

2.2. Technikdidaktik in der beruflichen Bildung

Alfred Riedl (Technische Universität München)

Erschienen in: Bernd Zinn, Ralf Tenberg und Daniel Pittich (Hrsg.): Technikdidaktik - Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme. Stuttgart: Steiner, 2018. S. 71-85

Zusammenfassung

Technikdidaktik verortet sich im Spannungsfeld vieler Bezugsdisziplinen und verschiedener Bildungsziele. Gegenüber einer allgemeinen Technikdidaktik befasst sich die berufliche Technikdidaktik mit der Berufsausbildung in technischen Berufen, um den technischen Unterricht beruflicher Schulen sowie die technische betriebliche Ausbildung theoretisch zu fundieren. Dazu verbindet sie den technikwissenschaftlichen Fachbezug mit der Pädagogik und Didaktik beruflicher Bildung. Einer Technikdidaktik geht es um die integrative Entwicklung fachlicher und allgemeiner Kompetenzen zur professionellen Bewältigung der Aufgaben technischer beruflicher Facharbeit sowie um die Befähigung zur verantwortungsvollen Mitgestaltung einer technisierten Arbeitswelt und Gesellschaft.

Schlüsselwörter: Technikdidaktik, technische Bildung, berufliche Bildung, Berufsausbildung, Berufsschule

Technical Didactics in Vocational Education and Training

Abstract

Technical teaching and learning positions itself in a field of multiple related disciplines and educational goals. In contrast to technical didactics for general technical education technical didactics in vocational education aims to provide a theoretical foundation for describing technical learning at vocational schools and in company based-training. Therefore, technical sciences and pedagogy and didactics for vocational education have to be interlinked. Technical vocational didactics promotes the integrative development of technical and general competence, that enables skilled workers to professionally execute technical tasks as well as taking an active and responsible part in social development in a technologized working world and society.

Keywords: technical didactics, vocational training, VET, vocational school, technical competence

1 Technik und technische Bildung

Technik als Gattungsmerkmal des Menschen

Technik begleitet den Menschen über die Jahrtausende seiner Entwicklungsgeschichte. Gleichsam als „conditio humana“ (Schmayl 2010, S. 10) ist Technik Ausdruck seines kreativen Schaffens und prägend für die menschliche Kultur. Während sich die Menschheit in ihrer Frühgeschichte lange Zeit auf die Verwendung einfacher, selbst geformter Werkzeuge beschränkte, nahm mit der Erfindung des Wagenrades etwa Mitte des 4. Jahrtausends v. Chr. die Entwicklung technischer Gegenstände und ihre Verwendung kontinuierlich zu. Ab dem 18. und 19. Jahrhundert stützte sich die Technikentwicklung zunehmend auf wissenschaftliche Methoden, was zu einer beschleunigten Entwicklung und zum Erschließen ständig neuer Bereiche geführt hat. Meilensteine waren die Frühmechanisierung und Industrialisierung mit der Dampfmaschine als Basisinnovation und die darauffolgende Entwicklung des Transportwesens (Stahlherstellung, Eisenbahn, Dampfschiffe). Es folgten Schwermaschinenbau und Elektrifizierung sowie die starke Bedeutungszunahme der chemischen Industrie. Mit der Verbreitung des Automobils wuchs die individuelle Mobilität. Fernsehen, Kernkraft und Raumfahrt hielten ebenso Einzug wie IT-Technik und umfassende Digitalisierung. Agro-, Bio-, Medizin- und Gentechnik sind weitere Entwicklungsfelder. Derzeit widerfährt dem Internet der Dinge durch die zunehmende Vernetzung sogenannter „intelligenter“ Geräte und Gegenstände eine besondere Aufmerksamkeit. Im privaten Bereich steht für „Smart Home“ eine untereinander vernetzte Haus-technik mit selbstständig kommunizierenden Geräten sowie fernsteuerbaren Komponenten und Abläufen. Das „Internet der Dinge“ beeinflusst derzeit neben einer stark expandierenden Logistik die unter dem Schlagwort Industrie 4.0 subsumierte Weiterentwicklung in der Automatisierungstechnik (vgl. Windelband 2014) mit einer Verselbstständigung neuer cyber-physischer Systeme.¹

Der Mensch – abhängig von Technik

Die bewohnte Welt ist eine technische Welt. Abgesehen von wenigen unberührten Zonen unseres Planeten, die der Mensch nicht dauerhaft beansprucht, unterliegen die bewohnten Bereiche einer massiven technischen Ausgestaltung. Und so ist das Biotop Erde zum „Technotop“ geworden (Ropohl 2009, S. 15). Technik fungiert als zentrales Struktur- und Regelungselement moderner, hoch entwickelter Gesellschaftsformen. Technische Entwicklungen sind „ein wesentlicher Einflussfaktor ihres Wandels und können einen beträchtlichen Veränderungsdruck auf ihre Akteure, Strukturen und Institutionen entfalten“ (Dolata 2011, S. 10). Ab der zweiten Hälfte der 1970er-Jahre haben sich die technologischen und wissenschaftlichen Grundlagen der Gesellschaft rasant durch digitale Informations- und Kommunikationstechnologien verändert.

¹ Cyber-physische Systeme (CPS) „umfassen eingebettete Systeme, Produktions-, Logistik-, Engineering-, Koordinations- und Managementprozesse sowie Internetdienste, die mittels Sensoren unmittelbar physikalische Daten erfassen und mittels Aktoren auf physikalische Vorgänge einwirken, mittels digitaler Netze untereinander verbunden sind, weltweit verfügbare Daten und Dienste nutzen und über multimodale Mensch-Maschine-Schnittstellen verfügen. Cyber-Physical Systems sind offene soziotechnische Systeme und ermöglichen eine Reihe von neuartigen Funktionen, Diensten und Eigenschaften“ (Windelband 2014, S. 139).

Sie determinieren Industrie, Handwerk, Handel oder Verwaltung ebenso wie Politik und Gesellschaft. Der Alltag des Menschen ist von technischen Systemen durchdrungen, deren Einfluss sich kontinuierlich ausweitet und prägend auf Kommunikations-, Lebens- und Konsumstile wirkt (ebd., S. 11) und so zu einer starken gesellschaftlichen wie individuellen Technikabhängigkeit führt.

Die in der Gesellschaft vorliegende Einstellung zu Technik hat sich in Deutschland über die letzten 35 Jahre positiv entwickelt (vgl. Pfenning 2013, S. 118). Mit der Selbstverständlichkeit, mit der Technik genutzt wird, geht die Gefahr einher, dass Technik weitgehend unhinterfragt zu einem selbstreferenziellen System wird oder bereits geworden ist. Die individuelle wie gesamtgesellschaftliche Bewertung von Technik basiert zu erheblichen Teilen auf medial vermittelten Technikleitbildern. Darstellungen beschränken sich dabei oft verengt auf bestimmte Wirkbereiche von Technik (Natur, Gesellschaft, Individuum, Ökonomie). Je nach vertretenem Standpunkt und aktuellem Anlass wird dabei eine negative oder positive Bewertung favorisiert.² Eine Technikskepsis greift immer dann um sich, „wenn Technologien Katastrophen (z.B. Tschernobyl 1986, Fukushima 2011) verursachen oder unintendierte negative Folgen technikbasierter anthropogener Effekte Ökosysteme beeinträchtigen und diese aus ihrer natürlichen Balance geraten (Klimawandel, Ozonloch u.v.a.)“ (Pfenning 2013, S. 118).

