

CO₂-Einsparung versus individuelle Freiheit der Fortbewegung?

Das Dilemma wird immer offensichtlicher: Das Erdöl wird knapper, die Kraftstoffpreise steigen, die Umwelt erwärmt sich langfristig. Alle würden gern elektrisch fahren, um die Umwelt zu entlasten, aber es darf nicht unangenehmer und teurer sein als bisher. Elektromobile sind nicht nur teuer, sondern im Winter kalt und im Sommer warm, oder sie fahren – auf bisherigem Komfortniveau – kaum 100 km weit [1]. Elektrisch fahren erhöht so die CO₂-Emissionen noch auf lange Zeit [2]. Eine Nachladung der Batterie erfordert einen Kraftstromanschluss oder dauert acht Stunden lang [3]. Batterien sind nicht nur schwer, sie wollen verwöhnt werden, im Winter gewärmt, im Sommer klimatisiert, sonst lassen sie schnell in ihrer Leistung nach [4]. Gibt es EINE Lösung für den Erhalt unserer gewohnten individuellen Freiheit der komfortablen motorisierten Fortbewegung? Nein, es gibt sicherlich mehrere. Eine mögliche Teillösung ist die Kraft-Wärme-Kopplung im motorisierten Individualverkehr.

1. Einleitung

Die wohl effizienteste Form der Energieanwendung ist die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Zunächst wird der Energieinhalt eines beliebigen Brennstoffes genutzt, um möglichst viel der besonders wertvollen Exergie zu produzieren – die universelle elektrische oder direkt mechanische Energie. Die dabei anfallende Wärmeenergie wird nicht als (Ab-)Wärme vernichtet, indem sie an die Umwelt abgeführt wird, sondern

vielmehr nutzbringend eingesetzt (siehe **Bild 1**). Aus diesem Grund besteht die aktuelle Aufgabe darin, die stationäre KWK bundesweit bis zum Jahr 2020 auf 25 % zu verdoppeln [5], beispielsweise durch den Einsatz von Mini-Blockheizkraftwerken.

Der verbrennungsmotorische Kraftfahrzeugantrieb ist eine unvollkommene KWK-Form. Die anfallende (Ab-)Wärme kann bisher nur im Winter und zur Beheizung des Verkehrsmittels selbst genutzt werden. Deshalb gibt es vermehrt

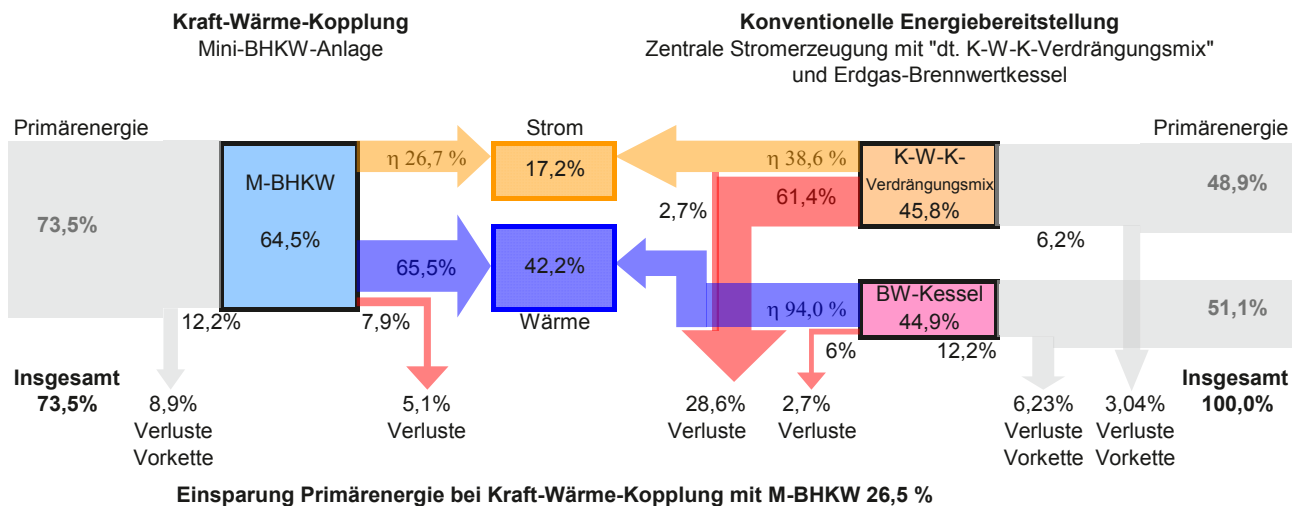


Bild 1: Vergleich von gekoppelter (links) und getrennter (rechts) Erzeugung von Strom und Wärme nach Angaben aus [6] für das Jahr 2005. (Quelle: T7)

Bestrebungen zur ganzjährigen Nutzung der (Ab-)Wärme, so beispielsweise mit thermoelektrischen Generatoren. Sie sollen aus zehn kW (Ab-)Gas-(Ab-)Wärme das elektrische Bordnetz mit ca. 200 W elektrischer Leistung unterstützen und mindestens elf kg weiteres Fahrzeuggewicht generieren [7]. Wärmebetriebene Kühlaggregate sollen helfen, die (Ab-)Wärme auch im Sommer zu nutzen, um Grundlastkälte zur Verfügung zu stellen [8]. Beiden Verfahren eigen ist, dass die genutzte Antriebswärme, und im Falle von Klimaanlage zusätzlich die aus der Zuluft entzogene Wärme, letzten Endes über das Fahrzeugkühlsystem an die Umwelt abzuführen ist.

