

Die Rolle von Mineralöl als Energiespeicher in der Energiewende-Debatte



Diskussionspapier im Auftrag des AFM+E Aussenhandelsverband für Mineralöl und Energie e.V., Berlin, und des MEW Mittelständische Energiewirtschaft Deutschland e.V., Berlin

Verantwortlich
Prof. Dr. Michael Bräuninger
ETR: Economic Trends Research/Analyse Ökonomischer Trends
Bei den Mühlen 70
20457 Hamburg
Tel: 040 28475131
braeuninger@mb-etr.de
<http://economic-trends-research.de/>

5. April 2018



Inhalt

Zusammenfassung	3
1 Fragestellung	5
2 Lagerbestände in der Mineralölwirtschaft	7
3 Tankstellen und Mineralölhandel	9
4 Kraftfahrzeuge (Pkw)	11
5 Heizöl	14
6 Schlussfolgerung	16
Anhang	18
Literatur	19



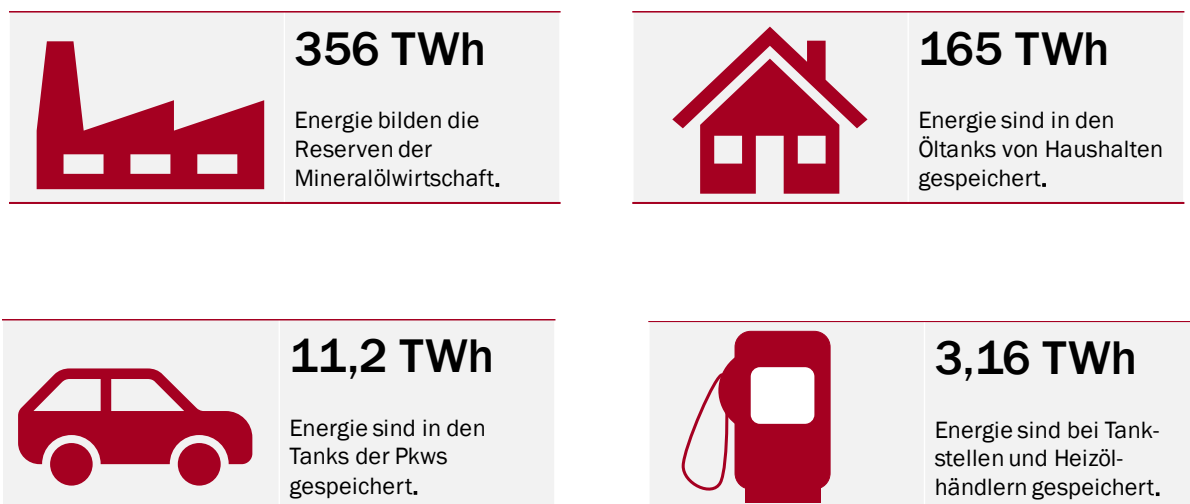
Zusammenfassung

Die volks- und vor allem die betriebswirtschaftlichen Aspekte der Bevorratung flüssiger Energieträger wie Kraftstoffe und Heizöle sind in den Energiewendebetrachtungen bislang zu kurz gekommen. Die vorliegende Untersuchung soll zeigen, dass eine Energiewendepolitik im Mobilitäts- und Wärmesektor sowie in anderen Bereichen nicht umhinkommt, Alternativen zu den enormen Vorteilen zu entwickeln, die sich aus der Diversität der Lager- und Transportinfrastruktur für Mineralölprodukte ergeben. Wenn dies nicht gelingt, wird die Neuausrichtung des Mobilitäts- und Wärmesektors nicht wunschgemäß vorankommen.

Öl als Energieträger hat eine gegenüber anderen Energieträgern besonders hohe Energiedichte. Die **Lagerhaltung** findet sowohl auf **Versorgungsebene** als auch bei den Verbrauchern statt. Auf der Versorgungsebene lagern **Raffinerien und der Importhandel** ihre Vorräte und Produkte in über- und unterirdischen **Tanklagern**, wobei der **Transport in Pipelines, Tankschiffen, Kesselwagen und Tanklastern** stattfindet.

Auf der **Verbraucherebene** bevorraten sich sowohl Industrieunternehmen als auch Gewerbebetriebe und Haushalte. Dabei ermöglichen die Vorräte in **Heizöltanks** häufig die Wärmeversorgung für mehrere Jahre und die Besitzer von Pkws haben mit einem vollen **Tank** die Möglichkeit, zwischen 500 und 1.000 km zurückzulegen.

Abbildung 1: Gespeicherte Energiemengen





Die hier dargestellten **Lagerbestände** haben einen **Energiegehalt** von umgerechnet etwa **535 TWh**. Hierbei handelt es sich um die Abschätzung einer Untergrenze, wobei wichtige Lagerbestände, zum Beispiel in der Industrie und in der Schifffahrt, noch nicht berücksichtigt sind. Die Lagerbestände beim Mineralöl garantieren eine hohe **Versorgungssicherheit**. Dies stellt einen deutlichen Unterschied zur Stromwirtschaft dar: Die jährliche Stromerzeugung lag in den letzten Jahren bei 650 TWh, wobei hiervon im Jahr 2017 etwa 145 TWh über Wind- und Solaranlagen erzeugt wurden und somit nicht kontinuierlich zur Verfügung standen. Schon die vorhandenen Vorräte der im deutschen Mineralölmarkt tätigen Unternehmen und die des Erdölbevorratungsverbandes entsprechen einer gespeicherten Energiemenge von 356,1 TWh, und übertreffen damit der Energiemenge, die in ganz Deutschland über den Zeitraum eines halben Jahres als Strom erzeugt wird. Vergleicht man die gespeicherte Energiemenge mit der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, so zeigt sich, dass die Windanlagen mehr als vier Jahre bräuchten, um die Energiemenge zu erzeugen, die von der Mineralölwirtschaft vorgehalten wird.

