

Ahrens, Volker

**Working Paper**

## Die zukünftige Bedeutung der REFA-Methodenlehre im Rahmen von Industrie 4.0

Arbeitspapiere der Nordakademie, No. 2018-01

**Provided in Cooperation with:**

Nordakademie - Hochschule der Wirtschaft, Elmshorn

*Suggested Citation:* Ahrens, Volker (2018) : Die zukünftige Bedeutung der REFA-Methodenlehre im Rahmen von Industrie 4.0, Arbeitspapiere der Nordakademie, No. 2018-01, Nordakademie - Hochschule der Wirtschaft, Elmshorn

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/179936>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*



# **ARBEITSPAPIERE DER NORDAKADEMIE**

**ISSN 1860-0360**

**Nr. 2018-01**

## **Die zukünftige Bedeutung der REFA-Methodenlehre im Rahmen von Industrie 4.0**

**Volker Ahrens**

**Juni 2018**

Eine elektronische Version dieses Arbeitspapiers ist verfügbar unter:  
<https://www.nordakademie.de/die-nordakademie/forschung/publikationen/>



Köllner Chaussee 11  
25337 Elmshorn  
[www.nordakademie.de](http://www.nordakademie.de)

# Die zukünftige Bedeutung der REFA-Methodenlehre im Rahmen von Industrie 4.0

Volker Ahrens

NORDAKADEMIE – Hochschule der Wirtschaft, Elmshorn

Eine Revolution, wie sie mit Industrie 4.0 in Zusammenhang gebracht wird, bedeutet die Ablösung von Bisherigem durch grundlegend Neues. Da die REFA-Methodenlehre bereits aus der ersten industriellen Revolution hervorgegangen und seit Jahrzehnten etabliert ist, gehört sie zum alten Inventar industrieller Produktion. Der vorliegende Beitrag befasst sich aus einer wissenschaftlichen Perspektive mit der Frage, ob und ggf. inwieweit die REFA-Methodik dadurch tatsächlich zur Disposition steht.

## 1 Inflation industrieller Revolutionen

Die Geschichte des 1924 gegründeten Verbands für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung (REFA) und seiner Methodenlehre (REFA 2015) geht auf die Anfänge der industriellen Revolution zurück, während Industrie 4.0 seit etwa 2011 zur *High-tech*-Strategie der Bundesregierung gehört. Wenn Vergangenheit auf Zukunft trifft, hat die Vergangenheit zumeist das Nachsehen. Und so scheint es, als würde die REFA-Methodenlehre schon bald Geschichte sein. Dies gilt umso mehr, als die Versionsnummer 4.0 suggerieren soll, dass inzwischen nicht einmal mehr die zweite oder dritte, sondern sogar schon die vierte industrielle Revolution in vollem Gange ist (Abbildung 1).

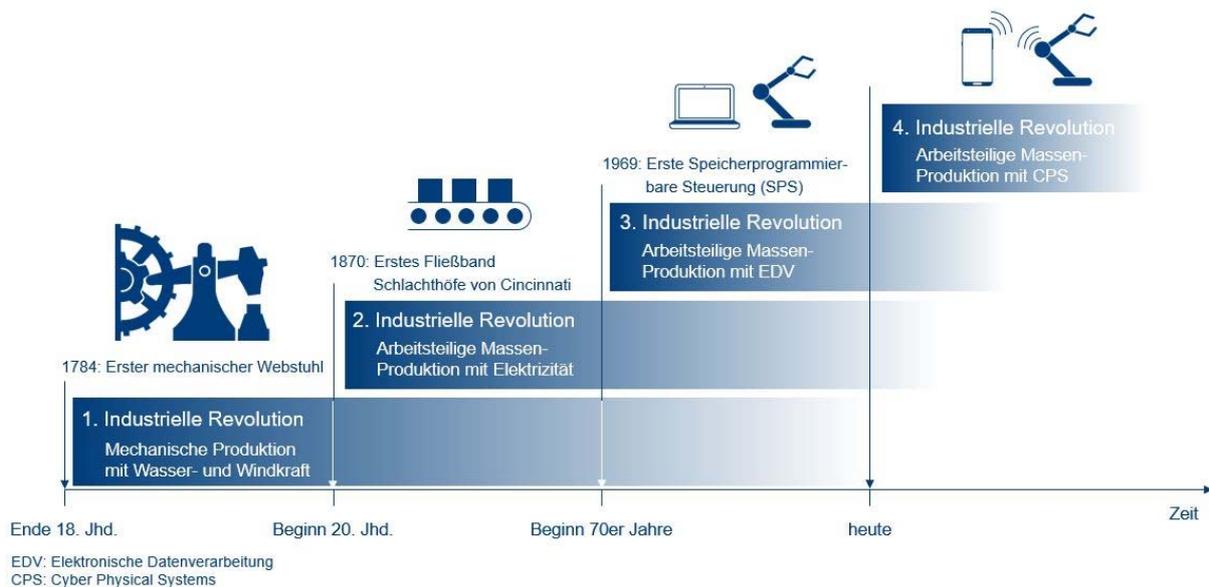


Abbildung 1: Angebliche industrielle Revolutionen

Wer eine Revolution ausruft, hat Umsturz im Sinn. Da soll kein Platz mehr sein für Bisheriges, da sieht die Zukunft ganz anders aus, und vor allem sieht sie besser aus<sup>1</sup>. Also muss man sich entscheiden, ob man zu den Guten gehören möchte, die mit großen Schritten in ein glorreiches Zeitalter marschieren, oder zu den Rückwärtsgewandten, die am Überholten festhalten und dem Fortschritt im Wege stehen. Beides ist nicht zu haben.

Allerdings sei die Frage erlaubt, ob es überhaupt zutrifft, dass aktuell eine Revolution stattfindet. Wählt man die Produktivität als Maßstab, was sich im technisch-ökonomischen Kontext anbietet, so lässt sich dies trefflich bestreiten (Ahrens 2012, 30 f.). Ein deutlicher Produktivitätszuwachs, wie er im Zuge einer Revolution anzunehmen ist, wird zur Folge haben, dass eine sehr viel größere Zahl an Menschen versorgt werden kann. Und tatsächlich hat es in der Geschichte der Menschheit zweimal einen solchen signifikanten Anstieg der Bevölkerungszahl gegeben: vor etwa 12.000 Jahren im Zuge der neolithischen Revolution, als sich Jäger und Sammler zu Ackerbauern und Viehzüchtern weiterentwickelten, und seit der Mitte des 18. Jahrhunderts mit dem Einsetzen der industriellen Revolution.

Abbildung 2 zeigt, dass der Zuwachs der Bevölkerungszahl stetig verläuft. Eine Aufeinanderfolge von vier Revolutionen hätte dagegen Unstetigkeiten bewirken müssen. Dass solche nicht erkennbar sind, kann als Beleg dafür verstanden werden, dass noch immer die zweite, die eine industrielle Revolution in vollem Gange ist. Doch nicht nur das spricht gegen

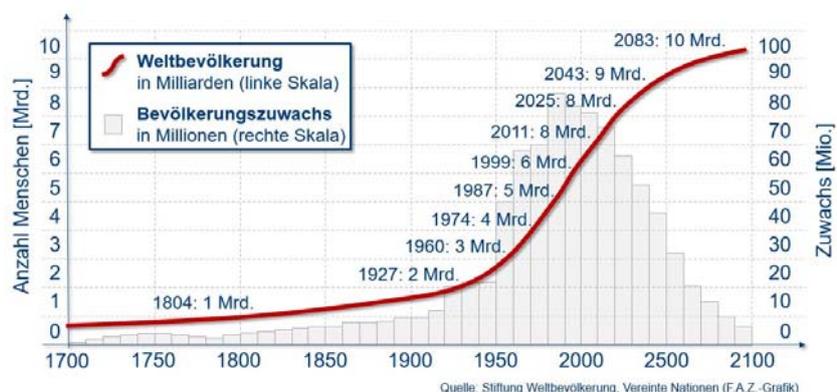


Abbildung 2: Entwicklung der Weltbevölkerung seit Beginn der industriellen Revolution

das Ausrufen immer neuer Revolutionen. Hinzu kommt, dass sowohl die jungsteinzeitliche als auch die gegenwärtige Revolution sehr viel mehr mitbrachten als nur technische Entwicklungen. So erklärt z. B. Hahn (2011, 1), dass die industrielle Revolution ermöglicht wurde „von einer Fülle von qualitativen Veränderungen wirtschaftlicher, sozialer, kultureller und politischer Art, die untereinander wiederum in einem engen Wirkungszusammenhang standen“. Insgesamt sei sie „nicht nur als technische Umwälzung, sondern [...] als grundlegende Veränderung der gesamten gesellschaftlichen Verhältnisse“ zu verstehen. In technischer Hinsicht wurden Privathaus und Manufaktur als vorindustrielle Produktionsstätten durch die Fabrik abgelöst, in ökonomischer Hinsicht ermöglichte sie „die volle Entfaltung des modernen kapitalistischen Wirtschafts- und Gesellschaftssystems, in dem der Markt zur zentralen regulierenden Instanz wurde“, und in politischer Hinsicht resultierte daraus schließlich die Demokratie.