Da es sich um (Ab-)Wärme handelt, war es bisher nicht erforderlich, die Beheizung der Fahrzeugkabine in irgendeiner Form zu optimieren. Weder eine besondere Wärmedämmung der Scheiben noch der Blechhülle sind gebräuchlich. Völlig unüblich ist noch immer eine Wärmerückgewinnung aus der (Ab-)Luft [9]. In der Folge ist heute auch ein besonders hoher energetischer Aufwand für die Kabinenkühlung erforderlich [10], die in den vergangenen 20 Jahren von einer Option zur Notwendigkeit wurde. Beim Übergang zu verbrauchsoptimierten Antriebskonzepten – vom Mildhybrid- über das Batteriefahrzeug mit Range-Extender bis hin zum reinen Elektrofahrzeug – sinkt das (Ab-)Wärmedargebot dramatisch. Brennstoffbetriebene und elektrische Heizgeräte sind die Lösung erster Wahl [11]. Brennstoffheizungen stellen ganz offensichtlich einen Anachronismus zum angestrebten Umweltschutzziel „zero emission“ dar. Die Verwendung von Exergie zu Heiz- und Kli-

matisierungszwecken verschlechtert die CO₂-Bilanz des (Elektro-)Fahrzeugs noch gravierender. Aus dem gleichen Grund wurden im Wohnungsbau Elektro(speicher)heizungen abgelöst [12]. Im Elektrofahrzeug sollten sie vernünftigerweise a priori nicht eingeführt werden.

Man erkennt zusehends, dass das (Elektro-)Mobil neu erfunden werden muss, um in Zukunft nachhaltig unterwegs zu sein [13]. Denn es ist nicht mehr möglich, wie bisher weiter mit immer neuen technischen Mitteln die bestehenden Aufgaben zu lösen. Dies würde zu einer schier endlosen Ansammlung von technischen Teilkomponenten im Fahrzeug führen, die Komplexität würde immer höher [14], ebenso die Fehlerhäufigkeit, die Serviceunfreundlichkeit, schließlich auch das Fahrzeuggewicht und nicht zuletzt der Preis einer solchen Fortbewegungslösung. Nach dem Entwicklungsprinzip des Übergangs von hochgradiger Quantität in eine neue Qualität stehen wir offenbar aktuell vor einem Entwicklungssprung im motorisierten Individualverkehr. Hierfür ist allerdings von allen Beteiligten ein Paradigmenwechsel zu vollziehen [15]. Gesucht sind Fahrzeugkonzepte, die aus volkswirtschaftlicher Sicht energetisch effizienter, damit umweltfreundlicher, einfacher, servicefreundlicher, leichter und daher preiswerter sind, ohne die Mobilität einzuschränken und es ganzjährig an sinnvollem Komfort mangeln zu lassen.

Ein altbekannter Lösungsansatz kann hierzu einen bedeutenden Beitrag leisten und soll deshalb an dieser Stelle in Erinnerung gebracht und vertieft werden – die Kraft-Wärme-Kopplung im motorisierten Individualverkehr [16], [17].

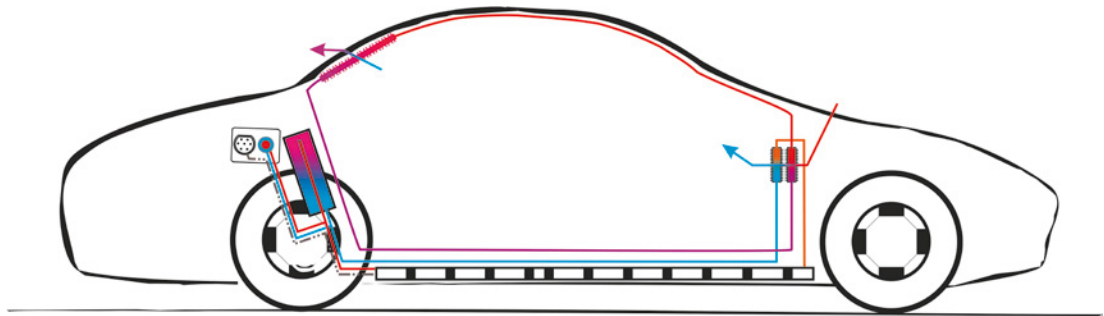


Bild 2: Elektromobil mit Wärmespeicher, Wärmerückgewinnung aus der Kabinenfortluft und bidirektionaler Hybridkupplung für Wärme/Kälte, Strom und Kommunikation. (Quelle: 7f)

2. KWK im motorisierten Individualverkehr

Zunächst ist zweifellos die erforderliche Energie zu minimieren. Die Schritte zur Reduzierung der benötigten Fortbewegungsenergie sind bekannt: Gewichtsreduktion, minimaler Roll- und Luftwiderstand, Down-Sizing etc. Gewichtsreduktion ergibt sich bei Leichtbau und sinnvollem Verzicht – beispielsweise benötigen Elektromotoren eigentlich keine Getriebe [18].

