

Von der Weltneuheit zur Innovations-Komponente?

*Der Lohner-Porsche mit Radnabenmotor und die Weiterentwicklung
alternativer Antriebskonzepte im Fahrzeugbau*

Universität Stuttgart
Historisches Institut / GNT
Seminar: History Marketing
Leitung: Dr. Thomas Schuetz

Heike Funk
WS 2013/14, 07.03.2014

Inhaltsverzeichnis

| | Seite |
|---|-------|
| 1. Einleitung | 1 |
| 2. Automobile und deren Motorisierung um 1900 – Rückblick | 2 |
| 3. Das Lohner-Porsche-Elektromobil – Detailblick | 3 |
| 3.1 Der Radnabenmotor | 4 |
| 3.2 Der Akkumulator | 4 |
| 3.3 Modifizierungen der Komponenten | 5 |
| 4. Automobile mit Verbrennungsmotoren auf fossiler Basis | 6 |
| 5. Politisch motivierte Weiterentwicklung alternativer Antriebe | 7 |
| 6. Fazit und Ausblick | 8 |
| Literaturangaben | 9 |
| Abbildungsverzeichnis | 10 |
| Anlagen | |

1. Einleitung

Die Weltausstellung 1900 in Paris war Präsentationsplattform für das erste Automobil mit Radnabenmotor als Kraftfahrzeugantrieb. Ferdinand Porsche (1875 – 1951), Entwickler dieser elektrischen Antriebstechnik, setzte seine Innovation im so genannten Lohner-Porsche, einem Elektromobil, um.

Einhundert Jahre nach Porsches Konstruktion des Radnabenmotors stelle ich in meiner Arbeit die Frage, warum dieses Antriebskonzept als Innovation gesehen wurde und ob seine Weiterentwicklung wegen mangelnder Akkumulatorkapazität scheitert. Der Elektromotor, somit auch der Radnabenmotor, stand in Konkurrenz zu Verbrennungsmotoren und Dampfmaschinen, die als Motorisierung von Fahrzeugen in der Anfangsphase der Automobilität zum Einsatz kamen. Im folgenden Kapitel erfolgt die Retrospektive. Die historischen Basisdaten des Lohner-Porsches sowie dessen Stärken, Schwächen und Modifizierungen erläutert Kapitel drei. Als Quellen hierfür dienen vor allem die Arbeiten von Köppen¹ und Ludvigsen² sowie Publikationen aus Dinglers Polytechnischem Journal³, die auch beim Vergleich der verschiedenen Antriebsarten im Kapitel vier dargestellt werden. In diesem Kapitel wird der Weg hin zu Automobilen mit Verbrennungsmotoren auf fossiler Basis dargestellt.

Wie politische Rahmenbedingungen in unserer heutigen Zeit die entwicklungstechnischen Arbeiten in der Automobilindustrie flankieren sollen, wird im fünften Kapitel anhand des Weißbuches der Europäischen Kommission⁴ sowie mit einem bundesdeutschen Beispiel skizziert.⁵ Zielrichtung stellt die Förderung von Mobilitätskonzepten und alternativen Antrieben dar. Die Bezeichnung ‚Alternative Antriebe‘ gibt bereits Hinweise auf den Status quo im Automobilmarkt: Die überwiegende Anzahl der gegenwärtigen Automobile basiert auf einem Verbrennungsmotor als Antriebssystem.⁶ Das Abschlusskapitel verbindet die

¹ Köppen, Thomas: Ferdinand Porsche, Ludwig Lohner und Emil Jellinek – frühe Innovatoren im Elektromobilbau. Eine Fallstudie über die gescheiterte Innovation. Berlin 1984.

² Ludvigsen, Karl: Ferdinand Porsche. Genesis des Genies. Straße, Rennen und Luftfahrt – Innovation 1900 bis 1933. Übersetzt von Stefan Knittel. Cambridge 2008.

³ Kielwein, Matthias, Lessing, Hans-Erhard: Kaleidoskop früherer Automobiltechnik. Band 3. Vollständige Artikelsammlung aus Dinglers Polytechnischem Journal 1895 – 1909. Leipzig 2007.

⁴ Europäische Kommission: Weißbuch. Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum. Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem. Brüssel 2011.

⁵ Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): Bericht der Bundesregierung. Zukunftsprojekt der Hightech-Strategie (HTS-Aktionsplan). Bonn/Berlin. 2012.

⁶ Anm.: Exemplarisch der Bestand an Personenkraftwagen per 01.01.2013 in Stuttgart: Gesamt 281.351, davon Benziner 182.981 und Diesel 95.234. Das entspricht fast 99 Prozent. Zum Vergleich die Einwohnerzahl der

Innovation des Radnabenmotors im Lohner-Porsche-Elektromobil mit den aktuellen Entwicklungen.

2. Automobile und deren Motorisierung um 1900 – Rückblick

In dieser frühen Phase der Automobilität um 1900 ähnelten die Automobile Fahrrädern und pferdelosen Kutschen: „*Zum Theil sind die Fahrräder vorbildlich gewesen für die Konstruktion der Räder und Gestelle der Automobilen; Vorbilder für die Formen lieferten die Wagen und die Lokomotiven diejenigen für die Art des Betriebs.*“⁷ Die Entscheidung für ein Antriebskonzept war noch offen. Ansätze hierzu liefen in drei Hauptrichtungen: Dampf- und Verbrennungsmotoren (u. a. Benzinmotoren) sowie Elektromotoren.