Keine der in Abbildung 1 benannten Revolutionen hat dagegen etwas anderes als eine Weiterentwicklung technischer Möglichkeiten mit sich gebracht. Und gerade die aktuellen und noch zu erwartenden Entwicklungen der Datenverarbeitungs- und Kommunikationstechnik scheinen den gesamtgesellschaftlichen Fortschritt sogar eher zu bedrohen als zu befördern. So weist z. B.

<sup>1</sup> Bemerkenswert erscheint im Gegensatz dazu, dass es unter den zahlreichen *Science-Fiction*-Romanen und -Filmen, die sich mit künstlicher Intelligenz befassen, nicht einen gibt, der ein positives Szenario entwickelt. Vor allem totalitäre Regime und Anarchien spielen dagegen immer wieder eine große Rolle.

die internationale *Anonymous*-Bewegung<sup>2</sup> darauf hin, dass durch die weitgehende Rechtsfreiheit des virtuellen Raums der moderne Rechtspositivismus bedroht sei, so dass ein Rückfall in das Naturrecht bevorstehe, wenn es nicht gelänge, Persönlichkeitsrechte wie Datenschutz und Datensicherheit wirkungsvoll durchzusetzen. In diesem Sinne kann sich die aktuelle Entwicklung, wenn man denn den Revolutionsbegriff überhaupt anwenden wollte, letztlich sogar als Konterrevolution erweisen.

Zusammenfassend lässt sich aber feststellen, dass es sich bei der aktuellen Entwicklung gar nicht um eine Revolution, sondern um eine Evolution handelt (Ahrens 2012, 30 f.), in deren Zuge die jeweiligen technischen Weiterentwicklungen aufgegriffen und ebenso wie für alle anderen Lebensbereiche auch für Produktion und Logistik nutzbar gemacht werden. Dass dabei zurzeit vor allem die Datenverarbeitungs- und Kommunikationstechnik einen großen Fortschritt ermöglicht, ist gar nicht zu bestreiten, begründet aber kein neues Zeitalter.

Der Vorteil einer solchen Einschätzung besteht darin, dass die Errungenschaften der Vergangenheit dadurch nicht über Bord geworfen werden müssen. Sie werden nicht etwa durch neue und ganz andersartige Entwicklungen vollständig abgelöst, sondern durch diese ergänzt und unterstützt. Dies gilt auch für die REFA-Methodenlehre: sie ist mitnichten überholt, sondern zeitgemäß wie seit Beginn der industriellen Revolution, und sie hat die Chance, durch neue Technologien weiter verbessert und ergänzt zu werden. Zugleich erlaubt die Einschätzung der aktuellen Entwicklung als Evolution, neue Chancen aus der technischen Entwicklung zu nutzen, gebietet allerdings auch, Risiken im Blick zu behalten und ihnen beizugehen mit wirksamen Maßnahmen zu begegnen.

## 2 Technologiegetriebene versus wertschöpfungsorientierte Entwicklung

Industrie 4.0 setzt vor allem auf den technologischen Fortschritt. Als aktueller Treiber dieses Fortschritts gilt die digitale Datenverarbeitungs- und Kommunikationstechnik – kurz: Digitalisierung. Das ist nicht neu. Bereits in den 1980er Jahren galt der Computer als Heilsbringer: *Computer Integrated Manufacturing (CIM)* hieß seinerzeit das Zauberwort. In menschenleeren Fabriken sollten nur noch Roboter die Arbeit verrichten. In den 1990er Jahren folgte dann die Ernüchterung. Plötzlich war von *CIM*-Ruinen die Rede (Scheer 1991, 1 ff.; Ulrich 1993, 29 ff.). Dabei zeigte sich in der Folge, dass tatsächlich immer mehr Computertechnologie Einzug in die Fabrikhallen hielt. Der Fehler bestand seinerzeit also lediglich darin, zu schnell zu viel versprochen zu haben.

Aus diesem Fehler hat man nicht gelernt. Mit dem Ausrufen einer Revolution, mit einem Versprechen disruptiver Entwicklungen (Demont/Paulus-Rohmer 2015, 108 f.) wird auch heute wieder viel versprochen, was angeblich sehr schnell, nämlich in Form eines radikalen Umbruchs, eintreten wird. Und in diesem Zusammenhang findet man ausdrückliche Bezüge zum *CIM*-Versprechen der 1980er Jahre. So sah zum Beispiel Spur (2013, 7 f.) in Industrie 4.0 eine Neuauflage von *CIM*: „Die rechnerintegrierte Produktionsfabrik ist im Sinne der bekannten ‚*CIM*-Vision‘ nunmehr ein tatsächlich erreichbares Ziel geworden“. Simon (2013, 38 ff.) empfiehlt, sich unter Industrie 4.0 eine fast menschenleere Fabrik vorzustellen, „in der Fahreroboter wie von Geisterhand gesteuert Fertigungsanlagen und Abfüllstationen anfahren, um Rohlinge, Halb- oder Fertigprodukte abzuliefern oder abzuholen“. Und Soder (2014, 85 ff.) versteht *Lean*

---

<sup>2</sup> Mit Hilfe einer Maske verweist diese Bewegung auf Guy Fawkes, der mit anderen am 5. November 1605 plante, aus Protest gegen die Ächtung seiner Konfession den englischen König James I. zu töten. Seit der Antike gilt ein solcher Tyrannenmord als legitim. Das deutsche Grundgesetz beinhaltet ein solches Widerstandsrecht in Art. 20 Abs. 4.

*Production* als Weiterentwicklung der *CIM*-Vision und Industrie 4.0 wiederum als Konsequenz aus der Idee einer schlanken Produktion.

Tatsächlich stehen *Lean Production* und *CIM* bzw. Industrie 4.0 für geradezu gegensätzliche Konzepte (Abbildung 3):

- *Lean Production* folgt ebenso wie ursprünglich das *Scientific Management*, daran anschließend *Industrial Engineering* und insofern auch die REFA-Methodenlehre, dem ökonomischen Imperativ, der auf die Optimierung des Verhältnisses zwischen eingesetzten Mitteln und angestrebtem Nutzen zielt.
- *CIM*, die digitale Fabrik (Bracht et al. 2011) und nunmehr Industrie 4.0 folgen dagegen dem technologischen Imperativ<sup>3</sup>, nach dem aus dem Können das Sollen folgt. Was technologisch möglich erscheint, soll realisiert werden – aus ökonomischer Sicht könnte man kritisch hinzufügen: koste es, was es wolle.

Aus dieser Gegenüberstellung ließe sich leicht die Schlussfolgerung ziehen, dass der technologiegetriebene Ansatz dem ökonomischen Ansatz wirtschaftlich unterlegen ist. Das aber wäre vor allem aus deutscher Sicht zu kurz gegriffen, denn gerade deutsche Unternehmen und damit die deutsche Wirtschaft leben von der Entwicklung und

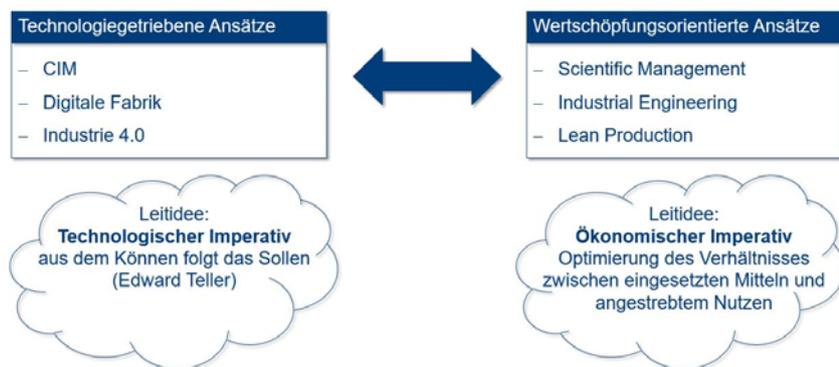


Abbildung 3: Technologiegetriebene versus wertschöpfungsorientierte Ansätze

vom weltweiten Verkauf von *Hightech*-Produkten. Insofern wäre es falsch, das Bemühen um Industrie 4.0 pauschal zu kritisieren. Wollen deutsche Unternehmen ihren technologischen Vorsprung halten, müssen sie neue Technologien erschließen. Allerdings dürfen sie einen Fehler nicht machen: sie dürfen nicht alles das, was dabei an Innovationen herauskommt, selbst flächendeckend zum Einsatz bringen. Vielmehr gilt es auch zukünftig, für jede Investition in Technologie eine nüchterne Investitionsrechnung anzustellen und nur das zu automatisieren, was sich rechnet. In dieser Hinsicht behält der ökonomische Imperativ seinen Vorrang vor dem technologischen Imperativ<sup>4</sup>. Den Fehler, der Technologie zu viel zuzutrauen und nun statt *CIM*-Ruinen Industrie 4.0-Ruinen zu errichten, sollte man nicht ein zweites Mal machen.

