 在德国

不仅仅是工业 4.0

 Springer Gabler

Hrsg.
Gerhard Metze
Hochschule für angewandte Wissenschaften München
München, Deutschland

Wei Gu
Tongji University Shanghai
Shanghai, China

Jinyu Zhang
Inelta Sensorsysteme GmbH & Co. KG
München, Deutschland

ISBN 978-3-658-39213-0 ISBN 978-3-658-39214-7 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-39214-7>

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

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Susanne Kramer

Springer Gabler ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Das Papier dieses Produkts ist recyclebar.

纲要 / Inhaltsverzeichnis

编者XI

作者XIII

Herausgeber XV

Autoren XVII

0 序言 1

第一节 德国的创新..... 5

1 德国强大的创新能力 7

Metze Gerhard, 顾伟

1.1 对创新的理解..... 10

1.2 技术的概念..... 11

1.3 激进的和渐进的创新..... 12

1.4 工业4.0概念：实质与象征..... 14

1.5 创新活动中经济部门之间的差异..... 16

第二节 “工业4.0”能力如何? 21

2 使工厂生产更灵活的创新 23

2.1 执行器和传感器的创新方向 23

张今瑜博士

2.2 机器人的创新方向..... 34

Dirk Jacob 博士教授

2.3 增材制造（3D打印）的创新方向 46

Tobias Reinold, Jinyu Zhang

3 以轻质结构为例理解仿生学带来的创新 55
Christian Hamm

3.1 引言 55

3.2 EliSE 方法 56

3.3 展望：进一步的发展与潜力 64

4 工厂数字化的创新 67

4.1 评估数字化的潜力、应用和对经济的影响 67
Gerhard Metze, 顾伟

4.2 在数字化道路上的差距以及过高的期望 89
Gerhard Metze, Günther Perthen

第三节 “工业4.0”以外的科技创新更加重要 103

5 创新领域 105

5.1 对某些经济部门创新的相关性的评估 105
Gerhard Metze, Günther Perthen

5.2 系统地获取创新领域的信息 120
Gerhard Metze

5.3 将需求感应和自主感应联系起来的组织机构 149
Gerhard Metze

5.4 发明者在决定创新方向方面的作用 153
Gerhard Metze

**第四节 各公司对于创新发展过程在创新管
理方法上的潜力和局限性 159**

6 开发过程是技术产品和工艺的创新过 程的重要组成部分 161
Gerhard Metze

6.1 创新的发展过程 163

6.2 创新发展的规划和准备 170

6.3 从项目决策到项目理念 179

6.4 想法 - 起源 192

7 创新发展结构条件的影响及其在企业的栓扣..... 197

Gerhard Metze

7.1 商业成就与无序创新发展进程的矛盾 197

7.2 衡量发展部门的能力 199

7.3 控制研发部门的指标体系 203

7.4 重新定位创新活动的研发方案 212

7.5 通过观察环境确定可能的创新方向 217

8 将创新活动嵌入整个公司 227

Gerhard Metze

8.1 目标系统 227

8.2 商业概念 230

8.3 资源装备 234

8.4 业主和最高管理层 236

第五节 德国公司取得科技创新的成功的不同原因 241

9 创新成功因素及其影响 243

9.1 非正式组织中的互动作为创新的先决条件 244

Gerhard Metze

9.2 确定创新活动方向的行为模式 253

Gerhard Metze

9.3 公司研发部门的盗版和偷懒行为 272

Peter Augsdörfer

10 Vorwort.....	281
Teil I: Innovationen in Deutschland.....	285
11 Deutschland ist stark bei Innovationen	287
<i>Gerhard Metze, Wei Gu</i>	
11.1 Verständnis von Innovationen.....	290
11.2 Begriff Technologie	291
11.3 Radikale und inkrementale Innovationen.....	292
11.4 Begriff Industrie 4.0: Substanz und Symbol	294
11.5 Unterschiede zwischen den wirtschaftlichen Sektoren bei Innovationsaktivitäten	296
Teil II: Was kann „Industrie 4.0“	301
12 Innovationen zur Flexibilisierung der Fabrik.....	303
12.1 Innovationsrichtungen bei Aktoren und Sensoren	303
<i>Jinyu Zhang</i>	
12.2 Innovationsrichtungen in der Robotik.....	313
<i>Dirk Jacob</i>	
12.3 Innovationsrichtungen in der additiven Fertigung (3D-Druck).....	326
<i>Tobias Reinold, Jinyu Zhang</i>	
13 Innovationen durch Bionik am Beispiel Leichtbau	337
<i>Christian Hamm</i>	
13.1 Einleitung.....	337
13.2 Das EliSE-Verfahren.....	338
13.3 Ausblick: Weiterentwicklungen und Potenziale	346
14 Innovationen zur Digitalisierung der Fabrik	349
14.1 Einschätzung von Potenzialen, Anwendungen und ökonomischer Wirkung der Digitalisierung	349
<i>Gerhard Metze, Wei Gu</i>	
14.2 Lücken und zu hohe Erwartungen auf dem Weg zur Digitalisierung	370
<i>Gerhard Metze, Günther Perthen</i>	

