

# Zusammenfassung

Die weltweit zu beobachtende Erwärmung der Atmosphäre, die fortschreitendes Abschmelzen der Eisvorräte und infolgedessen das Ansteigen des Meeresspiegels bewirkt, sowie die zunehmende Frequenz und Heftigkeit extremer Wetterereignisse in den letzten Jahren werden von Klimaforschern hauptsächlich auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen zurückgeführt, die als Folge der Energiegewinnung durch Verbrennen fossiler Energieträger in die Luft gelangen. In Anbetracht der Tatsache, dass der Kohlenstoffdioxidausstoß des Kraftfahrzeugverkehrs einen erheblichen Anteil des anthropogenen Treibhauseffekts verursacht, kann ökologisches Handeln breiter Bevölkerungsschichten allein schon in diesem Lebensbereich einen bedeutenden Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Die vorliegende Arbeit will vor allem zur Klärung der Frage beitragen, ob und gegebenenfalls inwieweit Jugendliche durch fundierteres Wissen über die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen der Energieerzeugung durch Verbrennen fossiler Energieträger und der globalen Klimaänderung für diese weltweiten Umweltprobleme sensibilisiert und zu ökologischem Handeln angeregt werden können.

Zur Datengewinnung haben die Schülerinnen und Schüler zweier Parallelklassen des elften Schuljahres eines Wirtschaftsgymnasiums, insgesamt 55 Jugendliche, im Rahmen eines schulfächerübergreifenden Umweltprojekts über „BIODIESEL als umweltfreundliche Alternative zu mineralischem Dieselöl“ ihr Umweltwissen erweitert und zum Abschluss des Projekts an einer Befragung teilgenommen. Als Informationsquellen standen den Jugendlichen fächerübergreifendes Schülerinformationsmaterial, das speziell für dieses Unterrichtsprojekt zusammengestellt wurde, sowie ihre Schulbücher und das Internet zur Verfügung.

Um repräsentative Vergleichsdaten zu erhalten, wurde zuvor in Gestalt einer breit angelegten empirischen Untersuchung an verschiedenen Schulorten in allen häufig besuchten Schularten und in mehreren Bundesländern eine repräsentative Bestandsaufnahme des Umweltwissens der Jugendlichen in Deutschland im Alter von ca. 15 – 20 Jahren vorgenommen. Daran waren die Projektteilnehmer nicht beteiligt.

Für eine weitere empirische Untersuchung an verschiedenen Tankstellen, die sowohl mineralisches Dieselöl als auch BIODIESEL anbieten, wurden sämtliche Fahrerinnen und Fahrer von Personenkraftfahrzeugen mit Dieselmotor, die während der Umfrage tankten, angesprochen.

Die Untersuchungen führen u. a. zu folgenden Ergebnissen:

Ein schulfächerübergreifendes Unterrichtsprojekt über BIODIESEL als Alternative zu mineralischem Dieselöl eröffnet die Möglichkeit, den natürli-

chen Kohlenstoffkreislauf unter Einbeziehung des Treibhauseffekts an authentischen Beispielen in verschiedenen Kontexten zu erarbeiten, so dass die Schüler die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen der Energiegewinnung durch Verbrennen fossiler Energieträger und der globalen Klimaänderung erkennen können.

Diejenigen Schülerinnen und Schüler, die an dem Umweltprojekt teilgenommen haben, fühlen sich danach fast alle besser informiert. Und obwohl bei den Projektteilnehmern weiterhin erhebliche Wissensdefizite hinsichtlich der naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen dem Verbrauch fossiler Energieträger und der Klimaproblematik bestehen und das Wissen um die Wirkung des Katalysators in modernen Kraftfahrzeugen immer noch mangelhaft ist, beabsichtigen nach dem Projekt ungefähr ein Fünftel der Schülerinnen und Schüler von Benzinfahrzeugen auf sparsamere Dieselfahrzeuge umzusteigen und nahezu ein Drittel aller Projektteilnehmer mehr als vor dem Projekt mit BIODIESEL zu fahren, die meisten, ebenso wie die erwachsenen Biodieselnkäufer, aus ökonomischen Erwägungen.

Obwohl die verhältnismäßig kleine Zahl der Projektteilnehmer nicht repräsentativ ist, zeigen die Untersuchungsergebnisse, dass verbessertes Umweltwissen durchaus geeignet ist, Jugendliche für die globale Klimaproblematik zu sensibilisieren und ökologisches Handeln zu fördern, wobei das Wissen um die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen dem Verbrauch fossiler Energieträger und der globalen Klimaänderung keine zwingende Voraussetzung für umweltfreundliches Handeln ist.

Sowohl bei den Jugendlichen als auch bei den Erwachsenen ist die Einstellung zum Umweltschutz überwiegend positiv.

Das Umweltwissen weist jedoch bei den Schülerinnen und Schülern aller Schularten ebenso wie bei den erwachsenen Tankstellenkunden erhebliche Defizite auf, vor allem in Bezug auf die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen Energieerzeugung durch Verbrennen fossiler Energieträger und globaler Klimaänderung. Insbesondere ist die Wirkung des Abgaskatalysators in modernen Kraftfahrzeugen weitgehend unbekannt.

Lediglich die Biodieselfahrerinnen und -fahrer zeigen sich in dieser Hinsicht signifikant besser informiert. Dennoch sind bei der überwiegenden Mehrzahl der Biodieselnkunden wirtschaftliche Überlegungen für die Kaufentscheidung maßgebend. Nur ein Drittel der Biodieselnkäufer trifft bewusst eine ökologische Entscheidung.

Nicht nur durch mehr Information zur Umweltsituation, sondern auch durch ökonomische Anreize, d. h. insbesondere über die Preisgestaltung, kann das Interesse für BIODIESEL beeinflusst und damit ökologisches Handeln gefördert werden. – Letzten Endes trägt jeder Verzicht auf die Nutzung fossiler Energieträger zum globalen Klimaschutz bei.

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation

Die heftigen Unwetter, die Europa im Sommer 2002 heimsuchten und zu gewaltigen Überschwemmungen mit immensen Schäden führten, haben die Diskussion über die weltweite Klimaänderung neu belebt. Kohlenstoffdioxid, Methan, Halogenkohlenwasserstoffe, Schwefelhexafluorid, Stickstoffoxide sowie andere Spurengase behindern die Wärmestrahlung in den Weltraum, so dass sich die Atmosphäre zunehmend erwärmt. CO<sub>2</sub> hat mit ungefähr 50% den größten Anteil an diesem anthropogenen Erwärmungsprozess, der in den letzten 50 Jahren weltweit ein Ansteigen der mittleren Jahrestemperaturen bewirkte: in den Tropen um ca. 0,6 °C, in den gemäßigten Zonen um ca. 1 °C und in den Polarregionen sogar um ca. 2 °C. Infolge dieser Erwärmung schmelzen nahezu alle Gletscher in den Hochgebirgen auf sämtlichen Kontinenten und die Eisvorräte in den Polargebieten fortschreitend ab: Gleichzeitig steigt der Meeresspiegel weltweit. Nach neueren Beobachtungen sind in den letzten fünf Jahren Schnee und Eis in der Arktis doppelt so schnell geschmolzen wie in den Jahren zuvor.

Während einige Klimaforscher hierin die Vorboten einer sich anbahnenden globalen Klimakatastrophe sehen, verweisen andere darauf, dass es auch früher schon extreme Wetterereignisse gab. *„Der Begriff Klimakatastrophe“*, so Prof. von Storch, Klimaforscher und Direktor des Instituts für Küstenforschung der Universität Hamburg, in dem Fernsehfilm<sup>1</sup> *Klimawandel oder Klimakatastrophe* von Karnick & Richter, *„ist ein spezifisch deutscher Ausdruck. In den angelsächsischen Ländern wird er nicht verwendet. Dort spricht man von global warming. Und das ist auch ein wesentlich besserer Begriff. Wovon wir hier reden, ist, dass der Mensch aufgrund seiner Freisetzung von Treibhausgasen systematisch das Klima ändert – das Klima, das ist die Statistik des Wetters – und dass wir davon ausgehen müssen, dass sich in Zukunft diese Veränderung noch beschleunigt.“*

Prof. Graßl, Direktor des Max-Planck-Instituts für Meteorologie in Hamburg, betonte in der oben genannten Fernsehsendung, dass insbesondere die schnelle Änderung des Klimas besorgniserregend sei: *„Die Änderungsrate ist inzwischen so hoch wie nie in den letzten tausend Jahren. Es stand sogar im zwischenstaatlichen Bericht über Klimaänderungen, dass die Anstiegsrate der Temperaturen im zwanzigsten Jahrhundert höher ist als jemals in den letzten zehntausend Jahren. Es geht um die Geschwindigkeit, . . ., es geht nur darum, wie viel der Änderungen packen wir in ein einziges Jahrhundert.“*

*Und wenn wir so weitermachen wie bisher mit der Verbrennung fossiler Brennstoffe, dann schaffen wir es, in ein Jahrhundert zu packen, was die Natur in zehntausend Jahren macht. Und dass das die Ökosysteme überfordert und auch die Menschen vehement betreffen wird, ist eigentlich selbstverständlich.“*

Unumstritten ist jedoch die Tatsache, dass sowohl die Frequenz als auch die Intensität der Unwetter zunimmt. Für viele Klimaforscher ist das eindeutig die Folge eines Klimawandels, der Pflanzen und Tiere wesentlich härter trifft, als man bisher annahm. Gleichzeitig bedrohen immer stärkere Wetterextreme wie Stürme, Dürren, sintflutartige Niederschläge und Sturmfluten Hab und Gut und oft sogar das Leben von Millionen von Menschen. So erreichte auch das Hochwasser der Elbe und ihrer Nebenflüsse im August 2002 eine Höhe, die nie zuvor beobachtet wurde, während im Sommer 2003 lange andauernde Hitze und Trockenheit beträchtliche Ernteauffälle und ein ungewöhnlich starkes Absinken der Wasserstände in Mitteleuropa zur Folge hatten, so dass die Schifffahrt auf den großen Flüssen weitgehend eingestellt werden musste.

Im Sommer 2004 führten besonders heftige Tropenstürme und Tornados, die die Karibischen Inseln und die Staaten im Süden und Mittleren Westen der USA in ungewöhnlich großer Zahl heimsuchten, zu zahlreichen Todesopfern und sehr hohen Sachschäden.

Nach Bekanntgabe des Deutschen Wetterdienstes war der Juli 2006 in Deutschland der heißeste Monat seit Beginn der Wetterdokumentation im Jahr 1900. – Alle neueren Beobachtungen lassen befürchten, dass als Folge der globalen Erwärmung extreme Wetterschwankungen zur Regel und damit zu einer ständig präsenten Gefahr werden könnten.

Nach wie vor wird weltweit der größte Teil der benötigten Energie durch Verbrennen von Kohle und Erdölprodukten, d. h. durch den Verbrauch fossiler Energieträger, gewonnen, wobei riesige Mengen Kohlenstoffdioxid zusammen mit weiteren Verbrennungsprodukten in die Atmosphäre gelangen. So ist der Ausstoß des Treibhausgases CO<sub>2</sub> mit dem beständig steigenden Energiebedarf im Verkehrsbereich während der letzten Jahrzehnte stark angewachsen, denn die überwiegende Mehrzahl aller Fahrzeuge wird gegenwärtig noch von Benzin- oder Dieselmotoren angetrieben. Obwohl durch technische Weiterentwicklung der Motoren der Treibstoffverbrauch sinkt und neu eingeführte Systeme zur Abgasnachbehandlung die Umweltverträglichkeit der Fahrzeuge verbessern, trägt der zunehmende Kraftfahrzeugverkehr erheblich zur Verstärkung des Treibhauseffekts bei.

Die „Klimarahmenkonvention“, die 1992 in Rio de Janeiro verabschiedet wurde und 1994 in Kraft trat, verfolgt das Ziel, „ . . . die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu errei-

*chen, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird“.*

Ergänzt wurde die „*Klimarahmenkonvention*“ in einer weiteren Konferenz der Vertragsstaaten 1997 durch das „*Kyoto-Protokoll*“, das erste Schritte zur Verminderung der Emissionen regelt und im Februar 2005 in Kraft trat.

Zu begrenzen ist der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in die Atmosphäre nur durch Einsparungen beim Verbrauch fossiler Brennstoffe. In der Praxis lässt sich dieses Ziel durch den Einsatz neuer Technologien, die energieeffizienter arbeiten, und durch stärkere Nutzung erneuerbarer Energien erreichen. Hilfreich sind auch umfangreiche Aufforstungen bei gleichzeitigem Verzicht auf großflächige Abholzungen.

Zur Begrenzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen wird inzwischen schon einiges getan: Bauwerke werden mit besserer Wärmeisolierung versehen, Autos mit geringerem Treibstoffverbrauch werden gebaut, sparsamere Elektrogeräte werden entwickelt, um nur einige Beispiele zu nennen. Weiterhin sind neue effizientere Energiegewinnungstechniken wie Blockheizkraftwerke, teilweise mit BIODIESEL betrieben, sowie Windenergie- und Photovoltaik-Anlagen, die erneuerbare Energien nutzen, bereits im Einsatz. Erste Erfolge sind zu verzeichnen: Fachleute sehen jedoch in allen Lebensbereichen noch große Energieeinsparungspotenziale.

---

<sup>1</sup> **Klimawandel oder Klimakatastrophe** – Ein Film von Hannes Karnick & Wolfgang Richter mit Beiträgen von Prof. Dr. Hans von Storch, Klimaforscher und Direktor des Instituts für Küstenforschung der Universität Hamburg, von Prof. Dr. Hartmut Graßl, Direktor des Max-Planck-Instituts für Meteorologie in Hamburg, u. a., gesendet vom SW3-Fernsehen in der Sendereihe „betrifft“ am 13.08.2005 um 01:15 Uhr

## 1.2 Problemstellung

Um den globalen Klimaschutz voranzubringen, muss demnach

- Energie eingespart werden, denn Energieverschwendung verstärkt den anthropogenen Treibhauseffekt.
- die Verbrennung fossiler Energieträger eingeschränkt und damit die CO<sub>2</sub>-Emission in die Atmosphäre vermindert werden.
- die Nutzung erneuerbarer Energien bevorzugt werden, denn dadurch werden natürliche Stoffkreisläufe geschlossen.

Wie lässt sich nun aber Energieverschwendung vermeiden, d. h., wie kann man möglichst viele Mitmenschen zu verantwortungsbewusstem Verhalten beim Energieverbrauch anregen?

Welche Teile der Bevölkerung können überhaupt für die Klimaproblematik sensibilisiert werden? Und welche Sachkompetenz ist dazu erforderlich?

Welches Wissen kann verhindern, dass etwa emotionales Handeln an die Stelle sachlich begründeter Entscheidungen tritt?

*„. . . da ökologisch bewusstes Handeln erhebliche Sachkompetenz erfordert, . . . und da beim jungen Menschen am ehesten Verhaltensänderungen zustande kommen“* (Schleicher 1997), ist Umwelterziehung in den letzten Jahren in den Schulen zu einem wichtigen Bildungsziel geworden. Die Lehrpläne aller Bundesländer enthalten entsprechende Unterrichtseinheiten. *„Wesentliches Ziel von Umweltbildung sollte eine **ökologische Mündigkeit** sein, die es den Lernenden gestattet, sich kompetent an der umweltpolitischen Debatte zu beteiligen und eigenverantwortlich zu entscheiden“* (Möller 1997).

Welche Kenntnisse sind nun dazu geeignet, Jugendliche zu handlungsorientiertem Verantwortungsdenken anzuregen?

Ausgehend von empirischen Befunden, dass der Einfluss ökologischen Wissens auf umweltfreundliches Handeln gering ist (Szagun 1994), will diese Arbeit zur Klärung der Frage beitragen, ob und gegebenenfalls inwieweit vermehrte Kenntnis der naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen Energieverbrauch und globaler Klimaänderung Jugendliche für diese Problematik sensibilisieren und umweltfreundliches Handeln fördern kann.

Dazu soll zunächst eine breit angelegte empirische Untersuchung unter Schülern aller häufig besuchten Schularten an unterschiedlichen Schulorten und in mehreren Bundesländern repräsentative Erkenntnisse über das Umweltwissen der Jugendlichen unter besonderer Berücksichtigung des Kohlen-

stoffkreislaufs und des Treibhauseffekts ergeben. Wissensdefizite, die dabei zutage treten, geben Hinweise, welche Inhalte Schülerinformationsmaterial enthalten muss, das als Grundlage für ein schulfächerübergreifendes Unterrichtsprojekt zur Klimaproblematik in zwei elften Klassen eines Wirtschaftsgymnasiums mit insgesamt 55 Schülerinnen und Schülern dienen soll.

Nach Abschluss dieses Umweltprojekts sollen die 55 Jugendlichen Fragebögen mit denselben Schlüsselfragen ausfüllen, die auch in der oben genannten breit angelegten empirischen Untersuchung unter Schülern verschiedener Schularten zu beantworten waren. Vom Vergleich der Ergebnisse beider Untersuchungen werden Hinweise zur Relevanz des Wissens um die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen der Nutzung fossiler Energieträger und der globalen Klimaänderung für ökologisches Handeln erwartet.

Zusätzliche Anhaltspunkte für die Bedeutung, die Umweltwissen und insbesondere die Kenntnis der für die Klimaproblematik relevanten naturwissenschaftlichen Zusammenhänge für ökologisches Handeln hat, soll eine Kundenbefragung an Tankstellen an unterschiedlichen Standorten unter Biodiesel- und Dieselkäufern ergeben.

Zur Milderung des anthropogenen Treibhauseffekts nimmt die Bedeutung nachwachsender Rohstoffe zur Energiegewinnung zu. In den Schulen bietet dieser Themenkomplex die Möglichkeit eines fächerübergreifenden Unterrichts, in den biologische, chemische, physikalische, technische, geographische und ökonomische Aspekte einfließen können.

Als exemplarisches Beispiel für schulfächerübergreifende Unterrichtsprojekte zum Einstieg in den komplexen Themenbereich Energiegewinnung und Umwelt bietet sich der Teilaspekt **„BIODIESEL als umweltfreundliche Alternative zum herkömmlichen Dieselkraftstoff“** oder **„BIODIESEL als umweltfreundlicher Treibstoff für moderne Dieselfahrzeuge“** aus folgenden Gründen an:

- Weil BIODIESEL nahezu kohlenstoffdioxidneutral ist und sich damit hervorragend als anschauliches Beispiel für eine nachhaltige Wirtschaftsweise eignet.
- Weil der Kraftfahrzeugverkehr in erheblichem Maße an den CO<sub>2</sub>-Emissionen beteiligt ist und deshalb besondere Beachtung verdient.
- Wegen des natürlichen Interesses der meisten Jugendlichen am Fahren mit eigenen Kraftfahrzeugen. Die eigenen Umfragen unter 2188 Schülerinnen und Schülern verschiedener Schularten in mehreren Bundesländern belegen, dass die meisten Führerscheine in der Jugend,

d. h. so bald die gesetzlichen Regelungen dies zulassen, erworben werden. Für 82% der befragten Jugendlichen ist das Fahren mit einem eigenen Fahrzeug „wichtig“ bzw. „sehr wichtig“. Der Trend zum eigenen Kraftfahrzeug ist demnach ungebrochen, denn die Mehrzahl der Jugendlichen will jederzeit mobil und damit unabhängig von öffentlichen Verkehrsmitteln sein. – Das eigene Befragungsergebnis wird durch die Statistik des Kraftfahrt-Bundesamts in Flensburg über den *Zugang an Personen mit Fahrerlaubnis auf Probe für die Jahre 1992 – 98* bestätigt. Danach gehörten mehr als die Hälfte aller Führerscheinbewerber, mit zunehmender Tendenz, der Altersgruppe 18 – 20 Jahre an, wobei mit Ausnahme des Jahres 1993 die jungen Frauen immer in der Überzahl waren.

- Weil nahezu alle Jugendlichen bereits über eigene Erfahrungen mit Kraftfahrzeugen verfügen, so dass die von Natur aus vorhandene Motivation im Unterricht genutzt werden kann.

### **1.3 Zielsetzungen**

Um die Schüler zu sachlich begründeten Entscheidungen zu befähigen, sollten alle umweltpädagogischen Bemühungen letzten Endes zu der Erkenntnis führen,

- dass Sparsamkeit beim Energieverbrauch der wirksamste Beitrag zum Klimaschutz ist,
- dass durch die Nutzung regenerativer Energien anstelle fossiler Energieträger natürliche Stoffkreisläufe geschlossen werden und
- dass jeder Einzelne im Rahmen seiner Möglichkeiten aktiv zum globalen Umweltschutz im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung beitragen muss.

Mittels einer breit angelegten empirischen Untersuchung unter Schülern unterschiedlicher Schularten an verschiedenen Schulorten in mehreren Bundesländern soll eine repräsentative Bestandsaufnahme der Umweltkenntnisse der Jugendlichen unter besonderer Berücksichtigung des Wissens um die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen Energiegewinnung und globaler Klimaänderung erfolgen.

Eine empirische Untersuchung an Tankstellen unterschiedlicher Standorte, die sowohl mineralischen Dieseltreibstoff als auch BIODIESEL anbieten, soll eine repräsentative Bestandsaufnahme der Umweltkenntnisse erwachsener Biodiesel- und Dieselfahrer ergeben. Dabei ist insbesondere die Frage zu klären, ob sich das Umweltwissen erwachsener Biodiesel- und Dieseltreiber im Hinblick auf die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen Energiegewinnung und globaler Klimaänderung signifikant unterscheidet.

Die Zusammenstellung von Informationsmaterial für schulfächerübergreifende Unterrichtsprojekte, das die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen dem Verbrauch fossiler Energieträger und der globalen Klimaproblematik am Beispiel des Kraftfahrzeugverkehrs in leicht verständlicher Form aufzeigt, verfolgt das Ziel, Jugendliche mit fundierterem Umweltwissen zu sachlich begründeten Entscheidungen für umweltfreundliches Handeln zu befähigen.

Die Auswertung einer Umfrage zum Abschluss eines fächerübergreifenden Umweltprojekts mit 55 Schülerinnen und Schülern im 11. Schuljahr eines Wirtschaftsgymnasiums soll zur Klärung der Frage beitragen, ob verbesserte Kenntnis der naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen Autofahren, d. h. dem Verbrennen fossiler Energieträger, und dem Treibhauseffekt ökologisches Handeln im Verkehr fördern kann.

Letzten Endes soll diese Arbeit zur Klärung der Frage beitragen, ob und gegebenenfalls inwieweit Jugendliche durch verbesserte Kenntnis der naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen Energieverbrauch und weltweiter Klimaänderung für die Belange des globalen Klimaschutzes sensibilisiert und zu ökologischem Handeln angeregt werden können.

Bericht in - 4 - Dezember 2002



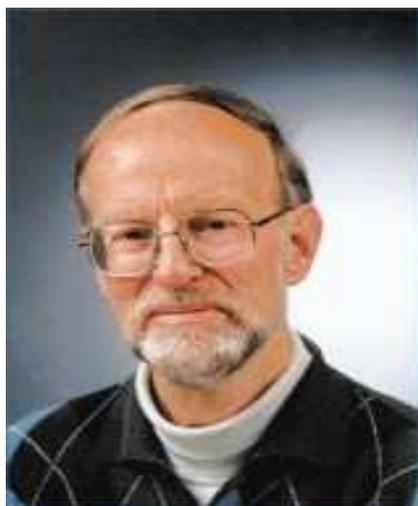
### 2.1 Treibstoff der Zukunft: Wasserstoff oder Pflanzenöl?

