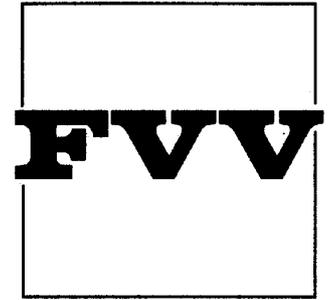


Forschungsvereinigung
verbrennungskraftmaschinen e.V.



Heft 654 · 1997

Frankfurt am Main

Akzeptanz Energieverbund

BMBF Vorhaben Nr. NT 21037

Inhalt

1 Einleitung.....	4
2 Effekte einer Fahrzeugvorwärmung.....	7
3 Betrachtung der Möglichkeiten der Fahrzeugvorwärmung.....	10
3.1 Externe angeschlossene elektrische Blockheizker.....	10
3.2 Standheizungen und Brennstoffzuheizer.....	11
3.3 Elektrische Kühlmittelheizungen oder Luftheizgeräte.....	11
3.4 Latentwärmespeicher.....	12
4 Systemauslegung und Infrastruktur.....	13
4.1 Betrachtung der infrastrukturell zur Verfügung stehenden Energiequellen.....	13
4.1.1 Energie aus dem Stromnetz.....	13
4.1.2 Fernwärme aus Blockheizkraftwerken.....	13
4.1.3 Konventionelle Hausheizung.....	13
4.1.4 Solarenergie und andere regenerative Energiequellen.....	14
4.2 Nutzungskonzepte für einzelne Betreibergruppen.....	14
4.2.1 Private Doppelgarage.....	14
4.2.2 Großer Flottenbetreiber.....	15
4.2.3 Kleiner Flottenbetreiber oder Tiefgarage.....	16
4.2.4 Feuerwehren und andere Einsatzfahrzeuge.....	17
5 Nutzbarkeitsanalyse bei verschiedenen Fahrzeugkonzepten.....	19
5.1 Für alle Fahrzeuge geltende Aspekte.....	19
5.2 Ottomotorisch getriebene Fahrzeuge.....	19
5.3 Dieselgetriebene Fahrzeuge.....	20
5.4 Elektrofahrzeuge.....	20

5.5 Hybridfahrzeuge.....	21
5.6 Brennstoffzellenfahrzeuge	21
5.7 Beispiele für alternative Antriebs- und Fahrzeugnutzungskonzepte	21
5.7.1 Beispiel Antriebsstrang mit Stand- und Schubabschaltung	22
5.7.2 Beispiel Car-Sharing Konzept	22
6 Akzeptanzuntersuchungen	24
6.1 Umfrageergebnisse	24
6.1.1 Fragebogen und Auswertung	24
6.1.2 Befragtenstruktur	25
6.1.3 Akzeptanz	28
6.1.4 Deskriptive Statistik.....	31
6.1.5 Selektive Statistik	36
6.1.6 Hannovermesse	39
6.1.7 Kommentare der Befragten.....	42
6.1.8 Kurzfassung der wichtigsten Umfrageergebnisse.....	43
6.2 Flottenbetreiber.....	44
6.3 Marketingabteilung Fahrzeughersteller	46
7 Multikupplungssystem zur Übertragung mehrerer Energieformen	48
7.1 Darstellung des Multikupplungskopfes mit Spindelantrieb.....	48
7.2 Marktübersicht und Patentrecherche	50
8 Demonstrationsanlagen.....	53
8.1 Automatische Dockingstation.....	56
8.1.1 Konzept und Aufbau.....	57
8.1.1.1 Andockposition	57
8.1.1.2 Positionierung.....	59
8.1.1.3 Drehbewegung des Portals	60
8.1.1.4 Positionserkennung	61

8.1.2 Ablauf der Kopplung.....	63
8.2 Steuerung der Vorwärmstation	64
8.2.1 Steuerrechner	64
8.2.2 Bussysteme.....	65
8.2.2.1 Prozessoranschlußplatine	66
8.2.2.2 Motoransteuerungsmodul	67
8.2.2.3 Pumpenansteuerungsmodul.....	68
8.2.2.4 Modul für digitale Eingänge	68
8.2.2.5 Anzeigemodul für digitale Eingänge	68
8.2.2.6 Spannungsversorgung des Leistungsbus.....	68
8.2.3 Steuerungssoftware	69
8.2.4 Sicherheitsalgorithmen.....	69
8.2.5 Parkhilfen	70
8.3 Manuelle Kopplung	71
8.3.1 Grundkonzept.....	71
8.3.1.1 Reduzierung der Betätigungskräfte	72
8.3.2 Elektrische Schaltung.....	73
8.4 Wärmebereitstellung im Rahmen der Demonstrationsanlage	74
8.5 Demonstrationsfahrzeuge und Einbauten im Fahrzeug	76
8.6 Kostenbetrachtung zu einer manuellen Kopplung	79
9 Zusammenfassung und Ausblick.....	81
10 Literatur	84
11 Anhang.....	87

1 Einleitung

Die Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Ressourcenschonung und der Verringerung von Umweltverschmutzung sowie des Atmosphärenschutzes gewinnen in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung. Davon ist auch die Forschung auf dem Gebiet der Fahrzeugtechnik betroffen. Legislative Vorgaben erhöhen den Druck auf die Fahrzeughersteller, den Verbrauch und den Schadstoffausstoß der Fahrzeuge zu senken. So soll bis zum Jahr 2010 der Ausstoß von CO₂ auf 120 g/km gesenkt werden. Das entspricht einem Flottenverbrauch von ca. 5 l/100km. Gleichzeitig wird ein neuer Verbrauchsmeßzyklus zugrundegelegt, der die realen Kraftstoffverbräuche besser wiedergibt als die bisherige Drittmixangabe. Eine der wichtigsten Neuerungen ist die Berücksichtigung des kalten Motorzustands zu Beginn einer Fahrt [BMU96].

Gleichzeitig steigen die Anforderungen der Kunden an das Fahrzeug in allen Bereichen. Insbesondere Komfortaspekte können beim Umstieg auf ein neues Fahrzeug ausschlaggebend für eine Kaufentscheidung sein. Zusätzliche Funktionen im Fahrzeug bedeuten allerdings mehr Gewicht und einen höheren fahrzeuginternen Energieverbrauch [HEI94]. Beides ist mit einem höheren Kraftstoffverbrauch verbunden. Hier entsteht ein Interessenkonflikt bei der Neukonstruktion von Fahrzeugen. Ein Teil der Funktionen eines Fahrzeugs wird aber nur in bestimmten Betriebszuständen des Fahrzeugs benötigt. Bei Funktionen, die vor oder kurz nach dem Start benötigt werden, ist es denkbar, die dazu benötigten Geräte nicht in das Fahrzeug einzubauen, sondern extern aufzustellen, und bei Bedarf an das Fahrzeug anzukoppeln. Dies hat neben der Gewichtsminderung den Vorteil der Nutzung von wirkungsgradgünstiger erzeugter Energie.

Die Energieumwandlung in einem Kraftfahrzeug erfolgt mit einem relativ schlechten Wirkungsgrad, da in einem Fahrzeug eine große Bandbreite unterschiedlicher Betriebszustände abgedeckt werden muß. So beträgt beispielsweise der Primärenergiewirkungsgrad der Stromerzeugung im Fahrzeug lediglich 5,5% im Stadtverkehr [RED92]. Da sich Energie in stationären Anlagen mit einem wesentlich besseren Wirkungsgrad erzeugen läßt, oder im Falle der thermischen Energie sogar als Abfallprodukt zur Verfügung steht, ist es sinnvoll, Wege zu suchen, diese Energieformen ins Fahrzeug zu übertragen, und so insgesamt eine Energieeinsparung zu erzielen. Zur Übertragung der Energieformen Wärme und wirkungsgradgünstig erzeugter elektrischer Energie ist eine regelmäßige Kopplung des Fahrzeugs mit der Infrastruktur notwendig. Eine derartige Kopplung wird nachfolgend auch als Energieverbund bezeichnet. Die Anwendung mit einem wesentlichen Einsparpotential ist die Nutzung thermischer Energie zur Vorwärmung des Fahrzeuges vor dem Betrieb.

Das Vorwärmen eines Kraftfahrzeugs vor dem Starten hat mehrere positive Effekte. Der Ausstoß von Schadstoffen und der Kraftstoffverbrauch werden in der Warmlaufphase reduziert, und der Komfort der Insassen wird verbessert. Insbesondere bei modernen direkteinspritzenden Dieselmotoren dauert die Warmlaufphase relativ lang. Eine Vorwärmung des Fahrzeugs kann durch im Fahrzeug integrierte Systeme oder mit einer

Ankopplung an externe Energiequellen erfolgen. Da die Vorwärmung nur im Stand bzw. bei Fahrtbeginn benötigt wird, ist eine ins Fahrzeug integrierte Lösung für den größten Teil der Fahrzeit des Fahrzeugs „totes“ Zusatzgewicht. Eine externe Anordnung der Vorwärmung, die im Fahrzeug nur einen Anschluß und eine Heizschleife oder einen Wärmetauscher benötigt, minimiert das Zusatzgewicht. Eine einfache Form für Pkw ist in skandinavischen Ländern und Amerika relativ weit verbreitet. Ein elektrischer Heizstab in der Ölwanne des Fahrzeugs wärmt das Motorenöl vor, wenn das Fahrzeug über ein Kabel an die Steckdose angeschlossen ist. Im Falle der Vorwärmung von Nutzfahrzeugen wird das Kühlsystem des Motors über Kühlmittelschläuche an die stationäre Heizung angeschlossen. Dabei findet teilweise ein Kühlmittelaustausch zwischen der stationären Vorwärmeinrichtung und dem Fahrzeug statt.

Die Energieversorgung der Vorwärmung über die Steckdose ist vom energetischen Wirkungsgrad her ungünstig. Außerdem ist über die Steckdose nur eine begrenzte Leistung zu übertragen, so daß die Vorwärmung lange dauert, und die Umgebungsverluste entsprechend hoch sind. Die elektrische Vorwärmung kann in Ländern mit einem hohen Anteil an aus Wasserkraft erzeugter Energie sinnvoll sein, recourcenschonender ist in jedem Fall die Nutzung thermischer Abwärme oder solarthermisch erzeugter Energie. In Ländern, die einen hohen Anteil der Primärenergie aus fossilen Brennstoffen erzeugen, ist die Nutzung von thermischer Energie in Form von Fernwärme sinnvoll, da so der Gesamtwirkungsgrad der Energieerzeugung angehoben wird. Die wirkungsgradoptimierte Nutzung thermischer Energie setzt aber eine Kopplung voraus, die einen Kühlmittelaustausch zuläßt. Die Kopplungen, die derzeit bei Nutzfahrzeugen eingesetzt werden, sind prinzipiell für die Übertragung geeignet, bauen für den Einsatz im Pkw aber zu groß und sind zu umständlich zu bedienen, um eine ausreichende Akzeptanz zukünftiger Pkw - Kunden zu erzielen.

Insbesondere zukünftige Fahrzeugkonzepte wie beispielsweise Elektro- und Hybridfahrzeuge, aber auch alternative Nutzungsvarianten wie das Car-Sharing-Konzept sind auf die regelmäßige Kopplung des Fahrzeugs an eine stationäre Basis zur Übergabe von Betriebsflüssigkeiten, Energie und Informationen angewiesen.

Entscheidend für die Akzeptanz durch den Fahrzeugbetreiber ist der Bedienkomfort einer Fahrzeugkopplung. Je größer der Bedienkomfort, desto mehr Kunden dürften bereit sein, einen Energieverbund zu nutzen. Am komfortabelsten wäre eine Kopplung, die ohne jegliche Aktivität des Fahrers arbeitet. Der technische Aufwand, der hinter einem solchen vollautomatischen System steht, verursacht allerdings einen Interessenkonflikt zwischen Komfort und Kosten. Vor dem Ziel, die durch den Fahrzeugbetrieb verursachten Gesamtemissionen und den Energieverbrauch zu senken, ist neben der komfortablen Bedienbarkeit ein hoher Wirkungsgrad der eingesetzten Kopplung nötig. Weiterhin wäre zur größeren Verbreitung und Nutzbarkeit einer Fahrzeugvorwärmung der Einsatz einer genormten Kopplung sinnvoll, um den Fahrzeugführern auch außerhalb der eigenen Garage die Möglichkeit geben zu können, eine Vorwärmung einzusetzen. Mit dem 230 V

Schutzkontaktstecker ist ein derartiges System eingeführt, das zwar an vielen Stellen verfügbar ist, aber im Zusammenhang mit einer Fahrzeugvorwärmung schnell an seine Grenzen stößt.

Die Kopplung sollte für den Fahrzeugeinsatz bei geringem Gewicht wenig Bauraum in Anspruch nehmen und sich optisch problemlos in das Fahrzeug integrieren lassen.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sind Beispiele für mögliche Fahrzeugkopplungen erarbeitet und als Demonstrationsanlagen aufgebaut worden. Parallel dazu beschäftigt sich die Arbeit mit der Akzeptanz potentieller Kunden für derartige Kopplungen und der Einbindung eines Energieverbundsystems in die heutige Infrastruktur.

2 Effekte einer Fahrzeugvorwärmung

Bei einem Kaltstart bei sehr niedrigen Außentemperaturen erreichen moderne verbrauchsoptimierte Fahrzeuge ihre Betriebstemperatur erst nach bis zu 20 km Fahrstrecke. Bei kaltem Motor sind der Verbrauch und der Schadstoffausstoß des Fahrzeugs sowie der Motorverschleiß deutlich höher als im betriebswarmen Zustand. Außerdem arbeitet die Heizung in der Warmlaufphase höchstens unzureichend, so daß moderne Fahrzeuge häufig mit einer Standheizung ausgerüstet werden, um bei kalter Witterung den Komfort im Innenraum zu gewährleisten.

Eine einfache Maßnahme zur Abhilfe ist die Vorwärmung des Motors vor dem Starten. Diese Maßnahme reduziert den Schadstoffausstoß und den Kraftstoffverbrauch, der Fahrzeuginnenraum ist bei Bedarf angenehm warm und die Lebensdauer des Motors wird erhöht. Das Potential zur Verringerung des Schadstoffausstoßes und Energieeinsparung ist in einer vorangegangenen Studie nachgewiesen worden. [KES95]

In dieser Studie wurden drei Fahrzeuge, ein dieselgetriebener Transporter mit 2,5 l Hubraum, ein Fahrzeug der unteren Mittelklasse mit 1,4 l Ottomotor und ein Fahrzeug der oberen Mittelklasse mit 2,0 l mit einer Motorvorwärmung ausgerüstet, und der Einfluß der Vorwärmung auf Schadstoffausstoß und Kraftstoffverbrauch untersucht. Ergebnisse dieser Studie bei Umgebungstemperaturen zwischen 15° und 20°C werden nachfolgend gezeigt. Bei niedrigeren Außentemperaturen sind prinzipiell noch höhere Reduzierungen des Verbrauchs und des Schadstoffausstoßes zu messen, da im Gegensatz zum betriebswarmen Zustand beim Kaltstartverhalten eine ausgesprochene Abhängigkeit zur Umgebungstemperatur vorhanden ist. [WAD84]

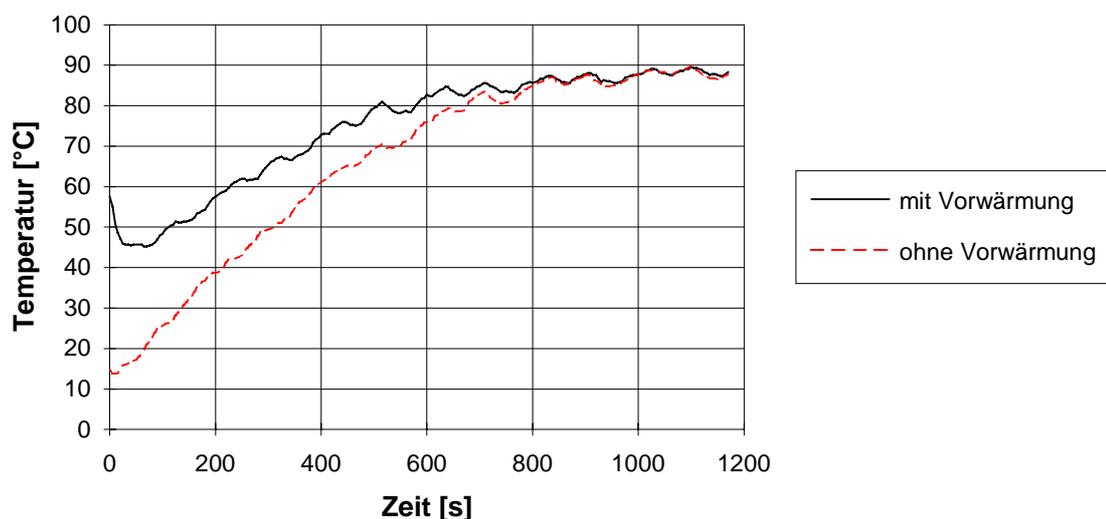


Abb. 2-1: Kühlwassertemperatur mit und ohne Motorvorwärmung [KES95]

Durch eine vorangegangene Motorvorwärmung ist das Kühlwasser in den ersten 13,3 min (800 sec) nach dem Start des Motors im ECE-Zyklus deutlich höher als ohne Vorwärmung.

Die Kühlwassertemperaturen mit und ohne Vorwärmung sind in Abb. 2-1 vergleichend dargestellt.

Die Öltemperatur wird in diesem Fall vor dem Starten durch die Motorvorwärmung nicht angehoben, steigt aber durch die höhere Kühlwassertemperatur schneller an. 18,3 min (1100 sec) nach dem Starten ist die Öltemperatur bis zu 10°C höher als ohne Vorwärmung. Daraus resultieren geringere Reibung und geringerer Verschleiß im Motor. Der Effekt ließe sich durch einen Öl / Kühlwasser - Wärmetauscher noch vergrößern. Damit steigt die Öltemperatur bei Fahrtbeginn schneller an, und im Vollastbetrieb wird das Öl über den Wasserkreislauf gekühlt. Bei entsprechender Anordnung kann so mit der Vorwärmung auch das Öl konditioniert werden.

Die Auswirkung der Vorwärmung auf den Kraftstoffverbrauch und den Schadstoffausstoß ist abhängig von der Umgebungstemperatur. Die Auswirkung der Vorwärmung des kalten Motors in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur zeigt Abb. 2-2. Dieses und die nachfolgenden Diagramme beziehen sich auf einen Betrieb, bei dem das Fahrzeug jeweils 4 km bewegt und dann wieder abgestellt wird, bis der Motor wieder Umgebungstemperatur angenommen hat (typischer Kurzstreckenverkehr).

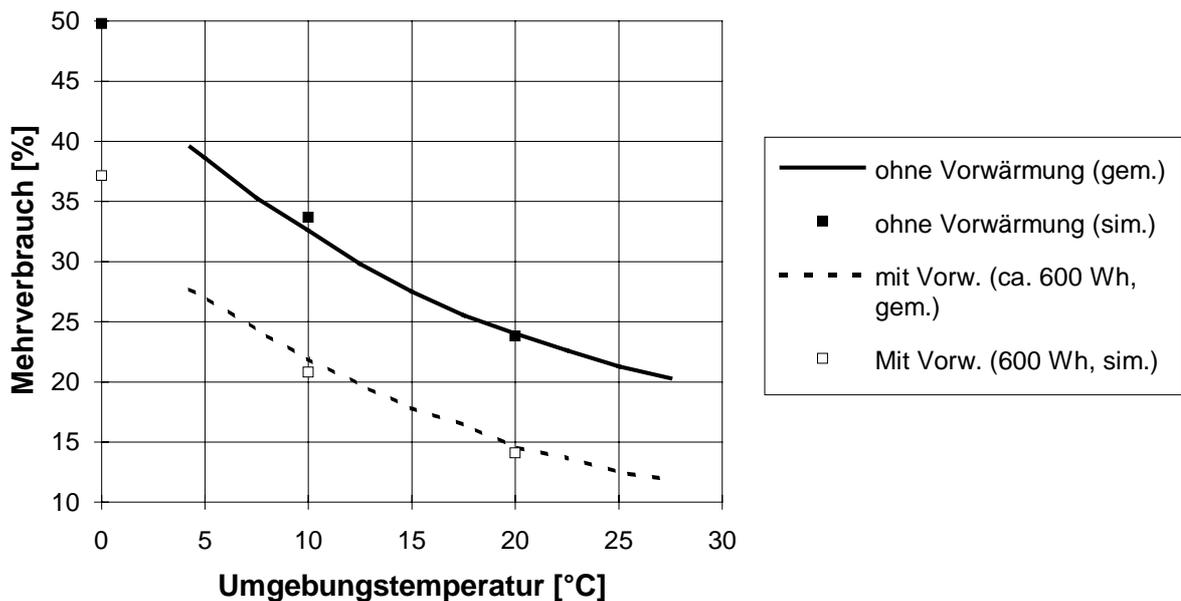
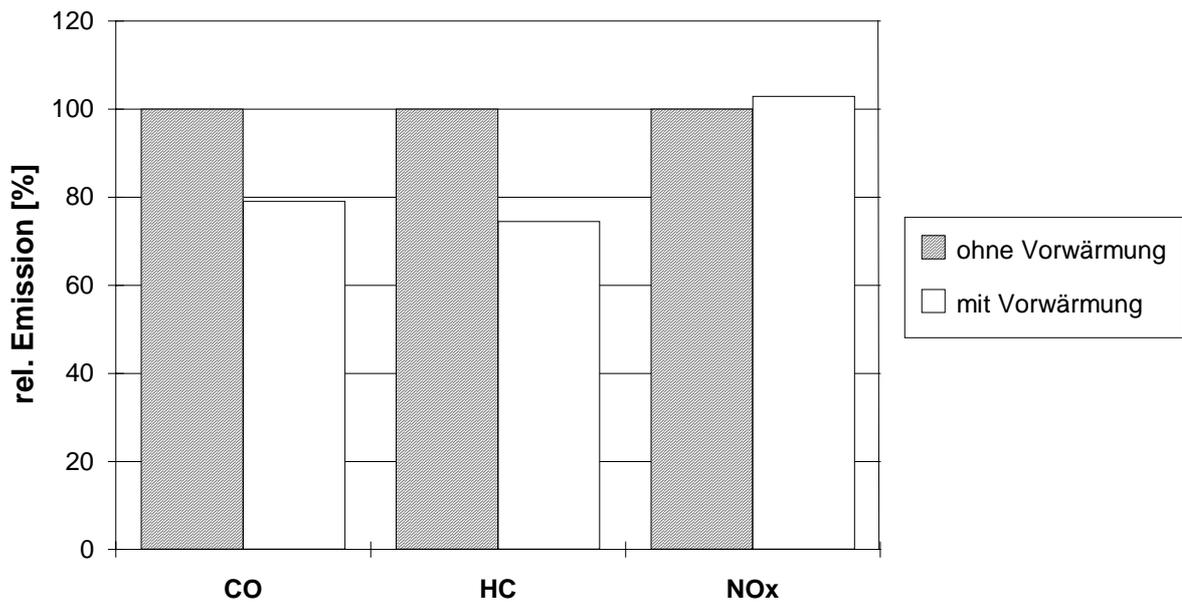


Abb. 2-2: Mehrverbrauch mit und ohne Motorvorwärmung (2,0 l Ottomotor) [KES95]

Bei einer Umgebungstemperatur von 15 C bewirkt die Vorwärmung bei diesem Fahrzeug eine Verbrauchsreduzierung von 9 % im 4 km - Betrieb. Bei Umgebungstemperaturen von 0 C werden 13 % Reduzierung des Kaltstartmehrverbrauchs gemessen. [KES95]

Die Auswirkungen auf den Schadstoffausstoß bei einer Umgebungstemperatur von 20 C sind Abb. 2-3 zu entnehmen.



- Abb. 2-3: Auswirkungen der Vorwärmung auf den Schadstoffausstoß bei 20 C (2,5 l Dieselmotor) [KES95]

Bei niedrigeren Außentemperaturen sich entsprechend höhere Reduktionsraten zu messen. Bei Umgebungstemperaturen von -7 C sind in der Literatur Kohlenmonoxydreaktionen von 70 % und eine Reduzierung der unverbrannten Kohlenwasserstoffe von 53 % zu finden [ADA94]. Andere Quellen erreichen eine Reduzierung des CO - Gehalts zwischen 25 % und 53 % und des HC - Gehaltes um 30 % bei gleicher Außentemperatur [HEC94; HOF94].

Da eine Fahrzeugvorwärmung nicht bei jedem Start benutzt werden kann bzw. sinnvoll ist, und ein Teil der zurückgelegten Fahrstrecken größer als 4 km ist, wird in Hochrechnungen auf das Jahr 2005 mit einer Gesamtenergieeinsparung von 1,8 % - 2 % über den Individualverkehr durch eine Fahrzeugvorwärmung gerechnet [BEC92; KES95].

3 Betrachtung der Möglichkeiten der Fahrzeugvorwärmung

Durch fahrzeug- und motoreseitige Maßnahmen zur Verbrauchsreduzierung bei modernen Fahrzeugen ergeben sich nach dem Kaltstart Probleme bei der Beheizung der Fahrgastzelle. Die dem Kühlkreislauf entnehmbare Energie reicht unter bestimmten Betriebsbedingungen bei modernen direkteinspritzenden Diesel- und Ottomotoren nicht mehr aus, um den Innenraum komfortabel aufzuheizen.

Diese Probleme können mit zusätzlich zugeführter Energie aus einem aktiven oder passiven System behoben werden.

Aktive Systeme wie Standheizungen, Brennstoff- oder elektrische Kühlmittelzuheizer und elektrische Luftheizungen führen dabei zu einem zusätzlichen Energieverbrauch. Passive Systeme nutzen Abwärme aus Nebenaggregaten wie der Lichtmaschine oder aus dem Abgas oder reduzieren den Wärmebedarf durch einen vermehrten Umluftbetrieb.

Bei der externen Vorwärmung erfolgt die Wärmeübertragung über einen Kühlmittelkreislauf. Damit lassen sich hohe thermische Übertragungsleistungen realisieren. Im Fall der Demonstrationsanlage werden bis zu 10 kW thermischer Energie übertragen. Damit ist eine zügige Vorwärmung möglich. Die Vorwärmdauer sollte möglichst kurz sein, damit die Abstrahlverluste des Motorblocks nicht zu hoch werden.

In direkter Konkurrenz zur externen Vorwärmung stehen die fahrzeuginternen Lösungen Latentwärmespeicher und Standheizung. Interne Lösungen zur Fahrzeugvorwärmung haben prinzipiell bedingte Vor- und Nachteile. Die eingebauten Lösungen stellen während der Fahrt in der Regel überflüssiges Gewicht dar. Auf der anderen Seite stehen sie immer zur Verfügung und sind nicht auf den Anschluß zur Infrastruktur angewiesen.

Nachfolgend wird auf die einzelnen auf dem Markt befindlichen Vorwärm- bzw. Zuheizmöglichkeiten eingegangen.

3.1 Externe angeschlossene elektrische Blockheizer

Eine in Skandinavien und Nordamerika verbreitete Lösung zur Vorwärmung von Fahrzeugen ist das elektrische Blockheizgerät. Eine Heizwendel in der Ölwanne oder dem Kühlkreislauf wird an die Steckdose angeschlossen und heizt den Motorblock vor. Blockheizer sind an vielen Orten einsetzbar, da die normale Stromversorgung genutzt werden kann, haben aber einen relativ hohen Energieverbrauch. Aufgrund der geringen, der Steckdose entnehmbaren Leistung von 2 kW dauert die Vorwärmung relativ lange, und die Verluste durch Wärmeabstrahlung sind entsprechend groß.

3.2 Standheizungen und Brennstoffzuheizer

Standheizungen und Brennstoffzuheizer haben eine Leistung, die mit 3 kW bis 5 kW zwischen der externen thermischen Kopplung und dem Anschluß an die Steckdose liegt. Der primärenergetische Wirkungsgrad ist doppelt so groß wie bei der elektrischen Vorwärmung [HUM96].

3.3 Elektrische Kühlmittelheizungen oder Luftheizgeräte

Zur Erzeugung von 1 kW Wärmeleistung sind im 12 V-Bordnetz des Fahrzeugs Ströme von ca. 83 A notwendig. Diese Leistung kann nicht ohne Anpassungen des Generators, der Batterie und des elektrischen Systems im Fahrzeug genutzt werden. Der schlechte primärenergetische Wirkungsgrad der Stromerzeugung im Fahrzeug und die aufwendige technische Realisierung sowie aus der geringen Leistung resultierende lange Vorwärmdauer stellen die interne elektrische Vorwärmung in Frage. In Abb. 3-1 ist das Kennfeld einer Lichtmaschine dargestellt. Insbesondere bei hohen Drehzahlen und niedrigem Stromverbrauch haben Fahrzeuglichtmaschinen sehr niedrige Wirkungsgrade. Zusammen mit dem Wirkungsgrad des Motors ergeben sich im ECE-Zyklus Gesamtwirkungsgrade von lediglich 5,5 % [KES95].

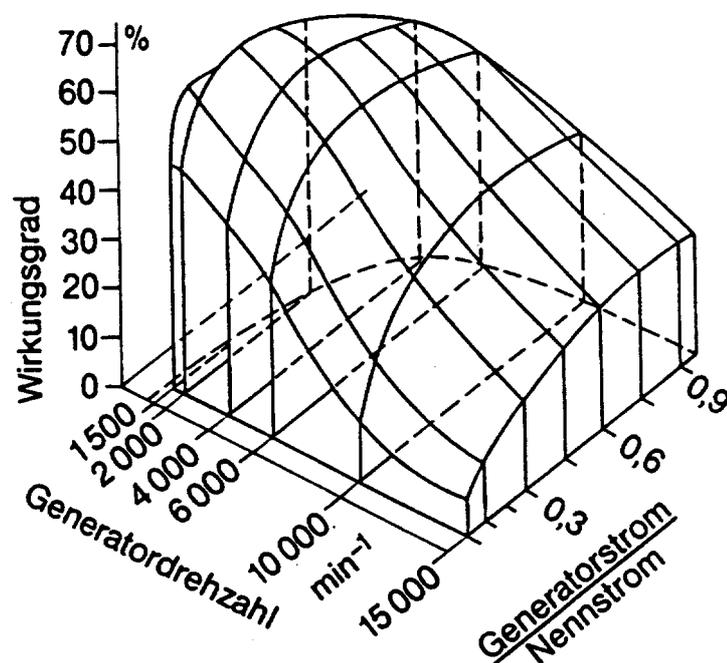


Abb. 3-1: Kennfeld einer Lichtmaschine [HEN88]

Die Nutzung des 12 V-Bordnetzes für eine Luftheizung des Innenraums ist eine Maßnahme, die bei einem extrem schlechten Wirkungsgrad ausschließlich dem Komfort dient und damit noch schlechter zu bewerten als eine interne elektrische Kühlmittelheizung.

3.4 Latentwärmespeicher

Latentwärmespeicher haben einen hohen Platzbedarf. Speichersalz und Isolierung erfordern ein entsprechendes Volumen. Durch den Platzbedarf, das Volumen und wechselnde Betriebszustände haben Latentwärmespeicher häufig nicht die optimale Wärmekapazität, so daß die Vorteile der Vorwärmung nicht voll genutzt werden können. Ein Latentwärmespeicher stellt während längerer Fahrten ein ungenutztes Gewicht dar. Bei modernen direkteinspritzenden Dieselmotoren wird bei einer durchschnittlichen Strecke einer einzelnen Fahrt in Deutschland von 10 km die Phasenwechseltemperatur von ca. 72°C des Speichersalzes selten erreicht, so daß ein Latentwärmespeicher hier wirkungslos ist. Gleiches gilt für Hybrid- und Ecomatic-Konzepte. Auf der anderen Seite erfordert ein Latentwärmespeicher keine Primärenergiezufuhr und ist immer verfügbar, ohne daß Aktionen vom Nutzer erforderlich sind. Sie bringen in entsprechenden Fahrzeugen und bei angepaßtem Betrieb also maximalen Vorteil.

