

# Industrie 4.0

DOI 10.1007/s11576-014-0424-4

## Die Autoren

**Dr. Heiner Lasi**  
**Prof. Dr. Hans-Georg Kemper**  
 Lehrstuhl für ABWL und  
 Wirtschaftsinformatik 1  
 Universität Stuttgart  
 Keplerstr. 17  
 70174 Stuttgart  
 Deutschland  
[lasi@wi.uni-stuttgart.de](mailto:lasi@wi.uni-stuttgart.de)

url:  
<http://www.wi-im.uni-stuttgart.de>  
[kemper@wi.uni-stuttgart.de](mailto:kemper@wi.uni-stuttgart.de)  
 url:  
<http://www.wi-im.uni-stuttgart.de>

**Privatdozent Dr. Peter Fettke** (✉)  
 Institut für Wirtschaftsinformatik  
 (IWI) im DFKI und Universität des  
 Saarlandes  
 Stuhlsatzenhausweg 3  
 66123 Saarbrücken  
 Deutschland  
[peter.fettke@iwi.dfki.de](mailto:peter.fettke@iwi.dfki.de)  
 url: <http://iwi.dfki.de>

**Dipl.-Inf. Thomas Feld**  
 Scheer Group GmbH  
 Uni-Campus Nord  
 66123 Saarbrücken  
 Deutschland  
[thomas.feld@scheer-group.com](mailto:thomas.feld@scheer-group.com)  
 url: <http://www.scheer-group.com>

**Dipl.-Hdl. Michael Hoffmann**  
 Scheer Management GmbH  
 Uni-Campus Nord  
 66123 Saarbrücken  
 Deutschland  
[michael.hoffmann@scheer-management.com](mailto:michael.hoffmann@scheer-management.com)  
 url:  
<http://www.scheer-management.com>

Eingegangen: 2014-04-04  
 Angenommen: 2014-05-14  
 Angenommen nach einer Überarbei-  
 tung durch Prof. Dr. Sinz.  
 Online publiziert: 2014-06-19

This article is also available in English via <http://www.springerlink.com> and <http://www.bise-journal.org>: Lasi H, Fettke P, Kemper H-G, Feld T, Hoffmann M (2014) Industry 4.0. Bus Inf Syst Eng. doi: 10.1007/s12599-014-0334-4.

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2014

## 1 Bedarfsog und Technologiedruck als Treiber der vierten industriellen Revolution

Als Industrie wird der Teil der Wirtschaft bezeichnet, der materielle Güter mit einem hohen Grad an Mechanisierung und Automatisierung erstellt. Seit den Anfängen der Industrialisierung haben Technologiesprünge zu Paradigmenwechseln geführt, die heute ex post als „Revolutionen“ bezeichnet werden: im Bereich der Mechanisierung (sogenannte 1. industrielle Revolution), der intensiven Nutzung elektrischer Energie (sogenannte 2. industrielle Revolution) und der umfassenden Digitalisierung (sogenannte 3. industrielle Revolution). Ausgehend von einer weit fortgeschrittenen Digitalisierung innerhalb von Fabrikhallen scheint die Zusammenführung der Internettechnologie mit Zukunftstechnologien im Bereich von „smarten“ Objekten (Maschinen und Produkte) zu einem erneuten fundamentalen Paradigmenwechsel in der industriellen Produktion zu führen. Die Vision der zukünftigen Produktion beinhaltet modulare und effiziente Fertigungssysteme und beschreibt Szenarien, in denen Produkte ihren Herstellungsprozess selbst steuern. Dies soll dazu führen, dass die Herstellung individueller Produkte mit der Losgröße 1 unter den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen einer Massenproduktion realisiert werden kann. Durch diese Zukunftserwartung verleitet, hat sich ex ante der Ausdruck „Industrie 4.0“ für eine geplante „4. industrielle Revolution“ geprägt, wobei der Begriff eine Reminiszenz an die Versionierung von Software darstellt.