Trotz der volatilen Einspeisung der erneuerbaren Energien gibt es derzeit nur minimale Speicherkapazitäten, sodass die Stromnachfrage zu jedem Zeitpunkt genau gedeckt wird. Dies wird offensichtlich immer schwieriger, wenn erneuerbarer Strom **zusätzlich** auch noch den **Energiebedarf für Wärme und Mobilität** decken soll. Die Herausforderung besteht aber nicht nur in der Bereitstellung der Energie, sondern auch darin, eine Infrastruktur zu errichten, die Strom aus Sicht der Wirtschaft und Verbraucher in allen Anwendungsbereichen genauso sicher und an jedem Ort in der jeweils gewünschten Menge bereitstellt, wie es bislang bei den konventionellen Energien der Fall ist.

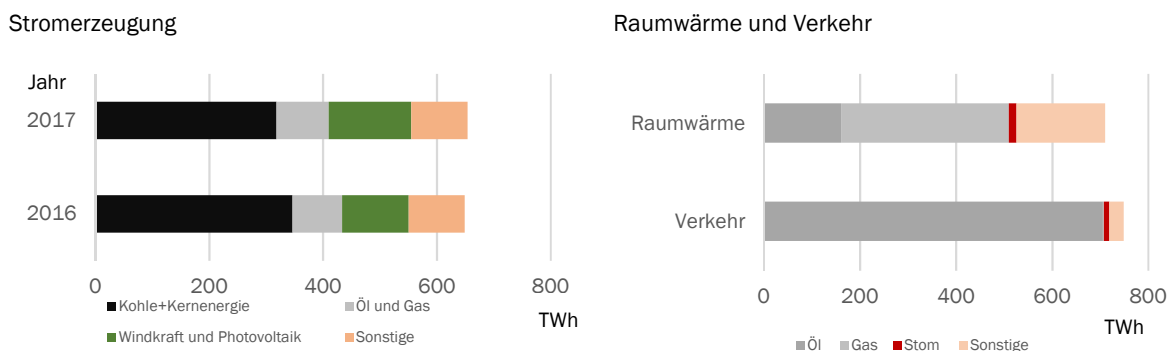
Vor diesem Hintergrund sollte die CO₂-Reduktion in diesen Sektoren nicht über eine weitere Elektrifizierung, sondern zum Beispiel über **flüssige Energieträger erfolgen, die mit Hilfe von erneuerbarem Strom gewonnen werden („E-Fuels“)**.

1 Fragestellung

Die Bundesregierung hat für Deutschland langfristig sehr weitreichende Ziele für die Minderung von Treibhausgas-Emissionen gesetzt. Bis 2050 sollen die Emissionen um 80% - 95% gegenüber 1990 reduziert werden. Um diese Ziele zu erreichen, müssen alle Sektoren Beiträge leisten. Da die Verwendung erneuerbarer Energien vor allem im Strombereich fortgeschritten ist, setzt die weitere Planung nicht nur auf Effizienzverbesserungen, sondern zielt oftmals auch auf eine Wende hin zu einem reinen Elektrizitätsbetrieb in anderen Sektoren. So sollen der Mobilitätssektor und auch die Wärmeversorgung überwiegend auf Strom umgestellt und die konventionellen erdöl-basierten Kraftstoffe und Heizöle ersetzt werden.

Die Dimension der notwendigen Strukturveränderungen wird in Abbildung 1 deutlich. Die Stromerzeugung lag im Jahr 2016 (2017) bei 649,1 TWh (654,2 TWh). Davon wurden 116,7 TWh (145,3 TWh) durch Windkraft und Photovoltaik erzeugt. In den nächsten Jahren sollen Kern- und Kohlekraftwerke ersetzt werden, die bisher 346,4 TWh (318,1 TWh) verlässlich produziert haben. Zusätzlich soll über erneuerbare Stromerzeugung ein signifikanter Anteil zum Energiebedarf für Raumwärme (bisher 710,3 TWh) und zur Mobilität (bisher 748,9 TWh) geliefert werden.

Abbildung 1: Struktur der Energieversorgung



Quelle: Energiedaten des BMWi. Daten für Raumwärme und Verkehr aus dem Jahr 2016.

Die große Herausforderung bei diesen Entwicklungen ist, dass die erneuerbaren Energien nicht kontinuierlich zur Verfügung stehen. Da es bisher kaum Stromspeicher gibt, müssen in längeren Zeiten der Dunkelflaute konventionelle Kraftwerke als Reserve einspringen. Für diese stellt sich allerdings die Frage, ob und inwieweit die notwendigen Fixkosten in den aufgrund des Ausbaus der erneuerbaren Energien immer geringer werdenden Laufzeiten, erwirtschaftet werden können. Wenn Strom **zusätzliche Aufgaben** im Bereich der Mobilität und der Wärmeversorgung übernimmt, steigt der Bedarf und die Herausforderung einer kontinuierlichen Versorgung.



Somit werden für die Energiewende zwingend effektive und vor allem auch wirtschaftliche Speichermedien benötigt. Die Anstrengungen müssen daher auf die Energiespeicherung und vor allem auf speicherbare Energien gerichtet werden. Die vorliegende Studie skizziert die Dimension der Energiespeicherung, die derzeit mit Deutschlands wichtigstem Energieträger, dem Mineralöl, verbunden ist und der langfristig im Rahmen einer Energiewendepolitik Rechnung getragen werden muss.