4 Systemauslegung und Infrastruktur

4.1 Betrachtung der infrastrukturell zur Verfügung stehenden Energiequellen

Eine Fahrzeugvorwärmung, die möglichst schnell ein Fahrzeug auf Betriebstemperatur bringen soll, ist auf eine entsprechende Energiezufuhr angewiesen. Eine entsprechend dimensionierte Infrastruktur ist deswegen für einen hohen Wirkungsgrad der Fahrzeugvorwärmung dringend notwendig, da bei einer verlängerten Vorwärmdauer ein Teil der zugeführten Energie über den Motorblock wieder abgestrahlt wird. Nachfolgend werden gängige Energiequellen beleuchtet.

4.1.1 Energie aus dem Stromnetz

Die zur Fahrzeugvorwärmung benötigte Energie läßt sich auch aus dem Stromnetz dem Fahrzeug zuführen. Diese Lösung, die in skandinavischen Ländern eingeführte Praxis ist, hat einige Nachteile. Der Primärenergiewirkungsgrad der elektrischen Energieversorgung ist erheblich geringer als der der Wärmeerzeugung direkt aus primären Energiequellen. Die Leistungsfähigkeit des Stromnetzes ist begrenzt. Die normalerweise maximal entnehmbare Leistung von 2 kW führt zu langen Vorwärmzeiten und damit zu großen Abstrahlverlusten an die Umgebung. Vorteil der Fahrzeugvorwärmung mit Strom aus der Steckdose ist die hohe Zahl der möglichen Kopplungsstellen.

4.1.2 Fernwärme aus Blockheizkraftwerken

Fernwärme ist die Wärmeenergiequelle mit dem höchsten Primärenergiewirkungsgrad durch die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme. Schon aus diesem Grund ist ihr der Vorrang zu geben. Die Entnahme einer Vorwärmenergie von ca. 10 kW aus dem Fernwärmenetz ist für die Leistungsfähigkeit des Netzes unbedeutend. Das Temperaturniveau von 85 - 90°C in Fernwärmenetzen garantiert eine schnelle und effektive Vorwärmung des Fahrzeugs.

4.1.3 Konventionelle Hausheizung

Eine stationäre Fahrzeugvorwärmung kann über die normale Gebäudeheizung betrieben werden. Bei einer Übertragungsleistung von 10 kW zum Auto dürfte ein relativ träges System wie ein Wohnhaus bei einer typischen Gesamtleistung des Brenners von 18 kW und einer Vorwärmdauer von fünf bis zehn Minuten nicht mit störenden Temperaturschwankungen reagieren. Der Wirkungsgrad der Hausheizung ist dabei durch die fehlende Kopplung zwischen Strom- und Wärmeerzeugung nicht so gut wie bei der Fernwärme. Problematisch können nur die niedrigen Vorlauftemperaturen einiger moderner Heizungstypen sein, da dadurch die Vorwärmzeiten so in die Länge gezogen werden, daß unnötige Verluste während der Vorwärmung entstehen.

4.1.4 Solarenergie und andere regenerative Energiequellen

Solarthermische Energie bringt, wenn man die Investitionen und den Energieeinsatz für die Herstellung der Kollektoren vernachlässigt, den höchsten Nutzen. Die Gesamtminderung des CO₂- und des Schadstoffausstoßes entspricht exakt den im Betrieb der Fahrzeuge festgestellten Werten. Solaranlagen haben aber den Nachteil, daß sie im Winter, wenn eine stationäre Fahrzeugvorwärmung den größten Effekt und die höchste Akzeptanz erzielt, nicht die nötige Leistung bringen. Durch die flachstehende Sonne, häufig bedeckten Himmel mit niedrigen Einstrahlraten und die Verluste durch niedrige Außentemperaturen sind die Vorlauftemperaturen aus den Solarkollektoren so niedrig, daß die Vorwärmzeiten zu hohe Werte annehmen würden. Insbesondere die preiswerteren Flachkollektoren liefern hier nicht das nötige Temperaturniveau. Besser geeignet wären vakuumisolierte Röhrenkollektoren. Selbst eine Zwischenspeicherung der Solarenergie und dann konzentrierte Übertragung auf das Fahrzeug wird bei sehr niedrigen Außentemperaturen nicht das nötige Temperaturniveau liefern. Die Einbindung einer solarthermischen Anlage in ein Heizungsgesamtkonzept kann aber in diesem Zusammenhang als positiv angesehen werden. Die Solaranlage liefert einen Sockelbetrag, der Rest der zum Erreichen einer entsprechenden Temperatur benötigten Energie wird von anderen Energiequellen geliefert.

Wind- und Wasserkraft werden zur Gewinnung von Elektrizität genutzt. Damit gilt für sie ebenfalls, daß es günstiger ist, Wärme aus anderen Prozessen einzusetzen, wenn Strom aus Wasser- und Windkraft nicht in überschüssiger Menge vorhanden sind.

Eine Energiequelle, die sich ebenfalls sehr gut für die Fahrzeugvorwärmung eignen würde, ist die Geothermie. Geothermische Energie ist aber nur lokal verfügbar und wird dort normalerweise für Heizungsanwendungen genutzt.

Nachwachsende Rohstoffe können nur dann eingesetzt werden, wenn die Infrastruktur die Verfeuerung zuläßt. Eigene Anlagen nur für diesen Anwendungsfall sind selbst für große Flottenbetreiber nicht wirtschaftlich.

4.2 Nutzungskonzepte für einzelne Betreibergruppen

Nachfolgend werden Beispiele für den Einsatz einer Energieverbundkopplung dargestellt, um das Potential der möglichen Einsatzgebiete aufzuzeigen. Selbstverständlich bleiben diese Konzepte nicht nur auf den dargestellten Anwendungsfall beschränkt, sondern können auch auf andere Fälle übertragen werden.

4.2.1 Private Doppelgarage

In einer privaten Doppelgarage könnte ein komfortables System für zwei Fahrzeuge zum Einsatz kommen, das an der Frontseite der Garage montiert wird und eine automatische Ankopplung an beide Fahrzeuge ermöglicht. Durch die Führung auf einer durchgehenden Schiene können auch wechselnde Positionen der Gegenstücke der beiden Fahrzeuge

erkannt und angefahren werden. Der Fahrzeugführer muß lediglich durch Knopfdruck oder Betätigung einer Fernbedienung vorgeben, ob das Fahrzeug in der rechten oder linken Garagenhälfte vorgewärmt werden soll. Die Situation ist nachfolgend dargestellt.

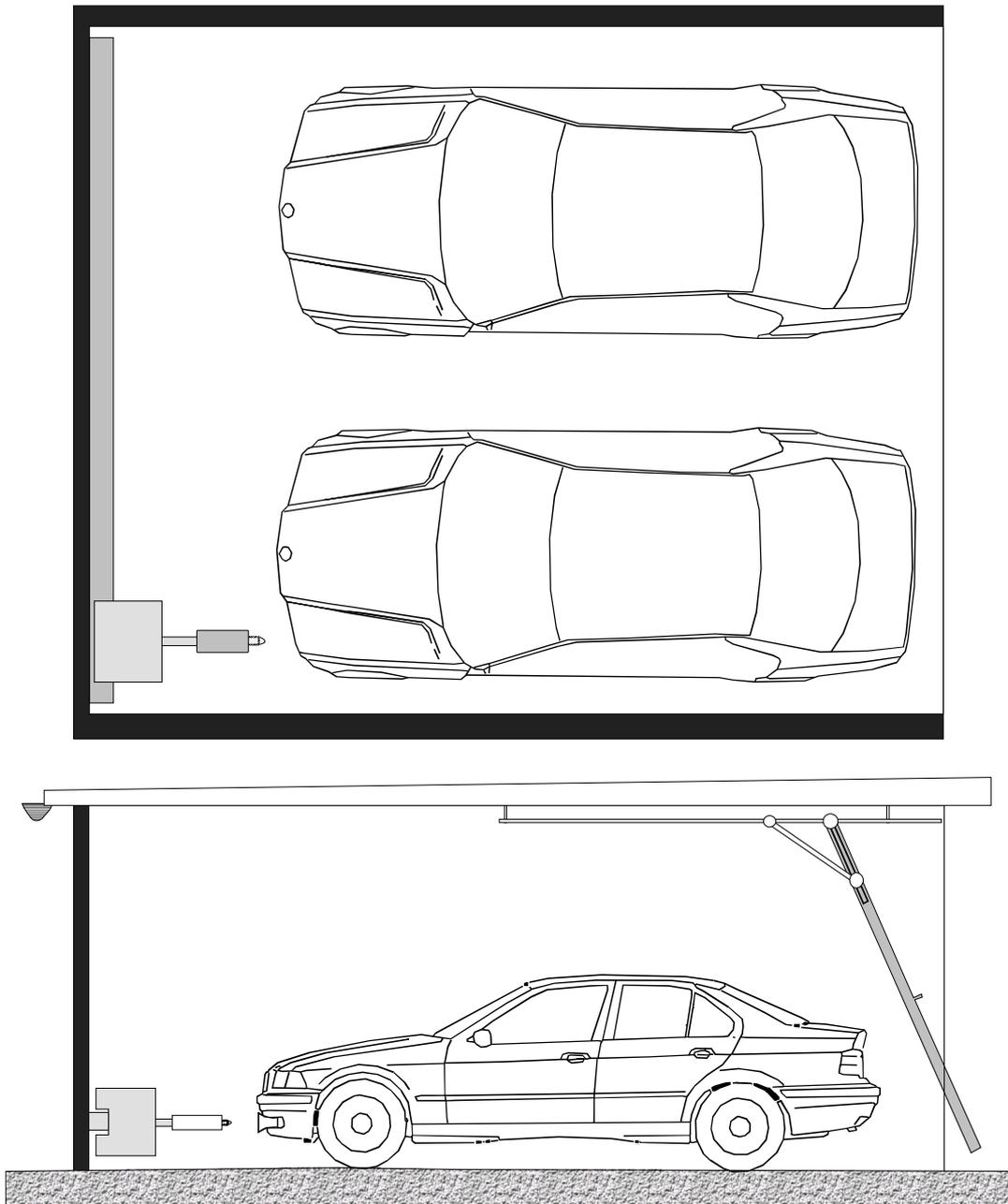


Abb. 4-1: Fahrzeugvorwärmung in der privaten Doppelgarage

4.2.2 Großer Flottenbetreiber

Großflottenbetreiber wie Verkehrsbetriebe oder größere Speditionen haben zahlreiche Vorteile durch eine Ankopplung der Fahrzeuge an die Infrastruktur (siehe Kapitel 6.2). Durch die Abmessungen der Fahrzeuge und die Tatsache, daß diese Fahrzeuge häufig kurz

nacheinander losfahren, ist hier ein Anschluß für jedes Fahrzeug notwendig. Aus den gleichen Gründen kann hier auch eine permanente Kopplung sinnvoll sein. Die kurzfristig bei Fahrtbeginn benötigte Energiemenge würde bei einer Vorwärmung kurz vor dem Start die Infrastruktur überlasten. In diesem Fall könnte eine manuelle Kopplung mit Zugentlastung an jedem Stellplatz zum Einsatz kommen. Die Situation zeigt Abb. 4-1.

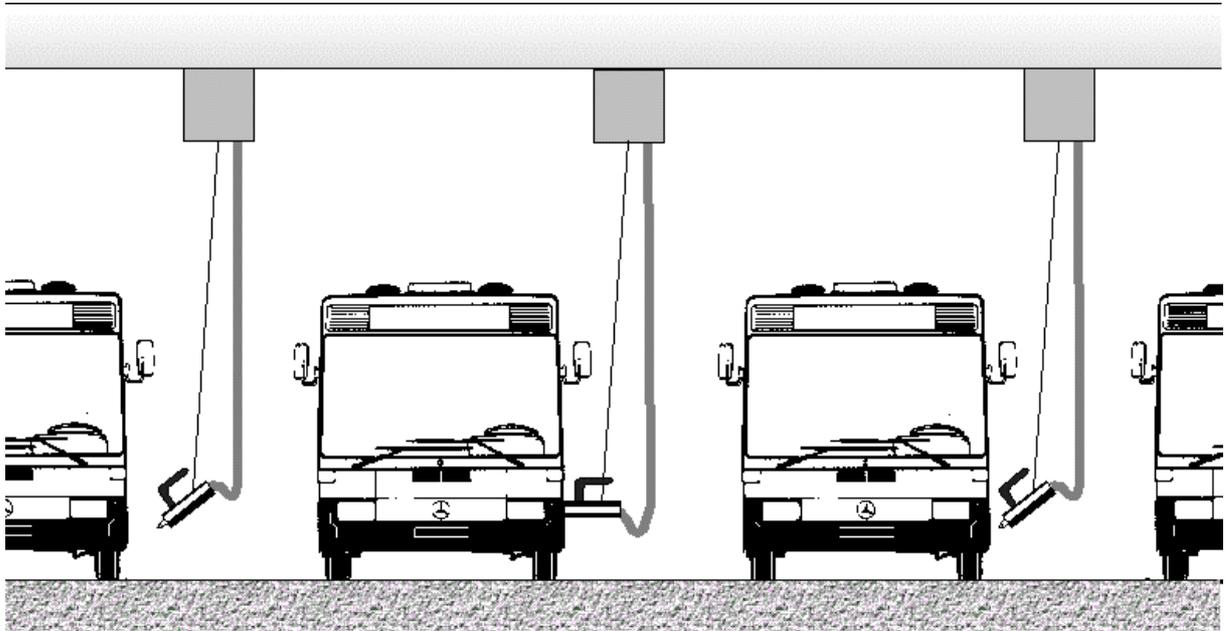


Abb. 4-2: Situation bei einem großen Flottenbetreiber

4.2.3 Kleiner Flottenbetreiber oder Tiefgarage

Bei kleineren Flottenbetreibern oder in öffentlichen Tiefgaragen könnte beispielsweise folgendes System zum Einsatz kommen: In der Mitte zwischen zwei Parkreihen befindet sich an der Decke eine Schiene, auf der ein oder zwei Laufkatzen angebracht sind. Von jeder Katze hängt an einer Zugentlastung ein manueller Kupplungskopf, der an jedem der Fahrzeuge in der Reihe angesetzt werden kann. Die Zuführung der Energie erfolgt über ein Schlauchpaket, das in Schlaufen von der Decke hängt und in der gleichen Schiene geführt wird. Die Katzen lassen sich über die ganze Breite verschieben und werden vom Benutzer vorpositioniert. Die exakte Positionierung ist jetzt durch die Zugentlastung kein Problem und der Kupplungskopf kann zu den Fahrzeugen hingezogen werden.

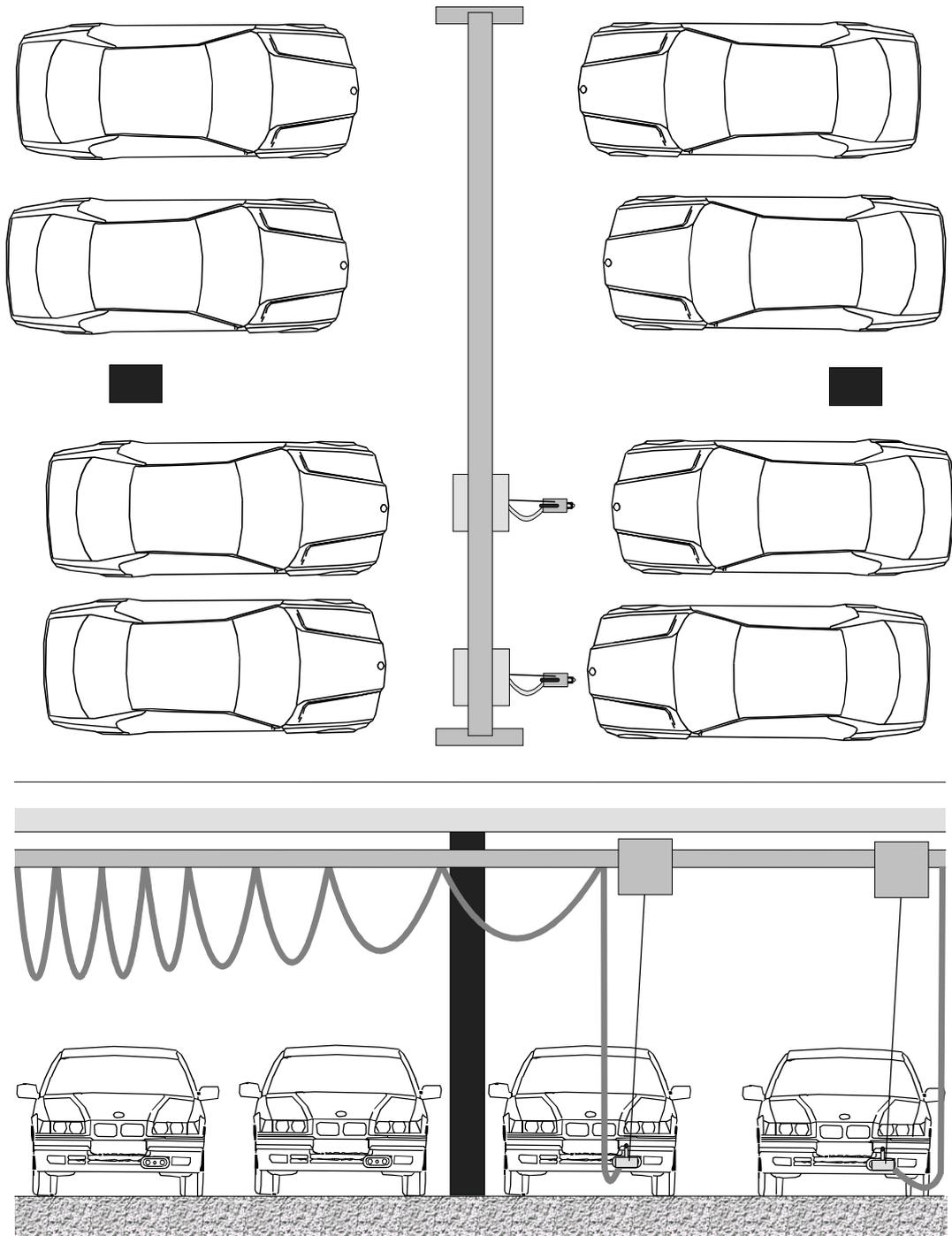


Abb. 4-3: Tiefgaragensituation bei einem kleineren Flottenbetreiber

4.2.4 Feuerwehren und andere Einsatzfahrzeuge

Einsatzfahrzeuge von Feuerwehren, Polizei und Rettungsdiensten stehen häufig lange, bevor sie benötigt werden. Dann muß das Fahrzeug aber sofort einsatzbereit sein und ist höchsten Belastungen ausgesetzt. In diesem Fall ist eine Fahrzeugvorwärmung besonders sinnvoll. Feuerwehren koppeln daher z.T. bereits heute ihre Fahrzeuge an das Stromnetz

an, um sie permanent auf Betriebstemperatur zu halten, die Batterie zu laden und damit die Startwilligkeit der Motoren zu gewährleisten. Hier können mit einer Wärmekopplung erhebliche Kosten und Primärenergie eingespart werden.

Die Kopplung zur Vorwärmung ist mit einem speziellen Abreißstecker ausgeführt, der vom losfahrenden Fahrzeug notfalls aus der Dose gerissen wird. Dies führt aber häufig zu Fehlbedienungen und Schäden an den Steckern. Bei Sonderfahrzeugen der Flughafenfeuerwehren wird das Fahrzeug nicht konventionell mit dem Zündschlüssel gestartet, sondern mit einem Startknopf an der Tür. Bis der Fahrer seinen Platz erreicht hat, läuft der Motor stabil, so daß die Halle sofort verlassen werden kann. Eine vollautomatische Wärmekopplung könnte im Alarmfall das Fahrzeug starten und anschließend den Auskoppelvorgang durchzuführen. Die Einsatzkräfte fänden ein bereits laufendes, betriebswarmes abgekoppeltes Fahrzeug vor.

Eine Energieverbundkopplung kann den Frostschutz bei lange stehenden Fahrzeugen gewährleisten und sorgt für eine vollgeladene Batterie. Schäden durch die Tiefentladung der Batterie werden vermieden. Durch eine permanente Anhebung der Temperatur bei sehr niedrigen Außentemperaturen als Frostschutzmaßnahme werden außerdem Korrosionsprobleme durch Kondenswasserbildung verringert. Dieser Anwendungsfall könnte z. B. für Fahrzeuge der Bundeswehr interessant sein.

5 Nutzbarkeitsanalyse bei verschiedenen Fahrzeugkonzepten

5.1 Für alle Fahrzeuge geltende Aspekte

Für alle Fahrzeuggattungen kann der Fahrkomfort als Argument für eine stationäre Fahrzeugvorwärmung geltend gemacht werden. Ein durchgewärmter Innenraum erfüllt höhere Komfortansprüche als klamme Sitze und ein kaltes Lenkrad. Der Kunde ist zunehmend bereit, für derartige Vorteile Geld auszugeben, wie es die steigenden Zahlen bei verkauften Klimaanlage und Standheizungen belegen.

Ein weiterer Vorteil der Kopplung eines Fahrzeugs mit der Infrastruktur allgemein ist der Aspekt der Verbindung des Fortbewegungsmittels mit den Medien der modernen Informationsgesellschaft. Die Möglichkeiten, die sich daraus ergeben, lassen sich nur für Einzelsysteme überblicken und ansatzweise darstellen. Die Fahrzeugsicherung gegen Diebstahl und Mißbrauch ließe sich beispielsweise erheblich verbessern.

5.2 Ottomotorisch getriebene Fahrzeuge

Bei ottomotorisch angetriebenen Fahrzeugen ist im Kurzstreckenverkehr eine deutliche Reduzierung des Schadstoffausstoßes und des Kaltstartmeherverbrauchs zu verzeichnen (siehe Kap. 2). Da im Stadtverkehr deutliche Zunahmen des Verkehrsstreckenanteils zu erwarten sind, gewinnt dieser Aspekt zunehmend an Bedeutung [BEC92].

Voraussetzung für eine hohe Schadstoffreduzierung ist allerdings, daß die Vorwärmung in der Motorelektronik der Fahrzeuge vorgesehen ist. Andernfalls kann die im normalen Fahrbetrieb nicht auftretende Konstellation „warmer Motor / kalter Katalysator“ wegen dann fehlender motorgestützter Katalysatorheizmaßnahmen sogar zu einem höheren Schadstoffausstoß führen.

Durch diesen Aspekt ist die Nachrüstung einer Vorwärmung bei ottomotorisch angetriebenen Fahrzeugen, deren Motorelektronik nicht entsprechend ausgelegt ist, im Hinblick auf die Schadstoffreduzierung nicht vorteilhaft. Es bleiben auf jeden Fall die Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs, die Erhöhung der Lebensdauer und die Komfortsteigerung für diese Fahrzeuge.

Bei ottomotorisch getriebenen Fahrzeugen kann über den Anschluß an die Infrastruktur außerdem der Katalysator vor dem Starten des Motors vorgewärmt werden, so daß er seine Betriebstemperatur schneller erreicht. Eine weitere Reduzierung des Schadstoffausstoßes wäre das Resultat. Diese Vorwärmung könnte aber nicht über die für die Motorvorwärmung verwendete Wärmeversorgung erfolgen, da das Temperaturniveau zu gering wäre. Die Katalysatorvorheizung müßte elektrisch erfolgen.

5.3 Dieselgetriebene Fahrzeuge

Insbesondere direkt einspritzende Dieselmotoren brauchen sehr lange, bis sie ihre Betriebstemperatur erreichen. Bei geringen Betriebslasten und niedrigen Außentemperaturen können bis zu 20 km Fahrstrecke nötig sein, bis ein stationärer Zustand erreicht ist. Um trotzdem eine hohe Akzeptanz beim Kunden zu erzielen, werden diese Fahrzeuge häufig mit Standheizung oder Zuheizung verkauft. Hier könnte die Kopplung mit der stationären Energieversorgung Vorteile bringen. Der Ausstoß von Schadstoffen läßt sich bei großen stationären Anlagen wesentlich besser verringern als in einer Standheizung oder dem Brenner eines Zuheizers.

Die Kraftstoffverbrauchsminderung ist beim Dieselmotor nicht ganz so groß wie bei einem Ottomotor. Eine Verbesserung in der Gesamtbilanz ergibt sich dabei nicht. Der Schadstoff- und Partikelaußstoß wird jedoch reduziert. Außerdem ist die Lärmbelastung durch das „Nageln“ des Motors bei vorgewärmtem Fahrzeug geringer.

5.4 Elektrofahrzeuge

Elektrofahrzeuge sind auf den regelmäßigen Anschluß an die Energieversorgung angewiesen, um eine akzeptable Reichweite zu haben. Gerade in einem solchen Fall muß der Anschluß einfach und komfortabel durchzuführen sein. Für Schnellladungen sind Stecker mit großen Querschnitten nötig, die relativ hohe Betätigungskräfte erfordern.

Wenn dieser Steckeranschluß um die Möglichkeit der Wärmeübertragung erweitert wird, kann der Innenraum vor Fahrtantritt klimatisiert werden und es besteht die Möglichkeit, die Batterien zu temperieren. Gerade bei Antrieben mit Niedertemperaturbatterien führt die Konditionierung zu einer Reichweiten- und Lebensdauererweiterung.

Bei Fahrzeugen mit Niedertemperaturbatterien könnte ein über eine Wärmekopplung beladener Latentwärmespeicher für die Innenraumheizung während der Fahrt sorgen. Das Leistungsgewicht eines Latentwärmespeichers (64 Wh/kg) [FRA96] hat eine ähnliche Größenordnung wie das einer Hochenergiebatterie (z.B. ZEBRA Hochenergiebatterie 74 Wh/kg) [AEG95]. Einen Latentwärmespeicher für die Fahrzeugheizung zu nutzen, hat aber erhebliche Vorteile. Neben dem besseren Primärenergiewirkungsgrad bei der Energieumsetzung hat der Latentwärmespeicher außerdem eine wesentlich geringere Stillstandsverlustleistung. Im Gegensatz zu den ca. 100 W der zugrunde gelegten ZEBRA-Batterie hat der Latentwärmespeicher nur eine Verlustenergieabgabe von 7 W. Die Lebensdauer eines Latentwärmespeichers liegt um das zehnfache höher als die Lebensdauer einer Batterie. Das Heizungsmodul kann bei einer entsprechenden Konstruktion aus dem Fahrzeug herausgenommen und in der warmen Jahreszeit außerhalb des Fahrzeugs gelagert werden, ohne daß Schäden durch die Lagerung zu befürchten sind. Die Variante der Wechselheizung ist damit ebenfalls denkbar.

Somit kann eine Energieverbundkopplung auch bei Elektrofahrzeugen dazu beitragen, die Komfortansprüche der Kunden zu befriedigen und die Akzeptanz für derartige Fahrzeuge zu erhöhen.

5.5 Hybridfahrzeuge

Zur Sicherstellung der vollen Reichweite des elektrischen Antriebs muß ein Hybridfahrzeug nach jeder Fahrt mit der Infrastruktur gekoppelt werden, um die Batterie zu laden. Dabei können über die Energieverbundkopplung folgende Vorteile durch die Vorwärmung des Verbrennungskraftmotors erzielt werden:

Hybridfahrzeuge können bei rein elektromotorischem Betrieb den Heizungskomfort im Innenraum ähnlich wie Elektrofahrzeuge nicht gewährleisten. Auch bei periodischem Zuschalten des Verbrennungsmotors kann die zur Verfügung stehende Heizleistung nicht ausreichen. Mit einer Vorwärmung des Fahrzeugs wird zumindest der Spitzenbedarf zur Aufheizung des Innenraums gesenkt, und die Komfortansprüche der Insassen werden erfüllt.

Ein vorgewärmter Motor springt leichter und reibungsfreier an und zeigt ein ruhiges Laufverhalten. Bei Parallelhybridkonzepten läuft der Verbrennungsmotor deswegen grundsätzlich bis zum Erreichen der Betriebstemperatur. Im Kurzstreckenbetrieb kommen die Vorteile eines Hybridfahrzeug deswegen bisher nur eingeschränkt zum Tragen. Die Fahrzeugvorwärmung kann hier helfen, die Vorteile eines Hybridantriebs besser zu nutzen und die Akzeptanz beim Kunden für neuartige Fahrzeugsysteme zu erhöhen.

5.6 Brennstoffzellenfahrzeuge

Brennstoffzellenfahrzeuge können über einen stationären Energieverbund vorkonditioniert werden, so daß sich die Zellen bzw. der Methanolreformer bei Fahrtbeginn auf Betriebstemperatur befinden.

Bei wasserstoffgetriebenen Fahrzeugen ist eine Überwachung der Wasserstoffkonzentration aus sicherheitstechnischen Gesichtspunkten notwendig. Die Energieversorgung der Lüftung des Systems kann während der Stillstandszeiten über die Energiekopplung erfolgen. Im Falle ungewöhnlich hoher Wasserstoffkonzentrationen oder anderer Unregelmäßigkeiten kann über die Kopplung eine Weitermeldung erfolgen, so daß die Gefährdung der Umgebung durch Nichterkennen eines Fehlers verringert wird.

5.7 Beispiele für alternative Antriebs- und Fahrzeugnutzungskonzepte

Gerade alternative Antriebs- und Nutzungskonzepte werden auf einen Energieverbund mit entsprechender Infrastruktur angewiesen sein, um zukünftigen Nutzern den gleichen Komfort zu gewährleisten, wie er bei herkömmlichen Fahrzeugen bekannt ist. Dieses wird

anhand der Beispiele Antriebsstrang mit Stand- und Schubabschaltung (Ecomatic) und dem alternativen Fahrzeugnutzungskonzept Car-Sharing dargestellt.

5.7.1 Beispiel Antriebsstrang mit Stand- und Schubabschaltung

Bei diesem Antriebskonzept wird im Stand z. B. an Ampeln etc. und im Schiebetrieb des Fahrzeugs der Motor komplett abgeschaltet und ausgekuppelt. Erst bei erneutem Bedarf wird der Motor automatisch gestartet und eingekuppelt. Damit lassen sich Einsparungen beim Benzinverbrauch erzielen. Die Steuerung schaltet bis zum Erreichen einer Kühlmitteltemperatur von 40°C allerdings den Motor nicht ab. Im Kurzstreckenbetrieb wird diese Grenze häufig nicht erreicht. Insbesondere bei der Kombination mit einem direkt einspritzenden Dieselmotor sind so die Zeiten ohne eine Motorabschaltung relativ groß. Die vollen Vorteile des Ecomatic-Betriebs könnten erst mit einer Motorvorwärmung genutzt werden. Geübte Fahrer erreichen Motorabschaltzeiten von bis zu 70% der Gesamtfahrdauer bei Kühlmitteltemperaturen zwischen 40° und 50° C. Eine Vorkonditionierung des Fahrzeuginnenraums ist eine Möglichkeit, die aus der verringerten Heizleistung resultierende Komforteinschränkung auszugleichen. Die Vorwärmung über einen Latentwärmespeicher ist bei einem Fahrzeug mit Ecomatic nicht sinnvoll, da die Kühlwassertemperatur z.T. unterhalb der Phasenwechseltemperatur des Speichersalzes liegt, und somit die Kapazität des Latentwärmespeichers nicht genutzt werden kann. In diesem Fall bleiben nur die Kopplung des Fahrzeugs mit der Infrastruktur oder ein benzinbetriebener Zuheizung für die Vorwärmung.

5.7.2 Beispiel Car-Sharing Konzept

Durch wechselnde Benutzer und die fehlende eindeutige Zuordnung des Fahrzeugs zu einem Fahrer besteht ein geringeres Interesse, mit dem Fahrzeug pfleglich umzugehen. Durch die Motorvorwärmung kann eine deutliche Verlängerung der Motorlebensdauer bei diesen Fahrzeugen erwartet werden.

Wegen der wechselnden Benutzer hat der Fahrer keine Kenntnis über vorangegangene Betriebszustände. Über eine Energieverbundkopplung kann das Fahrzeug während der Stillstandszeiten in einen nahezu konstanten Ausgangszustand versetzt werden. Die Batterie wird aufgeladen, so daß das Fahrzeug immer leicht anspringt. Der Fahrzeuginnenraum kann belüftet werden, damit vorangegangene Fahrten mit nasser Kleidung oder die Nutzung durch einen Raucher ect. den nachfolgenden Nutzer nicht stören. Die Überwachung bzw. Registrierung des Betankungszustands bei der Rückgabe des Fahrzeugs wird möglich. Diese Maßnahmen können Reibereien und Ärger unter den einzelnen Nutzern vermeiden und so eine höhere Akzeptanz der Car-Sharing Projekte erreichen.