Maßgeblich für die rasche Verbreitung war die Umsetzungsempfehlung an die

Bundesregierung, die den Begriff als Titel trug und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung bereitwillig aufgegriffen und zum Namensgeber für ein Zukunftsprojekt im Rahmen der Hightech-Strategie 2020 wurde. Aktuell trägt zudem eine Industriepattform bestehend aus drei namhaften Branchenverbänden mit dem Namen „Industrie 4.0“ zur Verbreitung des Begriffs bei. Außerhalb des deutschen Sprachraums ist die Bezeichnung nicht verbreitet.

Im Folgenden soll unter „Industrie 4.0“ ein Zukunftsprojekt verstanden werden, das anhand zweier Entwicklungsrichtungen festgeschrieben werden kann. Einerseits herrscht ein gewaltiger Bedarfsog, der aufgrund geänderter betrieblicher Rahmenbedingungen einen erheblichen Änderungsbedarf induziert. Auslöser hiervon sind allgemeine gesellschaftliche, ökonomische und politische Veränderungen. Hierbei sind insbesondere zu nennen:

- Kurze Entwicklungszeiten: Entwicklungszeiten und Innovationszeiten müssen verkürzt werden. Eine hohe Innovationsfähigkeit ist für viele Unternehmen zu einem überlebenswichtigen Erfolgsfaktor avanciert („Time-to-Market“).
- Individualisierung nach Nachfrage: Seit Jahrzehnten zeichnet sich ein Wandel vom Verkäufer- zum Käufermarkt ab, d. h. Käufer sind in der Lage, die Bedingungen des Tausches festzulegen. Dieser Trend führt zur zunehmenden Individualisierung von Produkten und führt im Extrem zu Individualprodukten. Dies wird auch als „Losgröße 1“ bezeichnet.
- Flexibilität: Aufgrund der neuen Rahmenbedingungen ist eine größere und höhere Flexibilität in der Produktentstehung, insbesondere in der Produktion, notwendig.
- Dezentralisierung: Um den genannten Bedingungen gerecht werden zu können, sind schnellere Entscheidungswege erforderlich. Hierzu werden organisatorische Hierarchien abgebaut.
- Ressourceneffizienz: Die zunehmende Knappheit und die damit einhergehende Verteuerung von Ressourcen sowie der gesellschaftliche Wandel im Kontext ökologischer Aspekte erfordern ei-

ne stärkere Fokussierung der Nachhaltigkeit im industriellen Kontext. Zielsetzung hierbei ist die ökonomische und ökologische Effizienzsteigerung.

Andererseits herrscht ein ungemeiner Technologiedruck in der industriellen Praxis vor. Dieser Technologiedruck hat in privaten Bereichen bereits den Alltag weitgehend durchdrungen. Stichworte sind Web 2.0, Apps, Smartphones, Laptops, 3D-Druck etc. In beruflichen, insbesondere in industriellen Kontexten, sind hingegen innovative Technologien weitgehend nicht verbreitet. Daher können weitreichende Ansätze des Technologiedrucks festgestellt werden:

- Weiter steigende Mechanisierung und Automatisierung: Im Arbeitsprozess werden weiter zunehmend technische Hilfsmittel eingesetzt, die zu einer Unterstützung der körperlichen Arbeit führen. Zudem übernehmen Automationslösungen den Vollzug vielfältiger Arbeitsschritte, die operative, dispositive und analytische Komponenten beinhalten wie bspw. „autonome“ Fertigungszellen, die eine Fertigung über mehrere Stufen hinweg selbst steuern und optimieren.
- Digitalisierung und Vernetzung: Durch die zunehmende Digitalisierung sämtlicher Fertigungs- und Fertigungshilfsmittel werden in immer größerem Umfang Aktor- und Sensordaten erfasst und stehen für Steuerungs- und Analysezwecke zur Verfügung. Durch die ebenfalls zunehmende Vernetzung technischer Komponenten entstehen digitalisierte Prozesse, die in Verbindung mit der Zunahme der Digitalisierung von den zu produzierenden Produkten und Dienstleistungen zu vollständig digitalisierten Umgebungen führen. Diese sind wiederum Treiber für neue Technologien wie bspw. Simulation, digitale Absicherung oder Virtual bzw. Augmented Reality.
- Miniaturisierung: Gleichzeitig findet ein Trend zur Miniaturisierung statt. Während Computer noch vor wenigen Jahren einen erheblichen Raumbedarf hatten, können heute Geräte mit einer vergleichbaren oder sogar erheblich besseren Leistungsfähigkeit auf wenigen Kubikzentimetern untergebracht werden. Dies eröffnet insbesondere im Kontext von Produktion und Logistik neue Anwendungsfelder. Die skizzierten Entwicklungen sind im Einzelnen durchaus bekannt, haben allerdings in ihrer Summe das Potenzi-

al, die industrielle Praxis umfassend zu verändern.