Dies gilt umso mehr, als dass die auf Öl basierende Energiewirtschaft eine hohe Versorgungssicherheit gewährleistet hat. Diese basiert zum einen auf den günstigen Eigenschaften des Energieträgers, wie zum Beispiel der hohen Energiedichte und den guten Transport- und Speichermöglichkeiten. Zum anderen resultiert die Versorgungssicherheit aus einer seit dem 19. Jahrhundert gewachsenen Infrastruktur. Vor diesem Hintergrund zeigt die vorliegende Faktensammlung, in welchem Umfang derzeit Mineralöl genutzt wird, um Energie zu bevorraten und die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Dabei findet die Lagerhaltung zum einen zentral in Handel und Industrie statt, zum anderen aber auch sehr dezentral, sodass Haushalte und Unternehmen selber planen und damit in der Lage sind, ihre Ziele zu jeder Zeit verfolgen zu können.

Die Untersuchung gliedert sich in fünf Abschnitte:

1. Der erste Abschnitt stellt dar, in welchem Umfang die Mineralölwirtschaft, Raffinerien und Händler mit über- und unterirdischen Tanklagern die – zum Teil gesetzlich vorgeschriebenen – Lagerbestände halten.
2. Der zweite Abschnitt stellt den Transport und den Einzelhandel in Tankstellen und Heizölhandel dar und betrachtet die Vorratshaltung auf dieser Ebene.
3. Der dritte Abschnitt beschäftigt sich mit den Vorräten, die Pkw-Besitzer in den Tanks ihrer Fahrzeuge halten.
4. Der vierte Abschnitt untersucht die private Bevorratung von Heizöl.
5. Im fünften Abschnitt werden die energiepolitischen Schlussfolgerungen gezogen.



2 Lagerbestände in der Mineralölwirtschaft

Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) erhebt monatlich bei den in der Bundesrepublik auf dem Mineralölmarkt tätigen Unternehmen – Mineralölindustrie und Mineralölhandel - Daten zu deren Geschäftstätigkeit. Im Rahmen dieser Erhebung werden auch die **Vorräte an Erdöl und Mineralölprodukten** erfasst. Diese beinhalten neben den normalen Lagerbeständen auch die Vorräte des **Erdölbevorratungsverbands (EBV)**, der auf Grundlage des Erdölbevorratungsgesetzes ständige **Vorräte von mindestens 90 täglichen Nettoimporten** von Rohöl und Mineralölprodukten hält. Insgesamt beträgt die Tanklagerkapazität in Deutschland etwa 62 Millionen Kubikmeter, wovon 40 Prozent auf Kavernen entfallen (BMW 2017). Üblicherweise erfolgt die Versorgung dieser Lager per Pipeline, Schiff oder Bahn.

Nicht im Rahmen der Erdölbevorratung angerechnet, werden sämtliche Vorräte, die sich bei den Verbrauchern (z.B. in Bunkern von Schiffen oder in Tanks der Haushalte), im Transportsektor (z.B. Leitungen, Tankschiffen oder Tankwagen) oder auch bei den Tankstellen befinden.

Die **vorhandenen Ölvorräte (wie sie vom BAFA ausgewiesen werden) entsprechen einer gespeicherten Energiemenge von 356,1 TWh, und damit der Energiemenge, die in ganz Deutschland über ein halbes Jahr als Strom erzeugt wird.** Vergleicht man die gespeicherte Energiemenge mit der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, so zeigt sich, dass die Windanlagen mehr als vier Jahre bräuchten, um die Energiemenge zu erzeugen, die von der Mineralölwirtschaft vorgehalten wird.

Tabelle 1: In Mineralöllagern gespeicherte Energie

	Tonnen	Mio. Liter	Mio. Öleinheiten	TWh
Rohöl	19.041.476	22.402	16,5	191,3
Benzin	2.911.605	3.935	3,1	36,6
Diesel	6.227.508	7.503	6,7	78,2
Heizöl	2.624.420	3.162	2,8	33,0
Kerosin	1.351.094	1.628	1,5	17,0
	32.156.103	38.629	30,6	356,1

Daten vom Dezember 2017. Entsprechend der Regularien des Erdölbevorratungsgesetzes werden bei Rohöl 96 Prozent der vorhandenen Menge angerechnet, während die Erdölerzeugnisse mit dem Faktor 1,2 bewertet werden. Von den so berechneten Anrechnungsmengen wird jeweils ein Anteil von 10 Prozent abgezogen. Eine Öleinheit entspricht 11,63 kWh. Quelle: BAFA-Mineralölstatistik, ETR.

Da die Einspeisung aus Wind- und Solarenergie weder über die Tagesstunden noch über den Jahresverlauf konstant ist, kommt der Entwicklung von Speichern im Strombereich eine besondere Bedeutung für den weiteren Ausbau von erneuerbaren Energien zu. Als großvolumige Speicher kommen bisher technisch nur Pumpspeicherwerke und Druckluftspeicher in Frage. Dabei liefern



Pumpspeicherkraftwerke bisher in Deutschland mit einem Speichervolumen von knapp 40 GWh den bei weitem größten Anteil. Dabei ist das Potenzial in Deutschland bereits weitgehend ausgeschöpft. Umfangreichere Potenziale könnten durch einen grenzüberschreitenden Netzausbau in Skandinavien oder in den Alpenländern erschlossen werden (Sachverständigenrat für Umweltfragen 2011). Druckluftspeicher stehen bisher kaum zur Verfügung. Das einzige seit 1978 in Deutschland in Betrieb befindliche Druckluftspeicher-Gasturbinenkraftwerk (Huntorf, E.ON AG) verfügt über eine Speicherkapazität von etwa 642 MWh. Das Potenzial für die Speicherung von Luft mit Hilfe von Druck, zum Beispiel in Salzstöcken, wurde 2012 für Deutschland auf 27,3 TWh geschätzt (Zentrum für Energieforschung Stuttgart 2012). Damit wird aber – selbst wenn dieses Potenzial vollständig ausgeschöpft wird – nur ein kleiner Teil der Energiemenge speicherbar, die derzeit im Mineralöl gebunden ist.¹