Mit Hilfe der Kopplung können die gefahrenen Kilometer und die Leihdauer über eine Schnittstelle zum Tachometer erfaßt und an eine Zentrale übermittelt werden. Damit wird die Abrechnung vereinfacht bzw. die vollautomatische Abrechnung erst möglich. Außerdem ist

das Auslesen des fahrzeuginternen Fehlerspeichers möglich. So können Ferndiagnosen durchgeführt werden, um Inspektions- und Werkstattermine zu planen, und es besteht die Möglichkeit, defekte Fahrzeuge für den Entleihbetrieb zu sperren.

6 Akzeptanzuntersuchungen

Die Akzeptanz eines technischen Systems im Fahrzeug wird bei potentiellen Kunden durch mehrere Faktoren beeinflusst. Bei der Entscheidungsfindung werden Vor- und Nachteile eines Systems in Betracht gezogen. Die Einschätzung der Wirkung einzelner Faktoren auf den Kunden vor der Markteinführung fällt unterschiedlich schwer. Relativ gut zu bewerten sind die Einflüsse sogenannter harter, greifbarer Vor- und Nachteile. Diese lassen sich in Zahlen fassen. Preis, Verbrauchsminderung und Schadstoffausstoß gehören in diese Gruppe. Weiche Faktoren sind subjektive Einflüsse, die von Fahrer zu Fahrer unterschiedlich sind oder unterschiedlich bewertet werden. Gerade diese können für eine Kaufentscheidung ausschlaggebend sein. Als Beispiele sind hier der Komfortaspekt einer Fahrzeugvorwärmung und die im Realbetrieb eines Fahrzeugs schwer zu beziffernde Lebensdauererlängerung des Motors anzuführen. Aus diesen Gründen ist ein System wie eine Fahrzeugvorwärmung mit einer hohen Akzeptanzunsicherheit belegt, und das Kaufverhalten der Kunden kann nur schwer vorherbestimmt werden.

Zur Untersuchung der Akzeptanz einer externen Fahrzeugvorwärmung ist deshalb eine breit angelegte Umfrage durchgeführt worden. Diese umfaßte sowohl den privaten Pkw - Nutzer als auch Flottenbetreiber, um die Vor- und Nachteile der externen Fahrzeugvorwärmung zu beleuchten und einschätzen zu können.

Die Meinungen der Pkw Nutzer wurde in der Zeit von Juli bis Oktober 1996 mit einer Umfrage zur Akzeptanz und zu kundenorientierten Anforderungen an Energiekopplungen analysiert. Diese Analyse wurde in Form einer deutschlandweiten Fragebogenaktion sowie einer Messeumfrage auf der Hannovermesse 1997 durchgeführt. Die für Flottenbetreiber interessanten Aspekte einer Energieverbundkopplung wurde durch eine gezielte Befragung von technischem Personal von Flottenbetreibern, die eine Fahrzeugvorwärmung bereits einsetzen, herausgearbeitet.

6.1 Umfrageergebnisse

Bei der Fragebogenaktion wurden ein Fragebogen zusammen mit einer Beschreibung der automatischen Fahrzeugvorwärmung und ihren Vor- und Nachteilen innerhalb ganz Deutschlands verschickt bzw. verteilt. Dem Fragebogen lag ein Rückumschlag zur kostenfreien Rücksendung des ausgefüllten Fragebogens bei. Ein Teil der Fragebögen wurde auch per Fax verschickt bzw. beantwortet.

6.1.1 Fragebogen und Auswertung

Im ersten Teil des Fragebogens (siehe Anhang) werden Fragen zur Person des Befragten gestellt, um einen Überblick über die Befragtenstruktur zu bekommen. Der zweite Teil befaßt sich mit der Nutzung einer Fahrzeugvorwärmung durch zukünftige Käufer. Der anschließende Teil versucht die Wünsche der Kunden bezüglich der Ausstattungsdetails einer Vorwärmanlage zu erfassen. Die Frageblöcke vier und fünf befassen sich mit den

Punkten Platzbedarf, Wartung und Kosten einer Fahrzeugvorwärmung, d. h. mit den Nachteilen eines solchen Systems. Abschließend wird dem Befragten eine Beurteilung der Fahrzeugvorwärmung abverlangt. In einem separaten Feld ist Platz für Kommentare und eigene Anmerkungen.

Zur Auswertung kamen 573 Rückläufer. Bei der Messeumfrage auf der Hannovermesse 1997 wurden 80 Personen befragt, denen vorher sowohl eine automatische als auch eine manuelle Variante der Fahrzeugvorwärmung ausführlich erklärt und vorgeführt worden war. Die Demonstrationsanlagen sind in Kapitel 8 dargestellt.

Die Versendung erfolgte über Kontaktpersonen, die die weitere Verteilung vornahmen. Innerhalb von Aachen wurden die Fragebögen nach dem Zufallsprinzip in Briefkästen verteilt. Die ersten Rückläufer zeigten ein Übergewicht einzelner Bevölkerungsgruppen. Daraufhin wurden in der Innenstadt und in Einkaufszentren etc. Fragebogen gezielt an noch unterrepräsentierte Gruppen ausgegeben.

Die Auswertung der Fragebogenrückläufer erfolgte mit Hilfe der Statistik-Software SPSS. Die Antworten der Fragebögen wurden manuell in eine Eingabemaske eingegeben und standen anschließend für die umfassende Auswertung mit SPSS als Datensatz zur Verfügung.

Die Ergebnisse dieser Umfrage werden nachfolgend dargestellt. Zunächst wird die Zusammensetzung der Befragten analysiert, um zu überprüfen, ob der Querschnitt der Befragten repräsentativ ist. Abweichungen werden dabei näher betrachtet.

Die Antworten werden zunächst in deskriptiver Statistik ausgewertet, d. h. es werden prozentuale Angaben über die Antworten zu den einzelnen Fragen dargestellt.

Anschließend folgt eine Auswertung in selektiver Statistik, d. h. es werden Fragen miteinander verknüpft, um beispielsweise einzelne Gruppen betrachten zu können. Auffällige Ergebnisse aus dieser Auswertung werden näher beschrieben.

6.1.2 Befragtenstruktur

In diesem Abschnitt wird ein Überblick über die Zusammensetzung der befragten Personen bezüglich des Alters, des Geschlechts und weiterer Merkmale gegeben. Abweichungen in der Struktur der Befragten vom Bevölkerungsquerschnitt können zu Verfälschungen der Gesamtaussage führen, wenn die Meinungen der einzelnen Gruppen stark voneinander abweichen. Andererseits können auch aus Verschiebungen der Verhältnisse der befragten Gruppen zwischen ausgegebenen und zurückerhaltenen Fragebögen Schlüsse für das Ergebnis der Umfrage gezogen werden. Die folgenden Abbildungen zeigen die Verteilung der Geschlechter und die Altersstruktur derjenigen, die den Fragebogen beantwortet zurückgeschickt haben. Diese Personen werden nachfolgend als „Befragte“ bezeichnet.

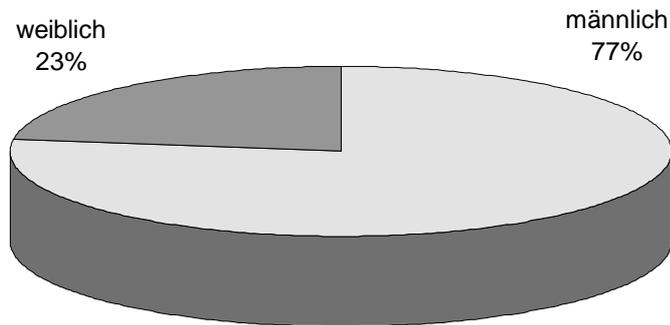


Abb. 6-1: Geschlecht der Befragten

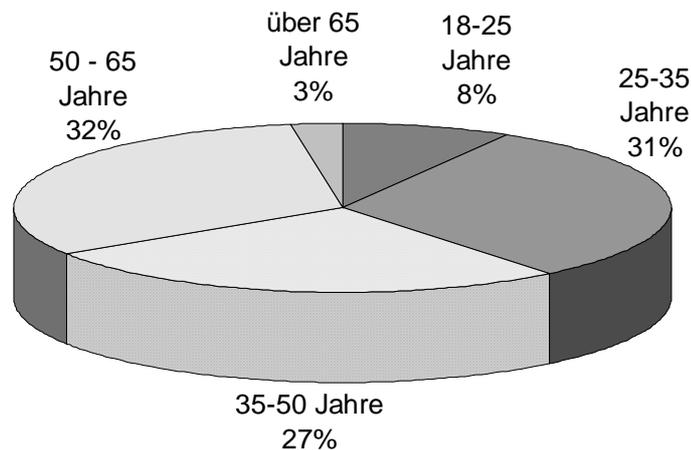


Abb. 6-2: Altersstruktur der Befragten

Abb. 6-1 zeigt, daß der überwiegende Teil der Fragebögen von Männern ausgefüllt wurde. Die Altersstruktur der Befragten geht aus Abb. 6-2 hervor. Die Gruppen „25 - 35“, „35 - 50“ und „50 - 65“ sind relativ gleichmäßig vertreten. Die Altersgruppen 18 - 25 und über 65 sind demgegenüber unterrepräsentiert. Nach der Auswertung der ersten Rückläufer wurden gezielt Frauen und die Altersgruppen „18 - 25 Jahre“ und „über 65 Jahre“ angesprochen und gebeten, den Fragebogen auszufüllen. Aus Markierungen auf den Bögen ließ sich aber erkennen, daß beispielsweise ein erheblicher Teil der gezielt an Frauen ausgegebenen Fragebögen trotzdem von Männern ausgefüllt zurückgesendet wurde, und daß die Rücklaufquote dieser Aktion geringer war als die der Gesamtktion, so daß die Befragtenstruktur nicht im gewünschten Maß korrigiert werden konnte.

Damit diese Verschiebung nicht zu verzerrten Aussagen führt, sind Angaben in der Auswertung zusätzlich nach Gruppen aufgeschlüsselt, so daß Ungleichmäßigkeiten zu erkennen sind.

Die Fahrleistung der Befragten ist verglichen mit dem bundesdeutschen Querschnitt überdurchschnittlich. Der Fragebogen ist anscheinend von Personen, die das Fahrzeug häufig brauchen bzw. benutzen, bevorzugt ausgefüllt worden. Die Verteilung der Fahrleistung ist in Abb. 6-3 dargestellt.

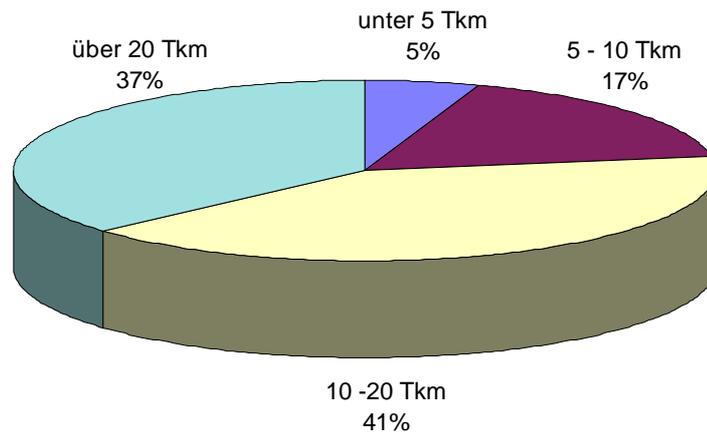


Abb. 6-3: Jährliche Fahrleistung der Befragten

Die Teilnehmer der Umfrage waren aufgefordert, Angaben zu ihrem technischen Verständnis zu machen. Die Übersicht in Abb. 6-4 zeigt, daß überproportional viele Personen, die beruflich im Bereich Fahrzeugtechnik beschäftigt sind, an der Umfrage teilgenommen haben. Diese Gruppe der Befragten hat sich insgesamt als die kritischste Gruppe in der Umfrage herausgestellt, so daß das Ergebnis der Umfrage tendentiell zu kritisch und keinesfalls beschönigend ausfällt .

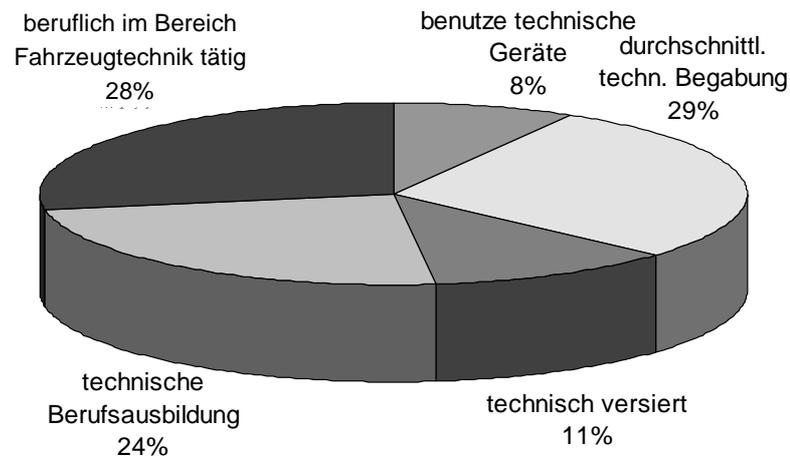


Abb. 6-4: Übersicht über die eigene Einschätzung des technischen Verständnisses der Befragten

Diese Verschiebungen der Befragtenstruktur relativ zur Bevölkerungsstruktur erfordern eine Auswertung, die nach Gruppen getrennt betrachtet wird. Die Auswirkungen werden im folgenden Kapitel 6.1.3 betrachtet.

6.1.3 Akzeptanz

Die Akzeptanz der Befragten für eine externe Fahrzeugvorwärmung wird nachfolgend durch die Beantwortung der Frage: „Würden Sie die Fahrzeugvorwärmung benutzen / kaufen?“ mit „ja“ definiert. Diese Frage ist am Ende des Fragebogens plziert, so daß der Befragte sich bis dahin ausgiebig mit der Thematik beschäftigt hat. Die Relevanz dieser Frage für die Akzeptanz kann mit Kontrollvergleichen mit anderen Fragen des Fragebogens verifiziert werden. So halten nur 1,8% derjenigen, die die oben genannte Frage mit ja beantwortet haben, eine externe Fahrzeugvorwärmung für nicht sinnvoll und 97% würden die Weiterentwicklung zur Serienreife begrüßen.

Abb. 6-5 zeigt die Akzeptanz aller Befragten verglichen mit den Akzeptanzen der einzelnen Bevölkerungsgruppen. Daraus ist zu ersehen, daß die Akzeptanz über alle Gruppen relativ gleichmäßig ist. Die Abweichungen bewegen sich in einem so engen Fenster, daß die Gesamtakzeptanz von 77% der Befragten als unabhängig von den Verschiebungen in der Befragtenstruktur angesehen werden kann. Der dadurch entstehende Fehler kann vernachlässigt werden.

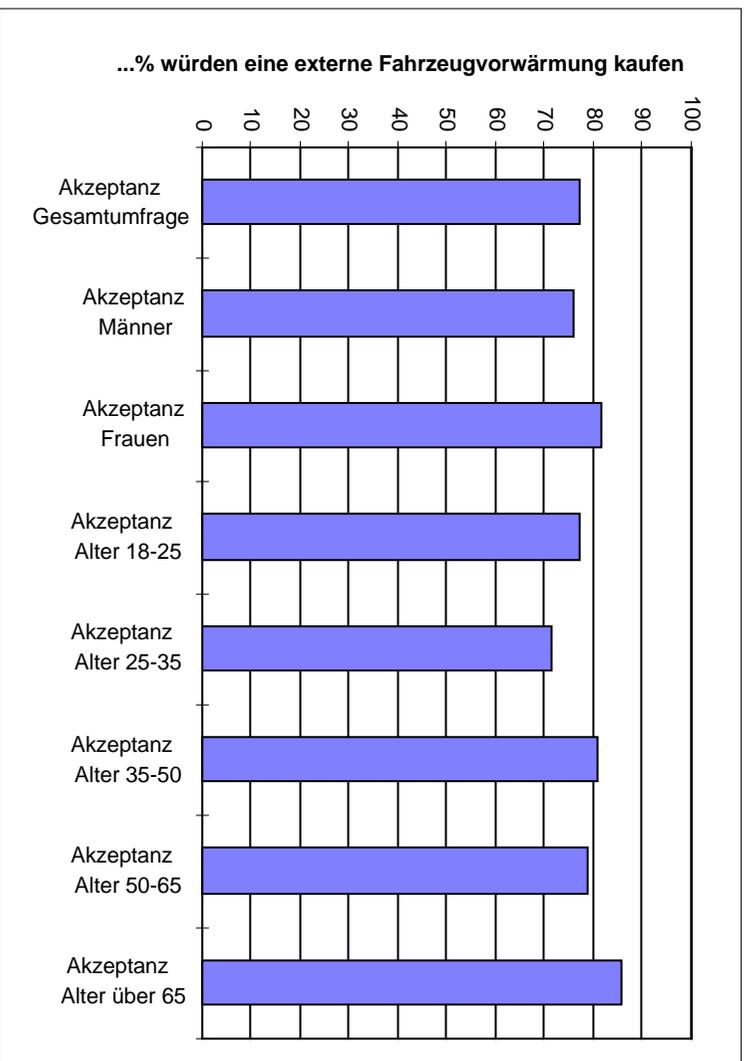


Abb. 6-5: Akzeptanz der Befragten nach Bevölkerungsgruppen aufgeschlüsselt

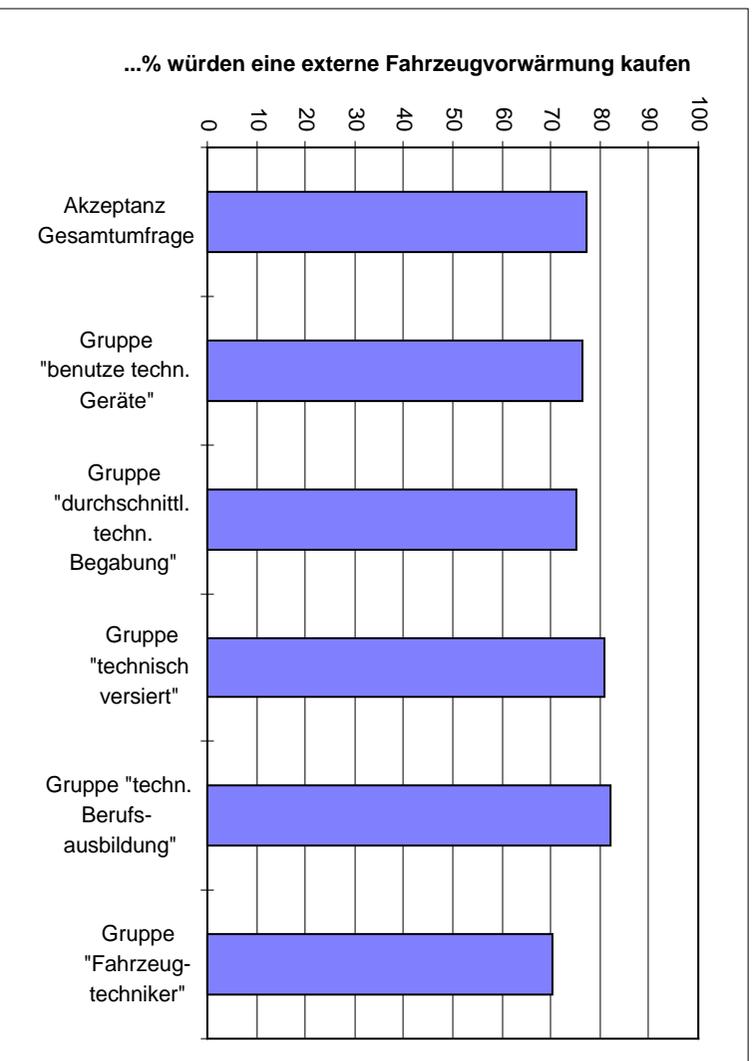


Abb. 6-6: Akzeptanz nach dem technischen Verständnis der Befragten aufgeschlüsselt

Die Abb. 6-6 stellt die Akzeptanz einer externen Fahrzeugvorwärmung, die zentrale Frage der Untersuchung, über dem technischen Verständnis der Befragten dar. Hieraus ist zu ersehen, daß die Akzeptanz gruppenunabhängig relativ konstant ist. Die Fahrzeugtechniker stellen aber in diesem relativ engen Fenster die Gruppe mit der geringsten Akzeptanz dar, so eine Verfälschung durch die Überrepräsentanz keinesfalls zu einer beschönigenden Aussage führt.

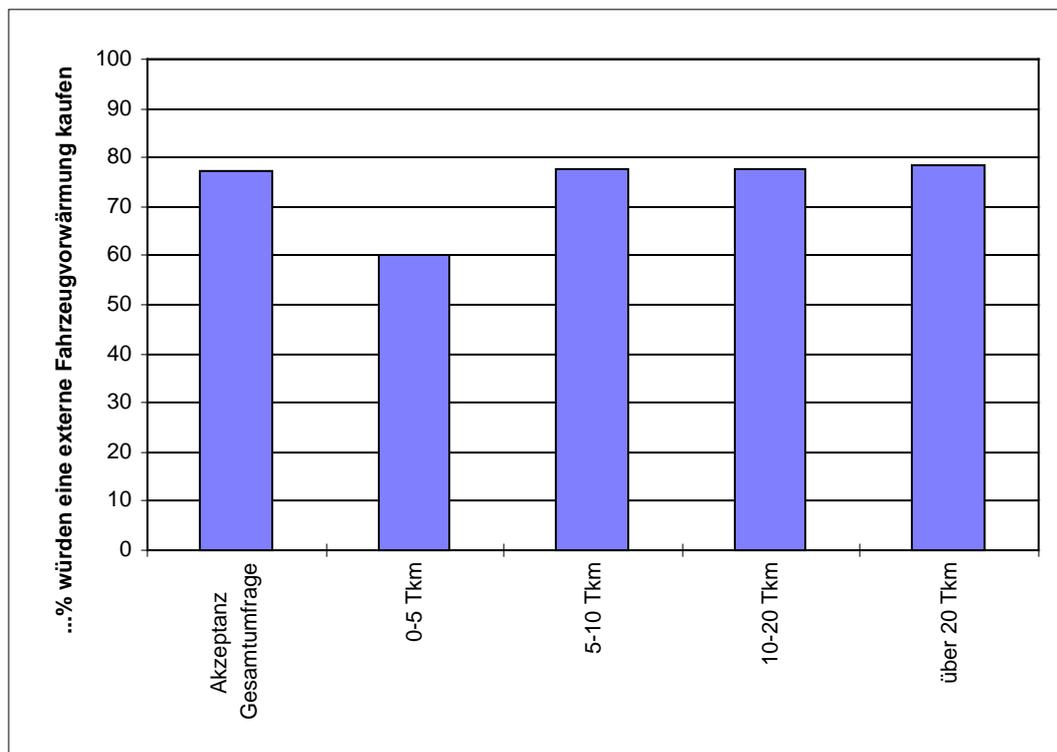


Abb. 6-7: Akzeptanz je nach jährlicher Fahrleistung

Auch die jährliche Fahrleistung der Befragten hat keine Auswirkungen auf die Akzeptanz der Befragten. Lediglich die Fahrer mit extrem geringer Fahrleistung unter 5000 km/Jahr zeigen eine deutlich geringere Akzeptanz als der Rest der Befragten. Gerade diese Gruppe hätte aber die höchsten Vorteile durch eine Fahrzeugvorwärmung bzw. eine Energieverbundkopplung. Diese Fahrer sind aber auch prädestinierte Kandidaten für Car-Sharing-Projekte, so daß sie hier weitere Vorteile durch eine Fahrzeugkopplung hätten (siehe 5.7.2).

Insgesamt läßt sich feststellen, daß die bei den Rücklaufem beobachteten Abweichungen der Befragtenstruktur vom Bevölkerungsquerschnitt nur geringe Auswirkungen auf die Gesamtaussage der Umfrage haben, so daß sie vernachlässigt werden können. Auf auffällige Abweichungen wird gesondert eingegangen.

Insgesamt 77% der Befragten würden in der Umfrage eine Fahrzeugvorwärmung kaufen und einsetzen. Diese Quote ist für eine Sonderausstattung eines Fahrzeugs als sehr hoch zu bewerten. Die tatsächliche Quote bei einer Markteinführung wird mit Sicherheit geringer

sein, das Potential einer externen Fahrzeugvorwärmung wird aber durch die Akzeptanz in der Umfrage deutlich herausgestellt.

6.1.4 Deskriptive Statistik

In der deskriptiven Statistik werden die Antworten der Gesamtheit der Befragten auf die bisher nicht behandelten Fragen als prozentuale Angaben dargestellt.

Die Frage nach den Gründen für die Anschaffung einer Fahrzeugvorwärmung kann entscheidende Hinweise für zukünftige Marketingstrategien geben. In Abb. 6-8 ist die Beurteilung der einzelnen Vorteile einer Fahrzeugvorwärmung durch die Befragten zu sehen. Da bei dieser Frage Mehrfachnennungen zugelassen waren, addieren sich die Prozentzahlen zu mehr als 100%.

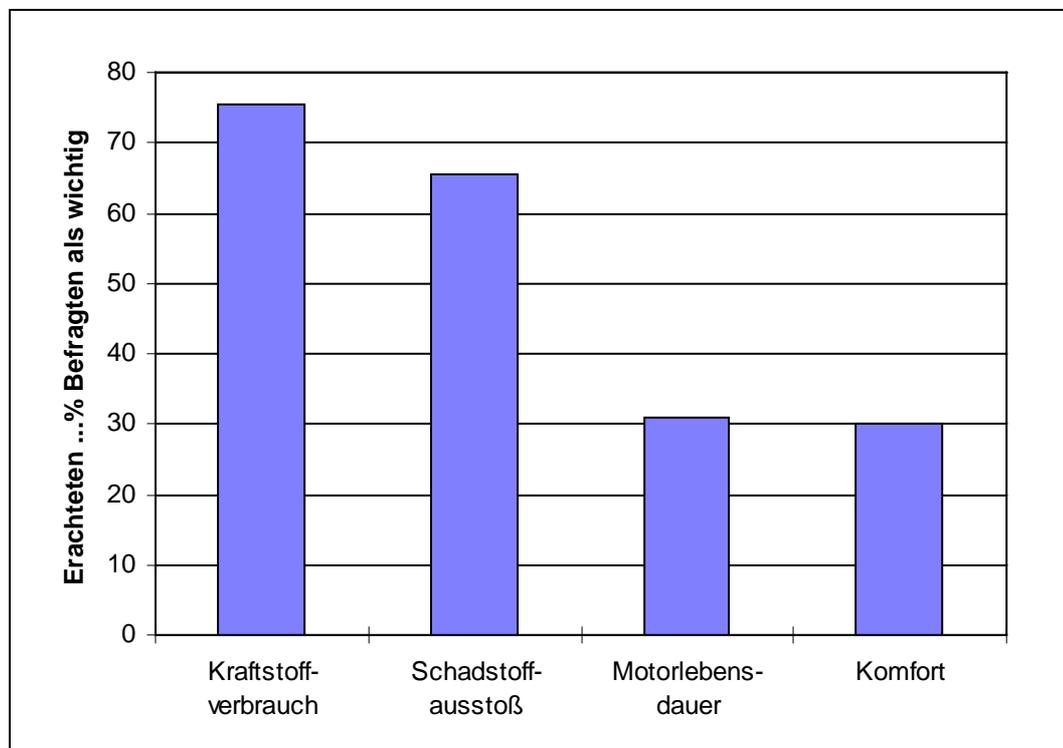


Abb. 6-8: Bewertung der Vorteile einer Fahrzeugvorwärmung

Die „Umweltkriterien“ Kraftstoffverbrauch und Schadstoffausstoß werden von den Befragten am höchsten bewertet. Erstaunlicherweise erreicht die nur sehr schwer zu beziffernde Verlängerung der Motorlebensdauer eine geringfügig höhere Wertung als der Komfort der Insassen. Diese Aussage lässt sich allerdings mit einer Fangfrage relativieren. Immerhin 65% der Befragten gaben in der folgenden Frage an, die Fahrzeugvorwärmung nur im Winter bzw. in der kalten Jahreszeit nutzen zu wollen. Da in der Systembeschreibung ausdrücklich auch auf die Effekte bei höheren Umgebungstemperaturen hingewiesen worden war, scheint ein Teil der Befragten nicht die tatsächlichen Beweggründe aufgeführt zu haben.

Die Befragten geben im Durchschnitt an, die Fahrzeugvorwärmung 3,0-mal pro Tag nach einer längeren Stillstandsdauer einsetzen zu können. Die Anzahl der im Schnitt in Deutschland durchgeführten Fahrten pro Tag beträgt 3,8 Wege/Tag [DIW95]. Das Ergebnis der Umfrage erscheint also plausibel. Die mittlere Weglänge der einzelnen Fahrt beträgt 10 km. Die Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und des Schadstoffausstoßes auf den ersten 4 - 6 km bei mehr als dreiviertel aller Fahrten würde bei einer entsprechenden Verbreitung der Fahrzeugvorwärmung auf einem erheblichen Anteil der gesamt zurückgelegten Wegstrecke wirksam werden.

Die Fragen zur Ausstattung und Bedienung der Fahrzeugvorwärmung zeigen in der Auswertung, daß die Kunden eine Fahrzeugvorwärmung möglichst als einfaches, technisch nicht zu kompliziert aufgebautes System haben wollen. So können sich nahezu doppelt so viele Befragte einen Bremsklotz oder eine Bodenschwelle vor den Rädern als Einparkhilfe eher vorstellen als eine universellere und technisch elegantere Entfernungsanzeige. Die Meinungen der Befragten sind in Abb. 6-9 zu sehen.

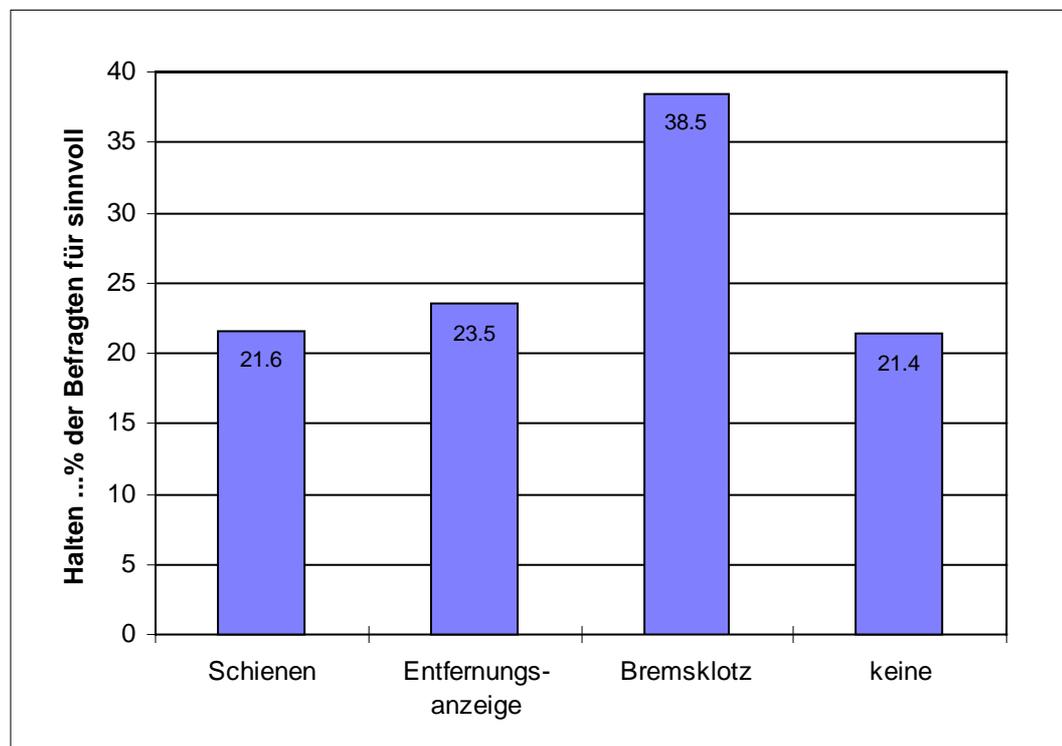


Abb. 6-9: Sinnvolle Hilfestellungen zum positionsgenauen Parken vor der Station

Funktionen, die hingegen gefragt sind, hängen mit der Bedienung der Vorwärmung zusammen. Die größte Zustimmung fand die Fernsteuerung zum Starten der Vorwärmung aus der Distanz. Nahezu ebenso häufig wurde das Blockieren der Anlage für den Fall befunden, daß das Fahrzeug eine ausreichende Temperatur aufweist.