Der Wärme- und Kältebedarf für die Klimatisierung der Fahrzeugkabine kann – wie im modernen Hausbau auch – durch Wärmedämmung, Wärmerückgewinnung, Luftschleier, Verschattung, Strahlungsreflexion außen, Strahlungsheizung bzw. -kühlung innen und durch eine in der Folge mögliche Reduzierung der Temperaturdifferenzen minimiert werden [9]. Nur sollte dies nicht zu einem gewichtsbedingten Mehrverbrauch führen. Intelligente einfache und kompakte Lösungen möglichst ohne einen Fremdenergiebedarf und selbstregelnd sind hier gefragt. Diese sind grundsätzlich vorhanden und müssen jetzt an die mobile Anwendung adaptiert werden.

Die dann noch für die Fortbewegung erforderliche mechanische (Rest-)Energie muss möglichst effizient und umweltfreundlich gewonnen werden. Wind-, Wasser- oder Solarstrom und moderne Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerke (GuD-Kraftwerke) erfüllen diese Anforderung für Elektrofahrzeuge. Das durch niedrige Speicherdichten heutiger Akkus bedingte Problem beschränkter Reichweiten könnte mit einer effizienten Zusatzerzeugung on-board gelindert werden, nur sollte deren (Ab-)Wärme gleichzeitig nutzbar sein. Dies ist – wie bei herkömmlichen Konzepten auch – nur im Winter möglich. Kleine Stromerzeuger sind zudem im Wirkungs-

grad bedeutend schlechter als moderne Großkraftwerke. Mögen sie noch so klein sein, sie erzeugen dennoch Mehrgewicht, Lärm und Abgase und sind dem angestrebten Ziel konträr. Eine Schnellladung oder ein Tausch der Akkus unterwegs [19] wären auch unter diesen Gesichtspunkten wohl die bessere Lösung.

Es bleibt nun, auch die für die Klimatisierung der Fahrzeugkabine erforderliche (Rest-)Energie effizient bereitzustellen. Hierzu wird eine über das Kraftfahrzeug hinausgehende Bilanzbetrachtung erforderlich. Thermische Solarenergie und die bei der fossilen Elektroenergieerzeugung und anderen Prozessen entstehende (Ab-)Wärme sind für die Heizung des Kraftfahrzeugs im Winter prädestiniert. Sie kann in Städten über (Fern-)Wärmeanschlüsse von zentralen Erzeugern oder in Siedlungen über (Nah-)Wärmeanschlüsse auch von dezentralen Erzeugern übernommen werden, bis hin zum Einfamilienhaus mit einem eigenen (Mikro-)Blockheizkraftwerk. Im (Elektro-)Mobil würde es erforderlich sein, einen vergleichsweise preiswerten Wärmespeicher zu installieren, der in der Lage ist, die für den jeweils avisierten Reiseweg benötigte geringe (Rest-)Wärmemenge aufzunehmen. Über eine (Wärme-)Steckdose [20] kann die Wärme in flüssiger Form in kürzester Zeit zu Hause oder zentral an (Wärme-)Tankstellen übernommen werden (siehe **Bild 2**).

Spinnt man den Faden weiter, so ist es nahe liegend, das (Elektro-)Mobil nicht nur als elektrische, sondern auch als thermische Plug-in-Lösung zu nutzen. Das entsprechend ausgerüstete Fahrzeug kann Elektroenergie in Niedertarifzeiten speichern und in Hochtarifzeiten wieder ins **smarte** Elektronetz zurückspeisen. Zeitweise im „Überfluss“ anfallende Wärme kann im besonders effizient gedämmten Fahrzeugwärmespeicher zwischengeparkt und bei Bedarf im Smart