Um die Speicherkosten für elektrische Speicher zu verdeutlichen, verwendet Braun (2013) das Beispiel des neuen Pumpspeicherkraftwerkes „Attdorf“ der Schluchseewerk AG: Für dieses ergeben sich leistungsspezifische Vollkosten von etwa 50 bis 80 Euro je MWh. Somit würde die Speicherung einer TWh mehr als 50 Mio. Euro kosten. Im Gegensatz dazu sind die **Kosten der Energiebevorratung über Mineralöl** aufgrund der hohen Speicherdichte und der guten Transportfähigkeit sowie der vorhandenen Infrastruktur ausgesprochen gering. Deshalb schlagen Awgustow et al. (2017) vor, die notwendige THG-Minderung der fossilen Energieträger durch den Einsatz von regenerativen Rohstoffen (zum Beispiel Ethanol, BTL, E-Fuels) zu erreichen.

Transportfähigkeit und internationaler Handel

Neben der Speicherfähigkeit ist die gute Transportfähigkeit eine besondere und wichtige Eigenschaft von Mineralöl. Große Teile des in Deutschland verwendeten Rohöls und der Mineralölprodukte werden importiert. Dabei findet ein großer Teil des Transports über Pipelines statt, ein wesentlicher Teil wird aber auch über Tanker angeliefert. Die verschiedenen Lieferländer und Transportwege garantieren ein hohes Maß an Versorgungssicherheit. Ähnliches gilt auch für Erdgas, wobei hier der Transport bisher ausschließlich über Pipelines erfolgt. Im Gegensatz zu Öl und Gas wird Strom fast ausschließlich im Inland erzeugt. Für einen hohen Import fehlt die Infrastruktur. Da sowohl Wind- als auch Sonnenenergie sehr flächenintensiv sind, spricht einiges dafür, dass die Ausbauziele nicht ausschließlich in Deutschland erreicht werden können. Somit wären dann hohe Investitionskosten für die Import-Infrastruktur notwendig.

¹ Einen Überblick zu den Speicherpotenzialen bietet der Wissenschaftliche Dienst des Deutschen Bundestages (2017).



3 Tankstellen und Mineralölhandel

Insgesamt wurden in Deutschland im Jahr 2016 etwa 18,2 Mio. Tonnen Benzin (24.156 Mio. Liter) und 37,9 Mio. Tonnen Diesel (44.854 Mio. Liter) abgesetzt (BAFA-Mineralöl-daten). Davon wurden etwa **70 Prozent an den 14.478 Straßen- und Autobahntankstellen** abgesetzt. Die Versorgung der Tankstellen erfolgt aus den Raffinerien und über die in Deutschland flächendeckend vorhandene Tanklagerinfrastruktur.

Der nicht an Tankstellen abgesetzte Kraftstoff - im Wesentlichen Diesel für den Gütertransport auf der Straße, zu Wasser sowie auf der Schiene und für stationäre Anlagen – geht an Großabnehmer und wird u.a. über unternehmenseigene Werkstankstellen verteilt. Eine besondere Rolle spielt dabei die Deutsche Bahn, deren Dieserverbrauch bei fast einer Mrd. Litern und damit bei 3,2 Prozent des deutschen Gesamtverbrauchs liegt (vgl. Deutsche Bahn 2017). Ein weiterer wichtiger Großabnehmer ist die Deutsche Post (DHL Group), die mit 361 Mio. Litern für etwas mehr als ein Prozent des deutschen Gesamtverbrauchs an Diesel steht (vgl. Deutsche Post DHL Groups 2017).

In der Sektoruntersuchung Kraftstoffe des Bundeskartellamts wurden drei Regionalmärkte (Hamburg, München, Leipzig) für Straßentankstellen für die Jahre 2007 bis 2010 untersucht. Im Jahr 2010 lag der durchschnittliche **tägliche Absatz an Kraftstoffen je Tankstelle** zwischen 10.400 Litern in der Region Hamburg und 12.900 Litern in der Region Leipzig und verteilte sich jeweils etwa zur Hälfte auf Benzin und Diesel. Da in den letzten Jahren die Zahl der Tankstellen leicht ab- und der Kraftstoffverbrauch zugenommen hat, dürfte der Absatz je Tankstelle gestiegen sein. Darüber hinaus wird er sich deutlich in Richtung des Diesels verschoben haben, sodass dieser inzwischen einen Anteil von 57 Prozent haben dürfte. Nach Branchenauskünften werden Tankstellen im Durchschnitt alle vier Tage beliefert. Es ist somit davon auszugehen, dass die Lagerkapazität mindestens vier durchschnittlichen Tagesabsätzen entspricht. Dies spricht für Kapazitäten zwischen 40.000 und 50.000 Litern. Bei dem gegebenen Tankstellenbestand und durchschnittlich halb gefüllten Tanks, ergibt sich daraus eine gespeicherte Energiemenge von 3,16 TWh (Tabelle 2).