Protagonisten von Industrie 4.0 sehen das oft anders. Wenn sie beobachten, dass ihre Idee in der Praxis nicht im erwarteten Ausmaß Wirkung entfaltet, führen sie dies in der Regel nicht auf die gerade genannten Grenzen der Wirtschaftlichkeit von Automatisierung zurück, sondern auf einen Mangel an Kenntnis und Einsicht bei denjenigen, die sie als Zielgruppe ausgemacht haben. Daraus leiten sie als Maßnahme ab, noch mehr Überzeugungsarbeit zu leisten. Tatsächlich dürfte es aber oft eine nüchterne Investitionsrechnung sein, die Unternehmerinnen und Unternehmer davon abhält, schlanke Lösungen durch *Hightech* zu ersetzen.

Der REFA-Methodenlehre als Vertreterin des ökonomischen Imperativs kommt damit eine wichtige Rolle zu, nämlich die, zur Balance zwischen der Automatisierung auf der einen Seite

<sup>3</sup> Edward Teller erklärte in Bezug auf die von ihm maßgeblich mit entwickelte Wasserstoffbombe: „Der technische Mensch soll das, was er verstanden hat, anwenden“ (zitiert nach Lenk/Ropohl 1973, 6 f.).

<sup>4</sup> Von ethischen Aspekten, die im Zusammenhang mit dem technologischen Imperativ eine entscheidende Rolle spielen, wird hier abgesehen. Siehe dazu Lenk/Ropohl 1973.

und der von Menschen gelenkten und durchgeführten Arbeit auf der anderen Seite beizutragen. REFA steht nicht auf der Seite des Vertriebs von *Hightech*-Lösungen, sondern auf der Seite potenzieller Anwender, die entscheiden müssen, wieviel *Hightech* sich für sie rechnet. Und nach wie vor sind es oft eher die einfachen Lösungen, die wirtschaftlicher sind. Das ist die Lehre, die sich in den 1990er Jahren nach der Bauchlandung der seinerzeit vorausgegangenen Digitalisierungskampagne aus der Analyse des Toyota-Produktionssystems ziehen ließ (Womack et al. 1994).

### 3 Technikorientierung versus Humanorientierung

Für eine Positions- und Potenzialbestimmung der REFA-Methodenlehre ist weiterhin von Bedeutung, was von Industrie 4.0 erwartet werden kann und was nicht. Vor allem sollen die daraus hervorgehenden Technologien nämlich eines sein: intelligent und in der Folge autonom (Auerbach et al. 2013, 561 ff.). Sie sollen also selbst Entscheidungen treffen.

Allerdings bleibt in der aktuellen Diskussion zumeist unscharf, was genau Intelligenz in diesem Zusammenhang bedeutet. So wird der Intelligenz-Begriff beispielsweise in der Forschungsagenda der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften zu *cyber*-physikalischen Systemen (Geisberger/Broy 2012) etwa 200 Mal verwendet, jedoch kein einziges Mal definiert. In seinem Fachbuch zur Industrie 4.0 gesteht Sendler (2013, 9 f.) zwar ein, dass die Bezeichnung technischer Systeme als intelligent durchaus gewagt ist, hält dies aber dennoch für berechtigt. Oft werden sogar *Smartphones* als intelligente Endgeräte bezeichnet. Dies findet sich nicht nur bei Sendler (ebd.), sondern beispielsweise auch im Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0 (Kagemann et al. 2013, 17), in der oben bereits erwähnten Forschungsagenda (Geisberger/Broy 2012, 53) und in wissenschaftlichen Aufsätzen wie dem von Auerbach et al. (2013, 561). Vor diesem Hintergrund erscheinen Versuche wie der von Bretschneider-Hagemes (2013, 182), den Intelligenz-Begriff im Zusammenhang mit technischen Systemen genauer zu definieren, auf den ersten Blick durchaus weiterführend. Allerdings zeigt ein zweiter Blick in einschlägige Lehrbücher (z. B. Ertel 2013, 1 ff.; Russel/Norvig 2012, 22 ff.), dass dies alles gar nicht mehr notwendig ist, denn eigentlich ist das schon seit Jahrzehnten bestens bekannt.

Das wird besonders deutlich, wenn man heute verbreitete Schlagwörter wie „Smarte (intelligent) Technologien (künstlich)“ zurück übersetzt in bereits seit mehr als 60 Jahren eingeführte Begriffe wie „Künstliche Intelligenz“ (KI). Denn tatsächlich geht es in der aktuellen Diskussion genau darum. Doch Hinweise darauf finden sich, wenn überhaupt, nur am Rande. So wird die KI in dem oben erwähnten Abschlussbericht auf 112 Seiten gerade einmal unter zwei Spiegelstrichen erwähnt (Kagemann et al. 2013, 94 f.), was auch deshalb bemerkenswert erscheint, weil das Deutsche Institut für Künstliche Intelligenz (sic) an der Herausgabe beteiligt war. Die oben ebenfalls schon erwähnte, insgesamt 296 Seiten umfassende Forschungsagenda widmet der KI gerade einmal zwei Seiten (0,7 %) und erwähnt sie darüber hinaus nur noch an einigen weiteren Stellen. Viele wissenschaftliche Aufsätze wie z. B. der von Auerbach et al. (2013, 561 ff.) verzichten ganz auf explizite Bezüge zur KI-Forschung, andere Aufsätze wie der von Spur et al. (2012, 882) beschränken sich auf beiläufige Erwähnungen ohne Quellenangaben.

Mit anderen Begriffen wie zum Beispiel Autonomie oder Selbstorganisation verhält es sich ähnlich. Insgesamt betroffen sind vor allem Begriffe, die ihren Ursprung in geistes- und sozialwissenschaftlichen Disziplinen wie Soziologie oder Psychologie haben und nun auf technische Disziplinen übertragen werden. Ansätze, die darauf abzielen, lassen sich in zwei Kategorien einteilen:

- Die Sozionik bezeichnet einen wissenschaftlichen Ansatz, der technische Systeme nach sozialem Vorbild gestaltet (Florian/Hillebrandt 2004, 10 ff.). Ausgangspunkt ist die Technik, die mit sozialen Fähigkeiten und Eigenschaften wie Intelligenz, Autonomie und Selbstorganisation ausgestattet werden soll.
- Alternativ dazu lässt sich der Mensch als Ausgangspunkt wählen (Ahrens 1996; Ahrens 1998). Entsprechende Ansätze basieren auf der Einsicht, dass der Mensch intelligent und autonom ist und sich selbst organisiert. Technik soll so umgestaltet werden, dass sie den Menschen dabei unterstützt, diese Fähigkeiten und Eigenschaften zur vollen Geltung zu bringen.

Der erstgenannte Ansatz folgt dem technologischen Imperativ. Allerdings versuchen Vertreter dieses Ansatzes, diesen Verdacht zu zerstreuen. So erklärt zum Beispiel Bauernhansl (2013, 573) in einem Interview, der Mensch stehe weiterhin im Mittelpunkt. Das wäre durchaus als Humanorientierung interpretierbar, wenn nicht sogleich betont würde, dass der Mensch angesichts der beabsichtigten technischen Entwicklungen eine neue Rolle finden müsse (ebd.), weil andere Anforderungen an ihn gestellt würden (Russwurm 2013, 33). Solche Äußerungen können leicht dahingehend verstanden werden, dass sich der Mensch der Technik zu unterwerfen hat. Dem steht allerdings die verbreitete Auffassung entgegen, dass Technik dem Menschen dienen soll und nicht umgekehrt. Analog zur Forderung von Ulrich (2008) nach einer lebensdienlichen Ökonomie geht es hier um eine lebensdienliche Technologie und nicht um ein technologiedienstliches Leben.

In diesem Sinne wird im Folgenden ein systemtheoretischer Ansatz vorgestellt, der einen Beitrag dazu leisten soll, das Verhältnis zwischen Mensch und Technik zu klären und auf diese Weise zu zeigen, wie technische Systeme im Sinne des zweitgenannten, humanzentrierten Ansatzes gestaltet werden müssen, damit sie Menschen dabei unterstützen, ihre Intelligenz zur vollen Geltung zu bringen.

#### **4 Ein Modell soziotechnischer Handlungssysteme**

Ropohl (2009, 43 f.) zeigt auf der Grundlage seiner Systemtheorie der Technik, dass diese kein isoliertes Eigenleben führt, sondern immer in soziotechnische Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge eingebunden ist. Daher kann Technik nicht in dem Sinne autonom sein, wie Verweise auf einen soziologischen oder psychologischen Ursprung dieses Begriffs nahelegen. Beispielsweise kann Technik nicht losgelöst vom Menschen Verantwortung für die Folgen ihres Einsatzes übernehmen. Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoller, Spur et al. (2012, 879) zu folgen, die den Kern der zukünftigen Entwicklung als weiter zunehmende Automatisierung beschreiben. Damit ändert sich dann auch die Rolle des Menschen nicht wesentlich: so haben Produktionsmitarbeiterinnen und -mitarbeiter schon seit langer Zeit und nicht, wie Russwurm (2013, 33) vorhersagt, erst in Zukunft weniger die Aufgabe, Maschinen zu bedienen, sondern mehr die Aufgabe, diese zu überwachen und nur in Ausnahmesituationen einzugreifen. Es werden allenfalls mehr Menschen davon betroffen sein.