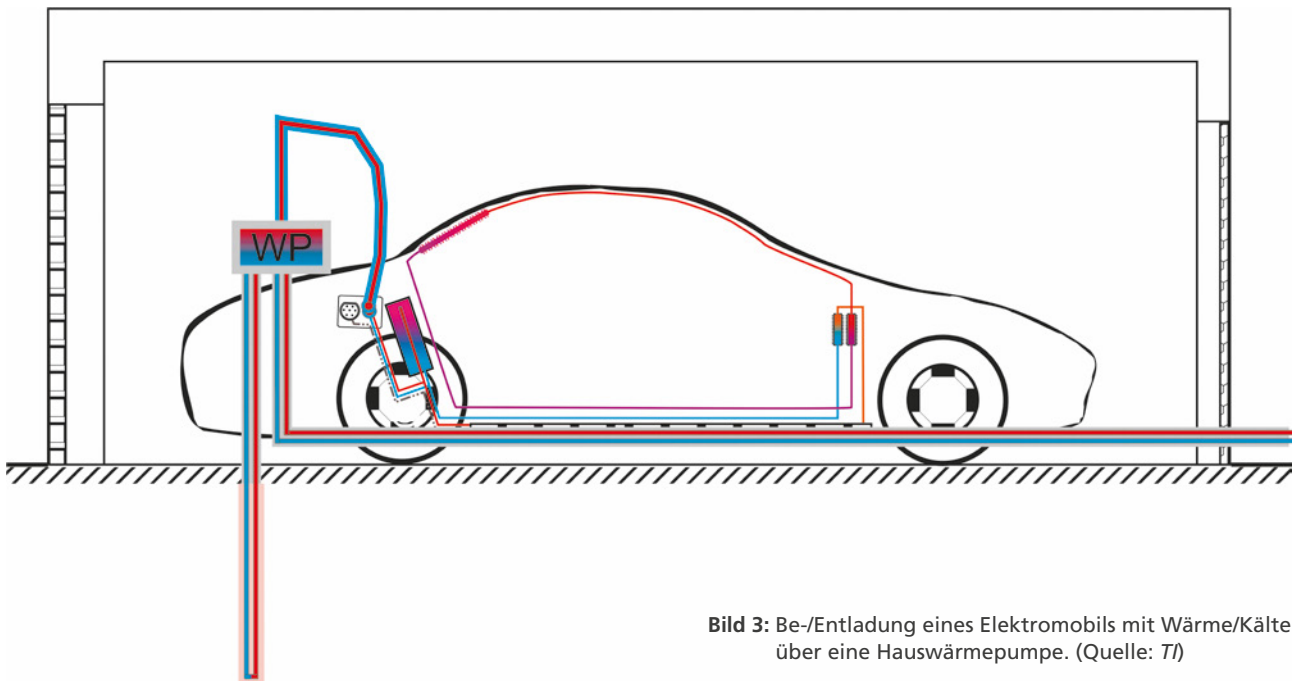


Bild 3: Be-/Entladung eines Elektromobils mit Wärme/Kälte über eine Hauswärmepumpe. (Quelle: T)

Home genutzt werden. Tagsüber bietet sich dazu die anfallende Solarenergie an, die über Kombisolarmodule in Form von Elektroenergie und Wärme gemeinsam nutzbar gemacht und im abgestellten Fahrzeug bis zur späteren Anwendung, ob zu Hause oder unterwegs aufbewahrt werden kann.

Ebenso kann ein solcher Fahrzeug(wärme)speicher nicht nur ein erwärmtes, sondern für die Klimatisierung auch ein extern gekühltes Wärmeträgermedium aufnehmen. Als effiziente Kältequelle eignet sich besonders eine Wärmepumpe, in Deutschland bereits eine beliebte Form der Heizwärmebereitstellung. Mit rund 55.000 neu installierten Anlagen im Jahr 2009, ca. 8,6 % des deutschen Wärmeerzeugermarktes, stieg der Gesamtbestand auf über 330.000 [21]. Laut aktuellen Studien soll deren Anzahl in Europa bis zum Jahr 2050 auf 100 Millionen ansteigen [22], sodass dann fast jeder zweite Haushalt über eine Wärmepumpe verfügt. Mit der erzeugten Kälte kann in einem mechanischen oder thermischen Transformationsprozess beispielsweise warmes Wasser bereitgestellt werden [23] (siehe **Bild 3**).

Das sich während der Fahrt bei der Klimatisierung der Kabinen(zu)luft erwärmende Wärmeträgermedium kann anschließend mit der (Ab-)Wärme der Batterie und der Elektromotoren des smarten (Elektro-)Mobils weiter aufgewärmt und im fahrzeugeigenen (Wärme-)Speicher für eine spätere, auch eine externe Nutzung ein-

gelagert werden. Eine bei der Fortbewegung mögliche Vermischung und ein schneller Temperatureausgleich zwischen warmem und gekühltem Wärmeträgermedium sind über gesonderte Einrichtungen im Speicherinneren zu verhindern [24].

Ist diese effiziente Lösung nun ein Abgang auf den scheinbar so ineffizienten Verbrennungsmotor im Kraftfahrzeug? Keineswegs. Verbrennungsmotoren werden noch auf lange Zeit ihren festen Platz im Automobil haben. So sind beispielsweise (saubere) Dieselmotoren mit einem Wirkungsgrad um 40 % vergleichsweise effizient, zumal sie mit Biodiesel bereits heute mit geringem CO₂-Äquivalent betrieben werden können [25]. Für Ottomotoren und Brennstoffzellen gilt gleiches mit Bioalkohol oder mit Wasserstoff. Es spricht für das Konzept einer Kraft-Wärme-(Kälte-)Kopplung im Verkehr, dass mit einem fahrzeuginternen Wärmespeicher auch die anfallende (Ab-)Wärme eines Verbrennungsmotors oder einer Brennstoffzelle, ob vorerst fossil oder später CO₂-neutral betrieben, für externe Zwecke nutzbar gemacht werden kann. Die anfallende Überschusswärme kann für die Erwärmung des Antriebs und im Winter auch der gedämmten Kabine vor dem nächsten Start aufgespart [26] oder im Winter im Stopp-Start-Betrieb Komfort erhöhend eingesetzt werden. Über zentrale (Wärme-)Tankstellen kann diese Wärme aber auch zum Beispiel an Elektrofahrzeuge entgeltlich weitergegeben (siehe **Bild 4**)