*Als Treibstoff der Zukunft ist Pflanzenöl dem Wasserstoff weit überlegen. Pflanzenöl ist gespeicherte Sonnenenergie höchster Dichte, ein Geniestreich der Natur, Starthilfe für den Samen unter ungünstigsten Umweltbedingungen, evolutionär optimiert in einer Milliarde Jahren. Die Pflanzenöl-Technik ist fünfzehn mal effizienter als die Wasserstoff-Technik. Wenn der Mensch sich bei  $-253\text{ °C}$  wohlfühlen würde, wäre Wasserstoff der ideale Energieträger. Eine Konkurrenz zur Nahrungsmittelerzeugung gibt es nicht.*

Die dritte, noch glimpflich abgelaufene Erdölkrise haben wir gerade überstanden. Erinnern Sie sich noch an den Herbst 2000? An die Tankstellenblockaden in England und die wütenden Proteste in ganz Europa? Wenn es um Energie geht, verstehen die Menschen offenbar keinen Spaß! Die Weltwirtschaft stellt sich inzwischen auf ein neues, gegenüber Anfang 1999 knapp dreifaches Preisniveau ein.

#### Pflanzenöl als Energieträger

Unter diesen neuen Rahmenbedingungen erscheint ein bisheriges Nischenprodukt der Landwirtschaft in einem völlig neuen Licht: Pflanzenöl, das zukünftige Gold der Landwirte, das nicht nur als Nahrungsmittel und Industrierohstoff, sondern in zunehmendem Maße auch als Energieträger und Kraftstoff an Bedeutung gewinnen wird. Pflanzenöl ist biochemisch gespeicherte Sonnenenergie höchster Dichte.



Prof. Dr. E. Schrimppf, FH Weihenstephan, 85350 Freising

Jedem Samenkorn hat die Natur eine Portion Pflanzenöl mitgegeben: Eine geniale Starthilfe, um dem Sämling unter den verschiedenen Umweltbedingungen und noch völlig unabhängig von Licht und Nährstoffen die Chance zur

Wurzel- und Sprossbildung zu geben. Im Vergleich zu Biofeststoffen (Holz, Stroh) und Biogas stellt Pflanzenöl die dichteste Energieform der Photosynthese dar. Mit einer Energiedichte von rund  $9,2\text{ kWh}$  je Liter liegt es ziemlich genau zwischen Benzin ( $8,6\text{ kWh/l}$ ) und Diesel ( $9,8\text{ kWh/l}$ ). Im Gegensatz zu Benzin und Diesel ist Pflanzenöl jedoch regenerativ,  $\text{CO}_2$ -neutral und frei von Schwefel, Schwermetallen und Radioaktivität. Es besteht nur aus Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H) und ein wenig Sauerstoff (O) im Verhältnis von etwa  $\text{C}_{60}\text{H}_{120}\text{O}_6$ .

Pflanzenöl dagegen kann und wird wieder regional und global geschlossene, naturgemäße Kreisläufe ermöglichen. Dies gilt insbesondere für die  $\text{CO}_2$ -Frage.

#### Wasserstoff und Pflanzenöl im Vergleich

Schon seit Jahrzehnten verbreiten die Medien die Vorstellung, Wasserstoff sei der ideale Energieträger der Zukunft und die Brennstoffzelle die überall einsetzbare Technik, um Strom und Wärme aus Wasserstoff sauber zu erzeugen. Sehr wenig hört man allerdings darüber, wo denn der viele Wasserstoff herkommen soll. Aus fossilem Erdgas etwa? Dann haben wir unter Umwelt- und Klimaschutz-Gesichtspunkten praktisch nichts gewonnen. Am umweltfreundlichsten wäre es, Wasserstoff elektrolytisch aus Wasser mit Hilfe von Solarstrom zu produzieren (Solar-Wasserstoff).

Unter Wissenschaftlern verbreitet sich jedoch zunehmend Skepsis an der ubiquitären Einsatzfähigkeit der Wasserstoff-Technik. Wesentliche Gründe dafür: Die physikalischen Eigenschaften von Wasserstoff sind auf der Erde bei Atmosphärendruck und Normaltemperatur denkbar ungünstig.

Als kleinstes Element ist Wasserstoff zwar sehr leicht, aber extrem flüchtig: Es diffundiert sogar durch die Stahlwände einer Druckflasche! Gasförmig hat es dort bezogen auf sein Volumen eine sehr geringe Energiedichte. Aber selbst bei  $-253\text{ °C}$  verflüssigt ist seine Energiedichte mit  $2,3\text{ kWh}$  je Liter nur ein Viertel derjenigen von Pflanzenöl ( $9,2\text{ kWh/l}$ )

bei 20 °C). Und zur Erzeugung und Verflüssigung von 1 Liter Wasserstoff wird derzeit rund drei mal mehr Fremdenergie benötigt, als zur Gewinnung von einem Liter Pflanzenöl. Zusammen genommen bedeutet das, dass Pflanzenöl energetisch gesehen zwölf mal besser abschneidet.

In Tab. 1 ist eine Gegenüberstellung der als optimal angestrebten Solar-Wasserstoff-Technik mit der Pflanzenöl-Technik nach 10 Parametern vorgenommen worden. Das Ergebnis: Nur bei der Verbrennung der beiden Energieträger schneidet die Wasserstoff-Technik besser ab. Bei nicht optimierter Verbrennung von

Pflanzenöl entstehen nämlich CH-Radikale und polyzyklische Aromate. Alle anderen Gesichtspunkte fallen eindeutig zugunsten der Pflanzenöl-Technik aus. In der Gesamtenergiebilanz (Lagerungs-, Transport- und Befüllungsverluste eingeschlossen) unterliegt die Solar-Wasserstoff-Technik der Pflanzenöl-Technik im Verhältnis von ca. 1 : 15, d. h. die Pflanzenöl-Technik ist rund 15 mal energieeffizienter.

Tabelle 1: Vergleich von Solar-Wasserstoff mit Pflanzenöl

Parameter	Solar-Wasserstoff	Pflanzenöl
Gewinnung (Energie-Input bezogen auf den Energiegehalt des Kraftstoffs)	Elektrolyse 150% - Verflüssigung 30%	Pflanzenanbau 12% - Pressung 3%
Lagerung & Transport	als Gas (Druckspeicher) Flüssigkeit (stark gekühlt) Metallhydrid (=3 kg/kWh) H <sub>2</sub> -Verluste & riskant	flüssig in Stahl- bzw. Kunststoff-tanks ohne Energiezufuhr & Verluste (<0,1 kg/kWh) problemlos & leicht
Energiedichte	2,3 kWh/Liter(flüssig)	9,2 kWh/Liter
Kosten	> 3 Euro/Liter	ca. 0,50 Euro/Liter
Technologie	Brennstoffzelle: komplex, anfällig, teuer, noch nicht marktreif	Pflanzenölmotor, BHKW: einfach, bewährt, erschwinglich auf dem Markt
Sozialverträglichkeit	großindustriell, zentral	landwirtschaftlich, dezentral
Umweltverträglichkeit	hohe Flüchtigkeit	biol. voll abbaubar, CO <sub>2</sub> -neutral

**Züchterisches Ölpflanzen-Potenzial unerschlossen**

Trotz ungeheurer Pflanzenvielfalt beschränkt sich die moderne menschliche Gesellschaft in der Ernährung auf eine Pflanzen-Einfalt: Nur 120 von rund 30.000 essbaren Pflanzenarten werden angebaut. Davon sorgen gerade neun Arten für 75% der menschlichen Nahrung.

Das Entsprechende gilt auch für die Ölpflanzen-Nutzung: In Deutschland werden fast nur Raps (>80%) und daneben Sonnenblumen sowie Öl-Lein in nennenswerter Menge angebaut. Dabei wären bei uns mehr als 15 Ölpflanzen anbaufähig, europaweit sogar rund 50 Arten, weltweit wahrscheinlich über 2000 Arten. Bisher hat nahezu keine züchterische Arbeit stattgefunden, was die Nutzung von Pflanzenölen als Energieträger anbelangt. Das qualitative Potential ist also so gut wie unerschlossen.

**Deutschland: Landwirtschaft könnte 45% des Dieselbedarfs decken**

Angenommen, in Deutschland würde nur aus dem gut durchgezüchteten 00Raps Pflanzenöl gewonnen, der einen Kornertrag von rund 4 Tonnen je Hektar mit einem Ölgehalt von über 40% hat. Dann könnte mit einem theoretischen Ölertrag von 1,6 t/ha gerechnet werden. Bei einer Kaltpressung ohne Extraktion beträgt die Ausbeute 85%, es könnten also 1,36 t/ha Rapsöl gewonnen werden. Da Raps nur alle vier Jahre auf derselben Fläche angebaut werden kann, könnte maximal jeder 4. Hektar mit Raps genutzt werden. Von 12 Mio. ha Ackerfläche in Deutschland wären also drei Mio. ha mit Raps bebaubar, die vier Mio. Tonnen Pflanzenöl (1,36 t/ha x 3 Mio. ha) pro Jahr liefern würden.

Der Inlandsabsatz von Dieselmotorkraftstoff betrug 1997 gemäß dem Bundeswirtschaftsministeri-

um 26,3 Mio. Tonnen. Geht man von etwa gleich hohem Verbrauch der Motoren bei Verwendung von Diesel- oder Pflanzenöl-Treibstoff aus, so wäre die deutsche Landwirtschaft rechnerisch in der Lage, 15% (4 : 26,3) des derzeitigen Dieselverbrauchs zu erzeugen. Der heutige durchschnittliche Kraftstoffverbrauch im Dieselmotorbereich (einschließlich Lkw und Bussen) kann mit ca. neun Liter je 100 km angesetzt werden. 3-Liter-Fahrzeuge (z. B. VW-Lupo) sind schon auf dem Markt und plausible Entwicklungen in Richtung 1,5 Liter-Fahrzeugen werden angegangen (z. B. L22 der Firma Loremo München). Würde es gelingen, den durchschnittlichen Verbrauch auf drei Liter zu verringern, dann könnte die deutsche Landwirtschaft fast die Hälfte (45%) des Dieselbedarfs decken.

**Weltweites Potential**

Weltweit gesehen ist das Potential an Pflanzenölen selbst für den heutigen Erdölbedarf ausreichend. Eine - zugegeben stark vereinfachte - Rechnung mit dem Anbau nur einer exemplarischen Ölpflanze - der Ölpalme in den Tropen - kann dies belegen (s. Tab. 2). Auf Afrika bezogen würden 12 % der Landfläche beansprucht, weltweit wären es 2,6 %.

Natürlich kann niemand ernsthaft fordern, ein Achtel Afrikas mit Ölpalmen zu bepflanzen, schon aus ökologischen und klimatischen Gründen nicht.

Tabelle 2: Das weltweite Pflanzenöl-Potential bezogen auf den Anbau von einer von über 2000 Ölpflanzen: die afrikanische Ölpalme ( <i>Elaeis guineensis</i> )	
1. Ölertrag von Ölpalmen:	10.000 Liter je Hektar und Jahr = 1 Mio. Liter je km <sup>2</sup> und Jahr
2. Welt-Erdölbedarf 1996 (nach SHELL)	ca. 3.600 Mrd. Liter
3. Landfläche Afrikas:	30 Mio. km <sup>2</sup>
4. Landfläche aller Kontinente:	136 Mio. km <sup>2</sup>
5. Notwendige Anbaufläche für Ölpalmen:	$3,6 \times 10^{12}$ Liter : $1 \times 10^6$ Liter/ km <sup>2</sup> = 3,6 x 10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> = 3,6 Mio. km <sup>2</sup>

Aber jedes Land der Erde könnte seine eigenen heimischen Ölpflanzen auf 1–5% seiner Fläche anbauen, Ölpflanzen, die zum Teil wie "Unkraut" gedeihen (z. B. Ricinus in den Tropen, Purgiernuss in der Sahelzone und Leindotter in Mitteleuropa). Auf jeden Fall sind die Pflanzenöl-Potenziale weitaus höher, als wir auf den ersten Blick meinen.

**Konkurrenz zum Nahrungsmittelanbau?**

Ein Rapsfeld steht für den Nahrungsmittelanbau scheinbar nicht zur Verfügung. Raps eignet sich jedoch vorzüglich als Vorfrucht und steigert sowohl den Humusgehalt der Böden als auch die Ernteerträge des nachfolgenden Getreideanbaus ohne zusätzliche Düngung.

Beim Rapsanbau fallen neben 1000 kg/ha Öl auch 2000 kg/ha Rapskuchen an, ein vorzügliches, eiweißreiches Kraftfutter für die Rinder- und Schweinehaltung. Der Rapskuchen kann sogar als menschliches Nahrungsmittel aufbereitet werden.

Würden in Zukunft die bisherigen Monokulturen durch Mischfruchtanbau ersetzt, dann gäbe es keine Flächenkonkurrenz mehr. Im Mischfruchtanbau könnten z. B. Getreide mit Leindotter gleichzeitig auf einem Feld angebaut werden. Der Ertrag an Getreide wäre dabei nicht beeinträchtigt. Zusätzlich ließen sich ca. 100 Liter an Leindotteröl und 250 kg an Leindotterkuchen vom Hektar gewinnen.

Die Ernte ließe sich wegen der unterschiedlichen Samengrößen durch Siebe problemlos trennen. Eine Reihe von solchen Großversuchen laufen derzeit mit vielversprechenden Ergebnissen.

**Als Fazit ergibt sich**

Die Nahrungsmittelerzeugung wird durch den Anbau von Ölpflanzen nicht oder nur unwesentlich gemindert. Der Ölpflanzenanbau würde künftig als ein integraler Bestandteil einer Polykultur kein Konkurrent, sondern sogar Förderer eines gesunden Nahrungsmittelanbaus sein.

## 2.2 Nachhaltige Energieerzeugung

Informationsmaterial für ein schulfächerübergreifendes  
Unterrichtsprojekt

# Nachhaltigkeit im Verkehr

## Nachhaltigkeit im Verkehr



Rapsfelder bei Mudau im Odenwald

## 2.2.1 Die wichtigsten Vorteile von BIODIESEL

**Biodiesel** ist ein umweltverträglicher Kraftstoff, denn er kann als Treibstoff für moderne Dieselmotoren anstelle von herkömmlichem Dieselkraftstoff verwendet werden und schont damit die fossilen Ressourcen durch Verminderung des Erdölverbrauchs. Die Verwendung von Biodiesel ist unproblematisch, denn Biodiesel und fossiles Dieselöl sind in jedem Verhältnis mischbar.

**Biodiesel** ist ein umweltverträglicher Kraftstoff, denn er wird aus dem nachwachsenden Rohstoff „Rapsöl“ hergestellt und ist nahezu kohlenstoffdioxidneutral, d. h., das beim Motorenbetrieb entstehende Kohlenstoffdioxid wird größtenteils von nachwachsenden Pflanzen aufgenommen, führt also nicht zur Erhöhung des Kohlenstoffdioxidgehalts der Atmosphäre. Der Rohstoff „Raps“ gedeiht auf allen Böden.

**Biodiesel** ist ein umweltverträglicher Kraftstoff, denn er ist schadstoffarm, d. h. beim Motorenbetrieb mit Biodiesel ist der Ausstoß an umwelt- bzw. gesundheitsgefährdenden Stoffen geringer: Die Abgase enthalten kein Schwefeldioxid sowie deutlich weniger Ruß und Kohlenwasserstoffe.

**Biodiesel** ist ein umweltverträglicher Kraftstoff, denn er ist biologisch leicht abbaubar und gefährdet wegen seiner geringen Toxizität weder den Boden noch das Grundwasser. Er kann gefahrlos transportiert werden; der Flammpunkt liegt bei ungefähr 170 °C.

**Biodiesel** schont den Geldbeutel, denn er zeichnet sich durch sehr gute Eigenschmierfähigkeit aus, das bedeutet Verschleißminderung an Motor und Einspritzpumpe. Außerdem wird er billiger verkauft als normales Dieselöl.

## 2.2.2 Zusammensetzung von BIODIESEL

**BIODIESEL** wird aus Rapsöl hergestellt. Dieses bei Zimmertemperatur flüssige Pflanzenfett gewinnt man durch Auspressen von Rapssamen. Um Pflanzenöle von Mineralölen zu unterscheiden, werden sie auch als „**Fette Öle**“ bezeichnet.

**Fette** bestehen aus **Glycerin** und **Fettsäuren**, d. h. jedes **Fettmolekül** besteht aus **1 Glycerinmolekül** und **3 Fettsäuremolekülen**.



**Schematische Darstellung eines Fettmoleküls**  
(Moleküle sind die kleinsten Teilchen chemischer Verbindungen.)

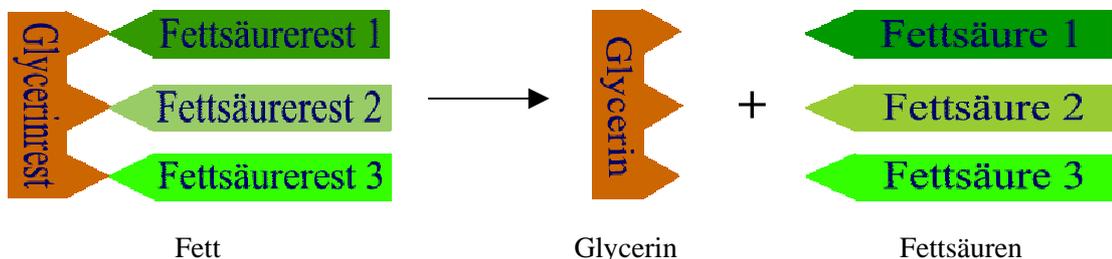
Z.B.:

Fettsäurerest 1 = Ölsäurerest  
Fettsäure 1 = Ölsäure

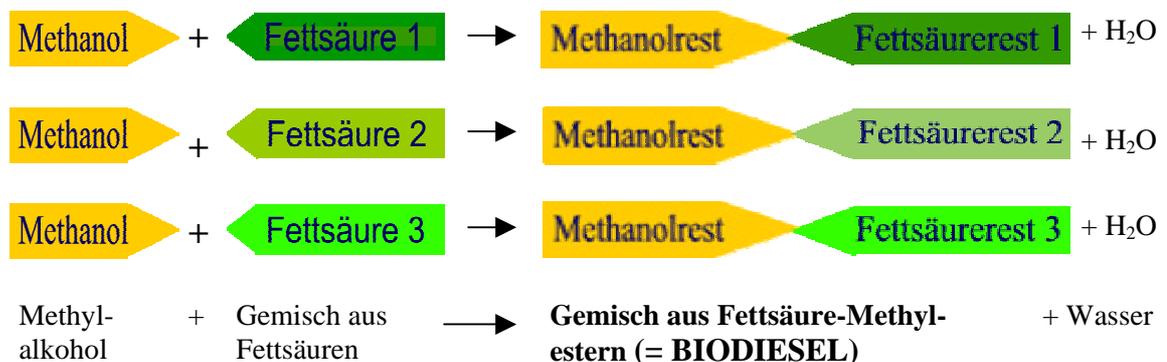
Fettsäurerest 2 = Linolsäurerest  
Fettsäure 2 = Linolsäure

Fettsäurerest 3 = Linolensäurerest  
Fettsäure 3 = Linolensäure

Bei der **Biodieselherstellung** wird das **Fett** in seine Bestandteile **Glycerin** und **Fettsäuren** zerlegt:



Die **Fettsäuren** lässt man mit **Methylalkohol** (= Methanol) reagieren. Dabei entsteht ein Gemisch aus **Fettsäure-Methylestern** (= **BIODIESEL**) und Wasser als Nebenprodukt, das abgetrennt wird:



## 2.2.3 Fahren mit BIODIESEL

Die meisten modernen Kraftfahrzeuge mit Dieselmotoren können mit BIODIESEL betrieben werden. Vielfach sind die Fahrzeuge vom Hersteller für den Biodieselbetrieb freigegeben, z. B. bei VW ab August 1995 bzw. Mai 1996 je nach Modell. Bei Verwendung von BIODIESEL in älteren bzw. vom Hersteller nicht freigegebenen Fahrzeugen empfiehlt es sich, Folgendes zu beachten:

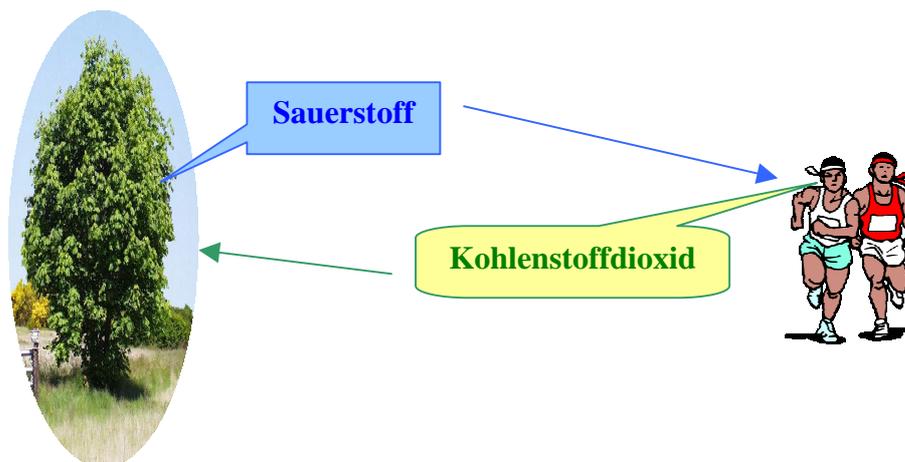
- **Die Kraftstofffilter (Vor- und Hauptfilter) sollten, nachdem der Tank einige Male mit BIODIESEL gefüllt wurde, vorsorglich ausgetauscht werden.** Bei längerem Gebrauch von mineralischem Dieselöl bilden sich Ablagerungen im Tank und in den Kraftstoffleitungen, die von BIODIESEL gelöst und in die Kraftstofffilter geschwemmt werden können. Das kann zu Filterverstopfung und damit zu Betriebsstörungen führen.
- **Lackierte Flächen, die mit BIODIESEL in Berührung gekommen sind, sollten, ebenso wie nach Verschmutzung mit herkömmlichem Dieseldieselkraftstoff, sofort abgewischt werden.** BIODIESEL hat Lösungsmittleigenschaften; längeres Einwirken kann den Lack beschädigen.
- **Die regelmäßige Kontrolle des Motorölstands und die Einhaltung der Ölwechselintervalle nach den Vorgaben des Herstellers sind zweckmäßig.** Wird der Motor über längere Zeit mit schwacher Belastung gefahren, so kann in Ausnahmefällen das Motoröl mit Kraftstoff verdünnt werden. Normalerweise sinkt der Ölstand im Motor, weil geringe Mengen Motoröl zusammen mit Kraftstoff in den Zylindern verbrannt werden. Deshalb ist gelegentliches Nachfüllen von Motoröl erforderlich. Steigt der Ölstand im Motor, dann ist ein vorzeitiger Ölwechsel zu empfehlen. Das Motoröl verliert zwar bei Verdünnung mit BIODIESEL nicht seine Schmierfähigkeit, jedoch ändert sich die Viskosität.
- **Kraftstoffleitungen und -dichtungen sollten regelmäßig auf Dichtigkeit geprüft werden.** Einige der bei der Automobilherstellung verwendeten Gummisorten und Kunststoffe sind gegen BIODIESEL nicht dauerhaft beständig. So können Kraftstoffleitungen und -dichtungen aus ungeeigneten Materialien mit der Zeit aufquellen und undicht werden. Schadhafte Teile ersetzt man dann am besten durch solche aus Fluorkautschuk. Preisgünstige Umrüstsätze, die man auch selbst einbauen kann, gibt es für viele Modelle.