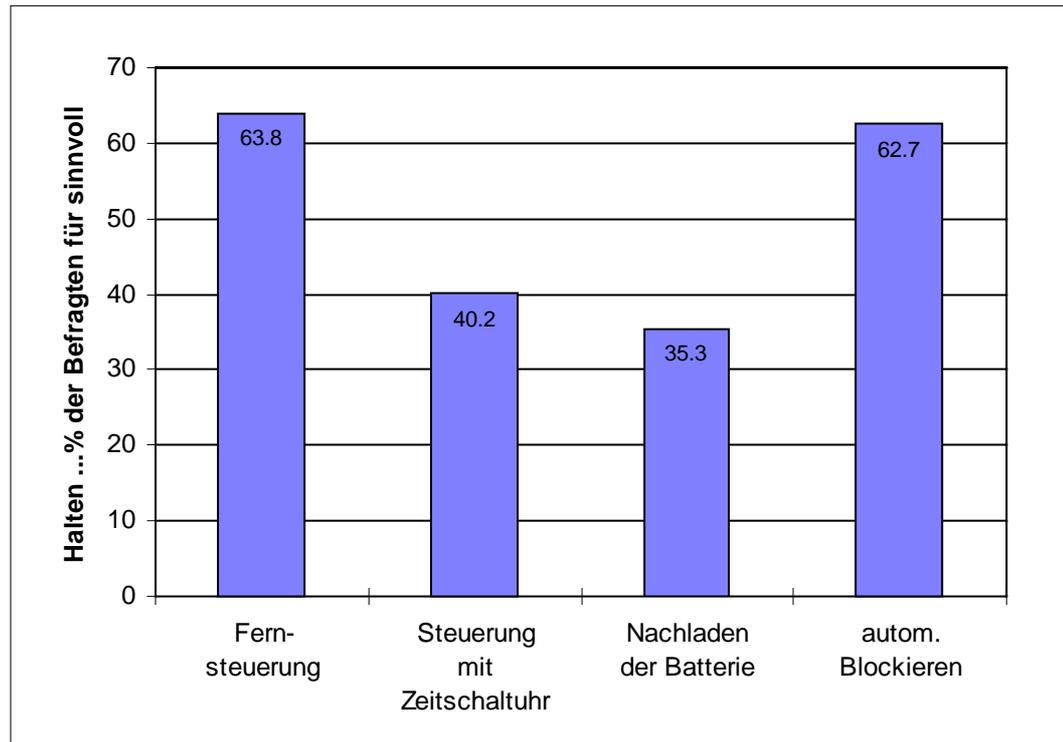


Abb. 6-10: Welche Zusatzfunktionen sollte die Vorwärmstation haben?

In der Frage nach der Bereitschaft die Kopplung auch manuell vorzunehmen, zeigt sich wieder die Tendenz hin zu einfachen unkomplizierten Systemen. Die Abb. 6-11 zeigt die Verteilung. Die Bereitschaft zur manuellen Kopplung ist mit über zwei Dritteln der Befragten sehr hoch.

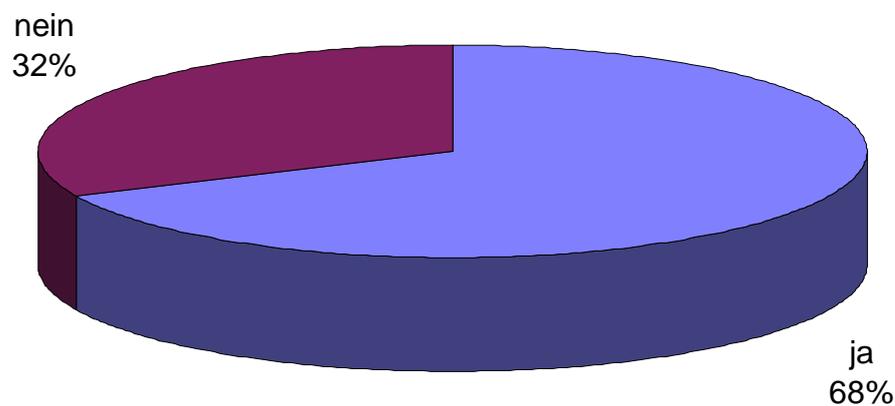


Abb. 6-11: Bereitschaft der Befragten, die Kopplung manuell vorzunehmen

Die Wartung des stationären Teils einer Fahrzeugvorwärmung durch einen Fachbetrieb fänden knapp ein fünftel der Befragten akzeptabel. Der Rest der Befragten stellt sich eine Eigenwartung oder sogar ein völlig wartungsfreies System vor.

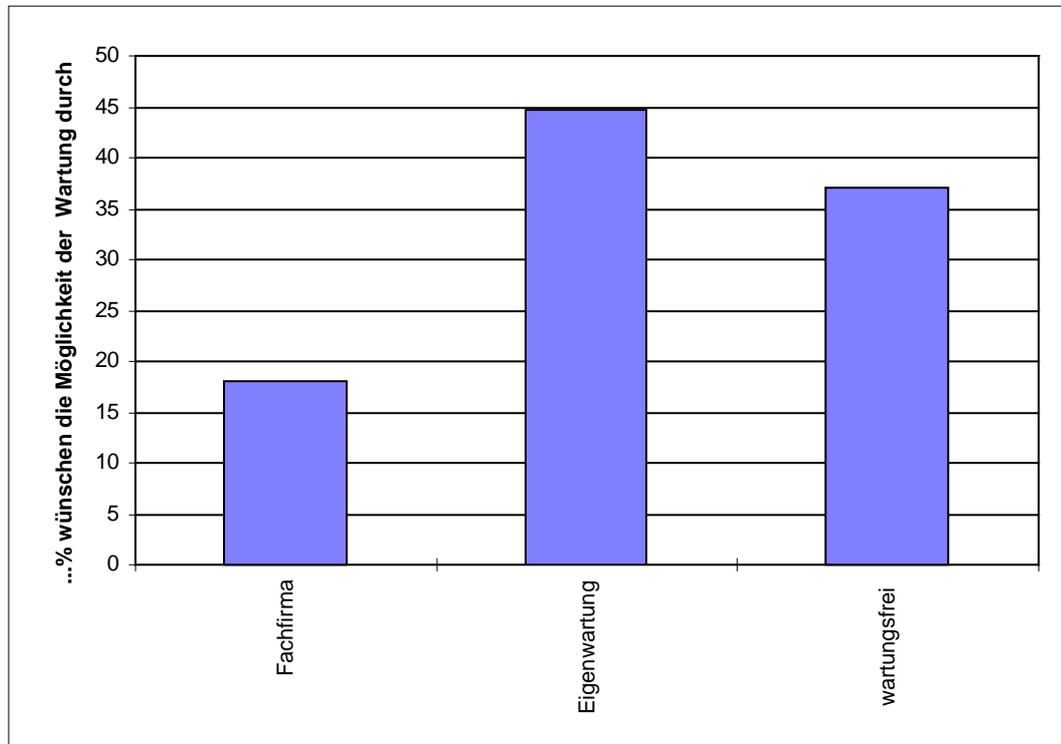


Abb. 6-12: Akzeptanz der Wartungsform

Der Platzbedarf des stationären Teils kann bei 72% der Befragten dagegen äquivalent zu einem Rasenmäher oder zwei Fahrrädern sein, scheint also zumindest für Garagenbesitzer kein Ausschlußkriterium darzustellen.

Die meisten Befragten können sich den Einbau in den Fahrzeugklassen Oberklasse (z.B. Audi A8, BMW 7-er, Mercedes S-Klasse), obere Mittelklasse (z.B. Audi A6, BMW 5-er, Mercedes E-Klasse) und Mittelklasse (z.B. Audi A4, BMW 3-er, Mercedes C-Klasse) vorstellen. In der unteren Mittelklasse (z.B. VW Golf, Opel Astra, Ford Escort) und Kompaktklasse (z.B. VW Polo, Opel Corsa, Ford Fiesta) können sich deutlich weniger Umfrageteilnehmer den Einsatz der Fahrzeugvorwärmung vorstellen.

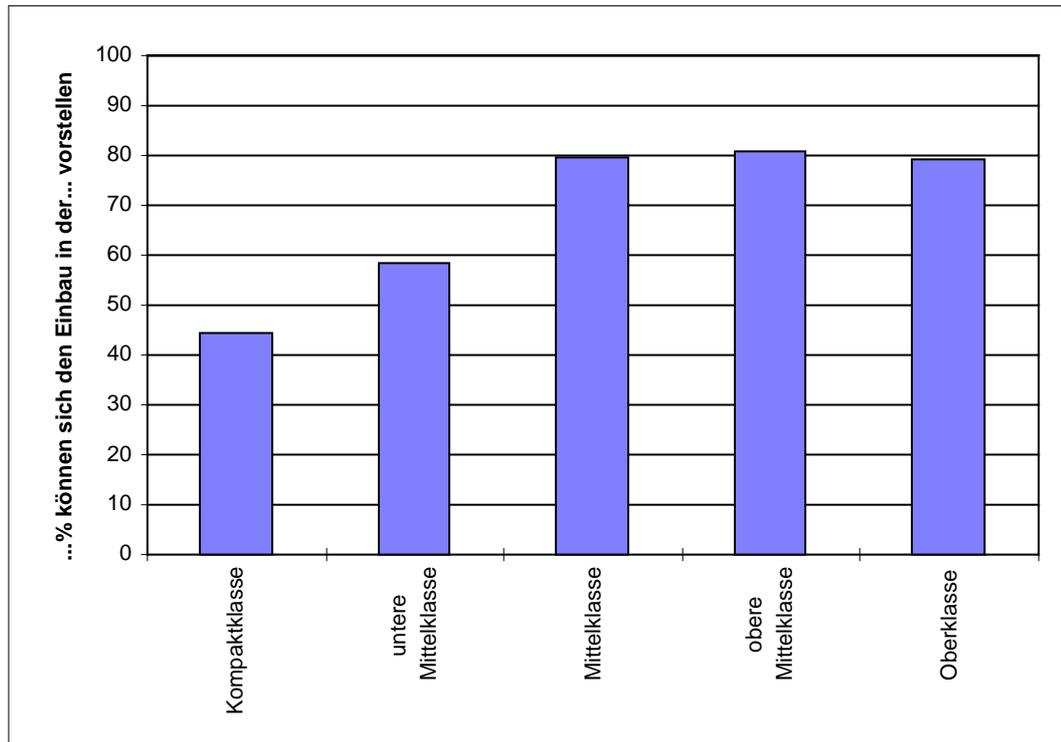


Abb. 6-13: In welcher Fahrzeugklasse soll eine Fahrzeugvorwärmung eingesetzt werden?

Die Preisvorstellungen der Befragten in der Umfrage sind für Station und die fahrzeugseitigen Einbauten in Abb. 6-14 zusammengefaßt dargestellt. Die getrennten Kostenvorstellungen für Station und Fahrzeugeinbauten sind im Anhang dargestellt.

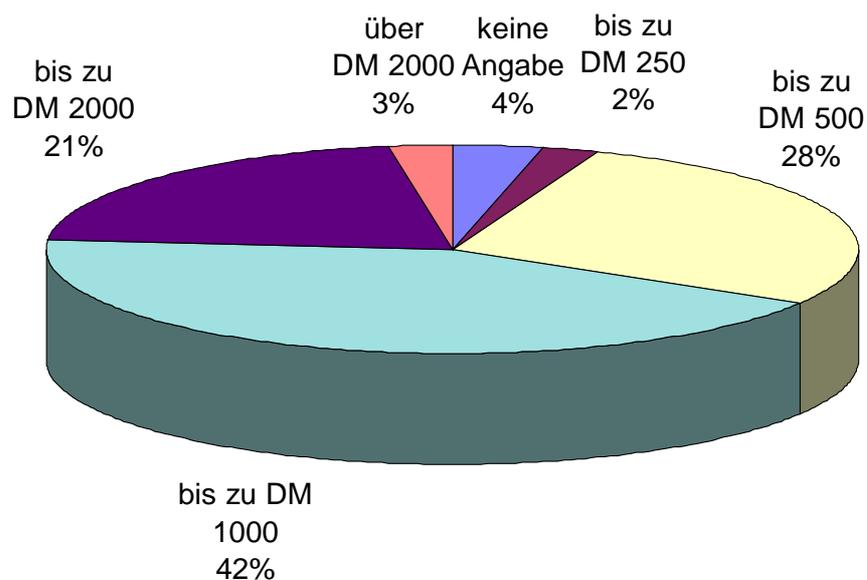


Abb. 6-14: Kostenvorstellungen der Befragten für Station und Fahrzeugeinbauten

In der Beurteilung der Thematik im letzten Abschnitt des Fragebogens befanden 9% der Befragten das System als nicht sinnvoll. 53% schätzten eine Fahrzeugvorwärmung als eindeutig sinnvoll ein, während 38% sich nicht sicher waren. Eine Weiterentwicklung zur Serienreife würden 87% befürworten und 77% der Befragten würde sie auch kaufen bzw. nutzen. 31% würden eine Fahrzeugvorwärmung sogar nachrüsten und 78% sind für die Einführung eines flächendeckenden einheitlichen Systems, das die Vorwärmung auch an anderen Orten als der eigenen Garage erlaubt.

6.1.5 Selektive Statistik

Um Fragen miteinander verknüpfen zu können, ist es sinnvoll, nur einen Teil der Fragebögen getrennt zu betrachten.

So ergeben sich beispielsweise noch aussagekräftigere Ergebnisse, wenn nur diejenigen betrachtet werden, die eine externe Fahrzeugvorwärmung tatsächlich kaufen und nutzen wollen. Dazu werden die Fragebögen anhand der Frage „Würden Sie die Fahrzeugvorwärmung benutzen/kaufen?“ in „potentielle Nutzer“ und „nicht Akzeptierende“ aufgeteilt und noch mal ausgewertet. Fragen, bei denen sich auffällige Abweichungen zwischen diesen Gruppen ergeben haben, werden nachfolgend dargestellt.

Zwischen den beiden Gruppen besteht ein deutlicher Unterschied in der Bereitschaft, eine Fahrzeugvorwärmung ganzjährig einzusetzen. Knapp 40% der potentiellen Nutzer würden die Vorwärmung ganzjährig benutzen. Aus der Auswertung der Kommentare zeigt sich, daß viele Befragte den Nutzen nur im Winter sehen. Hier könnte die Quote durch eine entsprechende Aufklärung verbessert werden, sofern es sich bei diesen Personen nicht um reine „Komfortsuchende“ handelt.

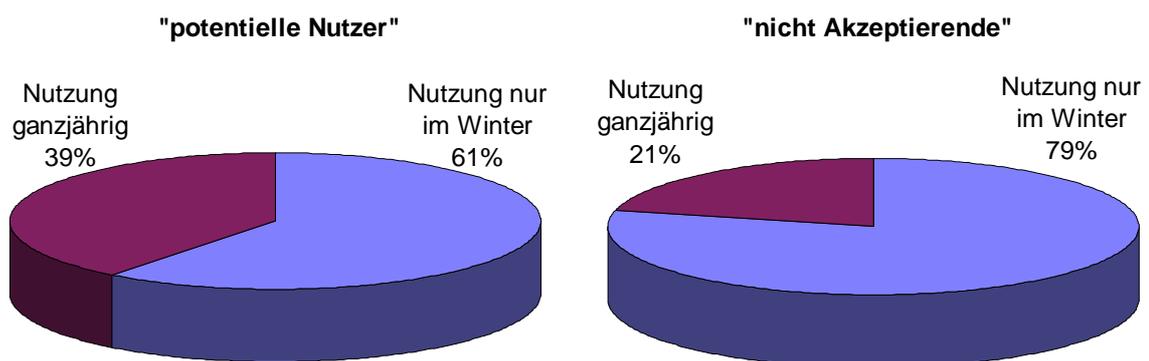


Abb. 6-15: Nutzungsbereitschaft der „potentiellen Nutzer“ und der „nicht Akzeptierenden“

Die potentiellen Nutzer zeigen ein jeweils zwischen 10% und 20% höheres Interesse an Funktionen wie der Fernsteuerung und der Zeitschaltuhr oder Einparkhilfen.

Ein eindeutiger Unterschied besteht auch in der Bereitschaft zur manuellen Kopplung. Diese wird in Abb. 6-16 gegenübergestellt.

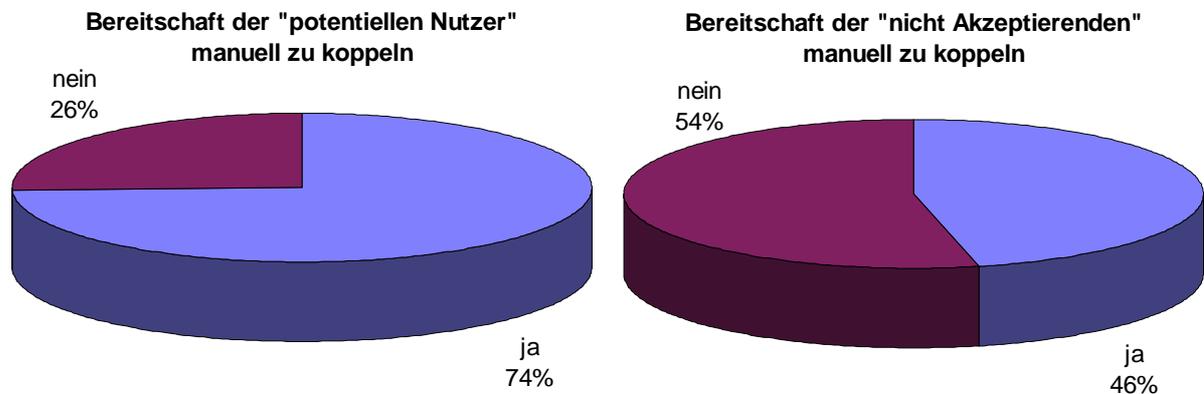


Abb. 6-16: Bereitschaft der „potentiellen Nutzer“ und der „nicht Akzeptierenden“ manuell zu koppeln

Die potentiellen Nutzer zeigen auch eine höhere Bereitschaft, die Wartung einer Vorwärmstation zu akzeptieren. Der Anteil derjenigen, die die Wartung durch eine Fachfirma akzeptieren, ist ungefähr gleich, bei den potentiellen Nutzern ist die Gruppe derjenigen die eine Eigenwartung durchführen wollen, erheblich größer. Die Verteilung zeigt Abb. 6-17.

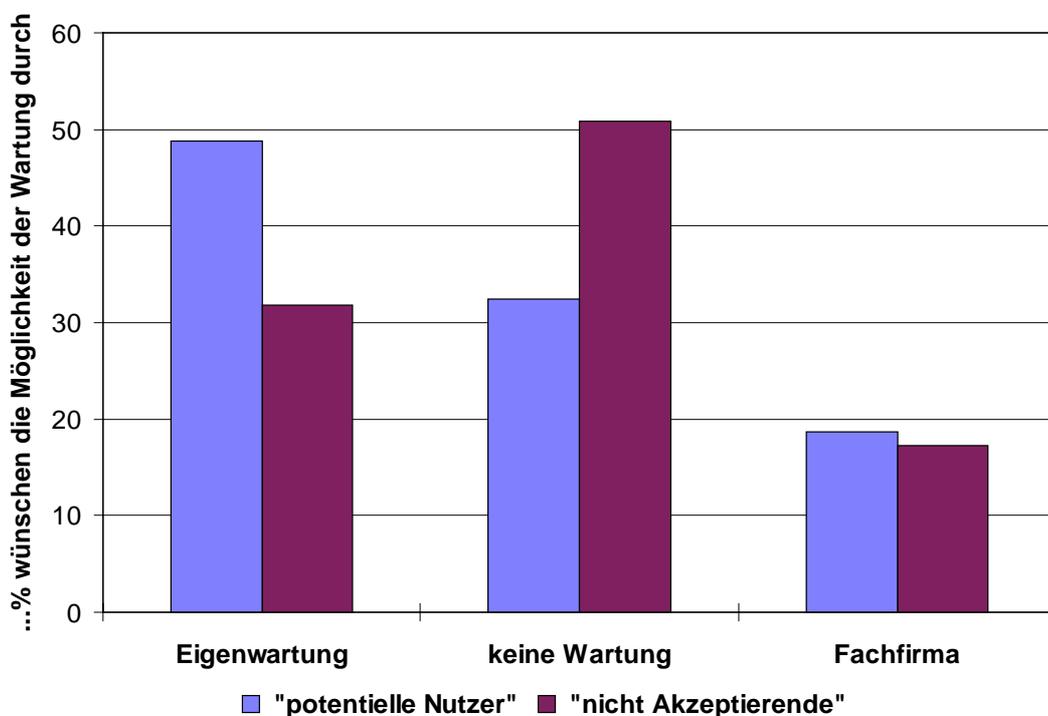


Abb. 6-17: Akzeptanz der Wartungsform der „potentiellen Nutzer“ und der „nicht Akzeptierenden“

Die „potentiellen Nutzer“ sind zu 77% bereit, die „Rasenmähergröße“ zu akzeptieren. Auch dieser Prozentsatz ist höher als der der Gesamtumfrage.

Deutliche Unterschiede ergeben sich auch in der Beurteilung der externen Fahrzeugvorwärmung.

In sind Abb. 6-18 die Beurteilungen der beiden Gruppen über den Sinn einer Fahrzeugvorwärmung dargestellt.

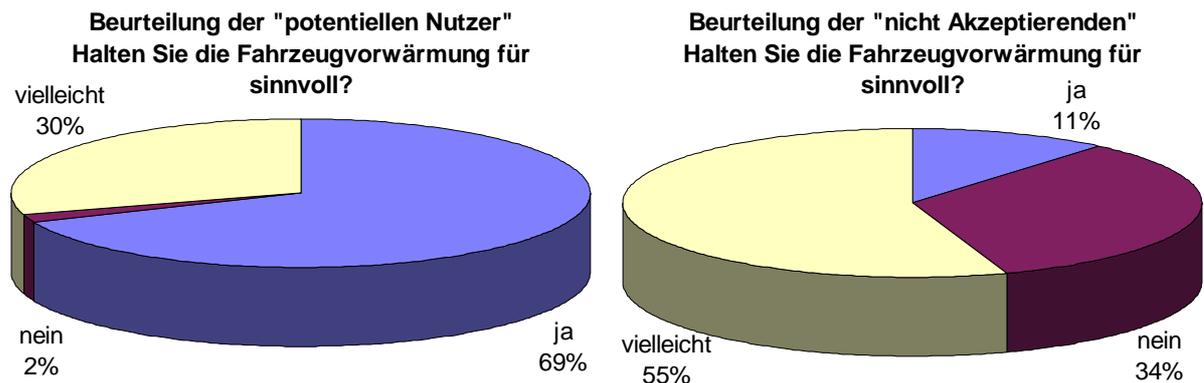


Abb. 6-18: Beurteilung der Befragten über den Sinn einer Fahrzeugvorwärmung

Auch die Weiterentwicklung zur Serienreife würde fast allen „potentiellen Nutzern“ begrüßt, während der Rest der Befragten zur Hälfte sogar gegen eine Fortführung votiert.

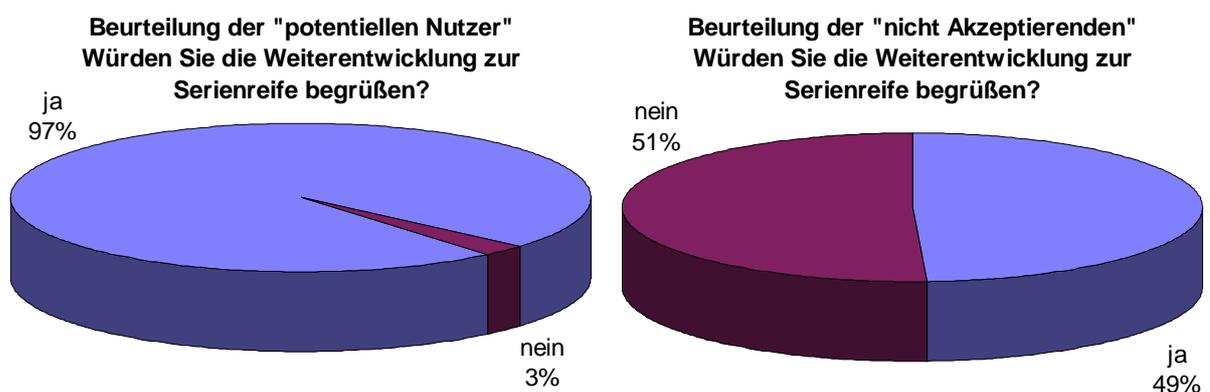


Abb. 6-19: Meinungen zur Weiterentwicklung bis zur Serienreife

Auffällig sind auch die Unterschiede in der Frage der Nachrüstung eines vorhandenen Fahrzeugs. Die „nicht Akzeptierenden“ würden zu 100% eine Vorwärmung keinesfalls nachrüsten. In dieser eindeutigen und logischen Aussage bestätigt sich die Aufspaltung in die Gruppen der „potentiellen Nutzer“ und der „nicht Akzeptierenden“. Über 40% der

„potentiellen Nutzer“ würde eine Vorwärmung auch nachrüsten. Damit könnte eine Fahrzeugvorwärmung auch für den Zubehörmarkt interessant sein.

Die Frage nach der Einführung eines einheitlichen, eventuell sogar genormten Systems zur Verwendung auch in Parkhäusern und am Arbeitsplatz wurde von 87% der „potentiellen Nutzer“ positiv beantwortet. Hier zeigt sich der Wunsch nach einer vielerorts nutzbaren Lösung, der bei einer Kaufentscheidung für eine Standheizung oder einen Latentwärmespeicher spricht.

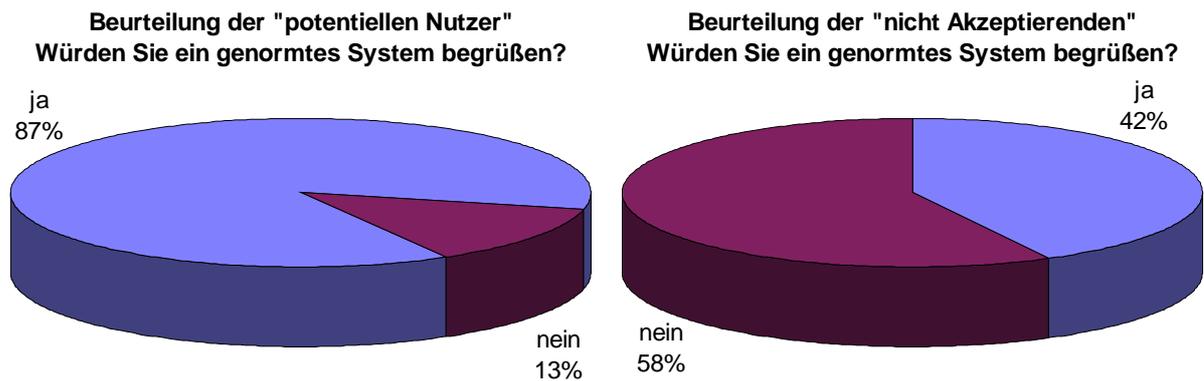


Abb. 6-20: Meinungen zur Einführung eines einheitlichen überall verfügbaren Systems

6.1.6 Hannovermesse

Die Thematik „Akzeptanz Energieverbund“ und die externe Fahrzeugvorwärmung waren ein Teil der Ausstellung des Instituts für Kraftfahrwesen Aachen auf der Hannovermesse 1997.

In einer Fragebogenaktion kann nicht ausgeschlossen werden, daß die Teilnehmer falsche Vorstellungen von dem beschriebenen System haben. Ohne die Vorführung einer Demonstrationsanlage kann nicht zwingend von einer realistischen Einschätzung der Thematik ausgegangen werden.

Durch die Ausstellung auf dem Freigelände der Messe konnte Besuchern des Stands die Thematik ausführlich erklärt und vorgeführt werden. Die Besucher hatten die Möglichkeit, die Fahrzeugvorwärmung selbst zu bedienen und anzuschließen. Eventuell offengebliebene Fragen der Besucher konnten geklärt, und falsche Vorstellungen der Befragten über die Größe und die Bedienung der Vorwärmstation ausgeschlossen werden.



Abb. 6-21: „Akzeptanz Energieverbund“ auf der Hannover Messe 1997

Die Ergebnisse der Umfrage auf der Hannovermesse korrelieren trotz der unterschiedlichen Voraussetzungen sehr gut mit denen der Fragebogenaktion. In Abb. 6-22 ist exemplarisch die Akzeptanz aller Befragten, sowie die der Techniker (Personen mit technischer Berufsausbildung und Fahrzeugtechniker) für eine externe Fahrzeugvorwärmung auf der Hannovermesse der der Fragebogenaktion gegenübergestellt. Die geringen Abweichungen zeigen die Übereinstimmung der Aussagen der beiden Aktionen.

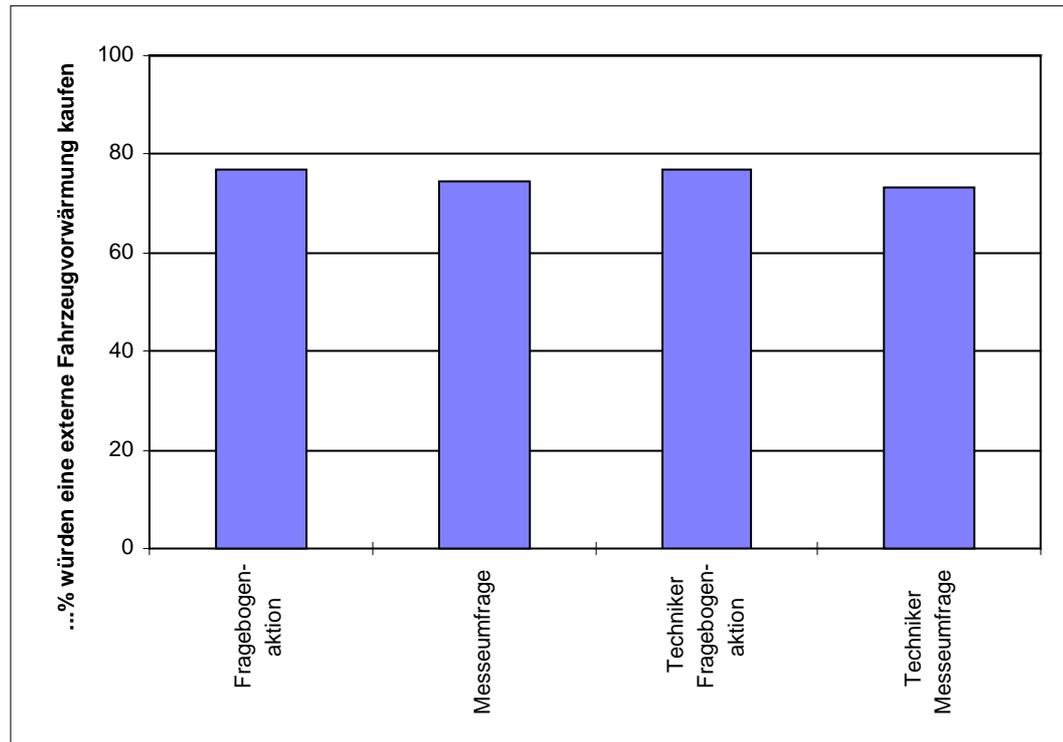


Abb. 6-22: Vergleich der Akzeptanz zwischen Hannovermesse und Fragebogenaktion

In einzelnen Fragestellungen können jedoch Abweichungen beobachtet werden. Durch die Vorführung war ein erheblich größerer Teil der Befragten bereit, manuell zu koppeln. Die einfache Handhabung des manuellen Kupplungskopfes war überzeugend. In Abb. 6-23 sind die Bereitschaften zur manuellen Kopplung bei beiden Aktionen gegenübergestellt.