## 2 Wesentliche Konzepte

Industrie 4.0 bezeichnet als Sammelbegriff eine Vielzahl aktueller Konzepte, deren genaue Abgrenzung im Einzelfall nicht exakt möglich ist. Im Folgenden werden wesentliche Bestandteile aufgezählt:

- Smart Factory: Die Fertigung wird vollständig mit Sensoren, Aktoren und autonomen Systemen ausgestattet. Durch den Einsatz der „intelligenten Technik“ in Verbindung mit ganzheitlich digitalisierten Produkt- und Fabrikmodellen (Digitale Fabrik) und dem Einsatz vielfältiger Techniken des Ubiquitous Computing entstehen sich selbst steuernde, sog. Smart Factories (Lucke et al. 2008).
- Cyber-physische Systeme: Es findet eine Verschmelzung zwischen der physischen und der digitalen Ebene statt. Wenn dies sowohl die Produktionsebene als auch die Produktebene umfasst, führt dies zu Systemen, deren physische und digitale Repräsentation nicht mehr sinnvoll differenziert werden können. Ein Beispiel hierfür findet sich im Bereich Preventive Maintenance: Hier werden zu mechanischen Komponenten die einem Verschleiß unterliegen (physisch) die Einsatzparameter (Belastung, Produktivzeit etc.) digital erfasst. Der reale Zustand des Systems ergibt sich damit aus dem physischen Objekt und dessen digitalen Einsatzparametern.
- Selbstorganisation: Vorhandene Fertigungssysteme entwickeln sich zunehmend dezentral. Dabei kommt es zu einer Auflösung der klassischen Produktionshierarchie und zu einem Wechsel hin zu einer dezentralen Selbstorganisation.
- Neue Systeme im Vertrieb und in der Beschaffung: Vertrieb und Beschaffung werden immer mehr individualisiert. Zugehörige Prozesse werden über eine Vielzahl unterschiedlicher Kanäle abgewickelt.
- Neue Systeme in der Produkt- und Service-Entwicklung: Die Produkt- und Serviceentwicklung wird individualisiert. Hierbei spielen Ansätze der offenen Innovation und Produktintelligenz sowie -gedächtnis eine herausragende Rolle.