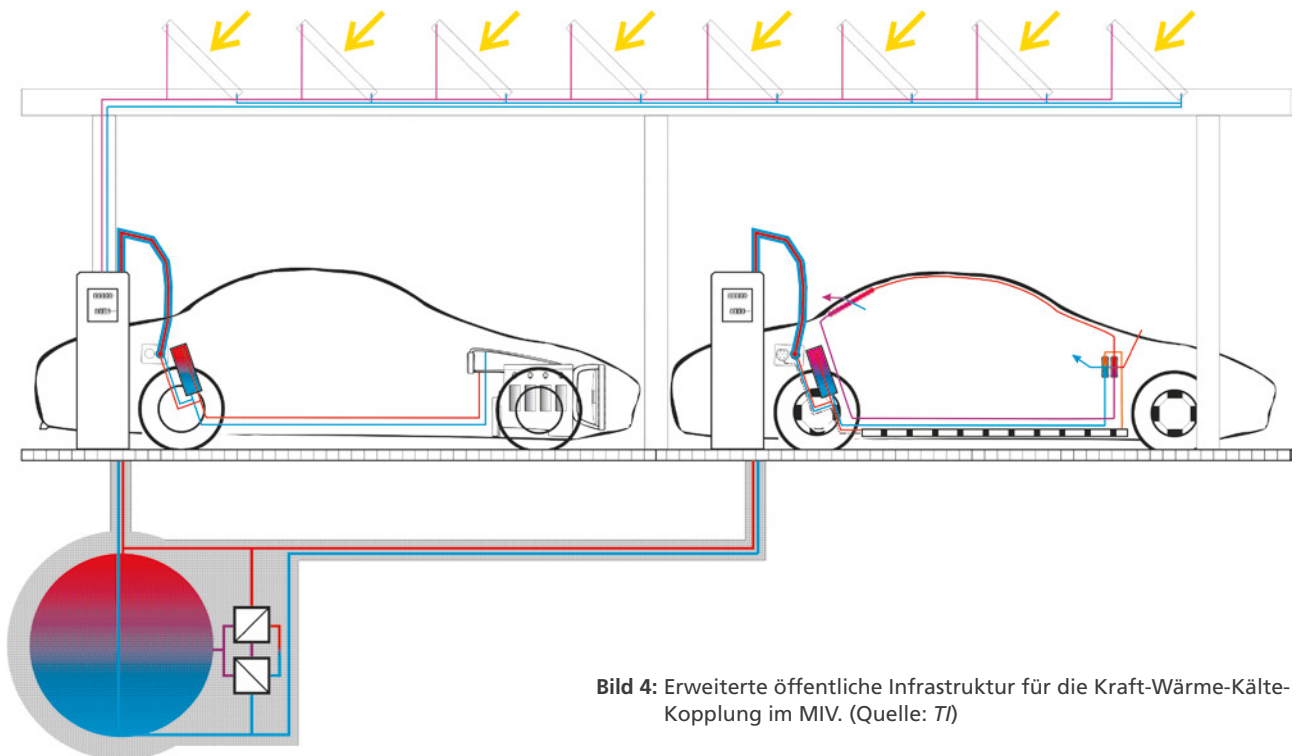


Bild 4: Erweiterte öffentliche Infrastruktur für die Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung im MIV. (Quelle: T7)

oder dezentral zu Hause für die Warmwasserbereitung und Heizung kostensenkend genutzt werden (siehe **Bild 5**). Man kann also im übertragenen Sinne von einer „Solaranlage im Kofferraum“ sprechen.

3. Fazit

So schließt sich der Kreis einer quasi flächendeckenden KWK, die praktisch für alle derzeit vorhandenen und zukünftig denkbaren For-

men von Fahrzeugantrieben nutzbar ist. Im Ergebnis sind Energie- und CO₂-Einsparungen von bis zu 40 % der erforderlichen (Rest-)Energie möglich. Es würde überflüssig, in jedem Fahrzeug autonome Heiz- und Kälteaggregate zu installieren und millionenfach über Milliarden von Kilometern nur saisonal genutzt zu transportieren und mit schlechtem Wirkungsgrad zu betreiben. Diese würden durch ein neues, zentrales und universelles Element im Thermomanagementsystem des Fahrzeugs zumindest ergänzt bzw. ersetzt werden – den opti-