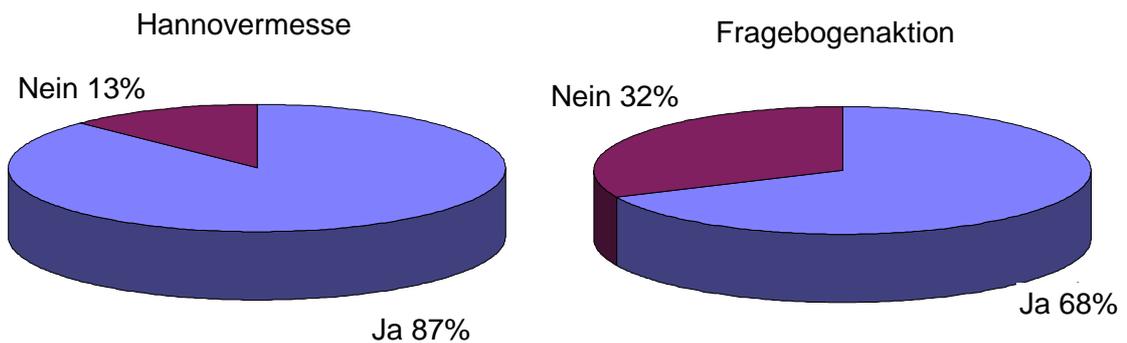


Abb. 6-23: Vergleich der Bereitschaft manuell zu koppeln der Hannovermesse und der Fragebogenaktion

Durch die Vorführung sind die befragten Personen realistischer in der Einschätzung der eigenen Einparkgenauigkeit. Im Gegensatz zur Fragebogenaktion mit ca. 30 % meinen nur noch 15% der Befragten, ohne eine Einparkhilfe auszukommen.

In den Kommentaren der Besucher des Stands wurde eine ausgesprochen hohe Akzeptanz bis hin zu ausgesprochener Begeisterung über die manuelle Kopplung verzeichnet. Die Aussage eines Befragten „Roboter sehe ich hier überall, aber das ist mal was praxisgerechtes“ gibt die Meinung vieler Besucher zusammengefaßt wieder.

Die Aussagen der Personen, die die Anlage demonstriert bekommen haben, bestätigen auf jeden Fall die Ergebnisse der Fragebogenaktion. Die Beschäftigung mit der Thematik nur anhand der Unterlagen aus der Fragebogenaktion führt zu nur geringen Abweichungen gegenüber Befragten, denen die Thematik „greifbar“ vorgeführt wurde.

6.1.7 Kommentare der Befragten

Die Kommentare der Befragten in dem entsprechenden Feld auf dem Fragebogen lassen sich zwar nicht statistisch erfassen, können aber doch zusätzliche interessante Informationen für das Ergebnis der Umfrage beisteuern.

Auffällig ist, daß vorwiegend die Gruppe der „Nichtakzeptierenden“ das Feld für eigene Kommentare genutzt hat. Dementsprechend kritisch fallen sie auch aus. Gerade hieraus lassen sich aber Schlüsse über die Gründe dieser Gruppe ziehen, die für eine zukünftige Vermarktung relevant sein könnten.

Die häufigsten Kommentare waren:

- Eine externe Fahrzeugvorwärmung ist nur etwas für Garagenparker.
- Eine Standheizung ist überall verfügbar.
- Die elektrische Lösung mit einem „Tauchsieder“ (Blockheizgerät) ist preiswerter.
- Dann lieber gleich ein Elektrofahrzeug

Auf der anderen Seite wurde die nachfolgende Aussage häufiger beobachtet:

- Für die Umwelt kann nicht genug gemacht werden / muß mehr gemacht werden. Das System finde ich gut.

Schlüsse lassen sich auch aus der Betrachtung der Rücklaufquoten ziehen. Beispielsweise wurde eine Verweigerung der Teilnahme an der Umfrage durch Mitglieder von Umweltschutzorganisationen beobachtet.

Aus den Rücklaufquoten ist erkennbar, daß Frauen sich mit der Thematik Fahrzeugvorwärmung anscheinend weniger gerne beschäftigen.

Leider gab es auch keine Rückläufer von Mitgliedern von Car-Sharing-Projekten. Eine Rückfrage bei einem Projekt in Aachen ergab folgenden Grund: Die Mitglieder dieser

Projekte sind umfragemüde, da sie in der Vergangenheit zu häufig mit Umfragen zu ihren Erfahrungen und ihrem Umgang mit Fahrzeugen aus einer Car-Sharing-Flotte befragt worden sind.

Eine Übersicht über die wichtigsten Kommentare aus der Fragebogenaktion und der Hannovermesse ist im Anhang zu finden.

6.1.8 Kurzfassung der wichtigsten Umfrageergebnisse

Ein System wie eine Energieverbundkopplung ist mit einer Akzeptanzunsicherheit belegt, da das Kaufverhalten der Kunden nicht exakt vorherbestimmt werden kann. Die Einrichtung erfordert vom Nutzer eine oder mehrere Aktionen, die nicht direkt mit der Fortbewegung in Verbindung zu bringen sind. Um das Verhalten potentieller Kunden besser einschätzen zu können, wurde eine Fragebogenaktion durchgeführt. Ca. 2000 Fragebögen wurden an mehreren Orten Deutschlands und an einen repräsentativen Bevölkerungsquerschnitt verteilt. Zum Erreichen unterrepräsentierter Gruppen wurden diese gezielt in Einkaufszentren angesprochen, um einen repräsentativen Querschnitt zu erreichen. Zur Auswertung kamen 573 Rückläufer.

Auffälligstes Ergebnis dieser Umfrage ist die hohe Akzeptanz für eine externe Fahrzeugvorwärmung. Immerhin 77 % der Befragten geben an, eine Energieverbundkopplung zur Fahrzeugvorwärmung kaufen und einsetzen zu wollen. Diese hohe Akzeptanz ist in allen Bevölkerungsgruppen zu beobachten. Die relativ konstante Akzeptanz in den unterschiedlichen Gruppen zeigt die Abb. 6-5.

Die Aufteilung der Befragten nach ihrem technischen Verständnis ergibt ebenfalls Akzeptanzen der einzelnen Gruppen zwischen 70 % und 82 %. Die Gruppe mit der niedrigsten Akzeptanz von 70 % sind dabei diejenigen, die beruflich im Bereich Fahrzeugtechnik tätig sind.

Die Einstufung der einzelnen Vorteile einer externen Fahrzeugvorwärmung durch die Befragten zeigt Abb. 6-8. Das wichtigste Argument für eine externe Fahrzeugvorwärmung in der Umfrage ist die Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs, dicht gefolgt von der Reduzierung des Schadstoffausstoßes. Die Argumente „Verlängerung der Motorlebensdauer“ und „Verbesserung des Komforts“ werden weniger hoch bewertet.

41 % der potentiellen Nutzer, also derjenigen, die ein Vorwärmung kaufen und nutzen würden, wären sogar bereit, diese bei einem vorhandenen Fahrzeug nachzurüsten. Damit wäre eine externe Fahrzeugvorwärmung auch für den Zubehörmarkt interessant.

Immerhin 74 % derer, die die Vorwärmung nutzen wollen, sind bereit, eine manuelle Kopplung vorzunehmen. Diejenigen, die die Vorwärmung nicht einsetzen würden, zeigen dagegen mit 46 % eine deutlich geringere Bereitschaft manuell zu koppeln. Die Akzeptanz der manuellen Kopplung ist wichtig, um eine größere Verbreitung der Vorwärmung zu

ermöglichen. Die automatische Variante ist für eine flächendeckende Einführung zu kostenintensiv. Bei einer flächendeckenden Einführung eines einheitlichen Systems in Tiefgaragen und auf Parkplätzen kommt nur die robuste manuelle Kopplung in Frage. Diese Nutzbarkeit auch außerhalb der eigenen Garage, z. B. am Arbeitsplatz, wünschen sich 87 % der potentiellen Nutzer.

Der Wunsch nach robusten, einfachen Geräten zeigt sich auch in den für sinnvoll gehaltenen Einparkhilfen. So erzielt der Vorschlag einer einfachen Bodenschwelle zur Markierung der Parkposition eine fast doppelt so hohe Akzeptanz wie die vorgeführte Ultraschalleinparkhilfe. Ausnahme ist der Wunsch von 67 % der potentiellen Nutzer nach einer Fernsteuerung für den Start der Vorwärmung.

Ein wichtiger Parameter für das Potential der Fahrzeugkopplung ist die Einsatzhäufigkeit, mit der das System eingesetzt wird:

Im Mittel geben die Befragten an, die Fahrzeugvorwärmung am Tag 3,0 mal nach einer längeren Stillstandsdauer einsetzen zu können. Die Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und des Schadstoffausstoßes würde bei einer entsprechenden Verbreitung der Fahrzeugvorwärmung auf einem erheblichen Anteil der gesamt zurückgelegten Wegstrecke wirksam werden.

61% der potentiellen Nutzer einer Fahrzeugvorwärmung würden diese nur in der kalten Jahreszeit einsetzen, da sie z. T. der Meinung sind, daß nur dann die Vorwärmung ihre Vorteile entfaltet. Mit einer entsprechenden Aufklärung könnte diese Quote aber verbessert werden. Partiiell wird der Wert aber mit Sicherheit auch durch das eigentlich als „weniger wichtig“ bewertete Argument „Komfort“ beeinflusst.

6.2 Flottenbetreiber

Für Flottenbetreiber steht die Wirtschaftlichkeit eines Energieverbunds oder einer Fahrzeugvorwärmung im Vordergrund. Das Unternehmen muß einen greifbaren Vorteil in der Anschaffung sehen. Diese Vorteile können je nach Gewerbe und Struktur des Betriebs ganz unterschiedlicher Natur sein. In einigen Betrieben werden heute schon Fahrzeuge aus verschiedenen Beweggründen mit der Infrastruktur gekoppelt.

Fuhrparkbetreiber sind bei der Einführung eines Energieverbunds gegenüber den Privatkunden im Vorteil, da sie den Anschluß an die Infrastruktur problemloser bereitstellen können, und ein einzelner Anschluß je nach Anwendungsfall für mehrere Fahrzeuge genutzt werden kann. Damit reduzieren sich die Kosten pro Fahrzeug.

Die Befragung von Flottenbetreibern hat die folgenden Beweggründe für die Investition in eine Energieverbundkopplung aufgezeigt:

- **Komfort am Kunden:**

Nahverkehrsbetriebe heizen ihre Fahrzeuge vor, da diese in den frühen Morgenstunden im Fahrbetrieb mit wenigen Passagieren im Stadtverkehr z.T. trotz einer Wärmeleistung von bis zu 30 kW aus Motor und Retarder und eines benzinbetriebenen Zuheizers durch das häufige Türenöffnen über eine Stunde brauchen, bis der Innenraum eine annehmbare Temperatur hat. Kundenbefragungen haben gezeigt, daß diese Serviceleistung positiv beim Kunden ankommt und die Akzeptanz der Verbraucher für dieses Verkehrsmittel erhöht. Für alle befragten Nahverkehrsunternehmen stand dieses Argument an erster Stelle. Die Strategien der einzelnen Unternehmen unterschieden sich allerdings erheblich. Einige Nahverkehrsunternehmen schließen die Fahrzeuge permanent an die Infrastruktur an und wärmen Motor und Innenraum über diesen Anschluß vor (z.B. Vestische Straßenbahnen in Herten). Andere Betriebe konditionieren den Innenraum mit benzinbetriebenen Standheizungen und schließen ihre Busse nur bei extrem tiefen Temperaturen an ein Luftheizgerät an, das Warmluft in den Innenraum bläst (Busbetriebe in Geilenkirchen). Dies zeigt deutlich, daß der Komfort am Kunden die entscheidende Rolle spielt.
- **Preßluftanschluß:**

Schwere Nutzfahrzeuge und Busse mit Druckluftbremsanlage und Luftfederung verlieren während des Stillstands einen Teil des Preßluftdrucks. Dieser muß vor Fahrtbeginn vom Bordkompressor wieder aufgefüllt werden, damit das Fahrzeug fahrbereit ist. In dieser Zeit (bis zu 5 min bei erhöhter Drehzahl) produziert der kalte Motor erhebliche Mengen an Ruß und unverbrannten Kohlenwasserstoffen, die die Hallenluft belasten. Mit einem Anschluß an die stationäre Druckluftversorgung kann das Fahrzeug direkt nach dem Abkoppeln die Halle verlassen. Bei einem Hallenneubau konnten so bei den Vestischen Straßenbahnen in Herten durch den Anschluß an Preßluft und die Vorwärmung der Motoren der Schadstoffausstoß bei Fahrtbeginn derart gesenkt werden, daß auf den Einbau einer aufwendigen Hallenbe- und -entlüftung verzichtet werden konnte. Durch die Vorheizung der Busse konnte auch der Einbau einer Hallenheizung entfallen, ohne daß in der Halle eine Frostgefahr zu befürchten wäre. Die Kosteneinsparung dadurch war größer als die Kosten für die Vorwärmeinrichtungen in den Bussen. In älteren Hallen wird aus Kostengründen häufig nur der einfacher zu installierende Pressluftanschluß nachgerüstet. Dieses Konzept wird beispielsweise bei der Üstra Hannover genauso in Erwägung gezogen wie eine elektrische Vorwärmung gekoppelt mit einem Pressluftanschluß.
- **Größere Wartungsintervalle durch Kühlwassernachfüllung bei einer Kopplung des Kühlkreislaufs mit der Infrastruktur:**

Die offene Übertragung von Kühlwasser ohne einen zwischengeschalteten Wärmetauscher hat einen höheren Wirkungsgrad und ist durch das Fehlen des Wärmetauschers preisgünstiger. Dieses Prinzip kann zu Problemen mit dem Kühlwasserstand führen. Bei einer entsprechenden Auslegung des Systems kann aber auch der Vorteil der automatischen Kühlwassernachfüllung genutzt werden. Dadurch

können die Wartungsintervalle verlängert werden. (Vestische Straßenbahnen und Bremer Straßenbahn AG).

- Korrosionsschutz und Lebensdauer des Motors sowie Frostschutz bei niedrigen Temperaturen (Bremer Straßenbahn AG).
- Reduzierung des Beschlagens der Scheiben:
Durch eine Fahrzeugvorwärmung gibt es keine beschlagenen und vereisten Scheiben mehr. Gerade im Personennahverkehr zeigt sich bei kalter und nasser Witterung eine deutliche Reduzierung der Kondenswasserbildung im Fahrgastraum. Dieses wird vom Kunden im ÖPNV als positiv angesehen.
- Komfort und Wohlbefinden des Fahrers:
Der Komfort und das Wohlbefinden des Fahrers und die Fahrsicherheit werden gesteigert, da die Scheiben, insbesondere die Frontscheibe nicht mehr so stark beschlagen. Kundenbeschwerden beim Fahrer lassen nach, wodurch die Akzeptanz bei den Fahrern der Betriebe, die eine Vorwärmung einsetzen, relativ hoch ist.
- Einsatzfahrzeuge:
Die Flughafenfeuerwehr in Düsseldorf beispielsweise hat ihre Fahrzeuge permanent an das Stromnetz angeschlossen, um durch die Vorwärmung einen ruhigen und gleichmäßigen Motorlauf direkt nach dem Anspringen des Motors zu haben, da die Fahrzeuge unmittelbar nach dem Starten Vollgas gefahren werden und dabei störungsfrei das Gas annehmen müssen. Hier macht sich die Vorwärmung auch in der Verlängerung der Motorlebensdauer bemerkbar. Die Kopplung ist mit einem Abreißstecker ausgeführt, der vom losfahrenden Fahrzeug aus der Dose gerissen wird. Eine entsprechend angepaßte Wärmekopplung könnte in diesem Bedarfsfall eine Energiekostenreduzierung bewirken.

6.3 Marketingabteilung Fahrzeughersteller

Die Marketingabteilung eines großen deutschen Fahrzeugherstellers vertritt den Standpunkt, daß Fahrzeug- und Motorvorwärmsysteme aus Komfort und Umweltschutzgründen zunehmend an Bedeutung gewinnen und deshalb mit zunehmenden Einbauraten zu rechnen ist. Die heutigen Einbauraten von Standheizsystemen betragen, je nach Fahrzeugtyp und Klimazone teilweise 10%. 60% der Käufer einer Standheizung lassen diese bei einem vorhandenen Fahrzeug nachrüsten.

Die Hauptverkaufsargumente werden in der Komforterhöhung durch den vorgewärmten Innenraum und das Wegfallen des Eiskratzens gesehen. Das Fehlen einer Garage ist ein häufig angeführtes Argument für den Kauf einer eingebauten Standheizung.

Die Marketingabteilungen weisen auf die Konkurrenz der fest eingebauten Standheizungen hin. Durch die Preiselastizität bei diesen Systemen und die Tatsache, daß diese ortsunabhängig einsetzbar sind, stellen ein Risiko bei der Vermarktung eines stationären Systems dar. Durch die Beschränkung des Absatzes auf bestimmte Klimazonen, durch konkurrierende fahrzeuggebundene Systeme und die Voraussetzung eines Stellplatzes seien bei Privatkunden nur begrenzte Absatzzahlen realisierbar.

7 Multikupplungssystem zur Übertragung mehrerer Energieformen

7.1 Darstellung des Multikupplungskopfes mit Spindeltrieb

Im Rahmen des Projekts ist ein für den Anwendungsfall der Fahrzeuganbindung angepaßter Multikupplungskopf entwickelt worden. Die entwickelte Kupplung kann unterschiedliche Medien übertragen. Mit ihr ist es möglich, Kühlflüssigkeit zum Heizen und Kühlen, elektrische Energie und Informationen zu übertragen. Optional läßt sie sich auch für die Übertragung von Preßluft und anderen Medien anpassen bzw. erweitern. Sie bietet sowohl die Möglichkeit der automatischen als auch der manuellen Kopplung. Die bei derartigen Multikupplungen notwendigen hohen Betätigungskräfte werden durch einen Spindeltrieb aufgebracht, der gleichzeitig durch die Selbsthemmung des eingängigen Trapezgewindes für die Verriegelung der Kupplungen sorgt. Durch den Spindeltrieb ist nicht nur die aktive Verriegelung möglich, auch das Trennen der Verbindung wird aktiv unterstützt, so daß ein Verklemmen der Verbindung vermieden wird, und eine leichtgängige einfache Bedienung gewährleistet ist. Eine Übersichtsskizze sowie ein Bild des ausgeführten Beispiels sind nachfolgend zu sehen.

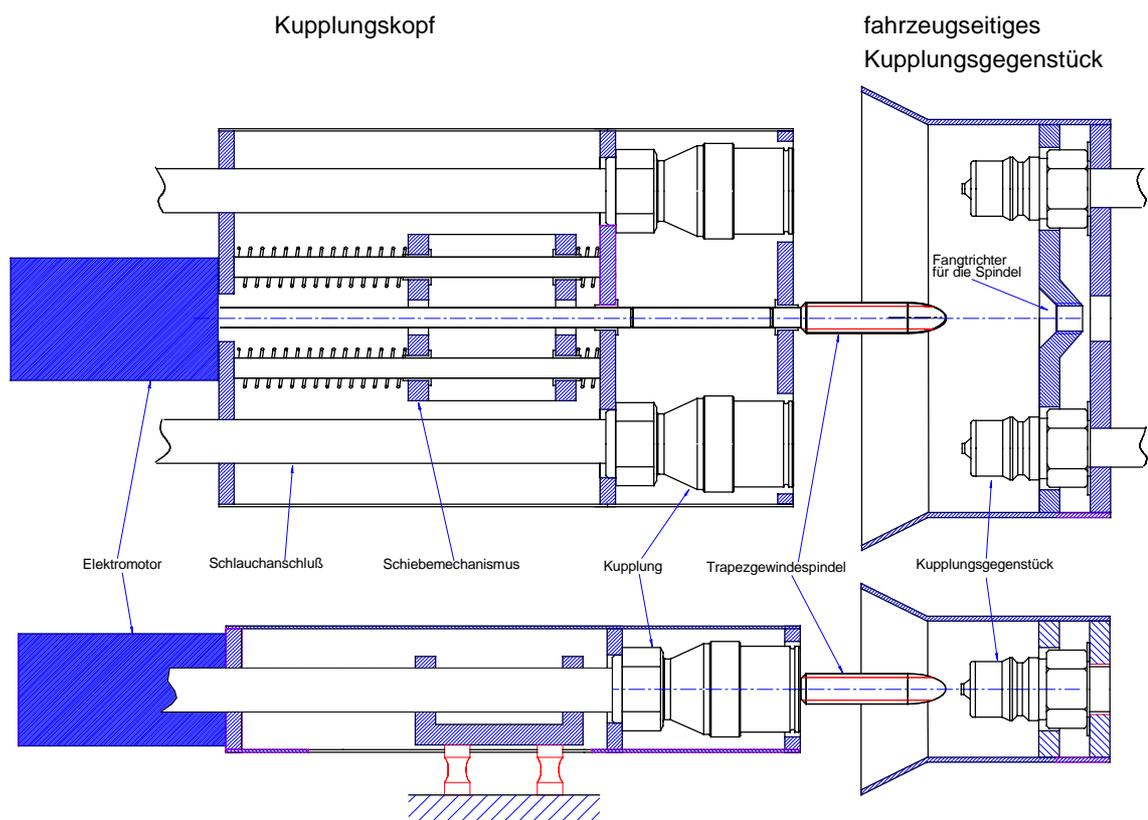


Abb. 7-1: Übersicht über den Kupplungskopf und das fahrzeugseitige Gegenstück

In der vorangestellten Abb. 7-1 ist die im Rahmen dieses Projekts für die Demonstrationsanlagen konstruierte Multikupplung dargestellt. Als zentrales Element enthält

diese Kupplung eine Trapezgewindespindel, die für eine Vorpositionierung der Kupplungshälften sorgt, das aktive Öffnen und Schließen der Kupplung erledigt und als Schließmechanismus die Kupplungshälften verriegelt.

Beim Schließen der Kupplung erfolgt eine erste grobe Vorzentrierung des Kupplungskopfes zum fahrzeugseitigen Gegenstück durch einen trichterförmigen Einlauf am Gegenstück. Die weitere, genauere Positionierung wird durch den Einlauf der Spindel in den Spindelfangtrichter erreicht. Das Trapezgewinde der Spindel greift in das Gewinde des Fangtrichters ein und durch die Drehbewegung der Spindel werden die beiden Kupplungshälften aktiv geschlossen. Die Drehbewegung schaltet beim Erreichen der Endposition ab. Durch die Selbsthemmung des Trapezgewindes werden die Kupplungshälften geschlossen gehalten, die Kupplung ist verriegelt. Die Spindel ist mit einem steifen Ausgleichselement elastisch an den Elektromotor angebunden, um beim Abschalten des Antriebsmotors eine Vorspannung zu erzeugen. Damit werden die Kupplungen auch über einem längeren Zeitraum sicher verriegelt gehalten, und das elastische Element wirkt wie eine Sicherheitskupplung für den Fall, daß die Endabschaltung nicht funktioniert.

Das Öffnen erfolgt durch eine gegenläufige Drehbewegung der Spindel. Durch die direkt in der Kupplung aufgebrachte Kraft zum Öffnen und Schließen des Systems wird ein Verklemmen der Kupplungen vermieden.

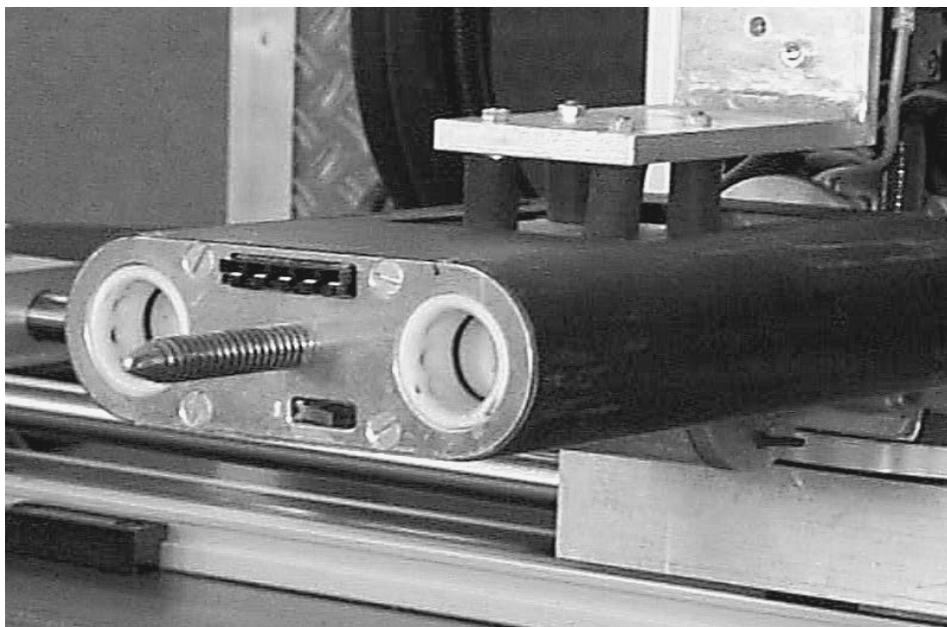


Abb. 7-2: Kupplungskopf und Aufhängung

Die Lagerung des Kupplungskopfes auf einem Schlitten bringt die Beweglichkeit für eine automatische Positionierung. Die Positioniereinrichtung verfährt den Kupplungskopf, bis er mit der Spindel in den Fangtrichter eingelaufen ist. Dann stoppt die Positionierung, und der

Spindelantrieb zieht den Kupplungskopf auf dem Gleitschlitten nach vorne in die Endlage. Durch die weiche Aufhängung des Schlittens und den Verschiebemechanismus wird eine hohe Toleranz gegenüber Lage- (± 5 mm) und Winkelfehlern ($\pm 10^\circ$) zwischen Kupplungskopf und Gegenstück erreicht.

Prinzipiell kann der Elektromotor für den Spindelantrieb auch in den fahrzeugseitigen Teil eingebaut werden. Dieses würde aber das zusätzliche Gewicht im Fahrzeug erhöhen. Daher ist der Antrieb für Betätigung und Verriegelung in den Kupplungskopf gelegt.

Die Anordnung von Trapezgewindespindel und Gegenstück kann aber trotzdem vertauscht werden. Die Anordnung der Spindel im Fangrichter hat den Vorteil, daß sie berührungssicherer untergebracht ist. Der Kupplungskopf hat dann eine glatte Vorderseite ohne vorstehende Teile. Die Trapezgewindespindel ist feststehend, und die Trapezgewindemutter dreht sich im Kuppplungskopf. Diese Anordnung wurde aus Platzgründen für die Prototyenfertigung nicht gewählt. Für die Serienfertigung und eine automatisierte Montage stellt diese Anordnung ebenfalls eine gute Lösung dar.

7.2 Marktübersicht und Patentrecherche

Um einen Überblick über bereits bestehende Systeme zur Fahrzeugvorwärmung und Andockmöglichkeiten an das Fahrzeug zu bekommen, wurde eine Marktübersicht erstellt, und eine Patentrecherche zu Kupplungssystemen durchgeführt.

Für Nutzfahrzeuge sind mehrere Systeme zur Fahrzeugvorwärmung auf dem Markt und vor allem im Bereich der Personenbeförderung im Einsatz. Dabei sind vor allem unkomfortable Systeme im Einsatz, bei denen zwei Leitungen für Kühlmittel, eine Preßluftleitung und eine Steckverbindung für die Übertragung von Strom und Informationen einzeln angeschlossen werden. Das nachfolgend in Abb. 7-3 gezeigte, speziell für den Anwendungsfall der Fahrzeugvorwärmung entwickelte System führt die beiden Wasserleitungen koaxial. Auch bei diesem Anschluß müssen der Preßluft- und Stromanschluß getrennt verbunden werden. Die Kraftaufbringung für das Dichten und Verriegeln der Kupplungen erfolgt über das Handrad rein mechanisch.

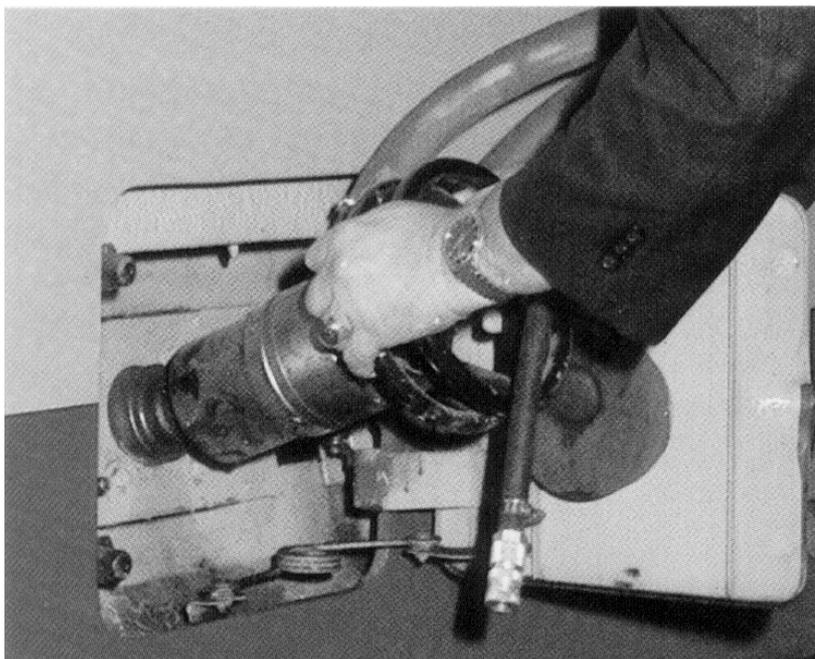


Abb. 7-3: Walther-Präzision Koaxialkupplung für Thermohydrantensysteme [WAL96]

Deutlich komfortabler ist das System der schwedischen Firma UWE. Kühlwasser und Preßluft werden mit einer Multikupplung übertragen. Dieses System ist speziell auf den Sektor Nutzfahrzeuge ausgerichtet. Die Betätigung wird durch Preßluft unterstützt.

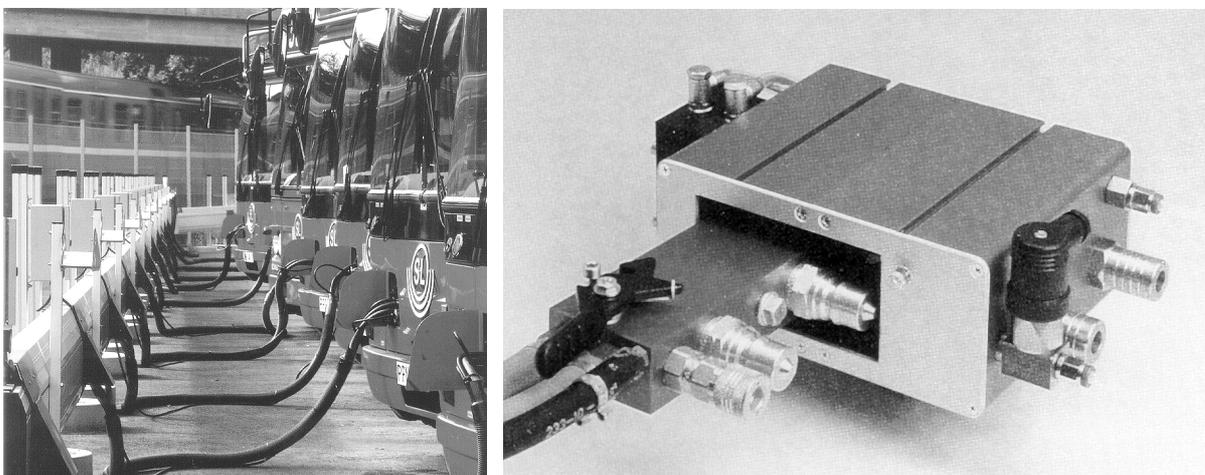


Abb. 7-4: UWE Heizrampe und UWE coupling unit [UWE96]

Eine automatische Erkennung und Ankopplung an ein fahrzeugseitiges Gegenstück erfolgt durch einen Roboter, der im Rahmen des Forschungsprojekts Robottanken in Zusammenarbeit der Firmen Aral, BMW, Mercedes Benz und Reis-Robotics entstanden ist. Dieser kuppelt aber nur einen einzelnen Anschluß zur Tankbefüllung an das Fahrzeug an. Beim Tanken sind wesentlich schärfere Sicherheitsmaßnahmen zu berücksichtigen, als beim

Anschluß einer Fahrzeugvorwärmung. Der in diesem Zusammenhang entstandene Roboter ist für einen Einsatz zur Fahrzeugvorwärmung aus Kostengründen nicht geeignet.