Da der größte Teil der Menschen primär Nutzer von Technik ist, bleibt – mangels erforderlichem Sachverstand – die Gestaltung von Technik einer umgrenzten Expertengruppe überlassen. Dies kann zu einem Technikdeterminismus³ führen, der zu sozialen, politischen und kulturellen Anpassungen führt und ökologische oder ethisch-moralische Gesichtspunkte bestenfalls nachrangig Beachtung finden. Das bedeutet aber nicht, „dass neue Technologien [...] erst dann, wenn sie fertig sind, in einer dann eindeutigen, alternativlosen Weise verändernd in soziale (ökonomische, politische, zivilgesellschaftliche) Zusammenhänge eingreifen. Wandel durch Technik ist alles andere als deterministisch“ (Dolata 2011, S. 11). Daher besteht ein enger Zusammenhang zwischen technischem und sozioökonomischem Wandel. Eine einseitige Anpassung sozialer Verhältnisse an neue Technologien erfolgt in der Regel nicht. Auch neue Technologien entwickeln sich weiter, werden verfeinert, manchmal auch revidiert oder grundlegend modifiziert (vgl. ebd.). Nutzerverhalten und gesellschaftliche Akzeptanz können darauf massiv einwirken.

Technik, Arbeit und technische Bildung

Technik, Arbeit und Bildung sind in ihrem Beziehungsgefüge zentrale Kategorien moderner Gesellschaften, die sich dynamisch weiterentwickeln. Technik im heutigen Begriffsverständnis umfasst im Anschluss an Ropohl (2009, S. 31) nutzenorientierte, künstliche, gegenständliche Gebilde (Artefakte oder Sachsysteme), menschliche Handlungen und Einrichtungen, in denen

² Meist sehr verkürzte polarisierende Einschätzungen unterscheiden dabei „in ‚gute Technik‘ (Medizin, Transport, Wohlstandssicherung, Beweglichkeit, ...) und ‚böse Technik‘ (Waffen, Umweltzerstörung, Taylorisierung, Robotisierung, ...)“ (Tenberg 2016, S. 13).

³ Zu Technik als sozial beeinflussbare Größe im Spannungsverhältnis zwischen Technikdeterminismus und Sozialdeterminismus und ihren Einfluss auf die Gesellschaft vgl. Grunwald (2007, S. 63ff.).

solche Sachsysteme entstehen sowie menschliche Handlungen, die diese Sachsysteme verwenden (vgl. auch VDI 2000).⁴ Technik ist somit ein Wirklichkeitsbereich zwischen Mensch und Natur, für den die Frage nach der Entstehung und Verwendung technischer Artefakte zentral ist. Technik beschreibt Ropohl in drei verschiedenen Dimensionen mit damit verbundenen Erkenntnisperspektiven (2009, S. 32ff.). Die naturale Dimension umfasst ingenieurwissenschaftliche, naturwissenschaftliche und ökologische Erkenntnisperspektiven. Die humane Dimension enthält ästhetische, ethische, anthropologische, physiologische und psychologische Erkenntnisperspektiven. Die soziale Dimension berührt politische, soziologische, ökonomische, historische und juristische Erkenntnisperspektiven. Damit liegt ein Begriffsverständnis vor, das gegenüber einer verengten Sicht auf Technik, die sich nur auf die gegenständliche Welt technischer Geräte und Maschinen bezieht, erheblich weiter gefasst ist. Es impliziert, dass der „technische Charakter der Gesellschaft und der gesellschaftliche Charakter der Technik verschmelzen in der Symbiose soziotechnischer Systeme“ (ebd. S. 143).

Aus der Perspektive von Arbeit ist festzustellen, dass Facharbeit zunehmend wissensbasiert wird und zu einem wachsenden Informationsumsatz führt, der sich nur durch die Unterstützung digitaler Informationstechnologien realisieren lässt (vgl. Tenberg & Pittich 2017). Facharbeit ist heute durch geänderte Arbeitsstrukturen und Produktionskonzepte gekennzeichnet, die sich von einer technologisch durchrationalisierten Industriearbeit zunehmend abwenden und auf eine „intelligenteren, mitarbeiterorientierten Arbeitsorganisation“ (Ott 2001, S. 15) setzen. Erforderliche Reaktionen einer beruflichen Bildung müssen darauf gerichtet sein, ein künftig noch weit umfangreicher erforderliches reflexives Wissen sowie IT-Kompetenzen stärker zu betonen.

Bildung ist entscheidend für die Persönlichkeitsentwicklung eines Menschen und seine Position in der Gesellschaft. Das in einer Gesellschaft insgesamt vorhandene Bildungsniveau ist Grundlage für den wirtschaftlichen Erfolg eines Landes. Wenn unter Bildung „die Integration des relevanten Wissens zu einem ganzheitlichen Weltverständnis“ (Ropohl 2003, S. 159) verstanden werden soll, ist für die mitverantwortete Gestaltung einer technikdominierten Lebensumwelt eine ganzheitliche Technikbildung ein unverzichtbares Element, die Technik mit ihren verschiedenen Dimensionen und Wirkungen durchdringbar macht.

Allgemeinbildender Technikunterricht ist zwar mittlerweile in vielen Bundesländern mit stark variierenden Konzepten eingeführt worden.⁵ Die schulischen Ansätze folgen aber eher einer tradierten und weniger der modernen Auffassung, nach der „auch bereits in frühen Jahren Kinder zu Abstraktionen für das Lernen von Natur- und Technikwissenschaften befähigt sind [...]. Zudem wird oftmals eine Talentförderung fokussiert und nicht eine Breitenbildung, im Sinne basaler sozialer Sinnbezüge von Technik und Gesellschaft angestrebt“ (Pfenning 2013, S. 115). Somit ist eine allgemeine technische Bildung mit dem Ziel Technikkompetenz bestenfalls ein

⁴ Die hier zitierte VDI-Richtlinie 3780 zur Technikbewertung orientiert sich an der Begriffsdefinition von Ropohl (2009, S. 31, erste Auflage 1978). Sie benennt gleichzeitig als Werte von Technik und technischen Handlungen deren Funktionsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit, Wohlstand, Sicherheit, Gesundheit, Umweltqualität Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität und verweist auf wechselseitige Beziehungen zwischen diesen Werten.