Teil III: Innovationen jenseits von "Industrie 4.0"	
sind wichtiger	385
15 Innovationsfelder jenseits von Industrie 4.0.....	387
15.1 Einschätzung der Relevanz von Innovationen in ausgewählten Wirtschaftssektoren.....	387
<i>Gerhard Metze, Günther Perthen</i>	
15.2 Systematische Informationsgewinnung über Innovationsfelder.....	402
<i>Gerhard Metze</i>	
15.3 Organisationen zur Verbindung zwischen autonomer Induktion und Bedarfsinduktion.....	429
<i>Gerhard Metze</i>	
15.4 Die Rolle der Erfinder für die Bestimmung der Innovationsrichtungen	433
<i>Gerhard Metze</i>	
Teil IV: Potenziale und Grenzen von Methoden des Innovationsmanagements für den Entwicklungsprozess von Innovationen in Unternehmen	439
16 Entwicklungsprozesse als essentielle Bestandteile des Innovationsprozesses von technischen Produkten und Prozessen	441
<i>Gerhard Metze</i>	
16.1 Der Entwicklungsprozess von Innovationen.....	443
16.2 Planung und Vorbereitung der Entwicklung von Innovationen	450
16.3 Von der Projektentscheidung bis zurück zur Grobbewertung der Projektidee	460
16.4 Ideenentstehung	472
17 Der Einfluss der Strukturbedingungen der Entwicklung und ihrer Verankerung im Unternehmen.....	477
<i>Gerhard Metze</i>	
17.1 Widersprüche zwischen chaotischen Entwicklungsprozessen und Geschäftserfolg	477
17.2 Bemessung der Kapazität von Entwicklungsabteilungen.....	479
17.3 Kennzahlen zur Leistungsbeurteilung von FuE-Abteilungen	483
17.4 FuE-Programmplanung zur Neuausrichtung der Innovationsaktivitäten	493
17.5 Identifikation möglicher Innovationsrichtungen durch Umfeldbeobachtung	498

18 Einbettung der Innovationsaktivitäten in das gesamte Unternehmen..... 507

Gerhard Metze

- 18.1 Zielsystem 507
- 18.2 Geschäftskonzept 510
- 18.3 Ressourcenausstattung 514
- 18.4 Eigentümer und Top-Management..... 516

Teil V: Was sind die Gründe für den Erfolg deutscher Unternehmen bei Innovationen..... 521

19 Innovationserfolgsk Faktoren und ihre Wirkung..... 523

- 19.1 Interaktionen in der informalen Organisation als Voraussetzung für Innovationen 523

Gerhard Metze

- 19.2 Verhaltensmuster für die Ausrichtung von Innovationsaktivitäten 533

Gerhard Metze

- 19.3 Die Relevanz von Bootlegging und Slack in der Forschung und Entwicklungsabteilung von Firmen 551

Peter Augsdörfer

编者

Gerhard Metze 荣休教授多年以来在慕尼黑应用技术大学教授创新管理专业。他也曾担任纽伦堡大学科研群组的“科技创新预测”项目主任。在工业界，他也曾任职西门子集团，先后担任了研发部门的“工业生产自动化中心”项目团队主管和“集团科研与技术评估”部主任。在高校任职期间，他还负责过同济大学中德工程学院经济工程专业协调工作。这些年来，他也一直为中德企业、机构提供专业咨询。目前，他正致力于工厂无线局域网建设方案的开发以及工业生产、医疗卫生与出版领域的语音控制系统开发。

电邮: gerhard.metze@hm.edu

顾伟 先生目前担任同济大学机械工程系讲师，也曾先后任职于同济大学环境科技学院与华尔润集团研发部门。旅德期间，他也曾接受慕尼黑应用技术大学Klaus-Jürgen Meier教授邀请，访问过该校运输专业教研室以及生产与运输管理专业研究所。

电邮: gu-wei@tongji.edu.cn

张今瑜博士是哈尔滨工业大学机电一体专业荣誉教授，该所高校被命名为“211高校计划”首批精英学府。另外，她也还不定期为其他中国高校教授该专业课程。张博士曾就职于苏黎世联邦理工大学（ETH, Zuerich），担任研究员。之后，她还任职于柏林弗劳恩霍夫工业设备与机械结构研究所。目前，她就职于慕尼黑一家中型感应科技企业，负责机电一体化技术解决方案的开发。

电邮: jinyu.zhang15@gmail.com

作者

Peter Augsdörfer 教授就职于德国英格施塔特技术学院，他的学术重点为企业科技战略、企业进化管理、企业内非正式研发组织等。他先后毕业于慕尼黑应用技术大学经济工程专业。法国Grenoble Ecole de Management管理学院。博士荣誉：Science Policy Research Unit (SPRU), University of Sussex。高校任教之前，他曾在多家德、法公司任职。目前，他还担任德国奥迪孔子学院院长。

电邮: peter.augsdorfer@thi.de

Christian Hamm 博士是亥姆霍兹海洋与极地研究中心 (Helmholtz Zentrum für Polar and Meeresforschung in Bremerhaven) 所属的Alfred Wegener 研究所 (AWI)的Bioinspired Lightweight Design and Functional Morphology部门主管。他已经16年从事相关研究，并负责该领域的相关创新研发与交流。为了加速科研与可持续性生产的有效衔接，2018年该所分拨出40工作人员单独成立ELISE公司。ELISE公司开发的应用软件可有效提高产品创新的速度与质量，许多大型企业 (BMW, AIRBUS Space, MAN, EDAG, RLE international, Hyundai, Volkswagen) 都已使用。目前，AWI研究所重点开发轻质结构制造多功能优化。

电邮: Christian.Hamm@awi.de

Dirk Jacob 教授曾就读于慕尼黑工大，获得硕士与博士头衔，他的研究领域为微型组装自动化。他也曾就职于库卡集团工业机器人公司，为期七年，先后担任机器人应用技术开发领域不同的研发岗位。2010年起，他任职于Kempten应用技术大学，担任机器人与生产自动化专业教授，教学重点为机器人生产于应用领域开发。2016年起，他担任该校副校长，负责教研体系质量监督与管理。同时，他也为企业在生产设备自动化开发等领域提供专业咨询。

电邮: Dirk.Jacob@hs-kempten.de

Günther Perthen 博士物理学专业出身，曾就职于西门子集团研发中心，重点领域为未来工业生产自动化。之后，他还作为技术主管就职于Majer机械制造厂。他担任Helios总经理期间，为德国大型汽车厂及其供应商专业生产检测设备。职业生涯当中，他还担任过多家工业生产标准委员会代表或负责人。目前，他在科技创新管理领域为企业提供咨询服务。