Die nähere Betrachtung zeigt jedoch heterogene Ausprägungen auf Länderebenen. So besaßen Dampfwagen einen großen Anteil an den Verkaufszahlen vor allem in den USA und Frankreich. In Deutschland spielten sie keine Rolle aufgrund der Vorschriften für Dampfkessel. In den USA waren von den im Jahr 1900 produzierten über 4.000 Fahrzeugen lediglich 22 Prozent Fahrzeuge mit Benzinmotor, dafür 38 Prozent elektrisch angetrieben und 40 Prozent Dampfwagen.⁸ Der 1884 entwickelte Benzinmotor und dessen Verwendung in Fahrzeugen stellte in Frankreich und Deutschland eine starke Konkurrenz zum Elektromobil dar. In Deutschland gehörten zu den ambitionierten Unterstützern der Elektromobilität elektrotechnische Industriefirmen und Versorgungsunternehmen für Elektrizität, die den sogenannten Stadtwagen propagierten. Im städtischen Kontext kamen vor allem Lieferwagen und Taxen zum Einsatz. Das zeigt das Beispiel Berlin, wo jede vierte Droschke (Taxi) ein Elektrofahrzeug war.⁹

Stadt Stuttgart per 31.12.2011 = 613.392.

⁷ Witt, Otto N.: Weltausstellung in Paris 1900. Amtlicher Katalog der Ausstellung des Deutschen Reichs. Berlin 1900. S. 405.

⁸ Vgl. König, Wolfgang, Weber, Wolfhard: Netzwerke, Stahl und Strom. 1840 bis 1914. Propyläen Technikgeschichte. Bd. 4. Berlin 1997. S. 462 – 464 und Vgl. Köppen. S. 15 – 16. Anm.: Ludvigsen nennt exakte Zahlen der 1900 in den USA produzierten Fahrzeuge mit Dampfmotoren 1.681, Elektroantrieb 1.575 und Benzinmotoren 936 Stück. Vgl. Ludvigsen. S. 36.

⁹ Vgl. Köppen. S. 15- 16 und Mom, Gijs: Electric Vehicle. Technology and Expectations in the Automobile Age. Englische Übersetzung der früheren niederländischen Version: Geschiedenis van de Auto van Morgen. Baltimore 2004. S. 21 und 115.

3. Das Lohner-Porsche-Elektromobil – Detailblick

An der Variante der Elektroantriebe arbeitete Porsche während seiner Zeit bei Béla Egger¹⁰ & Co. (ab 1897 Vereinigte Elektrizitäts A. G.) in Wien. Die Firma Egger lieferte Ludwig Lohner (1858 – 1925), Kutschenfabrikant der k. u. k. Hofwagen-Fabrik Jakob Lohner & Co., 1898 den Elektromotor für eines seiner Fahrzeugmodelle.¹¹ Lohner investierte in den Fahrzeugbau und war einer der Automobil-Protagonisten in Österreich-Ungarn. Um sich gegenüber der Konkurrenz, vor allem in Frankreich, England und Deutschland, positionieren und behaupten zu können, benötigte er für seine Fahrzeuge ein passendes Antriebssystem.

Noch während der Zeit bei Egger entwickelte Porsche 1899 mit seinem Radnabenmotor ein neuartiges Antriebskonzept, das er Lohner vorlegte. Die Umsetzung von Porsches Entwurf erfolgte nach dessen Wechsel von Egger zu Lohner im November 1899.¹² Als Lohner-Porsche wurde das Elektromobil mit lenkbarem Radnabenmotor auf der Pariser Weltausstellung 1900 der Öffentlichkeit präsentiert. (Siehe Anlage, Abb. 1) Lohner propagierte damit das „Stadtwagenkonzept“¹³, jedoch nicht aus ökologischen oder technischen Gründen, sondern aus marktpolitischen. In der Öffentlichkeit herrschte Akzeptanz für die elektrische Antriebsart. Elektrizität stand im ausgehenden 19. Jahrhundert im Fokus, sie war auch Themenschwerpunkt der Pariser Weltausstellung.

Als innovativ galt im Lohner-Porsche vor allem der Direktantrieb über die beiden lenkbaren Radnabenmotoren. Dieses neuartige elektrische Antriebskonzept basierte hauptsächlich auf zwei Komponenten: Dem Akkumulator (Batterie) als Energiequelle und dem Elektromotor (Radnabenmotor), der Elektroenergie (Strom) durch Rotation in Bewegungsenergie (Fahrzeugantrieb) umwandelte, somit ohne Transmissionen. Durch Direktantrieb und Wegfall der Transmission wurde ein besserer Wirkungsgrad als bei anderen Elektromobilen erreicht. Als weitere Innovationen zählten die Achsschenkellenkung der Antriebsräder, die 4-Radbremse

¹⁰ Anm.: Béla Egger (1831 - 1910).

¹¹ Anm.: Unter der Bezeichnung Egger-Lohner-Elektromobil wurde dieses Fahrzeug 1898 auf der Internationalen Motorwagen-Ausstellung in Berlin vorgestellt.

¹² Vgl. Köppen. S. 51. Anm.: Bei Ludvigsen wird als Termin des Firmenwechsels Ende 1898 angegeben. Vgl. Ludvigsen. S. 32.