Um den Unterschied zwischen Automation und Autonomie deutlich zu machen, ist eine Erweiterung der üblicherweise zugrundeliegenden Modellvorstellung erforderlich. Bis heute weit verbreitet ist das EVA-Modell, nach dem ein System Eingangsgrößen (E) zu Ausgangsgrößen (A) verarbeitet (V). Auf dieser Grundlage werden oft auch soziotechnische Systeme modelliert, also Systeme, die neben Technik auch soziales Handeln umfassen. Abbildung 4 zeigt exemplarisch, wie auf diese Weise ein ganzes Unternehmen modelliert wird (Wiendahl 2010, 10). Dem liegt die Maschinenmetapher zugrunde, also die Vorstellung, dass ein Unternehmen ebenso zu funktionieren hat wie eine gut geölte Maschine (Kieser/Ebers 2006, 97).

Das EVA-Modell beschreibt Systeme, die in jeder relevanten Hinsicht offen sind. Dies ist im Umgang mit technischen Systemen zwingend erforderlich, denn diese sollen – jedenfalls nach bisheriger Auffassung – stets beherrschbar sein, was voraussetzt, dass die Verarbeitungsprozesse (V), nach denen Eingangsgrößen (E) in Ausgangsgrößen (A) transformiert werden, im Sinne von Forsters (1994, 207) trivial sind. Insofern sind technische Systeme heteronome, also fremdbestimmte, nämlich durch Menschen beherrschte Systeme und damit das genaue Gegenteil von autonomen Systemen.

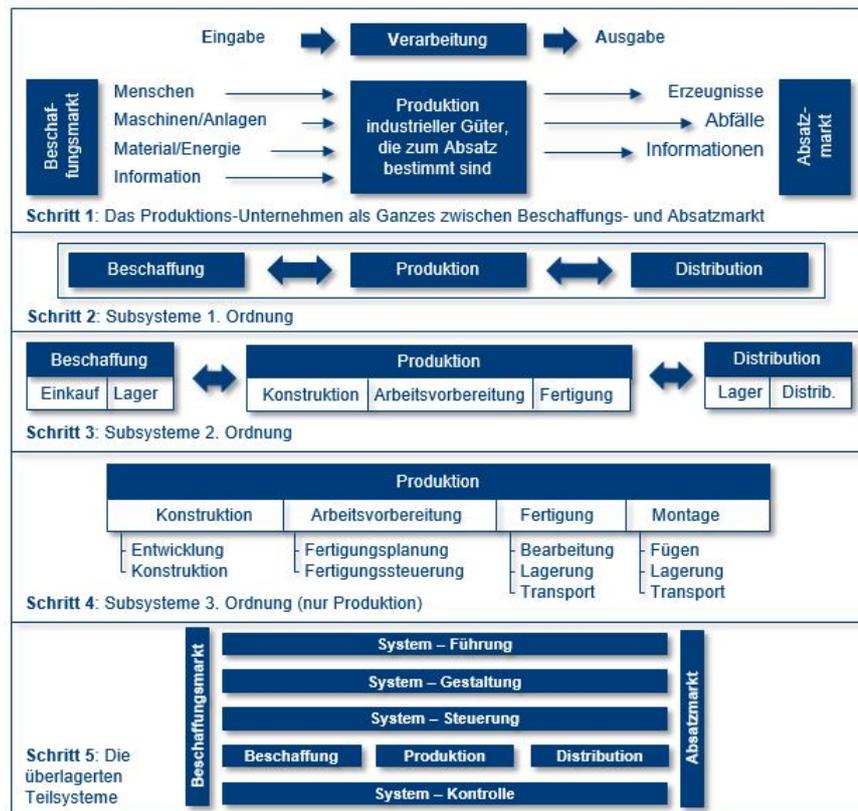


Abbildung 4: Ableitung eines Unternehmensmodells vom EVA-Modell (Wiendahl 2014, 24)

Soziale Systeme werden dagegen inzwischen nicht mehr als offene Systeme aufgefasst. Vielmehr hat sich in der Soziologie die Einsicht durchgesetzt, dass solche Systeme infolge ihres autopoietischen Charakters weitgehend geschlossen sind und Offenheit erstens selbst und nicht etwa von außen quasi erzwingbar, zweitens nur unter bestimmten Bedingungen und drittens nur in bestimmten Hinsichten herstellen (Luhmann 1996, 24 f.).

Die Abbildung soziotechnischer Systeme erfordert daher ein Modell, das das EVA-Modell zur Abbildung rein technischer Systeme in soziale Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge einbindet und dabei der operativen Geschlossenheit sozialer Systeme Rechnung trägt. Dazu kann das von Ropohl (1979, 131) vorgeschlagene Modell soziotechnischer Handlungssysteme herangezogen werden. Allerdings bedarf dieses Modell gerade in Bezug auf die Autonomie einer anderen Interpretation (Ahrens 1996, 93 ff.; Ahrens 1998, 53 ff.), denn Ropohl behandelt diese lediglich als Option (Ropohl 1979, 115) und lehnt anderslautende Erkenntnisse der soziologischen Forschung strikt, ja geradezu rüpelhaft ab (ebd., 49).

In seiner Außensicht gleicht das Modell soziotechnischer Handlungssysteme (Abbildung 5) dem EVA-Modell. Wie dieses verarbeitet es Energie, Masse und Information. Intern ist es jedoch funktional in drei Subsysteme ausdifferenziert: Im Ausführungssystem finden alle stofflichen und energetischen Prozesse statt. Daten und Befehle werden vom Informationssystem verarbeitet und das Entscheidungssystem gibt die Ziele des Handelns vor.

In Bezug auf die Autonomie soziotechnischer Systeme ist von besonderer Bedeutung, dass das Entscheidungssystem über keine direkte Verbindung zur Umwelt verfügt. Stattdessen kommuniziert es mit der Umwelt über den Umweg des Informations- und des Ausführungssystems, wobei diese beiden Subsysteme quasi als Filter wirken.

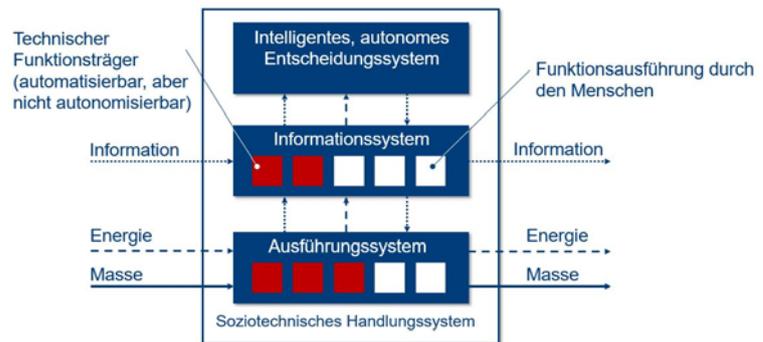


Abbildung 5: Modell eines soziotechnischen Handlungssystems (Ahrens 1996, 96 ff.)

Dies stellt gegenüber der ursprünglichen Fassung von Ropohl (1979, 130 ff.) insofern eine modifizierte Interpretation dar, als dieser Handlungssysteme als prinzipiell offen betrachtet und ihre relative Isoliertheit lediglich als Maßnahme zur Modellvereinfachung versteht (ebd., 110). In späteren Ausgaben des zitierten Werks (1998, 2009) ist diese Aussage zwar ohne Angabe von Gründen entfallen, doch die Konsequenz daraus wird aufrechterhalten. So erklärt Ropohl sowohl in der ersten (1979, 115) als auch in der jüngsten (2009, 98) Ausgabe, dass Handlungssysteme sowohl aufgrund vorgegebener als auch aufgrund selbst gesetzter Ziele handeln. Autonomie im Sinne von Selbstbestimmung, Unabhängigkeit und Entscheidungsfreiheit wird dadurch lediglich zur Option.

Tatsächlich sind soziale Systeme jedoch immer autonom. Um dies zu demonstrieren, sei angenommen, dass das Modell soziotechnischer Handlungssysteme auf der untersten Ebene menschliche Individuen als personale Handlungssysteme abbildet (Abbildung 5). Ferner sollen an dieser Stelle die Funktionsträger eingeführt werden, die im Informations- und im Ausführungssystem bestimmte Aufgaben erledigen. So kann der Mensch Handlungen mit oder ohne technische Hilfe durchführen. Lediglich Entscheidungen sind stets dem Menschen vorbehalten und können nicht an Technik delegiert werden. Auf diese Weise bleibt die Verantwortung für die Folgen von Handlungen, insbesondere auch für den Einsatz von Technik zur Unterstützung von Handlungen, an den Menschen gebunden. Das bedeutet, dass die Ausführung von Funktionen automatisiert werden kann, jedoch nie autonom erfolgt.

Eine noch weitere Zerlegung des Modells, beispielsweise in einzelne technische Systeme, ist in diesem Kontext nicht sinnvoll, weil als Element eines Systems nur behandelt werden kann, „was für ein System als nicht weiter auflösbare Einheit fungiert (obwohl es, mikroskopisch betrachtet, ein hochkomplexes Zusammengesetztes ist)“ (Luhmann 1984, 43). In diesem Sinne lassen sich Handlungsaspekte stets nur auf andere Handlungsaspekte beziehen. Ropohl (2009, 44) meint das Gleiche, wenn er Technik stets als Bestandteil soziotechnischer Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge betrachtet.