电邮: g.perthen@arcor.de

2007年, Tobias Reinold 先生在经济工程专业毕业后入职voxeljet AG集团公司, 该集团属于世界领先的工业3D-打印科技公司。该公司在叠加打印领域拥有诸如 „Powder Bed Fusion“等领先技术, 并以 “High Speed Sintering” 独特技术领先于对手。目前, 他担任该公司生产及售后服务部门主管。

电邮: tobias.reinold@voxeljet.de

Herausgeber

Gerhard Metze

Prof. Dr. Gerhard Metze lehrte Innovationsmanagement an der Hochschule München. Er war Projektleiter der Forschungsgruppe für Innovation und Technologische Voraussage an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Projektleiter bei der Siemens AG im Entwicklungsbereich „Zentrale Fertigungsaufgaben“ sowie Leiter von „FuE-Programmen und Technologiebewertung“ im Zentralbereich Technik von Siemens. Er war Koordinator für das Wirtschaftsingenieurwesen der Chinesisch-Deutschen Hochschule für Angewandte Wissenschaften an der Tongji-Universität, Shanghai/China. Er unterstützt europäische Unternehmen in China und chinesische Organisationen und Unternehmen in Deutschland. Seine derzeitigen Aktivitäten liegen in der Funkvernetzung in Fabriken und der Sprachsteuerung für Industrie, Gesundheitswesen und Verlagswesen.

E-Mail: gerhard.metze@hm.edu

Wei Gu

M.Ing. Wei Gu war als Forschungsmitarbeiter am Institut für Umwelthygiene-Mechanik der Tongji-Universität tätig sowie bei der Firma Farun im Bereich Umwelthygiene-Mechanik im Entwicklungsbereich. Er ist Dozent an der Fakultät für Mechanik-Ingenieurwesen der Tongji University Shanghai/China. Während seiner Zeit in Deutschland war er Gast am Labor für Logistik von Prof. Dr. Klaus-Jürgen Meier an der Hochschule München für Angewandte Wissenschaften, sowie an dessen Institut für Produktionsmanagement und Logistik an dieser Hochschule.

E-Mail: gu-wei@tongji.edu.cn

Jinyu Zhang

Dr. Jinyu Zhang ist Honorar-Professorin für Mechatronik an der Harbin-Universität, bekannt als Harbin Institute of Technology (哈爾濱工業大學 / 哈尔滨工业大学). Die Universität gehört zur ersten Gruppe der im Rahmen des „Projekts 211“ zu Exzellenzuniversitäten ernannten Lehranstalten. Frau Dr. Zhang war „Research Fellow“ an der Eidgenössische Technische Hochschule Zuerich (ETH), Schweiz. Danach hat sie ihre Forschungstätigkeit am Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK) in Berlin, fortgesetzt. Derzeit ist sie in einem mittleren Unternehmen für Sensortechnik in München für die Entwicklung mechatronischer Lösungen verantwortlich.

E-Mail: jinyu.zhang15@gmail.com

Autoren

Peter Augsdörfer

Dr. Peter Augsdörfer ist Professor an der Technischen Hochschule Ingolstadt (Deutschland). Seine Forschungsinteressen sind im Bereich Technologiestrategie, Evolutorisches Management und die Untergrundorganisation von F&E in Firmen. Er ist Diplom-Wirtschaftsingenieur der Hochschule München (Deutschland), Absolvent der Grenoble Ecole de Management (Frankreich) und hat eine Promotion der Science Policy Research Unit (SPRU) der University of Sussex (Großbritannien). Vor seiner Berufung als Professor hat er einige Jahre in deutschen und französischen Firmen gearbeitet. Peter Augsdörfer ist der Deutsche Direktor des Audi Konfuzius-Institut Ingolstadt (Deutschland).

E-Mail: peter.augsdorfer@thi.de

Dr. Christian Hamm

Dr. Christian Hamm ist Leiter der Abteilung „Bionischer Leichtbau und Funktionelle Morphologie“ (Bioinspired Lightweight Design and Functional Morphology) am Alfred Wegener Institute (AWI) Helmholtz Zentrum für Polar and Meeresforschung in Bremerhaven.

In diesem Bereich hat er seit über 16 Jahren Forschungen durchgeführt. Er verantwortet auch die Aufgaben des Innovationsmanagements und des Technologietransfers dieses Bereichs.

Um nachhaltige Produkte sehr viel schneller entwickeln und die Forschungsergebnisse direkt in Anwendungen auf diesem Gebiet umsetzen zu können, wurde 2018 die ELISE GmbH aus dem AWI ausgegründet, mit mittlerweile 40 Mitarbeitern.

Mit der ELISE Software werden innovative Produkte flexibler, schneller und mit einer höheren Qualität entwickelt. Anwender sind Unternehmen wie BMW, ARIANE Space, MAN, EDAG, RLE international, Hyundai, Volkswagen und die Forscher des AWI. Derzeit werden am AWI neue multifunktionale Leichtbau-Lösungen erforscht und entwickelt.

E-Mail: Christian.Hamm@awi.de

Dirk Jacob

Nach einem Maschinenbaustudium an der Technischen Universität München (TUM) promovierte Prof. Dr.-Ing. Jacob im Bereich automatisierte Mikromontage ebenfalls an der TUM. Nach seinem Wechsel in die Industrie war er sieben Jahre lang in verschiedenen Positionen bei der Fa. KUKA Roboter GmbH tätig. Unter anderem war er verantwortlich für die Entwicklung von Applikationspaketen für Robotersysteme. Seit 2010 Jahren ist Prof. Jacob an der Hochschule Kempten für das Themenfeld Fertigungsautomatisierung und Robotik tätig. Sein Schwerpunkt liegt dabei in der Anwendung von Robotern im Produktionsumfeld. Seit 2016 ist er Vizepräsident für Qualitätsmanagement und Lehre der Hochschule Kempten. Daneben berät er Firmen bei Lösungen im Bereich der Automatisierung von Produktionsanlagen insbesondere durch Robotertechnik.