¹³ Vgl. Köppen. S. 12 - 13. Anm.: Köppen bezieht sich auf Notizen Lohners. Archiv des Technischen Museums für Industrie und Gewerbe. Wien. Ludwig-Lohner-Mappe. Kopierbuch. Brief Nr. 199, 249 S. 1 + 2.

und die an den Hinterrädern installierten Sperrklinken, um Rückwärtsrollen an Gefällstrecken zu verhindern.¹⁴

3.1 Der Radnabenmotor

An der Radnabe der lenkbaren Vorderräder mit Pneumatikreifen¹⁵ war jeweils ein mit 10 - 16 Polen konzipierter elektrischer Innenpolmotor fixiert. Der auf dem Achsstummel befestigte sternförmig angeordnete Permanentmagnet wurde umkreist durch den auf Kugellagern integrierten Ringanker. Die Verbindung vom Akkumulator zum Elektromotor (Radnabenmotor) verlief über einen Ringkollektor. (Siehe Anlage, Abb. 2) Jeder der Motoren hatte 2,5 PS und mit dieser Leistung konnten max. 32 km/h erreicht werden. Die 4-Stufen-Geschwindigkeitsregulierung (5, 13, 22 und 32 km/h) erfolgte mittels Controller über den Schalthebel. Ein Antriebsrad mit integriertem Radnabenmotor wog 115 kg. Dieses Gewicht stellte einen der Schwachpunkte des Lohner-Porsche-Elektromobils dar, weil die Reifenabnutzung rasch erfolgte und damit hohe Wartungskosten verbunden waren.¹⁶

3.2 Der Akkumulator

*„Ein mit Accumulatoren getriebener Wagen bietet wesentliche Vortheile: immer arbeitsfertig, lässt er auch häufige Stillstände zu und arbeitet ohne Ausscheidung von Dampf und Geruch, ohne Zittern und Geräusch.“*¹⁷ Diese Charakterisierung eines mit Akkumulator betriebenen Fahrzeugs wurde 1895 publiziert. Die technische Wirklichkeit sah etwas anders aus. Im Lohner-Porsche ermöglichte der mit 44 Zellen (300 Amperestunden) bestückte Akkumulator mit seiner Ladungskapazität eine Reichweite, d. h. maximale Fahrstrecke, von ca. 50 Kilometern. Diese Maximalleistung war einerseits von der gewählten Fahrgeschwindigkeit und andererseits von der Topografie des Geländes abhängig. *„Der Akkumulator ist und bleibt die Seele, aber auch das Angstkind der Elektromobile, auf sein Befinden muss vor allem anderen in jeder Weise Rücksicht genommen werden.“*¹⁸ Um das Fahrzeug betriebs-

¹⁴ Vgl. Köppen. S. 52 – 53 und 62. Anm.: 3stufige Bremsen mit zusätzlicher Schnellbremse, die bei Unterbrechung der Stromzufuhr die mechanische Bandbremse der Hinterräder aktivierte. Die Vorderräder wurden über den Radnabenmotor gebremst.

¹⁵ Anm.: Der Radnabenmotor konnte erst in Räder mit Pneumatikreifen eingebaut werden. Diese wurden erst 1888 entwickelt. Vgl. Köppen. S. 64.

¹⁶ Vgl. Köppen. S. 61 – 63 und Verkaufsanzeige Modell Lohner-Porsche (siehe Anlage, Abb. 1).

¹⁷ Vgl. Engelmeyer, Peter Climentitsch: Mechanisch betriebene Wagen in Frankreich. S. 105 - 225. In: Dinglers Polytechnischem Journal. Bd. 297 (1895) S. 127. In: Kielwein. S. 50.

¹⁸ Vgl. Bachner, H.: Die gebräuchlichen Automobilsysteme. S. 16 - 540 . In: Dinglers Polytechnischem

bereit zu erhalten, musste nach jeder Entladung die Aufladung erfolgen und die Wartung der Batterie war kompliziert und kostenintensiv.¹⁹ Das bedeutete, dass nach Fahrten, die nicht zur vollständigen Entladung führten, die Batterie vollständig entladen werden musste. Um Defekte zu vermeiden, konnte erst nach dieser vollständigen Entladung wieder eine langsame Aufladung erfolgen.²⁰ Daraus ergab sich jedoch ein Vorteil für die Nutzung von Automobilen mit Lohner-Porsche-Antrieb im Flottenbetrieb bei Feuerwehren und Taxis.²¹ Die Ladestationen waren fast ausschließlich auf den städtischen Raum begrenzt. Damit ergab sich aufgrund der Akkumulatoren-Kapazität auch über die Stadtgrenze hinaus nur eine begrenzte maximale Reichweite.

3.3 Modifizierungen der Komponenten

Mit dem 410 kg schweren Akkumulator hatte der Lohner-Porsche ein hohes Gesamtgewicht (980 kg) und dies, obwohl auf Komponenten wie Getriebe und Antriebswelle verzichtet werden konnte. Nach Fertigstellung des Prototyps produzierte Lohner sechs Jahre lang Fahrzeuge mit dem Lohner-Porsche-Antriebssystem. In diesen Jahren erfolgten Modifizierungen zur Steigerung der Leistung und Reichweite des Elektromobils. Trotz dieser Verbesserungen ergaben Vergleiche von Leistung, Gewicht und Preis mit denen von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor schlechtere Werte. Diese resultierten aus dem Verhältnis von Batteriespeicherleistung zum Aktionsradius, der PS-Stärke zum Fahrzeuggewicht sowie der PS-Stärke zum Verkaufspreis.²² Die Schwachstelle des Lohner-Porschens war die noch nicht ausreichende Technik des Akkumulators.