Dem großen und flexiblen Angebot an Tankstellen steht bisher eine geringe Zahl von 4.703 öffentlichen Ladesäulen gegenüber (Stand: September 2017). Dabei liegt die Ladedauer für die Strommenge, die ausreicht, eine Entfernung von 100 km zurückzulegen, in der Regel bei sechs Stunden. Nur an den 530 Schnellladesäulen verkürzt sich diese Zeit im Idealfall auf 30 Minuten (vgl. Nationale Plattform Elektromobilität 2018). Selbst bei einem schnellen Ausbau der Infrastruktur ist es auf absehbare Zeit nicht möglich, den Energiebedarf für Langstreckenfahrten auf Autobahnen zu decken.



Der **Heizölhandel** in Deutschland wird von etwa 1.500 bis 2.000 Händlern organisiert, von denen etwa 500 über eigene Tanks verfügen – typischerweise zwei Tanks mit einer Kapazität von insgesamt 40.000 Litern.

Tabelle 2: Abschätzung der an Tankstellen und im Heizölhandel gespeicherten Energiemengen 2016

	Kapazität je Tankstelle/Händler in Litern	Durchschnittliche Füllung aller Tankstellen/Händler in Mio. Litern	Energiegehalt TWh
Kraftstoffe	45.000	326	3,07
Heizöl	40.000	10	0,09
Summe		336	3,16

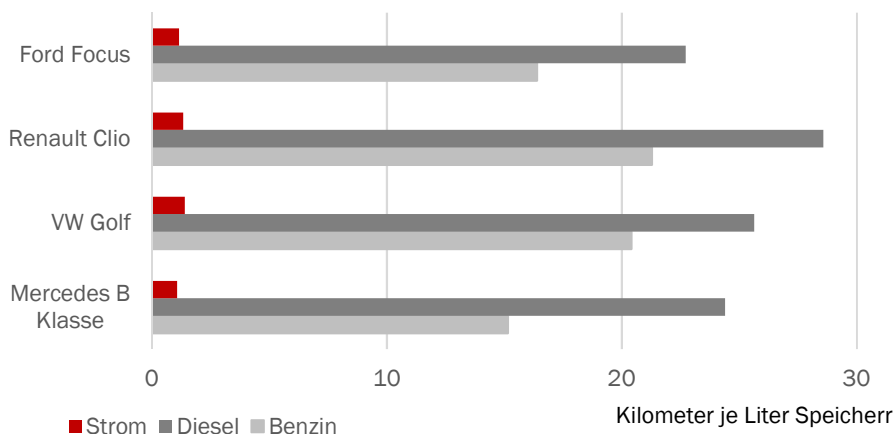
Quelle: Brancheninformationen, ETR.

4 Kraftfahrzeuge (Pkw)

Die Besitzer von Pkw haben mit einem vollen Tank die Möglichkeit, zwischen 500 und 1.000 Kilometer fahren zu können. Dies wird möglich, da Diesel und Benzin eine hohe **Energiedichte** aufweisen: In einem Liter Diesel sind 9,9 kWh gebunden und in einem Liter Benzin 9 kWh. Lithium-Ionen-Batterien, die das aktuelle Referenzsystem für die Elektromobilität darstellen, haben hingegen nur eine Energiedichte von 0,179 kWh/Liter (vgl. VDMA 2016). **Somit ist die Energiedichte von Benzin und Diesel über 50-Mal höher als die in Batterien.**

Ein Vergleich der Energiedichte auf Basis kWh je Liter führt allerdings zu einer gewissen Verzerrung, da die Energieträger unterschiedlich effizient in Nutzenergie umgewandelt werden können. Beim Strom fallen große Verluste bei der Umwandlung von Primärenergie an. Anschließend kann Strom jedoch mit relativ geringen Verlusten in Nutzenergie in Form von Mobilität umgewandelt werden. Im Vergleich dazu treten die größten Umwandlungsverluste bei den Kraftstoffen im Verbrennungsmotor des Fahrzeugs auf. Tabelle 5 im Anhang zeigt für verschiedene Pkw den spezifischen Energieverbrauch, d.h. die Energie, die notwendig ist, um eine Strecke von 100 Kilometern zurückzulegen. Verglichen werden dabei jeweils möglichst ähnliche Modelle eines Herstellers, mit Benzin-, Diesel- und Stromantrieb. Aus dem spezifischen Energieverbrauch und der Energiedichte ergibt sich die Nutzenergie der Energieträger in Form von Kilometern bezogen auf das Volumen von einem Liter des Energiespeichers. **Es zeigt sich, dass die Reichweite von einem Liter Diesel über 20-Mal höher ist als die Reichweite des Stroms, der in einer Batterie mit einem Volumen von einem Liter gespeichert wird.** Die von Benzin liegt etwa 15-Mal über der von Strom. Um mit einem Batterieantrieb die gleiche Fahrtstrecke zurückzulegen wie mit einem 60-Liter Diesel-Tank, müsste die Batterie ein Volumen von 1.200 Litern haben.

Abbildung 1: Energiedichte von Energiespeichern



Quelle: Energiedichte VDMA (2016), Energieverbrauch ADAC (2018), ETR.