E-Mail: Dirk.Jacob@hs-kempten.de

Günther Perthen

Studium der Physik und anschließend Promotion, Thema: Mikrowellen-Fernerkundung. Im Zentralbereich Forschung Siemens AG Planungsingenieur speziell für Zukunftsthemen der Industrieautomatisierung. Anschließend technischer Leiter mittelständische

Maschinenfabrik Majer, Tübingen, mit der Aufgabe der Umstellung mechanisch gesteuerter auf elektronisch gesteuerte Maschinen. Danach Geschäftsführer der Helios Messtechnik. Transformation dieses Herstellers einfacher Handmessmittel auf CNC Messmaschinen für rotationssymmetrische Teile, speziell für die Automobilindustrie und ihre Zulieferer. In dieser Zeit auch Obmann und Delegierter in verschiedenen Normenausschüssen. Nach dem Verkauf von Helios Tätigkeit als Berater im Bereich neuer Technologien und Innovationsmanagement.

E-Mail: g.perthen@arcor.de

Tobias Reinold

Tobias Reinold ist nach seinem Abschluss als Diplom-Wirtschaftsingenieur seit 2007 bei der voxeljet AG tätig. Die voxeljet AG ist eines der führenden und weltweit tätigen Hersteller von industriellen 3D-Drucksystemen. Im Rahmen der additiven Fertigungstechnologie „Powder Bed Fusion“ hat sich die High Speed Sintering Technologie (HSS) von voxeljet fest in der Industrie etabliert. Tobias Reinold verantwortet als Director Systems die Bereiche Maschinenbau und den weltweiten Service von voxeljet.

E-Mail: tobias.reinold@voxeljet.de

从2010年到2020年，出版商和作者梅策(G. Metze)教授博士与企业家、私营企业和国有企业的管理人员以及来自中国的各种权威人士就创新管理的主题开展了各种研讨会和项目。特别是自2016年以来，"工业4.0"纳入了研讨会的主题。各个研讨会主题的基础是作者几十年来在参与科研院所、大型国际公司、中型高科技公司和初创公司的活动中所积累的个人经验。

研讨会往往给出一些出人意料的结果，甚至有时让许多与会者感到震惊，因为它们与外国人对德国技术公司的印象不相符。

在研讨会上，用实例说明，在计划周密、"精简"，即创新活动的精益过程的外表下，有更多的随机过程和不完全可控的自由空间，也可以说是浪费。而透明度几乎是不可能实现的，甚至不是行为者所希望的。特别是对于大公司来说，典型的做法是，关于创新活动的报告和实际情况之间的符合关系随着管理层次的增加而减少。

但另一方面，恰恰是这些公司的创新活动结果非常成功。

由于许多公司创新活动的实际情况与它们所公布的创新活动之间已经存在差异，因此，关于创新管理主题的出版物在很大程度上没有充分展现或根本没有展现出关于高科技公司出现创新的情况。对于这一点，我们不会感到奇怪。这些出版物内物往往展示了现实应该是怎样的一幅图画，而不是现实到底是怎么样的真实情况。因此，它们不适合推荐给读者。

当然，其中原因有很多，其中大部分是下面几种情况的综合。

- 一种流行的方法是对公司的创新管理者进行问卷调查，然后用简单的书面报告统计进行评估。人们在原理上质疑 这个统计方法是否有用，特别是关于创新领域的统计，因为 "最经常看到的"，即主流，被认为是 "有效的"。但在创新的领域，情况正好相反：只有那些脱离 "主流" 的革新才是创新，从统计学上讲是属于 "另类"。
- 通过这些调查，不可能获得关于创新活动的关键信息，因为它属于公司的保密信息。根据作者本人在一家大型国际公司的经验，必须承认的是，对来自学术界的相应调查的回应总是以"公司的利益"优先为原则。即使在德国，人们也不希望丢面子。

- 很遗憾的是，学者们在公司进行的案例研究也遇到同样的问题。在大专院校，创新管理的主题经常是归于工商管理或经济工程系。因此，这方面的科研人员很少有深入的科学技术知识。因此，科研人员在公司的这些案例研究中的参与仅限于观察，很难渗透到创新的出现和实现的过程中。此外，我们不断看到，当有外部观察员在场时，相关的管理人员和员工都会改变他们的工作方式。
- 因此，只有在拥有有第一手经验（实践经验）的情况下，即外部科学本身对公司的具体创新活动做出贡献，才能对创新活动有更近距离的了解。与公司共同讨论关键问题及其解决方案来创造一种互相信任的氛围。

另一方面，本书是基于作者在参与研究机构和公司（从初创企业到大型国际企业）筹备和实施创新活动中所获得的直接经验。

在创新管理的特殊问题上的经验，如德国的“工业4.0”，被系统地浓缩在案例研究中，并以非常直接、详细和“不加修饰”的方式提供给读者。

此外，还开发了一种分析创新活动中行为模式的独特方法。这种方法可以明确分析所观察的公司创新活动的机会和风险，以及成功和失败的机率。

在这些公司中，创新成功的关键因素是给予科学家和工程师自由的空间。创新活动应该尽量少受最高管理层的指导，而是来自于员工在发展中主动提出的“有的放矢”，甚至有时也会违背管理层的意图而进行。一言以蔽之：创新之莲花绽放，尤其是在非受控和非监管的德国公司这片沼泽地上。

因此，德国科技公司创新的出现更多的是对应于一个典型的更新进化过程，而不是按照上层的规定自上而下的实现。

Pfeiffer早在1971年就证明了这一点，他用许多创新的例子发表了一篇影响深远的著作。这就是为什么Pfeiffer的理论是我们对许多创新项目的分析和结论的科学依据。

在研讨会上，人们一再建议将这些经验进行总结，并以中文出版。张今瑜博士作为学术界的专家和德国一家中型科技公司的资深工程师，不仅提供了稿件，还担任了联合编辑，并做了大部分的翻译工作，作者才得以应对这一挑战。