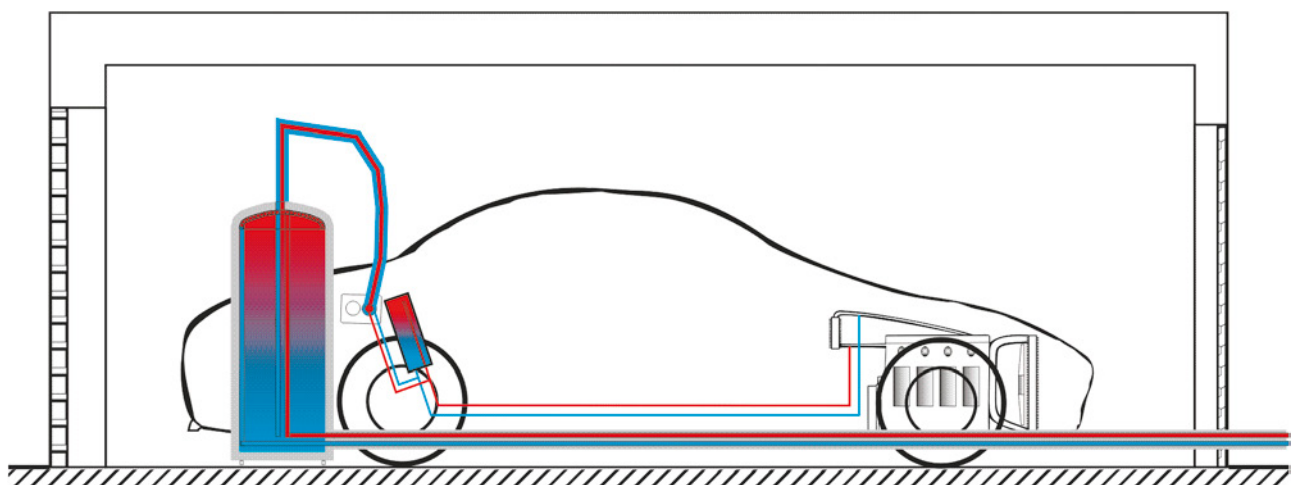


Bild 5: Dezentrale Ent-/Beladung des Wärmespeichers eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor mit einem stationären Hauswärmespeicher. (Quelle: T7)

mal gedämmten (Wärme-)Speicher. Ein weiteres Schlüsselement für den Erfolg der Kraft-Wärme-(Kälte-)Kopplung im täglichen Leben ist die, gegebenenfalls mit der elektrischen Steckdose zu kombinierende, notwendigerweise ebenfalls zu standardisierende Thermokopplung [20].

Und nicht zuletzt würden die heutigen zentral und verkehrstechnisch günstig gelegenen Tankstellen schrittweise einer neuen Bedeutung zugeführt werden, die sie früher oder später durch tausendfache, dezentrale Elektroladestationen zunehmend verloren hätten – der umweltfreundlichen zentralen Wärme- und Kälte-distribution. Ergänzt um sinnvolle Elemente, wie beispielsweise verbrennungsmotorisch oder thermisch angetriebene Wärmepumpen, kann hier aus der aufgekauften (Ab-)Wärme von verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen zentral Kälte für die Klimatisierung von Elektrofahrzeugen produziert werden, und dies in stationärem Betrieb mit Anlagen hohen Wirkungsgrads.

Solaranlagen auf dem Dach ergänzen das Wärmeangebot. In örtlicher Nähe befindliche Wärmesenken und Wärmequellen erweitern den Bilanzkreis vorteilhaft. Gut gedämmte Wärmespeicher halten die (Ab-)Wärme über lange Zeit auf hohem Temperaturniveau vor. Erdsonden sparen die winterliche Kälte für die Klimatisierung im Sommer auf (siehe **Bild 4**). Diese Techniken sind bekannt, erprobt [27], marktreif und werden damit auch für eine umweltfreundliche Mobilität nutzbar.

Und welche volkswirtschaftlichen Auswirkungen hat diese KWK für den Verkehrsbe-reich? Das Ziel der Umweltentlastung durch eine 40%ige CO₂-Reduzierung [28] wird auch in diesem Bereich realistischer erreichbar als mit (Elektro-)Mobilen, betrieben aus dem jeweiligen Kraftwerks-Mix und beheizt oder gekühlt mit Elektroenergie. Dieses KWK-System ist flächen-deckend einsetzbar. Es ist für alle Fahrzeugkonzepte anwendbar, unter Einschränkungen auch durch Nachrüstung in den bereits existenten Verkehrsmitteln. Es lässt die Fahrzeuge grundsätzlich einfacher und – was noch nachzuweisen ist – auch leichter werden.

Die deutsche Automobilindustrie kann dieses Konzept weltweit exportieren, sodass durch die einfacheren, leichteren und preiswerteren Fahrzeuge weder Umsatzeinbußen noch Arbeitsplatzabbau zu befürchten sind. Verbrennungsmotorisch betriebene Fahrzeuge werden mit

AUTOREN VITA

Dr.-Ing. Frank Triesch

- 1978–1983 Studium der Energie- und Verfahrenstechnik, Erdöl-Erdgas-Institut „I. M. Gubkin“, Moskau
- 1983–1993 Energie-/Verfahrenstechniker in der Gasindustrie
- Seit 1993 Selbstständig auf dem Gebiet der Entwicklung innovativer wärmetechnischer Anlagen und Verfahren, Konzept-Planung, Beratung, Computersimulation
- Seit 2004 Geschäftsführender Gesellschafter Konzeption/ Lieferung von Fernwärmekomplettstationen, Frischwassermodulen Waleo, airtainern zur großtechnischen Luftkonditionierung, deutsche/ internationale Patente, Gebrauchsmuster, Marken

Kontakt

Thermo Integral GmbH & Co. KG
Gutsparkstraße 5–9
04328 Leipzig
Tel.: +49 341 252 2762
E-Mail: triesch@gmx.de
www.thermointegral.de

ihrem größeren Wärmedargebot ihren Teil zum Gelingen des Konzeptes beitragen. Und die Zulieferindustrie kann ihr Know-how im Klima- und Tankanlagenbau in die Großserienfertigung kompakter, effizienter, preiswerter, stationärer, zentraler und dezentraler Wärmepumpenstationen und Wärme-/Kälte-distributionspunkte einbringen.