**Eine nach Postleitzahlen gegliederte Liste der BIODIESEL-Tankstellen erhält man im Internet unter: [www.ufop.de](http://www.ufop.de)**

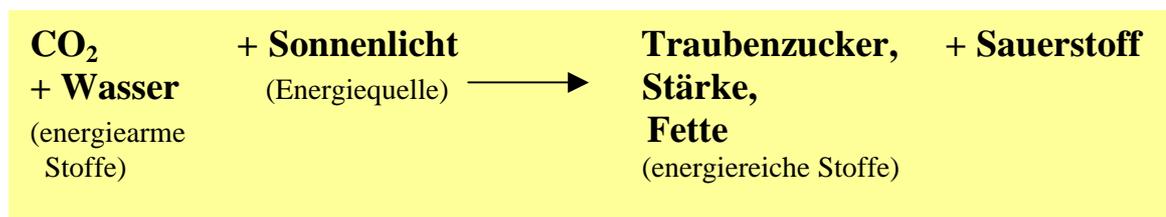
## 2.2.4 Der Kohlenstoffkreislauf

Kohlenstoffdioxid ist ein farb- und geruchloses Gas. Seine Dichte ist größer als die der Luft, und es gehört zu den sogenannten Treibhausgasen.

CO<sub>2</sub> entsteht nicht nur bei der Verbrennung kohlenstoffhaltiger, organischer Stoffe, sondern wird auch von den meisten Lebewesen als Stoffwechselrestprodukt ausgeatmet. Die zur Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge erforderliche Energie wird dadurch gewonnen, dass energiereiche Substanzen, nämlich Kohlenhydrate (Stärke, Zucker) und Fette, die in der Nahrung enthalten sind, mit Sauerstoff aus der Luft im Zellstoffwechsel schrittweise zu CO<sub>2</sub> und Wasser oxidiert werden. Die Vorgänge lassen sich vereinfacht mit folgender Gleichung darstellen:



Nur die grünen Pflanzen können aus den energiereichen anorganischen Stoffen CO<sub>2</sub> und Wasser energiereiche organische Substanzen wie Traubenzucker und Stärke synthetisieren, wobei Sauerstoff in die Atmosphäre abgegeben wird. Das Sonnenlicht ist bei dieser Reaktion (Photosynthese) die Energiequelle. In der folgenden Grafik werden die Vorgänge stark vereinfacht dargestellt:



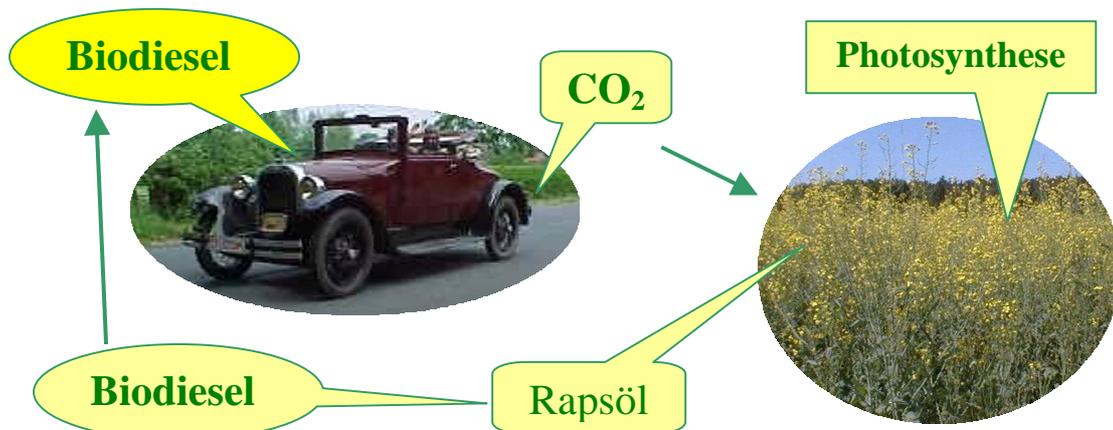
## 2.2.5 CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre

Kohlenstoffdioxid ist zu ca. 0,03% in der Atmosphäre enthalten, und über große Zeiträume blieb dieser CO<sub>2</sub>-Gehalt weitgehend konstant. Die ständig zunehmende Erdbevölkerung mit ihrem steigenden Energieverbrauch droht nun jedoch dieses Gleichgewicht empfindlich zu stören.

Verbrannte man in früheren Jahrhunderten Holz zur Energiegewinnung, so wurde das dabei entstandene CO<sub>2</sub> von den nachwachsenden Bäumen aufgenommen. Seit dem Beginn der Industrialisierung und der während der letzten Jahrzehnte stark zunehmenden Motorisierung wird zur Deckung des steigenden Energiebedarfs mehr und mehr auf die fossilen Energieträger Kohle, Erdöl und Erdgas zurückgegriffen, bei deren Verbrennung weltweit gewaltige Mengen CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre gelangen.

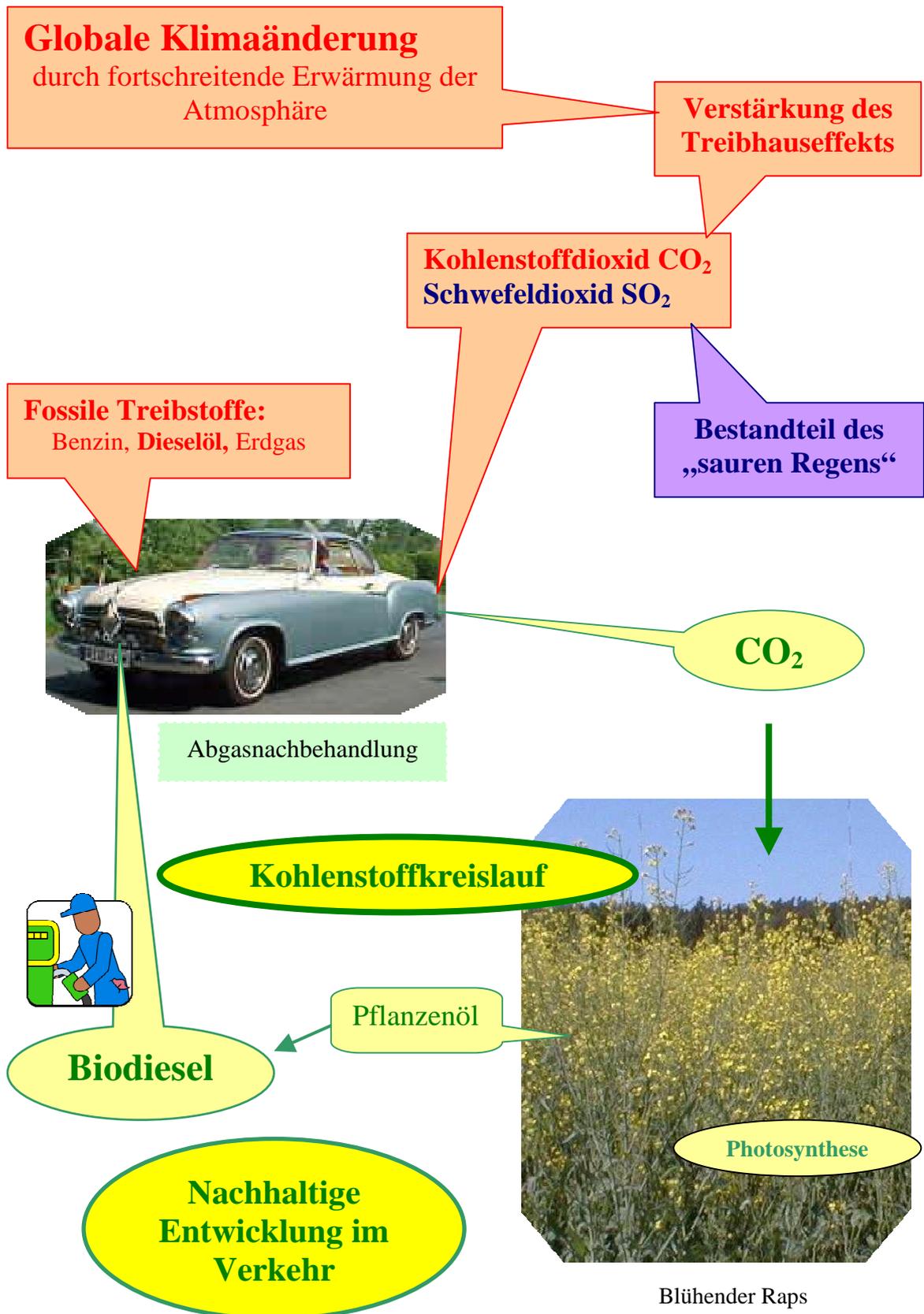
Nach Angabe des Umweltbundesamts betrug im Jahr 2000 die CO<sub>2</sub>-Emission allein in Deutschland 857.908 Gg (Gigagramm), das sind 857.908.000 t. Gleichzeitig berichten die Medien immer wieder darüber, dass in den Tropen, wo die Pflanzen besonders schnell wachsen und damit viel CO<sub>2</sub> binden, die Regenwälder großflächig abgeholzt werden. Zudem gehen Jahr für Jahr weltweit riesige Flächen durch Zubetonieren beim Bau neuer Häuser, Industrieanlagen und Straßen für den Pflanzenwuchs verloren.

Nach Berechnungen des Umweltbundesamts verliert allein Deutschland auf diese Weise im Durchschnitt pro Tag 119 Hektar Natur, das sind täglich ungefähr 1,2 Quadratkilometer! Als Folge dieser Aktivitäten der Menschen wird ein Ansteigen der CO<sub>2</sub>-Konzentration beobachtet. Will man die Zunahme des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Atmosphäre begrenzen, so ist es notwendig, die Verbrennung fossiler Energieträger einzuschränken. Neben anderen Maßnahmen, die zur Einsparung fossiler Brennstoffe führen, ist BIODIESEL eine umweltfreundliche Alternative.



**Die Verwendung nachwachsender Rohstoffe als Energiequelle führt zu einem geschlossenen Kohlenstoffkreislauf. Dabei liefert letzten Endes die Sonne die zum Fahren erforderliche Energie.**

## 2.2.6 Auswirkungen des Kraftfahrzeugverkehrs auf die Umwelt



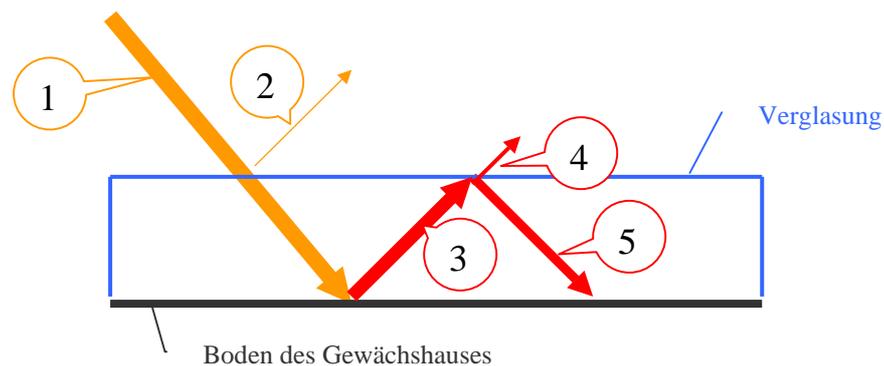
## 2.2.7 Treibhauseffekt

Wenn im Zusammenhang mit Umweltproblemen vom „Treibhauseffekt“ gesprochen wird, dann ist nicht der natürliche Treibhauseffekt gemeint, sondern die von den Menschen verursachte Verstärkung des Treibhauseffekts (= anthropogener Treibhauseffekt).

Der natürliche Treibhauseffekt sorgt an der Erdoberfläche für eine Durchschnittstemperatur von ca. +15 °C und ist für den Fortbestand der heute auf der Erde vorkommenden Lebensformen unverzichtbar. Ohne den natürlichen Treibhauseffekt läge die Durchschnittstemperatur an der Erdoberfläche nur bei ungefähr –18 °C. Bei dieser Kälte hätten sich die meisten Pflanzen- und Tierarten, die man gegenwärtig auf unserem Planeten findet, nicht entwickeln können.

### Natürlicher Treibhauseffekt:

Wieso ist es in einem Gewächshaus bzw. in einem Wintergarten auch ohne zusätzliche Beheizung wärmer als im Freien?

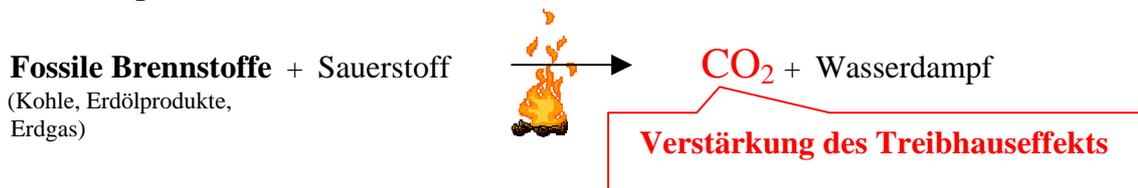


1. Die Sonnenstrahlung durchdringt das Glasdach fast ungehindert und erreicht nahezu unabgeschwächt den Gewächshausboden, den sie erwärmt.
2. Nur ein kleiner Teil der Sonnenstrahlung wird an der äußeren Oberfläche des Glasdaches reflektiert (= zurückgeworfen).
3. Ein großer Teil der Sonnenstrahlung wird am Boden in Wärmestrahlung umgewandelt und reflektiert.
4. Nur ein kleiner Teil der am Boden reflektierten Wärmestrahlung durchdringt die Verglasung.
5. Die am Boden reflektierte Wärmestrahlung wird zum größeren Teil an der Innenseite der Verglasung erneut zum Boden reflektiert. Dadurch erwärmt sich der Innenraum des Treibhauses zusätzlich, so dass die Temperatur innen höher ist als im Freien.

Ähnlich – wie oben beschrieben – läuft der **natürliche Treibhauseffekt** in der Erdatmosphäre ab: Die „Treibhausgase“, das sind vor allem Kohlenstoffdioxid und einige andere, übernehmen die Funktion der Gewächshausverglasung. Sie halten einen Teil der von der Erdoberfläche kommenden und ins Weltall gerichteten Wärmestrahlung zurück und führen so eine weitere Erwärmung der Atmosphäre herbei.

**Anthropogener Treibhauseffekt:**

Die „Treibhausgase“ werden auch „Spurengase“ genannt, weil sie von Natur aus nur in sehr kleinen Mengen in der Luft enthalten sind. Weil die Menschen zur Energiegewinnung große Mengen fossiler, d. h. kohlenstoffhaltiger Energieträger verbrennen, gelangen zusätzlich riesige Mengen CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre, die den natürlichen Treibhauseffekt verstärken.

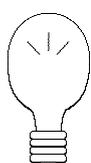
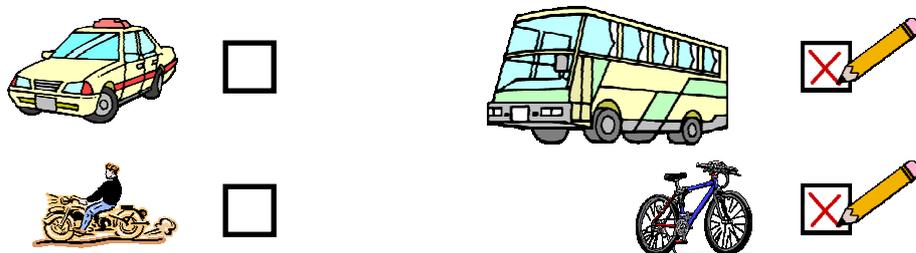


Da der Kraftfahrzeugverkehr wesentlich zur Verstärkung des Treibhauseffekts beiträgt, lohnt es sich, hier nach Energieeinsparungsmöglichkeiten zu suchen.



**Eingesparte Energie ist deshalb am umweltfreundlichsten, weil sie nicht erzeugt werden muss.**

Mobilität ist im modernen Berufsleben unverzichtbar, und im Privatleben trägt sie nicht unerheblich zur Lebensqualität bei; darauf kann und will heute niemand mehr verzichten. Aber es werden viele überflüssige Autofahrten unternommen, die ohne merkliche Minderung der Lebensqualität unterlassen werden könnten. Verglichen mit anderen Verkehrsmitteln hat das Auto eben leider in Bezug auf die transportierte Personenzahl und die zurückgelegte Strecke, auch bei fließendem Verkehr, mit Abstand den größten Energieverbrauch. Im Stau wächst der Treibstoffverbrauch und damit der Ausstoß von Abgasen noch deutlich an. Öffentliche Verkehrsmittel fahren sehr viel energieeffizienter, d. h. sie verbrauchen, bezogen auf die Anzahl der beförderten Personen und die gefahrene Strecke, viel weniger Kraftstoff und produzieren damit auch weniger CO<sub>2</sub>.

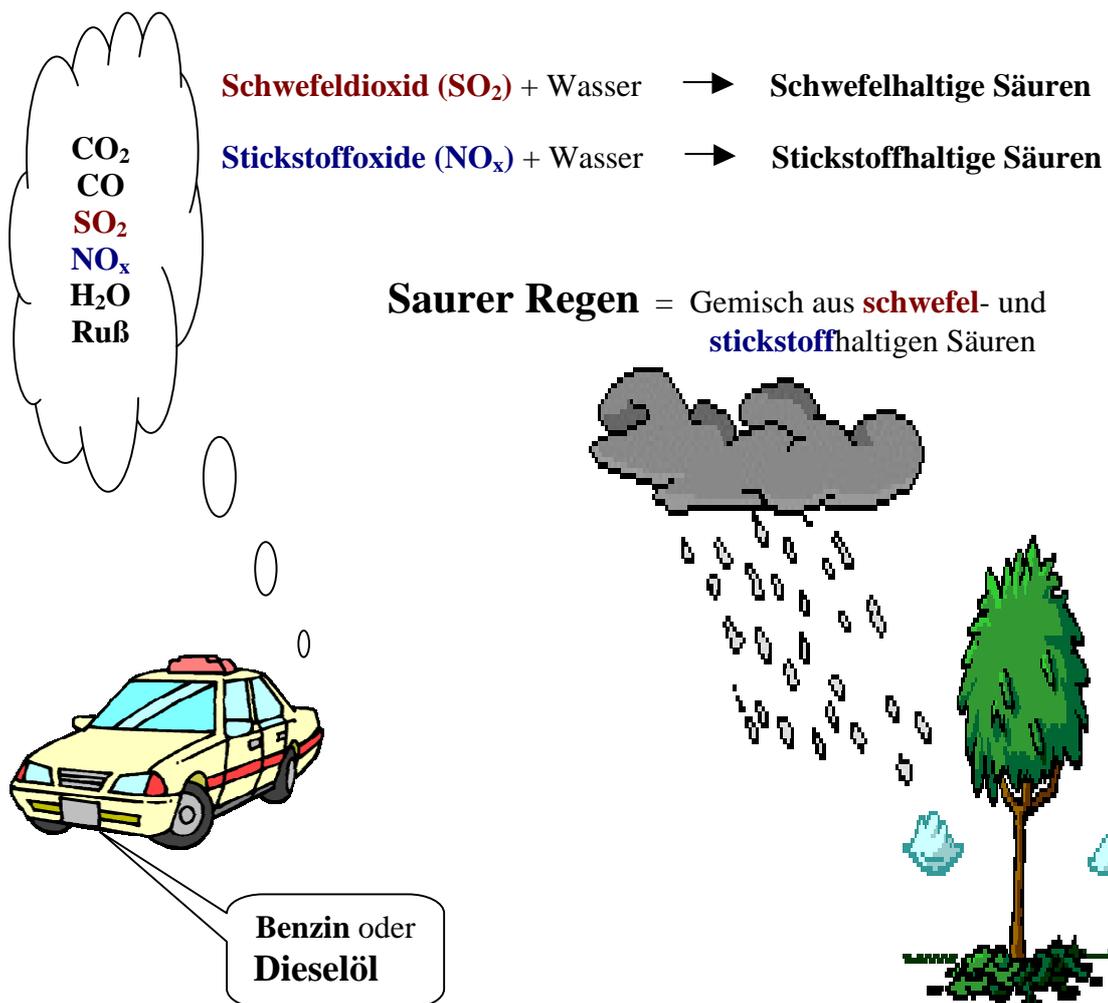


**Wer also kurze Entfernungen zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurücklegt und öfter anstelle des eigenen Kraftfahrzeugs Busse und Bahnen nutzt, trägt aktiv zum Klimaschutz bei. Auch Treibstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, z. B. BIODIESEL, sind eine umweltfreundliche Alternative.**

## 2.2.8 Saurer Regen

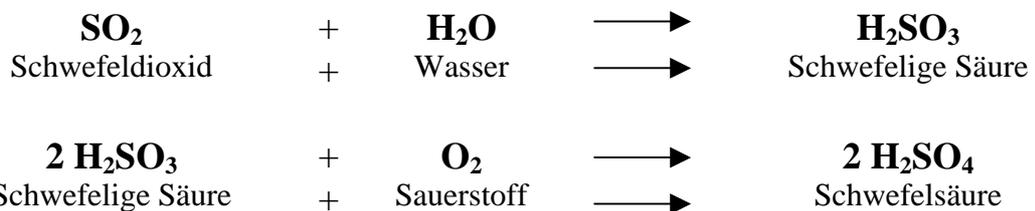
Fossile Energieträger, d. h. Kohle und Erdölprodukte (z. B. Benzin, Dieselöl, Heizöl usw.), enthalten außer **Kohlenwasserstoffen (HC)** noch andere Bestandteile, vor allem aber je nach Herkunft mehr oder weniger große Anteile an **Schwefelverbindungen**. Bei den Verbrennungsprozessen entstehen so neben **Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>)** und **Kohlenstoffmonooxid (CO)** auch **Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)** sowie **Feinstäube** und **Ruß**, die tief in die Lunge eindringen und sogar durch die Lungenbläschen ins Blut gelangen können, wenn die Partikelgröße unter 0,2 mm liegt. Während die Feinstäube giftige Schwermetallverbindungen enthalten können, sind an die Rußpartikel häufig krebserregende Kohlenwasserstoffe gebunden. Beides birgt gesundheitliche Risiken.

In Verbrennungsmotoren, wo das Luft-Treibstoff-Gemisch unter hohem Druck und bei hoher Temperatur verbrennt, bilden sich zudem **Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>)** aus Stickstoff und Sauerstoff, deren Anteil in den Abgasen von Benzinmotoren ohne Katalysator besonders hoch ist. **SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> bilden zusammen mit der Luftfeuchtigkeit den sauren Regen.**

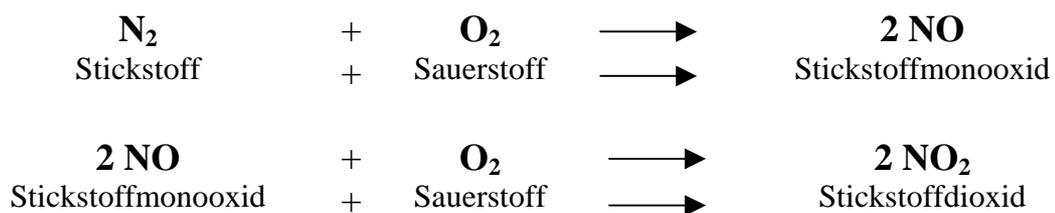


Der saure Regen ist demnach ein Teilaspekt der Luftverschmutzung, die mit der Energiegewinnung durch Verbrennen fossiler Energieträger einhergeht. Dabei ist der Kraftfahrzeugverkehr in erheblichem Umfang an den Emissionen beteiligt. In Deutschland kommen ungefähr 60% des Kohlenstoffmonooxids (CO), 57% der Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>), 4% des Schwefeldioxids (SO<sub>2</sub>) und 11% des Staubes aus Kraftfahrzeugmotoren.

Während Kohlenstoffmonooxid (CO) ein starkes Atemgift ist, sind Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) und die Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>) zusammen mit der Luftfeuchtigkeit (H<sub>2</sub>O) an der Bildung des sauren Regens beteiligt. Dabei reagiert Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) mit Wasser (H<sub>2</sub>O) zu schwefeliger Säure (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>), die unbeständig ist und sich mit dem Sauerstoff (O<sub>2</sub>) der Luft zu Schwefelsäure (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) verbindet (= Autooxidation).