Batterietechnik: Mangelnde individuelle Flexibilität ist ein wesentlicher Grund für die geringe Verbreitung von Elektro-Pkw

Die geringen Reichweiten der Batterien führen dazu, dass Elektro-Pkw im Wesentlichen nur für Kurzstrecken eingesetzt werden können. Eine Analyse der Fahrtzwecke zeigt allerdings, dass der mit etwa 36 Prozent größte Teil der mit Pkw zurückgelegten Personenkilometer Freizeitaktivitäten dient. Etwa ein Fünftel der gefahrenen Personenkilometer gehen auf Pendelverkehre zurück. Urlaubsfahrten haben mit fünf Prozent der gesamten Personenkilometer nur eine geringe Bedeutung (BMVI 2015). Gleicht man die Fahrtzwecke mit den jeweils durchschnittlichen Fahrtstrecken ab, so wird deutlich, dass die am meisten gefahrenen Strecken relativ kurz sind, wobei die Wege zum Arbeitsplatz im Durchschnitt länger als andere gefahrene Wege sind. Insgesamt haben die Elektro-Pkw somit, trotz der Beschränkungen in der Reichweite, auf den viel gefahrenen Kurzstrecken ein Potenzial. Die bisher relativ geringe Verbreitung der Elektro-Pkw könnte darauf zurückzuführen sein, dass auch bei einem kleinen Anteil von Langstrecken, zum Beispiel in den Urlaub, die Möglichkeit solche Fahrten zu unternehmen, wesentlich für die Kaufentscheidung ist.

Die individuellen Vorräte führen dazu, dass insgesamt zu jedem Zeitpunkt eine große Energiemenge in den Tanks der Kraftfahrzeuge gespeichert ist. Um diese Mengen abzuschätzen, wurde die Statistik des Kraftfahrtbundesamtes (KBA) ausgewertet. In der Statistik wird der Bestand an Pkw in 14 Klassen unterteilt. Tabelle 3 zeigt für jede dieser Klassen die Zahl der angemeldeten Pkw, sowie Abschätzungen der durchschnittlichen Tankinhalte der Pkw der Klassen, des Anteils der Benzinfahrzeuge und den sich daraus ergebenden gesamten Tankinhalt der Pkw der jeweiligen Klassen. Dabei erfolgt die Abschätzung der Tankinhalte über die Herstellerangaben der drei zulassungstärksten Pkw-Modelle in jeder Klasse.

Aus der KBA-Statistik ergibt sich die Aufteilung der Pkw-Zulassungen mit Benzin und Dieselantrieb insgesamt, nicht aber für die einzelnen Zulassungsklassen. Deshalb wurde die Aufteilung in Benzin- und Diesel innerhalb der Klassen auf Basis von Plausibilitätsüberlegungen vorgenommen. Für die Tankinhalte wird angenommen, dass die Tanks im Durchschnitt halb voll sind. Da die Tanks in der Regel vollständig aufgefüllt werden, aber niemals vollständig leer sind, ist dies eine Untergrenze der tatsächlichen Tankfüllungen. **In der Summe sind in den Tanks von deutschen Pkws daher 11,2 TWh Energie gespeichert.**



Tabelle 3: Zulassungszahlen und Tankinhalte von Pkw

Segment	Zulassungszahl	Tankkapazität in Litern	Anteil Benziner	Tankinhalt Benzin in Mio. Litern	Tankinhalt Diesel in Mio. Litern
Minis	3.109.239	32,7	95%	48,2	2,5
Kleinwagen	8.916.824	44,0	90%	176,6	19,6
Kompaktklasse	12.002.528	51,0	75%	229,5	76,5
Mittelklasse	6.925.175	53,3	50%	92,3	92,3
Obere Mittelklasse	2.031.653	61,0	50%	31,0	31,0
Oberklasse	275.750	79,3	50%	5,5	5,5
SUVs	2.181.473	58,7	35%	22,4	41,6
Geländewagen	2.043.255	65,0	35%	23,2	43,2
Sportwagen	860.861	62,0	85%	26,7	0,0
Vans/Mini-Vans	2.030.937	54,7	45%	25,0	30,5
Großraum-Vans	2.093.798	62,0	35%	22,7	42,2
Utilities	1.702.737	65,0	0%	0,0	55,3
Wohnmobile	450.167	80,7	0%	0,0	18,2
Sonstige	1.179.163	59,2	67%	23,4	11,5
Summe	45.803.560			726,53	469,95
Summe in TWh				6,54	4,65

Quellen: Zulassungszahlen vom Kraftfahrtbundesamt KBA, Tankinhalte: Schätzungen auf Basis der Herstellerangaben der am häufigsten verbreiteten Pkw, Anteil der Benzinfahrzeuge: Schätzungen auf Basis der KBA-Angaben zu am häufigsten verbreiteten Pkw, ETR.



5 Heizöl

Derzeit basiert die **Wärmeversorgung von über 10 Mio. Haushalten** – etwa 26 Prozent aller deutschen Haushalte – auf **Ölheizungen** (AGEB 2018). Dabei sind die 5,6 Mio. Ölheizungen überwiegend in **Ein- und Zweifamilienhäusern im ländlichen Raum** aufgestellt. Da diese Häuser größer sind als die durchschnittlichen Wohnungen, ist der mit Öl beheizte Anteil der Wohnfläche größer als der Anteil der mit Öl beheizten Wohnungen. Ölheizungen werden insbesondere in Regionen eingesetzt, in denen keine Fernwärme- oder Gasnetze liegen. Die Belieferung erfolgt über Tankwagen, was in weniger stark besiedelten Gebieten deutlich günstiger ist als die netzgebundene Belieferung mit Gas.

Der Energieverbrauch der Häuser ist abhängig von der Wohnfläche, dem baulichen Wärmeschutz und von der verwendeten Heizung: In einem effizienten Neubau liegt der Primärenergiebedarf bei nur 35,5 kWh pro Quadratmeter und Jahr. Bei Nutzung der effizienten Öl-Brennwerttechnik und Solarthermie liegt der jährliche Ölbedarf pro Quadratmeter bei 2 Litern, sodass für eine Wohnfläche von 200 Quadratmetern nur 400 Liter pro Jahr notwendig sind. Sofern in dem Haus ein kleiner Tank mit einem Füllungsvolumen von 1.000 Litern (entspricht 1 m³) installiert wird, reicht der gefüllte Tank für 2 ½ Jahre. Tatsächlich finden sich die wenigsten Ölheizungen im Neubau und zumindest beim erstmaligem Einbau von Ölheizung und Öltank war der bauliche Wärmeschutz noch nicht sehr effizient. Deshalb haben die Häuser häufig sehr große Tanks, gegebenenfalls sogar deutlich größer, als nach Modernisierungsmaßnahmen bei der Heizung und im Gebäude notwendig ist.

