Perspektiven für eine nachhaltige Automobilindustrie*

Matthias Aistleitner#

1. Einleitung

Spätestens seit dem vor 44 Jahren veröffentlichten Bericht des Club of Rome, *The Limits to Growth* (Meadows et al. 1972) kann die Tatsache nicht mehr geleugnet werden, dass die Auswirkungen des ökonomischen Handelns in ihrer Gesamtheit das Potenzial besitzen, die Lebensgrundlage des Menschen, die Natur, durch fortschreitende Zerstörung in einem bedrohlichen Maße zu gefährden. Die diesbezüglich wohl größte planetare Bedrohung stellt der fortschreitende Klimawandel dar. Während sowohl die Ursachen als auch die Folgen dieser Entwicklung mittlerweile als wissenschaftlich breit fundiertes Faktum angesehen werden können und Einigkeit hinsichtlich der Lösung des Problems besteht (substanzielle Reduktion zukünftiger Treibhausgasemissionen (vgl. IPCC 2014, 8)), hält sich der Fortschritt in Bezug auf eine erfolgreiche Umsetzung konkreter Lösungsmaßnahmen in Grenzen. Ein jüngst veröffentlichter Bericht der International Energy Agency (IEA) über den Zwischenstand einer forcierten *Dekarbonisierung* des globalen Energiesystems konstatiert, dass der aktuell fortschreitende Entwicklungspfad nicht ausreichen wird, um die Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs im 21. Jahrhundert auf 2° Celsius (bzw. 1,5° Celsius[1]) zu beschränken (vgl. IEA 2015a, 4-16; siehe hierzu auch Riahi et al. 2015 und Rogelj et al. 2015). Ein kritischer Faktor, der in diesem Zusammenhang entscheidend für die Erreichung bzw. Nichterreichung dieses Ziels angesehen wird, ist die ausreichende (und vor allem rechtzeitige) Entwicklung und Anwendung geeigneter Technologien (vgl. Eom et al. 2015; Kriegler et al. 2014) wie beispielsweise *Carbon Capture and Storage* (CCS), flexible Elektrizitätsysteme (*smart grids*) oder der Einsatz von Wasserstoff als Energieträger (vgl. IEA 2012). Jedoch besitzen Prognosen über den Erfolg derartiger Lösungsansätze vor allem aufgrund ihrer technischen Unausgereiftheit einen tendenziell spekulativen Charakter.

Angesichts dieses relativ hohen Grades an Unsicherheit, der innerhalb einer solchen, innovationsorientierten Klimastrategie vorherrscht, bleibt es zweifelhaft, ob *Nachhaltigkeit* als „[a] *development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs*" (Brundtland 1987, 43) auf diese Weise erreicht werden kann. Aus normativer Sicht betrachtet, scheint es deshalb sinnvoll eine Alternative in Betracht zu ziehen, die jenseits von einem (derzeit) unsicheren *technologischen Optimismus* liegt (vgl. Costanza 1989, 4).

Eine zentrale Fragestellung dieses Beitrags lautet daher: Kann Nachhhaltigkeit durch Technologie *alleine* erreicht werden? Denn wie nachstehend anhand von Beispielen gezeigt wird, kann der Fokus auf technologische Innovationen sogar negative Folgen für Nachhaltigkeit mit sich ziehen. Dringend notwendig – so die **zentrale Argumentation** – ist zudem ein Wandel der gegenwärtigen *ökonomischen* Rahmenbedingungen, um dieses Ziel zu erreichen. Folglich

---

* Diese Arbeit stellt einen Auszug aus der Master-Thesis des Verfassers mit dem Titel P*erspektiven für eine nachhaltige Automobilindustrie* dar (derzeit unter Begutachtung).

Johannes Kepler Universität Linz (JKU), Forschungsinstitut für die Gesamtanalyse der Wirtschaft (ICAE), Altenbergerstraße 52, 4040 Linz; Email: matthias.aistleitner@jku.at.

[1] Siehe die Ergebnisse des jüngsten Klimaabkommens von Paris (vgl. FCCC 2015).

stellt die Frage der Eindämmung des Klimawandels primär eine Frage der *politischen Ökonomie* dar.

Diese Hypothese soll in dieser Arbeit anhand der Betrachtung eines konkreten Industriezweiges entwickelt werden: der globalen Automobilindustrie. Die Auswahl dieses Industriezweiges erscheint insbesondere aus drei Gründen naheliegend: Erstens spiegelt sich innerhalb der Automobilindustrie der oben beschriebene technologiezentrierte Lösungsansatz wider, der dazu beitragen soll, den globalen Transportsektor zu *dekarbonisieren*. Konkret kann hier die Forcierung alternativer Antriebstechnologien genannt werden (siehe Abbildung 1), eine Strategie die ein fester Bestandteil optimistischer Zukunftsszenarien zur nachhaltigen Entwicklung des Transportsektors darstellt (vgl. IEA 2012; Greenpeace 2015). Zweitens stellen sowohl die Produktionsbedingungen (die Industrie), als auch das Produkt selbst (das Automobil) ein gutes Beispiel dar, um die Komplexität und Vielschichtigkeit des Nachhaltigkeitskonzeptes zu veranschaulichen. In letzterem manifestiert sich zudem das Spannungsfeld zwischen sozioökonomischer und ökologischer Entwicklung in besonders deutlichen Maße (z.B. Arbeitsplätze vs. Rückbau des Individualverkehrs). Und Drittens hat kein anderer Industriezweig die gesamte industrielle Entwicklung der Warenproduktion so beeinflusst, wie die Automobilindustrie (vgl. Womack et al. 1992, 17). Nicht zuletzt deshalb wird die "*industry of industries*" (Peter Drucker zitiert nach Dicken 2015, 478) auch als "*metaphor for capitalist development*" (Bailey et al. 2010, 311) bezeichnet. Angesichts dieses historisch belegten Status könnte eine nachhaltige Alternative zur gegenwärtigen Automobilproduktion ebenfalls eine Vorbildwirkung für andere Industriezweige entwickeln.

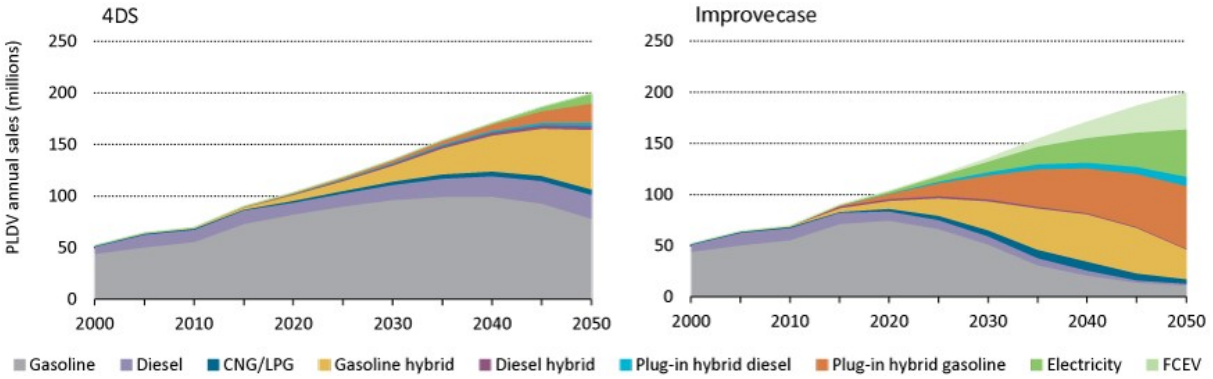

Abbildung 1. Die nach einem Zukunftsszenario der IEA (2DS) notwendige technologischen Zusammensetzung der globalen Automobilflotte im Vergleich zum Referenzszenario (4DS)[2]. (Quelle: IEA 2012, 544)

Im Zuge dieser Betrachtung werden sowohl die gegenwärtige Automobilindustrie als auch mögliche Alternativen mithilfe der dreidimensionalen Schablone *ökologische*, *ökonomische* und *soziale* Nachhaltigkeit – jeweils als Teilmengen des gesamten Nachhaltigkeitskonzepts (vgl. Adams 2006, 2) – bewertet. Hierbei wird für jede Dimension ein einfach definierter Indikator herangezogen: Für ökologische Nachhaltigkeit das allgemeine Ausmaß ökologischer Belastungen; für ökonomische Nachhaltigkeit die Profitabilität der Automobilproduktion und für soziale Nachhaltigkeit quantitative und qualitative Aspekte zur Beschäftigung in der Automobilproduktion. Ungeachtet dieser hier nicht zu vermeidenden Vereinfachung und der damit verbundenen begrenzten Definition von Nachhaltigkeit (vgl. Adams 2006; Connelly

[2] Beim *4 DS* Szenario wird die zukünftige Entwicklung des globalen Energiesystems unter der Zielsetzung einer Begrenzung des weltweiten Temperaturanstiegs von max. 4 Grad Celsius betrachtet und als Referenzszenario für alternative Entwicklungspfade (2 Grad Celsius Erderwärmung (*2 DS*) als optimistisches bzw. 6 Grad Celsius Erderwärumg (*6 DS*) als pessimistisches Szenario) gegenübergestellt (vgl. IEA 2012, 31).

2007), ermöglicht dieser Vergleich eine rasche und übersichtliche Beurteilung verschiedener Alternativen, insbesondere in Bezug auf den *Status Quo*. Hinsichtlich der methodischen Vorgehensweise wurde eine umfangreiche Literaturrecherche (u.a. in wissenschaftlichen Datenbanken wie Thomson Reuter's *Web of Science* (WoS)) durchgeführt. Die hierbei herangezogene überwiegend englischsprachige Literatur umspannt einen interdisziplinär weitgefassten Bogen und beinhaltet sowohl technische, energie- und umweltwissenschaftliche, wirtschaftshistorische, wirtschaftsgeografische, industrie- und entwicklungspolitische, betriebswirtschaftliche sowie soziologische Arbeiten, Metastudien und Literaturreviews mit automobilspezifischen Bezug.

Die nachstehende Arbeit gliedert sich folgendermaßen: In Abschnitt 2 wird die Entwicklung der gegenwärtige Automobilindustrie hinsichtlich der hier definierten einzelnen Nachhaltigkeits-Indikatoren bewertet und zu einem konsistenten Gesamtbild verdichtet. Ausgehend von den gewonnenen Erkenntnissen dieser Gesamtbetrachtung wird in Abschnitt 3 anschließend eine alternative Perspektive für eine nachhaltige Automobilindustrie skizziert, welche sowohl die Diskussion konkreter Lösungsansätze sowie mögliche praktische Ansätze für deren Implementierung mit einschließt. Abschließend werden Aspekte zur praktischen Umsetzung dieser Alternative diskutiert.

2. Die (Nicht)Nachhaltigkeit der gegenwärtigen Automobilindustrie

2.1. Die Automobilindustrie und ökologische Nachhaltigkeit

Hinsichtlich der Bewertung ökologischer Belastungen durch die Automobilindustrie stellt die sogenannte Lebenszyklusanalyse (*life cycle assessment,* LCA; im deutschsprachigen Raum oft auch mit dem Begriff *Ökobilanz* übersetzt[3]) ein ganzheitliches Konzept dar, um neben der eigentlichen Nutzungsphase auch die Phasen der Produktion und der Entsorgung bzw. Wiederverwertung eines Automobils zu erfassen und dementsprechend zu bewerten. Abbildung 2 zeigt den typischen Lebenszyklus eines Automobils bzw. der Automobilproduktion. Dieser beginnt bei der Herstellung der Rohstoffe und Materialien, die in der nächsten Phase für die eigentliche Produktion benötigt werden. Anschließend folgt die eigentliche Nutzung des Automobils, die nach einer gewissen Lebenszeit ein Ende (die ELV-Phase) nimmt. In dieser letzten Phase werden wiederverwendbare bzw. wiederverarbeitbare Autos, Ersatzteile sowie wiederverwertbare Materialien und Rohstoffe den jeweiligen vorgelagerten Lebensphasen wieder zugeführt, während der Rest als Abfall, auch *Automotive Shredder Residue* (ASR) genannt, beispielsweise Verbrennungsanlagen zur Energiegewinnung oder Mülldeponien zugeführt wird (siehe hierzu im Detail Sakai et al. 2014). Im Zuge dieser Arbeit sind insbesondere folgende, für die ökologische Bewertung relevante Kategorien zu nennen: Der Ressourcenverbrauch bei der Produktion, Wartung und Nutzung von Automobilen; der damit verbundene Energieverbrauch sowie (Schadstoff-)Emissionen vor, während und nach der Nutzung; und schließlich die Erzeugung von stofflich festen Abfallkomponenten (Müll und sonstige Abfälle), vor allem bei der Entsorgung. Der gesamte Lebenszyklus mit allen assoziierten Stoff- und Energieströmen wird auch als *Produktsystem* bezeichnet (vgl. Rebitzer et al 2004, 703).

[3] siehe hierzu weiterführend Lexikon der Nachhaltigkeit 2015, online.