Man kennt sechs Stickstoffoxide, von denen Stickstoffmonooxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) relativ beständig sind. In der Atmosphäre, die zu 78% aus Stickstoff (N<sub>2</sub>) und zu 21% aus Sauerstoff (O<sub>2</sub>) besteht, bilden sich keine Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>), weil der Stickstoff ein sehr reaktionsträges Element ist. Bei extremen Bedingungen, z. B. im elektrischen Lichtbogen bei ca. 3000 °C entsteht farbloses Stickstoffmonooxid (NO), das sich in Luft durch Autooxidation sofort in braunes Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) umwandelt.



Bei gleichzeitiger Anwesenheit von Feuchtigkeit (H<sub>2</sub>O) und Sauerstoff (O<sub>2</sub>) bildet sich Salpetersäure (HNO<sub>3</sub>).



**Der saure Regen ist demnach ein verdünntes Gemisch aus schwefeliger Säure (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>), Schwefelsäure (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) und Salpetersäure (HNO<sub>3</sub>).**

Weil in Benzinmotoren das komprimierte Benzindampf-Luft-Gemisch durch Funken zwischen den Elektroden der Zündkerzen elektrisch gezündet wird, enthalten ihre Abgase größere Anteile an  $\text{NO}_x$  als die Auspuffgase von Dieselmotoren.

**Der saure Regen schädigt Pflanzen und Tiere, indem er die Böden sowie die Gewässer übersäuert. Er verursacht zusammen mit anderen Luftschadstoffen Waldschäden. Darüber hinaus greift er Metalle und Gesteine an, vor allem aber Kalkstein (Marmor). Das bedeutet, dass Bauwerke aller Art betroffen sind: Metallkonstruktionen korrodieren, Steinbauten, d. h. Gebäude und Kunstwerke, verwittern seit Beginn der Industrialisierung viel schneller als in früheren Jahrhunderten. Die Sanierung dieser Schäden erfordert hohen finanziellen Aufwand.**

Dadurch, dass in letzter Zeit zunehmend schwefelärmere Treibstoffe und neuerdings sogar schwefelfreies Benzin und Dieselöl auf den Markt kommen, dürften sich die  $\text{SO}_2$ -Emissionen aus dem Kraftfahrzeugverkehr auch bei weiter ansteigendem Fahrzeugbestand in Zukunft vermindern.

## 2.2.9 Systeme zur Abgasnachbehandlung

### 2.2.9.1 Katalysator

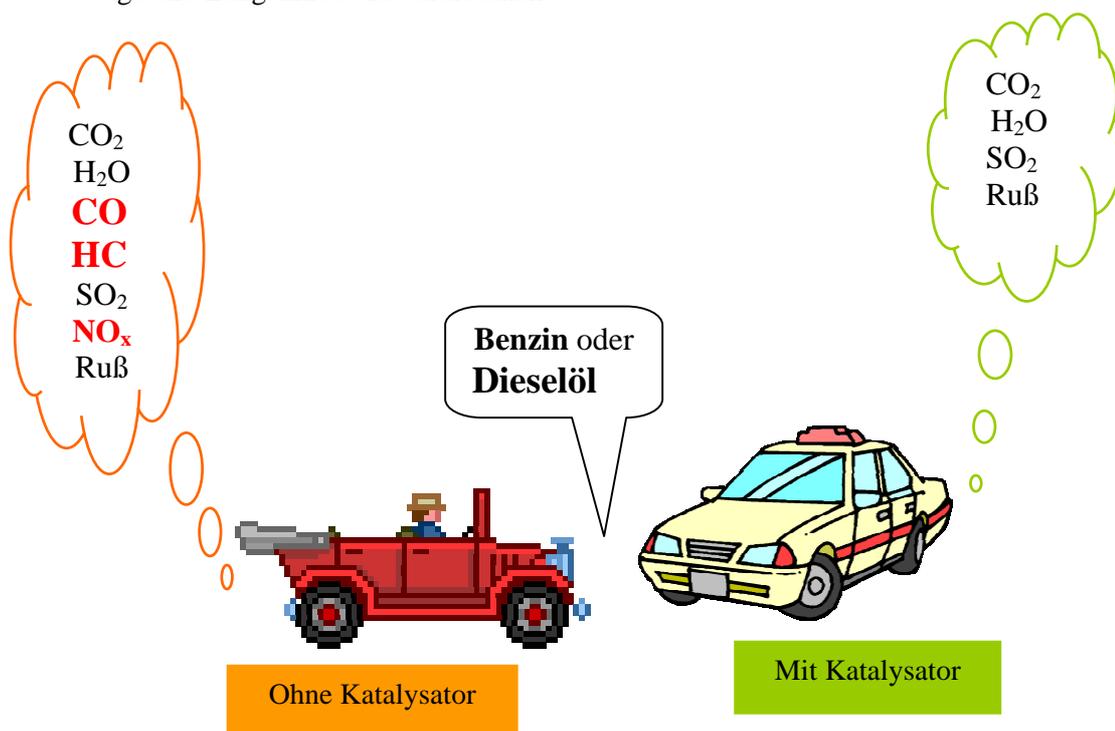
Zunächst soll ein weit verbreiteter Irrtum aufgeklärt werden:

**Der Katalysator senkt den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Autoabgase nicht!**

Er wandelt jedoch einige **andere** umwelt- bzw. gesundheitsschädigende Bestandteile der Abgase in solche Stoffe um, die ungiftig für Menschen und Tiere bzw. umweltneutral sind. Katalysatoren verbessern damit die Umweltverträglichkeit der Automobile. Wegen der unterschiedlichen Funktion von Benzin- und Dieselmotoren arbeiten die Katalysatoren in Benzin- und Dieselfahrzeugen auf verschiedene Weise.

Wie bereits erwähnt, enthalten die Autoabgase außer den ungiftigen Stoffen Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) und Wasserdampf (H<sub>2</sub>O) weitere Bestandteile:

- **Kohlenstoffmonooxid (CO)** – ist ein starkes Atemgift. Es beeinträchtigt schon in kleinen Mengen die Sauerstoffaufnahme des Blutes.
- **Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)** – reizt die Schleimhäute und schädigt die Atemwege: Es ist an der Bildung des sauren Regens beteiligt.
- **Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>)** – tragen zur Entstehung des sauren Regens bei.
- **Kohlenwasserstoffe (HC)** – sind unverbrannte Reste der Treibstoffdämpfe. Sie sind zum Teil krebserregend.
- **Ruß (= unverbrannter Kohlenstoff)** – besteht aus Partikeln, an die sich unverbrannte Kohlenwasserstoffe anlagern: Sie stehen im Verdacht, Erkrankungen der Luftwege und Lungenkrebs zu verursachen.



## Geregelte Katalysatoren in Benzinfahrzeugen

wandeln die Schadstoffe

- **Kohlenstoffmonooxid (CO), Kohlenwasserstoffe (HC) und Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>)**

in die ungiftigen Gase

- **Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), Wasserdampf (H<sub>2</sub>O) und Stickstoff (N<sub>2</sub>)**

um.

Dazu werden das im Abgas enthaltene

- **Kohlenstoffmonooxid (CO) zu Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>)**

und die

- **unverbrannten Kohlenwasserstoffe (HC) zu Wasserdampf (H<sub>2</sub>O) + Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>)**

oxidiert.

Der zur Oxidation erforderliche Sauerstoff wird den Stickstoffoxiden (NO<sub>x</sub>) entzogen, d. h.

- **die Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>) werden gleichzeitig zu umweltneutralem Stickstoff (N<sub>2</sub>)**

reduziert.

Damit der Katalysator optimal arbeitet, sorgt die elektronische Motorsteuerung dafür, dass für jede Zylinderfüllung die richtige Luftmenge angesaugt wird.

## Oxidationskatalysatoren in vielen neueren Dieselfahrzeugen

vermindern den Schadstoffausstoß.

Wegen der unterschiedlichen Gemischaufbereitung in Benzin- und Dieselmotoren (vgl. S. 43ff.) kann bei letzteren die angesaugte Luftmenge nicht geregelt werden. Deshalb enthalten Dieselaabgase immer überschüssigen Luftsauerstoff, der im Oxidationskatalysator CO zu CO<sub>2</sub> und die den Rußpartikeln anhaftenden Kohlenwasserstoffe (HC) zumindest teilweise zu CO<sub>2</sub> und Wasserdampf (H<sub>2</sub>O) oxidiert. Die Bildung von NO<sub>x</sub> lässt sich durch Optimierung der Kraftstoffeinspritzung und des Verbrennungsvorgangs begrenzen (Selbstzündung im Gegensatz zur Fremdzündung bei Ottomotoren, vgl. S. 43ff.).

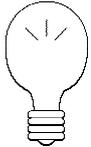


**Katalysatoren funktionieren erst ab einer Temperatur von ca. 450 °C.**

**Deshalb sollte man unbedingt bedenken, dass Katalysatoren während der ersten Zeit nach einem Kaltstart nicht oder nur unzureichend arbeiten und dass die Abgase moderner Automobile dann nahezu den gleichen Schadstoff-**

gehalt aufweisen wie die älterer Fahrzeuge ohne Katalysator. Je nach Geschwindigkeit und Außentemperatur müssen bis zu 10 km Fahrstrecke zurückgelegt werden, bevor der Katalysator seine optimale Betriebstemperatur erreicht und seine Funktion vollständig erfüllt.

Demzufolge verhalten sich diejenigen besonders verantwortungsvoll gegenüber der Umwelt, die insbesondere für kurze Strecken auf das Kraftfahrzeug verzichten und stattdessen zu Fuß gehen bzw. das Fahrrad oder öffentliche Verkehrsmittel nutzen.

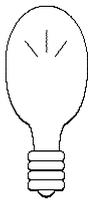


**Katalysatoren vermindern den SO<sub>2</sub>-Gehalt der Abgase nicht.**

Hier schafft nur die Verwendung von schwefelarmem bzw. schwefelfreiem Treibstoff Abhilfe.

**Katalysatoren wirken auch nicht als Rußfilter.**

Dieselmotoren stoßen beim Betrieb mit mineralischem Dieselöl wesentlich mehr Rußpartikel aus als Benzinmotoren. Dennoch ziehen moderne Dieselfahrzeuge im Gegensatz zu älteren keine schwarzen Rußwolken hinter sich her, weil technische Weiterentwicklungen die Verbrennungsvorgänge im Motor verbessern. Infolgedessen enthalten die Abgase moderner Dieselmotoren sehr kleine Rußteilchen, die tief in die Lunge eindringen können und deshalb ein besonders großes Risiko für die Gesundheit darstellen.



**Fährt man moderne Dieselfahrzeuge jedoch mit BIODIESEL, so enthalten die Abgase deutlich weniger Ruß als beim Betrieb mit herkömmlichem Dieseltreibstoff.**

Fachleute sehen die Ursache für die vollständigere Verbrennung von BIODIESEL im hohen Sauerstoffgehalt (nämlich ca. 11%) der BIODIESEL-Moleküle.

### 2.2.9.2 Rußfilter

Technische Verbesserungen an den Dieselmotoren sowie Neuentwicklungen auf den Gebieten der Einspritzpumpentechnik und der Steuerelektronik führten zur Optimierung der Verbrennungsvorgänge in den Zylindern, so dass die Abgase wesentlich weniger unverbrannten Kohlenstoff enthalten. Schwarzer Dieselqualm gehört damit der Vergangenheit an.

**Die Rußpartikel in den Abgasen moderner Dieselmotoren sind wegen ihrer geringen Größe zwar unsichtbar, stattdessen jedoch lungengängig. Weil den Rußpartikeln krebserregende Kohlenwasserstoffe anhaf-**

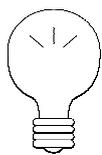
ten können, stehen sie, wie oben bereits erwähnt, im Verdacht, Erkrankungen der Atemwege und Lungenkrebs zu verursachen.

**Oxidationskatalysatoren können diese gefährlichen Kohlenwasserstoffe zwar teilweise zu Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf, d. h. zu gesundheitlich unbedenklichen Stoffen oxidieren, erreichen jedoch nicht das hohe Maß an Schadstofffreiheit der Dieselaabgase, welches die neue Abgasnorm EURO-IV ab 2005 für alle Neufahrzeuge vorschreibt. Diese strengen Anforderungen sind nach Auffassung von Fachleuten nur durch den Einbau von Partikelfiltern zu erfüllen.**

Die Vorreiterrolle bei der Ausrüstung von Dieselfahrzeugen mit Rußfiltern übernahm der französische Autohersteller Peugeot. Sein Rußpartikelfiltersystem gilt in Fachkreisen als vorbildliche Lösung zur Minimierung des Rußausstoßes von Dieselmotoren. Peugeot hat dieses Filtersystem jetzt so weiterentwickelt, dass Filterreinigungen in der Werkstatt nur noch in Intervallen von mindestens 120.000 Kilometern erforderlich sind.

**Arbeitsweise:** Der Rußfilter hält die im Abgas enthaltenen Partikel zurück und ist durchschnittlich nach einer zurückgelegten Strecke von ca. 700 km gefüllt. Dann erhöht die Motorelektronik die Abgastemperatur, so dass die Nachverbrennung des Filterinhalts erfolgt.

Inzwischen statten bereits mehrere Autohersteller neue Dieselfahrzeuge serienmäßig oder auf Bestellung mit Rußfiltern aus. Auch für einige ältere Fahrzeugtypen mit Dieselmotoren sind schon Partikelfilter zum Nachrüsten lieferbar.



**Würden diese Fahrzeuge dann noch mit BIODIESEL betrieben, wäre das ein bedeutender Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung im Verkehr.**

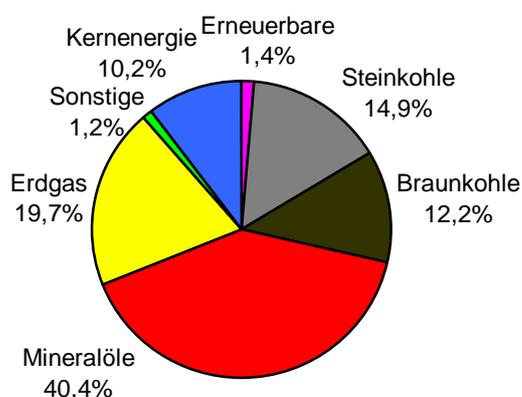
## 2.2.10 Nachhaltigkeit

Dieser Begriff wurde bereits Anfang des 18. Jahrhunderts zuerst von dem sächsischen Oberberghauptmann von Carlowitz in der Forstwirtschaft verwendet. Zu dieser Zeit erkannte man schon, dass der Wald nicht nur als Holzlieferant, sondern auch für das Klima und den Wasserhaushalt des Bodens von großer Bedeutung ist. *„Eine nachhaltige Forstwirtschaft, so der Oberberghauptmann, beruhe auf dem Grundsatz, dass man nur so viel Holz einschlagen dürfe, wie durch Neupflanzung an Bäumen nachwachsen würde“* (Renn et al., S. 17).

Leider wurde dieser Grundsatz nicht überall beachtet, so dass in den letzten 300 Jahren ungefähr ein Viertel der damaligen Waldflächen verloren ging. *„Schätzungen zufolge sind seit dem Jahr 1700 mehr als 24 Prozent der damals existierenden Waldgebiete von 4,5 Milliarden Hektar verschwunden“* (Renn et al., S. 17).

Mit dem Beginn der Industrialisierung, d. h. seit ungefähr 150 Jahren, werden die natürlichen Ressourcen der Erde immer schneller verbraucht. Das gilt für den Abbau von Erzen zur Gewinnung der verschiedenen Metalle ebenso wie für den anderer Rohstoffe und in besonderem Maße für die Ausbeutung von Kohlelagerstätten sowie von Erdöl- und Erdgasvorkommen, um den ständig steigenden Energiebedarf zu decken. Gleichzeitig werden Boden, Wasser und Luft zunehmend mit Schadstoffen aller Art belastet.

Inzwischen hat sich jedoch die Erkenntnis durchgesetzt, dass die natürlichen Rohstoffvorräte unserer Erde erschöpfbar sind. Somit ist es im Hinblick auf die Sicherung des Bedarfs zukünftiger Generationen ein Gebot der Vernunft, die natürlichen Ressourcen durch sparsamen Verbrauch zu schonen. Das gilt insbesondere für die Nutzung der fossilen Energieträger, denn gegenwärtig werden immer noch nahezu 90% der benötigten Energie durch Verbrennen von Kohle, Erdölprodukten und Erdgas erzeugt. Die folgende Grafik belegt diesen Sachverhalt:

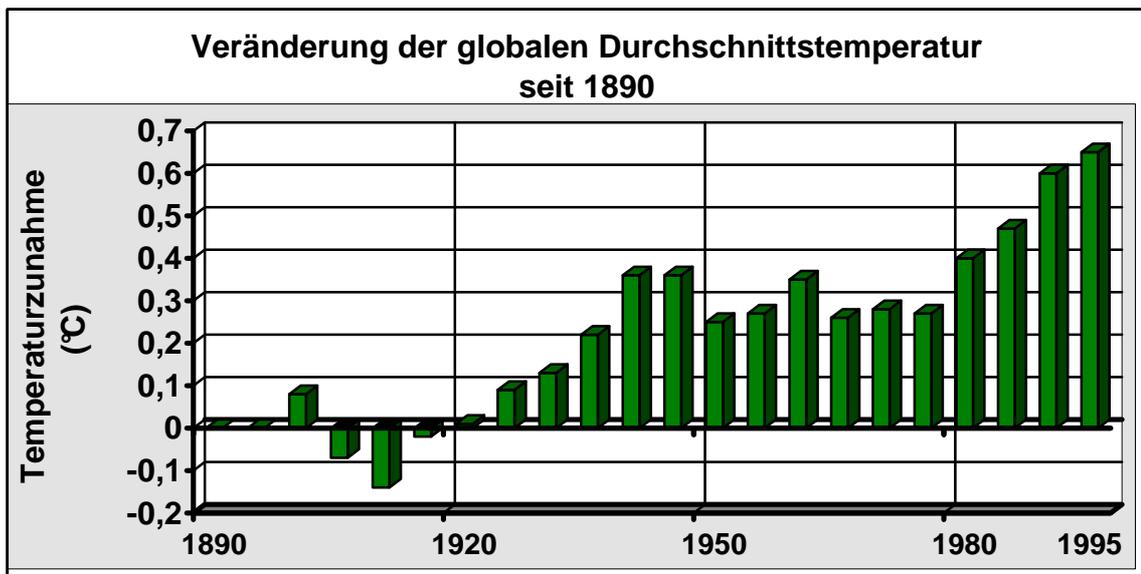


### Anteil der erneuerbaren Energiequellen in Deutschland 1995

Quelle: Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft (IZE) und VDEW

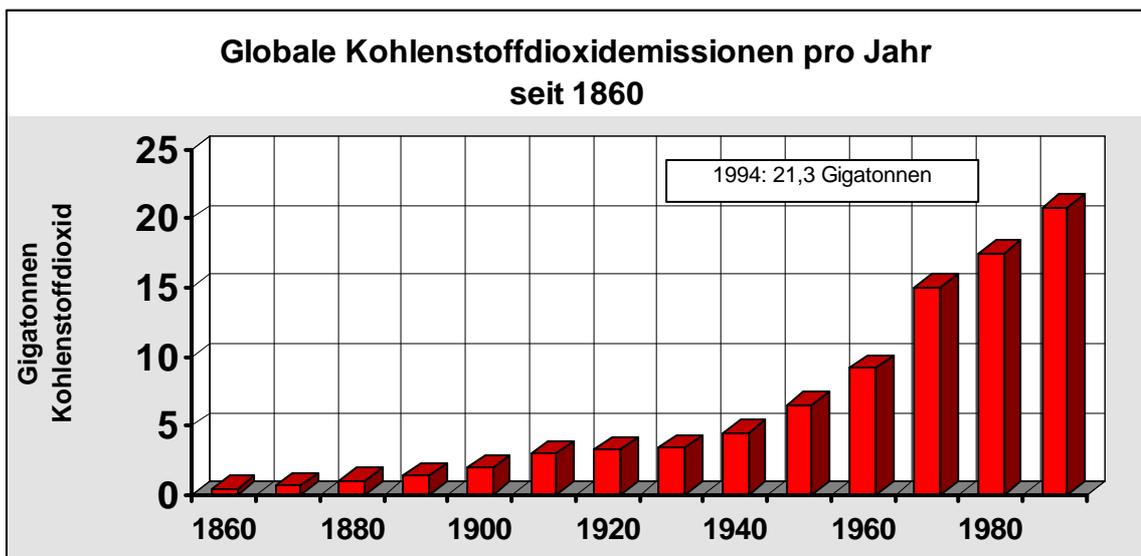
© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 1999  
ISBN 3-12-079002-8  
Die Vervielfältigung dieser Grafik ist für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet.

Infolge dessen sind wegen des „anthropogenen Treibhauseffekts“ **globale Klimaänderungen** mit unabsehbaren Folgen zu befürchten. Unumstritten ist nämlich, dass mit den zunehmenden CO<sub>2</sub>-Emissionen in die Atmosphäre weltweit die Durchschnittstemperaturen ansteigen. Die folgenden Diagramme belegen diesen Zusammenhang für die vergangenen Jahrzehnte eindrucksvoll:



Quelle: World Meteorological Organisation (WMO)

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 1999 ISBN 3-12-079002-8  
Die Vervielfältigung dieser Grafik ist für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet.



Quelle: Enquete-Kommission und Angaben des Umweltbundesamtes

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 1999 ISBN 3-12-079002-8  
Die Vervielfältigung dieser Grafik ist für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet.

Differenziertere Untersuchungen ergaben, dass sich in den letzten 50 Jahren die mittleren Jahrestemperaturen in den Tropen um ca. 0,6 °C, in den gemäßigten Zonen um ca. 1 °C und in den Polarregionen sogar um ungefähr 2 °C erhöht haben.

Auf den ersten Blick scheint dieser geringe Temperaturanstieg unbedeutend zu sein. Als Folge dieser Erwärmung beobachtet man jedoch während der letzten Jahrzehnte ein fortschreitendes Abschmelzen der Gletscher in den Hochgebirgen sämtlicher Kontinente und der Eisvorräte in den Polarregionen, verbunden mit einem weltweiten Ansteigen des Meeresspiegels. In Zukunft könnte das die allmähliche Überflutung riesiger Gebiete wertvollen Kulturlandes und damit deren endgültigen Verlust für die Menschheit bedeuten. Gleichzeitig sind Unwetter zu verzeichnen, die an Heftigkeit zunehmen und in immer kürzeren Zeitabständen den Tod von Menschen und Tieren sowie immense Sachschäden verursachen. Einige Experten sehen darin bereits die Vorboten einer sich anbahnenden weltweiten Klimakatastrophe.

Die globale Umweltproblematik wird durch das explosionsartige Anwachsen der Weltbevölkerung weiter verschärft. Gegenwärtig vergrößert sich die Bevölkerung der Erde alle neun Monate ungefähr um die Einwohnerzahl Gesamtdeutschlands, das sind rund 80 Millionen Menschen.

Mit diesem Thema beschäftigte sich eine internationale Arbeitsgruppe aus Politikern und Wissenschaftlern, die 1987 den sogenannten „Brundtland-Bericht“ veröffentlichte, in dem das Leitbild einer „nachhaltigen Entwicklung“ für eine richtungweisende Politik genannt wird. Die Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro griff das Konzept einer „nachhaltigen Entwicklung“ auf und verabschiedete die „Agenda 21“, der sich fast alle Staaten der Erde angeschlossen haben. Das Konzept einer „nachhaltigen Entwicklung“ beinhaltet u. a. *„die Verbesserung der ökonomischen und sozialen Lebensbedingungen der Menschen im Einklang mit der langfristigen Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen“* (Shell Umweltmappe). Diese Aussage schließt die Forderung nach sparsamem und verantwortungsvollem Umgang mit den Rohstoffreserven der Erde ein.