⁵ Zum Überblick über die Lehrpläne der Bundesländer zur Technikbildung an Schulen vgl. Pfenning (2013, S. 116f.).

rudimentärer Bestandteil allgemeiner Bildung, da es bisher nicht gelungen ist, „das Spezifikum unseres Zeitalters zum Gegenstand der Allgemeinbildung zu erheben“ (Ropohl 2003, S. 150).⁶ Darunter leidet die individuelle Reflexionsfähigkeit in einer technikdominierten Welt ebenso wie die Anschlussfähigkeit an eine berufliche Bildung, die vielerorts auf bestehende Defizite trifft, da technische Basiskompetenzen der nachfolgenden Generationen immer geringer werden (vgl. Tenberg 2016, S. 11).

2 Positionsbestimmung einer Technikdidaktik

Zum Begriff der Technikdidaktik

Technikdidaktik setzt sich aus den beiden aus dem griechischen kommenden Wortstämmen *techne* und *didáskein* zusammen. *Techne* bezog sich in seiner ursprünglichen Bedeutung auf das Können der Handwerker und deren vielfältige Handwerkskunst. *Didáskein* beschreibt ursprünglich lehren und unterrichten im Sinne von Lehrkunst. Wenn heute von Didaktik gesprochen wird, ist die Wissenschaft und Praxis vom Lehren und Lernen gemeint. Damit sind alle Aspekte darauf bezogener Entscheidungen, Begründungen, Voraussetzungen und Prozesse eingeschlossen.

Technikdidaktik umfasst eine übergreifende Technikdidaktik, die sich auf didaktische Aussagen beschränken muss, „die bzgl. aller vorliegenden Konzepte und Facetten von Technik getroffen werden können“ und verschiedene eingegrenzte Technikdidaktiken, „welche spezifische Aussagen für ein spezielles, eingegrenztes Konzept von Technik treffen“ (Tenberg 2011, S. 42). Die zwei daraus hervorgehenden Bezugfelder sind somit die allgemeine Bildung⁷ und die berufliche Bildung. Die berufliche Technikdidaktik entwickelte sich in erster Linie im Kontext der Berufsausbildung in technischen Berufen, um den Unterricht in technischen Fächern beruflicher Schulen sowie die betriebliche Ausbildung theoretisch zu fundieren (vgl. Bonz 2003, S. 8). Sie lässt sich gegenüber der allgemeinen Technikdidaktik durch ihre engen beruflichen Bezüge relativ leicht abgrenzen. Innerhalb einer beruflichen Technikdidaktik sind eindeutige Zuordnungen jedoch deutlich schwieriger, was dazu führt, dass sich der Begriff Technikdidaktik hier als unscharf und vielseitig interpretierbar darstellt. Dass keine kohärente Disziplin der Technikdidaktik existiert, liegt vor allem am breiten Spektrum von Bezugsdisziplinen aufgrund der Zergliederung technischer Wissenschaften in eine Vielzahl von Einzeldisziplinen und der Vielschichtigkeit technikdidaktischer Ansätze mit darauf einwirkenden theoretischen Strömungen (siehe weiter unten). Vor diesem Hintergrund hat sich Technikdidaktik zu einer interdisziplinären und handlungsorientierten Wissenschaft entwickelt, „deren Erkenntnisinteresse über das Verstehen der Umwelt hinaus auch auf deren Gestaltung gerichtet ist“ (Bader 2000, S. 11) und die sich im universitären Kontext nicht einfach in „passende Schubladen“ einordnen lässt (ebd. S. 7). Technikdidaktik entspricht einer Bereichsdidaktik (Riedl, Schelten

⁶ Nach Ropohl (2003, S. 150) liegt dies vor allem „an der schweigenden Mehrheit besonders der Gymnasialpädagogen“ und an einer „Arbeits- und Technikferne des neuhumanistisch-idealistischen Bildungsbegriffs“ der „als eine Art Hintergrundideologie immer noch wirksam zu sein“ scheint.

⁷ Zur Didaktik allgemeinbildenden Technikunterrichts vgl. z.B. Schmayl 2010 u. Kap. 3.1 in diesem Band.

2013, S. 24). Sie kann „einerseits als übergreifende Fachdidaktik technischer beruflicher Fachrichtungen (Bezugspunkt Fachwissenschaften), andererseits als eine technische Spezifikation der Didaktik beruflicher Bildung (Bezugspunkt Berufspädagogik) verstanden und gehandhabt werden“ (Tenberg 2011, S. 43). Ihr Gegenstand ist das planvolle, systematisch organisierte Lehren und Lernen im Unterricht an beruflichen Schulen sowie in der Aus- und Weiterbildung im Betrieb.

Bezugsfeld der Technikdidaktik

Die traditionelle Technikdidaktik war eng an der Qualifizierung für technische Berufe und den Zielvorgaben der Berufsbilder ausgerichtet. Sie beschränkte sich vornehmlich auf die didaktische Reduktion von Inhalten für die Berufsausbildung in technischen Berufen aus dem Bezugsfeld der korrespondierenden Technikwissenschaften und der Entwicklung von Methoden für den Unterricht an beruflichen Schulen und der Unterweisung in der betrieblichen Berufsausbildung. Mit der Weiterentwicklung der Technikdidaktik⁸ hat sich die ursprünglich auf Methodenfragen beschränkte didaktische Diskussion hin zu einer Zieldiskussion verschoben und ausgeweitet (vgl. Bonz 2001, S. 11). Technikdidaktik grenzt sich dabei nicht auf die inhaltliche Konkretisierung allgemeindidaktischer Positionen ein, sondern ist vielmehr „vermittelnde Disziplin zwischen der allgemeinen Didaktik und den Technikwissenschaften, d.h. Interesse, Gegenstand und Methoden der Technikdidaktik enthalten sowohl allgemeindidaktische als auch technikwissenschaftliche Komponenten und verbindet so Technikwissenschaften mit den Erziehungswissenschaften“ (Bonz 2003, S. 7).

Im Bezugsfeld einer beruflichen Technikdidaktik existieren die einzelnen Fachdidaktiken der beruflichen Fachdisziplinen wie Bautechnik, Elektrotechnik oder Metalltechnik. Eine solche inhaltliche Ausdifferenzierung nach Technikbereichen „erscheint unproblematisch, da die Besonderheiten solcher spezieller Technikdidaktiken didaktisch nicht gravierend sind, wenngleich jede Technikdidaktik selbstverständlich die didaktischen und methodischen Probleme inhaltlich in besonderer Weise konkretisiert“ (ebd. S. 8). Für die einzelnen Fachdidaktiken einer technischen beruflichen Bildung unterscheidet Schütte (2001, S. 40ff.) vier nebeneinanderstehende Paradigmen: Im *fachdidaktischen Paradigma*, dessen Ausgangspunkt berufspädagogisches Handeln ist, wird die rein fachwissenschaftliche Sicht ausgeweitet, indem erziehungswissenschaftliche Fragen wie die Lernzielbegründung in den Vordergrund rücken und die Fachwissenschaften Antworten auf pädagogische Fragen beisteuern sollen. Das *unterrichtsmethodische Paradigma* zielt auf die wissenschaftliche Systematisierung von Wissen und deren methodische Transformation zur Gestaltung der Unterrichtsfächer beruflicher Schulen (ebd. S. 45), die sich an den einzelnen technischen Referenzdisziplinen orientiert (ebd. S. 46). Das *fachmethodische Paradigma* konstituiert sich im Kontext der Berufsfeldwissenschaften und Berufsfelddidaktik. Dabei stehen betriebliche Arbeitsabläufe und ein Handeln im Arbeitsprozess im Vordergrund. Grundidee ist, dass Berufsbildung zur Fähigkeit der Mitgestaltung von Arbeitsprozessen und der zugehörigen Technik führt. Das *technikdidaktische Paradigma* versucht in „übergreifender

⁸ Einen wichtigen Impuls dazu gab auch der Deutsche Bildungsrat mit seiner Lehrlingsempfehlung von 1969 (vgl. Lipsmeier 2006, S. 290).