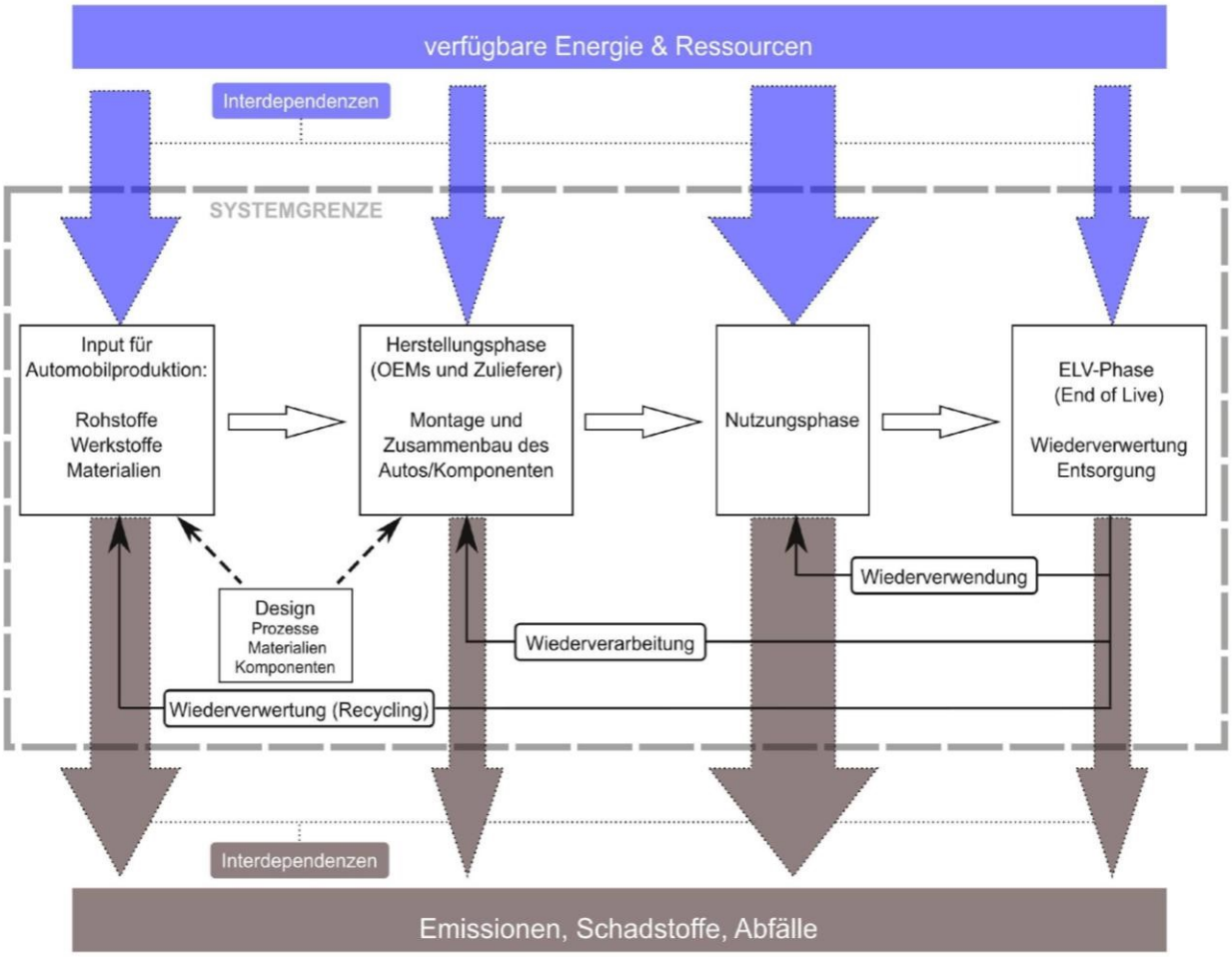

Abbildung 2. Der Lebenszyklus eines Automobils. (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Sutherland et al. 2004, 88; Kumar und Sutherland 2008, 147; Adams und Schmidt 1998; Keoleian et al. 1997, 5).

Das Automobil stellt ein gutes Anwendungsbeispiel dar, um die Besonderheiten aber auch die Komplexität der Lebenszyklusanalyse zu verdeutlichen. Zwei Aspekte sind hier vor allem von Bedeutung. Erstens nimmt die Thematik des Recycling bzw. der Wiederverwendung – diese stellt, wie der Name bereits impliziert, eine wesentliche Voraussetzung für eine zyklische Betrachtungsweise dar – bei der Automobilproduktion einen besonderen Stellenwert ein. Erkennbar wird dies durch die in Abbildung 2 dargestellten Rückkoppelungsschleifen vom Lebensende eines Automobils zurück zu den jeweiligen Lebensphasen. Zweitens wird durch die verknüpfte Betrachtung in Gestalt unterschiedlicher Stoffströme, die in sequenzieller Abfolge durch den Lebenszyklus wandern, die Abhängigkeit der einzelnen Lebensphasen untereinander sichtbar. Eine Änderung in einer Lebensphase (z.B. Einführung einer neuer Produktionstechnologie oder eines neuen Werkstoffes) hat unterschiedliche Auswirkungen auf die nachgelagerten Lebensphasen. Beispielsweise kann die Einführung eines neuen Werkstoffes in der Produktionsphase zu einem geringeren Energieverbrauch in der Nutzungsphase führen (durch die Gewichtsreduktion des Automobils), während in der Entsorgungs- oder ELV-Phase dieser neue Werkstoff mitunter zu einer niedrigeren Recycling-Rate führen kann (vgl. Kumar und Sutherland 2008, 148; Orsato und Wells 2007, 1002;) – wiederum mit Auswirkungen auf alle vorgelagerten Phasen. Somit werden scheinbar ökologische Verbesserungen in einer Lebensphase mitunter durch Verschlechterungen in anderen Lebensphasen kompensiert.

Letztgenannter Aspekt wird nun vor allem bei der lebenszyklischen Betrachtung eines Elektroautos (Electric Vehicle (EV) oder Battery Electric Vehicle (BEV)) augenscheinlich relevant. Diesbezüglich liefert eine Metastudie von Nordelöf et al. (2014) signifikante Evidenz. Konkret analysieren die AutorInnen 79 Lebenszyklus-Studien über die Umweltauswirkungen von PKW mit elektrischen Antriebssystemen. Es sind vor allem drei zentrale Punkte hervorzuheben, die eine kritische Beurteilung von Elektromobiliät im Individualverkehr rechtfertigen (vgl. Nordelöf et al. 2014):

Erstens: Die durch die Nutzungsphase verursachten ökologischen Belastungen im Lebenszyklus eines Elektroautos variieren sehr stark mit dem eingesetzten Elektrizitätsmix, der zum Antrieb bzw. Laden der Batterien eingesetzt wird. Dies stellt in Bezug auf das Treibhauspotenzial von Elektroautos den entscheidendsten Faktor dar, der in weiterer Folge zu unterschiedlichsten Beurteilungen von Elektroautos führen kann. Während beispielsweise nach einer spezifischen Studie und unter der Annahme eines durchschnittlichen europäischen Elektrizitätsmix eine Verringerung des Treibhauspotenzials um bis 30% (bei Vergleich mit Benzin) bzw. 21% (bei Vergleich mit Diesel) erreicht werden kann (vgl. Hawkins et al. 2013)[4], so führt eine Stromerzeugung mittels Kohlekraftwerken zu einer schlechteren Treibhausbilanz von Elektoautos als konventionelle Diesel- oder Benzinmodelle (+17% bzw. +27%) (vgl. Hawkins et al. 2012)[5]. Für eine positive ökologische Beurteilung von Elektroautos ist somit die Emissionsintensität der Stromerzeugung maßgeblich. Da letztere jedoch angesichts des weltweit nachwievor hohen Einsatzes von fossilen Energieträgern (2013 knapp 70%, davon 40% durch Kohlekraftwerke; vgl. IEA 2015b, 24) sehr hoch ist, gewinnen Technologien zur Bindung und Speicherung von CO_2 Emissionen in der Erdkruste (*Carbon Capture and Storage*, CCS) immer mehr an Bedeutung (vgl. Bertram et al. 2015; Eom et al. 2015; Johnson et al. 2015; Perrow 2010; Figueroa et al. 2008 sowie in einem breiteren Kontext Riahi et al. 2015 und Kriegler et al. 2014). Annahmen über eine zeitnahe Umsetzung und Anwendung von CCS in der hierfür notwendigen Größenordnung sind jedoch aus derzeitiger Sicht hoch spekulativ und von massiven Unsicherheiten, sowohl in technischer, ökologischer als auch ökonomischer Hinsicht geprägt[6]. (Für eine ausführliche Diskussion über diese Technologie siehe weiterführend Greenpeace 2015, 228-229; IEA 2015, 32; Boucher et al. 2013, 149-150; Van den Bergh 2012 sowie die oben zitierten Arbeiten.)

Zweitens: Mit der Produktion von Elektroautos geht im Generellen eine Verlagerung ökologischer Belastungen einher: Diese werden im Vergleich zu konventionellen PKW häufiger in der Produktionsphase als in der Nutzungsphase verursacht – ein Umstand, der vor allem der energie- und ressourcenintensiven Produktion von Elektroantrieben, insbesondere der Akkus, geschuldet ist. Bei der ökologischen Gesamtbeurteilung eines Elektroautos gewinnt somit die Produktionsphase und im Besonderen die lebenszyklische Beurteilung der eingesetzten Materialien (z.B. Lebenszyklus des Akkus) maßgeblich mehr an Bedeutung, als bei konventionellen PKW. Folglich nimmt auch die Komplexität der ökologischen Gesamtbeurteilung stark zu (siehe hierzu Correia et al. 2014). In diesem Zusammenhang fällt auch der Begriff *embedded carbon*, ein Maß, das angeben soll, wie viele Emissionen in der Produktionsphase eines Automobils noch vor der eigentlichen Nutzung anfallen. Nach Berechnungen des Carbon Trust (2011) entstehen ca. 20% der im gesamten Lebenszyklus anfallenden Emissionen eines durchschnittlichen (konventionellen) PKW in der

[4] siehe Girardi et al. (2015) am Beispiel Italiens.

[5] siehe Huo et al. (2015) am Beispiel von China und den USA sowie Chłopek und Lasocki (2013) am Beispiel von Polen.

[6] Aus diesem Grund wird CCS auch im *Energy [R]evolution* Szenario von Greenpeace (2015, 67) nicht berücksichtigt.

Produktionsphase. Im Falle von Elektroautos verändert sich dieses Verhältnis einerseits aufgrund der geänderten Produktionsbedingungen (Batterien, Antriebe, Leichtbaumaterialien), andererseits aufgrund der (potenziellen) Verringerung der Emissionen in der Nutzungsphase signifikant. Es ist deshalb die Lebensdauer oder genauer formuliert, die Dauer der Nutzungsphase eines Elektroautos (bzw. der eingesetzten Batterie) neben der Zusammensetzung des Elektritzitätsmix ein zweiter kritischer Faktor, der bei der Beurteilung der ökologischen Nachhaltigkeit dieser neuen Antriebstechnologie entscheidend ist (siehe hierzu auch Nieuwenhuis und Katsifou (2015, 233)): Je länger die angenommene Lebensdauer, umso vorteilhafter, je kürzer, umso nachteiliger die ökologische Bilanz[7].

Drittens: Nach der bereits oben genannten Arbeit von Hawkins et al. (2012; 2013) geht mit dem Einsatz spezieller Materialien und Ressourcen (wiederum hauptsächlich durch die Produktion der Batterie bzw. des Antriebssystems) neben einer Verringerung des Treibhauspotenzials auch die Erhöhung anderer problematischer Umweltwirkungen einher. Tabelle 1 zeigt einen überblicksartigen Vergleich zwischen einem Elektroauto (unter der Annahme eines durchschnittlichen europäischen Strommix) und einem konventionellen PKW (Diesel bzw. Benzin) anhand 10 untersuchter Umweltindikatoren. Bei drei von 10 Indikatoren wird eine Verbesserung des Indikatorwertes erreicht, drei weitere Indikatoren verbleiben auf einem relativ gleichen Niveau. Die restlichen vier Indikatoren hingegen verschlechtern sich im Falle eines Elektroautos in beträchtlichem Ausmaß.

[7] Ein diesbezüglich relevanter Befund ist aus einer spezifischen Studie von Hawkins et al. (2012) zu nennen: Unter der Annahme einer relativ gleichen Lebensdauer besitzt ein Elektroauto, das einen Tausch des Akkus benötigt, ein ähnlich hohes Treibhauspotenzial als ein konventionelles Dieselauto.

relative Änderung der Umweltwirkungen eines Elektroautos im Vergleich zu einem konventionellem PKW		
betrachteter Umweltindikator	**"best case"**	**"worst case"**
Photochemische Oxidation	-38%	-30%
Ressourcenvernkappung fossil	-41%	-31%
Treibhauspotenzial	-30%	-17%
Feinstaubbildung	0%	+7%
Terrestrische Versauerung	-12%	+6%
Terrestrische Ökotoxizität	0%	+5%
Humantoxizität	+197%	+233%
Ressourcenvernkappung mineralisch	+67	+87%
Wasser Eutrophierung	+233%	+285%
Wasser Ökotoxizität	+133%	+146%

Tabelle 1. Die lebenszyklische Beurteilung ökologischer Auswirkungen eines Elektroautos im Vergleich zu einem konventionellen PKW anhand von 10 Umweltindikatoren. Die Schwankungsbreite der Änderungen (best case vs. worst case) ergibt sich aufgrund unterschiedlicher Vergleichsbasen sowohl beim konventionellen Modell (Benzin und Diesel) als auch beim Elektroauto (Li-NCM bzw. Li-FePO4 Batterie). Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Hawkins et al. 2012; 2013 und der online verfügbaren *Supporting Information*.

Letztgenannter Kritikpunkt impliziert ganz eindeutig eine notwendige Abwägung unterschiedlicher Umweltbelastungen, die nur schwer miteinander verglichen werden können, ein Dilemma, das an die altbekannte *Wahl zwischen Pest und Cholera* erinnert.

Einen weiteren problematischen Aspekt thematisieren Ritthoff und Schallaböck (2012) anhand der Umweltauswirkungen, die mit einem langfristigen und vermehrten Einsatz von Akkus im Zuge dieser Lösungsstrategie verbunden ist: Einerseits kann man davon auszugehen, dass sich die Umweltprobleme, die mit der Akkuproduktion verbunden sind, aufgrund rascher Weiterentwicklung auf diesem Gebiet verringern werden. Andererseits kann aber auch davon ausgegangen werden, dass aufgrund des noch relativ geringen Wissenstandes neue bzw. noch unbekannte Umweltwirkungen etwaige Verbesserungen kompensieren oder andere Problemstellungen verursachen werden. Dass derartige Ungewissheiten zunehmend an Brisanz gewinnen werden, wird durch jüngste Entwicklungen, wie der Bau der *Gigafactory* des Elektroautoherstellers Tesla zunehmend bestärkt. Laut Zielsetzung des Unternehmens sollen nach der Komplettierung dieser gigantischen Produktionsanlage im Jahr 2020 mehr Akkus hergestellt werden, als 2013 weltweit produziert wurden (vgl. Tesla Motors 2014, online)[8].