为了对中国企业家和组织在工业4.0等创新管理主题上有一个符合当前实际的信息，我们必须感谢来自上海同济大学的另一位合编者顾伟。在德国期间，他客座于慕尼黑应用科学大学克劳斯-于尔根-迈耶尔(Prof. Dr. Klaus- Jürgen Meier)教授博士的物流实验室以及这所大学的生产管理和物流研究所。

慕尼黑应用科学大学的前毕业生白云和张奇帆夫妇在翻译一些章节方面提供了宝贵的服务。特此感谢他们的合作。同时，我们也感谢慕尼黑的康伟先生，为编辑本书的收尾阶段所做的校对及翻译工作。

如果没有英戈尔施塔特(Ingolstadt)技术大学的奥迪孔子学院的支持，尤其是以 Peter Augsdörfer 教授博士代表的该学院的财政支持，本出版物就不可能出版。Augsdörfer教授本人对本书做出了重要贡献，他指出，给予科学家和工程师自己的主动权以及自由空间是创新活动成功的一个特别重要的因素。

这就构成了一个科学的循环：

Werner Pfeiffer 教授创建了关于创新出现的机制和先决条件的理论基础。作为 Pfeiffer 的学生，梅策(Metze)教授在研究项目中以及在西门子股份公司中央技术部工作期间，体验并扩充了这一理论框架的实际意义。即使是像西门子这样的大公司，创新活动的成功和失败也可以根据 Pfeiffer 的理论进行分析。事实证明，高级管理层的行为是关键所在。一个突出的例子是 Josef Strohmayer 博士主导的微电子和电子工艺技术开发项目，作为高级主管，他特别善于保护他所在部门的400名科学家和工程师不受高层管理的影响，同时允许员工有必要的空间来采取自己的行动举措，并在创新方面取得相应的成功。这一经验反过来又成为梅策教授向他当时的学生彼得·奥格斯多尔夫 (Peter Augsdörfer) 推荐将这一问题领域作为其博士论文主题的出发点。随后，他被任命为英戈尔施塔特技术大学的教授和英戈尔施塔特奥迪孔子学院的院长。

因此，我们把这本书献给两位已经不在我们身边的创新管理的灯塔：

Werner Pfeiffer 博士教授，感谢他的开创性理论工作，以及

Josef Strohmayer 博士，感谢他在创新管理实践上的成功。

沃纳·菲弗教授做了开创性的理论工作，并把这他的些理论在在工业实践中不断实施，以及

约瑟夫·斯特罗迈尔博士始终以理论上健全的指导方针为依据，实践了卓有成效的创新管理。

全体编辑

第一节

德国的创新



Metze Gerhard, 顾炜

多年来，德国公司的声誉一直与创新联系在一起。虽然他们在一些重要的经济部门，特别是在消费品方面，失去了本来优势的地位。但是，产品和投资部门则一如既往的处于良好水平。在技术层面上，德国的信息技术目前比较薄弱，而生产技术仍然具有较高的水平。与生产技术紧密相关的“工业4.0”一词已经出现。“工业4.0”旨在进一步保持和扩大德国企业的优势地位。“工业4.0”在某些领域中体现了相当的创新性，但它不能为实际业务（即模块、产品和系统）带来创新。因此，技术领域的创新对于企业的生存比“工业4.0”更重要。

到目前为止，对于“创新”、“技术”和“工业4.0”这些术语没有统一的定义，这些定义根据科学家、管理者和政治家各自的兴趣不同而大相径庭。因此，本章为此作了定义，以便为随后的分析奠定明确的基础。一方面这些分析涉及到没有明确定义的经济部门。另一方面则以各公司共同创新活动的案例研究为基础。

创新是经济发展和成功的决定性力量（Duverger & van Pottelsberghe de la Potterie 2011）。但是，如果不与其他国家合作，任何国家都无法独自利用创新的潜力。本书的目的之一是通过德国的创新和创新管理的深刻理解，以便在未来更好地支持与中国富有成效的合作。

现在，德国没有一个类似拥有苹果、亚马逊、谷歌、Ebay、Facebook等IT巨头的硅谷。尽管如此，德国在世界经济论坛的2013-2014年全球竞争力指数中排名第四，超过了美国。前三个位置被新加坡等相对较小的国家占据。“德国公司是世界上最具创新性的公司之一，在研发方面花费巨大（第4位），显示出其具有很高的创新能力（第3位）”。（Schwab & Sala-i-Martin 2013）也就是说，在大工业国

中，德国是创新的领导者。而随着 "工业4.0 "这一主题的提出，这一地位似乎变得更加坚固。

当我们比较几个重要工业部门的公司时，乍一看，似乎感觉德国和美国之间的差异并不很大。在此我们可以给出几个类似的公司，如工业自动化或医疗技术领域的西门子和通用电气，医药领域的拜耳医药和辉瑞，化工领域的巴斯夫和陶氏化学及杜邦，航空工业领域的空客和波音。它们的竞争很激烈，而创新发挥着重要作用。

而信息技术方面的情况则不同。

在德国没有可以和基于互联网的公司如Alphabet（谷歌的母公司）、苹果、亚马逊、Facebook等相提并论的公司。

美国公司的办公软件产品（微软）、CAD系统（Autodesk与AutoCad）、数据库Oracle等也长期处于领先地位。只有在工业软件层面，德国公司SAP才是 "企业资源规划"（ERP）系统领域的世界市场领导者。

在操作系统的经典软件供应商中，只有微软及时更新换代跟上时代步伐；而IBM在目前已经被甩在了后面（Henkel 2017）。

美国公司的实力在IT硬件的发展中继续保持。德国没有可以与惠普、苹果或思科并驾齐驱的公司，这些公司以其非同寻常的产品服务于广泛的市场。在这一领域，德国只有罗德与施瓦茨公司在所谓的 "主权任务"，即警察和军队的IT解决方案领域处于世界市场领先地位。西门子不得不放弃整个通信技术领域（Hegmann 2017）。