Integration“ (Tenberg 2011, S. 41) die Vieldimensionalität technischer Phänomene zu erhalten und in ihrem Zusammenwirken zu erschließen. Lernende sollen dabei fachliche und allgemeine Kompetenzen entwickeln (vgl. Ott 2003).

Technikdidaktische Grundkonzeptionen

Für einzelne technikdidaktische Ansätze liegen viele Gemeinsamkeiten, aber auch unterschiedliche Akzentsetzungen vor. Lipsmeier (2006, S. 290ff.) unterscheidet sieben technikdidaktische Grundkonzeptionen:

Die *integrativ-ganzheitliche Technikdidaktik* (wie auch das weiter oben angesprochene technikdidaktische Paradigma) versucht, „die naturale, humane und soziale Dimension von Technik in einen didaktischen Begründungszusammenhang zu bringen“ (Ott 2003, S. 90) und adressiert verschiedene Lernbereiche: inhaltlich-fachlich, methodisch-problemlösend, sozial-kommunikativ und affektiv-ethisch.

Die *wissenschaftsorientierte Technikdidaktik* fokussiert das didaktische Prinzip der Wissenschaftsorientierung (Wissenschaftspropädeutik), das vor allem in den Curricula der Sekundarstufe II in langer Tradition betont wird. Für die berufliche Bildung muss es jedoch immer auch darum gehen, Wissenschaftsorientierung mit der komplementären Situationsorientierung lernförderlich auszutarieren.

Die *strukturtheoretische Technikdidaktik* zielt auf die Entwicklung handlungsleitender kognitiver Strukturen und orientiert sich an zwei Bezugssystemen: An der systematischen Struktur der entsprechenden Wissenschaft und an der Kognitionspsychologie mit kognitiven Strukturen des Denkens und Lernens im Anschluss an Ausubel, Bruner, Gagné, Bandura und Piaget (vgl. Lipsmeier 2006, S. 292).

Die *problemlösungsorientierte Technikdidaktik* bezieht sich auf die in der Lernpsychologie wichtigen Problemlösungsstrategien und versucht, sie in ihrem Ansatz fachdidaktisch besonders zu berücksichtigen.

Experimentierendes Lernen orientiert sich an den didaktischen Funktionen und Traditionen des naturwissenschaftlichen Unterrichts. In der beruflichen Bildung tritt jedoch das Ableiten von naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten eher in den Hintergrund. Technische Experimente zielen hier hingegen auf die Lösung technischer Probleme, die der Verringerung einer Störanfälligkeit und der Weiterentwicklung von Anlagen dienen sollen (vgl. Ott, Pyzalla 2003, S. 119).

Der Ansatz der *Technikgestaltung/ Sozialverträglichkeit von Technik* positioniert sich gegenüber traditionellen Konzepten der tayloristischen Industriearbeit mit arbeitsorganisatorischen Innovationen wie der teilautonomen Gruppenarbeit und der Fertigung in Arbeitsinseln.

Die *systemtheoretische Technikdidaktik* basiert auf der Systemtheorie der Technik von Rohpol (2009, hier in dritter Auflage zitiert). Das „wohl umfassendste und zugleich anspruchsvollste Technikdidaktik-Konzept“ (Lipsmeier 2006, S. 294) zielt auf ein komplexes und reflexives Technikverständnis, „das den interdisziplinären Zugang zu den vielfältigen Interdependenzen zwischen Technik, Umwelt, Mensch und Gesellschaft eröffnen soll“ (ebd.).

Da zentrale Intentionen der einzelnen technikdidaktischen Ansätze auch ansatzübergreifend erkennbar sind und wechselseitig aufeinander einwirken, sind die jeweiligen Grundkonzeptionen nicht eindeutig und trennscharf voneinander abgrenzbar. Weder die traditionelle Technikdidaktik noch die derzeitige Technikdidaktik lassen sich auch nur annähernd als einheitliches oder systematisches Konzept darstellen und klar zuordnen. Bonz (2003, S. 5) kennzeichnet den Technikdidaktik-Begriff als „mehrschichtig und vielgestaltig, wenn nicht sogar ‚sperrig‘“ (Hervorhebung im Original). Damit kommt zum Ausdruck, dass Technikdidaktik auf verschiedenen Ebenen und mit unterschiedlichen Zugängen theoretisch diskutiert und in unterschiedlicher Weise praktiziert wird.

3 Technikdidaktik in der technischen beruflichen Bildung

Historische Entwicklung der Technikdidaktik und technischen Bildung

Die Entwicklung einer Technikdidaktik erfolgte im Zusammenhang mit der Berufsausbildung in technischen Berufen. Eine solche Berufsausbildung fand in Deutschland zunächst nur in Betrieben statt. Im 19. Jahrhundert war die Berufsbildung noch stark von einem Vorgehen geprägt, das an traditionellen handwerklichen Lehrkonzepten ausgerichtet war. Mit fortschreitender Industrialisierung konnten die damit neu entstehenden Qualifikationsanforderungen nicht mehr hinreichend bedient werden. Mit der Ergänzung der betrieblichen Ausbildung durch Berufsschulen⁹ im 19. Jahrhundert und der damit verbundenen „informellen Konstituierung des dualen Systems der Berufsausbildung“ (Lipsmeier 2006, S. 287) gewann die allgemeine Schulpädagogik und Didaktik zunehmend Einfluss auf die Berufsbildung. Betriebspädagogische Aspekte und die Untersuchung betrieblicher Berufsausbildung standen jedoch lange Zeit im Hintergrund (vgl. Bonz 2001, S. 6).¹⁰

Im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts entstanden industrietypische, beruflich-systematische Lernkonzepte (vgl. Greinert 1997, S. 81), bei denen die Lehrlingsausbildung in Form eines Lehrgangs als Abfolge von Unterweisungen erfolgte, in denen sequenziell einzelne Fertigkeiten vermittelt wurden. Diesem planmäßigen und systematischen Erwerb von berufsmotorischen Fertigkeiten auf betrieblicher Seite entsprach im theoretischen Unterricht der Berufsschule eine linear-zielgerichtete Gesamtkonzeption mit der Favorisierung des fragend-entwickelnden Unterrichts. Hartmann (1928) hatte dies für die Berufsschulen „als allgemeine Regel gefordert“ (Bonz 2001, S. 8) und sieht als besondere Stärke darin, dass „die Aufgabe der Berufsschule in der Eingliederung der Jugend in den rationalisierten Arbeitsprozeß [...] in möglichst verständnisinniger und hemmungsloser Weise sich vollzieht“ (Bonz ebd.). Im Kontrast dazu geht Kerschesteiner (1912) von einer offenen Gesamtkonzeption aus, um „mit der Arbeitsschule die

⁹ Berufsschulen hießen zur damaligen Zeit „Fortbildungsschulen“.