Eine Anwendung des Modells auf höheren Ebenen ist dagegen möglich und sinnvoll. Bildet man damit beispielsweise ein Unternehmen ab, so kann man das Entscheidungssystem vereinfachend als Unternehmensführung, das Informationssystem als mittleres Management und das Ausführungssystem als operative Unternehmensebene interpretieren (ebd., 111 f.). Legt man nun die Deutung von Ropohl zugrunde, so lässt sich daraus zwar nicht zwingend eine hierarchische Weisungskette ableiten, aber eine solche ist durchaus möglich. Anders verhält es sich jedoch, wenn man das Modell konsequent beibehält. Dann ergibt sich für die Unternehmensebene eine Struktur, wie sie in Abbildung 6 dargestellt ist. Darin wird deutlich, dass Befehle der hierarchisch übergeordneten Instanzen nicht direkt an die Entscheidungssysteme der untergeordneten Instanzen adressiert werden können, sondern diese nur über den Umweg und Filter

der Informationssysteme erreichen, so dass die Befehle für die untergeordneten Instanzen lediglich einen Teil der Randbedingungen bilden, unter denen Entscheidungen autonom getroffen werden.

Autonomie bedeutet nicht, dass Handlungssysteme autistisch sind in dem Sinne, dass sie sich von ihrer Umwelt vollkommen abkoppeln. Allerdings werden Vorgaben nicht strikt befolgt, sondern selektiv zur Kenntnis genommen, interpretiert und mit eigenen Vorstellungen korreliert. Das Ergebnis dieses komplexen Verarbeitungsprozesses kann, muss aber nicht mehr viel mit dem zu tun haben, was externe (weisungsbefugte) Instanzen erwarten. Praktisch lässt sich dies in Unternehmen beispielsweise an den informellen Strukturen beobachten, die regelmäßig neben der formalen Organisation existieren und oft einen erheblichen Einfluss auf das betriebliche Geschehen nehmen (Krohn/Küppers 1990, 121).

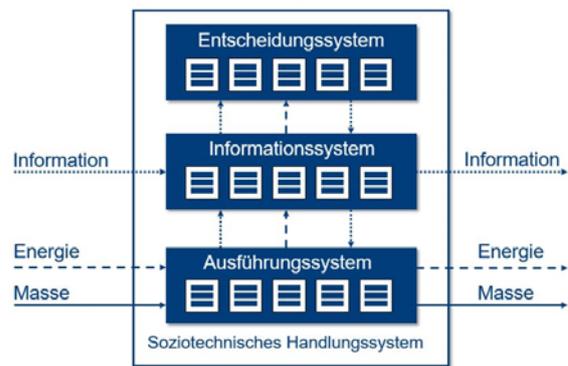


Abbildung 6: Modell eines soziotechnischen Handlungssystems auf Gruppenebene (Ahrens 1996, 96 ff.)

## 5 Schlussfolgerungen für die Entwicklung lebensdienlicher Technologien

Auf der Grundlage dieses Modells lässt sich nun klären, wie technische Systeme gestaltet werden müssen, die im Sinne des humanzentrierten Ansatzes intelligente, autonome und sich selbst organisierende Menschen dabei unterstützen, ihre Fähigkeiten zu entfalten. Dabei ist es unerheblich, ob die Technik künstlich intelligent ist oder nicht. Entscheidend ist, dass sie sich dem Menschen unterordnet, dessen Autonomie respektiert und seine daraus resultierende Fähigkeit zur Selbstorganisation stärkt. Zwei konkrete Beispiele sollen zeigen, wie sich auf dieser Grundlage geeignete von weniger geeigneter Technik unterscheiden lässt.

Ein Beispiel für Technik, die den neuen Erkenntnissen der soziologischen Forschung nicht gerecht wird, sind *Manufacturing Execution Systems (MES)* (Kletti 2013, 36 ff.). Sie unterstellen, dass Kopf- und Handarbeit im tayloristischen Sinne noch immer streng getrennt sind, so dass der Führung alle Informationen verfügbar gemacht werden müssen, die für notwendig erachtet werden, um die ausführenden Instanzen zu lenken. Betriebs- und Maschinendatenerfassung sollen dazu maximale Transparenz schaffen. Die oft geringe Akzeptanz dieser Datenerfassungssysteme bei den Betroffenen und der große Einfluss informeller Strukturen zeigen exemplarisch die praktischen Grenzen dieses Ansatzes.

Ein Beispiel für Technik, die das Potenzial hat, den humanzentrierten Ansatz zu fördern, sind sogenannte Assistenzsysteme (Ahrens 1998, 92). Solche Systeme sollen im Sinne eines Beistands Unterstützung bieten, wenn und soweit diese gewünscht wird, jedoch keine Vertretungsvollmacht haben und insoweit auch nicht von sich aus tätig werden. Dafür ist es allerdings erforderlich, die Autonomie der soziotechnischen Handlungssysteme zu wahren und nicht etwa durch das inzwischen weit verbreitete Ausspähen von Daten zu unterlaufen. Zugleich ist es möglich und notwendig, Verantwortung an diejenigen zu delegieren, die autonom handeln. Diese müssen in dem Maße für die Folgen ihres Handelns einstehen, in dem sie Autonomie darüber erlangen.

Die konkreten Funktionen, die in Assistenzsystemen automatisiert werden können und sollten, unterscheiden sich gar nicht wesentlich von denen üblicher *MES*, denn im Kern geht es in

Produktion und Logistik immer um die gleichen Aufgaben: Allokation von Ressourcen, Distribution von Waren und Bereitstellung von Daten. Lediglich die Art der Ausführung ändert sich teilweise, wenn Funktionen wie diese dezentralisiert werden. Abbildung 7 zeigt dazu das Beispiel einer Unterstützung einer manuellen Kommissionierung durch eine Datenbrille und durch ein Headset (Günthner et al. 2009, 111).



Abbildung 7: Beispiel eines Assistenzsystems - Datenbrille und Headset zur Unterstützung einer manuellen Kommissionierung (Günthner 2009, 111)

Die Allokation von Ressourcen erfordert im Einzelnen die Lösung von Zuordnungs- und Reihenfolgeoptimierungsproblemen. Bei einer Dezentralisierung ändert sich nur die Art der Zuordnungsoptimierung, da diese nicht mehr von zentraler Stelle aus erfolgt, sondern unter autonomen Arbeitssystemen ausgehandelt wird, beispielsweise auf der Basis von Marktmechanismen (Ahrens 1998, 70 ff.).

Die Art der Reihenfolgeoptimierung kann dagegen weitgehend beibehalten werden (ebd., 131 ff.). Die Distribution von Waren erfordert im Einzelnen die Standortwahl und die Routenplanung, und auch dabei ist nur die Standortoptimierung zu dezentralisieren, da es für eine dezentrale Routenoptimierung schon heute brauchbare Lösungen wie z. B. Navigationssysteme gibt. Schließlich müssen nutzungsspezifische Daten in Echtzeit bereitgestellt und aufbereitet werden. Dabei ist nur die Zielgruppe der ausführenden Instanzen zu ergänzen und die Informationsversorgung des Managements ist so umzugestalten, dass sie die Autonomie der untergeordneten Instanzen respektiert.

Folgt man dem humanzentrierten Ansatz, so liegt die eigentliche Herausforderung nicht in der Technik, denn viele technische Lösungsansätze, die im Rahmen des Forschungsprogramms Industrie 4.0 gefordert werden, liegen längst vor und müssen nur noch zur Marktreife gebracht werden. Beispiele dafür sind Anwendungen der Künstlichen Intelligenz wie Agentensysteme (Göhner 2013, 3 ff.) oder Algorithmen zur Aufbereitung großer Datenmengen (Ertel 2013, 177 ff.).

Die eigentliche Herausforderung liegt darin, die tayloristische Trennung von Kopf- und Handarbeit zu überwinden und operativ tätigen Menschen zuzutrauen, dass sie unter geeigneten Bedingungen auch und gerade dann einen guten Job machen, wenn sie sich selbst organisieren. Dies ist vor allem in Systemen erforderlich, deren Komplexität das Maß übersteigt, das hierarchisch beherrschbar ist (Ahrens 2015). Beispiele dafür sind große Unternehmen sowie Unternehmen, die komplexe Produkte herstellen oder Produkte mit Hilfe komplexer Fertigungstechnologien produzieren. Und dass es solche Unternehmen gibt, wird zur Begründung der Notwendigkeit des Forschungsprogramms Industrie 4.0 immer wieder betont (inklusive der in diesem Kontext üblichen Übertreibungen): „Die größte Herausforderung der technologischen Entwicklung der letzten Jahrzehnte ist die ins Unendliche wachsende Komplexität der Produkte beziehungsweise Systeme, die zugleich zu einer ebenso ins Unendliche tendierenden Komplexität der industriellen Prozesse zu ihrer Entwicklung und Fertigung geführt hat“ (Sendler 2013, 16).