Der gesamte **Absatz an Heizöl lag im Jahr 2017 bei 18.712 Mio. Litern**. So ergibt sich bei 5,6 Mio. Ölheizungen ein durchschnittlicher Verbrauch je Heizung von 3.340 Litern. Dabei liegt der Verbrauch je Haushalt deutlich niedriger, da viele Heizungen mehrere Wohnungen oder auch größere Nichtwohngebäude versorgen. Da die Besitzer von Ölheizungen ihre Tanks in der Regel mit einem Vorrat für etwa zwei Jahre befüllen, ist davon auszugehen, dass die Tanks der Ölheizungen im Durchschnitt mit etwa 3.000 Litern gefüllt sind. Daraus ergibt sich eine in den Tanks gespeicherte Energiemenge von 1064,8 TWh.

Tabelle 4: Vorräte in Heizöltanks

	Zahl der Heizöltanks	Durchschnittliche Füllung je Tank in Litern	Durchschnittliche Füllung aller Tanks in Mio. Litern	Energiegehalt TWh
Verbraucher	5,6 Mio.	3.000	16.800	164,8

Quelle: Brancheninformationen, ETR.



Die große gespeicherte Energiemenge garantiert über lange Zeiträume die Möglichkeit zu heizen. Dies ist selbstverständlich auch eine Anforderung an reine Stromheizungen (zum Beispiel monovalente Strom-Wärmepumpen), da es durchaus längere Phasen gibt, in denen kein erneuerbarer Strom erzeugt wird (Stichwort „kalte Dunkelflaute“). Bräuninger (2015) zeigt, dass ein Umstieg von 3,8 Mio. Öl- und Gasheizungen (dies entspricht 20 Prozent der heute installierten 19 Mio. Öl- und Gasheizungen) auf monovalente Strom-Wärmepumpen bis 2030 eine zusätzliche Stromerzeugungskapazität von etwa 8 GW erforderlich machen würde. Der sich hieraus ergebende **zusätzliche Strombedarf fällt auch in wind- und sonnenschwachen Zeiten** mit einem nur geringen Angebot erneuerbarer Energien an. Insofern erfordert die Umstellung auf Stromheizungen eine höhere gesicherte Leistung, die etwa acht typischen Kohle-Kraftwerksblöcken entspricht. Die zusätzlich benötigten regelbaren Kraftwerke müssten unter hohen Kosten bereitgehalten werden, die auf alle Stromverbraucher umgelegt würden.



6 Schlussfolgerung

In den hier dargestellten verschiedenen **Lagern und Tanks der Mineralölwirtschaft sind 356,1 TWh** Energie gespeichert. Darüber hinaus halten die Haushalte in den **Tanks von Ölheizungen und Pkws Vorräte von rund 176 TWh bereit**. Dabei sind vielfältige Lagerkapazitäten zum Beispiel in Schiffen und in der Industrie nicht erfasst, sodass die Energievorräte in Form von Mineralöllagern noch sehr viel größer sein dürften. Die **Lagerhaltung** und die **Verteilung** zum und vom Lager erfolgt **dezentral** über eine langsam gewachsene, vielfältige und **ausgereifte Infrastruktur**, sodass **Versorgungsengpässe so gut wie ausgeschlossen** sind. Ähnliches gilt auch für die Gasinfrastruktur, die es mit ihren Gasspeichern ermöglicht, weitere 260 TWh Energie auch langfristig zu speichern (Frontier Economics u.a. 2017).

Die Ölbevorratung ermöglicht eine kontinuierliche Versorgung, unabhängig von **Schwankungen von Angebot und Nachfrage**, worauf diese auch immer zurückzuführen sind. Dabei gewährleisten die **Ölvorräte** bei den Unternehmen und privaten Verbrauchern insbesondere im Mobilitätsbereich das **subjektive Bedürfnis nach Versorgungssicherheit, Unabhängigkeit und Flexibilität**. Im Gegensatz dazu ist **Strom kaum speicherbar** und muss im Wesentlichen zu dem Zeitpunkt produziert werden, an dem er verbraucht wird. Dies wird angesichts der immer größer werdenden Schwankungen bei der Stromerzeugung durch erneuerbare Energien und immer größer werdenden Aufgabengebieten immer schwieriger; eine besondere Herausforderung ist das immer anfälliger werdende Stromnetz sowie die Lücken und Engpässe in der Leitungsinfrastruktur. Im Verkehrssektor kommt noch erschwerend hinzu, dass der Aufbau einer Ladeinfrastruktur, die in der Lage ist, große Mengen an Fahrzeugen zu bedienen, in weiter Ferne ist. Da nicht absehbar ist, dass elektrische Speicher in den nächsten Jahren auch nur annähernd zur Lösung des Problems beitragen können, müssen **Back-up Kraftwerke** vorgehalten werden. Diese sind in **jedem Fall teuer**, da die Infrastruktur immer bereitgehalten werden muss, aber nur zum Einsatz kommt, wenn nicht ausreichend erneuerbarer Strom zur Verfügung steht. Sofern Kohlekraftwerke zum Einsatz kommen (im In- oder Ausland), **hat der Strom darüber hinaus eine deutlich schlechtere CO₂-Bilanz** als die Mineralölprodukte, die durch Elektrifizierung ersetzt werden (Bräuninger, Schnaars, Teuber 2017).