[8] Aktuellen Medienberichten zufolge sind auch weitere Produktionswerke in Europa, China und weiten Teilen Asiens geplant (vgl. der Standard online vom 30.07.2016).

Aus Sicht der ökologischen Nachhaltigkeit lässt sich nun folgendes Zwischenfazit ableiten: Die gegenwärtige Entwicklung der Automobilproduktion hin zur einer (vermeintlichen) Etablierung alternativer Antriebstechnologien wie Elektromobilitätbirgt birgt die Gefahr der Verlagerung bestehender Umweltbelastungen in andere Produktlebensphasen eines Automobils. Derartige Technologien stellen somit eine *vermeintliche* Lösung ökologischer Problemlagen dar. Letztere sind zudem durch einen beträchtlichen Grad an Unsicherheit über das Ausmaß zukünftiger Umweltauswirkungen gekennzeichnet.

2.2. Die Automobilindustrie und ökonomische Nachhaltigkeit

Hinsichtlich dem hier gewählten Indikator für ökonomische Nachhaltigkeit, die Profitabilität der Automobilproduktion, lässt sich eine Entwicklungsdynamik erkennen, die in Abbildung 3 als *Spirale der Automobilproduktion* dargestellt ist und die zu einer zunehmenden Vulnerabilität dieser Profitabilität führt. Eine zentrale Triebkraft dieser Dynamik lässt sich nun im Kern des gegenwärtigen Automobil-Produktionsparadigmas identifizieren: Die Generierung von Skaleneffekten, die im Zuge der hohen Kapital- und Investitionskosten eine ökonomische Notwendigkeit darstellt und konkret durch die Produktion und Endfertigung von Automobilen in hoher Stückzahl in großflächigen, zentralisierten Produktionshallen realisiert wird (vgl. Wells und Orsato 2005, 19-20; Wells und Nieuwenhuis 2012, 5).

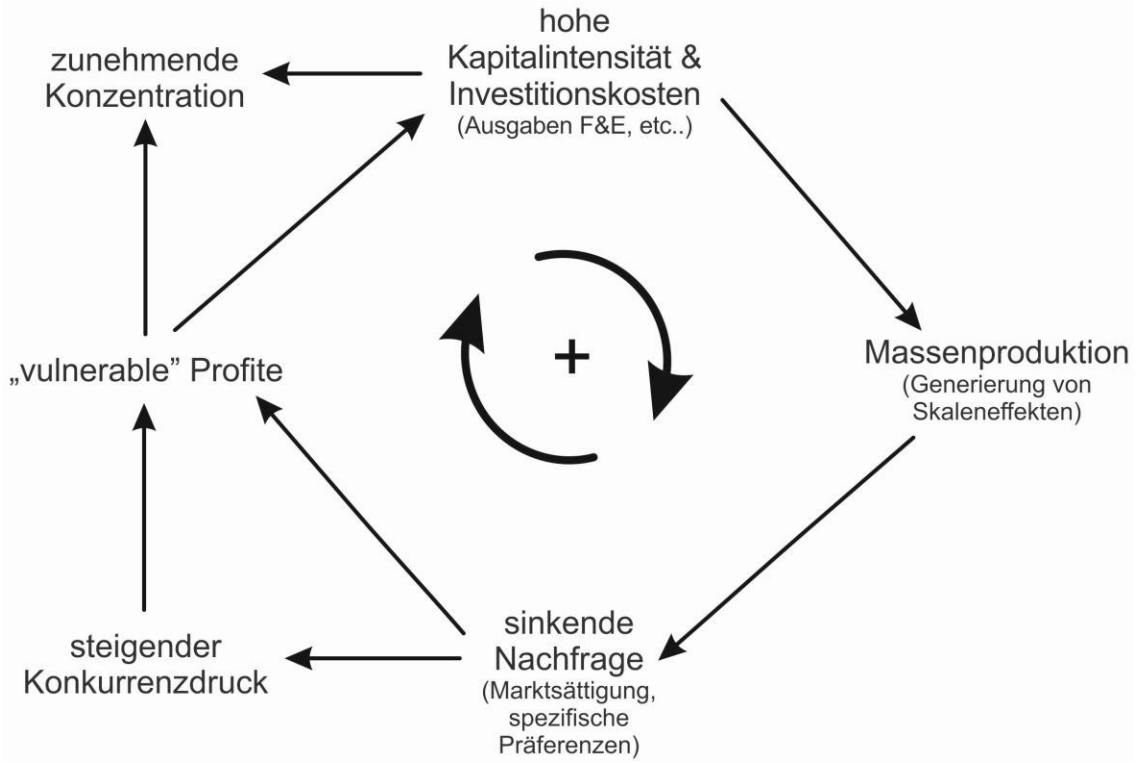

Abbildung 3. Die ökonomische Nachhaltigkeit der Automobilindustrie und die Spirale der Automobilproduktion. Eigene Darstellung.

Diese Strategie galt so lange als Erfolgsmodell, bis eine sinkende Nachfrage aufgrund Marktsättigung und zunehmender Differenzierung der Präferenzen (letztere wird hauptsächlich durch steigende Einkommen in den Industrieländern verursacht und betrifft beispielsweise Design, Ausstattung etc.. eine Automobils) sowie ein steigender Konkurrenzdruck zur zunehmenden Stagnation der Profitabilität führt (vgl. Schwarz 1994, 282-283; Orsato und Wells 2007, 999-1000). Eine als Reaktion auf diese Situation beobachtbare Entwicklungstendenz

äußert sich in einer zunehmenden Rationalisierung der Produktion, welche wiederum zur Konzentration der Industrie in die Hände einiger weniger Akteure (Automobilhersteller und globale Zulieferer) führt (vgl. Sturgeon et al. 2009). Diese Strategie ist wiederum mit den Erfordernissen des Produktionsparadigmas (Skaleneffekte) konsistent, vermag jedoch nicht das grundlegende Problem des Missverhältnisses von Marktangebot und Marktnachfrage zu lösen. Das Resultat ist ein zunehmende Produktentwertung, die durch den hohen Konkurrenzdruck zu einem starken Preisdruck führt. Gewinnmargen in der Produktion werden immer knapper und können mitunter sogar negativ ausfallen (vgl. Orsato und Wells 2007, 998; Nieuwenhuis und Wells 2003, 5; Nieuwenhuis 2015, 46). In Kombination mit zunehmender Marktsättigung bzw. volatilen Nachfrageschwankungen (z.B. Wirtschaftskrisen) entsteht ein *Profit-Verlust-Zyklus*, dem nicht nur einzelne Hersteller ausgesetzt sind, wie das Beispiel der 1990er Jahre zeigt: In diesem Jahrzehnt hatten nur drei (Massen-)Hersteller (BMW, Toyota und Honda) durchgehend keine Verluste zu verzeichnen. Ein Extrembeispiel stellt der Fall des Herstellers Nissan dar, der trotz hoher Verkaufszahlen (durchschnittlicher Jahresabsatz von 2,7 Millionen Stück zwischen 1992 und 1998) – jedoch nicht zuletzt aufgrund kostenintensiver Produktions- und Managementstrukturen – in eine finanzielle Krise schlitterte, die zu einer Allianz mit dem Hersteller Renault Ende der 1990er Jahre führte (vgl. Orsato und Wells 2007, 998; Donnelly et al. 2005, 432). Ein weiteres Extrembeispiel stellen die im Zug der Wirtschafts- und Finanzkrise ausgelösten Insolvenzen großer Hersteller dar, wie z.B. die Insolvenz von General Motors und die darauf folgende Notverstaatlichung durch die US-Regierung im Jahr 2009[9]. Oder auch Übernahmen finanziell angeschlagener Hersteller durch Hersteller aus Schwellenländern, wie z.B. der Verkauf der Ford-Töchter Jaguar und Land Rover an den indischen Tata Konzern im Jahr 2009 und der Verkauf von Volvo an den chinesischen Hersteller Geely im Jahr 2010 (vgl. Lengauer und Wukovitsch 2010, 205; Bailey et al 2010, 313).

Es ist naheliegend, dass eine aus dieser Produktionsspirale resultierende Entwicklungsdynamik dem Ziel ökonomischer Nachhaltigkeit entgegensteht. Dass sogar das Gegenteil wahrscheinlicher wird, nämlich eine Verschärfung des wirtschaftlichen Risikos durch sogenannte Verstärkereffekte, zeigt sich am Beispiel immer größerer und damit kostenintensiverer Rückrufaktionen, welche einerseits durch den Einsatz von Plattformstrategien und andererseits durch die zunehmende Konzentration der Industrie wahrscheinlicher werden. Die Tatsache dass beispielsweise ein globaler Zulieferer mehrere Hersteller mit den selben Komponenten bzw. fertigen Modulen beliefert, kann im Falle eines Produktfehlers zu einer enormen Ausbreitung desselben führen (vgl. Bailey et al. 2010, 315). Kang et al. (2015) zeigen zudem mittels einer formalen Modellanalyse: Je effektiver die Rationalisierungsstrategie durch Plattformkonsolidierung und (dem damit verbundenen Einsatz identischer Komponenten), umso höher das Risiko schwerwiegender (d.h. häufig auftretender) Produktfehler. In diesem Kontext kann die aktuell größte Rückrufaktion in der Geschichte der Industrie als passendes empirisches Fallbeispiel herangezogen werden. Ein durch den globalen Zulieferer Takata fehlerhaft produzierter Airbag, welcher in unterschiedlichen Modellen mehrerer Hersteller verbaut ist, führt zu Rückrufaktionen von beispiellosen Ausmaß: Insiderinformationen zufolge sind im *worst-case* Szenario etwa 290 Millionen produzierte Airbags betroffen, der finanzielle Gesamtschaden beläuft sich nach Schätzungen auf 24 Milliarden US-Dollar (vgl. Automotive News 30.03.2016).

[9] Im Jahr 2013 wird GM wieder mit staatlichen Verlusten in Milliardenhöhe privatisiert (vgl. USA Today, 10.12.2013).

2.3. Die Automobilindustrie und soziale Nachhaltigkeit

Hinsichtlich der sozialen Nachhaltigkeitsdimension lassen sich Aspekte zur Beschäftigung in der Automobilindustrie insofern als geeigneter Indikator heranziehen, als dass *nachhaltige* Arbeit den "*Ausgangspunkt sozialer Nachhaltigkeit*" (Littig und Grießler 2004, 77) darstellt. In diesem Punkt ist die Rolle der globalen Automobilindustrie als durchaus ambivalent einzustufen: Einerseits trägt diese als globaler Arbeitgeber zum *weltweiten* Erhalt von Millionen Arbeitsplätzen[10] bei. Denn im Gegensatz zu klassisch globalisierten Industriezweigen, wie etwa die Bekleidungs- oder Elektronikindustrie, die sich vor dem Hintergrund eines steigenden Konkurrenzdrucks zwischen globalen Anbietern immer mehr in die Domäne klassischer Billiglohnländer verlagert haben (vgl. Komlosy 2010, 84; Sturgeon et. al 2009, 9), bleibt die Automobilindustrie des 20. Jahrhunderts (die klassische Automobiltriade[11])in ihrer historisch entstandenen räumlichen Struktur weitgehend erhalten. Das Resultat ist eine *Regionalisierung* der Automobilproduktion innerhalb eines *globalen Musters* (vgl. Bailey et al 2010, 313; siehe auch Amighini und Gorgoni 2014) die hinsichtlich der hier betrachteten sozialen Nachhaltigkeitsdimension von besonderer Bedeutung ist. Neben logistischen (z.B. Transportkosten und begrenzt mögliche Auslagerung von Komponenten durch das Just-In-Time-Konzept) und betriebswirtschaftlichen Faktoren (die hohen Kapital- und Investitionskosten, die mit dem Aufbau einer Produktionsstätte verbunden sind) ist es auch vor allem ein unternehmenspolitischer Aspekt, der dazu führt, dass die Endfertigung eines Automobils in jenen Regionen durchgeführt wird, die gleichzeitig auch den Endverbrauchermarkt darstellen: Der (lokale) Erhalt von Arbeitsplätzen, der einen maßgeblichen Einfluss auf die (lokale) Nachfrage hat (vgl. Sturgeon et al 2009, 14-15). Gleichzeitig besteht aufgrund des gegenwärtigen Produktionsparadigmas die Notwendigkeit eines geografisch weiträumigen Absatzmarktes mit einem dichten Netz an Verkaufsstellen, um überhaupt eine ausreichende Menge an Neuwagen absetzen zu können (vgl. Wells und Orsato 2005, 20).