Die Schwierigkeit, sich Lenkung ohne Hierarchie vorzustellen, hat vermutlich zwei Ursachen: Erstens ist Hierarchie sehr erfolgreich. Das verleitet zu der Annahme, dass ein Mehr des Guten zu noch Besserem führt (Willke 2014, 68). Zweitens sind mögliche Alternativen weder hinreichend bekannt noch ausgereift. Mit der interventionistischen, der experimentellen und der transformatorischen Lenkung haben Krohn und Küppers (1990) allerdings schon in den 1990er Jahren vielversprechende Ansätze vorgestellt (Ahrens 1998, 63 ff), die in die gleiche Richtung gehen wie die von Willke (2014, 99 f.) so genannte Kontextsteuerung. In diese Richtung weiterzudenken erscheint im Lichte des humanzentrierten Ansatzes mindestens ebenso attraktiv wie die Entwicklung von Technologien, die diesen Ansatz, beispielsweise in Form von Assistenzsystemen, unterstützen.

Selbstorganisation im gerade skizzierten Sinne muss nicht, wie zuweilen befürchtet wird (REFA 2015, 10), zu einer Schwächung indirekter Bereiche führen, in denen das REFA-Methodenwissen üblicherweise etabliert ist. Tatsächlich führt die Einsicht, dass sich soziale Systeme auch dann selbst organisieren, wenn man dies formell unterdrücken zu können glaubt, lediglich zu einem etwas anderen Rollenverständnis. Statt als Weisungsinstanzen aufzutreten, liegt die Aufgabe indirekter Bereiche darin, ihre Methodenkompetenz in beratender Funktion anzubieten. Damit ist ihre Arbeit vergleichbar mit derjenigen externer Beraterinnen und Berater, die seit jeher gefordert sind, nicht auf der Grundlage von Macht, sondern durch Leistung zu überzeugen. Der messbare Erfolg des Methodeinsatzes wird dazu führen, dass solche Dienstleistungen dankbar angenommen werden, jedenfalls dann, wenn die Früchte von Verbesserungen fair zwischen allen Beteiligten verteilt werden. Dafür bietet die paritätische Struktur von REFA sehr gute Voraussetzungen.

## 6 Industrie 4.0 ist nicht das Ende

Industrie 4.0 suggeriert, dass heute verfügbaren Technologien wie *Smartphones*, Datenübertragungsnetze oder Möglichkeiten zur Verarbeitung großer Datenmengen (*Big Data*) die Zukunft prägen werden. Tatsächlich ist die Entwicklung der Datenverarbeitungs- und Kommunikationstechnologie damit aber noch bei weitem nicht zu Ende gedacht. Das aber hat Mark Weiser bereits 1991 getan und in seinem inzwischen als wegweisend geltenden Aufsatz „*The Computer of the 21st Century*“ publiziert. Danach wird das vorläufige Ende des aktuellen Entwicklungsstrangs erst erreicht sein, wenn im Sinne eines *Ubiquitous Computing* alles mit einer Vielzahl von Computern ausgestattet sein wird. Inzwischen wird die Vorstellung von einem möglichen Ergebnis dieser Entwicklung als das Internet der Dinge bezeichnet (Sprenger/Engemann 2015).

Folgt man der Vision von Mark Weiser, so werden die Computer in Zukunft ganz anders aussehen als heute. Selbst *Smartphones* werden dagegen anachronistisch wirken: zu groß, zu schwer, zu energiehungrig, zu aufwändig in ihrer Bedienung. Nach Weisers Vorstellung wird der größte Teil der Computer des 21. Jahrhunderts unsichtbar sein: ohne Bildschirm und Tastatur, dafür ausgestattet mit Sensoren und Aktoren, das Ganze auf Basis von Nanotechnologie (Wolf 2015) statt auf Mikrotechnologie. Viele Computer wird sehr viel weniger leistungsstark sein als heutige Computer, dafür aber spezialisiert auf ganz bestimmte Funktionen, deren Ausführung er automatisiert. Jede dieser Funktionen für sich genommen muss nicht besonders kompliziert sein oder weitreichende Wirkungen entfalten. So kann es z. B. um das schlichte Öffnen oder Schließen einer Lüftungsklappe oder um das Ein- oder Ausschalten einer Lichtquelle handeln. Der Gesamtnutzen entsteht erst durch das Zusammenwirken aller Computer im Sinne eines *Pervasive Computing*.

In der aktuellen Diskussion stehen vor allem künstliche Intelligenz (*Smart Technologies*) und die eventuelle Möglichkeit der Verarbeitung großer Datenmengen (*Big Data*) im Vordergrund. Als ebenso einfluss- und folgenreich kann sich allerdings erweisen, dass die heute vor allem in

der Automatisierungstechnik verbreitete und in der sogenannten Automatisierungspyramide manifestierte zentrale Lenkung technischer Systeme dezentralisiert wird. Daraus kann gegenüber zentral gelenkten Systemen der Vorteil einer besseren Skalierbarkeit erwachsen. Zentral ausgerichtete Systeme sind stets vom Funktionieren der zentralen Instanz abhängig. Fällt diese aus, so fällt das gesamte System aus. Darüber hinaus begrenzt die Kapazität der zentralen Instanz die Kapazität des Gesamtsystems. Eine Absicherung oder eine Erweiterung über die Kapazitätsgrenze hinaus erfordert die Installation einer weiteren zentralen Instanz, wodurch die Kapazität oft mit einem Schlag verdoppelt wird, selbst dann, wenn das Gesamtsystem nur inkrementell wächst. Bei verteilten Systemen wie z. B. dem heutigen Internet spielt es für das Gesamtsystem dagegen eine kaum spürbare Rolle, ob und ggf. wie viele teilnehmende Instanzen zu- oder abgeschaltet werden. Die Auswirkungen sind überwiegend nur lokal bemerkbar und die Funktionsfähigkeit der einzelnen Funktionsträger ist nicht vom Funktionieren einer zentralen Instanz abhängig.

Das wirkt sich nicht nur auf die Erweiterbarkeit oder Reduzierbarkeit, also auf die Flexibilität aus, sondern auch auf die Störanfälligkeit. Verteilte Systeme sind erheblich robuster als zentrale Systeme, weil Fehler in der Regel lokal begrenzt werden können. Nur bestimmte Fehlerkategorien wie z. B. gezielte Angriffe durch Computerviren haben ein größeres Schadenspotenzial, aber das gilt auch für zentral ausgerichtete Systeme und macht insoweit keinen wesentlichen Unterschied.

Im Hinblick auf ein *Ubiquitous Computing* sind für die Arbeitswissenschaft zum Beispiel *Wearables* von besonderem Interesse. Das sind tragbare Computer, die direkt am Körper eines Menschen oder in der Kleidung befestigt werden. Im Unterschied zu heute üblichen Formen tragbarer Computer wie *Smartphones* oder *Tablets* erfordern *Wearables* aber nicht die ganze Aufmerksamkeit des Anwenders. Stattdessen wird die Mensch-Maschine-Interaktion wesentlich oder vollständig durch Sensoren und Aktoren unterstützt. Beispiele für bereits seit langem etablierte *Wearables* sind Herzschrittmacher und Hörgeräte. Inzwischen wird daran gearbeitet, vergleichbare Technologien für viele weitere Anwendungsgebiete und so auch für Produktion und Logistik zu entwickeln.

Die Frage, die sich hier stellt ist, ob und ggf. inwieweit solche Technologien die REFA-Methodenlehre herausfordern. Dazu können Forschungsergebnisse herangezogen werden, die am Lehrstuhl für Fördertechnik, Materialfluss Logistik (fml) der Technischen Universität München im Rahmen eines im Auftrag der Bundesvereinigung Logistik e. V. (BVL) durchgeführten und aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) finanzierten Projekts erarbeitet wurden (Günthner et al. 2009). Allerdings wurden die dortigen Untersuchungen nicht mit Hilfe der REFA-Methodik, sondern auf der Basis von *Methods Time Measurement (MTM)* durchgeführt. Den weiteren Überlegungen wird daher die Annahme zugrunde gelegt, dass eine Übertragung der hier relevanten Erkenntnisse aufgrund einer hinreichenden Ähnlichkeit der Grundlagen von REFA und *MTM* möglich ist. Insbesondere beschränken sich beide Ansätze auf Tätigkeiten, die von Menschen vollständig beeinflussbar sind.

Am fml wurde das manuelle Kommissionieren mit Unterstützung durch eine *Pick-by-Vision-Technologie (PbV)* untersucht (ebd.). Dabei werden dem Kommissionierer bzw. der Kommissioniererin mit Hilfe einer Datenbrille alle für die Ausführung seiner bzw. ihrer Tätigkeiten notwendigen Daten direkt in das Blickfeld eingeblendet (Abbildung 8). Dies erfolgt nicht nur statisch, beispielsweise in Form von Textinformationen, sondern auch dynamisch, indem auf Basis von Trackingdaten zur Bestimmung der Position und der Blickrichtung im Raum positionierte Daten angezeigt werden. Diese 3D-Geometrien weisen z. B. den Weg durch das Lager und heben Entnahme- und Ablageorte visuell hervor (ebd.).