在微电子领域，德国公司无法与英特尔这样的公司相提并论，但也有像英飞凌这样在全球具有重要意义的专业公司，以及为苹果公司供货的Dialog半导体公司。

在照相机和电视机领域，不再有一家在世界市场上具有任何意义的德国公司。在家用电器方面，只有两家德国公司在全球范围内还保持良好的形象，一个是Miele一个是博世-西门子家用电器（BSH）。德国公司的弱点在面向终端客户的消费品领域可以通过MP3播放器的例子来说明。MP3数据压缩格式的算法的是由德国的一个研究组织，即弗劳恩霍夫研究所开发的。但它在德国以外的地方得到应用，并在全球获得了成功（Fraunhofer IIS n.d.）。

因此，看起来德国的重点是为专业客户提供复杂的工程“艺术”，但很少在消费品领域为私人终端客户领域提供产品。然而，有一个非常重要的例外，那就是汽车行业。除了商用车之外，德国汽车的目标是用车直接“进入最终客户的心脏”。

德国汽车制造商与国外所有其他竞争者之间的一个重要区别是所提供的各种各样的车型，以至于其种类与数量多得不成比例。这些汽车是根据客户的愿望单独设计的，据统计，相同配置的车在一年中平均只被订购和生产约1.5次。

这种个性化必须在生产中得到管理，它是“工业4.0”的驱动力之一。除了数字化之外，只有当工具和工件的更换也能相应地快速和安全地进行时，才能有真正的个性化生产。

公司的生产技术在德国工业中具有关键地位。他们对来自国外的投资非常感兴趣。北京第一机床多年前接管了Waldrich Coburg机床厂，该公司生产大型机床领域的精密加工设备，其专注于高精度和大型龙门式铣床的制造和服务，例如，用于制造船舶柴油发动机的外壳或船舶螺旋桨的设备。2017年初，特斯拉收购了中型公司Grohmann（汽车生产专家）。Waldrich和Grohmann都是典型的德国机械工程公司，这是德国非常有特色的重要产业。在机械工程领域，只有少数真正的大公司，如通快（激光加工机器领域的世界市场领导者），拥有约10,000名员工；大多数机械工程公司的平均员工人数不到300人。

机械工程所提供的产品和技术也非常多样化，从废瓶处理设备的系统制造商（Krones）到液压部件制造商HAWE都是这样。

机械工程的核心，对于机械工程本身以及汽车工业来说，就是机床工业。德国的优势之一在于为客户开发创新和定制机器以及按客户需求制造由机器、电子硬件和软件组成的定制系统。定制开发意味着技术解决方案的完全个性化。这包括从机床到汽车生产和其他经济部门的特殊机器。与远东国家以及美国相比，技术解决方案的个性化是机械和汽车制造产业结构的一个主要区别。

汽车工业和生产技术之间强烈的相互依存关系不仅仅是单纯一种优势，特别是在汽车工业向电动车的技术变革中。汽车工业这一领域的创新正在摧毁以前稳定的公司，例如内燃机的供应商行业，同时也摧毁了特种机器的供应商。

在经济部门由创新引发的技术结构变化，即使引入“工业4.0”也无法阻止。

机械工程的全新机会来自于生物技术领域的创新成功，特别是基因技术。有两家年轻的德国公司正在开发基于mRNA技术的疫苗，它们是众所周知的。

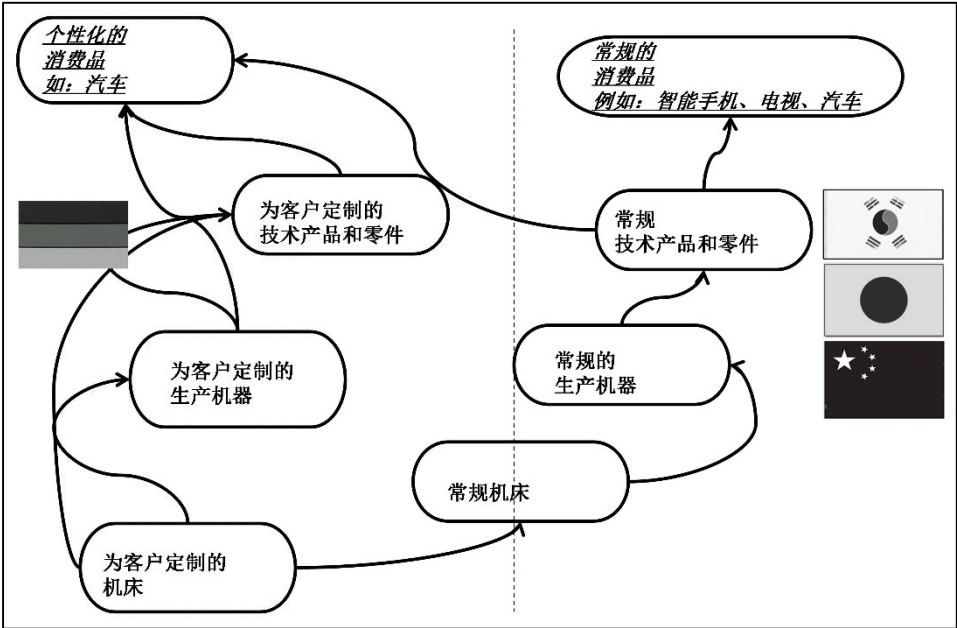


图1.1： 不同国家在机械工程方面的不同产业结构 资料来源：作者本人

除了针对当前大流行病的疫苗外，Biontech公司正在开发世界上第一种针对疟疾的疫苗。这些创新反过来又启动了相关功能领域的创新，例如，疫苗的包装和冷却。 这些都是机械工程、机电一体化以及测量和测试系统与相关软件的中型公司的新机会。

1.1 对创新的理解

无论过去和现在创新都是经济发展的动力。区域之间经济发展的差异也是创新活动的差异。创新一词并没有统一的定义。对它的解释和理解是不同的。这就是为什么对创新也有不同的定义。在此，我们对创新的定义如下：