Andererseits lassen sich hinsichtlich der Qualität der Beschäftigung in der globalen Automobilindustrie drei Prekarisierungstendenzen benennen, die eine kritische Beurteilung hinsichtlich sozialer Nachhaltigkeit rechtfertigen: Erstens, gesundheitliche und psychosoziale Auswirkungen, die mit dem gegenwärtigen Produktionsparadigma der Automobilproduktion in Verbindung gebracht werden können und vor allem als Resultat einer unvollständigen bzw. falschen praktischen Umsetzung der originär in Japan entwickelten schlanken Produktion (*lean production,* siehe hierzu im Detail Womack et al. 1992) zu verstehen sind (vgl. Koukoulaki 2014; Arezes et al. 2014; Zhang 2014). Zweitens eine zunehmende Verschlechterung der Arbeitsbedingungen in der *alten* Automobiltriade, die von Seiten der Arbeitnehmer-Innenvertretung (z.B. Gewerkschaften) akzeptiert wird, um Auslagerungen der Produktionsstandorte zu verhindern (*concession bargaining*) (vgl. ILO 2005, 52; Jürgens und Krzywdzinski 2008; 2009; Bilbao-Ubillos und Camino-Beldarrain 2008; Siemiatycki 2012; Jullien und Pardi

---

[10] Nach Ansicht von automobilspezifischen Interessensvertretungen haben unter Berücksichtigung weiterer Sektoren (z.B. der Transportsektor, die Recyclingindustrie oder die Rohstoff- und Treibstoffproduktion) alleine in der Europäischen Union mehr als 12 Millionen (vgl. ACEA 2016, 13), in Japan mehr als 5,5 Millionen (vgl. JAMA 2015) und den USA mehr als 7,3 Millionen Arbeitsplätze (vgl. CAR 2015, 30) ihre Existenz der Automobilindustrie zu verdanken. Hinzu kommen noch die (steigenden) Beschäftigungszahlen in den Entwicklungs- und Schwellenländern. Alleine in China sind 2010 etwa 2,2 Millionen in der direkten Automobilproduktion beschäftigt (vgl. Zhang 2014, 56). Die *Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles* (OICA) schätzt die Höhe der weltweit durch die Industrie geschaffenen Arbeitsplätze auf etwa 50 Millionen (Stand 2005) ein (vgl. OICA 2016, online). Diese Zahlen müssen aufgrund ihrer einschlägigen Herkunft freilich mit Vorsicht interpretiert werden. Eine alternative Schätzung zur globalen Beschäftigung findet sich etwa bei Dicken (2015, 478), der die weltweite Automobilbeschäftigung inklusive *induzierter* Arbeitsplätze niedriger, jedoch auch auf immerhin 20 Millionen Beschäftigte einschätzt.

[11] Gemeint sind hier die Herstellerregionen USA, Europa und Japan.

2013, 103-105). Und Drittens lassen sich Prekarisierungstendenzen identifizieren, die vor allem in den Regionen der *neuen* Automobilindustrie auftreten und mit der Organisation und Integration der Automobilproduktion in globalen Wertschöpfungsketten (GVC) und Produktionsnetzwerken (GPN) in Verbindung zu bringen sind (siehe hierzu im Detail Fernández 2015). Insbesondere die dominante und damit privilegierte Position transnationaler Konzerne an der Spitze der GVC und die damit einhergehende Steuerung (*Governance*) aller anderen beteiligten Stakeholder (vgl. Gereffi 2013, 4-7; Coe und Hess 2013, 5; Rutherford und Holmes 2008) führt dazu, dass Upgrading-Prozesse (oder gar die Integration in die Wertschöpfungskette) bei Zulieferunternehmen im globalen Süden erschwert werden (vgl. Fernández 2015, 214-215). Insgesamt betrachtet werden mit der Etablierung des gegenwärtig dominierenden GVC-Konzepts die asymmetrischen Verhältnisse, die durch den globalen Kapitalismus erzeugt werden nicht – wie ursprünglich intendiert – aufgedeckt, sondern vielmehr erfolgreich verschleiert und in weiterer Folge verfestigt (siehe auch Selwyn 2015), mit dementsprechenden Folgen für die dortigen Arbeitsbedingungen.

[...]*the gains from economic activities are highly unevenly captured by workers within and beyond GPNs, and labour struggles are an inextricable feature of capitalist modes of production*" (Coe und Hess 2013, 7).

Als Beispiele sind hier unzählige Arbeitskämpfe und Proteste für bessere Arbeitsbedingungen in Automobilproduktionsstätten zu nennen, die der globale Gewerkschaftsverband *IndustriALL* auf seiner Website dokumentiert (http://www.industriall-union.org/). Insbesondere die Arbeitsbedingungen in den neuen Automobilindustrien China, Südkorea und Indien können hier als Indiz herangezogen werden: In diesen Ländern wurden bis heute grundlegende Kernarbeitsnormen der *International Labour Organization* (ILO) (z.B. Vereinigungsfreiheit, Verbot von Zwangs- und Kinderarbeit) nicht ratifiziert (vgl. ILO 2016, online).

2.4. Der *Status Quo*: Eine Gesamtbetrachtung

Abbildung 4 zeigt nun den gegenwärtigen Ist-Zustand der Automobilindustrie anhand der (vereinfacht konstruierten) dreidimensionalen Bewertungsschablone für Nachhaltigkeit. Ebenfalls dargestellt sind hier bereits zwei wesentlichen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Nachhaltigkeitsdimensionen, die zur Verschärfung letzterer führen. Erstens verursacht die zwingend notwendige Massenproduktion (Profitabilität durch Skaleneffekte) eine Verschärfung der ökologischen Belastungen durch (chronische) Überproduktion (siehe auch Wells und Orsato 2005, 20-21). Zweitens geht durch eine zunehmende Rationalisierung der Produktion (Profitabilität durch Kostensenkung) die steigende Prekarisierung der Arbeitsbedingungen bzw. der Verlust von Arbeitsplätzen einher, mit der Folge einer Verschärfung sozialer Problemlagen.

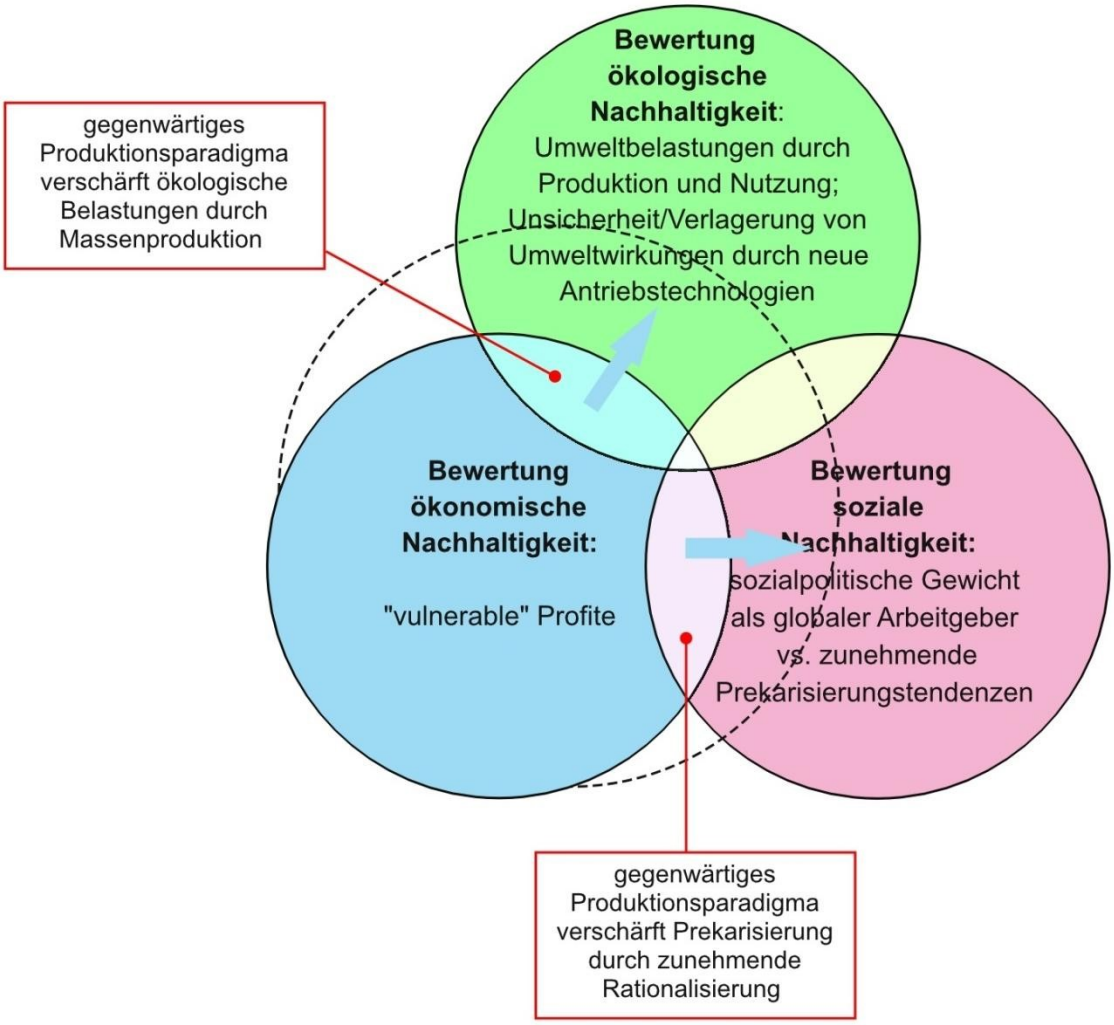

Abbildung 4. Die Nachhaltigkeit der Automobilindustrie: eine Gesamtbetrachtung des derzeitigen Ist-Zustandes. Eigene Darstellung.

Das gegenwärtige Produktionsparadigma entpuppt sich somit als zentraler Schlüsselfaktor bei der Gesamtbeurteilung hinsichtlich Nachhaltigkeit. Dies zeigt sich vor allem daran, dass sich die gegenwärtige Massenproduktion negativ auf alle drei Nachhaltigkeitsdimensionen auswirkt und zwar unabhängig von technologischen (Weiter-)Entwicklungen des Automobils. Dieser Befund steht nun im Kontrast zum gegenwärtig dominanten *technologischen Optimismus*, der technologische Entwicklung als primäres Mittel zur Erreichung von Nachhaltigkeit betrachtet und in weiterer Folge die Diskrepanz zwischen Wachstum und Umweltzerstörung aufheben soll (vgl. Brown 2016, 125-126; Lélé 1991, 613). Der Erfolg derartiger *improve*-Strategien (vgl. IEA 2012) ist jedoch bezugnehmend auf den Transportsektor umstritten, wie u.a. ein umfassender Literaturüberblick von Figueroa und Ribeiro (2013) nahelegt. Diesbezüglich kann wiederum das Beispiel Elektromobilität herangezogen werden (siehe Abbildung 5). Wie bereits oben thematisiert, geht mit der Produktion eines Elektroautos die Verlagerung ökologischer Belastungen einher, z.B. von Emissionen hin zur Ressourcenverknappung durch Einsatz seltener Erden/Metalle. Diese Verlagerung wirkt sich wiederum negativ auf die beiden anderen Dimensionen aus: Einerseits wird diese spezifische ökologische Belastung durch die Erfordernisse des Produktionsparadigmas verstärkt, während umgekehrt der vermehrte Einsatz und die damit einhergehenden Verknappung dieser Ressourcen das Risiko erhöht, die Profitabilität der (Elektro-)Automobilproduktion über steigende Rohstoffpreise zunehmend weiter in Frage zu stellen. Gleichzeitig ist davon auszugehen, dass sich mit der Nachfrage dieser

begehrten Rohstoffe nicht nur geopolitische[12] sondern auch soziale Problemlagen vor allem in den Abbauländern verschärfen werden. Ein diesbezügliches Beispiel stellt der Abbau von Cobalt dar, ein seltenes Metall, das vor allem für die Produktion von Batterieelektroden benötigt wird. Der größte Exporteur von Cobalt-haltigen Produkten ist die Demokratische Republik Kongo mit einer im Jahr 2005 exportierten Menge von 22.000 Tonnen (dies entspricht in etwa der exportierten Gesamtmenge des zweit- und drittgrößten Exportlandes China und Japan) (vgl. Nansai et al. 2014, 1392, 1396). Neben den schlechten Arbeitsbedingungen sowie den gesundheitlichen Auswirkungen sind hier vor allem auch kriegerische Auseinandersetzungen zu nennen (z.B. Bürgerkriege), die im Zusammenhang mit dem Rohstoffabbau gebracht werden (vgl. Geenen 2012, Bleischwitz et al. 2012; Banza et al. 2009, Enough Project 2009).

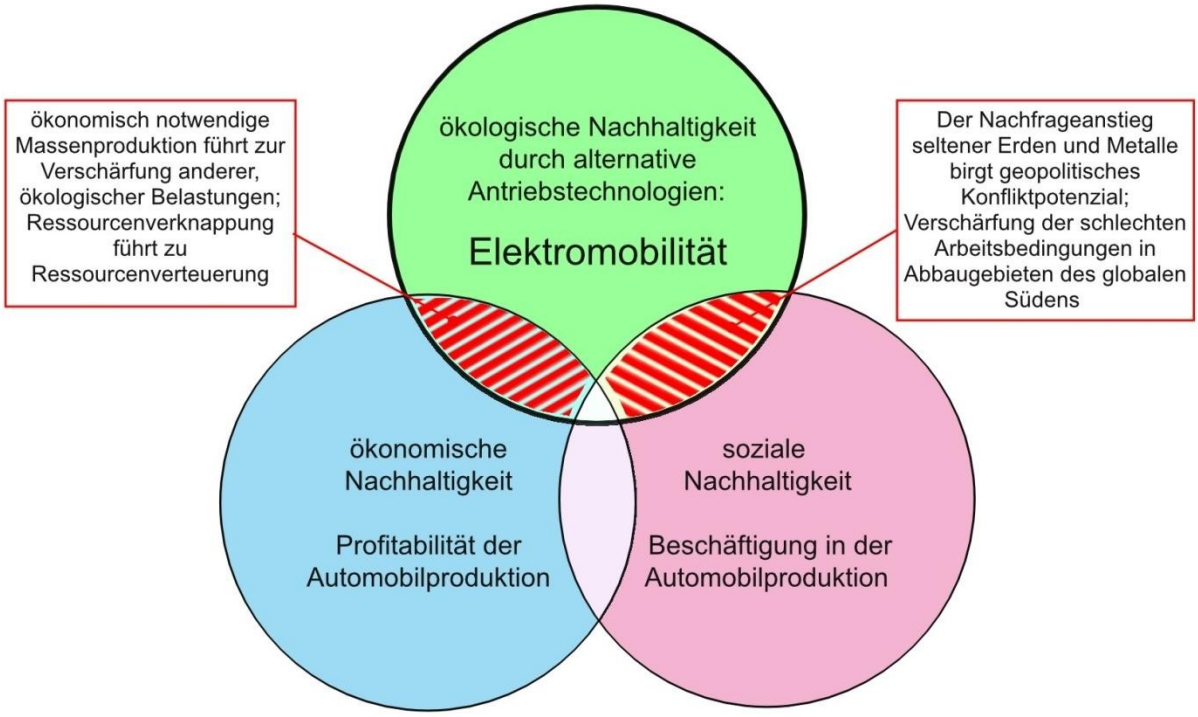

Abbildung 5. Die Nachhaltigkeit der Automobilindustrie: Beurteilung am konkreten Beispiel Elektromobilität. Eigene Darstellung.