Von den Lohner-Porsche Elektromobilen wurden in den Jahren 1900 bis 1905 achtundsiebzig Fahrzeuge produziert bzw. verkauft. Zur Produktpalette zählten Coupés, Lastkraftwagen, Omnibusse und Fahrzeuge mit Sonderaufbauten, z. B. Krankenwagen.²³

Journal. Bd. 315 (1900) S. 287. In: Kielwein. S. 171

¹⁹ Vgl. Engelmeyer. S. 127. In: Kielwein. S. 50 und Köppen. S. 64.

²⁰ Vgl. Riedler, Alois: Wissenschaftliche Automobil-Wertung. Berichte VI – X des Laboratoriums für Kraftfahrzeuge an der kgl. Techn. Hochschule. Teil II. Berlin 1912. S. 1 – 35. In: Köppen. S. XLIII - LXXVII.

²¹ Vgl. Mom. S. 127 und 143 + 144.

²² Vgl. Riedler. S. 32 – 35. Anm.: Das Mercedes Electricque-Elektromobil von 1912 (8 PS) war mit ca. 13.500,- Mark angegeben. Ein vergleichbarer 8 PS-Benziner kostete dagegen zirka 5.000 Mark und für zirka 13.500 Mark war ein Benziner mit 35 PS erhältlich. Vgl. Köppen. S. 17 + 18.

²³ Vgl. Lohner, Wilhelm: Lohner-Automobile. Graz 1989. S. 44 – 47.

4. Automobile mit Verbrennungsmotoren auf fossiler Basis

Vom anfänglichen Konkurrieren der beschriebenen Antriebsarten bis hin zu einer Präferenz der Verbrennungsmotoren und deren intensiveren Entwicklung vergingen nur wenige Jahre. Obwohl die Produktionszahlen bei den Elektromobilen, zum Beispiel in den USA, vor denen der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor lagen, hielt dieser Trend nicht an. Zum Paradigmenwechsel führten in der US-amerikanischen Automobilherstellung zum einen die Innovationen wie das Magnet-Zündsystem (1902) und der elektrische Anlasser (1911), durch den die unfallträchtige manuelle Motor-Ankurbelung wegfiel, zum andern der Straßenausbau in Verbindung mit einem Tankstellennetz. Auch die von Henry Ford bei der Produktion seines „T“-Modells 1906 erstmals eingeführten Rationalisierungsmaßnahmen mit der daraus resultierenden Massenproduktion von Automobilen mit Verbrennungsmotor beschleunigten diese Entwicklung.²⁴

In Europa wurde die Entwicklung aus zwei Richtungen beeinflusst. Einerseits durch den Ersten Weltkrieg, in dem Fahrzeuge benötigt wurden, deren Betankung ortsunabhängig war, und andererseits aufgrund besserer Förder- und Verarbeitungstechniken von Rohöl als Antriebsmittel und dessen Preisgestaltung. In Deutschland bestand die Tendenz zu stärker motorisierten Fahrzeugen, d. h. zu Automobilen mit höherer PS-Zahl.²⁵ Diese Faktoren begünstigten meines Erachtens in erheblichem Maß die Fahrzeugentwicklung mit Verbrennungsmotoren. Auf dieser Seite setzte somit der Entwicklungsschub ein und auf der anderen Seite verlor die Elektromobilität aufgrund mangelnder Speicherkapazität und des nachteiligen Gewichts-/Leistungsverhältnisses der Akkumulatoren an Bedeutung.

Die Automobilindustrie entwickelte in den Folgejahrzehnten immer leistungsfähigere Fahrzeuge mit effizienteren Komponenten. Ein erster Bruch der Entwicklung erfolgte in den 1970er Jahren. Hier kam es aufgrund der weltweiten Ölkrise zu einer Reminiszenz des Elektroautos als Alternative zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren. Die Rohöl-Lieferbeschränkungen der erdölexportierenden Länder in Nahost kristallisierten auch die Ressourcen-Abhängigkeit heraus. Auf politischer Ebene folgten Absichtserklärungen über die Weiterentwicklung von Elektrofahrzeugen. Sie resultierten aus Erfahrungen der genannten

²⁴ Vgl. König und Weber. S. 469.

²⁵ Vgl. Köppen. S. 18.

Auswirkungen der Rohölabhängigkeit, dem Wissen um die Endlichkeit fossiler Energien und den Ergebnissen aus Studien zum Treibhauseffekt.²⁶

5. Politisch motivierte Weiterentwicklung alternativer Antriebssysteme

Der durch anthropogenen CO₂-Ausstoß verstärkte Treibhauseffekt wird im Wesentlichen auf Emissionen des Verkehrssektors zurückgeführt, von denen fünfundzwanzig Prozent auf Stadtverkehr basieren. Mit den Begleiterscheinungen wie Lärm- und Luftverschmutzung wird er zu den urbanen Umweltfaktoren gezählt, die Stress verursachen können. Als Hauptverursacher werden vor allem Fahrzeuge mit konventionellem Kraftstoff (Benzin oder Diesel) identifiziert. Gegenwärtig wird in der Europäischen Union der Energiebedarf des Verkehrs zu 96 % aus Ölerzeugnissen gedeckt, trotz bisher erreichter Energieeffizienz. Dieser Prozentsatz zeigt die extreme Abhängigkeit von dieser fossilen Ressource. Die Nutzung der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor sollte bis 2030 im Stadtverkehr um fünfzig Prozent reduziert und bis 2050 auf Null verringert werden. Elektromobilität wird als Schlüssel zur Ressourcen-Schonung identifiziert. Bei der Euphorie für Elektromobilität als möglichem CO₂-Reduzierer darf meiner Meinung nach nicht unberücksichtigt bleiben, dass momentan noch keine Akkuladung auf ausschließlicher Basis erneuerbarer Energien gewährleistet werden kann. Es sei an dieser Stelle auch darauf hingewiesen, dass vor einhundert Jahren Elektromobile vor allem aus dem Bereich der Elektrizitäts-Versorgungsunternehmen bereits ein Stadtwagenkonzept propagiert wurden.²⁷