Abb. 7-5: Forschungsprojekt Robottanken [STE95]

Die Patentrecherche zu Kopplungseinrichtungen wurde in den ausliegenden Patentschriften des deutschen Patentamtes und den Patentdatenbanken PAST (europäische Patente) und IFPT (US-amerikanische Patente) durchgeführt. Als Suchbegriffe dienten folgende Schlagwörter bzw. Verknüpfungen aus diesen Begriffen:

Kupplung; Flüssigkeit; Fluid; Gas; Wärme; Docking; selbsttätig; automatisch;

Erst eine sinnvolle Verknüpfung der Suchbegriffe führte zu einer handhabbaren Anzahl an Patentschriften. Diese wurden nach Titeln sortiert ausgegeben. Schriften, deren Titel einen Zusammenhang mit der entwickelten Kupplungseinrichtung vermuten ließen, wurden durchgesehen.

Im Rahmen der von uns durchgeführten Patentrecherche in den deutschen, europäischen und US-amerikanischen Patentschriften sind keine Patente gefunden worden, die einen Zusammenhang mit dem entwickelten Kupplungssystem erkennen lassen.

8 Demonstrationsanlagen

Der Bau von Demonstrationsanlagen ist eine wichtige Hilfe bei der Einführung neuer Technologien. Die Form der Demonstration kann das ausschlaggebende Kriterium für die Entscheidung zur Produktion eines Systems bei einem Hersteller sein.

Insbesondere für die Untersuchung der Akzeptanz beim zukünftigen Kunden ist eine Demonstration unverzichtbar, da gerade der nicht vorbereitete und technisch weniger versierte potentielle Kunde sich ansonsten kein Bild der Möglichkeiten, der Handhabung und der Vor- und Nachteile dieses technischen Systems machen kann. Zur Untersuchung der Akzeptanz sollte aber alle Gruppen erreicht werden.

Mit der Demonstrationsanlage sollten aber auch die Möglichkeiten des technisch Machbaren demonstriert und zusätzliche Funktionen realisiert werden, um mit den Befragten über diese diskutieren zu können und dabei ein genaueres Bild über die Wünsche potentieller Käufer zu bekommen.

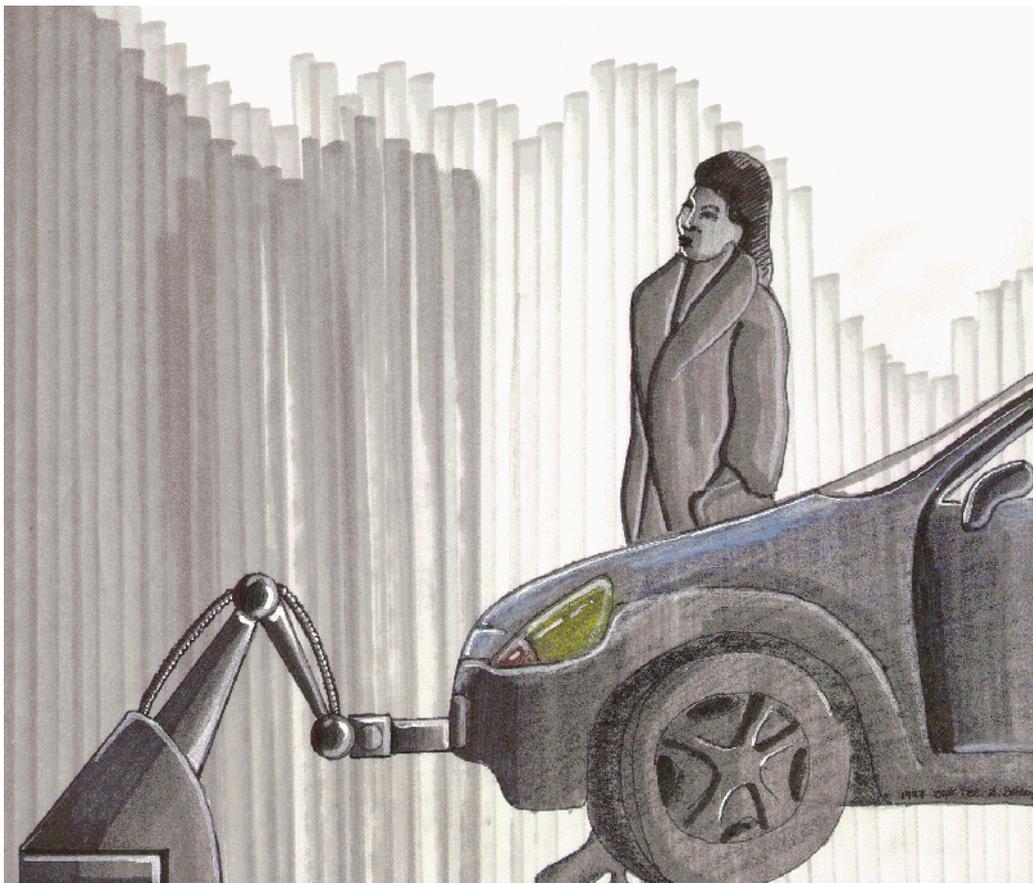


Abb. 8-1: Darstellung einer vollautomatischen Fahrzeugkupplung

Das Grundkonzept für den Aufbau der Demonstrationsanlage hatte in Anlehnung an die gestellte Aufgabe folgende Hauptanforderungen im Lastenheft:

- Die Demonstrationsanlage sollte eine komfortable vollautomatisch arbeitende Lösung sein, um auch das obere Ende der Möglichkeiten einer solchen Anlage darstellen.
- Dabei sollte die Unterbringung in einer Garage gewährleistet bleiben. Die Größenabweichung von einer späteren Serienlösung sollte nicht übermäßig groß sein, um den Befragten einen Überblick über den Platzbedarf der Anlage geben zu können.
- Gleichzeitig sollte die Kupplungseinrichtung aber nicht nur mit der automatischen Anlage zusammenarbeiten, sondern auch als genormter Anschluß mit unterschiedlichen Betätigungseinrichtungen zusammen funktionieren.
- Die Anlage sollte mobil und einfach transportabel ausgeführt werden, um die Anlage für Befragungen und bei Veranstaltungen wie Messen und Firmenpräsentationen aufbauen zu können. Als Anschluß an die Energieversorgung kam aus diesem Grund nur ein 230 V-Anschluß in Frage.
- Eine Verletzung der Integrität des fahrzeugeigenen Kühlkreislauf kam nicht in Frage, um im Falle von Störungen in der Vorwärmeinrichtung keine Schäden am Motor des Fahrzeugs zu verursachen. Deshalb wurde im Fahrzeug ein Wärmetauscher vorgesehen, der Kühlwasser und Übertragungsmedium trennt. Diese Lösung erfordert zwar einen geringfügig höhere Aufwand bei den Fahrzeugeinbauten, erhöht aber die Betriebssicherheit insbesondere bei der Nutzung einer Vorwärmstation durch mehrere Fahrzeuge.

Schon die ersten Fragebogenrückläufer zeigten, daß eine hohe Zahl der Befragten auch eine manuelle Kopplung einsetzen würden, wenn diese einfach zu bedienen wäre. Daraufhin wurde zusätzlich eine manuelle Kopplung konzipiert und aufgebaut, um auch eine manuelle Lösung in die Akzeptanzuntersuchung mit einbeziehen zu können.

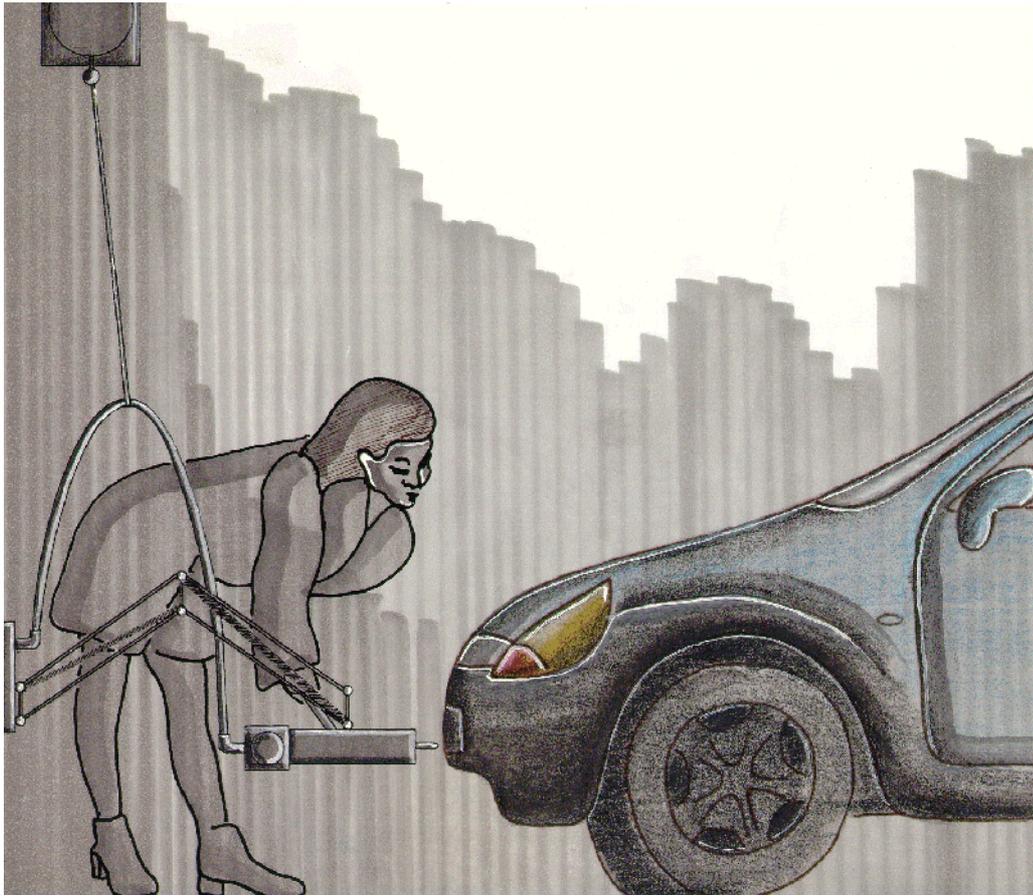


Abb. 8-2: Manuelle Kopplung, Variante mit Parallelogrammführung

In der Diskussion mit Befragten sowohl aus dem technischen als auch aus dem nichttechnischen Bereich unter Vorlage von Konzeptskizzen (u.a. Abb. 8-1;-2;-3) zeigte sich das größte Interesse an der Hängevariante aus Abb. 8-3, die nachfolgend dargestellt ist. Diese vereint sowohl die Forderung nach einfacher Bedienbarkeit als auch nach geringem technischen Aufwand. Hier ergaben sich zusätzliche Anforderungen:

- Die manuelle Lösung mußte volle Kompatibilität zu vollautomatischen Variante aufweisen.
- Die Betätigungskräfte für die Bedienung, d.h. sowohl der Positionierung als auch der Kupplungsschließung sollten auf einem sehr niedrigen Niveau gehalten werden.
- Die Lösung sollte preisgünstig, also möglichst einfach und ohne großen technischen Aufwand realisiert werden.

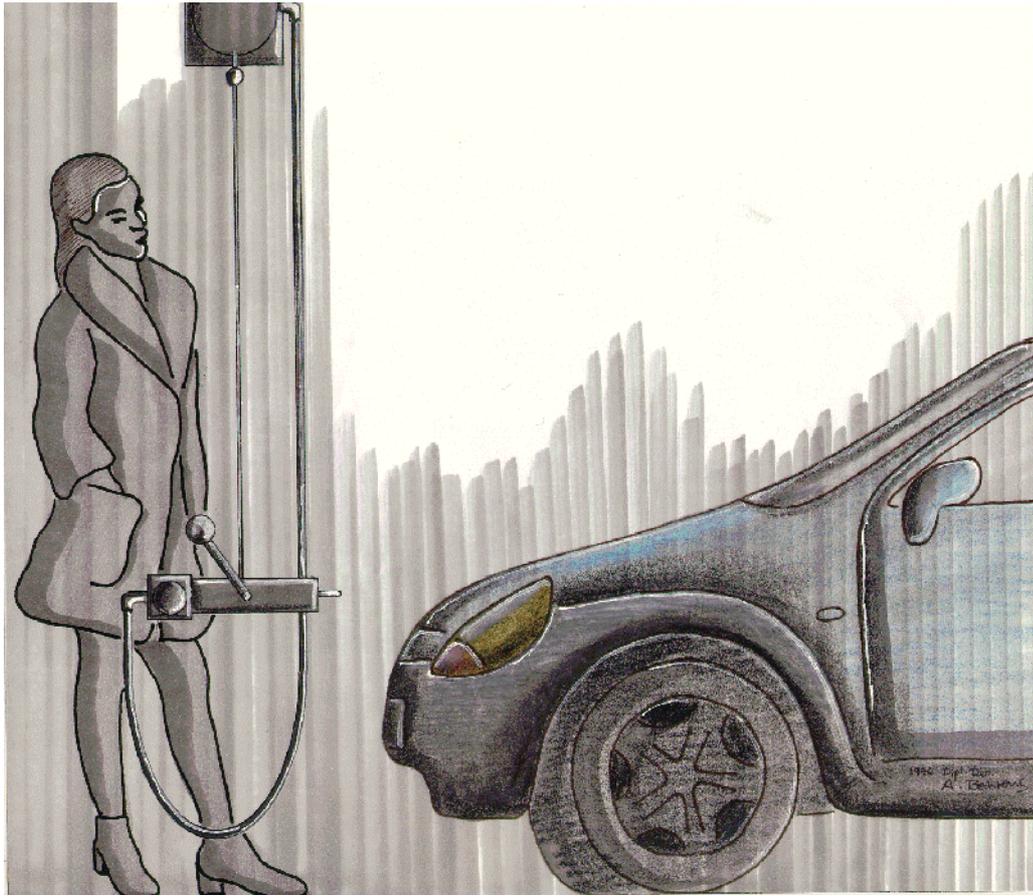


Abb. 8-3: Manuelle Kopplung, Hängevariante

Mit diesen beiden Demonstrationsanlagen stand für Vorführungen die Bandbreite des realisierbaren zur Verfügung, um befragten Personen die Thematik „greifbar“ und „begreifbar“ in Hardware demonstrieren zu können. Nachfolgend werden zuerst die automatische Station und dann die manuelle Kopplung näher beschrieben. Anschließend folgt die Beschreibung der Wärmeversorgungseinheit der Demonstrationsanlagen, sowie eine Kostenabschätzung für die manuelle Kopplung.

8.1 Automatische Dockingstation

In den nachfolgenden Unterkapiteln wird zunächst das Konzept und der Aufbau der automatischen Demonstrationsanlage beschrieben. Das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten wird dann anhand des Ablaufs eines Koppelvorgangs erläutert. Anschließend wird auf die Steuerung und Sicherheitsalgorithmen sowie Konzepte und realisierte Lösungen für Einparkhilfen eingegangen.

8.1.1 Konzept und Aufbau

Für das Bewegungskonzept muß zuerst die Stelle im Fahrzeug festgelegt werden, an der das Ankuppeln erfolgen soll. Bei der Wahl dieser Andockposition müssen Faktoren wie gute Erreichbarkeit für das manuelle Kuppeln, Verschmutzungsneigung, Aerodynamik, Design und das Platzangebot in der Karosserie berücksichtigt werden. Die Kriterien für die Auswahl sind nachfolgend dargestellt. Anschließend folgen die Festlegung der Positionierwege und die Beschreibung des Aufbaus der Positioniereinrichtung sowie einer Dreheinrichtung, die die den Kupplungskopf der Station in eine Ruheposition schwenkt, und der Beschreibung der Positionserkennung.

8.1.1.1 Andockposition

Die erste Aktion in der Konzeption der Anlage war die Festlegung der Andockposition am Fahrzeug. Wegen der aerodynamischen Anforderungen und der designtechnischen Vorgaben der Fahrzeughersteller kann eine Zuführung nur horizontal oder von unten nach oben erfolgen.

Die Zuführung von unten ist mit Sicherheit die Lösung, die von Aerodynamikern und Designern bevorzugt würde. Eine Unterflurpositionierung ermöglicht allerdings keine manuelle Bedienung. Die Forderung nach leichter Erreichbarkeit bei manueller Zuführung schränkt die Position des Kupplungsgegenstücks in dieser Hinsicht ein.

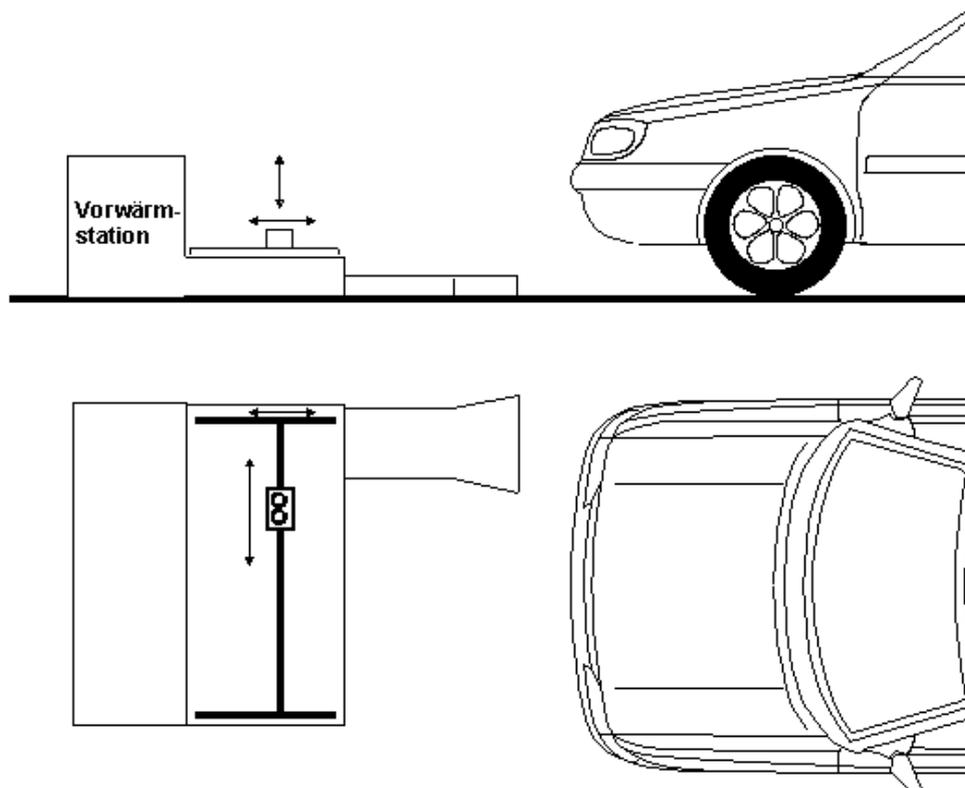


Abb. 8-4: Andocken des Kupplungskopf von unten

Die deswegen angestrebte waagerechte Zuführung zum Fahrzeug kann von allen Seiten erfolgen. Um aber der Garagensituation gerecht zu werden, wurde als bevorzugte Position die Fahrzeugfront festgelegt. Gerade bei der manuellen Kopplung kann die Zuführung aber auch an anderen Stellen im Fahrzeug erfolgen. Die automatische Positionierung erfordert einen relativ geringen Abstand zwischen Station und Fahrzeug, so daß hier nur ein Ankuppeln von vorne in Frage kommt, da nur so die erforderliche Parkgenauigkeit eingehalten werden kann.

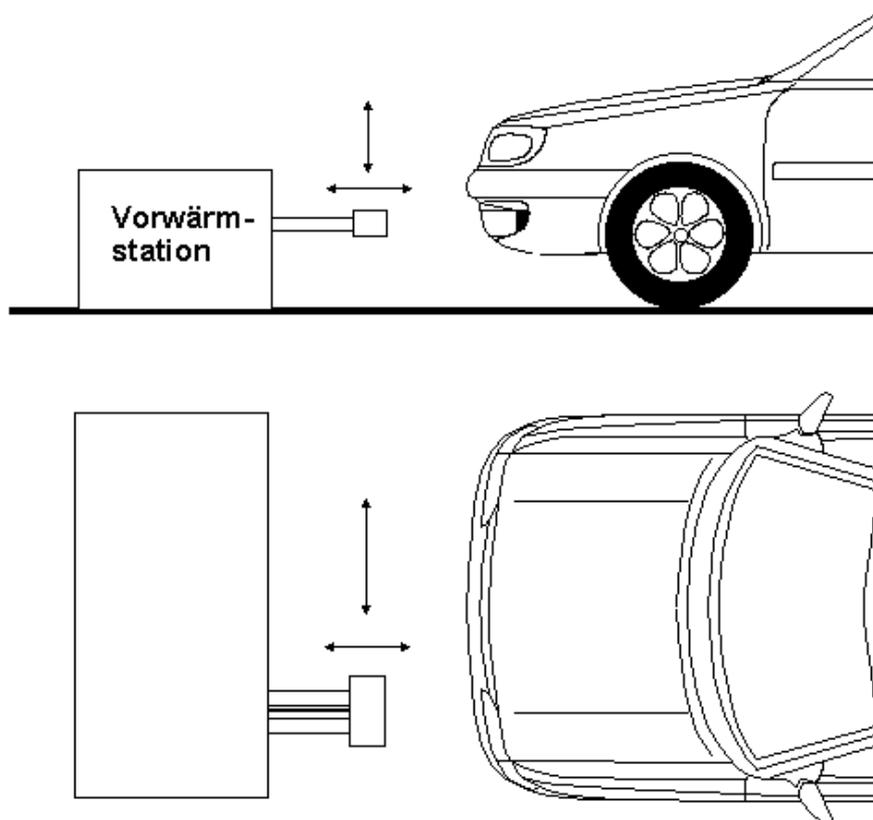


Abb. 8-5: Andocken des Kupplungskopfs von vorne

Zur Reduzierung der Anzahl der ins Fahrzeug eingebauten Teile und des zusätzlich bewegten Gewichts wurden im Fahrzeug keine beweglichen Komponenten vorgesehen. Der Einbau einer Positioniereinrichtung im Fahrzeug hätte zudem eine Erhöhung des Steuerungsaufwands bedeutet, die Störanfälligkeit des Systems vergrößert und zu Package- und Platzproblemen in der Fahrzeugfront geführt. Die gesamte Positionierung, Steuerung und Versorgung erfolgt durch die Station. Im Fahrzeug befinden sich lediglich ein Fangtrichter, das Gegenstück zur in Kapitel 7 beschriebenen Gewindespindel, und Kupplungs- und elektrische Steckkontaktgegenstände.

8.1.1.2 Positionierung

Damit die Position eines Gegenstücks im Fahrzeug von der Station sicher angefahren werden kann, müssen die Einparkgenauigkeit sowie Höhen- und Winkelunterschiede durch unterschiedliche Beladung und Anbringung berücksichtigt werden.

Zum Ausgleich der Unterschiede beim Einparken ist eine Positionierung in Fahrzeugquer- und Fahrzeuglängsrichtung erforderlich. Hier ist ein möglichst großes Fenster zum Einparken wünschenswert. Mit den Positionierwegen steigt aber die Größe der Station. Unter Abwägung dieser Bedingungen wurde die Fahrzeugquerrichtung (Y-Richtung) mit einem Positionierweg von 800 mm ausgerüstet, um neben der Einparkunsicherheit auch den unterschiedlichen Anbringungen des Gegenstücks bei verschiedenen Fahrzeugen Rechnung zu tragen. Der Positionierweg in Fahrzeuglängsrichtung (X-Richtung) der Demonstrationsanlage beträgt 500 mm. Diese Parkgenauigkeit kann auch ohne Parkhilfen eingehalten werden. Die Positionierung in der Hochachse (Z-Richtung) erfolgt über eine maximale Strecke von 200 mm. Damit lassen sich Beladungsunterschiede einzelner Fahrzeug sicher ausgleichen, und auch die unterschiedlichen Anbringungspositionen bei verschiedenen Pkw wurden problemlos erreicht. Wenn mit einer Station sowohl Pkw als auch Nutzfahrzeuge angeschlossen werden sollen, ist eine Vergrößerung dieses Weges sinnvoll. Zum Ausgleich des Winkelfehlers durch Beladungsunterschiede und schiefes Einparken in einer normalen Garage ist eine Winkeltoleranz der Anlage von $\pm 10^\circ$ großzügig dimensioniert.

Das Ankuppeln des Fahrzeugs muß, damit die Kupplungen problemlos ineinandergreifen können, mit einer Linearbewegung erfolgen. Die eigentliche Positionierung kann wie bei einem Industrieroboter durch Drehbewegungen erfolgen. Drehbewegungen erfordern bei Veränderung einer Achse aber immer die Korrektur der Position einer zweiten Achse. Um eine einfache und störsichere Steuerung realisieren zu können, wurde jede Achse als unabhängige Linearbewegung ausgeführt.

Als Führungen für die Linearbewegungen kamen handelsübliche Linearführungen mit Trapezgewindeantrieb zum Einsatz. Der Aufbau der Linearantriebe ist in Abb. 8-6 dargestellt. Die Grundeinheit, auf der die anderen Bewegungsrichtungen aufgebaut sind, stellt die Fahrzeugquerrichtung mit 800 mm Verfahrweg dar. Da das Gewicht und das aus Betätigung und Hebelarmen resultierende Moment nicht durch eine Lineareinheit alleine abstützen sind, werden die Momente und Kräfte zusätzlich über flankierende Führungen abgestützt. Die auf der Y-Achse aufbauende Z-Achse ist als Portal mit einer angetriebenen und einer nicht angetriebenen Lineareinheit aufgebaut. Zwischen den beiden Führungsschlitten dieses Portals befindet sich ein Rahmen, in dem der Führungsschlitten der Lineareinheit für die X-Achse („Lanze“) befestigt ist.

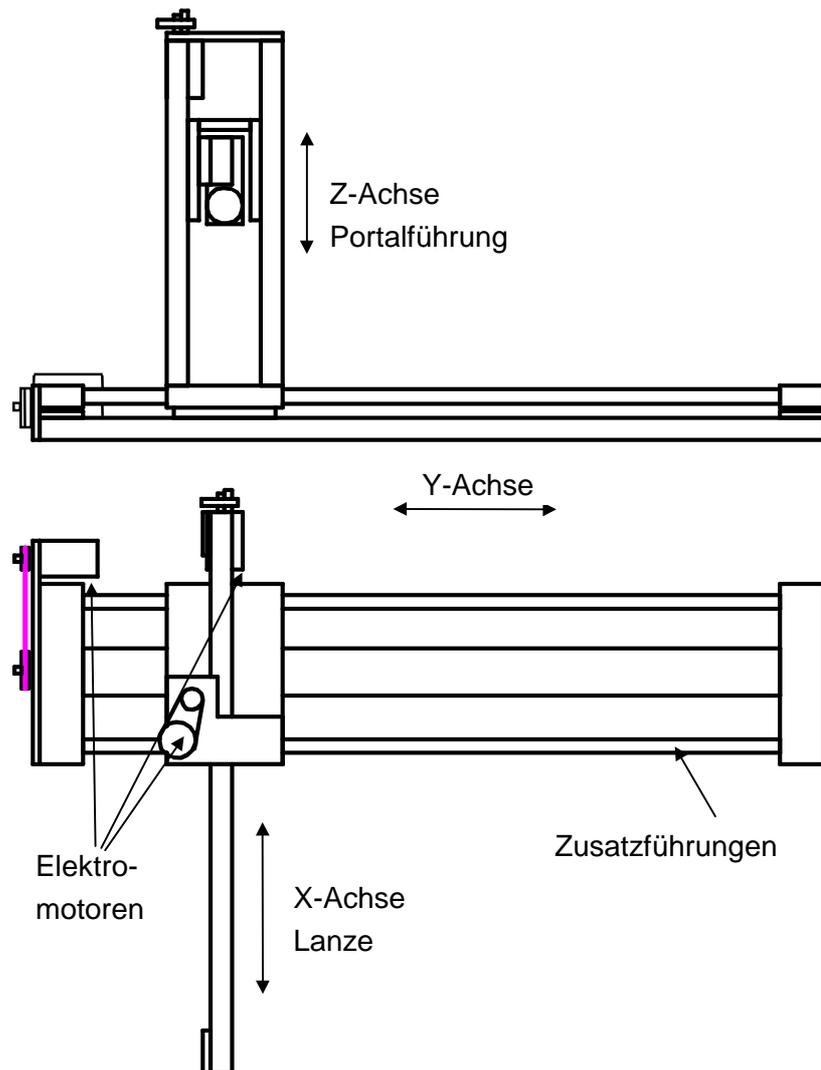


Abb. 8-6: Aufbau der Lineareinheiten

Der Antrieb der Lineareinheiten erfolgt über Industriel Elektromotoren mit angeflanschem Schneckengetriebe mit einer Übersetzung von 1:40. Die Versorgungsspannung für die Motoren beträgt 12 V. Sie werden über einen Zahnriemenantrieb an die Welle der Lineareinheiten angeschlossen. Dabei sind die X- und die Y-Richtung ohne Zwischenübersetzung angebunden, während die Z-Achse wegen der höheren Last mit einer Zwischenübersetzung von 2:1 ausgestattet ist.

8.1.1.3 Drehbewegung des Portals

Das gesamte Portal mit den Positioniereinrichtungen für die X- und die Z-Achse sind auf einem Drehteller montiert. Damit kann der Kupplungskopf bei Nichtgebrauch in die Station eingeklappt werden. Dadurch verringert sich der Platzbedarf des Systems in Ruhestellung, und die Gefahr des Beschädigens der Station beim Einparken verringert sich.

Der Drehteller ist gleitgelagert und wird von einem zentralen Zapfen in Position gehalten. Die Gleitlagerung in der Hauptbelastungsrichtung, d.h. senkrecht zum Drehteller besteht aus acht pilzförmigen teflonbeschichteten Lagerungen, die eine leichte Bewegbarkeit des Drehtellers sowie eine geringe Schmutzempfindlichkeit garantieren.

Das Drehen erfolgt vollautomatisch durch ein Signal der Steuerung. Der Antrieb geschieht durch einem 12 V Elektromotor mit angesetztem Schneckengetriebe und über einen an den Drehteller angebotenen Zahnriemen. Die Gesamtübersetzung zwischen Motor und Drehteller beträgt $i = 3600$. Diese wird aber nicht für die Betätigung benötigt, sie dient lediglich der Herabsetzung der Drehgeschwindigkeit.

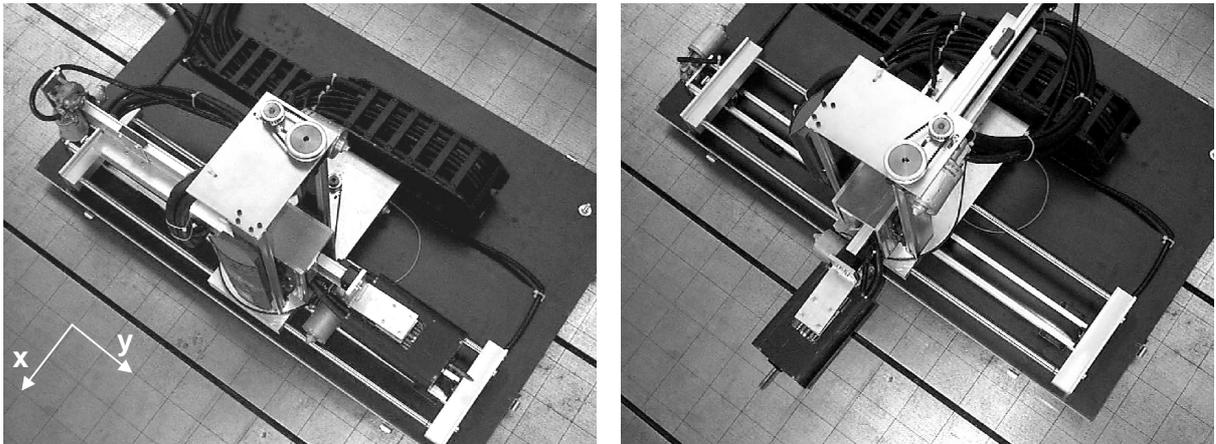


Abb. 8-7: Drehbewegung des Portals der automatischen Kopplungsstation (eingeklappt und in Arbeitsstellung)

8.1.1.4 Positionserkennung

Die Positionserkennung kann durch eine aktive oder eine passive Markierung am Fahrzeug erfolgen. Aktiv heißt dabei, daß das Fahrzeug ein Signal ausstrahlt, das von der Station erkannt wird. Bei einer passiven Positionsmarkierung wird die Reflexion der Markierung erkannt. Dabei kann es sich um ein von der Station ausgesendetes und von einer Marke reflektiertes Signal oder um eine Bildererkennung des Gegenstücks über einen CCD Sensor handeln.