Hier zeigt sich, dass technologische Innovationen alleine (z.B. durch alternative Antriebstechnologien) die mannigfaltigen Dilemmata, die in der Mehrdimensionalität von Nachhaltigkeit verankert sind, nicht lösen können. Zudem bleibt die real existierende marktwirtschaftliche Konstellation des globalen Automobilmarktes und die damit einhergehenden Problemlagen (hoher Konkurrenz- und Kostendruck, Marktsättigung) weiterhin bestehen. Eine alternative Form der Automobilproduktion stellt somit einen ersten Schritt hin zur Erreichung von Nachhaltigkeit in der Automobilindustrie dar, die jedoch in weiterer Folge durch Maßnahmen bzw. Lösungsansätze ergänzt werden müssen, die auf eine Veränderung der ökonomischen Rahmenbedingungen des Automobilmarktes abzielen.

[12] Seit den 1990er Jahren hat beispielsweise China seine Monopolstellung als Abbauland von seltenen Erden stetig ausgebaut (vgl. Du und Graedel 2011).

3. Perspektiven für eine nachhaltige Automobilindustrie

Nach dem bisher beschriebenen Ist-Zustand der Automobilindustrie soll dieses Kapitel im Sinne einer alternativen *Roadmap* zur Skizzierung einer nachhaltigen Automobilindustrie (Soll-Zustand) beitragen. Zwei zentrale Grundelemente werden hierbei als notwendig erachtet und im Folgenden beschrieben: Erstens wird ein alternative Produktionsparadigma, das von Nieuwenhuis und Wells (2003) entwickelte *Micro Factory Retailing* (MFR)-Modell diskutiert und anhand der drei definierten Nachhaltigkeitsindikatoren bewertet. Und Zweitens werden die möglichen ökonomischen Rahmenbedingungen für einen nachhaltigen Automobilmarkt behandelt, welche im Wesentlichen auf der von Kapeller et al. (2014) entwickelten Idee eines *zivilisierten Marktes* aufbauen.

3.1. Micro Factory Retailing (MFR) als Produktionsparadigma

"*small is beautiful.*" (Schumacher)

Ein zentrales Merkmal des von Nieuwenhuis und Wells (2003) entwickelten *Micro Factory Retailing* (MFR)-Konzepts liegt, wie der Name bereits impliziert, in der räumlichen Zusammenlegung von Automobilproduktion, Verkauf bzw. Reparatur und Entsorgung. Alle diese Tätigkeiten, die während des Lebenszyklus eines Automobils anfallen, finden an einem Ort statt, der wiederum einen geografischen Mikro-Absatzmarkt bedienen soll. Mit MFR werden Skaleneffekte nicht durch die Produktion hoher Stückzahlen[13] (Skaleneffekte) sondern durch Bündelung unterschiedlicher Tätigkeiten (Verbundeffekte) erreicht, welche über die Domäne der eigentlichen Produktion hinausgehen (und daher einzeln oft sehr kostenintensiv durchzuführen sind) (vgl. Wells und Orsato 2005, 21; Nieuwenhuis und Wells 2003, 228).

Das theoretische Potenzial für Nachhaltigkeit, welches sich aus dieser industriellen Neustrukturierung ergibt, unterscheidet sich beträchtlich von den bisher behandelten Alternativen (vgl. Nieuwenhuis und Wells 2003; 227-236; Wells 2004; Wells und Orsato 2005; Williams 2006):

MFR und ökologische Nachhaltigkeit

Micro Factory Retailing ermöglicht den Wegfall von Überproduktion, da die Erreichung von Skaleneffekten als Voraussetzung für eine erfolgreiche Anwendung dieses Paradigmas nicht mehr notwendig ist. Neben den bereits oben genannten ökologischen Vorteilen wird hier vor allem der bisherige Einsatz von Ganzstahlkarosserien, vormals das Resultat einer durch Weiterentwicklung getriebenen effizienten (Massen-)Produktion in großen zentralisierten Produktionshallen, überfällig. Alleine dieser Umstand führt zur massiven Reduktion ökologischer Belastungen, die mit dem Lackierprozess derartiger Karosserien einhergeht (vgl. Andrews et al. 2006; siehe auch im Detail Salihoglu und Salihoglu 2016).

Eine logische Konsequenz dieses Wandels ist (logischerweise) die Notwendigkeit der Einführung neuer Produktionsprozesse und Technologien zur Produktion:

[13] Wenngleich die Produktion einzelner Komponenten (z.B. Antriebssysteme) nach dem konventionellen Paradigma durchaus neben dem neuen Paradigma fortbestehen könnte (vgl. Nieuwenhuis und Wells 2003, 229).

"*The MFR concept is not just normal car manufacturing on a small scale; it necessarily requires and enables radically new automotive technologies and production processes.*" (Wells und Orsato 2005, 21)

Derartige Prozesse und Technologien könnten beispielsweise durchaus Gestalt in Form spezifischer Anwendungen des *Industrie 4.0* Paradigmas annehmen (z.B. der Einsatz intelligenter Roboter) – jedoch nicht notwendigerweise und auch nur in einem lokal begrenzten Ausmaß. Gleichzeitig ist ebenso die Wiedereinführung früherer Produktionsprozesse denkbar, welche beispielsweise eine Anwendung älterer Konzepte zum Automobilbau wieder möglich machen. Das wohl klassischste Beispiel stellt hier Henry Ford's *Model T* dar, welches mit einer Plattform ausgestattet war, die einen hohen Grad an Produktvielfalt (bis zu 5000 verschiedene Ausführungen) ermöglichte (vgl. Alizon et al. 2009). Ungeachtet dieser Spekulationen über mögliche Entwicklungen durch MFR zeigt sich ein zentraler Vorteil in der Flexibilität des Produktionsprozesses, der vor allem eine modulare Bauweise von Automobilen begünstigt und somit zur Ressourceneinsparung beiträgt. Anstelle einer ressourcenintensiven Produktion kompletter Neuwagen tritt ein vermehrter Austausch defekter oder nicht mehr funktionsfähiger Module, Komponenten und Ersatzteile. Gleichzeitig kann durch die Flexibilität lokaler Produktionsstätten die Nutzungsphase von bestehenden (konventionell produzierten) Gebrauchtwagen drastisch verlängert werden. Ein damit einhergehender bewusster Umgang mit Automobilschrott kann insgesamt zu einer starken Reduktion des durch die Autombilindustrie verursachten Müllaufkommens beitragen (siehe hierzu Zorpas und Inglezakis 2012).

Ein weiterer nicht zu vernachlässigender Aspekt stellen die Vorteile lokaler Produktionsstrukturen dar, einerseits hinsichtlich einer Verringerung von Umweltbelastungen durch lange Transportwege, andererseits hinsichtlich ihrer Größe selbst. Dahinter steckt die Feststellung von Schumacher (1973), dass viele kleine Umweltbelastungen (durch MFR-Standorte) insgesamt weniger problematisch sind als wenige einzelne, dafür große Belastungen (z.B. durch große Produktionsanlagen).

"*Small-scale operations, no matter how numerous, are always less likely to be harmful to the natural environment than large-scale ones, simply because their individual force is small in relation to the recuperative forces of nature*." (Schumacher 1973, 31 zitiert nach Nieuwenhuis und Wells 2003, 195)

Schlussendlich soll noch auf den Vorteil flexibler Produktionsstrukturen vor dem Hintergrund ungewisser Zukunftsentwicklungen hingewiesen werden, insbesondere jene, die im Hinblick auf die ökologischen Auswirkungen alternativer Antriebstechnologien bestehen, aber auch hinsichtlich der Ungewissheit technologischer Entwicklungen, die im Zusammenhang mit Materialrecycling stehen. Mit MFR kann im Gegensatz zu den relativ starren Produktionsstrukturen der konventionellen Massenproduktion relativ rasch auf neuartige Erkenntnisse und Entwicklungen über Spät- bzw. Langzeitfolgen für Mensch und Umwelt (z.B. Belastungen durch Elektroautos) reagiert werden (z.B. Änderung des Produktionsablaufes, Umtausch betroffener Komponenten etc..). Dieselbe Möglichkeit besteht auch hinsichtlich des Entwicklungsverlaufes neuer Recyclingtechnologien und dem Einsatz neu entwickelter Materialien die – wiederum im Vergleich zum konventionellen Paradigma – relativ rasch und flexibel in den Produktionsprozess integriert werden können.

MFR und ökonomische Nachhaltigkeit

Ein wesentlicher Unterschied, der weitreichenden Folgen für ökonomische Nachhaltigkeit mit sich bringt, liegt einerseits in der spezifischen Kapitalstruktur und andererseits im spezifischen Geschäftsmodell welches der Produktion durch MFR zugrunde liegt: Eine begrenzte Produktionskapazität einzelner Standorte hat geringere Investitionskosten und daher ein geringeres ökonomisches Risiko zur Folge, gleichzeitig kann mit der oben erwähnten räumlichen Zusammenführung der automobilspezifischen Tätigkeiten die Profitabilität durch die Generierung mehrerer Einnahmequellen erhöht werden. Weitere Vorteile liegen in der Möglichkeit einer besseren Adaptierung von Marktangebot an Marktnachfrage: Die bereits oben im Zuge der ökologischen Dimension erwähnte Modularisierung ermöglicht ein gezielteres Eingehen auf individuelle Kundenwünsche und kann so zu einer Verbesserung der Absatzzahlen beitragen. Schließlich lässt sich aufgrund der dezentralen und individuell(er)en Produktion auch das Risiko weitreichender und kostspieliger Rückrufaktionen stark reduzieren, da eine kostenseitig getriebene Notwendigkeit einer Standardisierung von Komponenten bzw. Plattformstrategien sowie eine Rationalisierung des Produktionsprozesses (z.B. Materialeinsparungen, billigere Konstruktionen etc..) nicht mehr zwingend gegeben ist. Schließlich lassen sich durch die weiträumige Dispersion dieser alternativen Automobilindustrie die sprunghaften Fluktuationen zwischen Automobilangebot und Nachfrage durch ein *organisches*, schrittweises Wachstum (bzw. Rückbau) ersetzen: Dies ermöglicht eine bessere Ausnützung vorhandener Kapazitäten bzw. sind Investitionen in Produktionsstätten mit weniger Unsicherheit und einem wirtschaftlich geringeren Risiko verbunden.

MFR und soziale Nachhaltigkeit

Hinsichtlich quantitativer Aspekte zur Beschäftigung, die eine auf MFR basierende Automobilindustrie mit sich bringen würde, lassen sich aufgrund fehlender empirischer Erkenntnisse keine zuverlässigen Prognosen generieren. Nach einer Schätzung von Nieuwenhuis und Wells (2003, 229) entfallen auf ein durchschnittliches konventionelles Produktionswerk mit 3000 Arbeitsplätzen in der Produktion 50 MFR Standorte mit insgesamt 5000 Arbeitsplätzen. Gleichzeitig entfallen hier jedoch 5000 weitere Arbeitsplätze[14] die im konventionellen System durch separaten Handel inkl. Service- und Reparaturtätigkeiten geschaffen werden. Folglich gehen anhand dieses theoretischen Vergleichs mit MFR etwa 40% der bestehenden Arbeitsplätze (in den betrachteten Kategorien Produktion und Einzelhandel/Reparatur/Service) verloren. Es ist somit naheliegend, dass in Regionen wie z.B. Deutschland in denen die klassische Automobilindustrie stark verankert ist, ein Nettoverlust von Arbeitsplätzen zu erwarten ist. Gleichzeitig werden mit MFR neue Produktionsstandorte in von der Automobilproduktion bisher unberührten Regionen geschaffen. Eindeutig scheint jedenfalls, dass eine stärkere Regionalisierung der Produktion zur Schaffung regionaler Arbeitsplätze und somit im Besonderen zur ruralen Entwicklung beitragen kann[15]. MFR besitzt somit durchaus das Potenzial auf breite politische Akzeptanz von Seiten der Bevölkerung zu stoßen. Zudem fallen analog zur ökologischen Dimension die sozialen Auswirkungen, die mit der Schließung eines MFR-Standortes einhergehen weniger drastisch aus, als die Schließung eines konventionellen Produktionswerks, die ganze Städte und urbane Räume (siehe z.B. Detroit) vor enormen sozialen Herausforderungen stellt. Diese schwerwiegenden Folgen

[14] Die Autoren gehen von etwa 500 Einzelhandelsstandorte (*dealerships;* diese beinhalten in der Regel auch Werkstätten) je konventionellem Produktionswerk mit jeweils 10 MitarbeiterInnen aus (vgl. Nieuwenhuis und Wells 2003, 229).

[15] In diesem Zusammenhang ist auch bedeutsam, dass gerade ländliche Räume mehr auf Automobilität angewiesen sind.

können wiederum als politisches Druckmittel eingesetzt werden, um Konzessionen hinsichtlich Arbeitsbedingungen (als Gegenleistung für den Erhalt von Arbeitsplätzen) durchzusetzen (siehe oben).