In nachfolgenden Klimakonferenzen (1994 in Berlin, 1996 in Genf, 1997 in Kyoto, 1998 in Buenos Aires, 2001 in Bonn und Marrakesch) haben die Vertragsstaaten die in Rio de Janeiro sehr allgemein formulierten Ziele teilweise präzisiert und sich auf verbindliche Vorgaben zur Begrenzung der Treibhausgasemissionen geeinigt.

Nachhaltige Energiegewinnungskonzepte erfordern die Integration natürlicher Stoffkreisläufe und damit den verstärkten Einsatz nachwachsender Rohstoffe, um so den Verbrauch an fossilen Brennstoffen einzuschränken

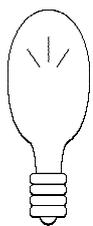
und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu begrenzen. Dazu kann neben der Verwendung anderer erneuerbarer Energieträger auch der Einsatz von BIODIESEL aus Pflanzenöl beitragen.

Interessant ist in diesem Zusammenhang das **Rapsölprojekt der Stadt Berching** (liegt bei Nürnberg):

Sämtliche Fahrzeuge des kommunalen Fahrzeugparks, der Dienstwagen des Bürgermeisters ist eingeschlossen, werden von Dieselmotoren angetrieben, die von der Firma ELSBETT AG für den Betrieb mit Pflanzenöl umgerüstet wurden. Der erforderliche Treibstoff, nämlich das Rapsöl, kommt aus einer ortsansässigen Ölmühle, die von den Bauern des stadtnahen Umlandes mit Ölsaaten beliefert wird. Die Pressrückstände finden auf den Höfen der Rapssaatlieferanten als Kraftfutter Verwendung.

Dadurch, dass das Umestern des Rapsöls zu BIODIESEL entfällt und weil die Transportwege kurz sind, wird Energie eingespart. Das Kohlenstoffdioxid, das beim Verbrennen des Rapsöls in den Fahrzeugmotoren entsteht, wird vom nachwachsenden Raps wieder gebunden (vgl. Kohlenstoffkreislauf). Das Betanken mit Rapsöl ist kein Problem, denn die Fahrzeuge werden nur in der näheren Umgebung eingesetzt. – Und sollte einmal Pflanzenöl auslaufen, so gefährdet es weder den Boden noch das Grundwasser.

Dieses zweifellos umweltfreundliche Konzept könnte für andere Städte und Gemeinden in ländlicher Umgebung beispielgebend sein. Für Privatleute hat es leider vorläufig noch entscheidende Nachteile, denn Dieselfahrzeuge müssen für den Betrieb mit Pflanzenölen mit mehr oder weniger großem Aufwand umgerüstet werden; andernfalls drohen Motorschäden. Außerdem sind für einen störungsfreien Motorenbetrieb geeignete Pflanzenöle noch nicht überall erhältlich.



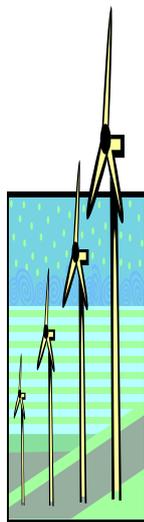
**Wer jedoch ein modernes Dieselfahrzeug besitzt und einen Beitrag zum Klimaschutz leisten will, kann in der Regel sofort BIODIESEL verwenden. Und weil das Mischen von BIODIESEL mit mineralischem Dieselöl vollkommen unproblematisch ist, kann bei dringendem Treibstoffbedarf jede Tankstelle aufgesucht werden.**

Leider ist es aus ökologischen Gründen unmöglich, Raps in unbegrenzter Menge anzubauen, denn regelmäßiger Fruchtwechsel ist unerlässlich, um die Fruchtbarkeit des Ackerbodens zu erhalten. Bewirtschaftet man nämlich einen Acker in aufeinander folgenden Jahren mit Monokulturen derselben Pflanzenart, dann sinkt der Ernteertrag, weil der Boden an bestimmten Pflanzennährstoffen verarmt und weil sich spezifische Schädlinge stark vermehren können. Helfen würde dann nur noch der verstärkte Einsatz chemischer Dünge- und Schädlingsbekämpfungsmittel, was aber alles andere als umweltfreundlich ist. In Deutschland können aus den genannten Gründen maximal 10% des jährlichen Dieselölbedarfs durch BIODIESEL substituiert

werden, wobei die für die Nahrungsmittelerzeugung stillgelegten Flächen gewinnbringend zum Anbau von nachwachsenden Rohstoffen für die industrielle Produktion genutzt werden können, also z. B. zur Aussaat von Raps für die Herstellung von BIODIESEL.

Verschiedene Maßnahmen, die inzwischen zum Teil gesetzlich geregelt sind, sollen den Verbrauch an fossilen Brennstoffen und damit den CO<sub>2</sub>-Ausstoß in die Atmosphäre zunächst begrenzen und langfristig sogar senken:

- Durch bessere **Isolierung von Gebäuden** wird der Energiebedarf zu deren Beheizung geringer.
- Durch den Einsatz von **Techniken mit höherer Energieeffizienz** werden die Energieverluste geringer, z. B. verbrauchen moderne Kraftfahrzeuge weniger Treibstoff als ältere Modelle. **Blockheizkraftwerke** haben einen hohen Wirkungsgrad, denn sie nutzen die eingesetzte Primärenergie besonders effizient. Hier wird elektrische Energie von einem Generator erzeugt, den ein Verbrennungsmotor antreibt. Die Wärme aus der Motorkühlung und aus den heißen Abgasen findet gleichzeitig zur Beheizung von Innenräumen und zur Warmwasserbereitung Verwendung. **Blockheizkraftwerke** können außer mit mineralischem Dieselöl auch mit BIODIESEL oder Pflanzenöl betrieben werden, was ihre Umweltverträglichkeit weiter verbessert (vgl. Kohlenstoffkreislauf).
- **Verstärkter Einsatz regenerativer Energien:**

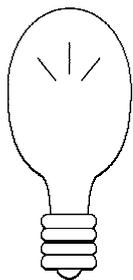


**Windenergie:** Die Bewegungsenergie von Luftströmungen wird in elektrische Energie umgewandelt.

**Photovoltaik:** Photozellen wandeln das Sonnenlicht direkt in elektrische Energie um.

**Wasserstofftechnologie:** Flüssiger Wasserstoff ermöglicht zwei Antriebskonzepte. Er dient entweder als Treibstoff für Verbrennungsmotoren oder zum Betrieb von Brennstoffzellen, die in den Fahrzeugen elektrische Energie für Elektromotoren liefern. Der Wasserstoff wird elektrolytisch aus Wasser gewonnen und dann verflüssigt, wobei die dazu erforderliche elektrische Energie selbstverständlich nicht in herkömmlichen Kraftwerken, die große Mengen CO<sub>2</sub> ausstoßen, erzeugt werden darf.

**Biomasse:** Verbrennungsmotoren können auch mit **Biogas** betrieben werden, z. B. in **Blockheizkraftwerken**.



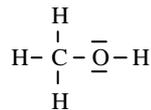
**Nachhaltige Energiegewinnung erfordert den Einsatz**

- **regenerativer Energien bei gleichzeitigem Verzicht auf die Verbrennung fossiler Energieträger.**
- **von Techniken mit hoher Energieeffizienz, weil die Energie, die nicht erzeugt werden muss, am umweltfreundlichsten ist. Sparsamkeit beim Energieverbrauch ist unverzichtbar.**

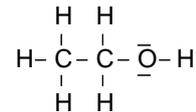
## 2.2.11 Chemie der Fette und Herstellung von BIODIESEL

### Esterbildung und Fette

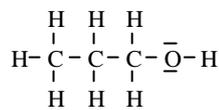
Einwertige Alkohole wie z. B.



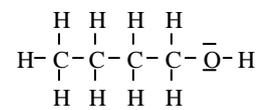
Methanol (Methylalkohol)



Ethanol (Ethylalkohol)

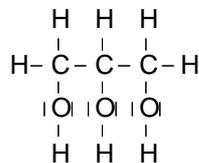


1-Propanol (n-Propylalkohol)



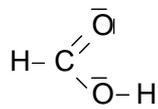
1-Butanol (n-Butylalkohol)

usw. haben in ihren Molekülen eine **Hydroxylgruppe (-OH)**, während sich in denen des dreiwertigen Alkohols Propantriol (= Glycerin) drei solche funktionellen Gruppen finden:

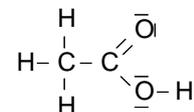


Propantriol (Glycerin)

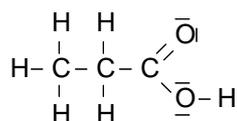
Die funktionelle Gruppe der Fettsäuren (= Alkansäuren oder Carbonsäuren) ist die **Carboxylgruppe (-COOH)**, z. B.



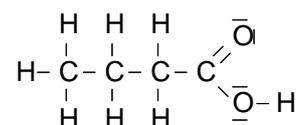
Methansäure (Ameisensäure)



Ethansäure (Essigsäure)



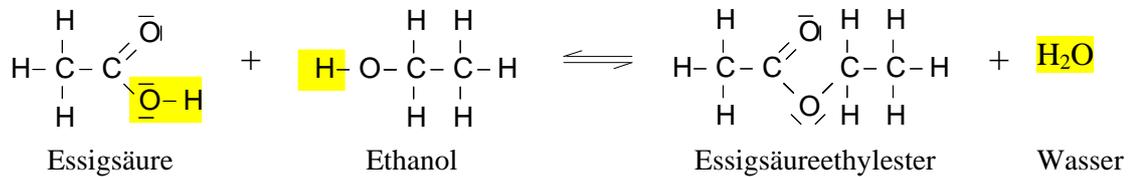
Propansäure (Propionsäure)



Butansäure (Buttersäure)

usw.

Die Carboxylgruppe (-COOH) der Säure und die Hydroxylgruppe (-OH) des Alkohols reagieren miteinander: Es entstehen **Ester** und **Wasser**.



Die entgegengesetzt gerichteten Pfeile bedeuten, dass die Esterbildung eine Gleichgewichtsreaktion ist. Die Hinreaktion verläuft von links nach rechts, sie wird als **Kondensation** bezeichnet; als Nebenprodukt entsteht Wasser. Die Rückreaktion, bei der Wasser verbraucht wird, nennt man **Hydrolyse**.

Weil Säure und Alkohol zu Ester und Wasser sowie umgekehrt Ester und Wasser zu Säure und Alkohol reagieren können, stellt sich bei gleichbleibenden Reaktionsbedingungen ein Gleichgewicht zwischen allen an den Reaktionen beteiligten Stoffen ein.

Nach dem „Prinzip des kleinsten Zwanges“, das der französische Chemiker *Henry Le Chatelier* 1888 formulierte, kann die Gleichgewichtslage durch Änderung der äußeren Bedingungen, z. B. durch Konzentrationsänderungen, verschoben werden:

- In Anwesenheit von konzentrierter Schwefelsäure bilden organische Säuren mit Alkoholen unter Wasserabspaltung Ester. Konzentrierte Schwefelsäure ist stark hygroskopisch, d. h. sie bindet Wasser. Der Wasserentzug verschiebt das Reaktionsgleichgewicht nach rechts: Es entsteht Ester.
- Neutralisiert man die Säure z. B. mit Natron- oder Kalilauge, so tritt die hydrolytische Spaltung des Esters ein, d. h. das Gleichgewicht wird nach links verschoben: Es entstehen Alkohol und das Natrium- oder Kaliumsalz der Fettsäuren.

## Fette sind Ester aus Glycerin und Fettsäuren.

Nachfolgend wird der Bau von Fettmolekülen und deren Umesterung zu BIODIESEL erläutert:



Man kennt Triglyceride, in denen ein Glycerinmolekül mit drei Molekülen der gleichen Alkansäure verestert ist. Meistens bestehen die Fette jedoch aus Glyceriden, die zwei oder drei unterschiedliche Fettsäuren enthalten. Daraus ergeben sich zahlreiche Kombinationsmöglichkeiten, so dass in den Fetten eine große Anzahl verschiedener Triglyceride vorkommt. Weil es schwierig ist, die einzelnen Glyceride aus einem natürlichen Fett zu isolieren, wird sein Gehalt an den einzelnen Fettsäuren in Gewichtsprozenten angegeben.

Rapssaat von neuen Rapsorten besteht zu ca. 40 – 50% aus fettem Öl und zu ca. 30% aus Eiweiß.

Dieses Rapsöl ist reich an Ölsäure (50 – 65%), Linolsäure (15 – 30%) und Linolensäure (5 – 13%). Ungefähr 95% der enthaltenen Fettsäuren sind C<sub>18</sub>-Säuren. Die Zusammensetzung natürlicher Fette unterliegt erheblichen Schwankungen.

Nach ihrer Konsistenz bei Zimmertemperatur unterscheidet man **feste, halb-feste und flüssige Fette (= fette Öle)**.

**Feste Fette** enthalten vorwiegend gesättigte Fettsäuren (z. B. Palmitin- und Stearinsäure), während sich **fette Öle** durch ihren hohen Gehalt an einfach oder mehrfach ungesättigten Fettsäuren (d. h. Öl-, Linol- und Linolensäure) auszeichnen.

## Zusammensetzung und Herstellung von BIODIESEL

**BIODIESEL ist ein Gemisch aus verschiedenen Fettsäuremethylestern.**

Dieser Treibstoff wird durch Umesterung aus unraffiniertem (d. h. ungereinigtem) Rapsöl, das aus der Ölmühle kommt, hergestellt.

Bezeichnung:

**BIODIESEL = PME** (Pflanzenölfettsäuremethylester)

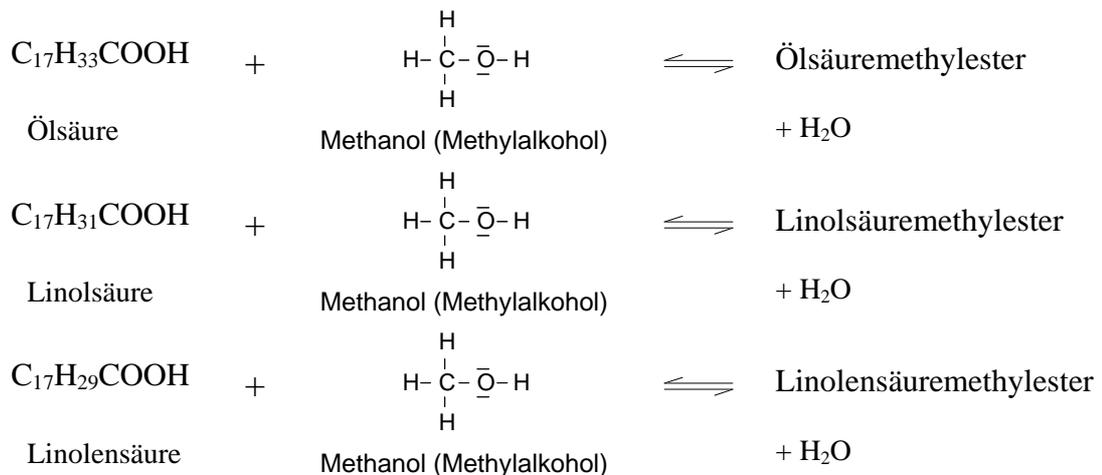
**BIODIESEL = RME** (Rapsölfettsäuremethylester)

Bezeichnung in der neuen E DIN 51606 :

**BIODIESEL = FAME** (Fatty Acid Methyl Ester)

## Herstellungsverfahren

In modernen Umesterungsanlagen wird das Pflanzenöl unter Umrühren und Zusatz von ungefähr 10% Methanol sowie ca. 0,5% NaOH (wasserfrei) auf 60 – 70 °C erwärmt. Dabei werden die Triglyceride (Fettmoleküle) des Rapsöls zunächst in Glycerin und Fettsäuren gespalten (Hydrolyse), wobei hauptsächlich Öl-, Linol- und Linolensäure anfallen. Während der nachfolgenden Kondensation reagieren diese Fettsäuren mit dem Methanol zu Fettsäuremethylestern (= BIODIESEL):



**BIODIESEL enthält demnach hauptsächlich Ölsäuremethylester, Linolsäuremethylester und Linolensäuremethylester.**

Danach wird das anfallende Glycerin abgetrennt. Nach der abschließenden Reinigung mit Wasser und dessen Abtrennung ist der PME als Treibstoff für Dieselmotoren verwendbar.

Wie bei allen chemotechnischen Prozessen entstehen neben den gewollten Produkten BIODIESEL und Glycerin weitere Stoffe als Verunreinigungen, die in zu hoher Konzentration zu Betriebsstörungen führen können. Ein zu hoher Gehalt an nicht oder teilweise umgeestertem Pflanzenöl, an freien Fettsäuren und Glycerin kann Ablagerungen im Motor (insbesondere an den Einspritzdüsen) und Filterverstopfung verursachen.

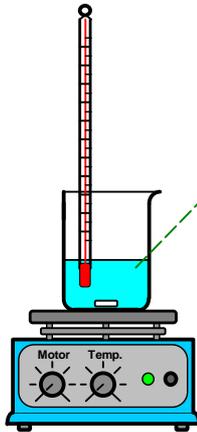
Verwendet man jedoch BIODIESEL in der Reinheit, die in der Kraftstoff-Norm E DIN 51606 aus dem Jahr 1997 gefordert wird, so sind keine Schwierigkeiten zu befürchten.

### Wintertauglichkeit

Ohne Zusätze ist BIODIESEL bis –13 °C fließfähig. Um die vorgeschriebene Wintertauglichkeit bis –20 °C zu erreichen, ist nach Angabe eines Herstellers ein Additiv (= Fließverbesserer) erforderlich. Bei mineralischem Diesel benötigt man dazu ca. fünfzehn verschiedene Additive.

## 2.2.12 Einfacher Laborversuch zur Herstellung von BIODIESEL

### Umesterung



Heizmagnetrührer

**Rapsöl (90%) + Methanol (10%)** werden unter Zugabe von ca. 0,5% **NaOH** (wasserfrei) sowie unter Umrühren und langsamem Erwärmen auf 60 – 70 °C zu **BIODIESEL + Glycerin** umgeestert.

Bei der Umesterung von Rapsöl zu BIODIESEL laufen verschiedene Gleichgewichtsreaktionen ab, die sich wechselseitig beeinflussen:

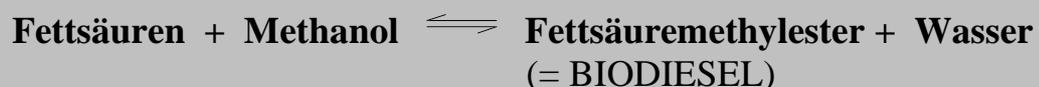
#### Reaktion 1:

Hydrolyse der Triglyceride (= Hydrolytische Spaltung der Fette)



#### Reaktion 2:

Kondensation zu Fettsäuremethylestern (= Entstehung von BIODIESEL)



Bei Zimmertemperatur laufen die Reaktionen sehr langsam ab, so dass man keine nennenswerte Ausbeute an Fettsäuremethylestern (BIODIESEL) erhält. Zunehmende Temperaturerhöhung steigert die Reaktionsgeschwindigkeiten der erwünschten Hinreaktionen, aber auch die der unerwünschten Rückreaktionen. Verlaufen die Hin- und Rückreaktionen gleich schnell, dann ändern sich die Konzentrationen der an den Reaktionen beteiligten Stoffe nicht mehr: Es stellt sich ein dynamisches Gleichgewicht ein.

Günstig für eine möglichst hohe und damit wirtschaftliche Ausbeute an Fettsäuremethylestern (BIODIESEL) ist demnach ein Temperaturbereich, in dem die Hinreaktionen schneller als die Rückreaktionen ablaufen.

Nach dem Prinzip des kleinsten Zwanges wird das Reaktionsgleichgewicht außerdem durch Konzentrationsänderungen verschoben:

**Gleichgewichtsverschiebung in Reaktion 1:**

Dadurch, dass die in Reaktion 1 gebildeten Fettsäuren in Reaktion 2 gebunden werden, verschiebt sich in Reaktion 1 das Gleichgewicht nach rechts.

**Gleichgewichtsverschiebung in Reaktion 2:**

In Reaktion 2 wird das Gleichgewicht von dem in Reaktion 1 entstehenden Glycerin nach rechts verschoben, denn Glycerin ist hygroskopisch, d. h. es bindet Wasser.

**Ergebnis der Umesterung:**

Letzten Endes wird bei der Umesterung der Fettmoleküle des Rapsöls zu BIODIESEL jedes Glycerinmolekül durch drei Methanolmoleküle ersetzt, d. h. aus jedem Fettmolekül können 3 Fettsäuremethylestermoleküle entstehen.

**BIODIESEL ist demnach ein Gemisch aus Fettsäuremethylestern, wobei Ölsäuremethylester, Linolsäuremethylester und Linolensäuremethylester die Hauptbestandteile sind.**

BIODIESEL hat eine wesentlich geringere Viskosität als Rapsöl; das bedeutet eine bessere Anpassung an die Eigenschaften mineralischen Dieselöls.

**Zusatz von NaOH (Natriumhydroxid):**

Weil Fette (Triglyceride) ausgesprochen hydrophob sind und bei Temperaturen unter 100 °C kaum mit Wasser reagieren, muss die Reaktion 1 durch Zugabe von Natriumhydroxid gewissermaßen „angeschoben“ werden:



Die Na-Salze der Fettsäuren sind wasserlöslich; mit Wasser bilden sie Fettsäuremoleküle und Natriumhydroxid, denn die höheren Fettsäuren sind schwache Säuren:



Dadurch, dass NaOH letzten Endes bei den Reaktionen nicht verbraucht wird, ist nur eine geringe Menge erforderlich.

Es liegt in der Natur der Sache, dass bei diesen Gleichgewichtsreaktionen nicht sämtliche Fettmoleküle in Fettsäuremethylester umgewandelt werden. Eine geringe Beimischung an nicht umgeesterten Triglyceriden und freien Fettsäuren hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Qualität des BIODIESELS. Wasserlösliche Verunreinigungen, insbesondere das Natriumhydroxid, werden zum größten Teil mit Wasser entfernt.

## Abtrennung des Glycerins

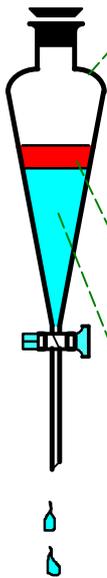


Das entstandene Gemisch aus **BIODIESEL** und **Glycerin** entmischt sich, weil beide Komponenten nicht ineinander löslich sind. Sie können mit dem Scheidetrichter getrennt werden: Dazu lässt man mit Hilfe des Glashahns das Glycerin, das ist die untere farblose Flüssigkeit, vollständig abfließen.

**BIODIESEL** – gelbe Flüssigkeit mit bei Raumtemperatur geringer Viskosität

**Glycerin** – farblose und viskose Flüssigkeit mit ölgiger Konsistenz

## Reinigung des BIODIESELS



Neben den gewünschten Produkten **BIODIESEL** und **Glycerin** entstehen weitere unerwünschte Stoffe, die den Kraftstoff zusammen mit dem **NaOH** verunreinigen. Zur Reinigung wird der Treibstoff im Scheidetrichter mit Wasser durchgeschüttelt.

Weil **BIODIESEL** auch mit Wasser nicht mischbar ist, kann nach der Separation, d. h. nach der Trennung der Komponenten, das Wasser zusammen mit dem größten Teil der wasserlöslichen Verunreinigungen entfernt werden, indem man es aus dem Scheidetrichter abfließen lässt (vgl. oben).