Der bundesdeutsche „Alternative Antriebe/Hybrid-Aktionsplan“ lief mit der Hightech-Strategie 2006 an und wurde mit einem Fördervolumen von 49 Mio. Euro ausgestattet.²⁸ Die Einbindung des Förderplans erfolgte in die „Zukunftsprojekte der Hightech-Strategie (HTS-Aktionsplan)“ und mit der darin angekündigten Einrichtung einer „Nationalen Plattform Elektromobilität“.²⁹ Zum Vergleich: Die US-amerikanische Regierung startete 2009 ein Konjunkturpaket in Höhe von 2,4 Mrd. US-Dollar (entspricht ca. 1,75 Mrd. €).³⁰

²⁶ Vgl. Meyer, Thomas: Elektromobilität: Soziologische Perspektiven einer automobilen (R)Evolution. Aus der Reihe: Europäische Hochschulschriften. Band 450. Frankfurt/M. 2013. S. 89 - 95.

²⁷ Vgl. Weißbuch. S. 3 + 4 und 10.

²⁸ Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): Die Hightech-Strategie für Deutschland – Erster Forschungsbericht. Bonn/Berlin 2007. S. 36.

²⁹ Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). 2012.

Um das angestrebte Ziel, die Nutzungsverringerung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren im urbanen Bereich zu erreichen, wurde von den politischen Gremien der Einsatz alternativer Antriebssysteme, u. a. in Bussen und Taxis aber auch bei Fahrzeugen des Lieferverkehrs, gesehen. Dies entspricht auch einem der zehn Ziele der Europäischen Kommission von 2011.³¹ Als alternative Antriebssysteme im Fahrzeugbau zählen beispielsweise Brennstoffzellen, Hybridtechnik und Elektroantriebe. Wie bereits um 1900 stellt jedoch die Batterie immer noch bei den beiden letztgenannten Antriebstechniken die größte Schwachstelle dar.

6. Fazit und Ausblick

Die Automobilität stand um 1900 noch am Anfang ihrer Entwicklung. In dieser Phase kristallisierten sich langsam die einzelnen Antriebssysteme (Verbrennungs- und Elektromotoren sowie dampfgetriebene Motoren) mit ihren Vor- und Nachteilen heraus. Eines dieser Antriebssysteme war der von Porsche konstruierte Radnabenmotor, der im Lohner-Porsche auf der Pariser Weltausstellung präsentiert wurde. Als innovativ galt die Installation der Elektromotoren in den lenkbaren Vorderrädern und die damit verbundene Möglichkeit der transmissionslosen Kraftübertragung direkt vom Akkumulator aus.

Die Frage nach Erfolg oder Scheitern dieser Innovation kann noch nicht abschließend beantwortet werden. Meiner Meinung nach ist die Entwicklung des Radnabenmotors als Systembestandteil noch nicht abgeschlossen. Fest steht, dass sich dieses Antriebskonzept aufgrund der Batterieschwächen quasi in einer Sackgasse befand. Aber wie erst die Erfindung Pneumatischer Reifen zum Beispiel den Einbau eines Radnabenmotors ermöglichte, können sich vielleicht mit einem neuartigen Energiespeicher-Medium in Zukunft neue Kombinationsvarianten ergeben. So könnten beispielsweise Lade-Induktionsschleifen in Straßendecken einen leistungsfähigen Einsatz des Radnabenmotors für die Fahrzeugflotte städtischer Linienbussen bewirken: Als Komponente eines innovativen Antriebssystems.

³⁰ Vgl. Meyer. S. 97.

³¹ Vgl. Europäische Kommission: Weißbuch. S. 3 - 4 und 9 - 10. Anm.: Eine Untergliederung der zu den Verkehrssektoren zählenden Emittenten wird im Weißbuch nicht explizit genannt. Hierzu zählen m. E. u. a. Individual- und Güterverkehr, aber auch Luftverkehr. Die auf S. 9 ausgewiesenen 25 Prozent der „verkehrsbedingten CO₂-Emissionen“ werden nicht näher erläutert.

Literaturangaben:

Bundesministerium für Bildung und Forschung (**BMBF**): Bericht der Bundesregierung. Zukunftsprojekt der Hightech-Strategie (HTS-Aktionsplan). Bonn/Berlin 2012.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (**BMBF**): Die Hightech-Strategie für Deutschland – Erster Forschungsbericht. Bonn/Berlin 2007.

Europäische Kommission: Weißbuch. Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum. Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem. Brüssel 2011.

Kielwein, Matthias, Lessing, Hans-Erhard: Kaleidoskop früher Automobiltechnik. Band 3. Vollständige Artikelsammlung aus Dingers Polytechnischem Journal 1895 – 1909. Leipzig 2007. In elektronischer Form liegt **Dingers Polytechnisches Journal** vor unter: <http://dingler.culture.hu-berlin.de/> letzter Aufruf: 06.03.2014.