Unabhängig etwaiger arbeitsrechtlicher und sozialpolitischer Faktoren geht mit MFR auch ein Wandel der Arbeitsbedingungen einher, der natürlich ebenfalls abhängig vom Einsatz zukünftiger Technologien ist. Die relativ kleine räumliche als auch wirtschaftliche Größe eines einzelnen MFR-Standortes spricht jedoch eher gegen eine Anschaffung teurer Automatisierungsanlagen und begünstig somit den Einsatz menschlicher Arbeitskraft[16]. Eine erhöhte Flexibilität und Vielfalt hinsichtlich Produktvariation könnte zudem eine abwechslungsreiche Arbeit und somit Kreativität und Motivation fördern, anstelle monotoner Fließbandarbeit bzw. Intensivierung durch *Just-In-Time*-Prozesse der schlanken Produktion.

Schließlich besitzt das MFR-Modell das Potenzial, einen signifikanten Beitrag zur sozioökonomischen Entwicklung in Ländern des globalen Südens zu liefern. Als Alternative zur klassischen Industrialisierung können (hochwertige) Arbeitsplätze, lokale Wertschöpfung und Wohlstand geschaffen werden, ohne die lokale bzw. globale Umwelt zu zerstören (Neben einer zunehmenden Vermüllung durch importierte *End of Live-Vehicles*[17] sind es insbesondere die Folgen des Klimawandels, die sich überproportional negativ auf Entwicklungsländer auswirken). Weiters ermöglicht die beschriebene Flexibilität und Adaptabilität eine Anpassung des gesamten industriellen Entwicklungspfades an lokale Gegebenheiten in den jeweiligen Ländern. MFR stellt somit eine Alternative zum gegenwärtig dominanten Entwicklungskonzept industrieller Entwicklung in Gestalt globaler Wertschöpfungsketten und Produktionsnetzwerke dar.

MFR und Nachhaltigkeit – Zusammenfassung

Eine unter dem Gesichtspunkt von Micro Factory Retailing (MFR) zusammenfassende Betrachtung aller drei Nachhaltigkeitsdimensionen und eine daraus resultierende Beurteilung der jeweiligen Wechselwirkungen wird nun in Abbildung 6 anhand ausgewählter Zusammenhänge dargestellt. Ein wesentlicher, im Vergleich zu den bisher diskutierten Lösungsansätzen erkennbarer Unterschied, zeigt sich vor allem im (relativ) geringeren Ausmaß interdimensionaler Zielkonflikte. Wenngleich fundamentale Unsicherheiten hinsichtlich zukünftiger Entwicklungen (z.B. Beschäftigungsbilanzen) bestehen bleiben, so kann Micro Factory Retailing (vor allem im Vergleich zum *Status Quo*) als Ansatz bezeichnet werden, der am Besten der Mehrdimensionalität von Nachhaltigkeit gerecht wird.

---

[16] In diesem Zusammenhang ist auch der von Friedrich Schumacher und Leopold Kohr geprägte Begriff der *mittleren Technologie* zu nennen, welche die Produktivität der menschlichen Arbeitskraft erhöht anstatt sie gänzlich zu ersetzen (vgl. Paech 2014, 58-59). Ein diesbezüglich anschauliches Beispiel für eine *mittlere Technologie* stellt der Akkuschrauber dar, der zwischen den Extremen Schraubenzieher und Montageroboter liegt.

[17] In diesem Fall kann auch hinsichtlich Umweltverschmutzung von einem Nord-Süd-Gefälle gesprochen werden: "*One nation's car scrap is another's source of mobility.*" (Zorpas und Inglezakis 2012, 79)

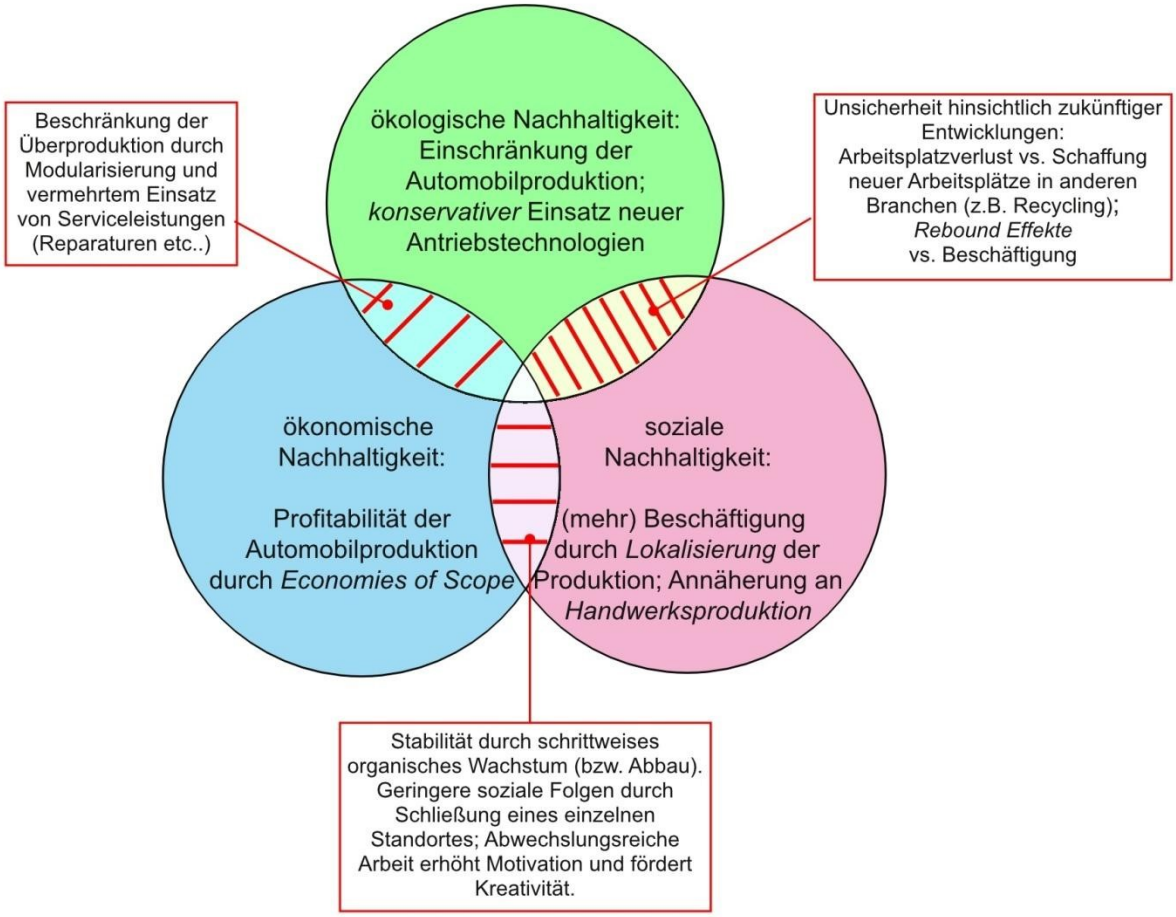

Abbildung 6. Nachhaltigkeit der Automobilindustrie: Beurteilung am Beispiel *Micro Factory Retailing* (MFR). Eigene Darstellung.

3.2. Die Rahmenbedingungen eines "zivilisierten" Automobilmarktes

Eine neben dem Produktionsparadigma weitere, für den Aufbau einer nachhaltigen Automobilindustrie als notwendig erachtete Komponente, betrifft den Wandel der gegenwärtigen marktwirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Ausgangspunkt dieser These ist die Identifikation eines zentralen Treibers, nämlich der hohe Konkurrenzdruck innerhalb der Industrie, der sich insbesondere negativ auf die ökonomische Nachhaltigkeitsdimension auswirkt. Denn rein auf technologische Innovationen basierende Entwicklungen können sich den gegenwärtigen *Spielregeln* eines freien und globalisierten Marktes nicht entziehen. (Nichtzuletzt auch deshalb, weil Innovationen selbst als das Resultat eines durch den Marktmechanismus getriebenen Entwicklungsprozesses angesehen werden.) Dass freier Wettbewerb jedoch nicht nur zu wie in der neoklassischen Standardtheorie behaupteten „*technisch-organisatorischen Effizienz*" (Ptak 2017, 28) führen kann, sondern – abseits der beschriebenen negativen Folgen für Nachhaltigkeit – auch zur Erosion moralischer Standards (vgl. Kapeller et al. 2014, 6), zeigt sich am Beispiel der Automobilindustrie anhand des jüngst aufgedeckten *Abgasskandals* im Volkswagenkonzern[18].

Ausgangspunkt dieser allgemeinen Feststellung ist die Tatsache, dass Märkte als zentrale Institutionen der kapitalistischen Gesellschaft keine eigenständigen universell existierenden

[18] Nach jüngesten Medienberichten steht auch der Hersteller Renault unter Verdacht Abgaswerte seiner Modelle manipuliert zu haben (vgl. Der Standard 23.08.2016)

Entitäten darstellen, sondern immer in soziale Strukturen eingebettet sind, d.h. nie unabhängig von diesen Strukturen existieren können. Folglich basiert marktwirtschaftliches Handeln nicht auf objektiven allgemein gültigen (ökonomischen) Gesetzmäßigkeiten, sondern ist immer abhängig von den jeweils vorherrschenden sozialen und moralischen Normen zu begreifen (vgl. Kapeller et al. 2014 und dort weiterführend Polanyi 1978 [1944]; Rüstow et al. 2001; Granovetter 1985).

In diesem Kontext entwickeln Kapeller et al. (2014) die Idee eines „*zivilisierten Marktes*", eine spezifische Form der Marktwirtschaft, deren Ausgestaltung an normativen Prinzipien gebunden ist. Eine zentrale Voraussetzung für die Etablierung eines solch zivilisierten Marktes ist die Einführung entsprechender Institutionen und Politiken mit dem Ziel, die Prinzipien der Marktwirtschaft mit jenen der Unversehrtheit des Menschen sowie seiner sozialen und moralischen Grundlagen in Einklang zu bringen – ein Prozess den der Wirtschaftshistoriker Karl Polanyi auch als „*double movement*" bezeichnet (vgl. Kapeller et al. 2014, 11). Konkret entwickeln die AutorInnen eine auf europäischer Ebene angesiedelte Aufsichtsbehörde die Produktion, Handel und Entsorgung von Gütern auf dem europäischen Binnenmarkt hinsichtlich ausgewählter Indikatoren überwacht. Die *European Agency for Commodity Surveillance* (EACS) soll die Einhaltung sozialer und ökologischer (Mindest-)Standards entlang des ganzen Produktlebenszyklus überwachen und gegebenenfalls einschreiten (z.B. Sanktionen für Unternehmen, die Standards unterschreiten) (vgl. Kapeller et al. 2014, 12-16).

Bezogen auf den spezifischen Fall der Automobilindustrie und in Verbindung mit dem als Alternative diskutierten Produktionsparadigma Micro Factory Retailing ergeben sich nun weitreichende Implikationen für die institutionelle Einbettung eines *zivilisierten Automobilmarktes*. Beispielsweise könnte eine weitere (bzw. der EACS untergeordnete) Aufsichtsbehörde, die *European Agency for Sustainable Automotive Production* (EASAP), die Automobilproduktion mittels MFR im europäischen Raum planen und überwachen. Diese weitreichende Agenda impliziert bereits, dass diese Form der Marktregulierung weit über die reine Definition gewisser Produktstandards hinausgeht. Zum Beispiel müsste eine Obergrenze für die Errichtung von MFR-Standorten in einem gewissen geografisch definierten Absatzmarkt eingeführt werden, damit die Vorteile, die sich aus der lokalen Begrenzung von MFR ergeben, nicht durch eine zu große Konzentration mehrerer Standorte kompensiert werden. Hierbei muss natürlich die Frage der Nichtdiskriminierung unterschiedlicher Automobilhersteller und Zulieferunternehmen beachtet werden, ein Aspekt der schließlich auch zur Frage der Eigentumsverhältnisse führt:

„*For example, this type of structure could be achieved through the fragmentation of an existing vehicle manufacturer, or by a new-entrant start up, or various intermediate business forms. Moreover, local ownership might be one means whereby communities derive the additional social benefits of local control* [..]" (vgl. Wells 2004 zitiert nach Wells 2013, 235)

Ein weiteres Beispiel stellen Auflagen hinsichtlich Transportwege (Rohstoffe, Zulieferteile) dar, um z.B. Emissionen und Transportkosten gering zu halten bzw. um lokale Wertschöpfung (und damit Arbeitsplätze) zu sichern; Oder Maßnahmen, die der Erhöhung der Recyclingeffizienz dienen und eine bestmögliche Verwertung von End of Life Vehicles (ELVs) sicherstellen. Letztgenannte Zielsetzung kann beispielsweise auch die Gründung weiterer Institutionen (z.B. die *European Agency for Automotive Recycling*; EAAR) oder auch allgemeine preispolitische Maßnahmen, wie die Festlegung von (Mindest)preisen für Primärrohstoffe im Sinne eines *künstlichen Verknappungssignals* (vgl. von Weizsäcker et al 2010, 311; 327), mit sich ziehen. Schließlich kann die hier skizzierte fiktive Aufsichtsbehörde die schrittweise Einführung neuer

Produktionsmethoden und Antriebstechnologien moderieren, bzw. hinsichtlich (ökologischer) Zukunftsrisiken bewerten und gegebenenfalls zur Nutzung freigeben.

Ein weiterer insbesondere für die soziale Nachhaltigkeitsdimension vorteilhafter Effekt, der mit der Gründung derartiger Institutionen einhergeht, besteht in der Schaffung zusätzlicher Beschäftigung, die Arbeitsplatzverluste in der *neuen* Automobilproduktion (MFR) zumindest teilweise kompensieren könnte. Diese Form der Beschäftigung im öffentlichen Sektor müsste zwar mit Steuergeld finanziert werden, würde jedoch gleichzeitig zu einer Verringerung der ökonomischen und sozialen Kosten von Arbeitslosigkeit beitragen (vgl. Kapeller et al. 2014, 17).