**BIODIESEL** – gelbe Flüssigkeit mit bei Raumtemperatur geringer Viskosität

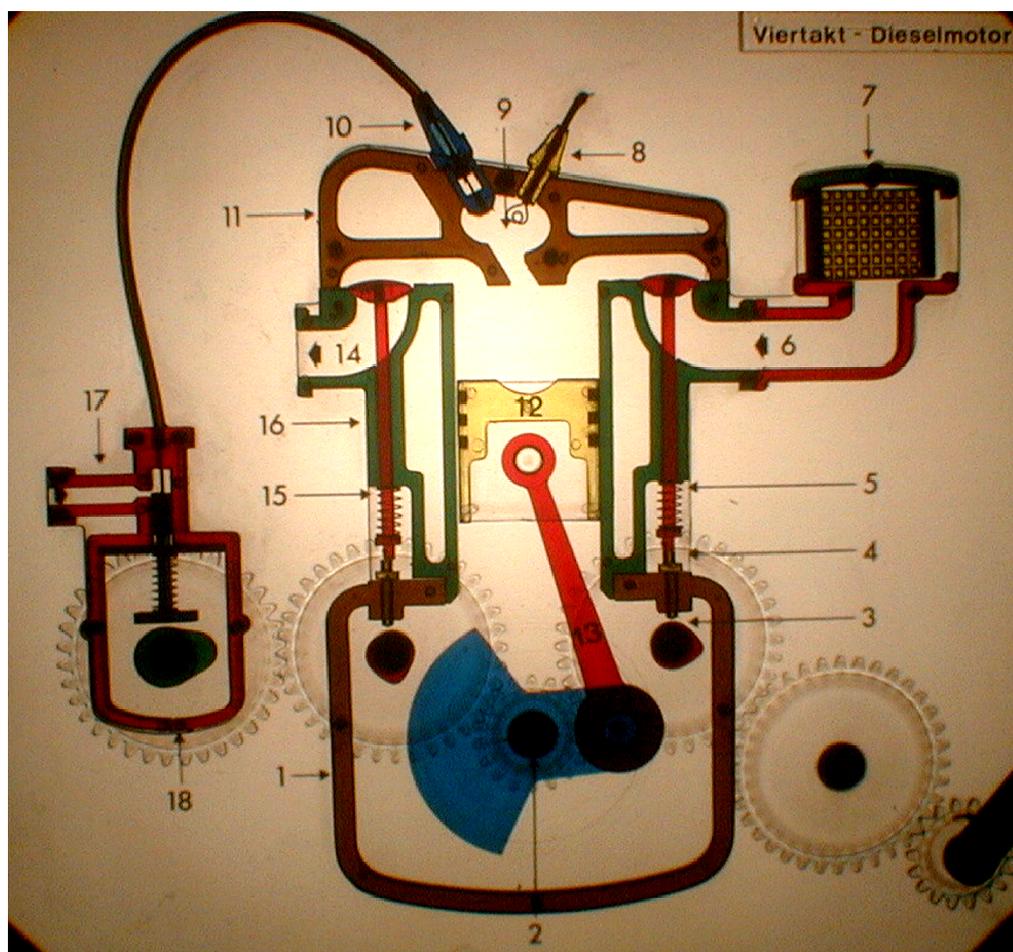
**Wasser** – mit wasserlöslichen Verunreinigungen



## 2.2.14 Arbeitsweise des Dieselmotors

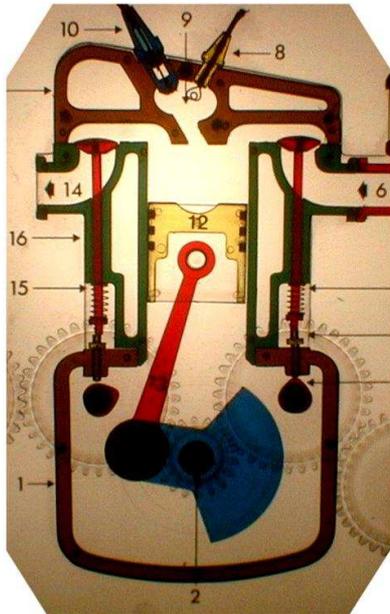
Zum Antrieb von Kraftfahrzeugen werden vorzugsweise moderne Viertakt-hubkolbenmotoren mit vier, fünf oder sechs Zylindern verwendet.

Während im Ottomotor ein Benzin-Luft-Gemisch komprimiert und dann elektrisch gezündet wird, saugt der Dieselmotor reine Luft an. Beim Verdichten erhitzt sich die Luft auf 600 bis 900 °C, so dass sich eingespritzter Dieselkraftstoff sofort selbst entzündet. Im Gegensatz zum Benzinmotor braucht der Dieselmotor keine Zündkerzen. Die wichtigsten Vorgänge, die in den einzelnen Zylindern ablaufen, werden nachfolgend mit Hilfe eines Funktionstransparents der Fa. *PHYWE Systeme in Göttingen* erläutert:

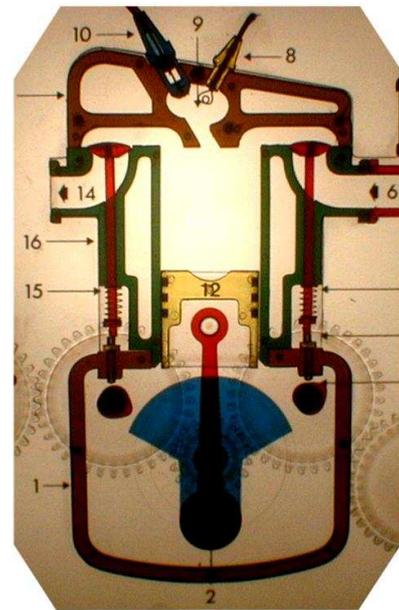


- |                     |                             |
|---------------------|-----------------------------|
| 1. Motorgehäuse     | 10. Einspritzdüse           |
| 2. Kurbelwelle      | 11. Zylinderdeckel          |
| 3. Nockenwelle      | 12. Kolben                  |
| 4. Ventilstößel     | 13. Pleuelstange            |
| 5. Einlassventil    | 14. Auspuff                 |
| 6. Lufteintritt     | 15. Auslassventil           |
| 7. Luftfilter       | 16. Zylinderraum mit Kolben |
| 8. Glühkerze        | 17. Kraftstoffeintritt      |
| 9. Verbrennungsraum | 18. Einspritzpumpe          |

## 1. Takt: Ansaugen



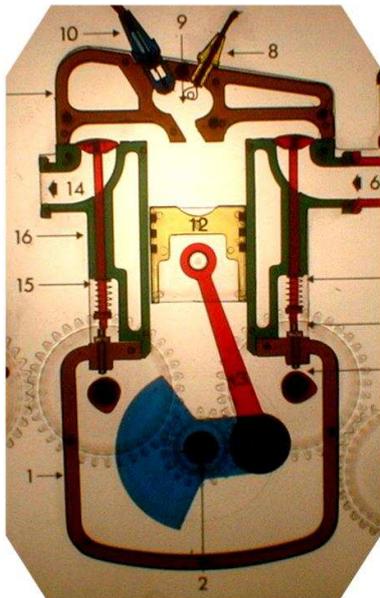
Kolben (12) bewegt sich nach unten; Einlassventil (6) geöffnet; Frischluft wird angesaugt



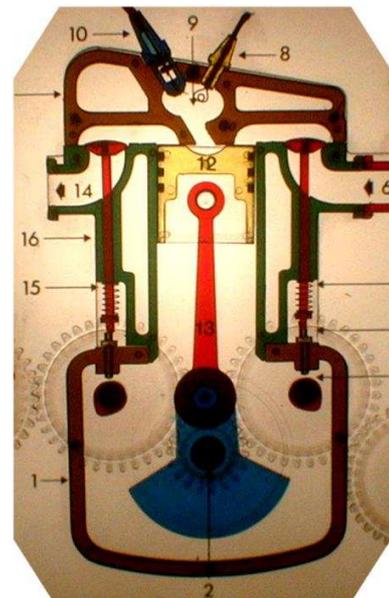
Kolben (12) im UT; Ventile (6; 14) geschlossen

UT = unterer Totpunkt, d. h. tiefste Stellung des Kolbens im Zylinder

## 2. Takt: Verdichten



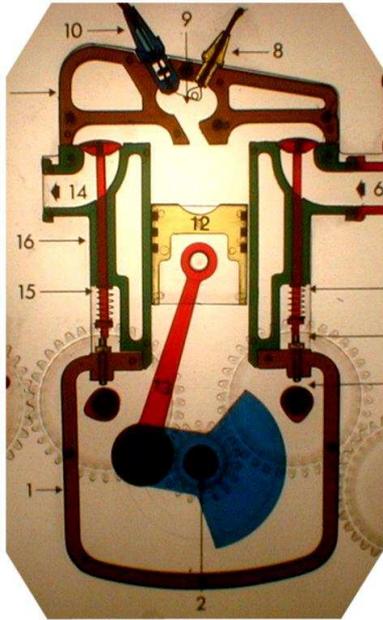
Kolben (12) bewegt sich nach oben; Ventile (6; 14) geschlossen; Frischluft wird verdichtet, dabei Erhitzung



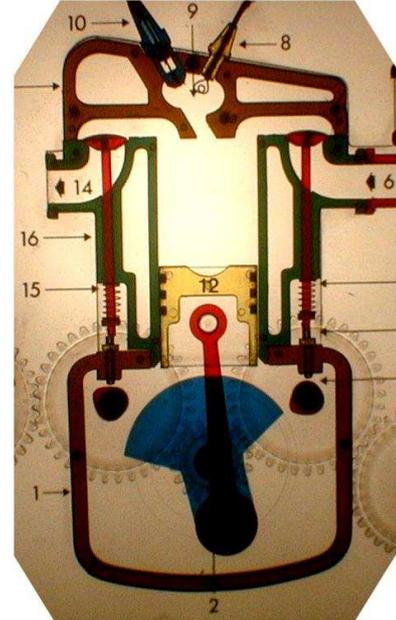
Kolben (12) im OT; Ventile (6; 14) geschlossen

OT = oberer Totpunkt, d. h. höchste Stellung des Kolbens im Zylinder

### 3. Takt: Einspritzen, Verbrennen, Arbeiten

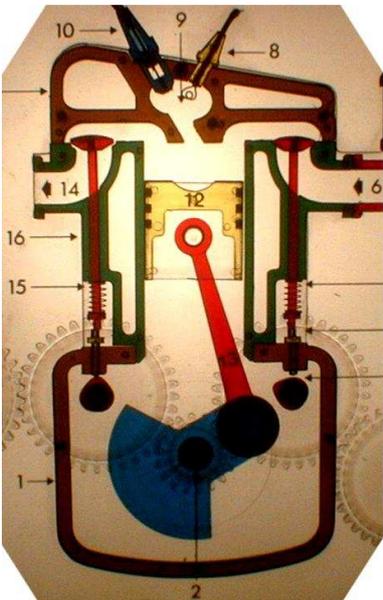


Während Kraftstoff eingespritzt wird, bewegt sich der Kolben (12) kraftvoll abwärts, da die Verbrennungsgase den Druck im Zylinder erhöhen. Ventile (6; 14) geschlossen

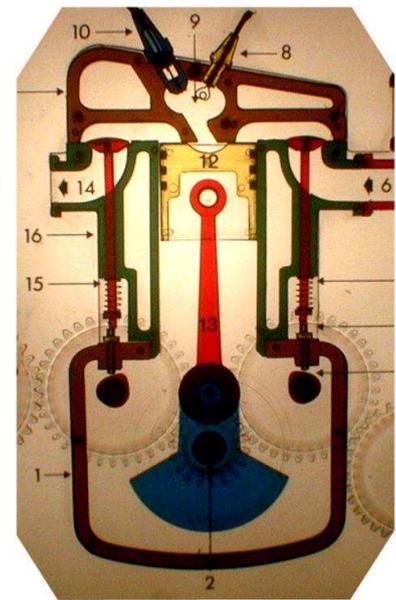


Kolben (12) im UT; d. h. Ende des Arbeitstakts

### 4. Takt: Ausstoßen



Kolben (12) bewegt sich aufwärts; Auslassventil (14) geöffnet; Verbrennungsgase strömen zum Auspuff



Kolben (12) im OT; Auslassventil geschlossen; Beginn eines neuen Arbeitsspiels mit dem Ansaugtakt

**1 Arbeitsspiel = 4 Kolbenhübe = 2 Kurbelwellenumdrehungen**

Im Vergleich zum Ottomotor mit ca. 30% hat der Dieselmotor mit bis zu 43% einen bedeutend höheren Wirkungsgrad. Unter dem Wirkungsgrad versteht man den Quotienten aus abgegebener Nutzleistung und aufgenommener Leistung.

Alle Verbrennungsmotoren, gleichgültig ob sie mit Erdgas, Benzin, Alkohol, Diesel oder Biodiesel betrieben werden, produzieren Abgase. Sämtliche genannten Treibstoffe enthalten Kohlenwasserstoffe, die im Motor mit Luft-sauerstoff zu Kohlenstoffdioxid  $\text{CO}_2$  und Wasserdampf  $\text{H}_2\text{O}$  verbrannt werden. Wasser ist umweltneutral.  $\text{CO}_2$  ist zwar ungiftig, gehört aber zu den sogenannten Treibhausgasen (vgl. Treibhauseffekt, S. 20f.). Weil die Verbrennung in den Motoren mehr oder weniger unvollständig abläuft, werden auch giftige bzw. umwelt- oder gesundheitsschädliche Stoffe wie Kohlenstoffmonoxid  $\text{CO}$ , unverbrannte Kohlenwasserstoffe  $\text{HC}$ , Stickstoffoxide  $\text{NO}_x$  und feste Partikel  $\text{PM}$  (Ruß) ausgestoßen. Bei schwefelhaltigem Benzin und Dieselloil kommt noch Schwefeldioxid  $\text{SO}_2$  hinzu.  $\text{SO}_2$  und Stickstoffoxide  $\text{NO}_x$  bilden mit Wasser Säuren (vgl. saurer Regen, S. 22ff.).

Im Gegensatz zum Dieselmotor, in dessen Zylinder der Treibstoff erst während des Arbeitstakts eingespritzt wird, gelangt beim Ottomotor das Benzin bereits während des Ansaugtakts in die Zylinder (vgl. oben). Das Benzindampf-Luft-Gemisch wird dann komprimiert und zu Beginn des Arbeitstakts mit Hilfe eines Zündfunken, der zwischen den Elektroden der Zündkerze eine Temperatur von ca.  $3000\text{ }^\circ\text{C}$  erzeugt, elektrisch gezündet. Weil aus den Luftbestandteilen Stickstoff  $\text{N}_2$  und Sauerstoff  $\text{O}_2$  erst oberhalb von  $2000\text{ }^\circ\text{C}$  nennenswerte Mengen Stickstoffoxide  $\text{NO}_x$  entstehen, stoßen Benzinmotoren erheblich mehr Stickstoffoxide  $\text{NO}_x$  aus als Dieselmotoren, in deren Zylindern sich der Treibstoff bei Temperaturen unter  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  selbst entzündet (vgl. oben).

Wegen dieser Unterschiede in der Gemischbereitung und Zündung in Benzin- und Dieselmotoren und der daraus resultierenden unterschiedlichen Mengenverhältnisse der Schadstoffe in den Abgasen erfordert die optimale Verminderung des Schadstoffausstoßes spezielle Katalysatoren (vgl. Systeme zur Abgasnachbehandlung, S. 25ff.).

Motoren, die die genannten Schadstoffe in größerer Menge produzieren, belasten nicht nur die Umwelt, sondern verschwenden auch einen großen Teil des Kraftstoffs. Der Schadstoffausstoß lässt sich auf zweierlei Weise vermindern:

1. **Optimierung des Motors** für den Kraftstoff bzw. Anpassung des Kraftstoffs an den Motor, d. h. je vollständiger der Treibstoff verbrannt wird, umso geringer sind Kraftstoffverbrauch und Schadstoffausstoß
2. **Abgasnachbehandlung** mit Katalysatoren und Rußfiltern

Ein Motor arbeitet dann optimal, wenn sein Abgas ohne Abgasnachbehandlung schadstoffarm ist. Motoren und Kraftstoffe werden heute nach der von ihnen erzeugten Schadstoffmenge beurteilt: Ab 2005 müssen neue Kraftfahrzeuge die europäische Abgasnorm **EURO-IV** erfüllen, d. h. sie dürfen nur noch sehr geringe Mengen an Schadstoffen ausstoßen.

**Verwendet man anstelle von mineralischem Dieselöl BIODIESEL als Treibstoff für moderne Dieselmotoren, so ist der Schadstoffgehalt im Abgas auch ohne Katalysator deutlich geringer, d. h. BIODIESEL ist eine umweltfreundliche Alternative. Weil BIODIESEL praktisch schwefelfrei ist, kann man mit Oxidationskatalysatoren (vgl. S. 26) eine optimale Wirkung erzielen. Werden zusätzlich Partikelfilter (vgl. S. 27f.) eingebaut, enthalten die Abgase auch kaum noch Rußteilchen.**

## 2.2.15 Neuere Entwicklungen

Elektroautos, die zur Verminderung der Schadstoffe in der Atemluft beigetragen hätten, konnten sich bisher nicht durchsetzen, weil die zum Fahren benötigte elektrische Energie in großen und schweren Batterien gespeichert werden muss und weil alle Bemühungen der Industrie scheiterten, leichte und sehr schnell aufladbare Batterien mit großer Kapazität (= Speichervermögen für elektrische Ladung) herzustellen. Der Aktionsradius solcher Fahrzeuge ist verhältnismäßig klein, und das Aufladen der Akkumulatoren erfordert viel Zeit.

Wenn die zum Aufladen der Batterien benötigte Elektrizität in herkömmlichen Kraftwerken durch Verbrennen fossiler Energieträger produziert wird, können solche Fahrzeuge keinen Beitrag zum globalen Klimaschutz leisten, im Gegenteil, je öfter die verschiedenen Energieformen ineinander umgewandelt werden, umso größer sind die Energieverluste und der damit verbundene CO<sub>2</sub>-Ausstoß in die Atmosphäre.

Die genannten Nachteile haben Elektroautos, die mit neu entwickelten Brennstoffzellen ausgerüstet sind, nicht mehr. Als Treibstoff dient Wasserstoff, der mit Sauerstoff aus der Luft zu Wasserdampf reagiert. Die bei dieser Reaktion frei werdende Energie steht sofort, d. h. ohne weitere Umwandlung, als Elektrizität zum Betrieb von Elektromotoren zur Verfügung. Dieses Antriebskonzept wird an Bedeutung gewinnen, denn das Elektroauto der Zukunft hat anstelle schwerer Akkumulatoren sein eigenes Kraftwerk in Gestalt der Brennstoffzelle an Bord. Dabei kann flüssiger Wasserstoff getankt werden, oder ein zusätzlicher Reformer erzeugt aus wasserstoffreichen chemischen Verbindungen (z. B. Alkohol oder schwefelfreiem Benzin) den zum Betrieb der Brennstoffzelle erforderlichen Wasserstoff.

Andere Hersteller setzen auf den mit Wasserstoff betriebenen Hubkolbenmotor, in dessen Zylindern der Wasserstoff mit Luftsauerstoff verbrannt, d. h. zu Wasser oxidiert wird. Auch bei solchen Fahrzeugen verlässt nur Wasserdampf den Auspuff.

Obwohl benzinbetriebene Elektrofahrzeuge mit Brennstoffzellen einen wesentlich höheren Wirkungsgrad haben als Autos mit Verbrennungsmotoren, verbrauchen sie fossile, d. h. nicht regenerierbare Ressourcen und tragen mit ihrem CO<sub>2</sub>-Ausstoß zur Verstärkung des Treibhauseffekts bei.

Wer ein modernes Dieselfahrzeug besitzt, braucht nicht warten, bis diese neuentwickelten Techniken serienreif sind und zu bezahlbaren Preisen angeboten werden, sondern kann ab sofort BIODIESEL tanken und so zum globalen Klimaschutz beitragen.

## 2.2.16 Ökonomische und ökologische Aspekte des Anbaus nachwachsender Rohstoffe

Durch zunehmende Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion, d. h. insbesondere durch den verstärkten Einsatz von Mineraldünger und chemischen Pflanzenschutzmitteln, in den Jahrzehnten nach dem zweiten Weltkrieg konnten die Ernteerträge pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche ständig gesteigert werden. Das führte schließlich dazu, dass in Westeuropa (EU) riesige Mengen von Nahrungsmitteln nicht mehr zu vermarkten waren und mit hohen Kosten eingelagert und teilweise auch vernichtet werden mussten. Um die immense landwirtschaftliche Überproduktion einzudämmen und gleichzeitig umweltfreundlicheres Wirtschaften zu fördern, wurden in den achtziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts Flächenstilllegungs- und Extensivierungsprogramme beschlossen, denn Mineraldünger und chemische Pflanzenschutzmittel gefährden die Böden und das Grundwasser.

Für die Einkommensverluste, die dadurch entstehen, dass auf einem Teil der Felder keine Nahrungsmittel erzeugt werden dürfen und für den Aufwand zur Pflege der stillgelegten Äcker, erhalten die Landwirte Ausgleichszahlungen in Höhe von ungefähr 375 € pro Hektar. Ohne diese Stilllegungsprämie zu verlieren, ist es den Bauern seit dem Wirtschaftsjahr 1992/93 gestattet, auf den stillgelegten Flächen nachwachsende Rohstoffe, also z. B. Raps für die Biodieselproduktion, anzubauen.

Anstatt nun durch extensive Bewirtschaftung der stillgelegten Flächen zum Umweltschutz beizutragen, erliegen offenbar viele Landwirte der Versuchung, zusätzlich zur Stilllegungsprämie ein lukratives Zubrot zu erwirtschaften. Nach Feststellungen der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau (AGÖL) wächst nur ein verschwindend geringer Anteil des Rapses kontrolliert biologisch. Der größte Teil wird auf stillgelegten Flächen, vielfach in riesigen Monokulturen erzeugt, also in einer intensiven Anbauform, die zur Ertragssicherung fast zwangsläufig den Einsatz von Mineraldüngung und chemischen Pflanzenschutzmitteln erfordert.

Dasselbe Feld sollte frühestens nach vier Jahren erneut mit Raps bestellt werden. Raps verbessert den Boden für nachfolgenden Getreideanbau. Wuchs auf einem Getreideacker Raps als Vorfrucht, so bedarf es normalerweise keiner zusätzlichen Düngung.

Die staatliche Förderung der nachwachsenden Rohstoffe verfolgt hauptsächlich das Ziel, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei der Energiegewinnung zu vermindern

und damit zum globalen Klimaschutz beizutragen. Im Gegensatz zur Nutzung fossiler Energieträger wird bei der Verbrennung nachwachsender Rohstoffe nur soviel CO<sub>2</sub> frei, wie die Pflanze zuvor beim Wachstum aufgenommen und gebunden hat.

Das gilt jedoch nur solange man unberücksichtigt lässt, dass Anbau, Transport und Verarbeitung des Biorohstoffs Energie benötigen, deren Erzeugung mit zusätzlichem CO<sub>2</sub>-Ausstoß einhergeht. – Alle ökologisch relevanten Vorzüge und Nachteile sind bei der Erstellung einer Ökobilanz gegeneinander abzuwägen, um beurteilen zu können, ob der Anbau und der Einsatz eines nachwachsenden Rohstoffs ökologisch und wirtschaftlich sinnvoll ist.

So ist der Einsatz von Rapsöl („Naturdiesel“) und von Rapsölmethylester („BIODIESEL“) als Treibstoff für Dieselmotoren anstelle des herkömmlichen mineralischen Dieselkraftstoffs nicht unumstritten, weil die Wissenschaftler einige ökologisch relevante Faktoren unterschiedlich bewerten.

### **Einigkeit besteht aber darin, dass**

- der konventionelle Rapsanbau (d. h. unter Verwendung von Mineraldünger und chemischen Pflanzenschutzmitteln) Boden und Grundwasser in erheblichem Maße belastet.
- Biotreibstoffe biologisch besser abbaubar sind als mineralischer Dieselkraftstoff und deshalb in Trinkwasserschutzgebieten verwendet werden sollten.
- der CO<sub>2</sub>-Ausstoß gesenkt werden kann, wenn anstelle von mineralischem Dieselöl BIODIESEL getankt wird.