Eine mögliche Lösung für die mangelnden Stromspeicher besteht in der Verwendung von erneuerbarem Strom zur Erzeugung von Wasserstoff, der mit CO₂ zu **erneuerbaren flüssigen Energieträgern („E-Fuels“)** umgewandelt wird. Dies ermöglicht die weitere Nutzung von flüssigen Energieträgern in Bereichen, in denen diese nicht ersetzt werden können. Erneuerbar hergestellte flüssige Energieträger ermöglichen aber auch die weitere **Speicherung von großen Energiemengen** und eröffnen die Möglichkeit, die **bestehende Infrastruktur weiter nutzen zu können**.



Auch wenn die Kosten für die Erzeugung der **erneuerbaren flüssigen Energieträger** noch relativ hoch sind, kann dies ökonomisch sinnvoll sein, da die **Investitionskosten** reduziert werden und die **Versorgungssicherheit** verbessert wird.



Anhang

Tabelle 5: Verbrauch von Benzin, Diesel und Strom in kWh für verschiedene Pkw-Modelle

Benzin	Diesel	Strom
Mercedes B 220 4MATIC 7G-DCT Verbrauch 59,4 kWh/100 km	Mercedes B 220 d 7G-DCT Verbrauch 40,18 kWh/100 km	Mercedes B 250 E Verbrauch 16,6 kWh/100 km
VW Golf 1.2 BMT Comfortline DSG Verbrauch 44,1 kWh/100 km	VW Golf 1.6 TDI BMT Comfortline DSG Verbrauch 38,22 kWh/100 km	VW e-Golf Verbrauch 12,7 kWh/100 km
Renault Clio ENERGY Tce 90 Experience Verbrauch 42,3 kWh/100 km	Renault Clio ENERGY dCi 90 Experience EDC Verbrauch 34,3 kWh/100 km	ZOE Z.E. Life Verbrauch 13,3 kWh/100 km
Ford Focus 1.5 EcoBoost Start/Stopp Verbrauch 54,9 kWh/100 km	Ford Focus 2.0 TDCI Start/Stopp Verbrauch 43,12 kWh/100 km	Ford Focus Electric Verbrauch 15,4 kWh/100 km

Quellen: ADAC; ETR.



Literatur

- AGEB (2018): Energieverbrauch in Deutschland <https://ag-energiebilanzen.de/2-0-Daten-und-Fakten.html>
- ADAC (2018): EcoTest, <https://www.adac.de/infotestrat/tests/eco-test/>
- Awgustow, A. Kuchling, T., Wollmerstädt, H. (2017): Herstellung THG-reduzierter flüssiger Kraft- und Brennstoffe, Freiberg.
- BMVI (2015): Verkehr in Zahlen 2015/2016, 44. Jahrgang, Berlin, Hamburg.
- BMWi (2017): Dossier: Mineralöl und Kraftstoffe. Rohstoff für Verkehr und Transport, Internetquelle: <http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/konventionelle-energetraeger.html> (Abgerufen am 08.02.2018)
- Bräuninger, M.; Schnaars, P.; Teuber, M.-O. (2017): Die Auswirkungen der Elektromobilität auf den Strommarkt und die CO₂-Bilanz, Wirtschaftsdienst 97(10), 752 -754.
- Bräuninger, M. (2015): Der Einfluss monovalenter Strom- Wärmepumpen auf den Bedarf an gesicherter Kraftwerksleistung, Gutachten für das Institut für Wärme und Oeltechnik e. V. (IWO), ETR Results/Ergebnisse Nr. 5.
- Bundeskartellamt (2011): Sektoruntersuchung Kraftstoffe, Bonn.
- dena (2017): Gebäudestudie: Szenarien für eine marktwirtschaftliche Klima- und Ressourcenschutzpolitik 2050 im Gebäudesektor, Eine Studie der dena, der geea und weiterer Verbände aus dem Bereich Gebäudeenergieeffizienz, Berlin.
- Deutsche Bahn (2017): Integrierter Bericht 2016, Berlin.
- Deutsche Post DHL Group (2017): Das Ganze sehen. Bericht zur Unternehmensverantwortung 2016, Bonn.
- Frontier Economics, IAEW, 4 Management und EMCEL (2017): Der Wert der Gasinfrastruktur für die Energiewende in Deutschland. Eine Studie im Auftrag der Vereinigung der Fernleitungsbetreiber (FNB Gas e.V.), Köln.
- Nationale Plattform Elektromobilität (2018): <http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/themen/ladeinfrastruktur/> abgerufen 12.02.2018
- Prognos (2017): Status und Perspektiven flüssiger Energieträger in der Energiewende, Korrigierte Zusammenfassung Phase I, Berlin.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (2010). Sondergutachten: Wege zur 100 % erneuerbaren Stromversorgung Sondergutachten, Bonn.



Braun, F. (2013): Pumpspeicherkraftwerke, in: Steinhorst, M. P. u.a. (2013): Speichertechnologien im Kontext der Produktion elektrischen Stroms aus regenerativen Quellen: Technologien – Kosten - Potentiale, Hohenheim.

VDMA (2016): Roadmap Batterie-Produktionsmittel 2030, Update, Frankfurt a.M.

Wissenschaftliche Dienst des Deutschen Bundestages (2017): Entwicklung der Stromspeicherkapazitäten in Deutschland von 2010 bis 2016, Sachstand WD 8 - 3000 - 083/16, Berlin.

Zentrum für Energieforschung Stuttgart (2012): Stromspeicherpotentiale für Deutschland, Stuttgart.