4. Zur Umsetzung einer nachhaltigen Automobilindustrie

Angesichts sich gegenwärtig abzeichnender ökologischer Krise(n) aber auch sozioökonomischer (Fehl-)Entwicklungen, wie die zunehmende Verschärfung der globalen Ungleichheit (vgl. Oxfam 2016), rückt die Frage der Nachhaltigkeit des menschlichen Handelns mehr denn je in den Mittelpunkt einer Debatte um die existenziellen Grundlagen gegenwärtiger als auch zukünftiger Generationen. Diese Arbeit soll als kritisch-konstruktiver Beitrag zur Lösung dieser sich auf mehreren Dimensionen abzeichnenden Krisenentwicklung verstanden werden. Neben der Dringlichkeit und der Komplexität dieser Problematik ist es vor allem die Unsicherheit einer zukünftigen Entwicklung, die eine Formulierung möglicher Alternativen legitimiert und notwendig macht. Eine derartige Alternative wurde nun anhand des Beispiels der globalen Automobilindustrie skizziert. Neben einer Verbesserung im Vergleich zum *Status Quo* sollen die hierbei als Bewertungsmaßstab herangezogenen Nachhaltigkeits-Indikatoren auf einen weiteren wichtigen Aspekt hinweisen, nämlich die Entwicklung einer Alternative, die das Potenzial besitzt, eine Brücke zwischen unterschiedlichen emanzipatorischen Bewegungen zu schlagen (siehe hierzu Novy 2014, 3). Das bereits eingangs erwähnte Spannungsfeld zwischen sozioökonomischer und ökologischer Entwicklung, das in der gegenwärtigen Automobilindustrie in besonderem Maße zu Tage tritt (Beschäftigung vs. Umweltschutz), könnte zumindest aus theoretischer Sicht durch Micro Factory Retailing beträchtlich verringert werden. Dieses Konzept besitzt somit das Potenzial, auf breite Anerkennung jenseits rein ökologischer bzw. sozial orientierter Bewegungen (z.B. Umwelt-NGOs, Gewerkschaften, Entwicklungshilfeorganisationen) zu stoßen, ein Umstand der wiederum die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen politischen Umsetzung erhöht.

Ein diesbezüglicher weiterer Einflussfaktor, der hier ebenfalls eine entscheidende Rolle spielen könnte, kristallisiert sich anhand der automobilspezifischen Entwicklungen im Zuge der jüngsten Wirtschafts- und Finanzkrise heraus. Neben staatlichen Unterstützungen in Milliardenhöhe, die krisengeschüttelte Automobilhersteller vor dem Absturz bewahren sollten (vgl. Dicken 2015, 487), stellt die 2009 vollzogene Notverstaatlichung von General Motors durch die US-Regierung wohl den Höhepunkt einer dramatischen Entwicklung dar, die jedoch gleichzeitig auch einen Hinweis für potenzielle Ansatzpunkte eines systemtransformierenden Wandels liefern könnte. Ausgehend von der oben beschriebene ökonomischen Instabilität der Automobilindustrie und der Gefahr weiterer Finanz- und Wirtschaftskrisen (vgl. Streck 2011, 24-26) muss auch in Zukunft mit Insolvenzen großer Automobilhersteller gerechnet werden. Nun könnte ein derartiges Ereignis ein *Window of Opportunity* darstellen, dass die Initialzündung für eine Transition, durchgeführt vom Staat bzw. Staatengemeinschaften (z.B. der Europäische Union) ermöglicht.

Ungeachtet dieser spekulativen Überlegungen beweist das Beispiel General Motors zumindest die potenzielle Handlungsfähigkeit des Staates in derartigen Krisensituationen. Der Staat bzw. staatliches Handeln kann jenseits einer reinen Schaffung *marktliberaler* Rahmenbedinungen eine kritische Rolle bei der Überwindung wirtschaftlicher Krisen spielen (z.B. durch massive öffentliche Investitionen; vgl. Tichy 2014, 597). Der Staat hat als erfolgreicher globaler Investor und Vermögensverwalter das Credo der *privaten Effizienz* längst als Mythos entlarvt (vgl. Chavez 2016). Er hat sogar im Sinne eines *entrepreneural State* die Schaffung und Formierung ganzer Märkte vorangetrieben, wie Mazzucato (2013) eingehend darlegt. Die Frage der ausreichenden Handlungsfähigkeit des Staates, eine derartige Transition zu initiieren hängt somit in erster Linie von der zukünftigen wirtschaftspolitischen Agenda ab, die durch- und umgesetzt wird. In diesem Sinne kann diese Arbeit auch als Beitrag zu einer von Dobusch und Kapeller (2009, 890) vorgeschlagenen *diskursiven Strategie* zur Durchbrechung der gegenwärtigen neoklassischen Dominanz verstanden werden. Denn "[I]*f heterodox economists tackle problems highly relevant in the political discourse this might be a 'back-door' option to enter the economic debate*". Es braucht für die Umsetzung einer nachhaltigen Automobilindustrie – in Gestalt einer neuen industriellen Revolution – somit nicht nur beträchtliche politische Visionen (vgl. Pearson und Foxon 2012, 126), sondern auch eine Repolitisierung der Ökonomie als genuin *politische* Ökonomie bzw. als "*moral science*" (John Stuart Mill).

Literaturverzeichnis

ACEA (2016): The Automobile Industry Pocket Guide 2016-2017. European Automobile Manufacturers Association.

Adams, W.M. (2006): The Future of Sustainability: Re-thinking Environment and Development in the Twenty-first Century. Report of the IUCN Renowned Thinkers Meeting, 29-31 January 2006. The World Conservation Union.

Adams W. und Schmidt, W.P. (1998): Design for Recycling and Design for Environment: Use of Life Cycle Assessment at Ford Motor Company. Euro Environment Proceedings. Conference 23 – 25 September 1998, Aalborg (Denmark). Aalborg, Denmark: Aalborg Kongres & Kultur Center, S. 1–5.

Alizon, F.; Shooter, S. B. und Simpson, T. W. (2009): Henry Ford and the Model T: lessons for product platforming and mass customization. *Design Studies* 30, S.588-605.

Amighini, A. und Gorgoni, S. (2014): The International Reorganisation of Auto Production. *The World Economy*, S.923-952.

Andrews, D.; Nieuwenhuis, P. und Edwing, P. D. (2006): Black and beyond—colour and the mass-produced motor car. *Optics & Laser Technology* 38, S. 377-391.

Arezes, P. M.; Dinis-Carvalho, J. und Alves, A. C. (2014): Workplace ergonomics in lean production environments: A literature review. *Work,* S.1-14.

Automotive News (30.03.2016): Takata said to put worst-case recall costs at $24 billion. Online verfügbar unter http://www.autonews.com/article/20160330/COPY01/303309945/takata-said-to-put-worst-case-recall-costs-at-$24-billion, (dl: 29.08.2016).

Bailey, D., de Ruyter, A., Michie, J. und Tyler, P. (2010): Global restructuring and the auto industry. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society* (3), S.311-318.

Banza, C. L. N., Nawrot, T. S., Haufroid, V., Decrée, S., De Putter, T., Smolders, E., Kabyla, B. I., Luboya, O. N., Ilunga, A. N., Mutombo, A. M. und Nemery, B. (2009): High human exposure to cobalt and other metals in Katanga, a mining area of the Democratic Republic of Congo. *Environmental Research* 109, S. 745-752.

Bertram, C.; Johnson, N.; Luderer, G.; Riahi, K.; Isaac, M. and Eom, J. (2015): Carbon lock-in through capital stock inertia associated with weak near-term climate policies. *Technological Forecasting & Social Change* 90, S. 62-72.

Bilbao-Ubillos, J. und Camino-Beldarrain, V. (2008): Proximity Matters? European Union Enlargement and Relocation of Activities. The Case of the Spanish Automotive Industry. *Economic Development Quarterly* 22(2), S.149-166.

Bleischwitz, R., Dittrich, M. und Pierdicca, C. (2012): Coltan from Central Africa, international trade and implications for any certification. *Resources Policy* 37, S. 19-29.

Boucher, O., Randall, D., Artaxo, P., Bretherton, C., Feingold, G., Forster, P., Kerminen, V.-M., Kondo, Y., Liao, H., Lohmann, U., Rasch, P., Satheesh, S. K., Sherwood, S., Stevens, B. und Zhang, X. Y. (2013): Clouds and Aerosols. In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. und Midgley, P. M. (Hrsg.): Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge/New York: Cambridge University Press.

Brown, T. (2016): Sustainability as Empty Signifier: Its Rise, Fall, and Radical Potential. *Antipode* 48(1), S.115-133.

Brundtland, H.B. (1987): Our Common Future. Oxford: Oxford University Press, for the World Commission on Environment and Development.

CAR (2015): Contribution of the Automotive Industry to the Economies of All Fifty States and the United States. Center for Automotive Research. (Report Prepared for Alliance of Automobile Manufacturers)

Carbon Trust (2011): International Carbon Flows – Automotive. Carbon Trust: London URL: https://www.carbontrust.com/media/38401/ctc792-international-carbon-flows-automotive.pdf, (dl: 10.01.2016).

Chłopek, Z und Lasocki, J (2013): Comparison of the environmental impact of an electric car and a car with an internal combustion engine in Polish conditions using life cycle assessment method. *Combustion Engines* 154(3), 192-201.

Chavez, D. (2016): Der Staat ist tot! Lang lebe der Staat! In: Attac (Hrsg.): Konzermacht brechen! Von der Herrschaft des Kapitals zum Guten Leben für Alle. Wien: mandelbaum *kritik & utopie*, S. 181-203.

Coe, N. M. und Hess, M. (2013): Global production networks, labour and development. *Geoforum* 44, S.4-9.

Conelly, S. (2007): Mapping Sustainable Development as a Contested Concept. *Local Environment* 12 (3), S. 259–278.

Correia, G. N.; Batista, T. P.; Marques, S. S. und Silva, C. M. (2014): How car material life-cycle emissions are considered in environmental rating methodologies? Suggestion of expedite models and discussion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 38: 20–35.

Costanza, R. (1989): What is ecological economics? *Ecological Economics* 1, S. 1–7.

Der Standard (30.07.2016): Tesla-Chef will Batteriefabrik auch in Europa bauen. Online verfügbar unter http://derstandard.at/2000042046313/Tesla-Chef-will-Batteriefabrik-auch-in-Europa-bauen, (dl: 30.09.2016).

Der Standard (23.08.2016): Renault-Abgastests: Bericht hält brisante Details zurück. Online verfügbar unter http://derstandard.at/2000043219223/Renault-Regierung-soll-bei-Abgastests-getrickst-haben, (dl: 29.08.2016).

Dicken, P. (2015): Global shift. Mapping the Changing Contours of the World Economy. 7th edition, New York/London: The Guilford Press.

Dobusch, L. und Kapeller, J. (2009): Why is Economics not an Evolutionary Science? New Answers to Veblen's Old Question. *Journal of Economic Issues* XLIII (4), S.867-898.

Donnelly, T.; Morris, D. and Donnelly, T. (2005): Renault-Nissan: a marriage of necessity? *European Business Review* 17(5), S. 428-440.

Du, X. und Graedel, T. E. Uncovering the Global Life Cycles of the Rare Earth Elements. *Scientific Reports* 1(145), S. 1-4.

Enough Project (2009): A Comprehensive Approach to Congo's Conflict Minerals. Online verfügbar unter http://www.enoughproject.org/files/Comprehensive-Approach.pdf, (dl: 30.09.2016)

Eom J.; Edmonds, J.; Krey, V.; Johnson, N.; Longden, T.; Luderer, G.; Riahi, K. and Van Vuuren, D. P. (2015): The impact of near-term climate policy choices on technology and emission transition pathways. *Technological Forecasting & Social Change* 90, S. 73-88.

FCCC (2015): Adoption of the Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change. Paris, 30 November bis 11 Dezember 2015.

Fernández, V. R. (2015): Global Value Chains in Global Political Networks: Tool for Development or Neoliberal Device? *Review of Radical Political Economics* 47(2), S.209-230.

Figueroa, J. D.; Fout, T.; Plasynski, S.; McIlvried, H. Und Srivastava, R. D. (2008): Advances in CO2 capture technology—The U.S. Department of Energy's Carbon Sequestration Program. *International Journal of Greenhouse Gas Control* 2, S. 9-20.

Figueroa, M. J. und Ribeiro, S. K. (2013): Energy for road passenger transport and sustainable development: assessing policies and goals interactions. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5, S. 152–162.

Geenen, S. (2012): A dangerous bet: The challenges of formalizing artisanal mining in the Democratic Republic of Congo. *Resources Policy* 37, S. 322-330.

Gereffi, G. (2013): Global Value Chains in a Post-Washington Consensus World. *Review of International Political Economy*.

Girardi, P.; Gargiulo, A. und Brambilla P. C. (2015): A comparative LCA of an electric vehicle and an internal combustion engine vehicle using the appropriate power mix: the Italian case study. *International Journal of Life Cycle Assessment* 20: 1127-1142.

Granovetter, M. (1985): Economic Action and Social Structure: The Problem of Embededness. *American Journal of Sociology* 91, S. 481-510.

Greenpeace (2015): Energy [R]evolution. A sustainable world energy outlook 2015. Greenpeace International/Global Wind Energy Council/Solar Power Europe.

Hawkins, T. R.; Singh, B.; Majeau-Bettez, G. und Strømman, A. H. (2012): Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles. *Journal of Industrial Ecology* 17(1), S.53-64

Hawkins, T. R.; Singh, B.; Majeau-Bettez, G. und Strømman, A. H. (2013): Corrigendum to: Hawkins, Troy R.; Singh, Bhawna; Majeau-Bettez, Guillaume und Strømman, Anders Hammer (2012): Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles. *Journal of Industrial Ecology* 17(1), S.158-160.

Huo, H.; Cai, H.; Zhang, Q.; Liu, F. und He, K. (2015): Life-cycle assessment of greenhouse gas and air emissions of electric vehicles: A comparison between China and the U.S.. *Atmospheric Environment* 108, S.107-116.