## 2.2.17 Internet-Adressen zur weiteren Information

[www.ufop.de](http://www.ufop.de)

[www.fnr.de](http://www.fnr.de)

[www.biodiesel.de](http://www.biodiesel.de)

[www.campa-biodiesel.de](http://www.campa-biodiesel.de)

[www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

[www.bundeslandwirtschaftsministerium.de](http://www.bundeslandwirtschaftsministerium.de)  
oder [www.verbraucherministerium.de](http://www.verbraucherministerium.de)

[www.berching.de](http://www.berching.de)

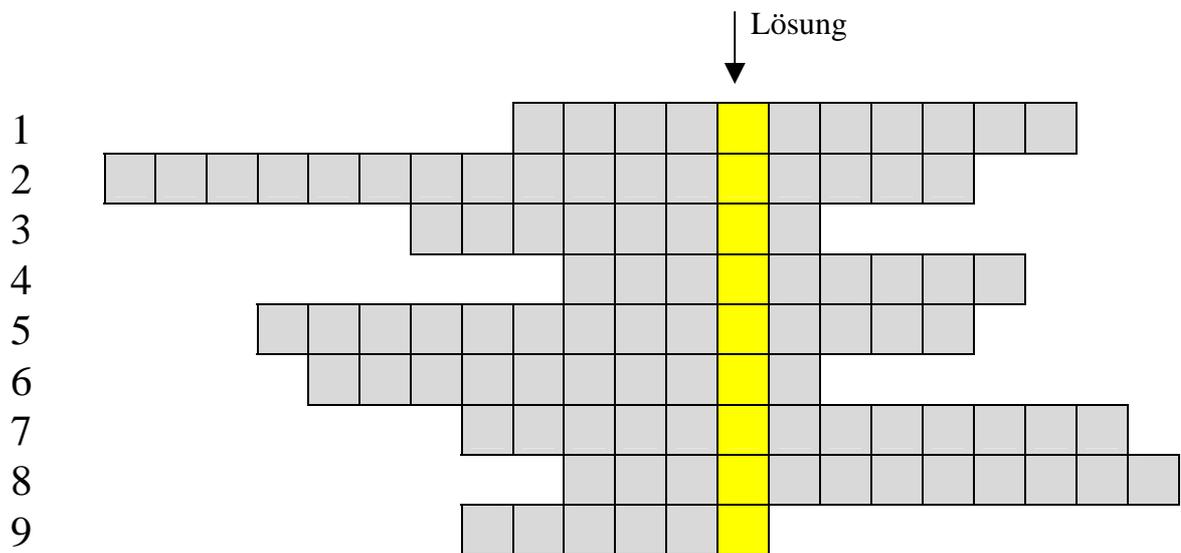
[www.kfz-tech.de](http://www.kfz-tech.de)

[www.elsbett.de](http://www.elsbett.de)

[www.kraftfahrt-bundesamt.de](http://www.kraftfahrt-bundesamt.de)

[www.bundesverkehrsministerium.de](http://www.bundesverkehrsministerium.de)  
oder [www.bmvbw.de](http://www.bmvbw.de)

## 2.2.18 Umwelträtsel



- 1 Bezeichnung für energiereiche Substanzen, die zum Betrieb von Verbrennungsmotoren benötigt werden
- 2 Bestandteil der Autoabgase
- 3 Komponente zur Herstellung des Biodieselmotors
- 4 Moderner Kraftstoff für selbstzündende Verbrennungsmotoren
- 5 Gas, das zur Entstehung des sauren Regens beiträgt
- 6 Bestandteil der Fette
- 7 Kraftstoffe, die beim Motorenbetrieb kaum schädliche Abgase bilden, nennt man . . . ?
- 8 Die Verwendung von Biodiesel ist ein Beitrag zum . . . ?
- 9 Ausgangsstoff zur Biodieselherstellung

Die gelb unterlegten Felder ergeben, von oben nach unten gelesen, die Lösung.

# Lösung des Umwelträtsels

↓ Lösung

1							T	R	E	I	B	S	T	O	F	F	E			
2	K	O	H	L	E	N	S	T	O	F	F	D	I	O	X	I	D			
3							M	E	T	H	A	N	O	L						
4									B	I	O	D	I	E	S	E	L			
5			S	C	H	W	E	F	E	L	D	I	O	X	I	D				
6			F	E	T	T	S	Ä	U	R	E	N								
7							S	C	H	A	D	S	T	O	F	F	A	R	M	
8									U	M	W	E	L	T	S	C	H	U	T	Z
9							R	A	P	S	Ö	L								

Lösung: **BIODIESEL**

## 3 Material und Methoden

### 3.1 Fächerübergreifendes Umweltprojekt in Klasse 11 eines Wirtschaftsgymnasiums

#### 3.1.1 Didaktische und methodische Überlegungen

*„Umweltpädagogische Bemühungen um ökologische Veränderungen menschlichen Denkens und Handelns werden . . . nur dann in nachhaltig wirksame Lernprozesse münden, wenn Umweltbildung sich in verstärktem Maße darum bemüht, Anknüpfungspunkte in der Lebenswirklichkeit der Lernenden zu finden und die Realisierungsbedingungen umweltgerechterer Handlungsmöglichkeiten zu antizipieren“* (Möller und Brand 1997).

Demzufolge eignet sich das Thema „BIODIESEL als umweltfreundliche Alternative zum mineralischen Dieselöl“ hervorragend als exemplarisches Beispiel zur Erarbeitung der ökologischen Zusammenhänge zwischen dem Betrieb von Verbrennungsmotoren und der drohenden Gefahr einer globalen Klimaänderung, denn im Zusammenhang mit Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeugverkehr verfügen alle Jugendlichen bereits über Kenntnisse und eigene Erfahrungen aus dem Alltag. Sie sind auch bereits mehr oder weniger gut über die Umweltschäden informiert, die der motorisierte Verkehr verursacht. Dieses Wissen und ihre authentischen Alltagserfahrungen bringen die Schüler in das schulfächerübergreifende Unterrichtsprojekt ein, das damit an ihre Lebenswirklichkeit anknüpft, ihr Interesse anregt und sie zur Mitarbeit motiviert.

Um zu vermeiden, dass die Schüler zusätzliches „träges Wissen“ anhäufen, soll ein „gemäßigt konstruktivistisch“ geprägter Unterricht vorhandenes Umweltwissen aktivieren, den Bezug der Unterrichtsinhalte zum Alltag verdeutlichen und Anwendungsmöglichkeiten aufzeigen, so dass neu zu erwerbendes Wissen fächerübergreifend zu einem Gesamtbild zusammengefügt bzw. in dieses eingeordnet werden kann und ein verantwortungsbewusster Umgang mit alltäglichen Umweltproblemen möglich wird.

*„Lernende brauchen . . . auf der einen Seite genügend Freiraum für konstruktive Aktivitäten, auf der anderen Seite aber auch gezielte Unterstützung, vor allem wenn Probleme auftreten, die die Lernenden allein nicht bewältigen können“* (Reinmann-Rothmeier und Mandl 1996), und *„eine gemäßigt konstruktivistische Auffassung vom Lernen schließt Anleitung und Unterstützung durch Lehrende keineswegs aus“* (Weinert und Helmke 1995). Deshalb gilt es aus dem „Methodenpool“ so zu wählen, dass Konstruktion und In-

struktion im richtigen Verhältnis stehen, denn „*Instruktion und Konstruktion sind allenfalls in ideologischen Auseinandersetzungen ein Gegensatz, in der Praxis dagegen eine sinnvolle Ergänzung*“ (Reinmann-Rothmeier und Mandl 1996).

Zur Einführung in das Projekt bietet sich der Artikel „*Treibstoff der Zukunft: Wasserstoff oder Pflanzenöl?*“ von Prof. Dr. Schrimppf, FH Weihenstephan (vgl. S. 10ff.), von dem alle Schülerinnen und Schüler eine Kopie erhalten, als Diskussionsgrundlage an. Danach wird die Problematik weitgehend in Gruppenarbeit erschlossen. Die Schüler bilden zu zweit bzw. zu dritt kleine Gruppen und wählen eines der nachfolgend aufgelisteten Themen (vgl. S. 56f.), erarbeiten ein kurzes Referat in Gestalt einer PowerPoint-Präsentation („learning by doing“) und präsentieren ihr Ergebnis vor der Klasse („learning by teaching“).

Auf diese Weise werden im Unterricht die wesentlichen Aspekte der Umweltbelastung bei der Energieerzeugung durch Verbrennung fossiler Energieträger und deren Konsequenzen von den Gruppen in unterschiedlichen Kontexten erarbeitet und dann der Klasse vorgetragen. Die anschließende Diskussion sorgt dafür, dass der Lehrstoff variationsreicher und damit anspruchsvoller und anwendungsorientierter bearbeitet wird. Die Schüler können ihre eigenen Konstrukte bilden und in ihr Weltbild einfügen, wobei sie ihre Lerngeschwindigkeit weitgehend selbst bestimmen. So kann die Anhäufung zusätzlichen trägen Wissens weitgehend vermieden werden.

Bei diesem Unterrichtskonzept tritt die Lehrerinstruktion naturgemäß in den Hintergrund. Die Initiativen der Jugendlichen werden beratend begleitet, d. h. in Gesprächen mit einzelnen Schülern und mit den Gruppen erhalten die Projektteilnehmer Anerkennung sowie Anregungen zur Weiterarbeit und Hilfe bei Schwierigkeiten, mit denen sie alleine nicht zurecht kommen. Diese offene Unterrichtsform fördert handlungsorientiertes Lernen, Kreativität sowie Eigeninitiative; gleichzeitig erwerben die Schüler zusätzliche Medienkompetenz.

Um den Zeitaufwand für Recherchen in zumutbaren Grenzen zu halten und so eine Überforderung zu vermeiden, erhalten alle Schülerinnen und Schüler eine Kopie der im Rahmen dieser Arbeit zusammengestellten Schülersachinformation (vgl. S. 13ff.). Die Schulbücher und das Internet sind weitere Informationsquellen.

Das Projekt wird mit einer Schülerbefragung abgeschlossen, deren statistische Auswertung Aufschluss darüber geben soll, inwieweit verbessertes Wissen über naturwissenschaftlich relevante Konsequenzen des Autofahrens Handlungsänderungen im Umweltverhalten von Jugendlichen bewirken kann.

### 3.1.2 Themen für die Gruppenarbeit

#### 1. Erneuerbare Energien

- Erläutern Sie an Beispielen, was man unter „erneuerbaren bzw. regenerativen Energien“ versteht.
- Wieso ist deren Nutzung im Gegensatz zur Verwendung fossiler Energieträger umweltfreundlich?

#### 2. Treibhauseffekt und globale Klimaänderung

Im anthropogenen Treibhauseffekt sehen Wissenschaftler die wichtigste Ursache für eine sich anbahnende Klimakatastrophe.

- Was versteht man unter dem anthropogenen Treibhauseffekt?
- Durch welche Maßnahmen versucht man drohendes Unheil abzuwenden?

#### 3. Saurer Regen und Kraftfahrzeugverkehr

- Wie entsteht der „saure Regen“, und welche Schäden verursacht er?
- Auf welche Weise trägt der Kraftfahrzeugverkehr zu seiner Entstehung bei?
- Durch welche Maßnahmen kann man das Problem entschärfen?

#### 4. Umweltverträglichkeit moderner Kraftfahrzeuge

- Welche Motoren und Kraftstoffe werden gegenwärtig zum Antrieb von Kraftfahrzeugen genutzt?
- Welche Vorzüge und Nachteile haben diese Antriebskonzepte?
- Welche technischen Entwicklungen verbessern die Umweltverträglichkeit moderner Kraftfahrzeuge?

#### 5. Neue Entwicklungen in der Kraftfahrzeugtechnik

- Welche Antriebstechnologien werden voraussichtlich schon in naher Zukunft in Neufahrzeuge eingebaut?
- Wie funktionieren sie?
- Wie umweltverträglich sind sie?
- Könnte in den verschiedenen Klimazonen der Erde der Einsatz unterschiedlicher Antriebskonzepte sinnvoll sein?

## 6. Fette und Öle

- Woraus und wie werden Fette und Öle gewonnen?
- Wie sind die Moleküle von Fetten bzw. fetten Ölen aufgebaut?
- Wie unterscheidet sich der Molekülbau von Erdölbestandteilen (Benzin und Dieselöl) und von Pflanzenölen?

## 7. Biodiesel

- Biodieselherstellung im Experiment (Schülergruppe)
- Welche Fettsäuren enthält Rapsöl?
- Aus welchen Fettsäuremethylestern besteht Biodiesel?

## 8. Flüssiger Wasserstoff – das Erdöl der Zukunft?

- Wie kann man elementaren Wasserstoff herstellen?
- Welche Verfahren kommen für die großtechnische Herstellung in Betracht?
- Welche Vorzüge und Nachteile haben diese Herstellungsverfahren hinsichtlich des Klimaschutzes?

## 9. Nachhaltige Entwicklung

- Was bedeutet nachhaltige Entwicklung?
- Welche Maßnahmen zum Klimaschutz sind denkbar?
- Wie könnte der Kraftfahrzeugverkehr langfristig auf nachhaltige Energieversorgung umgestellt werden?

## 10. Biologie der Rapspflanze

- Bau des Pflanzenkörpers (Abbildung und Beschreibung), Lebensdauer, Fortpflanzung, Standortfaktoren, Anbau, Ölgewinnung

## 11. Andere mitteleuropäische Ölpflanzen

- Welche Ölpflanzen außer Raps gedeihen in Mitteleuropa?
- Abbildungen und Angaben zur Biologie der einzelnen Ölpflanzen

## 12. Landwirtschaft

- Wie unterscheiden sich die Anbaumethoden in der Nutzpflanzenproduktion?
- Wie sind die verschiedenen landwirtschaftlichen Produktionsmethoden hinsichtlich ihrer Umweltfreundlichkeit zu bewerten?

## 3.2 Empirische Untersuchungen

Wie schon in der Einleitung erwähnt, werden insgesamt drei empirische Untersuchungen vorgenommen:

- eine breit angelegte Befragung von Schülerinnen und Schülern häufig besuchter Schularten an unterschiedlichen Schulorten in mehreren Bundesländern im Alter von ca. 15 – 20 Jahren.
- eine Befragung der Kundinnen und -kunden von Tankstellen an verschiedenen Standorten, die sowohl BIODIESEL als auch mineralisches Dieselöl anbieten.
- eine Befragung der Projektteilnehmer, d. h. der Schülerinnen und Schüler aus den beiden elften Klassen eines Wirtschaftsgymnasiums, die zuvor an dem schulfächerübergreifenden Umweltprojekt beteiligt waren.

### 3.2.1 Vorbemerkungen zu den empirischen Untersuchungen

Für eine Vollerhebung müssten sich die Untersuchungen auf alle in Deutschland lebenden Jugendlichen, die geeignet sind, Führerscheine zu erwerben und Kraftfahrzeuge zu führen, sowie auf alle Diesel- und Biodieselskunden erstrecken. Weil so große Personengruppen aus verschiedenen Gründen, insbesondere aber wegen der hohen Kosten kaum erfasst werden können, kommen nur Teilerhebungen, auch Stichproben genannt, in Betracht. *„Man kann anhand der Ergebnisse der Teilerhebung Verallgemeinerungen von der Stichprobe auf die Grundgesamtheit vornehmen, also beispielsweise von den empirischen Stichprobendaten ausgehend generelle Hypothesen entwickeln oder deskriptive Aussagen für die Grundgesamtheit formulieren“* (Kromrey 1998, S. 248). *„Im allgemeinen ist auch die Genauigkeit der Stichprobenergebnisse im Vergleich zur Vollerhebung bei großer Grundgesamtheit höher: wegen besserer Möglichkeiten der Kontrolle, präziserer Datenerhebung, intensiverer Auswertung“* (Kromrey 1998, S. 249).

Um die Ergebnisse der aktuell untersuchten Fälle auf die Gesamtheit aller möglichen Fälle übertragen zu können, müssen die ausgewählten Stichproben repräsentativ sein. *„Repräsentativität heißt in diesem Zusammenhang: Es besteht Kongruenz zwischen theoretisch definierter Gesamtheit und tatsächlich durch die Stichprobe repräsentierter Gesamtheit; oder: Die Stichprobe ist ein verkleinertes Abbild einer angebbaren Grundgesamtheit“* (Kromrey 1998, S. 259).

## 3.2.2 Stichprobengröße und -auswahl

### 3.2.2.1 Breit angelegte Schülerbefragung

Die erste im Rahmen dieser Arbeit untersuchte Grundgesamtheit sind die in Deutschland lebenden Jugendlichen im Alter von ca. 15 bis 20 Jahren, deren Eignung zum Führen von Kraftfahrzeugen angenommen werden kann.

Die ausgewählten Stichproben setzen sich aus den Schülerinnen und Schülern ganzer Schulklassen unterschiedlicher Schularten an verschiedenen Schulorten in mehreren Bundesländern zusammen, je nachdem, wo kooperationsbereite Kolleginnen und Kollegen gefunden wurden, die bereit waren, die Befragung während ihrer Unterrichtszeit durchzuführen, weil nur auf diese Weise erreicht werden kann, dass alle Schülerinnen und Schüler einer Klasse, insbesondere auch die leistungsschwächeren, den Fragebogen ausfüllen und zurückgeben.

Die Auswahl der zu befragenden Personen innerhalb der Grundgesamtheit ist bei dieser Verfahrensweise *„kontrolliert zufällig“*. *„Bei zufallsgesteuerten Auswahlen wird die Entscheidung darüber, ob ein Element der Grundgesamtheit auch Element der Stichprobe wird, der Entscheidung des Forschers entzogen und durch einen kontrollierten Zufallsprozeß ersetzt“* (Kromrey 1998, S. 260). Solche *„einfachen Zufallsstichproben“* sind nach Kromrey (1998, S. 273f.) *„tendenziell repräsentativ im Hinblick auf sämtliche Merkmale und sämtliche Merkmalskombinationen der Erhebungseinheiten“*, sofern *„jede Einheit der Grundgesamtheit die gleiche Chance hat, in die Auswahl zu gelangen, dann werden Einheiten mit Merkmalen, die häufig in der Grundgesamtheit vorkommen, auch in der Stichprobe öfter erfasst als Einheiten mit Merkmalen, die in der Grundgesamtheit nur selten vertreten sind. Entsprechendes gilt für Merkmalskombinationen.“* Weiterhin *„kann bei hinreichend großem Stichprobenumfang angenommen werden, dass alle möglichen Merkmale mehr oder weniger entsprechend ihrer Häufigkeit in der Grundgesamtheit auch in der Auswahl vertreten sind.“* Daraus ergibt sich, dass auch kleinere Stichproben zumindest tendenziell repräsentativ sind.

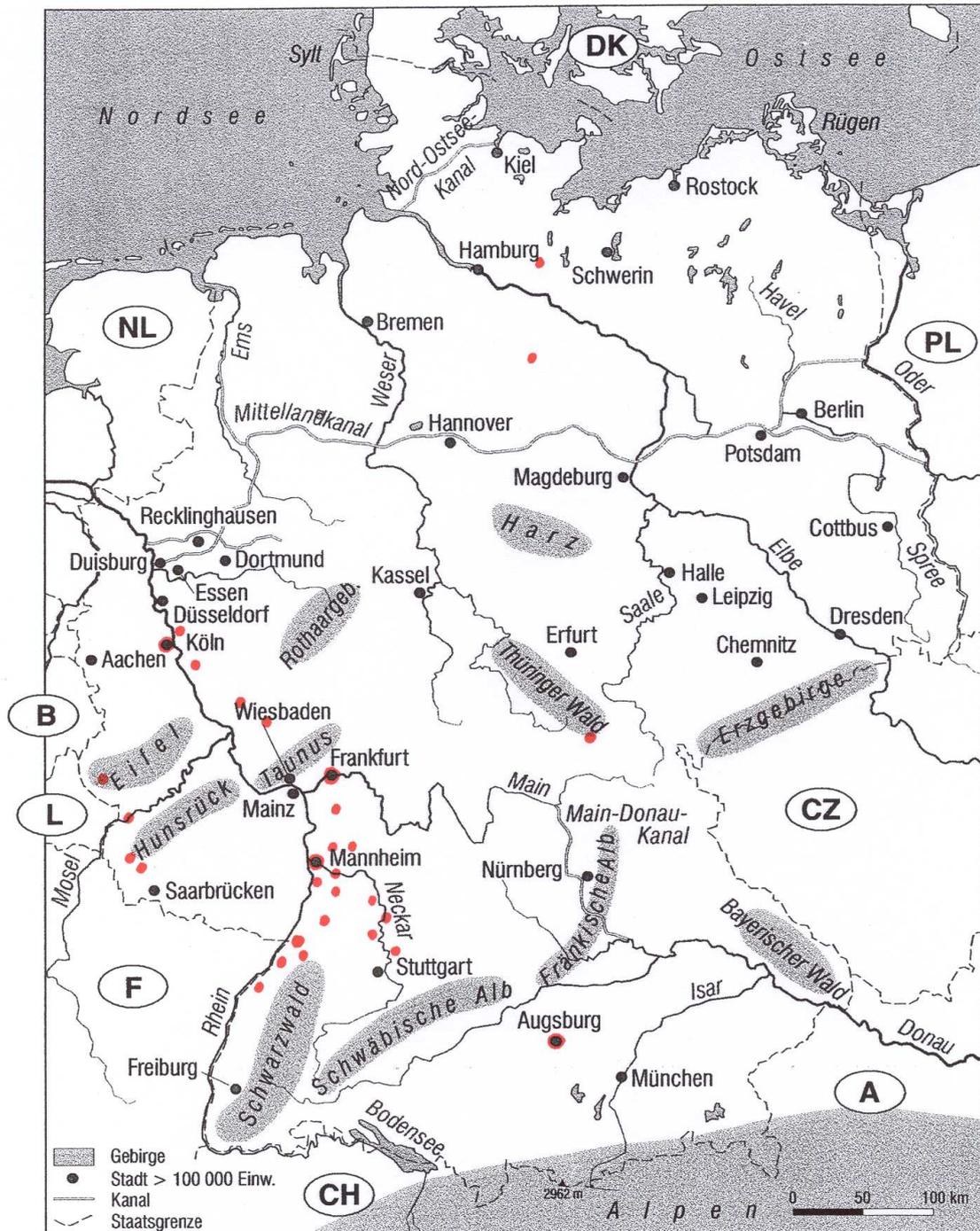
Die in dieser Arbeit untersuchte Stichprobe umfasst insgesamt 2188 Jugendliche. Deren Zusammensetzung ist aus Tabelle 1 ersichtlich:

Schularten	Anzahl der Schülerinnen und Schüler
Allgemeinbildende Gymnasien	834
Berufsbildende Gymnasien	442
Realschulen	485
Berufskollegs und Berufsschulen	141
Haupt- und Berufsfachschulen	286

Tab. 1: Zusammensetzung der Stichprobe der breit angelegten Schülerbefragung

In die folgende Kartenskizze (Abb. 1) sind die Schulorte rot eingezeichnet, an denen die Schülerbefragung in einer oder mehreren Klassen stattfand. Eine Liste der beteiligten Schulen (Tab. 2) schließt sich an.