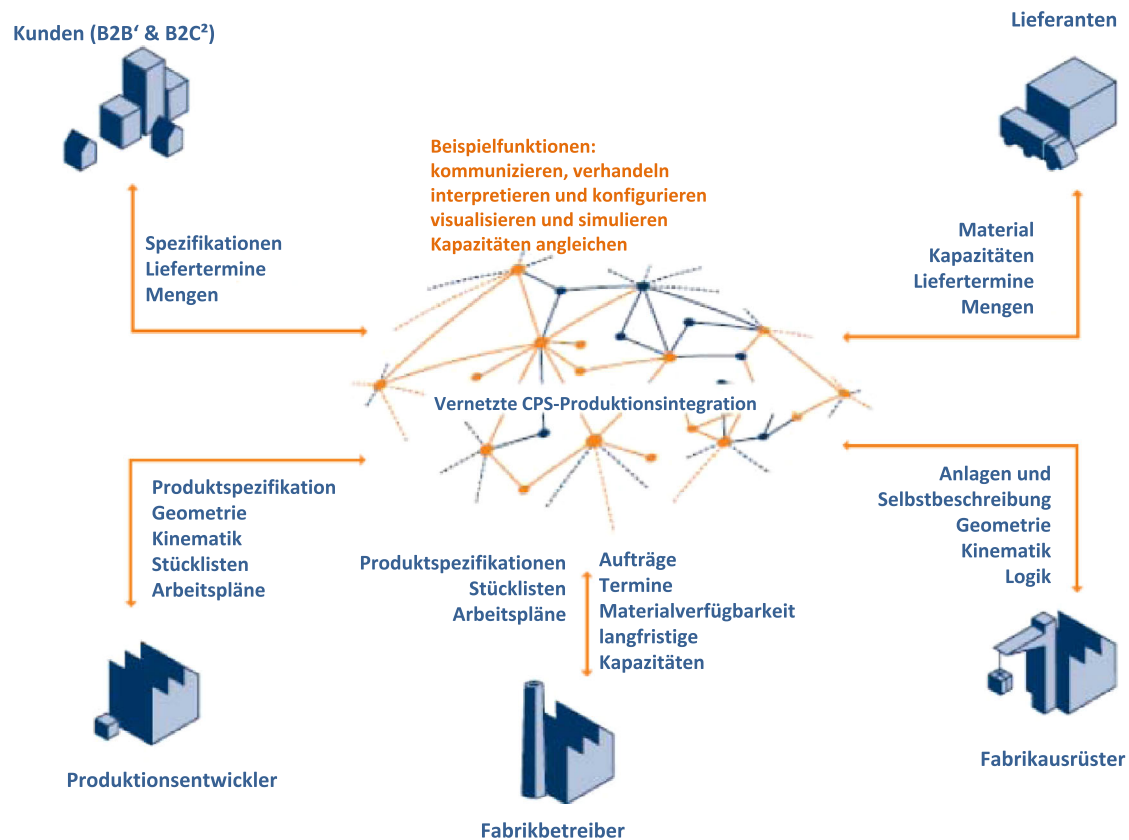
- Anpassung an den Menschen: Die neuen Fertigungssysteme sollen so ausgelegt werden, dass sie den Bedürfnissen des Menschen folgen und nicht umgekehrt.
- Corporate Social Responsibility: Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz rücken zunehmend in den Mittelpunkt der Gestaltung von industriellen Fertigungssystemen. Diese Faktoren stellen wesentliche Randbedingungen für Produkterfolge dar.

**Abbildung 1** visualisiert die Konsequenzen einer umfassenden Integration verschiedener Komponenten in die Wertschöpfungskette der Industrie 4.0. Dabei zeichnet sich das cyber-physische Produktionsnetzwerk insbesondere dadurch aus, dass es unabhängig vom Ort autonom agiert, umfassend integriert ist, vielfältig automatisiert betrieben wird und kontextspezifisch auf die Bedarfe und Anforderungen von Kunden reagieren kann. Zwischen den verschiedenen Akteuren bestehen vielfältige informationelle Verflechtungen und Abhängigkeiten.

## 3 Relevanz für die Wirtschaftsinformatik und exemplarische Anwendungsbereiche

Die Ansätze und Ideen im Umfeld von Industrie 4.0 liegen an der Schnittstelle von Elektrotechnik, Betriebswirtschaftslehre, (Wirtschafts-)Informatik und Maschinenbau sowie den zugehörigen Teildisziplinen. Eine eindeutige Zuordnung zu einer Disziplin scheint nicht möglich. Aus den gezeigten Bestandteilen von Industrie 4.0 eröffnen sich übergreifende Handlungsfelder, die für die Wirtschaftsinformatik von besonderem Interesse sind.

Dies wird deutlich, wenn man die historischen Wurzeln der Wirtschaftsinformatik als Disziplin berücksichtigt. Betrachtet man die ersten Anwendungsgebiete und Branchen, für die sich die Wirtschaftsinformatik interessiert hat, standen vielfach die Industrie und das produzierende Gewerbe im Fokus (bspw. Hassenkamp und Stahlknecht 2009, S. 16). Zwar hat sich die Wirtschaftsinformatik inzwischen anderen Branchen und Anwendungsgebieten geöffnet, allerdings besitzen integrierte Informationssysteme und ihre Modellierung und Gestaltung weiterhin eine zentrale Rolle. Folglich kann die Wirtschaftsinformatik auf etablierten Ergebnissen aufbauen.