¹⁰ Ursächlich dafür war, dass betriebliche Ausbildung praxisnah und kaum orientiert an theoretischen Konzepten der Lehr-Lern-Forschung gestaltet wurde, die wiederum wenig Bezug zur Berufsbildung erkennen ließ. In der Zeit der Gründung des Bundesinstituts für Berufsbildung – BIBB (gegründet 1970) rückte das betriebliche Lernen aber deutlich stärker in den Interessenshorizont der Forschung (vgl. Bonz 2001, S. 6f.).

Ideen der Reformpädagogik für berufliche Schulen und den Technikunterricht fruchtbar machen“ zu können (ebd. S. 9). Diese beiden, sich grundsätzlich gegenüberstehenden Auffassungen verweisen auf die bereits damals existierende Spannweite einer Technikdidaktik. Mit den unterschiedlichen konzeptionellen und methodischen Ausrichtungen werden auch unterschiedliche Zielpräferenzen verfolgt. So fokussiert die linear-zielgerichtete Vorgehensweise in der betrieblichen Ausbildung primär die Qualifikationsanforderungen der Facharbeiterberufe und im Unterricht an beruflichen Schulen die an den Technikwissenschaften ausgerichtete Systematik des Fachwissens. Eine offene Gesamtkonzeption stellt eine individuelle Entfaltung als breit angelegte Persönlichkeitsbildung in den Vordergrund.

Für eine an technischen Berufen orientierte Technikdidaktik hatten natürlich auch die Technikwissenschaften eine hohe Relevanz. Im Unterschied zu den Fachdidaktiken allgemeinbildender Fächer, zu denen in der Regel eine mehr oder weniger klar umgrenzbare korrespondierende Fachwissenschaft existiert, fächern sich die Technikwissenschaften in viele Einzeldisziplinen auf. Für Bonz war hierzu für den Bereich der Berufsbildung „nur die technikdidaktische Konzeption der DDR weitgehend konsistent, insofern als die ‚Theorie der Fachmethodik Technik‘ in der Berufsausbildung weitgehend umgesetzt wurde“ (2003, S. 6, Hervorhebung im Original). Von der Theoriediskussion über die Umsetzung in Handreichungen bis hin zur Praxis der technischen Berufsausbildung in Betrieben und Berufsschulen folgte dieser Ansatz einer fachwissenschaftlich orientierten Technikdidaktik, die sich eng an den Technikwissenschaften und deren spezieller Methodologie orientiert (vgl. Bernard 2003, S. 73). Von dieser Betrachtungsperspektive hatte sich die Theoriediskussion in der BRD zu jener Zeit mehr oder weniger abgewandt (Bonz 2003, S. 6).

Noch bis in die 1960er Jahre lagen der Technikdidaktik beruflicher Schulen „positivistische oder gar irrationale Auffassungen von Technik zugrunde“ (Lipsmeier 2006, S. 286).¹¹ Ein entscheidender Impuls für eine moderne Technikdidaktik ging vom Deutschen Bildungsrat mit seiner Lehrlingsempfehlung von 1969 aus in der mit der Ergänzung des traditionellen Zieles der *beruflichen Tüchtigkeit* um die neue Kategorie der *beruflichen Mündigkeit* „nun auch generalisierend die Ziele der Berufsausbildung reflektiert“ wurden (Lipsmeier 2014, S. 30). Gleichzeitig plädierte dieses Gremium für eine Integration allgemeiner und fachlicher Lernziele soweit wie möglich und für eine Integration von theoretischer und praktischer Ausbildung (vgl. Lipsmeier 2006, S. 290). Insbesondere der theoretische Unterricht hat nach der Vorgabe des Deutschen Bildungsrates von 1969 „den gesamten Zusammenhang der Ursachen und Wirkungen des beruflichen Handelns zu umfassen und zu ihrer kritischen Reflexion hinzuführen. Eine solche Vertiefung des Verständnisses für die eigene berufliche Tätigkeit und die Zusammenhänge und Veränderungen in der Berufs- und Arbeitswelt ist notwendig in der fachtheoretischen Unterweisung der Berufsschule und am Ausbildungsplatz im Betrieb sowie in den sprachlichen, natur- und gesellschaftswissenschaftlichen Fächern der Berufsschule“ (Lipsmeier 2006,

¹¹ Lipsmeier (2006, S. 286) zitiert dazu den nordrheinwestfälischen Berufsschullehrplan von 1965, nachdem die Berufsschule „den ständigen Wandel in der Welt der Technik als Tatsache hinzunehmen“ und die Berufsschüler zum Verständnis „für Ursache und Wirkung neuer technischer Sachverhalte“ hinzuführen habe. Der niedersächsische Lehrplan bezieht dem gegenüber eine resignativ-irrationale Position: „Im dynamischen Spannungsfeld von Arbeit und Beruf erfährt der junge Werk tätige, daß er sich in Gefahren und Widersprüchen bewähren muß, die sich der logischen Einsicht entziehen“.

S. 290). Diese Vorgabe wurde zur Leitlinie für technikdidaktische Grundkonzeptionen (siehe die Auflistung nach Lipsmeier 2006 weiter oben) und somit „für die Technikdidaktik der Gegenwart“ (Bonz 2003, S. 5).

Curricularer Rahmen für eine Technikdidaktik in der Berufsausbildung

In der Berufsausbildung in Deutschland arbeiten Betriebe und Berufsschulen bei ca. 350 staatlich anerkannten Ausbildungsberufen, von denen ca. 100 technische Ausbildungsberufe sind¹², im sogenannten Dualen System zusammen. Ihre gemeinsamen Bildungsbemühungen zielen nach dem Berufsbildungsgesetz (BBiG 2005, §1, Abs. 3) darauf ab, „die für die Ausübung einer qualifizierten beruflichen Tätigkeit in einer sich wandelnden Arbeitswelt notwendigen beruflichen Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten (berufliche Handlungsfähigkeit) in einem geordneten Ausbildungsgang zu vermitteln [...] ferner den Erwerb der erforderlichen Berufserfahrungen zu ermöglichen“. Inhaltliche und methodische Schwerpunktsetzungen haben sich von einer fachsystematischen Ausbildung mit der Vermittlung von Kenntnissen und Fertigkeiten anhand von Fertigungsaufgaben in den 1980er Jahren über die handlungsorientierte Ausbildung mit der Betonung von selbstständigem Planen, Durchführen und Kontrollieren einer Arbeitstätigkeit in den 1990er Jahren hin zu einer prozessorientierten Ausbildung mit der Vermittlung von berufsfachlichen Kernqualifikationen und prozessorientierten Fachqualifikationen etwa ab 2000 entwickelt (vgl. Ott, Grotensohn 2014, S. 8).