创新是成功地实现一个想法或发明，这一想法或发明对其所实现的经济部门来说是新的。这个定义的组成部分（Branscomb & Auerswald 2002）是：

- 成功实现，即从经济方面来讲是创新的
- 想法作为一种构思或发明，也作为一种功能模型，在市场上还没有实现

- 对实现技术解决方案的经济部门来说是新的，也就是没有借助于该部门已有的知识

在一个经常使用的其他定义中，例如经合组织，是指个别组成的新颖程度（经合组织/欧盟统计局，2005）。我们在这里不遵循这一点，因为这将意味着，最后应用创新的部门作为后来者也会被经济部门称为创新者。这将使一个部门的所有参与者都成为创新者，与模仿几乎没有区别。因此，我们更倾向于将一个经济部门的新颖性作为参考点。

在人类生活设计的所有领域都可以想象到创新。也包括社会创新（Rückert-John 等 2013）。我们在此只关注技术方面的创新。

1.2 技术的概念

技术一词的使用也非常不同。例如，一个开发者对技术的理解依赖于一种特殊的蒸镀工艺，而他所在部门的经理会总结各种薄膜的技术制造工艺，把他们理解为一种共同的技术。

没有统一的“技术语言”。在实践中，大多使用面向应用的技术定义，这些定义没有提供任何关于相似或不同的技术“根源”的信息（Pfeiffer & Metze 1989）。

我们在此将技术定义为关于目标/手段关系的一般科学基础知识，可以用于解决公司的实际问题。因此，技术被理解为技术的科学。

技术是指在生产或制造过程中物化的技术应用，即包含硬件和软件的问题的解决（Lenk & Moser 1973）。然而，这些不同的术语在实践中和理论上都像同义词一样被使用，有时在一本书的从头到尾也是如此。

在技术领域，创新可以在技术S型曲线模型的框架内进行描述（Jantsch et al. 1967）。这个模型的基本思想包括以下概念：

- 每项技术都要经历一个成熟的过程，直至其物理化学性能的极限。
- 不同的技术可以以不同的方式解决同一个问题。
- 一个更有效的技术取代了一个效率较低的技术。

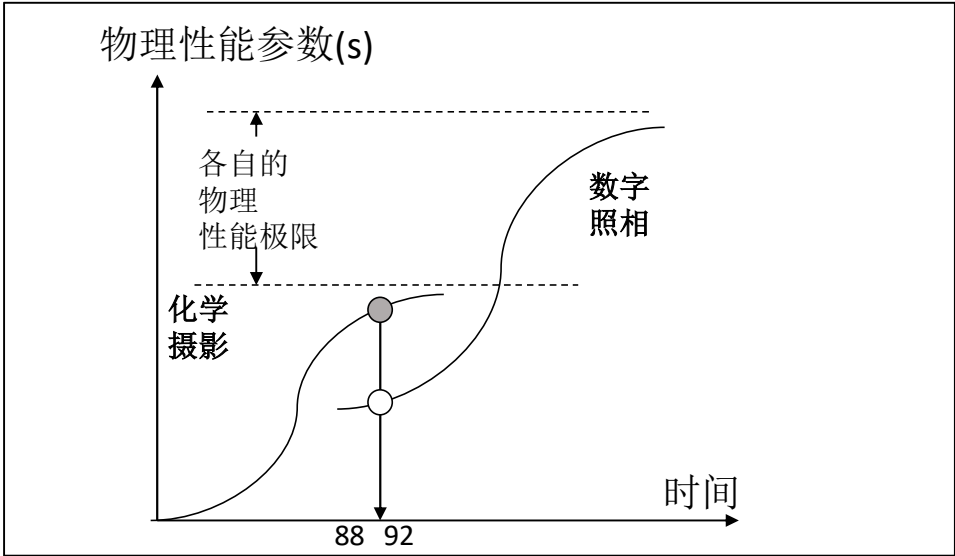


图1.2: 技术S曲线 资料来源: 作者本人

效率较高的新技术取代效率较低的旧技术，就是一种创新（Metze 1986）。最近的一个著名例子是数字摄影取代了化学摄影。

关键点在于新技术的出现，而且有那么一段时间新技术的性能可能低于旧技术的性能。

这使得使许多公司继续使用旧的技术而失去了机会（Metze 2000）。将一项新兴技术转化为创新的决定性激励因素必须是未来发展的潜力，绝不是当前的性能水平。

从理论上很容易看出来，而在实践中正是大多数公司失败的地方。

1.3 激进的和渐进的创新

现在，不仅在技术的替换过程中有这种极端的动荡，而且在S型曲线中较好的一段，当技术路径有一些变化时也绝对可以被描述为创新。因此，人们在激进的和连续的或颠覆性的创新以及渐进的创新之间，即小的发展步骤之间做出了区分（Christensen & Overdorf 2000）。