Um auch bei einer eventuellen Fahrzeugverschmutzung eine sichere Positionserkennung zu gewährleisten, wurde eine aktive Markierung der Position am Fahrzeug gewählt. Als Sender dient eine Infrarotdiode, die ein pulsweitenmoduliertes Signal ausstrahlt. Die Erkennung in der Anlage erfolgt durch einen Sensor, der das Signal über eine Anordnung von 2 Blenden fokussiert und dedektiert. Das Signal erreicht den Sensor nur, wenn beide Blenden und die als Punktstrahler arbeitende Sendediode sich in einer Flucht befinden. Das Prinzip ist nachfolgend in Abb. 8-8 dargestellt.

Die Positionserkennung in horizontaler Richtung wird mit senkrechten Schlitzblenden bewerkstelligt. Dadurch wird die Horizontalposition auch bei stark differierenden Vertikalpositionen sicher erkannt. Die Vertikalpositionserkennung erfolgt mit zwei hintereinanderliegenden Lochblenden. Durch die vorangegangene Positionierung der Horizontalposition kann die Erkennung über Lochblenden erfolgen.

Die Positionserkennung arbeitet im zur Verfügung stehenden Arbeitsfenster der Anlage selbst bei stärkerer Verschmutzung des Fahrzeugs durch normalen Fahrbetrieb zuverlässig.

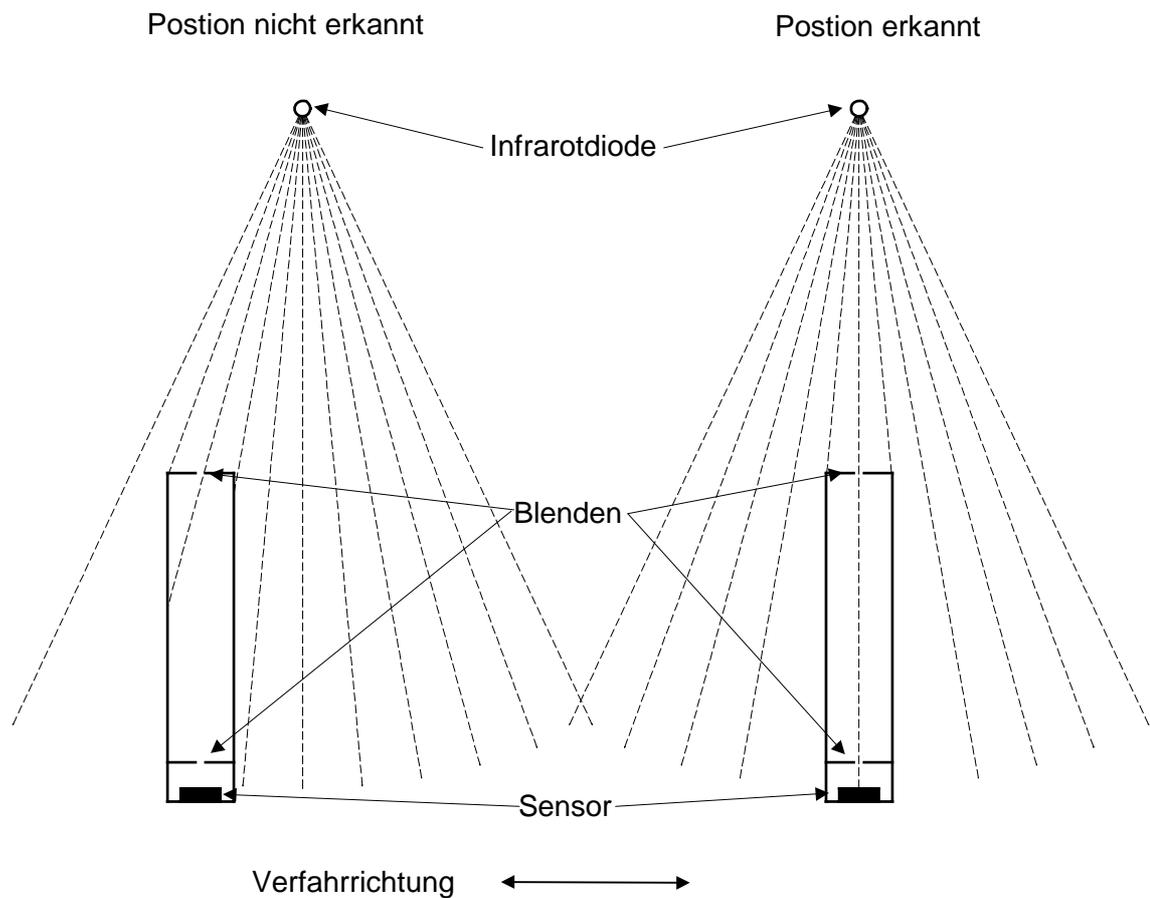


Abb. 8-8: Grundprinzip des Positionssensors

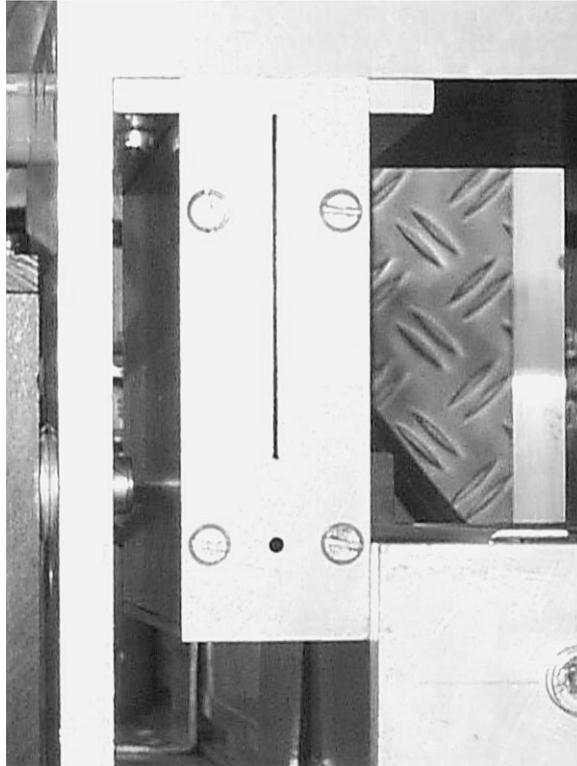


Abb. 8-9: Sensor zur Positionserkennung mit Schlitz- und Lochblende

8.1.2 Ablauf der Kopplung

Nach dem Starten der Kopplung durch einen Fernsteuerbefehl oder, wie in der Anlage realisiert, durch einen Knopfdruck schwenkt das Portal auf dem Drehteller um 90° in Arbeitsstellung. Dabei muß eine definierte Y-Position eingehalten werden, damit der schwenkende Teil nicht mit dem Gehäuse der Station kollidiert. Die Position wird von einem Mittelkontakt überwacht.

Nach dem Erreichen der Arbeitsstellung beginnt eine Suchbewegung auf der Y-Achse. Dabei fährt der Schlitten mit den aufgesetzten Lineareinheiten für die X- und die Z-Richtung in eine voreinstellbare Richtung, bis entweder das Positionssignal gefunden wird oder ein Endschalter der Y-Lineareinheit erreicht wird. Bei Erreichen des Endschalters wird die Drehrichtung des Motors umgekehrt, und der Suchvorgang in der anderen Richtung fortgesetzt. Wenn kein Positionssignal erkannt wird, wird der Suchvorgang entweder nach drei kompletten Durchläufen oder mit einer Zeitabschaltung abgebrochen, und die Anlage kehrt in die Ausgangsstellung zurück. Wenn der Sensor das Signal empfängt, stoppt die Verfahrbewegung der Y-Achse, die Kopplungsposition in Y-Richtung ist erreicht.

Die Z-Achse beginnt mit dem Suchvorgang. Sobald das Positionssignal für die Z-Achse erkannt wird, wird zum nächsten Programmpunkt, dem Ausfahren der Lanze (X-Richtung) weitergeschaltet. Wenn kein Signal erkannt wird, wird analog zur Y-Richtung verfahren.

Der Kupplungskopf an der Spitze der Lanze fährt aus, bis er gegen das Gegenstück am Fahrzeug stößt. Durch die Vorverlagerung des Gewichts des Kupplungskopfs verschiebt sich die Höhenposition beim Ausfahren. Sobald der Sensor das Höhensignal verliert, das Horizontalsignal aber noch erkannt wird, regelt die Anlage die Höhenposition nach. Der Verlust beider Signale führt zum Abbruch der Kopplung.

Wenn der Kupplungskopf gegen das Gegenstück stößt, beginnt die Spindel die Kupplungen zuzuziehen, bis die Verriegelungsposition erreicht ist. Dabei verschiebt sich der Kupplungskopf auf seinen Führungen gegenüber der Lanze. Für den Fall einer Fehlfunktion ist auch hier eine Zeitabschaltung eingebaut.

Die Anlage ist jetzt vorwärmbereit.

Der durch ein Signal des Bedieners gestartete Abkoppelvorgang startet mit einem Zurückziehen der Lanze um 4 cm, um die Vorlast von der elastischen Aufhängung des Kupplungskopfs zu nehmen. Die Spindel trennt die Kupplungen anschließend. Um ein Verhaken der Spindel im Gegenstück zu verhindern, dreht diese auch nach dem Ausfahren aus dem Gegenstück weiter. Wenn die Lanze den Anschlag in X-Richtung erreicht hat, fährt die Z-Richtung in die untere Endlage. Anschließend werden die Ausgangsstellung der Y-Richtung angefahren und der Drehteller in Ruheposition geschwenkt.

Nach einem eventuellen Stromausfall oder anderen Störungen wird eine Routine durchlaufen, die ein komplettes Auskoppelmanöver beinhaltet, um die Anlage nach einer Störung und vor einer erneuten Inbetriebnahme in einen definierten Ausgangszustand versetzt. Sollte das Fahrzeug angekuppelt sein, und das Abkuppeln wird durch einen Defekt oder eine Störung unmöglich gemacht, kann eine Notauskuppelung vorgenommen werden. Dazu wird aus der Anlage ein Notfallanschlußkabel gezogen, das in den Zigarettenanzünder bzw. die Bordsteckdose des Fahrzeugs eingesteckt wird und den Motor des Spindelantriebs mit Spannung beaufschlagt, so daß die Kupplungen getrennt werden.

8.2 Steuerung der Vorwärmstation

8.2.1 Steuerrechner

Die Steuerung der Vorwärmstation erfolgt mit einem Mikrocontrollsystem mit dem Prozessor Siemens SAB 80C167. Es ist im Institut für Kraftfahrwesen Aachen (ika) entwickelt worden und gehört zum Standard-Entwicklungswerkzeug des Instituts. Der Einsatz eines solchen Steuerrechners erlaubt die schnelle Implementierung von Steueralgorithmen. Bei Änderungen der Anlage bzw. des zeitlichen Ablaufes einer Kopplung kann auch das Steuerungsprogramm sehr einfach angepaßt werden.

Weiterführende Funktionen sind ebenfalls problemlos zu ergänzen oder einzufügen. So kann beispielsweise die Ankopplung des Kühlkreislaufes durch eine

Starterbatterieladefunktion erweitert werden. Der Steuerrechner könnte die Überwachung der Aufladung oder Ladungserhaltung der Fahrzeugbatterie übernehmen.

Der verwendete Mikrocontroller SAB 80C167 gehört zur Familie der 16-bit-Prozessoren. Er ist optimiert für hohen Befehlsdurchsatz und kurze Antwortzeiten auf externe Ereignisse.

Der Mikrocontroller ist auf einer Platine im Europakartenformat aufgebaut. Das Board enthält neben dem Prozessor eine Reihe von Speicherbausteinen, die einen Programmcode von bis zu 4 MB aufnehmen können, sowie eine serielle und eine CAN-Bus-Schnittstelle. Die Kommunikation mit den anderen Rechnerkomponenten erfolgt über einen 96-poligen Rechnerbus.

Die Spannungsversorgungseinheit stellt neben der Versorgungsspannung des Controller-Boards auch weitere galvanisch entkoppelte Spannungen zur Verfügung.

Das Betriebssystem ist multitasking- und echtzeitfähig. Mehrere Teilprogramme (sogenannte Tasks) können dabei je nach der ihnen vergebenen Priorität quasi gleichzeitig ablaufen.

8.2.2 Bussysteme

Die Steuerung benötigt aufgrund der Anforderungen der Energieverbundstation zwei Busstrukturen und zwei getrennte Netzteile. Trotzdem konnte die gesamte Steuerung und Spannungsversorgung in einer Einheit kompakt zusammengefaßt werden.

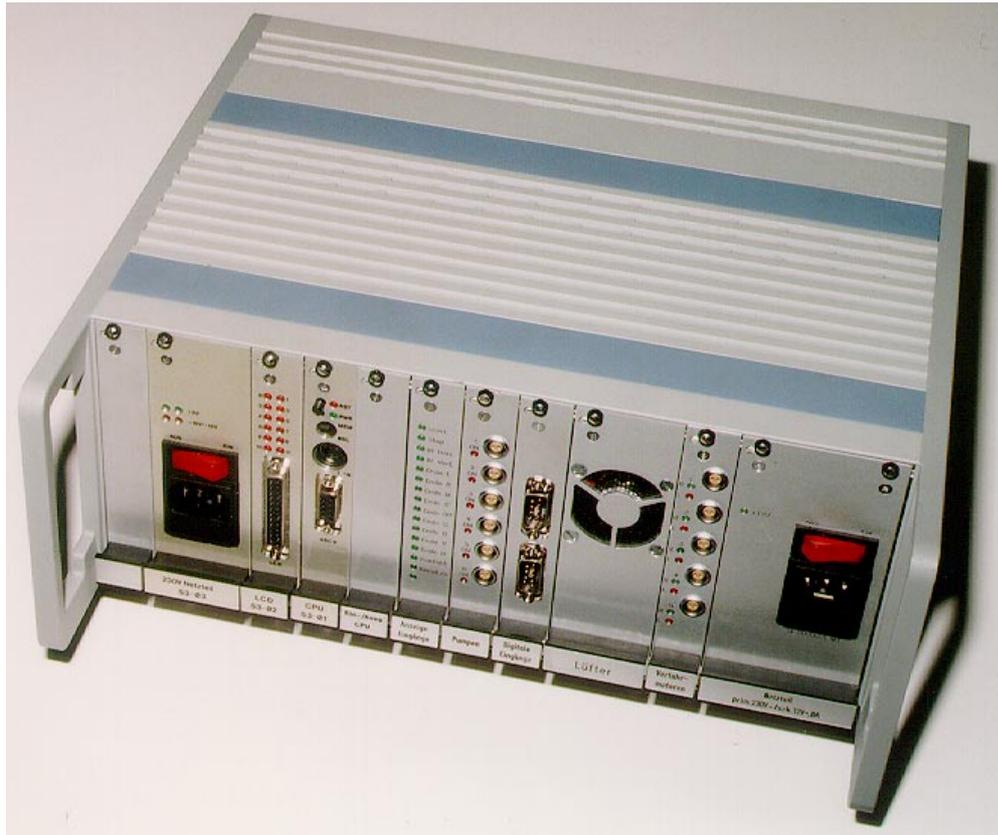


Abb. 8-10:Komplettes Steuerungssystem für die Vorwärmstation

Der Betrieb der Verfahrmotoren und Wasserpumpen erfordert eine elektrische Leistung von etwa 50 Watt pro Motor bzw. 25 Watt pro Pumpe. Da mehrere Pumpen gleichzeitig und teilweise zusätzlich die Motoren laufen, müssen dauerhaft bei einer Betriebsspannung von 12 Volt 6 bis 8 Ampere bereitgestellt werden. Da das Netzteil des Steuerrechners dafür nicht ausgelegt ist, wurde für die Energieverbundstation zusätzlich zu dem 96-poligen Rechnerbus ein 48-poliger Leistungsbus mit eigenem Netzteil definiert und aufgebaut. Dieser Bus ist durch eine höhere Strombelastbarkeit gekennzeichnet. Über diesen Bus erfolgt über speziell entwickelte Module die Anbindung der Sensorik und Aktuatorik. Durch die Busstruktur ist eine Reihenfolge der Module nicht vorgegeben und es besteht die Möglichkeit ergänzende Module zusätzlich anzuschließen. Nachfolgend werden die speziell auf die Energieverbundstation abgestimmten entwickelten Module beschrieben.

8.2.2.1 Prozessoranschlußplatine

Die Prozessoranschlußplatine ermöglicht den Anschluß der direkten Prozessoranschlüsse an den Leistungsbus. Die Ausgänge des Steuerrechners, über die die Aktuatorik angesteuert wird, sind mit Optokopplern vom Typ PC817 galvanisch entkoppelt (siehe Abb. 8-11) Die Entkopplung ist nötig, damit Störungen an den Aktuatoren (Kurzschluß oder Überspannung) nicht zu einer Zerstörung des Prozessors führt. Die Entkopplung der Eingänge erfolgt bereits auf dem Modul für digitale Eingänge, daher sind diese

Signalleitungen auf der Prozessoranschlußplatine lediglich von der Steckerleiste direkt auf die Prozessoranschlußleiste geführt.

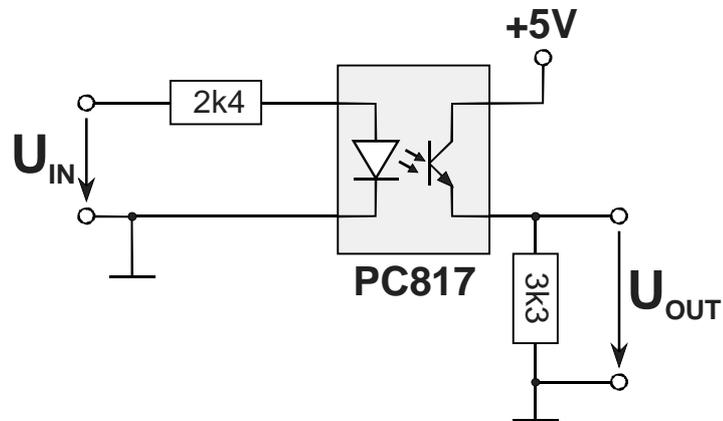


Abb. 8-11: Schaltung des Optokopplers

8.2.2.2 Motoransteuerungsmodul

Die Ansteuerung der fünf Motoren erfolgt über das Motoransteuerungsmodul. Hier werden je nach Prozessorausgabe die Gleichstrommotoren im Rechts- oder Linkslauf angetrieben. Dazu schaltet das Signal vom Prozessor einen Transistor (siehe Abb. 8-12). Jeweils zwei dieser Transistorschaltungen steuern ein Motorumpolrelais an, welches die Polarität der Motoren zwecks Umkehr der Drehrichtung umdreht.

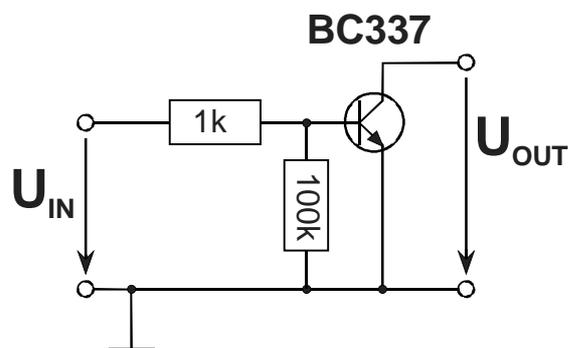


Abb. 8-12: Transistorschaltung

Transistor 1 (Rechtslauf)	Transistor 2 (Linkslauf)	Ausgang des Motorumpolrelais
0	0	Kurzschluß (Motor steht)
0	1	Linkslauf
1	0	Rechtslauf
1	1	Kurzschluß (Motor steht)

Abb. 8-13: Funktionstabelle der Motorumpolrelais

Die Funktionsweise der Relaisansteuerung ist aus Abb. 8-13 ersichtlich. Durch jeweils zwei unterschiedlich farbige Leuchtdioden in der Frontabdeckung des Moduls wird die momentane Ansteuerung jedes Motors angezeigt. Der Anschluß der Motoren erfolgt über zweipolige Präzisionsstecker, die neben den LEDs angeordnet sind.

8.2.2.3 Pumpenansteuerungsmodul

Das Pumpenansteuerungsmodul ermöglicht den Anschluß von 6 Gleichstrompumpen. Da sie nur in einer Drehrichtung betrieben werden, entfällt die Ansteuerung eines Motorumpolrelais. Statt dessen steuert der von dem Prozessorsignal geschaltete Transistor die Pumpen über ein normales Relais an. Die momentane Ansteuerung der Pumpen wird durch jeweils eine Leuchtdiode angezeigt. Wie bei dem Motoransteuerungsmodul werden auch hier die Pumpen mit zweipoligen Präzisionssteckern angeschlossen.

8.2.2.4 Modul für digitale Eingänge

Die digitalen Eingänge gelangen über das Modul „Digitaleingänge“ zum Steuerrechner. Außerdem erfolgt hier eine galvanische Entkopplung durch Optokoppler. Die Schaltung des verwendeten Optokopplers ist in Abb. 8-11 dargestellt. Über die beiden 9-poligen SUB-D-Anschlüsse werden die Sensoren angeschlossen.

8.2.2.5 Anzeigemodul für digitale Eingänge

Dieses Modul dient zur Visualisierung der digitalen Eingänge. Es beeinflusst in keiner Weise die Funktion der Steuereinheit, sondern „horcht“ lediglich in den Leistungsbus und steuert je nach Zustand der Eingänge 16 Leuchtdioden an. Somit ist im Falle eines Fehlers eine relativ schnelle Diagnose möglich und der Ablauf kann visuell am Rechner verfolgt werden.

8.2.2.6 Spannungsversorgung des Leistungsbus

Das Netzteil stellt die benötigte elektrische Leistung zur Verfügung. Die wichtigsten Komponenten sind ein Ringkerntrafo, ein Brückengleichrichter und ein

Glättungskondensator. Ein beleuchteter 230-Volt-Netzschalter und eine Leuchtdiode im 12-Volt-Kreis zeigen die Funktion des Moduls an. In Abb. 8-14 sind die Eckdaten der Spannungsversorgung zusammengefaßt.

Eingangsspannung	230 V ~
Stromaufnahme	1000 mA
Ausgangsspannung	12 V =
max. Ausgangsstrom	8,7 A

Abb. 8-14: Eckdaten des Netzteils

8.2.3 Steuerungssoftware

Das Steuerungsprogramm ist in der Programmiersprache C geschrieben. Es enthält alle Routinen zur Ansteuerung der Motoren und Pumpen sowie zur Abfrage aller Sensoren. Die Funktionsweise der einzelnen Routinen wird aus den Flußdiagrammen im Anhang ersichtlich.

8.2.4 Sicherheitsalgorithmen

Bei Anlagen, bei denen frei zugängliche Teile automatisch Bewegungen ausführen, ist in besonderem Maß auf Sicherheitsvorkehrungen zu achten. Alle Teile der Anlage müssen so ausgeführt sein, daß auch Fehlbedienungen und Störungen kein Verletzungsrisiko für die bedienende und andere Personen darstellen. Insbesondere der relativ frei zugängliche Standort Garage, ungeschultes Bedienpersonal und die Erreichbarkeit für Kinder erfordern ein entsprechendes Sicherheitskonzept.

Nachfolgend sind Sicherheitsmaßnahmen aufgeführt, die in der Demonstrationsanlage realisiert worden sind.

- Die Anlage stoppt und fährt in die Ausgangslage zurück, wenn der Infrarotstrahl zwischen Fahrzeug und Anlage unterbrochen wird während die Lanze ausfährt. Dadurch wird ein Einklemmen eines zwischen Fahrzeug und Anlage befindlichen Körperteils oder Gegenstands vermieden.
- Nach der Betätigung des „Not Aus“-Schalters und der Wiederinbetriebnahme durchläuft die Anlage eine Sicherheitsroutine, bei der die Ausgangsstellung wieder angefahren wird. Mit der Betätigung des Schalters stoppt die Anlage und sowohl Niederspannungs- als auch der Hochspannungsteil sind spannungsfrei.
- Die Motoren sind entweder über Zahnriemen oder über elastische Elemente angeschlossen. Bei Überlast verdrehen sich die elastischen Elemente und die Riemen

springen über, so daß ein unbeabsichtigtes Blockieren der Anlage nicht zu Beschädigungen führt.

- Bei einem Griff in das Gehäuse schaltet die Anlage in einen Stop-Modus. Das Programm wird fortgesetzt, wenn der Innenraum des Gehäuses wieder frei ist. Diese Lichtschranke wurde für den Versuchsbetrieb nicht eingesetzt, um Endschalter manuell betätigen und die Anlage ohne Gehäuse in Betrieb nehmen zu können.
- Das Anlassen des Fahrzeugs ist blockiert, wenn der Kupplungskopf angekoppelt ist. Damit wird ein Losfahren des Fahrzeugs bei angekoppelter Energieversorgung vermieden.

8.2.5 Parkhilfen

Da die Einparkgenauigkeit einen relativ großen Einfluß auf das reibungslose Funktionieren der Anlage hat, sind Hilfen zur Einhaltung eines relativ konstanten Abstands zur Anlage sinnvoll. Je genauer das Parken erfolgen kann, desto kleiner können auch die Positionierwege der Anlage ausfallen, und desto kleiner werden demzufolge auch die Abmessungen des Gehäuses.

Es sind mehrere mehr oder weniger aufwendige Einparkhilfen einsetzbar, um die Einparkgenauigkeit vor der Station zu erhöhen. Diese können einfach und preiswert ausfallen, wenn nur ein Fahrzeug auf dem entsprechenden Stellplatz abgestellt wird.

Eine einfache, aber nicht besonders genaue Lösung ist eine entsprechende Markierung an der Wand, die beispielsweise auf Höhe des Außenspiegels sitzen muß, damit der entsprechende Abstand eingehalten wird. Effektiver und präziser ist eine auf dem Boden verankerte Schwelle, auf die das Fahrzeug mit den Vorderrädern auffährt. Diese kann durch Einfahrschienen erweitert werden, die auch den seitlichen Versatz des Fahrzeugs zur Anlage wie bei einer Waschstraße begrenzen.

In der Demonstrationsanlage ist ein Entfernungsmesser auf Ultraschallbasis integriert, der ähnlich einer Portalwaschanlage mit „vor, stop, zurück“ den richtigen Abstand markiert. Dieses System funktioniert auch bei unterschiedlichen Fahrzeugen. Außerdem kann so die Anlage blockiert werden, wenn der Mindestabstand unterschritten oder der Höchstabstand überschritten wird. Bei zu geringem Mindestabstand werden so Schäden durch den aus dem Gehäuse herausschwenkenden Kupplungskopf vermieden.

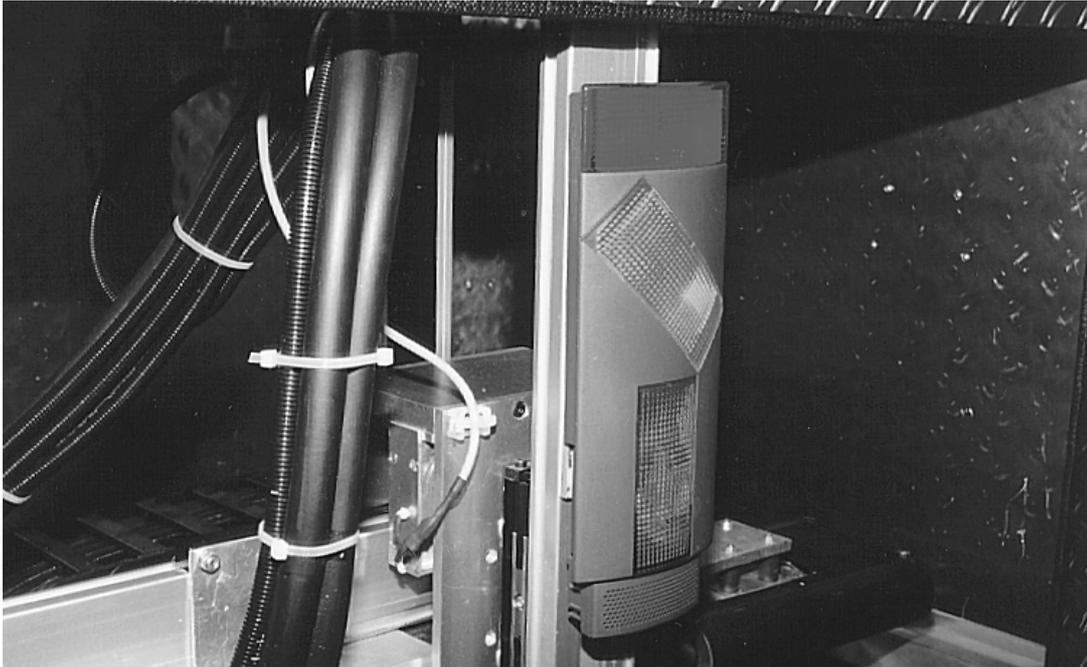


Abb. 8-15: In der Station integrierte Ultraschalleinparkhilfe

8.3 Manuelle Kopplung

Mit der manuellen Kopplung sollte der aufwendigen vollautomatischen Kopplungsstation eine einfache und damit preiswerte Variante gegenübergestellt werden. Aus diesem Grundgedanken heraus ist die nachfolgend beschriebene und in Abb. 8-16 gezeigte Handkoppeleinrichtung entstanden.

8.3.1 Grundkonzept

Um auch mit der manuellen Handkopplung eine hohe Akzeptanz beim potentiellen Kunden zu erreichen, muß der Aufwand bei der Bedienung gering sein. Sowohl Betätigungskräfte als auch die Zahl der notwendigen Aktionen müssen möglichst niedrig sein. Die Kopplung und ihre Bedienelemente müssen einfach zu überblicken und selbsterklärend sein. Die Bedienelemente müssen so gestaltet sein, daß auch der nicht eingewiesene Nutzer die Kopplung intuitiv richtig bedient.



Abb. 8-16: Manueller Kupplungskopf

8.3.1.1 Reduzierung der Betätigungskräfte

Bei der Bedienung eines manuell geführten Kupplungskopfes treten zwei Hauptbetätigungskräfte auf. Die Zuführung des Kupplungskopfes zum Fahrzeug und das eigentliche Schließen der Kupplungen. Die Reduzierung des Aufwandes beim Zuführen des Kopfes zum Fahrzeug bedeutet neben einer ergonomischen Gestaltung in erster Linie eine Kompensation des Eigengewichts des zu bewegenden Teils. Diese kann je nach räumlichen Gegebenheiten auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. Zwei Möglichkeiten sind in den Skizzen in Abb. 8-2 und Abb. 8-3 dargestellt. In Abb. 8-2 wird die Entlastung durch eine Parallelogrammführung und vorgespannte Federn erreicht (Prinzip Architektenleuchte). Für die Demonstration wurde aufgrund der Aussagen von Befragten, die mit den Skizzen konfrontiert wurden, und der besseren Transportierbarkeit die Lösung nach Abb. 8-3 realisiert. Hier erfolgt die Gewichtsentlastung mit Hilfe eines Seilzugrollers, der die Vorlast mit einer Spiralfeder kompensiert. Derartige Seilzugroller werden beispielsweise zur Gewichtsentlastung von Werkzeugen in Fertigung, Produktion und Werkstätten eingesetzt. Der Einsatz eines Seilzugrollers gewährleistet die Gewichtsentlastung und läßt einen großen Bewegungsspielraum zu, so daß auch mehrere Fahrzeuge mit einer Kupplung bedient werden können.

Das Schließen und Verriegeln der Kupplungen wird von dem im Kupplungskopf integrierten Elektromotor über die Trapezgewindespindel vorgenommen, so daß zum Schließen der Kupplungsanschlüsse keine Betätigungskräfte erforderlich sind.

Folgender Ablauf muß über die Bedienelemente gesteuert werden: Nach dem Ansetzen des Kopfes an das Gegenstück muß die Spindel beginnen, sich zu drehen, bis die Kupplungen geschlossen sind. Nach Beendigung des Vorwärmens muß der Spindeltrieb auf ein Signal des Bedieners die Kupplungen wieder trennen und den Kupplungskopf freigeben.