4. Nachwort

Die Idee der KWK im Verkehr reicht bis in die Zeit der Ölkrisen in den 1970er-Jahren zurück. Wesentliche Vorarbeiten für ein nachhaltiges Thermomanagement im Elektrofahrzeug sind 30 Jahre alt. Die vorliegende Arbeit entstand in den Jahren 2010–2011 und wurde für diese Veröffentlichung bewusst nicht aktualisiert.

Ergänzend ist auf themenbezogene Veröffentlichungen in der GI – Gebäudetechnik in Wissenschaft & Praxis hinzuweisen, unter anderem zu den Möglichkeiten der Verbesserung der Behaglichkeit durch die (Wärme-)Rückgewinnung aus der Pkw-Kabinenfortluft [29] und zu den Erfahrungen der Umrüstung eines konventionellen Pkw zum Kraft-Wärme-Fahrzeug [30].

Bisher harren diese Konzepte einer Umsetzung in der Serie. Der aktuelle Trend, mit Primärenergie aus der Fahrbatterie die Klimatisierung des Elektrofahrzeugs auf altherkömmliche Art zu gewährleisten, hat diesem erkennbar noch nicht zu einem breiten Durchbruch verholfen.

Es ist vielmehr ein guter Kompromiss zwischen Batteriegröße und -gewicht, Ladeströmen und einem zeitgemäßen Thermomanagement erforderlich, um Elektrofahrzeuge und zweifellos auch konventionell angetriebene, zunehmend teilelektrifizierte Hybridfahrzeuge komfortabler und erfolgreicher zu machen.

Es bleibt zu hoffen, dass die Möglichkeiten und Chancen einer umfänglichen, übergreifenden KWK im Verkehr von den Beteiligten erkannt werden – im Interesse einer nachhaltigen Verkehrswende.