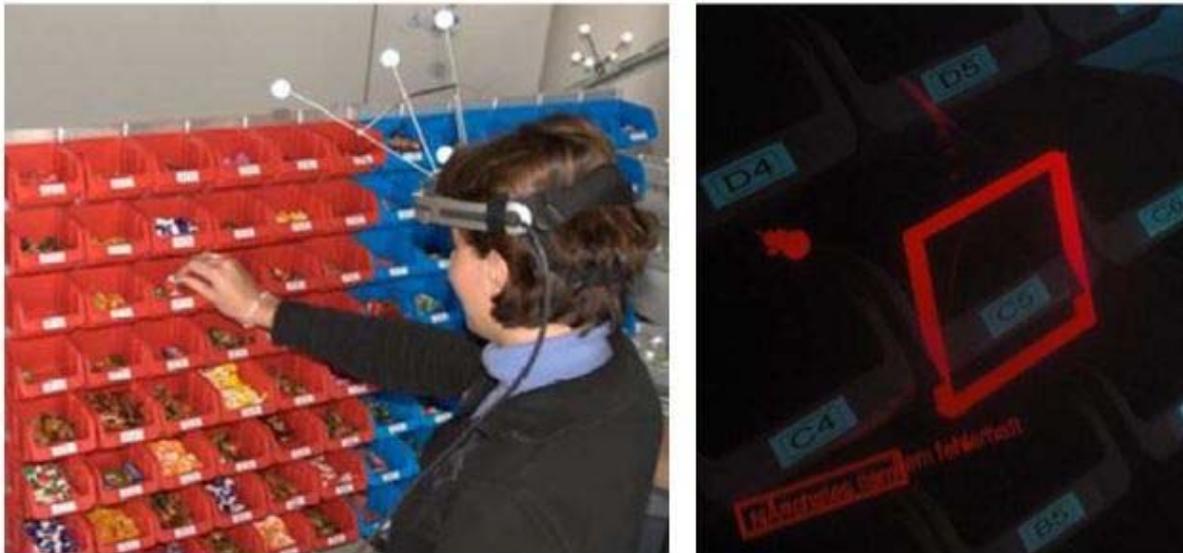


Abbildung 8: Pick-by-Vision-System (Günthner et al. 2009, 180)

Grundsätzlich stellt sich bei jeder Tätigkeit eines Menschen, die in Verbindung mit technischen Hilfsmitteln durchgeführt wird, die Frage, in welchem Ausmaß die Tätigkeit vollständig vom Menschen beeinflussbar ist, so dass die REFA-Methodik angewendet werden kann. Daraus wiederum resultiert die Frage, ob *Wearables* wie *PbV*-Systeme dadurch, dass sie mit dem menschlichen Körper verbunden oder in die Kleidung integriert sind und unmittelbar auf die Beeinflussung menschlicher Bewegungen und Entscheidungen zielen, ein neues Verhältnis zwischen Mensch und Maschine begründen, das sich auf die bisher eingesetzten Methoden zur Gestaltung und Lenkung von Arbeitssystemen auswirkt.

Im Rahmen des hier zugrunde gelegten Forschungsprogramms wurde die *MTM*-Methodik ganz selbstverständlich angewendet (ebd., 10). Allerdings wurde festgestellt, dass zur Erfassung von Tätigkeiten, die von *Wearables* beeinflusst werden, keine *MTM*-Bausteine zur Verfügung stehen (ebd., 136 ff.). Lediglich die Bausteine für das Blickverschieben und für das Lesen können damit in einen Zusammenhang gebracht werden. Für *PbV* werden allerdings Bausteine für Sprachein- und Ausgaben benötigt. Diese wurden im Rahmen der Forschungsarbeiten erstellt. Bemerkenswert erscheint aber vor allem, dass auch ein Baustein generiert wurde, der die (Maschinen-) Laufzeit des *PbV*-Systems repräsentiert. Damit wird die Beschränkung auf vollständig vom Menschen beeinflussbare Tätigkeiten aufgegeben.

Nicht berücksichtigt hat die *MTM*-Analyse ergonomische und psychologische Gesichtspunkte. Darüber hinaus ist auch nicht klargeworden, wie sich die Informationsaufnahme in der Realität von derjenigen bei Verwendung von auf Papier dargereichten Informationen unterscheidet (ebd., 139). Subjektiv hat das *PbV*-System bei den Probanden keine höheren kognitiven Belastungen mit sich gebracht. Akzeptanz und Motivation wurden als gut eingestuft. Allerdings fügt der Abschlussbericht relativierend hinzu, dass die Probanden aus dem universitären Umfeld stammten, so dass eine grundsätzlich positive Einstellung gegenüber neuen Technologien unterstellt werden kann. Die Kommissionierleistung hat sich durch den Einsatz eines *PbV*-Systems im Vergleich zu einer Verwendung von Papier um 7 % erhöht.

## 7 Fazit

Der REFA-Methodenlehre droht allein schon deshalb keine Gefahr, weil es derzeit gar keine Revolution gibt, die eine Ablösung von Bisherigem durch grundlegend Neues bewirken könnte.

Tatsächlich gehört sie seit Jahrzehnten zum Inventar industrieller Produktion und hat ihr Potenzial im Hinblick auf eine Ausdehnung auf Dienstleistung und Verwaltung noch lange nicht ausgeschöpft.

In den letzten Jahrzehnten hat es zwei große Entwicklungslinien gegeben: die Automatisierung mit Programmen wie CIM, digitale Fabrik und Industrie 4.0 auf der einen Seite und auf der anderen Seite Scientific Management, das daraus hervorgegangene Industrial Engineering und schließlich *Lean Production*. Der erstgenannte Entwicklungsstrang folgt dem technologischen Imperativ, nach dem der Mensch das, was er (technisch) kann, auch tun soll, während die zweitgenannte Entwicklungslinie, der auch die REFA-Methodenlehre zuzurechnen ist, dem ökonomischen Imperativ folgt, nach dem der Mensch Aufwand und Nutzen in ein angemessenes Verhältnis setzen soll. Angesichts des Erfolgs, den gerade deutsche Unternehmen mit der Entwicklung und mit dem weltweiten Vertrieb von Technologien hat, ist die Entwicklung neuer Technologien ausgesprochen wichtig und insoweit nicht zu kritisieren. Dennoch müssen sich Technologien stets dem Primat der Wirtschaftlichkeit unterwerfen, so dass dem ökonomischen Imperativ und damit der REFA-Methodik eine ganz wesentliche Aufgabe zukommt: die Wahrung der Verhältnismäßigkeit. Mit der weiteren Zunahme technologischer Möglichkeiten wird die Bedeutung dieser Aufgabe weiter zunehmen.

Auch in Zukunft steht der Mensch im Mittelpunkt. Daran ändert nichts, dass bestimmte Technologien, die im Zuge des *Hightech*-Strategie der Bundesregierung entwickelt werden sollen, als intelligent und autonom bezeichnet werden. Techniken werden nie Entscheidungen treffen können, weil daran immer die Verantwortung für die Folgen gebunden ist, und Verantwortung können letztlich nur Menschen übernehmen, auch wenn die Zurechnung infolge der zunehmenden Komplexität technischer Systeme immer schwieriger wird. Die REFA-Methodenlehre bezieht sich auf den Menschen. Auch deshalb wird sie ihre Bedeutung nicht verlieren.

Allerdings wird die REFA-Methodenlehre voraussichtlich weiterzuentwickeln sein, denn die Technik kommt dem Menschen immer näher. Bisher nahm der Mensch das Werkzeug in die Hand, um damit etwas zu bewirken. Inzwischen werden Techniken entwickelt, die den Menschen quasi nehmen, um ihn dazu zu bewegen etwas zu bewirken. Dafür sind *Wearables* ein Beispiel. Verbunden mit dem menschlichen Körper<sup>5</sup> oder in Kleidung integriert beeinflussen sie z. B. die Zeit, die der Mensch zur Ausführung von Tätigkeiten benötigt, eventuell stärker oder auf andere Weise als dies durch bisherige Technologien der Fall ist. Und auch die physischen und psychischen Auswirkungen des Einsatzes von *Wearables* erfordert möglicherweise eine Anpassung und Weiterentwicklung der REFA-Methodik. Daher sollte die Entwicklung neuer Technologien nicht allein den Technologen überlassen werden. Die Einbindung dieser Technologien in Arbeitssysteme und die Sicherstellung der Wirtschaftlichkeit ihres Einsatzes bedarf einer konstruktiv-kritischen Begleitung durch die Arbeitswissenschaft.

Schließlich steht und fällt der Erfolg des Einsatzes von Technologien, wie sie im Zusammenhang mit Industrie 4.0 entwickelt werden sollen, mit ihrer Akzeptierbarkeit. Dabei wird es vor allem auf die Wahrung der Persönlichkeitsrechte und der Geheimhaltungsinteressen von Unternehmen, also auf Datenschutz und Datensicherheit ankommen. Technische Systeme können grundsätzlich nicht autonom sein, Menschen und Unternehmen dagegen müssen autonom sein dürfen. Werden sie darin zu sehr beschnitten, werden sie sich früher oder später wehren.

---

<sup>5</sup> Als Herzschrittmacher sogar in den menschlichen Körper implantiert.