Für die Bedienoberfläche des Kupplungskopfes zur Umsetzung dieser Funktionen wurden zwei Konzepte erstellt und erprobt:

Der Kupplungskopf wird über den Handgriff auf das Gegenstück aufgesetzt und mit leichtem Druck angepreßt. Der Handgriff ist verschieblich auf dem Kopf montiert. Die aus dem Druck resultierende Verschiebung wird erkannt und startet den Elektromotor. Zum Auskoppeln wird am Handgriff leicht gezogen, um den Auskoppelvorgang zu starten. Diese Variante ist sehr komfortabel zu bedienen, hat aber den Nachteil, daß die Bedienelemente nicht direkt als solche zu erkennen sind. Während der Demonstration traten hier häufig Fragen auf, wenn der Kopplungsvorgang nicht erklärt worden war. Hier ließe sich eventuell Abhilfe durch eine eindeutige Beschriftung schaffen. Eingewiesene Benutzer bewerteten diese Lösung als sehr positiv.

Für weitere Befragungen wurde am Griff des Kupplungskopfes eine mit dem Daumen bequem zu erreichende und zu bedienende Schaltwippe montiert. Diese war eindeutig als Bedienelement zu erkennen und die Zuordnung „Wippe nach vorne“ = Ankoppeln und „Wippe nach hinten“ = Auskoppeln wurde problemlos erkannt. Weitere Bedienelemente am Kupplungskopf sind nicht nötig, da die Vorwärmung von der Wärmeversorgungseinheit aus über Zeituhr, Fernsteuerung oder Schalter gestartet wird.

8.3.2 Elektrische Schaltung

In Abb. 8-17 ist der Schaltplan der notwendigen elektrischen Komponenten in manuellen Kupplungskopf abgebildet. Diese beschränken sich auf den Antriebsmotor der Spindel, zwei Schalter für die Bedienung sowie den Endkontakt und eine Diode. Bei Betätigung der Schaltwippe am Handgriff oder alternativ der oben beschriebenen Schiebeeinrichtung beginnt der Motor, die Spindel zu drehen. Die Kopplung wird zugezogen. Bei Erreichen der Endstellung wird die Stromzufuhr zum Motor durch den Endschalter unterbrochen. Damit ein Öffnen der Kupplungen weiterhin möglich ist, ist dem Endschalter eine Diode parallelgeschaltet, die in der Richtung „Kupplung zuziehen“ sperrt und in Richtung „Kupplung öffnen“ durchläßt. Dadurch ist das Öffnen unabhängig von der Stellung des Endschalters möglich.

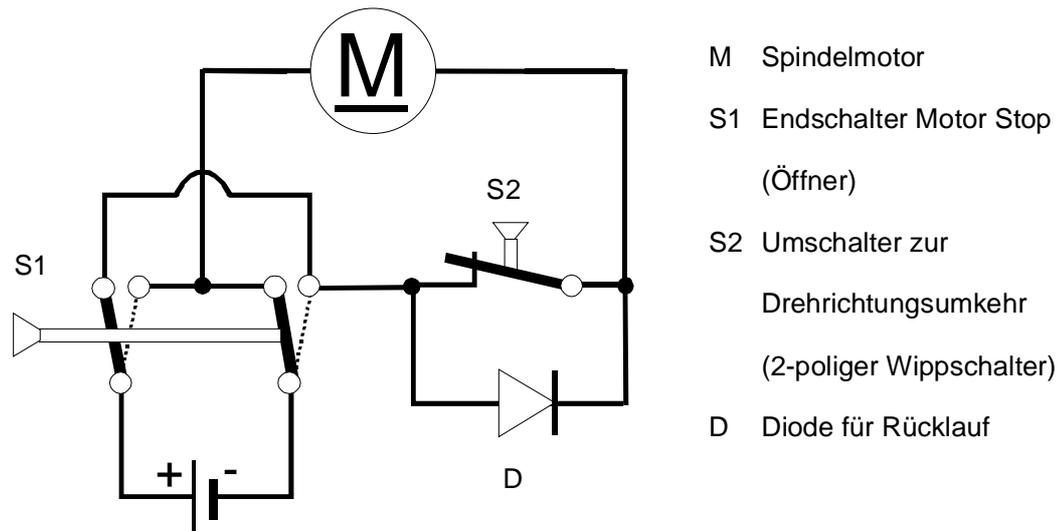


Abb. 8-17: Schaltplan der Elektrik im manuellen Kopf

8.4 Wärmebereitstellung im Rahmen der Demonstrationsanlage

Um die Anlage mobil zu halten und bei Veranstaltungen u.ä. vorführen zu können, wurde eine Wärmeversorgungseinheit entwickelt und aufgebaut, so daß auch bei Vorführungen unabhängig von Fernwärme und Hausheizungsanschluß tatsächlich Fahrzeuge vorgewärmt werden konnten. Die Energieversorgung wurde wegen der allgemeinen Verfügbarkeit auf einen 230 V - Anschluß beschränkt. Damit alleine ist aber keine entsprechend schnelle Vorwärmung möglich, so daß, um geringe Verlustleistungen zu realisieren, eine höhere Leistungsdichte zur Verfügung stehen muß. Diese wurde mit Hilfe eines Latentwärmespeichers realisiert. Der Speicher wird mit einem Wasserheizgerät beladen und kann dann innerhalb von 10 Minuten den kompletten Wärmeinhalt abgeben. Um einen Energieinhalt von 1600 Wh darzustellen, wurden zwei Latentwärmespeicher mit je 800 Wh in Reihe geschaltet. Damit kann eine Übertragungsleistung von ca. 10 kW realisiert werden, so daß eine realitätsnahe Vorwärmung vorgeführt werden kann. Der Aufbau der Wärmeeinheit ist nachfolgend schematisch dargestellt.

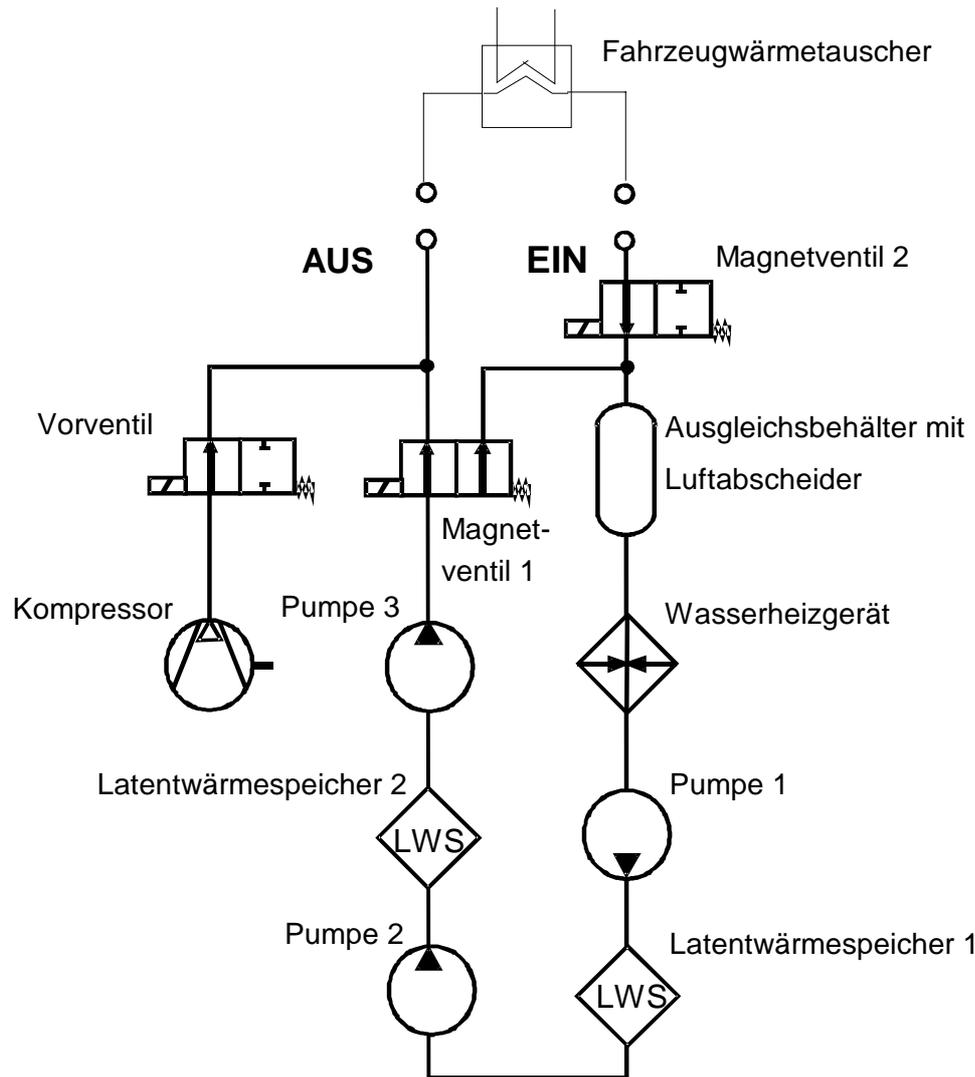


Abb. 8-18: Schematischer Aufbau der Kühlmittleitungen der Wärmeversorgung

In der Anlage werden drei unterschiedliche Betriebszustände geschaltet:

1. Aufheizen der Latentwärmespeicher
2. Vorwärmen des Fahrzeugs
3. Belüften der Leitungen

In Betriebszustand 1 werden die Latentwärmespeicher geladen. Dazu fließt das Kühlmittel im Kreislauf durch die Anlage und passiert dabei den Ausgleichsbehälter mit Luftabscheider, das Wasserheizgerät, die Pumpen und Latentwärmespeicher, um über ein Magnetventil wieder in den Ausgleichsbehälter zu gelangen.

Beim Vorwärmen des Fahrzeugs werden aus dem Fahrzeugwärmetauscher kommend zuerst der Luftabscheider, dann das Heizgerät, Latentwärmespeicher und Pumpen durchströmt, bevor das Kühlmittel wieder zum Fahrzeugwärmetauscher fließt.

Im Betriebszustand 3, dem Belüften der Leitungen, bläst der Kompressor das Kühlmittel aus den Leitungen zum Fahrzeug und den fahrzeugseitigen Einbauten. Damit wird erreicht, daß das im Betrieb zusätzlich mitzuführende Gewicht minimal ist. Außerdem werden Leckagen aus einem nicht angekoppelten Fahrzeug vermieden. Bei der Verwendung von mehreren Fahrzeugen an einer Station oder mehreren Stationen für ein Fahrzeug werden eine Vermischung verschiedener Kühlmittel und damit Verunreinigungen minimiert.

In der Anlage befindliche Luft wird in einem Ausgleichsbehälter mit integriertem Luftabscheider vom Kühlmittel abgetrennt und abgelassen. Der Kühlmittelausgleichsbehälter hat ein Volumen von 4 l. Dieses Volumen ist notwendig, um die Flüssigkeitsmenge aus dem Fahrzeugwärmetauscher und den Schläuchen aufzunehmen, wenn diese nach dem Vorwärmen leergepumpt werden.

Das im Kreislauf angeschlossene Wasserheizgerät hat eine Leistung von 2 kW und wird an eine 230 V-Versorgung angeschlossen. Diese Leistung kann einer normalen Steckdose selbst dann entnommen werden, wenn weitere Verbraucher am gleichen Strang der Elektroinstallation angeschlossen sind.

Für den Wasserkreislauf innerhalb der Anlage werden störungsempfindliche und preiswerte temperaturfeste Kreiselpumpen verwendet, die sonst als Nachlaufwasserpumpen im Kühlkreislauf eines Fahrzeugs eingesetzt werden. Da diese nicht selbstansaugend sind, wurden sie an der tiefsten Stelle der Anlage platziert, so daß sie immer mit Wasser gefüllt bleiben. Dadurch und durch die redundante Anordnung ist das Kreislaufsystem unanfällig gegen Luftblasen. Drei Pumpen sind notwendig, um den Durchfluß für eine schnelle Vorwärmung zu erzielen.

Die beiden Latentwärmespeicher haben eine Kapazität von 800 Wh und eine Verlustleistung von 7 W. Das Gewicht eines Speichers beträgt ohne Kühlwasser 12,6 kg und die Auskopplung des kompletten Wärmeinhalts ist in 5 min möglich.

Die verwendeten Magnetventile sind stromlos geschlossen, haben einen Querschnitt von ½“, eine Schaltspannung von 230 V und sind temperaturbeständig bis 95°C. Die Ansteuerung erfolgt über eine Relaischaltung und den Steuerrechner.

8.5 Demonstrationsfahrzeuge und Einbauten im Fahrzeug

Im Rahmen dieses Projekts sind drei Fahrzeuge mit einer entsprechenden Kopplung ausgerüstet worden, um den befragten Personen die Thematik am Objekt vorführen zu können. Als Fahrzeuge standen zwei Fahrzeuge mit direkt einspritzender Dieselmotorschnecke und ein Elektrofahrzeug zur Verfügung.

Die beiden Dieselfahrzeuge sind mit den für eine Motorvorwärmung nötigen zusätzlichen Komponenten ausgestattet worden, so daß die Vorwärmung vorgeführt werden konnte. Im einzelnen sind dies:

- Ein Wärmetauscher im kleinen Kühlkreislauf zur Übertragung der Energie von Kreislauf der Vorwärmstation auf den Kühlmittelkreislauf des Fahrzeugs. Der Wärmetauscher ist als Plattenwärmetauscher ausgeführt und hat inklusive der Befestigungspunkte und Schlauchanschlüsse die Abmessungen 110 x 200 x 120 mm. Durch die kompakten Abmessungen ist die Unterbringung im Motorraum eines Fahrzeugs normalerweise kein Problem. Die übertragbare Leistung beträgt in Abhängigkeit des Durchflusses bei einer Temperaturdifferenz zwischen Fahrzeugkühlwasser und Übertragungsmedium von 50 °K bis zu 30 kW.



Abb. 8-19: Fahrzeugwärmetauscher

- Eine Kühlwasserumwälzpumpe, um die zugeführte Wärme im Motor zu verteilen. Diese Pumpe ist bei vielen modernen Motoren als Kühlwassernachlaufpumpe zur Vermeidung von Hitzenestern bereits vorhanden. Zur Erzielung hoher Wärmeübertragungsraten und kurzer Vorwärmdauern müsste die Leistung dieser Pumpe allerdings noch erhöht werden.



Abb. 8-20: Kühlwasserumwälzpumpe

- Der Fangtrichter mit den Kupplungsgegenstücken, dem Gegenstück für die Trapezgewindespindel und elektrischen Kontakten zur Strom- und Informationsübertragung.
- Infrarotpositionsdiode mit Ansteuerung zur Aussendung des pulswellenmodulierten Signals zur Positionserkennung.

Am Elektrofahrzeug ist die Kopplung dargestellt worden, um die Möglichkeiten eines Energieverbunds an diesem Fahrzeugtyp aufzeigen zu können. Die Anbindung der Kontakte erfolgte nicht, da die Umbauten des Fahrzeugs zu aufwendig gewesen wären.

Zur Veranschaulichung der nötigen Einbauten in das Fahrzeug ist zusätzlich ein Demonstrationsobjekt erstellt worden, das alle Komponenten offen aufgebaut zeigt, die im Fahrzeug nötig sind. Dieses ist in der nachfolgenden Abb. 8-21 dargestellt.

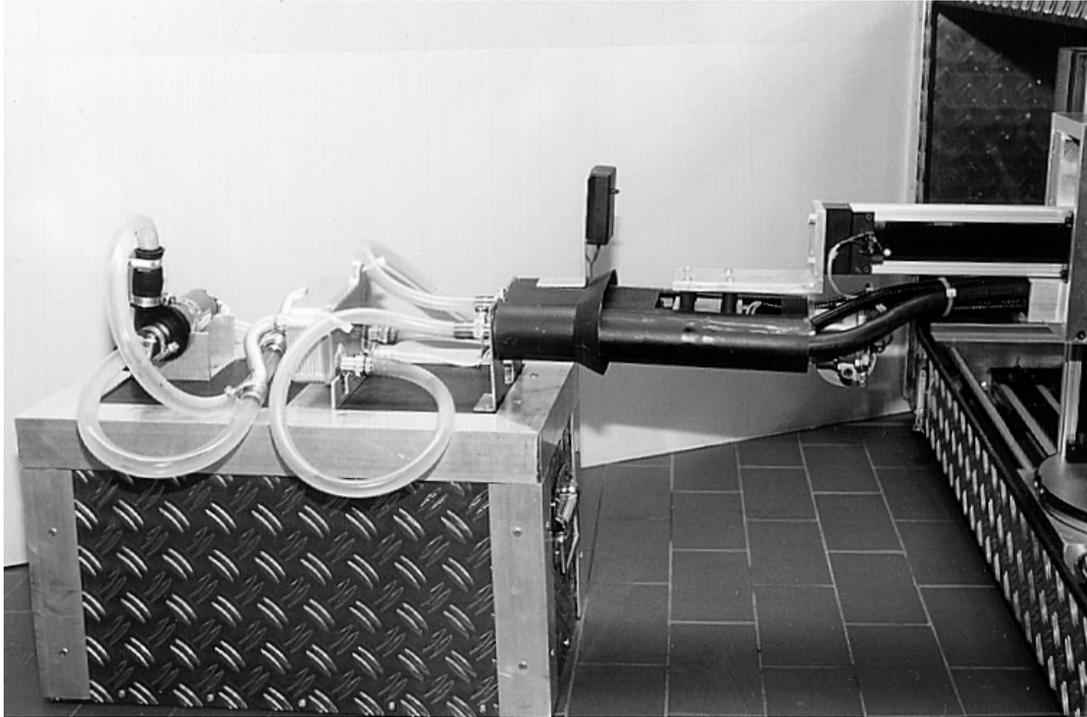


Abb. 8-21: Demonstrator zur Darstellung der Fahrzeugeinbauten

8.6 Kostenbetrachtung zu einer manuellen Kopplung

Die Kosten für eine Fahrzeugkopplung sind stark von der verkauften Stückzahl abhängig. Eine Kostenbetrachtung muß demzufolge auf die ungefähre Größenordnung der Jahresproduktion abgestimmt erfolgen. Als Richtwert dient eine Größenordnung von mehreren 10.000 Stück pro Jahr. Bei knapp 4 Millionen Neuzulassungen im Jahr in Deutschland ist diese Größenordnung bei einem am Markt eingeführten System realistisch [VDA96; DIW96]. Hierfür wird nachfolgend eine grobe Preisabschätzung vorgenommen.

Für die größeren Komponenten wurden dafür Preise für eine jährliche Lieferung in der genannten Größenordnung eingeholt. Die Elektronikkomponenten wurden mit dem in der Preisstaffelung für die höchste lieferbare Einheit angegebenen Preis veranschlagt. Hier ließe sich von Seiten eines Herstellers noch eine weitere Preisreduzierung wegen der großen Abnahmemenge erreichen.

Die Addition der Einzelteilpreise der wichtigsten Komponenten ergibt Kosten von ca. 280,-DM für die Serienproduktion einer manuellen Kopplung mit Kupplungskopf und fahrzeugseitigem Gegenstück sofern die Umwälzpumpe im Motor vorhanden ist. Bei konkreten Verhandlungen des Einkaufs einer Firma ließen sich die Kosten voraussichtlich noch weiter reduzieren, so daß dieser Preis vermutlich tendentiell zu hoch angesetzt ist. Außerdem sind aufgrund der Verfügbarkeit für die Demonstrationsanlage Komponenten mit einer nicht angepaßten Lebensdauer bzw. Leistung (z.B. Elektromotoren) verwendet worden. Bei einer Optimierung könnte auch hier gespart werden.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Einzelteilpreise.

Teile im Fahrzeug:	Einzelpreis	ca. Preis Serie	Teile manueller Kopf:		ca. Preis [DM]:
2 Kupplungs-gegenstücke POM	94,34	34,70	2 Kupplungen POM	170,96	57,90
5 Steckkontakte	6,36	5,02	Elektromotor	118,-	34,50
Schalter	3,95	2,85	Spindel	--	ca. 10,-
Trapezgewinde-gegenstück		ca. 8,-	Schalter	3,95	2,85
Wärmetauscher	ca. 50,-	ca. 20,-	Schaltwippe	3,03	2,58
Gehäuse mit Halter	--	ca. 15,-	Diode	2,09	1,67
Kleinteile/Normteile pauschal	10,-	5,-	Steckkontakte	6,36	5,02
Schlauch benötigt ca. 2m	8,-	4,-	Gehäuse und Handgriff	--	ca. 30,-
Umwälzpumpe (teilweise vorhanden)	220,00	(ca. 100,-)	Kleinteile/Normteile pauschal	10,-	5,-
	--	--	Schlauch benötigt ca. 10m	40,-	15,-
Montage	--	10,-	Montage	--	15,-
Gesamt:		<u>104,57</u>	Gesamt:		<u>176,67</u>

Abb. 8-22: Preise der Einzelteile des manuellen Kopfes

9 Zusammenfassung und Ausblick

Der Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre und die Belastung der Umwelt durch verkehrsbedingte Schadstoffe führen zusammen mit steigenden legislativen Forderungen zu einem Wandel in Gesellschaft und Verkehr. Ein Energieverbund zwischen Fahrzeug und Infrastruktur stellt eine Möglichkeit dar, Kraftstoffverbrauch und Emissionen zu reduzieren und gleichzeitig den Komfort für die Fahrzeuginsassen anzuheben.

In zwei durch die Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen (FVV) finanzierten, vorangegangenen Projekten wurden am Institut für Kraftfahrwesen Aachen (ika) deshalb die technischen Möglichkeiten für die Nutzung eines Energieverbunds sowie die Auswirkungen auf Kraftstoffverbrauch und Emissionen untersucht.

Im Rahmen des diesem Bericht zugrundeliegenden, vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie finanzierten und einem Arbeitskreis der FVV unter Vorsitz des Obmanns Dr. König, VW unterstützten Projekts wurden wirkungsgradgünstige und einfach zu bedienende Kopplungen als Demonstrationsobjekte konstruiert und gebaut und die Akzeptanz zukünftiger Nutzer für eine Fahrzeugkopplung untersucht.

Mit einer Energieverbundkopplung können elektrische, pneumatische und thermische Energie zwischen Fahrzeug und Infrastruktur in beiden Richtungen übertragen werden. Ein sinnvoller Ansatzpunkt für einen Energieverbund ist die Übertragung thermischer Energie zur Fahrzeugvorwärmung, da hiermit sowohl der Komfort der Insassen verbessert als auch die Emissionen des Fahrzeugs verringert werden. Durch legislative Vorgaben wird zukünftig bei Verbrauchsmessungen ein neuer Meßzyklus zugrundegelegt, der die realen Kraftstoffverbräuche besser wiedergibt als die bisherige Drittmixangabe. Eine der wichtigsten Neuerungen ist die Berücksichtigung des kalten Motorzustands zu Beginn einer Fahrt. Die Umsetzung eines Energieverbunds zur Fahrzeugvorwärmung ist deswegen in naher Zukunft vorstellbar, so daß die Möglichkeiten eines Energieverbunds primär an diesem Beispiel demonstriert werden.

Die Auswirkungen einer Vorwärmung auf Schadstoffausstoß und Kraftstoffverbrauch sind dargestellt und erläutert worden. Die Emissionen nach einem Kaltstart lassen sich selbst bei durchschnittlichen Temperaturen je nach Fahrzeug im Kurzstreckenverkehr um über 20 % senken. In der kalten Jahreszeit sind sogar noch wesentlich größere Reduktionen möglich. Die Kraftstoffersparnis bei Ottomotoren im Kurzstreckenbetrieb beträgt bis zu 10% bei durchschnittlichen Temperaturen und liegt bei niedrigen Außentemperaturen entsprechend höher.

Neben der externen Vorwärmung durch die Übertragung thermischer Energie zwischen Fahrzeug und Infrastruktur gibt es weitere Möglichkeiten der Motorheizung vor oder kurz nach dem Starten. Diese werden aufgezählt und der externen Vorwärmung gegenübergestellt.

Zur Energieübertragung ins Fahrzeug sind nicht alle Energiequellen gleichermaßen geeignet. Die Energiequellen wurden vor dem Hintergrund der Vorwärmung miteinander verglichen. Die Energiequelle mit der höchsten Effektivität ist das Blockheizkraftwerk mit einer Kraft-Wärmekopplung. Bei einem Anschluß des Fahrzeugs an ein Blockheizkraftwerk über Fernwärmeleitungen läßt sich in der Gesamtbilanz der Primärenergiebedarf um ca. 2% senken. Für den Energieverbund zur Fahrzeugvorwärmung ist außerdem der Einsatz der Hausheizung denkbar, wenn kein Fernwärmeanschluß besteht. Um aber mit dem Blockheizkraftwerk vergleichbare Gesamteinsparungen zu erzielen, muß ein Sockelbetrag aus regenerativen Energiequellen beigesteuert werden. Sonst heben sich die Energieeinsparung durch Verbrauchsreduzierung und Energieaufwand für die Vorwärmung auf. Die Reduzierung des Schadstoffausstoßes und der lokalen Emission sind aber auf jeden Fall zu verzeichnen.

Für verschiedene Betreibergruppen wurden Nutzungskonzepte vorgestellt, wie eine Energieverbundkopplung zweckmäßig und komfortabel für einzelne Anwendungsfälle eingesetzt werden kann. Daran anschließend wurden die derzeit aktuellen Antriebskonzepte auf die Nutzbarkeit einer Energieverbundkopplung hin untersucht.

Im Rahmen des Projekts ist eine Umfrage zur besseren Einschätzung der Akzeptanz einer Energieverbundkopplung durchgeführt worden. Die Ergebnisse dieser Umfrage werden dargestellt. Die wichtigsten Kernaussagen sind die Bereitschaft von 77 % der Befragten, eine Fahrzeugvorwärmung zu kaufen und einzusetzen, sowie die Bereitschaft von 74 % der zukünftigen Nutzer, eine manuelle Kopplung zu benutzen. Die Nutzungsbereitschaft einer manuellen Kopplung ist für eine große Verbreitung auch außerhalb von Privatgaragen wichtig.

Kopplungseinrichtungen für die Übertragung thermischer und elektrischer Energie sowie für den Informationsaustausch sind am Institut für Kraftfahrwesen Aachen im Rahmen dieses Projekts als Demonstrationsanlagen konstruiert und aufgebaut worden. Dabei wurde sowohl die Möglichkeit der komfortablen vollautomatischen Kopplung als auch der preiswerteren manuellen Kopplung realisiert.

Im vorliegenden Bericht wurde der Kupplungskopf der Kopplung dargestellt. In einer Marktübersicht sind dem neuen Vorschlag bereits existierende, aber in diesem Zusammenhang nicht einsetzbare Systeme gegenübergestellt worden.

Nachfolgend wurden der Aufbau und die Steuerung der automatischen Dockingstation beschrieben und Komponenten wie beispielsweise Einparkhilfen und Sicherheitstechnik dargestellt. Die Beschreibung der manuellen Kopplung, der Wärmeversorgung der Demonstrationsanlage und eines Demonstrationsaufbaus der Fahrzeugeinbauten sowie eine überschlägige Kostenbetrachtung des manuellen Kopplungssystems folgten abschließend.

Der Verkehr der Zukunft wird einen Wandel hin zu geringerem Primärenergieverbrauch und geringeren Emissionen durchlaufen. In Rahmen dieses Wandels hat ein Energieverbund

gute Chancen, realisiert zu werden. Die nötigen Änderungen in der Infrastruktur machen den Einsatz zunächst für Flottenbetreiber, Mietfahrzeuge und Car-Sharing-Fahrzeuge interessant. Mit der Schaffung des Anschlusses an die Infrastruktur bzw. an die Hausheizung ist der Energieverbund zur Fahrzeugvorwärmung auch für den Privatkunden vorteilhaft.

Bei Ausnutzung auch geringer Abwärmemengen zur Energieeinsparung könnte dann z. B. auch thermische Energie aus dem Motorbetrieb in das Fernwärmenetz zurückgespeist werden. Der Motor könnte dabei auch mit einer vergrößerten Wärmespeicherkapazität ausgestattet werden. So könnte ein Teil der thermischen Verluste eines Verbrennungsmotors genutzt werden.

In weiterer Zukunft sind auch Fahrzeuge denkbar, die nicht auf Motoren mit einer diskontinuierlichen Verbrennung als Primärenergieantrieb zurückgreifen, sondern auf Alternativen mit kontinuierlicher Verbrennung wie ein Hybridfahrzeug mit Stirlingmotor. Diese Maschinen haben normalerweise eine höhere Lebensdauer als konventionelle Verbrennungsmotoren. Sie könnten bei einer Kopplung zur Infrastruktur mit Hilfe der vorgestellten Kopplungseinrichtung auch als Blockheizkraftwerk eingesetzt werden. Da erhöhter Energiebedarf normalerweise dort auftritt, wo sich der Nutzer eines Fahrzeugs gerade aufhält, könnte das Fahrzeug für die Deckung des Spitzenbedarfs eines Haushalts sorgen.

10 Literatur

- [ADA94] N. N.
Klare Sache?
Artikel ADAC Motorwelt 2/94
- [AEG95] N.N.
AEG Anglo Batteries GmbH, Ulm
Produktinformationen zur Zebra Hochenergiebatterie; 1995
- [BEC92] U. Becker; F. Bärnighausen; J. Redlich; E. Pott; R. Hintemann
Ermittlung des Potentials zur Verringerung der CO₂-Emissionen des
Straßenverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland durch
fahrzeugtechnische Maßnahmen
Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bonn 1992
- [BMU96] N. N.
EU-CO₂-Beschluß führt zum 3-Liter-Auto
Presseinformation des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und
Reaktorsicherheit, 1996
- [BMV88] Forschung Stadtverkehr
Heft A4, 1988 Ermittlung der Verkehrsnachfrage
Bundesministerium für Verkehr, 1988
- [DIW96] N.N
Verkehr in Zahlen 1996
Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin
Herausgeber: Bundesverkehrsministerium Bonn, 1996
- [FRA96] N.N.
Produktinformationen zum Latentwärmespeicher
Fraunhofer Technologie Entwicklungsgruppe TEG; 1996
- [HEC94] E. Heck; P. Müller; W. Sebbeße
Latentwärmespeicher zur Verkürzung des Motorwarmlaufs
Motortechnische Zeitschrift 6/94
- [HEI94] H. Heitmann
Alternativen im Verkehr
Akademia Verlag, 1994
- [HEN88] G. Henneberger
Elektrische Motorenausrüstung
Robert Bosch GmbH, 1988

- [HOF94] P. Hofmann; J. Quarg
Wärmespeicherung zur Verbesserung des motorischen Betriebsverhaltens
15. Internationales Wiener Motorensymposium, 4/1994
- [HUM96] M. Humburg
Der Zuheizer für verbrauchoptimierte Fahrzeuge
Artikel in der Zeitschrift „mobiles“ ,
FH Hamburg, 1996
- [KES95] N. Kessing; R. Kohlstruck; W. Oesterling; W. Bialonski
Emissionsminderung durch Energieverbund
Abschlußbericht zum FVV-Forschungsvorhaben 541; 1995
- [RED92] J. Redlich; N. Kessing; R. Hintemann
Konzeptstudie zur „Emissionminderung durch Energieverbund“
Abschlußbericht zum FVV-Forschungsprojekt Nr. 605100
- [RÖN94] B. Rönz; G. Strohe
Lexikon Statistik
Gabler Verlag 1994
- [STE95] T. Steffes; H. Meidt; G. Lengsdorf
Pressemappe zum „Forschungsprojekt Robottanken“
BMW AG; Mercedes-Benz AG; Aral AG, 1995
- [ÜBE91] M. Überschaer; G. Jäger
Analyse des Verkehrsverhaltens der Bevölkerung in Nordrhein-Westfalen an
Werktagen im Jahre 1989 (Sonderauswertung der KONTIV ´89)
Ministerium für Stadtentwicklung und Verkehr des
Landes Nordrhein-Westfalen, 1991
- [UWE96] Firmenprospekt
UWE RAMPE
UWE Verken AB
Norrköping, Sweden, 1996
- [VDA96] N.N.
Tatsachen und Zahlen aus der Kraftverkehrswirtschaft
Verband der Automobilindustrie e. V., 1996

- [WAD84] H. Waldeyer; D. Hassel; F. Dursbeck
Einfluß winterlicher Temperaturen auf das Emissionsverhalten von Pkw
VDI Tagung Emissionsminderung Automobilabgase Ottomotoren
Nürnberg 1984
- [WAL96] Firmenprospekt
Verkehrstechnik und Energieversorgung
Walther-Präzision Schnellkupplungssysteme
Wuppertal, 1996

11 Anhang