Der Deutsche Bildungsrat hat bereits mit seiner Lehrlingsempfehlung von 1969 eine Integration allgemeiner und fachlicher Lernziele soweit wie möglich und eine Integration von theoretischer und praktischer Ausbildung gefordert. Dies betonen auch die Zielformulierungen einer beruflichen Bildung in den ab 1996 eingeführten lernfeldorientierten Rahmenlehrplänen der KMK. Demnach hat insbesondere die Berufsschule die Aufgabe, „berufsbezogene und berufsübergreifende Handlungskompetenz zu vermitteln [...] sowie zur Mitgestaltung der Arbeitswelt und der Gesellschaft in sozialer, ökonomischer und ökologischer Verantwortung“ zu befähigen (KMK 2011, S. 14). Dieses weit gefasste Zielspektrum zeigt eine große Nähe zu den weiter oben formulierten Zielvorstellungen einer ganzheitlich-integrativen Technikdidaktik.

Nahezu alle heutigen ca. 350 staatlich anerkannten Ausbildungsberufe sind seit 1990 neu entstanden, neu geordnet oder modernisiert worden. Gesetzliche Grundlagen und Ordnungsmittel sind für die Berufsschulen die Schulgesetze der Länder und die länderspezifisch ausgestalteten Rahmenlehrpläne der KMK mit den darin enthaltenen Lernfeldern. Für die betriebliche Seite umfassen die Ordnungsmittel das Berufsbildungsgesetz, Ausbildungsordnung, Ausbildungsberufsbild, Ausbildungsrahmenplan und Zeitrahmen (für erläuternde Beispiele vgl. Ott, Grotensohn 2014, S. 19ff.).

Mit dem kompetenzorientierten Lernfeldkonzept liegt für die Berufsschulen als Ausbildungspartner im dualen System trotz der über viele Jahre geübten Kritik¹³ ein tragfähiges Ordnungsmittel vor, das in seiner Umsetzung „sicher seinen Beitrag dazu geleistet hat, dass das duale

¹² Vgl. Bundesinstitut für Berufsbildung (2013). Diese Berufe enthalten hohe Technikanteile wie das Überwachen und Steuern von Maschinen, Anlagen oder technischen Prozessen.

¹³ Zum Überblick und für eine Einschätzung vgl. Riedl 2015, S. 128ff.

System weiterhin und nachhaltig als große Stärke des Beruflichen Bildungssystems in Deutschland hoch angesehen ist und in vielen Ländern als kopierwürdig betrachtet wird“ (Stigulinszky 2011, S. 2f.). Andererseits deutet bereits die knappe empirische Befundlage zur Implementation des Lernfeldansatzes darauf hin, dass erhebliche Einschränkungen für die Umsetzung der Lernfeldcurricula im Sinne des formulierten Konzeptanspruchs bestehen und äußerst unterschiedliche Realisierungsformen von beruflichem Lernfeldunterricht existieren. Aussagen von Seiten der Kultusbehörden der Länder aus der Außenperspektive (ebd.) und von vielen Berufsschulen aus der Innensicht untermauern dies (z.B. Heydt, Kuhbach, Lindner, Stengel 2014) ebenso wie punktuell vorliegende empirische Untersuchungen (z.B. Dengler 2015). Somit stehen zahlreiche Berufsschulen bis heute vor der Herausforderung, die mit diesem Ansatz verbundenen didaktischen Zielstellungen konzeptkonform (oder zumindest weitgehend konzeptnah) im Unterricht umzusetzen (vgl. Riedl 2015, S. 137).

Wenn nun Berufsschulen ihren Unterricht an kompetenzorientierten Curricula ausrichten, sollte auch die betriebliche Seite der dualen Ausbildung über kompetenzorientierte Ausbildungsordnungen in enger Abstimmung mit dem Lernfeldansatz verfügen, die auf einem gemeinsamen Kompetenz-Konzept basieren. Deren Entwicklung wird derzeit auf Bundesebene nicht hinreichend betrieben. Hinzu kommt, dass neben den wenig aufeinander abgestimmten Ordnungsmitteln „in weder zeitlich, noch inhaltlich oder methodisch aufeinander abgestimmten Bildungsprozessen nebeneinander her“ gearbeitet wird (Tenberg & Pittich 2017). Pittich und Tenberg (2013) sprechen hier von einem Konnektivitäts-Problem, das dringend angegangen werden muss. Dieses Desiderat verschärft sich mit zunehmender Entwicklungsdynamik technischer Berufsbilder weiter. Gerade der in jüngster Zeit vielfach bemühte und äußerst populäre Begriff Industrie 4.0 wird als Auslöser für eine Diskussion einer dazu angemessenen beruflichen Bildung 4.0 gesehen (vgl. Spöttl et.al. 2016 und Tenberg & Pittich 2017).

Methodische Gestaltungsaspekte für eine Technikdidaktik

Ein heute gängiges Verständnis von Ausbildung und Unterricht geht von einem erweiterten Lernbegriff aus, der neben dem fachlich-inhaltlichen Spektrum ein methodisch-strategisches Lernen, ein sozial-kommunikatives Lernen und ein persönlichkeitsförderndes Lernen umschließt. Diese kompetenzorientierten Zieldimensionen legen ein vielfältiges Methodenrepertoire nahe. Sowohl für die betriebliche Seite als auch die Berufsschulen erscheinen handlungsorientierte Konzepte dafür besonders geeignet. In der betrieblichen Ausbildung spielt nach wie vor das Erfahrungslernen am Arbeitsplatz eine wichtige Rolle (siehe Riedl, Schelten 2013a, S. 16f. u. S. 201f.). Für die methodisch geleitete Ausbildung sind nach wie vor die Lehrgangsmethode aber auch Leittext- und Projektmethode wichtige Gestaltungselemente (vgl. Ott, Grotensohn 2014, S. 74ff.). Neuere Methoden wie Lern- und Übungsfirmen oder Lernfabriken (vgl. Zinn 2014) kommen hinzu.

Der Lernort Berufsschule hat mit dem Lernfeldkonzept einen curricularen Rahmen, der Handlungs- und Situationsbezug mit ausgeprägten eigenverantwortlichen Schüleraktivitäten in besonderem Maße als geeignet sieht, fachliches Wissen mit einem systemorientierten, vernetzten Denken über das Lösen komplexer und problemhaltiger Aufgabenstellungen zu entwickeln. Dafür sind Arbeits- und Geschäftsprozesse „in den Erklärungszusammenhang zugehöriger

Fachwissenschaften zu stellen und gesellschaftliche Entwicklungen zu reflektieren“ (KMK 2011, S. 11). Für die Präzisierung der kompetenzorientierten Zielvorgaben in den Lernfeldern besteht als zentrale Herausforderung für konkrete Lernsituationen im Unterricht, das Verhältnis von Fachsystematik und Handlungssystematik lernfeldbezogen zu interpretieren, um eine lernförderliche Balance zwischen Situations- und Fachbezug herbeizuführen. Gleichzeitig geht es auch darum, die eigentätige Wissenskonstruktion von Lernenden in offenen Unterrichtskonzeptionen durch flankierende, lehrergeführte Instruktionsphasen zu begleiten.