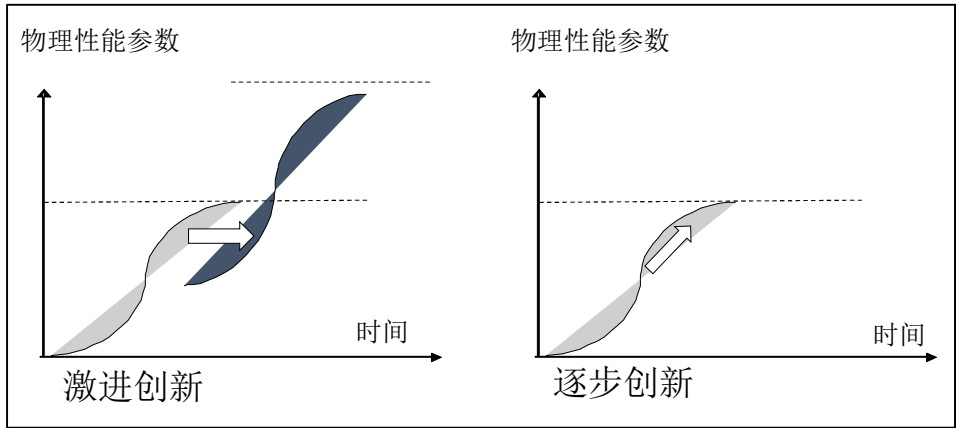


图1.3: 技术S曲线上的激进创新和渐进创新 资料来源: 作者本人

然而，这一定义必须进一步具体化，一次是创新对用户方的影响，一次是对该创新的供应商或生产者的影响。

对用户来说，“智能手机”的创新是一个彻底的创新，因为它大大改变了人们的行为和使用习惯。从制造商的角度来看，它更应该被视为一种渐进式创新，智能手机的所有技术组件并不是真正的新产品，而是“标准技术”，它们主要是从供应商那里买来的。相比之下，基于互联网的电话（“网络电话=VoIP”）的创新对用户来说几乎没有变化，它取代了以前基于硬件的电话，在使用上没有明显变化。对于基于硬件的电话制造商，如西门子股份公司，以及运营商，如德国电信来说是对现有技术和设备的大规模贬值（Latzner, M., 2009）。西门子在较短的时间内完全放弃了电信领域，尽管直到千年之交，电信领域仍然是西门子业务的主要支柱之一（Hegmann 2017）。

这表明，一项创新可以有激进和渐进两个方面。就智能手机而言，用户方面的创新是激进的，而开发者方面的创新则是渐进的。相比之下，IP语音技术对大多数用户来说只有渐进式的影响，但对开发者来说却造成了彻底的改变。

因此，在下面的分析中，我们对激进创新的情况区分了制造商的观点和用户的观点。激进的创新总是导致现有技术的贬值，这些技术与人类有关，并被记录在文件中，以及建立在硬件和软件中，包括产品和用于产品制造的机器系统。当然，这总是与财政资源的损失有关。

下面将围绕 "工业4.0 "这一主题在工业领域进行分析。"工业4.0 "旨在启动创新活动，加强了德国机械工程部门，当然也包括德国汽车工业以及其他工业部门的定制产品的生产。

1.4 工业4.0概念：实质与象征

"工业4.0 "一词没有被标准化，而是被以许多不同的方式进行解释。多样化的罗列混合了各种基础技术，如人工智能算法，硬件，测量和测试系统的传感器，以及应用领域，如 "预测性维护" (Damisch 2015) 等。一些作者和利益集团将该概念与新商业模式的发展联系起来 (VDI/VDE-测量和自动化技术协会编 2016) 。

我们在这里并没有跟随这种趋势，去追随 "工业4.0 "一词下越来越多的分支。

当然，与 "工业4.0 "有关的新商业模式的发展也是很重要的。我们也在个别例子中涉及到这个话题。但所有提到的商业模式在90年代以来互联网的传播有关的新服务出现之前就已经存在。因此，它们并不是源于 "工业4.0"。因此，我们在 "工业4.0 "的定义中排除了新商业模式的发展领域。

我们将定义的重点放在 "工业4.0 "的纯技术方面，并为这个概念指定了两个主要领域。

- 工厂的数字化，与公司联网（具有安全性的连接）、具有大数据算法的和云计算，以及
- 工件和工具的自动化过程实现生产的灵活性，即传感器、执行器和辅助机械手以及机器人这些主题。

在 "工业4.0 "一词出现之前，数字化的各个方面，如网络、算法和灵活性的概念已经是生产自动化的一部分。在这方面，我们接受在某些情况下已经引入的新技术命名。

我们的 "工业4.0 "一词中不包括以下内容

- 用户软件领域的所有IT技术，如企业资源规划 (ERP) 系统、计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助制造 (CAM)、产品生命周期管理 (PLM) 系统以及类似的程序，在我们看来，它们在每个工厂都有关键功能，并且早在"工业4.0 "一词出现之前就已建立。然而，为了完整起见，我们对这些技术的现状进行了简要评估。

- 将材料转化为确定的工件的所有技术，包括机械加工技术，以及激光加工和增材制造工艺，即3D打印等。它们偶尔被纳入"工业4.0"，但它们也是在这一流行语之前很久就已经发展起来了。由于其对生产灵活的重要程度，我们将专门对这一技术其加以概述。

在工业领域，有一种趋势是扩大 "工业4.0 "的范围。但是，不断改变"工业4.0 "的范畴并不是一个明确的定义，而只是具有一个称呼的特征（Luhmann 1978）。这在社会政治辩论中和争取项目补贴竞争中当然很常见，但在明确的科学背景下应不惜一切代价避免这种情况。

值得注意的是，一个重要的领域一直没有被提及，而这个领域它影响着机械工程，纳米技术的产品开发，并对生产及其自动化都有直接影响，那就是仿生学领域。

仿生学（德语Bionik，英语Bionic）这个词只在德国有一个广泛的含义，而在英语里它要具体得多，主要是指为医疗部门开发假肢，而对于各种技术领域里生物原理的应用，则使用"Biomimetic"这一概念。在德国，一方面，在仿生学领域有大量的专业知识，但另一方面，其在创新产品和生产过程中的应用进展相对缓慢。因此，本专题以轻质建筑的仿生学为例进行介绍。

然而，"工业4.0 "的传播并没有按照其在政界的代表和提出这一概念的公司的计划进行。因此，即使在多年之后，在机械工程和汽车制造等重要经济部门的生产中，工业4.0概念的实施仍然存在差距。但这些差距不是由于接受程度不够。相反，许多公司的要求往往低于工业4.0的性能范围，因为这些公司以及那些倾向于为新兴市场生产标准产品的公司的产品型号范围有限。这时，工业4.0对他们来说是不经济的。此外，"工业4.0 "过于强烈地集中在机械工程、汽车制造和类似的经济部门。在化学和制药业等部门，数字化的大多数元素都是 "标准技术"。生产灵活性以及机器人和增材制造等与这些行业并不相关。

为实际业务创新，即为模块、产品和系统创新，是无法通过 "工业4.0 "来实现的。因此说创新作为企业生存的先决条件比"工业4.0"重要得多。