Literatur

- [1] Rudschies, W.: Mit dem Strom schwimmen. ADAC-Motorwelt 3/2010, S. 46-49.
- [2] CO₂-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland – Mögliche Maßnahmen und ihre Minderungspotentiale – Ein Sachstandsbericht des Umweltbundesamtes. 05/2010, www.umweltbundesamt.de/publikationen/co2-emissionsminderung-im-verkehr-in-deutschland (abgerufen am 25.04.2019).
- [3] ADAC: www.adac.de/_ext/itr/tests/Autotest/AT5051_Mitsubishi_i_MiEV/Mitsubishi_i_MiEV.pdf (abgerufen am 25.04.2019).
- [4] Neumeister, D., Wiebelt, A., Heckenberger, Th.: Systemeinbindung einer Lithium-Ionen-Batterie in Hybrid- und Elektroautos. ATZ 112 (2010) Nr. 4, S. 250-255.
- [5] Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz vom 19.03.2002 (BGBl. I S. 1092), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 21.08.2009 (BGBl. I S. 2870) geändert worden ist.
- [6] Innovative KWK-Systeme zur Hausenergieversorgung. IfE 2007.
- [7] Friedrich, H., Schier, M., Häfele, Ch., Weiler, T.: Strom aus Abgasen – Fahrzeuggerechte Entwicklung thermoelektrischer Generatoren. ATZ 112 (2010) Nr. 4, S. 292-299.
- [8] Bouvy, Cl.: Kälte aus Wärme – Adsorptionstechnik für die Klimatisierung im Automobil. ATZ 112 (2010) Nr. 4, S. 236-241.
- [9] Löhle, M., Nonnenmann, M., Schlenz, D.: Heizung und Klimatisierung von Elektrofahrzeugen. 3. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik 15.-17.10.1991, Tagungsband S. 699-728.
- [10] Corradi, R., Ampenberger, R.: Heizen und Kühlen von Fahrzeugen – Heutiger Stand und Entwicklungen für die Zukunft. FfE, www.ffe.de/taetigkeitsfelder/mobilitaet-und-alternative-antriebskonzepte/75-heizen-und-kuehlen-von-fahrzeugen (abgerufen am 15.02.2019).
- [11] Beetz, K., Kohle, U., Eberspach, G.: Heizungskonzepte für Fahrzeuge mit alternativen Antrieben. ATZ 112 (2010) Nr. 4, S. 246-249.
- [12] Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 29.04.2009, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2009 Teil I Nr. 23, ausgegeben zu Bonn am 30.04.2009; § 10a Außerbetriebnahme von elektrischen Speicherheizsystemen.
- [13] Friedrich, H.: Wir brauchen sehr viel Strom und neue Fahrzeugkonzepte. Interview in: ATZelektronik 03/2009 Jahrgang 4, S. 22-23.
- [14] Edwards, S.: Kühlung für elektrische Fahrzeuge mit erhöhter Reichweite. Behr – Technischer Pressetag 2009, S. 10-13.
- [15] Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland: Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung, August 2009, www.bmu.de/download/nationaler-entwicklungsplan-elektromobilitaet-der-bundesregierung/ (abgerufen am 15.02.2019).
- [16] DE 26 35 632 A1 Verfahren zur Nutzung der Abwärme von Verbrennungsmotoren 07.08.1976.
- [17] DE 29 30 269 A1 Wärmenutzungsanlage von Kraftfahrzeugabwärme für Häuser und Wohnungen. 26.07.1979.
- [18] Wallentowitz, H., Bady, R., Renner, C.: ‚Fahrwiderstände‘ für das Elektroauto – können wir sie überwinden? Haus der Technik: Elektrofahrzeuge, München, 17.10.1995. www.ika.rwth-aachen.de/de/forschung/publikationen/vortraege-und-artikel/bereich-antrieb/152-publications/articles-and-presentations/drivetrain-department/1691-fahrwiderstaende-fuer-das-elektroauto-koennen-wir-sie-ueberwinden.html (abgerufen am 15.02.2019).
- [19] Gohla-Neudecker, B., Roth, H., Wagner, U.: Nachhaltige Mobilität: Anwendungsscharfe Bereitstellung von erneuerbarer Energie für Elektroautos. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 60, 2010, S. 81-86.
- [20] Wallentowitz, H., Dittmann, R., Weber, J., Oesterling, W.: Entwicklung eines Koppelsystems zur Übertragung elektrischer und thermischer Energie zwischen Kraftfahrzeug und stationärer Energieversorgung. Wärmemanagement des Kraftfahrzeugs: Entwicklungsmethoden und Bauteile der Kfz- und Nfz-Wärmetechnik / Norbert Deußen (Hrsg.) – Renningen-Malmsheim: expert-Verl., 1998, S. 266-282.
- [21] Branchenstatistik 2009: Bundesverband Wärmepumpe präsentiert Absatzzahlen, www.waermepumpe.de/presse/news/details/branchenstatistik-2009-bundesverband-waermepumpe-praesentiert-aktuelle-absatzzahlen/#content (abgerufen am 15.02.2019).
- [22] Roadmap 2050. Europe Climate Foundation. www.roadmap2050.eu/attachments/files/Volume1_ExecutiveSummary.pdf (abgerufen am 15.02.2019).
- [23] König A., Pott, E.: Konzeptüberlegungen zum Energieverbund zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur. 3. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und

Motorentechnik 15.-17.10.1991, Tagungsband S. 729-746.

- [24] Hofmann, P.: Entwicklung eines Kühlmittel-Wärmespeichers für Kraftfahrzeuge und Untersuchung der Auswirkung auf das motorische Betriebsverhalten und den Komfort. Fortschrittberichte VDI-Reihe 12 Nr. 287, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1996.
- [25] CO₂-neutrale Wege zukünftiger Mobilität durch Biokraftstoffe: Eine Bestandsaufnahme. FVV Frankfurt am Main, Vorhaben Nr. 814, FVV-Heft 789, 2004.
- [26] Woschni, G., Stein, M., Spindler, W.: Nutzung gespeicherter Wärme in der Start- und Warmlaufphase bei Fahrzeugmotoren. MTZ 56 (1995) 6, S. 364-369.

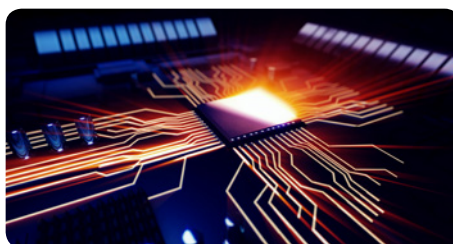
[27] Gronegger, I.: Sonnenwärme konservieren. energy 2.0, Oktober 2008, S. 49-51.

- [28] Bundesregierung (2007): „Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm“. Beschluss der Bundesregierung auf der Klausurtagung in Meseberg.
- [29] Triesch, F.: Möglichkeiten der Verbesserung der Behaglichkeit in Pkw-Kabinen, GI – Gebäudetechnik in Wissenschaft & Praxis 135, Heft 1/2014, S. 14-26, ITM InnoTech Medien GmbH, Augsburg.
- [30] Triesch, F.: Kraft-Wärme-Kopplung einmal anders. GI – Gebäudetechnik in Wissenschaft & Praxis 140, Heft 5/2019 (Erscheinungstermin: 23.10.2019), ITM InnoTech Medien GmbH, Augsburg.

Internationale Experten für mechatronische Aufgaben

PG 3ENGINEERING SERVICES
ELECTRONICS • E-MOBILITY • EFFICIENCY

provided by **PGUB** Management Consultants GmbH



Hagenauer Str. 47, 65203 Wiesbaden

engineering@pgub-consult.de