Für die Umsetzung des Lernfeldansatzes ist es für die Gestaltung von Lernsituation wichtig, eine zentrale und in sich stimmige Handlungssituation vorzusehen, die den Unterricht leitet (für ein Beispiel siehe Antonitsch 2012). Diese zentrale Lernhandlung muss in erster Linie tragfähig für die zu vermittelnden theoretischen Inhalte sein, damit Lernende diese tiefgehend und differenziert erwerben können. Lehrkraft und Lernende lösen sich dafür immer wieder von konkreten Handlungsvollzügen einer Bearbeitungssituation. Abstrahierende Lernschleifen aus theoretisch-reflektierender Perspektive vertiefen fachliches Wissen und erschließen Begründungszusammenhänge. Dadurch werden Arbeits- und Geschäftsprozesse gemäß dem Bildungsauftrag der Berufsschule theoretisch hinterfragt, aufgeklärt und in ein fachwissenschaftliches Bezugssystem eingeordnet.

Ein handlungsorientiertes Gesamtkonzept (Makrostruktur des Unterrichts) ermöglicht als mehrdimensionales Unterrichtskonzept mit verschiedenen Planungs-, Gestaltungs- und Zieldimensionen unterschiedlichste Realisierungsformen. Ein technischer handlungsorientierter Unterricht (Mikrostruktur) ist an konkreten Bestimmungsgrößen ausgerichtet (vgl. Riedl 2011, S. 196ff.), die er methodisch weitgehend zu realisieren versucht. Die Leittextmethode, die gegenüber dem Einsatz in der betrieblichen Ausbildung an didaktische Anforderungen der Berufsschule angepasst sein muss (vgl. ebd., S. 241ff.), kann hierfür als grundlegende Orientierung dienen. Ein wesentliches Qualitätsmerkmal für das Leittextkonzept leitet sich aus der Qualität der enthaltenen Lernaufgaben, der von ihnen geforderten fachlichen Tiefe und ihrem gleichzeitigen Bezug zur Handlungslogik einer berufsrelevanten Problemstellung ab (vgl. Riedl, Schelten 2013a, S. 151ff.). Begleitend zu solchen schülerzentrierten Lernphasen haben Fachgespräche als wichtiges didaktisches Element in einem handlungsorientierten Unterricht eine bedeutende Funktion, den lernenden Begründungszusammenhänge für ihr berufliches Handeln vor Augen zu führen und fachliches Wissen zu systematisieren und zu vertiefen (vgl. Riedl 2011, S. 204ff. und Riedl, Schelten 2013b).

Zusammenfassung

Eine heute zeitgemäße Technikdidaktik bezieht sich auf einen Technikbegriff, der neben der ingenieur- und naturwissenschaftlichen auch eine humane und soziale Dimension umfasst. Bezugsfelder einer Technikdidaktik sind die allgemeine Bildung und die berufliche Bildung. Die allgemeine Technikdidaktik zielt auf eine ganzheitliche Technikbildung, die in einer technikdominierten Gesellschaft die verschiedenen Dimensionen von Technik durchdringbar macht und zum verantwortungsvollen Umgang mit Technik befähigen soll. Gleichzeitig ist es ihre Aufgabe, die Anschlussfähigkeit an eine berufliche Bildung sicherzustellen. Gegenüber einer

allgemeinen Technikdidaktik befasst sich die berufliche Technikdidaktik mit der Berufsausbildung in technischen Berufen. Dazu verbindet sie den technikwissenschaftlichen Fachbezug mit der Pädagogik und Didaktik beruflicher Bildung. Mit der inhaltlichen Ausdifferenzierung nach Technikbereichen befassen sich die einzelnen Fachdidaktiken der beruflichen Fachdisziplinen.

Da die berufliche Technikdidaktik kein in sich geschlossenes, einheitliches oder systematisches Konzept ist, wird sie auf verschiedenen Ebenen und mit unterschiedlichen Zugängen theoretisch diskutiert und in unterschiedlicher Weise praktiziert. Eine ursprünglich auf Methodenfragen beschränkte traditionelle Technikdidaktik war eng an der Qualifizierung für technische Berufe und den Zielvorgaben der Berufsbilder ausgerichtet. Zu einer heutigen beruflichen Technikdidaktik gehört vor allem auch die inhaltlich-fachliche, methodisch-problemlösende, sozial-kommunikative und affektiv-ethische Zieldiskussion im Gesamtzusammenhang beruflichen Handelns. Hierbei geht es um die integrative Entwicklung fachlicher und allgemeiner Kompetenzen zur professionellen Bewältigung der Aufgaben technischer beruflicher Facharbeit. Dazu gehören ein vertieftes Verständnis der eigenen beruflichen Tätigkeit sowie der Zusammenhänge und Veränderungen in der Berufs- und Arbeitswelt, die Entwicklung der eigenen Persönlichkeit und die Befähigung zur verantwortungsvollen Mitgestaltung einer technisierten Arbeitswelt und Gesellschaft.

Zur Realisierung dieser Bildungsvorstellungen verfügen die Berufsschulen mit dem Lernfeldkonzept über einen geeigneten curricularen Rahmen, der einen handlungsorientierten Unterricht begünstigt. Allerdings verweist die empirische Befundlage nach wie vor auf erhebliche Unterschiede bei der konzeptkonformen Umsetzung der Lernfeldcurricula. Die zunehmende Entwicklungsdynamik technischer Berufsbilder erfordert eine Qualitätssicherung der dualen Ausbildung, gerade auch im Hinblick auf technischen beruflichen Unterricht. Erforderlich ist weiter, bisher wenig aufeinander abgestimmte Ordnungsmittel der Dualpartner auf die Grundlage eines gemeinsamen Kompetenz-Konzepts zu stellen, damit technische berufliche Bildung zeitlich, inhaltlich und methodisch noch besser aufeinander abgestimmt erfolgen kann.

4 Literaturverzeichnis

Antonitsch, M. (2012). Projekte als Lernsituationen im Lernfeldunterricht. In: Die berufsbildende Schule 64 (6), S. 200–204.

Bader, R. (2000). Didaktik der Technik – zur Konstituierung einer sperrigen Fachdidaktik. In: Bader, R. & Jenewein, K. (Hrsg.). Didaktik der Technik zwischen Generalisierung und Spezialisierung. Frankfurt a. M., S. 5-33.

Bernard, F. (2003). Der fachwissenschaftlich-methodologische Ansatz der Technikdidaktik. In: Bonz, B. & Ott, B. (Hrsg.). Allgemeine Technikdidaktik – Theorieansätze und Praxisbezüge. Baltmannsweiler: Schneider, S. 72-87.

Bonz, B. (2001). Zur Entwicklung der Technikdidaktik. In: Bader, R. & Bonz, B. (Hrsg.). Fachdidaktik Metalltechnik. Baltmannsweiler: Schneider, S. 6-12.