**Abb. 1** Beispiel für die Verknüpfungen einer Wertschöpfungskette im Zukunftsprojekt „Industrie 4.0“ (Geisberger und Broy 2012, S. 56)

Für die Wirtschaftsinformatik ergeben sich insbesondere unter dem Thema der Integration interessante Ansatzpunkte im Kontext der Industrie 4.0 (Fettke 2013):

- Integration des physischen Basissystems und des Softwaresystems: Neue Möglichkeiten über die Verwendung von Echtzeitinformationen über RFID, Sensoren etc. erlauben eine fortgeschrittene Integration in vielfältigen Anwendungssystemen.
- Integration mit anderen Branchen und Wirtschaftszweigen: Es ist über integrative Konzepte mit anderen Branchen nachzudenken. Hierbei spielen insbesondere der Handel, die Logistik, aber auch Finanzdienstleistungen und sonstige Dienstleister eine besondere Rolle.
- Integration mit anderen Industrien und Industrietypen: Zwar kennt die Wirtschaftsinformatik unterschiedliche Betriebstypen, allerdings ist unklar, wie der Wechsel zwischen unterschiedlichen Betriebstypen informationstechnisch angemessen unterstützt werden kann.
- Integration in dynamischen Wertschöpfungsnetzwerken: Die Betrachtung

wertschöpfender Prozesse erhält im Kontext von Industrie 4.0 neue Aspekte, wenn die Leistungserstellung über den gesamten Produktlebenszyklus (Produkt-Service-Systeme) in dynamischen Netzwerken erfolgt. Hier gilt es, adäquate Konzepte zu entwickeln, die die Leistungserstellung unter Beachtung von komplementären und substituierenden Netzwerkpartnern berücksichtigen.

Vor diesem Hintergrund ergeben sich für die Wirtschaftsinformatik im Zeitalter der Industrie 4.0 neue Fragestellungen im Hinblick auf einen sinnvollen Grad an Integration, Automation und Dezentralisierung betrieblicher Informationssysteme.

Des Weiteren sind bereits vielfältige Anwendungsfelder für die Wirtschaftsinformatik entstanden, von denen im Folgenden einige wesentliche knapp exemplarisch angeführt werden:

- Modellierungsmethoden und Referenzmodelle: Neue Konzepte innerhalb von Industrie 4.0 führen zu einem Bedarf an erweiterten Modellierungsmethoden und spezifischen

Referenzmodellen (Fettke und Loos 2004).

- Innovative MES-/ERP-Ansätze: Einzelne Arbeiten beleuchten innovative Konzepte für Manufacturing Execution Systems (MES) und Enterprise-Resource-Planning-Systeme (ERP) (Klöpffer et al. 2012; Koch et al. 2010).
- Business Intelligence: Auf Basis der Nutzung quantitativer Methoden der Business Intelligence wurden bereits erste Konzepte und Modelle entwickelt sowie evaluiert (Gronau 2012; Lasi 2012).
- Digitale Produktgedächtnisse: Diese Systeme erlauben es, über alle Phasen des Produktlebenszyklus Daten zu sammeln, zu speichern und einer Auswertung zugänglich zu machen. Dies umfasst Daten der individuellen Produktion, Montage, Versand etc. (vgl. Brandherm und Kröner 2011).
- Entwicklungsmethodik: In der Industrie 4.0 werden auch innovative methodische Ansätze zur Planung und Entwicklung von Fertigungssystemen benötigt. Beispielsweise beschreiben Pohlmann (2008) und Loskyll (2013) jeweils spezielle methodische Ansätze

zur Planung, Steuerung und Kontrolle von Diensten in einer Fabrik, die den neuen technologischen Möglichkeiten und Anforderungen gerecht werden.

- Innovative Plattform-Architekturen: Wahlster (2014) geht davon aus, dass zukünftige Fertigungssysteme auf einer innovativen Plattform basieren, die intelligente Produkte, Daten und Dienste bündelt und einheitlich nutzbar macht.
- Datenmodelle und Austauschformate: Neue Fertigungstechnologien wie Additive Manufacturing führen zu neuen Anforderungen in den Bereichen Datenmodelle und Datenaustauschformate (Lasi et al. 2014). Hiervon betroffen sind sowohl engineering-orientierte als auch betriebswirtschaftliche Anwendungssysteme.