König, Wolfgang, Weber, Wolfhard: Netzwerke, Stahl und Strom. 1840 bis 1914. Propyläen Technikgeschichte. Bd. 4. Berlin 1997.

Köppen, Thomas: Ferdinand Porsche, Ludwig Lohner und Emil Jellinek – frühe Innovatoren im Elektromobilbau. Eine Fallstudie über die gescheiterte Innovation. Berlin 1984. (Anm.: Erscheinungsort und Erscheinungsdatum fehlt in der Publikation. Diese Daten wurden vom Porsche-Archiv genannt.)

Kraftfahrt-Bundesamt: Statistische Mitteilungen. FZ 1. 01.01.2013. S. 40.

Lohner, Wilhelm: Lohner-Automobile. Graz 1989.

Ludvigsen, Karl: Ferdinand Porsche. Genesis des Genies. Straße, Rennen und Luftfahrt – Innovation 1900 bis 1933. Aus dem Englischen von Stefan Knittel. Cambridge 2008.

Meyer, Thomas: Elektromobilität: Soziologische Perspektiven einer automobilen (R)Evolution. Aus der Reihe: Europäische Hochschulschriften. Band 450. Frankfurt/M. 2013.

Mom, Gijs: Electric Vehicle. Technology and Expectations in the Automobile Age. Englische Übersetzung der niederländischen Version: Geschiedenis van de Auto van Morgen. Baltimore 2004

Möser, Kurt, Popplow, Marcus, Uhl, Elke (Hrsg.): Auto. Kultur. Geschichte. Materialien 11. Stuttgart 2013.

Porsche-Museum Edition: Pionier des Hybridantriebs. Ferdinand Porsche. Stuttgart 2010.

Riedler, Alois: Wissenschaftliche Automobil-Wertung. Berichte VI – X des Laboratoriums für Kraftfahrzeuge an der kgl. Techn. Hochschule. Teil II. Berlin 1912. S. 1 – 35. In: Köppen. S. XLIII – LXXVII. In: Köppen, Thomas: Ferdinand Porsche, Ludwig Lohner und Emil Jellinek – frühe Innovatoren im Elektromobilbau. Eine Fallstudie über die gescheiterte Innovation. Berlin 1984. S. LXVII - LXXXV.

Schmidt, Helene: Visionen der Elektromobilität um die Jahrhundertwende am Fallbeispiel der Lohner-Porsche-Elektromobile. Karlsruhe 2013.

Witt, Otto N. (Katalogredaktion): Weltausstellung in Paris 1900. Amtlicher Katalog der Ausstellung des Deutschen Reichs. Berlin 1900. S. 405.

Yay, Mehmet: Elektromobilität. Theoretische Grundlagen, Herausforderungen sowie Chancen und Risiken der Elektromobilität, diskutiert an den Umsetzungsmöglichkeiten in die Praxis. Frankfurt a. Main 2010.

Abbildungsverzeichnis:

Abb. 1: Lohner-Porsche 1900 (Quelle: Porsche-Archiv).

Abb. 2: Jacob Lohner & Co., 1902, Porsche-Radnabenmotor, Österreichische Patentschrift Nr.19645 k. u. k. Patentamt, "Antriebslenkrad mit Elektromotor", Seite 1 (Quelle: Porsche-Archiv. Nummer HAV 1009).

Abb. 3: Jacob Lohner & Co., 1902, Porsche-Radnabenmotor, Österreichische Patentschrift Nr.19645 k. u. k. Patentamt, "Antriebslenkrad mit Elektromotor", Seite 2 (Quelle: Porsche-Archiv. Nummer HAV 1010).