IEA (2012): Energy Technology Perspectives 2012. Paris: OECD/IEA.

IEA (2015a): Tracking Clean Energy Progress 2015. Paris: OECD/IEA.

IEA (2015b): Key World Energy Statistics 2015. Paris: OECD/IEA.

ILO (2005): Automotive industry trends affecting component suppliers. Report for discussion at the Tripartite Meeting on Employment, Social Dialogue, Rights at Work and Industrial Relations in Transport Equipment Manufacturing. Geneva: ILO.

ILO (2016): Normlex Information System on International Labour Standards: Ratifications of fundamental Conventions by country. Online verfügbar unter http://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=NORMLEXPUB:10011:0::NO::P10011_DISPLAY_BY,P10011_CONVENTION_TYPE_CODE:1,F, (dl: 29.08.2016)

IPCC (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva.

JAMA (2015): The Motor Industry of Japan 2015. Japan Automobile Manufacturers Association, Tokyo.

Johnson, N.; Krey, V.; McCollum, D. L.; Rao, S.; Riahi, K. and Rogelj, J. (2015): Stranded on a low-carbon planet: Implications of climate policy for the phase-out of coal-based power plants. *Technological Forecasting & Social Change* 90, S. 89-102.

Jullien, B. und Pardi, T. (2013): Structuring new automotive industries, restructuring old automotive industries and the new geopolitics of the global automotive sector. *International Journal of Automotive Technology and Management* 13 (2), S.96–113.

Jürgens, U. und Krzywdzinski, M. (2009): Changing East–West Division of Labour in the European Automotive Industry. *European Urban and Regional Studies* 16(1), S. 27–42.

Jürgens, U. und Krzywdzinski, M. (2008): Relocation and East-West competition: the case of the European Automotive Industry. *International Journal of Automotive Technology and Management* 8(2), S. 145-169.

Kang, C. M.; Hong, Y. S.; Huh, W. T. Und Kang W. (2015): Risk Propagation Through a Platform: The Failure Risk Perspective on Platform Sharing. *IEEE Transactions on Engineering Management* 62(3), S.372-383.

Kapeller, J., B. Schütz und Tamesberger, D. (2014): From Free to Civilized Markets: First Steps Towards Eutopia. Working Paper prepared for Annual Forum meeting (5th to 8th March 2014) “Progressive Economy”.

Keoleian, G. A.; Kar, K.; Manion, M. M. und Bulkley, J. W. (1997): Industrial Ecology of the Automobile: A Life Cycle Perspective. Warrendale: SAE.

Komlosy, A. (2010): Weltmarkttextilien. Globale Güterketten im historischen Wandel. In: Fischer, K., Reiner, C. und Staritz C. (Hrsg.) (2010): Globale Gütterketten. Weltweite Arbeitsteilung und ungleiche Entwicklung. Wien: Promedia Verlag & Südwind. S.76-97.

Koukoulaki, T. (2014): The impact of lean production on musculoskeletal and psychosocial risks: An examination of sociotechnical trends over 20 years. *Applied Ergonomics* 45, S. 198-212.

Kriegler, E.; Weyant, J. P.; Blanford, G. J.; Krey, V.; Clarke, L.; Edmonds, J.; Fawcett, A.; Luderer, G.; Riahi, K.; Richels, R.; Rose, S. K.; Tavoni, M. und van Vuuren, D. P. (2014): The role of technology for achieving climate policy objectives: overview of the EMF 27 study on global technology and climate policy strategies. *Climatic Change* 123, S. 353-367.

Kumar, V. und Sutherland, J. W. (2008): Sustainability of the automotive recycling infrastructure: review of current research and identification of future challenges. *International Journal of Sustainable Manufacturing* 1, Nos 1/2, S.145-167.

Lengauer, L. und Wukovitsch, F. (2010): Globale Wertschöpfungsketten in der Automobilindustrie unter besonderer Berücksichtigung der Strukturen und Politiken in Mittel- und Osteuropa. In: Fischer, K., Reiner, C. und Staritz C. (Hrsg.) (2010): Globale Gütterketten. Weltweite Arbeitsteilung und ungleiche Entwicklung. Wien: Promedia Verlag & Südwind. S.201-220.

Lexikon der Nachhaltigkeit (2015): Ökobilanz: DIN Norm 33926. Online verfügbar unter https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/oekobilanz_din_norm_33926_1295.htm?sid=l1d27rujivgu8v8mtu0bsmrp80, (dl: 30.09.2016).

Lélé, S. M. (1991): Sustainable Development: A Critical Review. *World Development* 19(6), S.607-621.

Littig, B. und Grießler, E. (2004): Soziale Nachhaltigkeit. Informationen zur Umweltpolitik 160. Bundeskammer für Arbeiter und Angestellte. Wien.

Mazzucato, M. (2013): The Entrepreneural State: Debunking Public vs. Private Sector Myths. London: Anthem Press.

Meadows, D. H., D. L. Meadows, J. Randers, and W. W. Behrens (1972): The Limits to Growth. London: Pan.

Nansai, K.; Nakajima, K.; Kagawa, S.; Kondo, Y.; Suh, S.; Shigetomi, Y. und Oshita, Y. (2014): Global Flows of Critical Metals Necessary for Low-Carbon Technologies: The Case of Neodymium, Cobalt, and Platinum. *Environmental Science & Technology* 48, S. 1391-1400.

Nieuwenhuis, P. (2015): Car Manufacturing. In Nieuwenhuis, P. und Wells, P. (Hrsg.): The Global Automotive Industry. Chichester: John Wiley & Sons, S.41-52.

Nieuwenhuis, P. und Katsifou, E. (2015): More sustainable automotive production through understanding decoupling points in leagile manufacturing. *Journal of Cleaner Production* 95, S.232-241.

Nieuwenhuis, P. und Wells, P. (2003): The automotive industry and the environment. A technical, business and social future. Boca Raton u.a.: CRC Press / Cambridge: Woodhead Publishing.

Nordelöf, A.; Messagie, M.; Tillman, A.-M.; Söderman, M. L. und Van Mierlo, J. (2014): Environmental impacts of hybrid, plug-in hybrid, and battery electric vehicles—what can we learn from life cycle assessment? *International Journal of Life Cycle Assessment* 19, S.1866-1890.

Novy, A. (2014): Die Große Transformation emanzipatorisch gestalten –Implikationen für Europa. Beitrag zum Momentum-Kongress 2014 - Emanzipation, Hallstatt 16.-19.10.2014, S. 1-18.

OICA (2016): Economic Contributions – Auto Jobs. Online verfügbar unter http://www.oica.net/category/economic-contributions/auto-jobs/, (dl: 29.08.2016)

Orsato, R.J. und Wells, P. (2007): U-turn: the rise and demise of the automobile industry. *Journal of Cleaner Production* 15, 994-1006.

Oxfam (2016): An Economy for the 1%. How privilege and power in the economy drive extreme inequality and how this can be stopped. Oxfam Briefing Paper 210, S. 1-44.

Paech, N. (2014): Befreiung vom Überfluss. Auf dem Weg in die Postwachstumsökonomie. 7. Auflage, München: Oekom Verlag.

Perrow, C. (2010): Comment on Mowery, Nelson and Martin. *Research Policy* 39, S. 1030-1031.

Pearson, P. J. G. und Foxon, T. J. (2012): A low carbon industrial revolution? Insights and challenges from past technological and economic transformations. *Energy Policy* 50, S. 117-127.

Polanyi, K. (1978 [1944]): The Great Transformation. Politische und ökonomische Ursprünge von Gesellschaften und Wirtschaftssystemen. Wien: Europa Verlag.

Ptak, R. (2017): Grundlagen des Neoliberalismus. In: Butterwegge, C.; Lösch, B. und Ptak, R. (Hrsg.): Kritik des Neoliberalismus. 3. Auflage, Wiesbaden: Springer VS, S. 13-78.

Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht R., Hunkeler D., Norris G., Rydberg T., Schmidt W.-P., Suh S., Weidema B.P., Pennington D.W. (2004): Life cycle assessment Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. *Environmental International*, 30, S. 701-720.

Riahi, K.; Kriegler, E.; Johnson, N.; Bertram, C.; den Elzen, M.; Eom, J.; Schaeffer, M.; Edmonds, J.; Isaac, M.; Krey, V.; Longden, T.; Luderer, G.; Méjean, A.; McCollum, D. L.; Mima, S.; Turton, H.; van Vuuren, D.P.; Wada, K.; Bosetti, V.; Capros, P.; Criqui, P.; Hamdi-Cherif, M.; Kainuma, M. und Edenhofer, O. (2015): Locked into Copenhagen pledges — Implications of short-term emission targets for the cost and feasibility of long-term climate goals. *Technological Forecasting & Social Change* 90, S. 8-23.

Ritthoff, M. und Schallaböck K. O. (2012): Ökobilanzierung der Elektromobilität. Themen und Stand der Forschung. Teilbericht im Rahmen der Umweltbegleitforschung Elektromobilität im Förderschwerpunkt „Modellregionen Elektromobilität“. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH. Wuppertal.

Rogelj, J.; Luderer, G.; Pietzcker, R. C.; Kriegler, E.; Schaeffer, M.; Krey, V.; Riahi, K. (2015): Energy system transformations for limiting end-of-century warming to below 1.5 °C. *Nature Climate Change* 5 (6), S. 519–527.

Rutherford, T. und Holmes, J. (2008): ‘The flea on the tail of the dog’: power in global production networks and the restructuring of Canadian automotive clusters. *Journal of Economic Geography* 8, S. 519-544.

Rüstow, A., Maier-Rigaud, F. P. und Maier-Rigaud, G. (Hrsg.) (2001): Das Versagen des Wirtschaftsliberalismus. Das neoliberale Projekt. Marburg: Metropolis-Verlag.

Schumacher, E. F. (1973): Small is Beautiful. London: Abacus.

Schwarz, K. (1994): Car Wars. Die Automobilindustrie im globalen Wettbewerb, Frankfurt u.a.: Peter Lang.

Sakai, S., Yoshida, H., Hiratsuka, J., Vandecasteele, C., Kohlmeyer, R., Rotter, V. S., Passarini, F., Santini, A., Peeler, M., Li, J., Oh, G-J., Chi, N. K., Bastian, L., Moore, S., Kajiwara, N., Takigami, H., Itai, T., Takahashi, S., Tanabe, S., Tomoda, K., Hirakawa, T., Hirai, Y., Asari, M. und Yano, J. (2014): An international

comparative study of end-of-life vehicle (ELV) recycling systems. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 16, S. 1-20.

Salihoglu, G. und Salihoglu, N. K. (2016): A review on paint sludge from automotive industries: Generation, characteristics and management. *Journal of Environmental Management* 169, S. 223-235.

Selwyn, B. (2015): Commodity chains, creative destruction and global inequality: a class analysis. *Journal of Economic Geography* 15 , S. 253-274.

Siemiatycki, E. (2012): Forced to concede: permanent restructuring and labour's place in the North American auto industry. *Antipode* 44 (2), S.453-473.

Streeck, W. (2011): The Crises of Democratic Capitalism. *New Left Review* 71, S. 5-29.

Sturgeon, T. J., Memedovic, O., Van Biesebroeck, J. und Gereffi, G. (2009): Globalisation of the automotive industry: main features and trends. *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development*, Vol. 2(1/2), S.7-24.

Sutherland, J.; Gunter, K.; Allen, D.; Bauer, D.; Bras, B.; Gutowski, T.; Murphy, C.; Piwonka, T.; Sheng, P.; Thurston, D. und Wolff, E. (2004): A global perspective on the environmental challenges facing the automotive industry: state-of-the-art and directions for the future. *International Journal of Vehicle Design* 35, Nos 1/2, S.86-110.

Tesla Motors (2014): Gigafactory. Online verfügbar unter https://www.tesla.com/de_AT/blog/gigafactory, (dl. 30.09.2016).

Tichy, G. (2014): Verschuldungsbedarf und Sparüberschuss. *Wirtschaft und Gesellschaft* 40(4), S. 579-608.

USA Today (12.03.2013): Government sells last of its GM shares. Online verfügbar unter http://www.usatoday.com/story/money/cars/2013/12/09/government-treasury-gm-general-motors-tarp-bailout-exit-sale/3925515/, (dl: 29.08.2016)

Van den Bergh, J. C. J. M. (2012): Effective climate-energy solutions, escape routes and peak oil. *Energy Policy* 46, S.530-536.

von Weizsäcker, E. U., Hargroves, K. und Smith, M. (2010): Faktor Fünf. Die Formel für nachhaltiges Wachstum. München: Droemer.

Wells, P. (2004): Creating Sustainable Business Models: The Case of the Automotive Industry. *IIMB Management Review* 16(4), S.15-24.

Wells, P. (2013): Sustainable business models and the automotive industry: A commentary. *IIMB Management Review* 25, S.228-239.

Wells, P. und Orsato, R. (2005): Redesigning the Industrial Ecology of the Automobile. *Journal of Industrial Ecology* 9(3), S.15-30.

Wells, P. und Nieuwenhuis, P. (2012): Transition failure: Understanding continuity in the automotive industry. *Technological Forecasting & Social Change* (Article in Press).

Williams, A. (2006): Product-service systems in the automotive industry: the case of micro-factory retailing. *Journal of Cleaner Production* 14, S. 172-184.

Womack, J. P., Jones, D. T. und Roos, D. (1992): Die zweite Revolution in der Autoindustrie. Konsequenzen aus der weltweiten Studie aus dem Massachusetts Institute of Technology, Frankfurt/New York: Campus Verlag.

Zhang, L. (2014): The Chinese Auto Industry. Challenges and opportunities for management and labor. *Perspectives on Work* 18 (2), 54-115.

Zorpas, A. A. und Inglezakis V. J. (2012): Automotive industry challenges in meeting EU 2015 environmental standard. *Technology in Society* 34, S. 55-83.