#### 4 Resümee und erwartete Entwicklungen

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass unter der Bezeichnung Industrie 4.0 verschiedene, primär IT-getriebene Veränderungen in Produktionssystemen subsumiert werden. Diese Entwicklungen haben jedoch nicht nur technische, sondern auch vielfältige organisatorische Implikationen. Hierdurch sind Veränderungen zu erwarten, die zum einen zu einem Wechsel von der Produkt- hin zur Dienstleistungs-Orientierung und zum anderen zum Aufkommen neuer Typen von Unternehmen, die spezielle Rollen im Fertigungsprozess bzw. in Fertigungsnetzwerken

übernehmen, führen (Scheer 2012). Beispielsweise ist denkbar, dass vergleichbar zu Broker und Clearingstellen in der Finanzdienstleistungsbranche analoge Unternehmenstypen auch innerhalb der Industrie entstehen.

Für die Wirtschaftsinformatik ergibt sich dabei mit der Planung, der Analyse, der Modellierung, dem Entwurf, der Implementierung und der Weiterentwicklung (kurz: der Gestaltung) derartiger hochkomplexer, dynamischer und integrierter Informationssysteme eine reizvolle und zugleich herausfordernde Aufgabe, wodurch die Wettbewerbsfähigkeit industrieller Unternehmen gesichert und ausgebaut werden kann.

#### Literatur

- Brandherm B, Kröner A (2011) Digital product memories and product life cycle. In: Proceedings 2011 7th international conference on intelligent environments (IE-11), Nottingham, UK, S 374–377
- Fettke P (2013) Big Data, Industrie 4.0 und Wirtschaftsinformatik. Vortrag vom 25. Oktober 2013 anlässlich der Ernennung zum DFKI Research Fellow. [http://www.dfki.de/web/ueber/research-fellows/131031\\_rf\\_vortrag\\_fettke\\_extern.pdf](http://www.dfki.de/web/ueber/research-fellows/131031_rf_vortrag_fettke_extern.pdf). Abruf am 2014-04-02
- Fettke P, Loos P (2004) Referenzmodellierungsforschung. WIRTSCHAFTSINFORMATIK 46(5):331–340
- Geisberger E, Broy M (2012) agendaCPS: Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. acatech, München
- Gronau N (2012) Analytic manufacturing. Productivity Management 5:19–21
- Hasenkamp U, Stahlknecht P (2009) Wirtschaftsinformatik – evolution of the discipline as reflected by its journal. Business & Information Systems Engineering 1(1):14–24
- Klöpffer B, Pater J, Dangelmaier W (2012) Parallel scheduling for evolving manufacturing systems. In: Proceedings of the 9th IEEE international conference on industrial informatics, S 1086–1091
- Koch M, Baars H, Lasi H, Kemper H (2010) Manufacturing execution systems and business intelligence for production environments. In: AMCIS 2010 Proceedings. <http://elibrary.aisnet.org/Default.aspx?url=http://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1427&context=amcis2010>. Abruf am 2013-02-25
- Lasi H (2012) Industrial intelligence – a BI-based approach to enhance manufacturing engineering in industrial companies. In: Proceedings of the 8th CIRP conference on intelligent computation in manufacturing engineering (CIRP ICME), Gulf of Naples, Italy
- Lasi H, Morar D, Kemper H-G (2014) Additive Manufacturing – Herausforderungen für die gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik. In: Tagungsband der Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI), Paderborn
- Loskyll M (2013) Entwicklung einer Methodik zur dynamischen kontextbasierten Orchestrierung semantischer Feldgerätefunktionalitäten. Technische Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern
- Lucke D, Constantinescu C, Westkämper E (2008) Smart factory – a step towards the next generation of manufacturing. In: Manufacturing systems and technologies for the new frontier: the 41st CIRP conference on manufacturing systems, Tokyo, Japan, S 115–118
- Pohlmann EG (2008) Methodik zur prozessorientierten Planung serviceorientierter Fabriksteuerungssysteme. Technische Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern
- Scheer A-W (2012) Industrierevolution 4.0 ist mit weitreichenden organisatorischen Konsequenzen verbunden! Information Management & Consulting 3:10–11
- Wahlster W (2014) Semantic technologies for mass customization. In: Wahlster W, Grallert H-J, Wess S, Friedrich H, Widenka T (Hrsg) Towards the Internet of services. Springer, Heidelberg, S 3–13