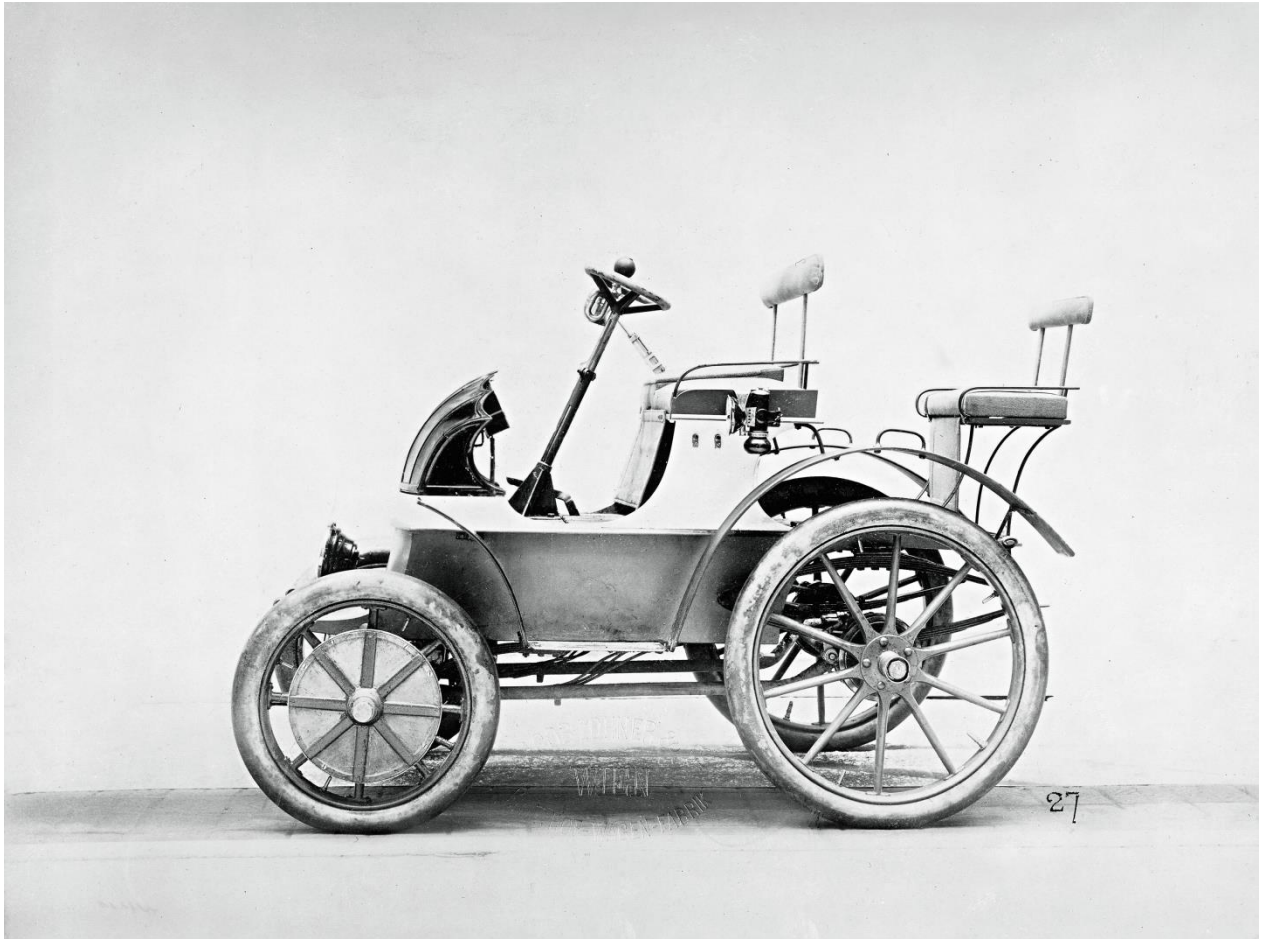


Abb. 1: Lohner-Porsche 1900 (Quelle: Porsche-Archiv).

0 Klasse 63c. **verfallen** Ausgegeben am 27. März 1905.

KAIS. KÖNIGL. PATENTAMT.

Österreichische *Diener A*

PATENTSCHRIFT Nr. 19645.

FERDINAND PORSCHE UND LUDWIG LOHNER, BEIDE IN WIEN.
Antriebslenkrad mit Elektromotor.

Angemeldet am 27. Mai 1902. — Beginn der Patentdauer: 1. November 1904.

Elektrisch angetriebene Lenkräder mit auf dem Achsstummel sitzenden Feldmagneten wurden bisher nur in der Weise ausgeführt, daß der Achsstummel einen vollen zylindrischen Querschnitt hatte, wie dies z. B. in der brit. Patentschrift Nr. 18099, A. D. 1900 beschrieben ist. Dem Bestreben, für solche elektrisch angetriebene Lenkräder die Lenkachse 5 derart anzuordnen, daß ihre Verlängerung die Auflagerfläche des Rades trifft, stand das Hindernis entgegen, daß man die Lenkachse nicht in die Mittelebene des Rades legen konnte, da sich dort der die Feldmagnete tragende Achsstummel befand. Es ließe sich wohl der Schnittpunkt der Lenkachse in das Auflager des Pneumatiks dadurch bringen, daß man die Lenkachse entsprechend schräg stellt. Bei seitlich außerhalb des angetriebenen 10 Lenkrades angeordneter Lenkachse (brit. Patentschrift Nr. 18099, A. D. 1900) würde jedoch diese Schrägstellung eine so große werden, daß dadurch die leichte Lenkbarkeit des Fahrzeuges beeinträchtigt würde.

Um nun die Lösung dieser Aufgabe für Elektromotorlenkräder mit auf dem Achsstummel sitzenden Feldmagneten zu ermöglichen, wird nach vorliegender Erfindung der die 15 Feldmagnete tragende Achsstummel hohl ausgeführt, um den die Lenkachse tragenden Lagerkopf möglichst nahe der Radebene bringen zu können.

Es ist wohl für gewöhnliche Lenkräder bereits bekannt, den Lagerkopf der Achse in dem hohlen lenkbaren Achsstummel zu lagern (siehe z. B. amerikanische Patentschrift Nr. 11760, Orig. Nr. 620968). Die Anwendbarkeit dieser bekannten Konstruktion für 20 Elektromotorräder schien jedoch durch die den zentralen Teil der Nabe einnehmenden Feldmagnete bisher ausgeschlossen.

Die Zeichnung zeigt ein solches Automotorlenkrad, und zwar in Fig. 1 im Schnitt nach A—A der Fig. 2 und in Fig. 2 im achsialen Schnitt.

Der die Feldmagnete 11 tragende Achsstummel 1 ist hohl ausgebildet und mit der 25 Achse 2 durch ein Gelenk verbunden, dessen Verlängerung in die Auflagerfläche des Rades 4 bzw. des Luftreifens 5 trifft. Die Achse 2 ist mit einer Bohrung 6 versehen, an deren erweiterten Enden Lagerpfannen 7 angeordnet sind. In die Achsbüchse sind oben und unten Konusse 8 eingeschraubt, welche die Kugeln 9 in den Lagerpfannen halten und welche zur Erhöhung der Sicherheit durch eine Schraube 10 miteinander verbunden sind.