## 8 Literatur

- Ahrens, V. 1996: Unterstützung von Entscheidungsprozessen in dezentral organisierten Produktionssystemen. In: Scherer, E./Schönsleben, P./Ulrich, E. (Hrsg.): Werkstattmanagement – Organisation und Informatik. v/d/f Verlag, Zürich. S. 83-112.
- Ahrens, V. 1998: Dezentrale Produktionsplanung und -steuerung – Systemtheoretische Grundlagen und Anwendungspotentiale. VDI Verlag, Düsseldorf.
- Ahrens, V. 2012: Inflation industrieller Revolutionen. *PRODUCTIVITY Management* 17 (2012) Nr. 5, S. 30-31.
- Ahrens, V. 2015: Was Controller von Odysseus lernen können. Arbeitspapiere der NORD-AKADEMIE, Nr. 2015-04. Elmshorn.
- Auerbach, T./Kamps, S./Veselovac, D./Klocke, F. 2013: Digitales Technologiewissen durch intelligente Fertigungssysteme. *ZWF* 108 (2013) 7-8, S. 561-565.
- Bauernhansl, T. 2013: Industrie 4.0: Nur ein Medienhype oder die schöne neue Produktionswelt? Interview geführt von Nikolaus Fecht. *ZWF* 108 (2013) 7-8, S. 573-574.
- Bracht, U./Geckler, D./Wenzel, S. 2011: *Digitale Fabrik – Methoden und Praxisbeispiele*. Springer Verlag, Heidelberg u. a.
- Bretschneider-Hagemes, M. 2013: Anforderungen an *Ambient-Intelligence*-Technologien aus soziologischer Sicht – Vorschlag eines Pflichtenheftes. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 67 (2013) 3, S. 181-186.
- Demont, A./Paulus-Rohmer, D. 2015: Industrie 4.0-Geschäftsmodelle systematisch entwickeln. In: Schallmo, D./Rusnjak, A./Anzengruber, J./Werani, T./Jünger, M. (Hrsg.): *Digitale Transformation von Geschäftsmodellen – Grundlagen, Instrumente und Best Practices*. Springer Gabler Verlag, Wiesbaden. S. 97-126.
- Ertel, W. 2013: *Grundkurs Künstliche Intelligenz – Eine praxisorientierte Einführung*. 3. Aufl. Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden.
- Florian, M./Hillebrandt, F. 2004: Einführung – Sozionische Beiträge zu Adaption und Lernen von und in Organisationen. In: Dies. (Hrsg.): *Adaption und Lernen von und in Organisationen – Beiträge aus der Sozionik*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Foerster, H. v. 1993: Zukunft der Wahrnehmung: Wahrnehmung der Zukunft. In: Schmidt, S. J. (Hrsg.): *Heinz v. Foerster: Wissen und Gewissen – Versuch einer Brücke*. Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main. S. 194-210.
- Geisberger, E./Broy, M. (Hrsg.) 2012: *agendaCPS – Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems*, Berlin.
- Göhner, P. (Hrsg.) 2013: *Agentensysteme in der Automatisierungstechnik*. Springer Vieweg Verlag, Berlin/Heidelberg.
- Günthner, W. A./Blomeyer, N./Reif, R./Schedlbauer, M. 2009: *Pick-by-Vision – Augmented Reality* unterstützte Kommissionierung. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben AIR-FV Nr. 14756 N.
- Hahn, H.-W. 2011: *Die industrielle Revolution in Deutschland*. München.
- Kagemann, H./Wahlster, W./Helbig, J. (Hrsg.) 2013: *Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0*. Frankfurt am Main.

- Kieser, A./Ebers, M. (Hrsg.) 2006: Organisationstheorien. 6. Aufl. Kohlhammer Verlag, Stuttgart.
- Kletti, J. 2013: Industrie 4.0 braucht MES-Lösungen. Interview geführt von Olaf Sauer. *Productivity Management* 18 (2013) 1, S. 36-37.
- Krohn, W./Küppers, G. 1990: Selbstreferenz und Planung. In: Niedersen, U./Pohlmann, L. (Hrsg.): *Selbstorganisation. Jahrbuch für Komplexität in den Natur-, Sozial- und Geisteswissenschaften*. Duncker & Humboldt Verlag, Berlin.
- Lenk, H./Ropohl, G. (Hrsg.) 1973: *Technik und Ethik*. Reclam Verlag, Ditzingen.
- Luhmann, N. 1996: *Soziale Systeme – Grundriß einer allgemeinen Theorie*. Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main.
- REFA 2015: *Industrial Engineering – Standardmethoden zur Produktivitätssteigerung und Prozessoptimierung*. 2. Aufl. Hanser Verlag, München.
- Ropohl, G. 1979: *Eine Systemtheorie der Technik – Zur Grundlegung der Allgemeinen Theorie*. Hanser Verlag, München/Wien.
- Ropohl, G. 2009: *Allgemeine Technologie – Eine Systemtheorie der Technik*. 3. Aufl. Universitätsverlag Karlsruhe.
- Russell, S./Norvig, P. 2012: *Künstliche Intelligenz – Ein moderner Ansatz*. 3. Aufl. Pearson Studium, München.
- Russwurm, S. 2013: *Software: Die Zukunft der Industrie*. In: In: Ders. (Hrsg.): *Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM*. Springer Vieweg Verlag, Heidelberg u. a. S. 21-36.
- Scheer, A.-W. 1991: *Wie vermeidet man CIM-Ruinen – Architektur für eine sichere CIM-Einführung*. In: Scheer, A.-W. (Hrsg.): *CIM im Mittelstand*. Springer Verlag, Berlin. S. 1-14.
- Sendler, U. 2013: *Industrie 4.0 – Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM (Systems Lifecycle Management)*. In: Ders. (Hrsg.): *Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM*. Springer Vieweg, Heidelberg u. a. S. 1-19.
- Simon, W. 2013: *Blick in die Zukunft: Industrie 4.0 – Die Fusion von Produktionstechnik, Informationstechnologie und Internet*. *Industrial Engineering* (2013) 2, S. 38-40.
- Soder, J. 2014: *Use Case Production: Von CIM über Lean Production zu Industrie 4.0*. In: Bauernhansl, T./ten Hompel, M./Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik – Anwendungen, Technologien, Migration*. Springer Vieweg, Wiesbaden. S. 85-102.
- Sprenger, F./Engemann, Ch. 2015: *Internet der Dinge – Über smarte Objekte, intelligente Umgebungen und die technische Durchdringung der Welt*. transcript Verlag, Bielefeld.
- Spur, G./Eßer, G./Dörr, N. 2012: *Digitale Automatisierung – eine Herausforderung für die vernetzte Fabrik der Zukunft*. *ZWF* 107 (2012) 12, S. 879-882.
- Spur, G. 2013: *Phasensprünge in der Produktionswirtschaft – Industrie 4.0 als innovative Herausforderung*. *ZWF* 108 (2013) 7-8, S. 566-570.
- Ulrich, E. 1993: *CIM – eine integrative Gestaltungsaufgabe im Spannungsfeld von Mensch, Technik und Organisation*. In: Cyranek, G./Ulrich, E. (Hrsg.): *CIM – Herausforderung an Mensch, Technik, Organisation*. Teuber Verlag, Stuttgart. S. 29-43.

- Ulrich, P. 2008: Integrative Wirtschaftsethik – Grundlagen einer lebensdienlichen Ökonomie. 4. Aufl. Haupt Verlag, Bern.
- Weiser, M. 1991: *The Computer of the 21st Century*. Scientific American. 09/1991, S. 94-104.
- Wiendahl, H.-P. 2010: Betriebsorganisation für Ingenieure. 7. Aufl. Hanser Verlag, München.
- Willke, H. 2014: Systemtheorie III – Steuerungstheorie. 3. Aufl. UVK Verlag (UTB), München (Stuttgart).
- Wolf, E. L. 2015: Nanophysik und Nanotechnologie – Eine Einführung in die Konzepte der Nanowissenschaften. Wiley-VCH Verlag, Weinheim.
- Womack, J. P./Jones, D. T./ Ross, D. 1994: Die zweite Revolution in der Automobilindustrie – Konsequenzen aus der weltweiten Studie des Massachusetts Institute of Technology. 8. Aufl.

### **Der Autor**

Volker Ahrens, 1963 in Bremen geboren, studierte Maschinenbau an der Universität Hannover und promovierte bei Prof. Dr.-Ing. E.h. mult. Dr. sc. h.c. Dr.-Ing. Hans-Peter Wiendahl am Institut für Fabrikanlagen (IFA) der gleichen Universität zum Thema „Dezentrale Produktionsplanung und -steuerung – Systemtheoretische Grundlagen und Anwendungspotentiale“. Anschließend war er 10 Jahre in der Geschäftsleitung mittelständischer Industrieunternehmen tätig, zuletzt als Technischer Geschäftsführer. Seit 2007 ist er Professor an der NORDAKADEMIE, einer privaten, staatlich anerkannten Fachhochschule mit Standorten in Elmshorn und Hamburg. Dort leitet er den Bachelor-Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen und lehrt Produktions- und Qualitätsmanagement, Logistik/Prozessmanagement sowie Projektmanagement. Darüber hinaus ist Prof. Ahrens Mitglied des Vorstands des Verbands für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung – REFA Nordwest e. V., Regionalverband Nord.