Bonz, B. (2003). Technikdidaktik und technische Kompetenzen in der allgemeinen und beruflichen Bildung – zugleich eine Einführung. In: Bonz, B. & Ott, B. (Hrsg.). Allgemeine Technikdidaktik – Theorieansätze und Praxisbezüge. Baltmannsweiler: Schneider, S. 4-18.

Bundesinstitut für Berufsbildung (2013). Liste der technischen Ausbildungsberufe im dualen System (BBiG bzw. HwO), Deutschland 2011. Bonn.

Dengler, M. (2015). Empirische Analyse lernfeldbasierter Unterrichtskonzeptionen in der Metalltechnik. Frankfurt a.M.: Lang.

Deutscher Bildungsrat (1969). Empfehlungen der Bildungskommission: Zur Verbesserung der Lehrlingsausbildung. Bonn.

Dolata, U. (2011). Wandel durch Technik. Eine Theorie soziotechnischer Transformation. Frankfurt a.M.: Campus.

Greinert, W.-Dietrich. (1997). Konzepte beruflichen Lernens unter systematischer, historischer und kritischer Perspektive. Stuttgart: Holland+Josenhans.

Grunwald, A. (2007). Technikdeterminismus oder Sozialdeterminismus: Zeitbezüge und Kausalverhältnisse aus der Sicht des Technology Assessment. In: Dolata, U. & Werle, R. (Hrsg.). Gesellschaft und die Macht der Technik. Sozioökonomischer Wandel und institutioneller Wandel durch Technisierung. Frankfurt a.M.: Campus.

Hartmann, K. (1928). Die Unterrichtsgestaltung der Berufs-, Werk- und Fachschulen. Frankfurt (Main): Diesterweg.

Heydt, E.; Kuhbach, U.; Lindner, A. & Stengel, P. (2014). „Lernfeldgespräche“ – Erfahrungsaustausch der Praktiker/-innen an berufsbildenden Schulen. In: lernen & lehren, Teil 1 Heft 115 (3), Teil 2 Heft 116 (4).

Kerschensteiner, G. (1912). Begriff der Arbeitsschule. 15. Aufl. (1964). München: Oldenbourg.

KMK – Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2011): Handreichungen für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe.

Lipsmeier, A. (2006). Didaktik gewerblich-technischer Berufsausbildung (Technikdidaktik). In: Arnold, R. & Lipsmeier, A. (Hrsg.). Handbuch der Berufsbildung. Opladen: Leske+ Budrich, S. 281-289.

Lipsmeier, A. (2014). Qualität in der deutschen Berufsausbildung aus historischer Perspektive. In: Fischer, M. (Hrsg.). Qualität in der Berufsausbildung. Anspruch und Wirklichkeit. Bielefeld: Bertelsmann.

Ott, B. (2003). Strukturmerkmale einer ganzheitlichen Techniklehre und Technikdidaktik. In: Bonz, B. & Ott, B. (Hrsg.). Allgemeine Technikdidaktik – Theorieansätze und Praxisbezüge. Baltmannsweiler: Schneider, S. 90-103.

Ott, B. & Grotensohn, V. (2014). Betriebs- und Arbeitspädagogik – Ganzheitliches Lernen in der Berufsbildung. Baltmannsweiler: Schneider.

Ott, B. & Pyzalla, G. (2003). Versuchsorientierter Technikunterricht im Lernfeldkonzept. In: Bonz, B. & Ott, B. (Hrsg.). Allgemeine Technikdidaktik – Theorieansätze und Praxisbezüge. Baltmannsweiler: Schneider, S. 117-129.

- Pfenning, U. (2013). Technikbildung und Technikdidaktik – ein soziologischer Über-, Ein- und Ausblick. *Journal of Technical Education (JOTED)*, Jg. 1 (Heft 1), S. 111-131.
- Pittich, D. & Tenberg, R. (2013): Development of competences as an integration process that is alternating in the learning venue – Current considerations. *Journal of Technical Education (JOTED)*, Jg. 1(Heft 1), S. 98-110.
- Riedl, A. (2011). *Didaktik der beruflichen Bildung*. Stuttgart: Steiner.
- Riedl, A. (2015). Unterricht im Lernfeldkonzept an beruflichen Schulen – aktuelle Herausforderungen und Realisierung in der gewerblich-technischen Berufsbildung. In: Seifried, J. & Bonz, B. (Hrsg.): *Berufs- und Wirtschaftspädagogik – Handlungsfelder und Grundprobleme*. Baltmannsweiler: Schneider, S. 127-148.
- Riedl, A. & Schelten, A. (2013a). *Grundbegriffe der Pädagogik und Didaktik beruflicher Bildung*. Stuttgart: Steiner.
- Riedl, A. & Schelten, A. (2013b). Technical discussions as supportive interventions in the process of constructivist teaching and learning. In: Beck, K. & Zlatkin-Troitschanskaia, O. (Eds.): *From Diagnostics to Learning Success. Proceedings in Vocational Education and Training*. Rotterdam: Sense, S. 115-126.
- Schmayl, W. (2010). *Didaktik allgemeinbildenden Technikunterrichts*. Baltmannsweiler: Schneider.
- Schütte, F. (2001). Fachdidaktik Metall- und Maschinentechnik – Traditionen, Paradigmen, Perspektiven. In: Bader, R. & Bonz, B. (Hrsg.). *Fachdidaktik Metalltechnik*. Baltmannsweiler: Schneider, S. 32-56.
- Spöttl, G.; Gorltd. C.; Windelband, L.; Grantz, T. & Richter, T. (2016). *Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie: Studie*. München: bayme – vbm
- Stigulinszky, R. (2011). Bilanz und Perspektiven aus der Sicht der Kultusverwaltung. In: *bwp@Spezial 5 – Hochschultage Berufliche Bildung 2011, Fachtagung 19*.
- Tenberg, R. (2011). Vermittlung fachlicher und überfachlicher Kompetenzen in technischen Berufen. *Theorie und Praxis der Technikdidaktik*. Stuttgart: Steiner.
- Tenberg, R. (2016). Wie kommt die Technik in die Schule. *Journal of Technical Education (JOTED)*, Jg. 4 (Heft 1), S. 11-21.
- Tenberg, R. & Pittich, D. (2017): Ausbildung 4.0 oder nur 1.2? Analyse eines technisch-betrieblichen Wandels und dessen Implikationen für die technische Berufsausbildung. *Journal of Technical Education (JOTED)*, Jg. 5 (Heft 1), S. 27-46
- Windelband, L. (2014). Zukunft der Facharbeit im Zeitalter „Industrie 4.0“. *Journal of Technical Education (JOTED)*, Jg. 2 (Heft 2), S. 138-160.
- Zinn, B. (2014). Lernen in aufwendigen technischen Real-Lernumgebungen – eine Bestandsaufnahme zu berufsschulischen Lernfabriken. *Die berufsbildende Schule (BbSch)* Jg. 66 (Heft 1), S. 23-26