Auf dem hohlen Achsstummel 1 ist der Feldmagnetenstern 11 aufgekeilt und das den Anker 12 tragende Gehäuse 13 mittels Kugellager 14, 15 gelagert. Demzufolge stehen die Feldmagnete fest, während sich das Gehäuse 13 mit den Teilen 4, 5 um diesen herum bewegt und derart die Fortbewegung des Fahrzeuges bewirkt. Die Zuführung 25 des elektrischen Stromes zu den Kollektorsegmenten 16 erfolgt durch Schleifbürsten, die durch eine abnehmbare Kappe 17 überdeckt und somit gegen Witterungseinflüsse geschützt sind.

Abb. 2: Jacob Lohner & Co., 1902, Porsche-Radnabenmotor, Österreichische Patentschrift Nr. 19645 k. u. k. Patentamt, "Antriebslenkrad mit Elektromotor", Seite 1 (Quelle: Porsche-Archiv. Nummer HAV 1009).

PATENT-ANSPRUCH:

Antriebslenkrad mit Elektromotor, dadurch gekennzeichnet, daß der die Feldmagnete tragende Achsstummel (1) hohl ist, um den Lagerkopf der Achse umfassen zu können, zum Zwecke, die Lenkachse möglichst nahe der Radebene zu bringen.

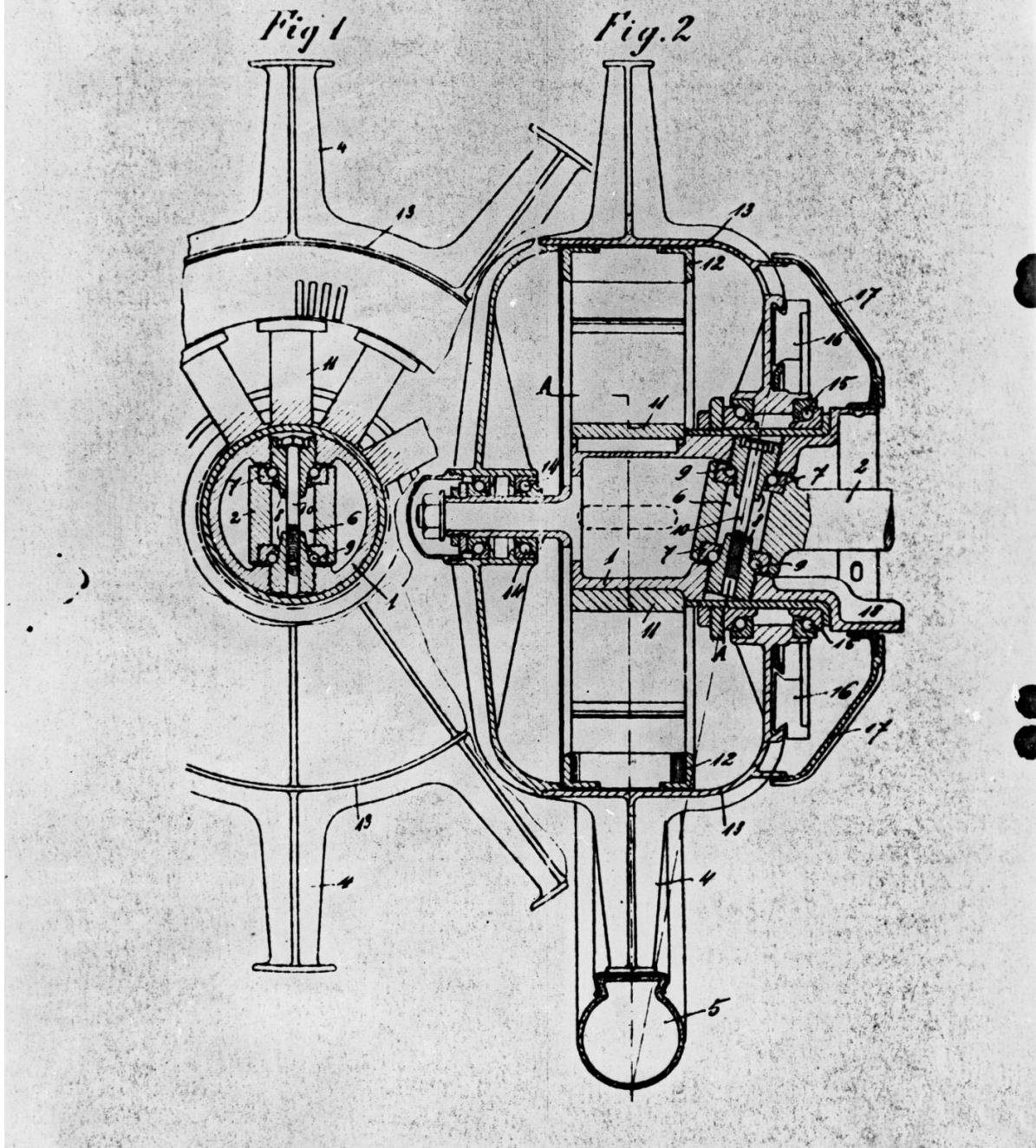


Abb. 3: Jacob Lohner & Co., 1902, Porsche-Radnabenmotor, Österreichische Patentschrift Nr.19645 k. u. k. Patentamt, "Antriebslenkrad mit Elektromotor", Seite 1 (Quelle: Porsche-Archiv. Nummer HAV 1010).