### Kartenskizze mit eingezeichneten Schulorten



(Kopie aus *westermann* Arbeitsblätter für den Erdkundeunterricht. Mai 1997)

Abb. 1: Kartenskizze mit rot eingezeichneten Schulorten, an denen Schüler befragt wurden

## Verzeichnis der Schulen

<b>Schulort</b>	<b>PLZ</b>	<b>Schule / Schulart</b>
<b>Augsburg</b>	86152	<b>Agnes-Bernauer-Schule</b> / Realschule für Mädchen
<b>Bad Rappenau</b>	74906	<b>Hauptschule Heinsheim</b>
<b>Beckingen</b>	66701	<b>Sekundarschule Beckingen</b> / Erweiterte Realschule
<b>Bönnigheim</b>	74357	<b>Alfred-Amann-Gymnasium</b>
<b>Bruchsal</b>	76646	<b>Albert-Schweitzer-Realschule</b>
<b>Diez/Lahn</b>	65582	<b>Nicolaus-August-Otto-Schule</b> / Berufsbildendes Gymnasium
<b>Dillingen</b>	66763	<b>Albert-Schweitzer-Gymnasium</b>
<b>Ettlingen</b>	76275	<b>Anne-Frank-Realschule</b>
<b>Frankfurt/Main</b>	60322	<b>Anna-Schmidt-Schule</b> / Gymnasium
<b>Heidelberg</b>	69126	<b>Englisches Institut Heidelberg</b> / Gymnasium
<b>Heilbronn</b>	74080	<b>Andreas-Schneider-Schule</b> / Berufsbildendes Gymnasium / Berufskolleg
<b>Karlsruhe</b>	76149	<b>Gymnasium Neureut</b>
<b>Karlsruhe</b>	76135	<b>Heinrich-Hertz-Schule</b> / Berufsschule (Duale Ausbildung zum Energieelektroniker)
<b>Karlsruhe</b>	76131	<b>Tulla-Realschule</b>
<b>Köln</b>	50676	<b>Hauptschule Großer Griechenmarkt</b>
<b>Köln</b>	50825	<b>Eichendorff-Realschule</b>
<b>Leverkusen</b>	51373	<b>Lise-Meitner-Gymnasium</b>
<b>Mannheim</b>	68169	<b>Humboldt-Realschule</b>
<b>Mannheim</b>	68163	<b>Moll-Gymnasium</b>
<b>Mannheim</b>	68159	<b>Ursulinen-Gymnasium</b>
<b>Marbach</b>	71672	<b>Anne-Frank-Realschule</b>
<b>Mölln</b>	23879	<b>Paul-Weber-Realschule</b>
<b>Montabaur</b>	56410	<b>Mons-Tabor-Gymnasium</b>
<b>Neuerburg</b>	54673	<b>Gymnasium</b>
<b>Rastatt</b>	76437	<b>Tulla-Gymnasium</b>
<b>Rheinau</b>	77866	<b>Hauptschule</b>
<b>Rossdorf</b>	64380	<b>Gymnasiale Oberstufe Babenhausen</b>
<b>Sankt Augustin</b>	53757	<b>Albert-Einstein-Gymnasium</b>
<b>Schwetzingen</b>	68723	<b>Hebel-Gymnasium</b>
<b>Sonneberg</b>	96515	<b>Staatliche Berufsbildende Schule</b> / Berufsbildendes Gymnasium
<b>Trier</b>	54293	<b>Friedrich-Spee-Gymnasium</b>
<b>Uelzen</b>	29525	<b>Berufsbildende Schulen</b> / Berufsbildendes Gymnasium
<b>Waldmichelbach</b>	69483	<b>Gymnasium Waldmichelbach</b>
<b>Waldmichelbach</b>	69483	<b>Realschule Waldmichelbach</b>
<b>Weinheim</b>	69469	<b>Dietrich-Bonhoeffer-Schule</b> / Realschule
<b>Weinheim</b>	69469	<b>Johann-Philipp-Reis-Schule</b> / WG / Berufskolleg / Berufsfachschule
<b>Wiesloch</b>	69168	<b>Pestalozzi-Schule</b> / Hauptschule

Tab. 2: Verzeichnis der Schulen, die sich an der breit angelegten Schülerbefragung beteiligt haben

### **3.2.2.2 Kundenbefragung an Tankstellen**

Die zweite im Rahmen dieser Arbeit untersuchte Grundgesamtheit sind die Fahrerinnen und Fahrer von Personenkraftfahrzeugen mit Dieselmotor, die Tankstellen in Deutschland ansteuern, an denen sowohl BIODIESEL als auch mineralisches Dieselöl angeboten wird. Es wurden sämtliche Biodiesel- sowie Dieselkundinnen und -kunden, die während der Befragungsaktion eine Tankstelle der oben beschriebenen Art aufsuchten, angesprochen. Damit ist die Auswahl der zu befragenden Personen innerhalb der Grundgesamtheit auch bei dieser Umfrage „*kontrolliert zufällig*“ und zumindest tendenziell repräsentativ (vgl. oben). Insgesamt wurden 198 Biodiesel- sowie 1026 Dieselfahrer und -fahrerinnen während des Betankungsvorgangs interviewt.

### **3.2.2.3 Abschlussbefragung der Projektteilnehmer**

Für die Projektteilnehmer kommt wegen ihrer verhältnismäßig kleinen Anzahl von 37 Schülerinnen und 18 Schülern, also insgesamt 55 Jugendlichen, nur eine Vollerhebung in Betracht. Um im Anschluss an das schulfächerübergreifende Umweltprojekt ein zumindest tendenziell repräsentatives Befragungsergebnis erreichen zu können, war die Teilnahme sämtlicher Schülerinnen und Schüler der beiden Klassen erforderlich (vgl. oben). Dazu musste das Umweltprojekt in den Pflichtunterricht der beiden Klassen eingebunden werden, denn freiwillige Arbeitsgemeinschaften werden erfahrungsgemäß nur von wenigen und zudem fast ausschließlich von leistungsstärkeren Schülern besucht.

## **3.2.3 Überlegungen zur Konzeption der Fragebögen**

### **3.2.3.1 Breit angelegte Schülerbefragung**

Zur Durchführung der Schülerbefragung bot sich eine Fragebogenaktion mit „*geschlossenen Fragen*“ (Kromrey 1998, S. 351f.) an, bei denen Antworten zur Auswahl vorgegeben werden. Die Fragebögen waren so zu konzipieren, dass das Ausfüllen nur wenig Zeit beanspruchte, denn, wie schon erwähnt, war bei der Datenerhebung die Mithilfe von Lehrerinnen und Lehrern erforderlich, die die Befragung während ihres Unterrichts vornahmen. Einer derartigen Bitte wird umso eher entsprochen, je geringer der erforderliche Zeitaufwand ist. Mit der Fragebogenaktion konnten auch Klassen weit entfernter Schulen in die Stichprobe einbezogen werden, ohne die Kosten allzu sehr in die Höhe zu treiben. „*Offene Fragen*“ (Kromrey 1998, S. 351f.), bei denen die Probanden die Antworten selbst formulieren müssen, wurden vermieden,

weil deren Beantwortung mehr Zeit erfordert und weil Jugendliche zu befragen waren, die hinsichtlich ihrer Ausdrucksfähigkeit sehr inhomogen sind. Infolge dessen hätte die Verwendung „*offener Fragen*“ dazu führen können, dass ein Teil der Fragebögen wegen unverständlicher oder nicht eindeutiger Antworten nicht oder nur teilweise auszuwerten gewesen wäre.

Im Einzelnen sind folgende Fragestellungen relevant:

- Wie gut sind Jugendliche über Umweltprobleme informiert?  
Was wissen die Schüler über die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen dem Verbrauch fossiler Energieträger und der globalen Klimaänderung?  
Sind die diesbezüglichen Grundkenntnisse erkennbar schulartabhängig?
- Welcher Prozentsatz der Jugendlichen erwirbt so früh wie möglich Führerscheine?  
Bestehen diesbezüglich geschlechtsspezifische Unterschiede?  
Gibt es diesbezüglich Unterschiede bei den Schülern verschiedener Schularten?
- Wie wichtig ist für Jugendliche das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?  
Ist das eigene Fahrzeug für beide Geschlechter gleich wichtig?  
Gibt es schulartspezifische Unterschiede?
- Welche Bedeutung hat Umweltschutz für Jugendliche?  
Gibt es geschlechts- und eventuell auch schulartspezifische Unterschiede?

Eine differenzierte Auswertung erfordert darüber hinaus soziodemographische Angaben der Probanden wie Geschlecht, Alter und Schulart.

### **3.2.3.2 Kundenbefragung an Tankstellen**

Um ein repräsentatives Untersuchungsergebnis zu erhalten, mussten die Fahrer und Fahrerinnen sämtlicher Dieselpersonenwagen, die die Tankstellen im Befragungszeitraum frequentierten, erfasst werden, was nur durch Interviews während des Betankungsvorgangs zu erreichen war. Als Grundlage für die Kundenbefragung dienten Fragebögen, die während des Gesprächs vom Interviewer ausgefüllt wurden und für deren Gestaltung ähnliche Überlegungen wie bei den Schülerfragebögen maßgeblich waren. Zudem erlaubte die überwiegende Mehrzahl der Tankstellenbetreiber eine Kundenbefragung nur unter der Prämisse, dass der Betankungsbetrieb nicht behindert wird.

Aus den oben genannten Gründen wurden auch hier „*geschlossene Fragen*“ gewählt. – Tatsächlich endete in der Praxis bei vielen Kunden mit dem Betanken auch die Kooperationsbereitschaft, d. h. sobald der Tank voll war, hatten sie keine Zeit mehr.

Die Kundenbefragung soll folgende Fragestellungen beantworten:

- Welcher Anteil der Fahrer und Fahrerinnen von Dieselfahrzeugen kauft Biodiesel? (Verhältnis Biodieselskäufer / Dieselölkunden)
- Welcher Prozentsatz der Dieselskunden würde Biodiesel tanken, wenn sie sicher wüssten, dass ihr Motor keinen Schaden nimmt? Gibt es geschlechtsspezifische Unterschiede?
- Sind Biodieselfahrer und -fahrerinnen über Umweltprobleme besser informiert als diejenigen, die mineralisches Dieselöl tanken?
- Welcher Anteil der Biodieselfahrer und -fahrerinnen trifft mit seiner Wahl eine bewusste ökologische Entscheidung im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung?  
Für welchen Prozentsatz stehen wirtschaftliche Aspekte im Vordergrund?
- Wie setzen sich Biodieselskunden in Bezug auf Geschlecht, Alter und Bildungsabschluss zusammen?  
Unterscheiden sie sich diesbezüglich von denen, die mit herkömmlichem Dieseltreibstoff fahren?
- Gibt es unter den Fahrern bestimmter Automarken bzw. Modelle besonders viele Biodieselskäufer/innen?  
Spielt das Alter der Fahrzeuge eine Rolle?

Auch hier erfordert eine differenzierte Auswertung zusätzlich soziodemographische Angaben der Probanden wie Geschlecht, Alter und Bildungsabschluss.

### **3.2.3.3 Abschlussbefragung der Projektteilnehmer**

Wegen der besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurden hier, ebenso wie bei der breit angelegten Schülerbefragung, „*geschlossene Fragen*“ gewählt. Auf diese Weise waren die Fragebögen mit geringem Zeitaufwand auszufüllen, und die Datenerhebung konnte auch bei diesen persönlich bekannten Schülern anonym erfolgen. Opportunistische Erwägungen dürften deshalb die Auswahl der anzukreuzenden Antworten und damit das Umfrageergebnis kaum beeinflusst haben.

Hier enthält der Fragebogen im wesentlichen die folgenden Fragestellungen:

- Wie gut sind die Schülerinnen und Schüler der beiden elften Klassen des Wirtschaftsgymnasiums, die an der breit angelegten Schülerbefragung nicht beteiligt waren, nach dem Projekt über Umweltprobleme informiert?  
Kennen sie die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen dem Verbrauch fossiler Energieträger und der globalen Klimaänderung?
- Welcher Prozentsatz dieser Schülerinnen und Schüler erwirbt so früh wie möglich Führerscheine?  
Bestehen diesbezüglich geschlechtsspezifische Unterschiede?
- Wie wichtig ist für diese Schülerinnen und Schüler das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?  
Ist das eigene Fahrzeug für beide Geschlechter gleich wichtig?
- Welche Bedeutung hat der Umweltschutz für diese Schülerinnen und Schüler?

Zusätzlich wurden auch diese Schülerinnen und Schüler um die Angabe von Alter und Geschlecht gebeten.

### 3.2.4 Überlegungen zur Auswertung der Fragebögen

Die Schülerfragebögen wurden nach Schularten getrennt ausgewertet, um eine Aussage darüber machen zu können, inwieweit Umweltwissen erkennbar schulartabhängig ist.

- Dazu wurden die Berufskollegiaten und Berufsschüler zusammengefasst. Letztere sind Auszubildende zu Energieelektronikern; alle benötigen die Mittlere Reife als Zugangsvoraussetzung.
- Ebenso wurde mit den Hauptschülern und Berufsfachschülern verfahren. Erstere stehen unmittelbar vor ihrem Schulabschluss, und zur Anmeldung in einer Berufsfachschule ist der Hauptschulabschluss erforderlich. Die schulischen Voraussetzungen sind also in beiden Fällen vergleichbar.
- Die Schüler der berufsbildenden Gymnasien sind zum größten Teil älter als diejenigen vergleichbarer Klassen an allgemeinbildenden Gymnasien. Deshalb erfolgte hier eine separate Auswertung.

## 3.3 Umweltbewusstsein und ökologisches Handeln

### 3.3.1 Definition

Seit Beginn der achtziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts werden in Deutschland in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen, u. a. in Psychologie und Pädagogik, Untersuchungen zum Umweltbewusstsein vorgenommen. Dabei unterscheidet man in der wissenschaftlichen Diskussion insbesondere Umweltwissen, Umwelteinstellungen und Umweltverhalten als Komponenten von Umweltbewusstsein.

Umweltwissen meint die Kenntnisse eines Menschen in Bezug auf Umweltprobleme. Den Umwelteinstellungen werden z. B. Handlungsabsichten, Handlungsbereitschaften, Umweltängste, Umweltwertvorstellungen u. a. zugeordnet. Als Umweltverhalten gilt das Verhalten eines Menschen dann, wenn er im Alltag tatsächlich umweltfreundlich handelt.

Für alles, was bis dahin als Umwelterziehung, ökologisches Lernen, Öko- oder Umweltpädagogik bezeichnet wurde, führte Gerhard de Haan 1993 den übergeordneten Begriff „Umweltbildung“ ein. Die Bezeichnungen Umwelthandeln, umweltfreundliches Verhalten, Umweltverhalten und ökologisches Handeln werden auch in der neueren umweltpädagogischen Literatur gleichbedeutend verwendet. Nach de Haan (1998) ist damit ein Verhalten gemeint, das in allen Handlungsbereichen umweltgerecht ausfällt, wobei es in den verschiedenen Gesellschaftsschichten unterschiedliche Auffassungen darüber gibt, was z. B. in Bezug auf die Mobilität, in der Freizeit oder beim Konsum als umweltgerechtes Verhalten gilt. Richtiges ökologisches Handeln ist deshalb schwer zu definieren.

### 3.3.2 Kennzeichnung ökologischen Handelns

Nach de Haan verbindet man heute mit dem Begriff „Ökologisches Handeln“ eine positive Zielvorstellung (vgl. oben). Nachfolgend werden nach de Haan und Kuckartz (1994), Fransson und Gärling (1999) sowie Milbach (1998) verschiedene Bereiche ökologischen Handelns aufgelistet:

- **Abfallverhalten:** Mülltrennung, Recycling
- **Energieverhalten:** Einsparen von Heizenergie
- **Gesellschaftlich-politisches Verhalten:** Wahlverhalten, Forderung nach gesetzlichen Reglementierungen, Engagement in Bürgerinitiativen

- **Konsumverhalten:** Verzicht auf aufwendige Verpackungen und Einwegflaschen
- **Naturschutzverhalten:** Aktivitäten im Natur- und Artenschutz, Mitgliedschaft in Naturschutzgruppen
- **Verkehrsverhalten:**
  - a) Freizeitverhalten: Verzicht auf Fernreisen, naturbelastende Hobbies, z. B. Skifahren usw.
  - b) Mobilitätsverhalten: Verzicht auf Individualverkehr, stattdessen Nutzung des öffentlichen Personennahverkehrs

Beim Abfallverhalten ist das Sortieren von Müll und dessen getrennte Entsorgung zunehmend zur sozialen Norm geworden (de Haan und Kuckartz 1994). Insofern lassen diesbezügliche Fragen bei empirischen Untersuchungen das Verhalten der Befragten umweltfreundlicher erscheinen als es tatsächlich ist.

Angeregt durch Berichte über die zahlreichen Umweltprobleme in allen Teilen der Welt, die fast jeden Tag in den Medien erscheinen, wollen viele Menschen etwas für die Umwelt tun, d. h., sie möchten mit umweltfreundlichem Handeln an der Bewältigung der Umweltprobleme mitarbeiten. Dazu fühlen sie sich moralisch verpflichtet. Umweltbewusstsein ist demnach ausgeprägt. Und weil an Empfehlungen für ökologisches Handeln, die von Ministerien, Ämtern, Verbraucher- und Umweltschutzverbänden herausgegeben werden, kein Mangel besteht, wird die eine oder andere und eventuell auch mehrere übernommen und vielleicht auch mehr oder weniger regelmäßig praktiziert. In diesem Zusammenhang deuten erste Befunde darauf hin, dass Umweltwissen am ehesten dann in Umwelthandeln umgesetzt wird, wenn „*keine einschneidenden Verhaltensänderungen*“ erforderlich sind, wie z. B. beim getrennten Sammeln und Entsorgen des Hausmülls. Dieser Beitrag zum Umweltschutz zieht keine „*größeren Unbequemlichkeiten*“ und keinen sonstigen zusätzlichen Aufwand nach sich. Solche Handlungsweisen werden als Low-cost-Verhalten bezeichnet (Diekmann und Preisendörfer 1992). Im Gegensatz dazu erfordern High-cost-Handlungen nicht in erster Linie höheren finanziellen Aufwand, sondern vor allem erweitertes Engagement. Diese Schwierigkeiten scheuen nach Diekmann und Preisendörfer (1992) fast ausschließlich diejenigen nicht, die sich in sämtlichen Handlungsbereichen umweltfreundlich verhalten.

Vielfach beschränkt sich daher ökologisches Handeln auf einzelne Bereiche des Umwelthandelns. Wenn z. B. auf die Anschaffung eines eigenen Kraftfahrzeugs verzichtet und stattdessen der öffentliche Personennahverkehr regelmäßig genutzt wird, vermindert die Kraftstoffeinsparung den CO<sub>2</sub>-Ausstoß in die Atmosphäre, was dem Klimaschutz unmittelbar zugute kommt.

Wird dann jedoch das eingesparte Geld zum Kauf von Erzeugnissen ausgegeben, die unter besonders hohem Energieeinsatz produziert und / oder bei erheblichem Energieverbrauch über besonders große Entfernungen herans transportiert werden müssen, so kann der Umweltvorteil dadurch wieder zunichte gemacht werden. Bevorzugt man stattdessen langlebige und reparaturfreundliche Produkte sowie Erzeugnisse aus der Region, dann verringert sich die ökologische Belastung. Jeder Mensch ist zudem in soziale Strukturen eingebunden. Gesellschaftliche Zwänge, die sich daraus ergeben können und denen man sich oft nur schwer entziehen kann, engen den Handlungsspielraum zusätzlich ein.

Individuelles Umweltverhalten kann demnach nur mit Hilfe einer ökologischen Gesamtbilanz, die sämtliche Handlungsbereiche einbezieht, beurteilt werden. Dazu müssten absolute Verbrauchsgrößen einer Person wie z. B. der gesamte Energieverbrauch pro Jahr erfasst werden, was messtechnisch sehr schwierig ist. Jedenfalls muss sich umweltfreundliches Handeln auf alle Handlungsbereiche erstrecken.

### 3.3.3 Ökologisches Handeln und Klimaschutz

In der oben ausgeführten Auflistung verschiedener Bereiche ökologischen Handelns (vgl. 3.3.2) kann das Konsum- und Verkehrsverhalten, zumindest zu einem großen Teil dem Energieverhalten zugeordnet werden, denn die Herstellung von aufwendigen Verpackungen und Einwegflaschen bedeutet erhöhten Energieverbrauch. Im Vergleich dazu erfordert die Produktion einfacher Verpackungen und die von Mehrwegflaschen geringeren Energieeinsatz. Entsprechende Aussagen gelten für Fernreisen, insbesondere mit dem Flugzeug, und für den Individualverkehr: Der Verzicht ist gleichbedeutend mit Energieeinsparung.

Die genannten exemplarischen Beispiele verdeutlichen, dass nicht nur der sparsame Umgang mit Heizenergie, sondern auch umweltfreundliches Verhalten in anderen Bereichen ökologischen Handelns letzten Endes Energieeinsparung zur Folge hat und deshalb, wegen der daraus resultierenden geringeren CO<sub>2</sub>-Emissionen, einen Beitrag zum globalen Klimaschutz darstellt.

### 3.3.4 Förderung ökologischen Handelns

#### 3.3.4.1 „Träges Wissen“ und ökologisches Handeln

Zur Bewältigung der dringendsten Umweltprobleme, insbesondere jedoch der drohenden globalen Klimaänderung mit ihren einschneidenden Konsequenzen, wird immer nachdrücklicher ökologisches Handeln gefordert, denn das alltägliche Handeln der Menschen entspricht dieser Zielvorstellung nicht in ausreichendem Umfang. Deshalb beschäftigen sich in den letzten Jahren verschiedene Arbeitsgebiete der umweltpädagogisch orientierten Forschung vorrangig mit den Fragestellungen, welche Faktoren ökologisches Handeln beeinflussen und wie umweltfreundliches Handeln gefördert werden kann.

Bilharz zeigt in seiner Studie: *„Können Naturerfahrungen Einfluss auf ökologisches Handeln haben? – Sechs Thesen zu (nicht) möglichen Transfereffekten von Naturerfahrungen“* (Regensburg, 1996), unter anderem, *„dass Naturerfahrungen nicht geeignet sind, die drängendsten Umweltprobleme wahrzunehmen oder zu erfassen“* und *„dass sie keinen bedeutenden Einfluss auf ökologisches Handeln besitzen“*. – Abweichend davon ergaben detaillierte Untersuchungen bei Schülern, dass bei Mitgliedern spezifischer Zielgruppen, z. B. diverser Naturschutzgruppen, die Vermittlung von Naturerfahrung verbessertes Umweltbewusstsein und vermehrtes Umwelthandeln bewirken kann (Lude 2001).

Andere Forscher sehen die Ursache dafür, dass im Alltag häufig eine „Kluft“ zwischen Umweltwissen und ökologischem Handeln zu beobachten ist, im Erwerb sogenannten „trägen Wissens“. Der Großteil schulischen Wissens ist ein Ansammeln „trägen Wissens“ ohne Transfereffekt (Prenzel 1992). Wissensvermittlung in wenig anwendungsbezogener, abstrakter und systematisierter Form (Renkl 1996) trägt dazu bei, dass träges Wissen erzeugt wird (Renkl et al. 1996). Die Lernenden haben nicht gelernt, ihr theoretisches Wissen für die Lösung komplexer, realitätsnaher Probleme zu nutzen. Deshalb gelingt die Wissensanwendung nur unvollständig oder überhaupt nicht. Das erworbene Umweltwissen kann demzufolge nicht in effektives ökologisches Handeln umgesetzt werden. Damit kommt es zu einer „Kluft zwischen Wissen und Handeln“ (Mandl 1997).

Eine Erklärung für die Befunde, dass zwischen Wissen und Handeln häufig eine Kluft besteht und dass es *„zwischen Umweltwissen und Umwelthandeln bestenfalls moderate Zusammenhänge“* (Gräsel 1998) gibt, sieht auch Gräsel in der Qualität des Wissens. Träges Wissen kann kaum dazu beitragen, die Lernenden zu überlegtem und sachlich begründetem umweltschonendem Handeln anzuregen und zu befähigen.

Im internationalen Vergleich fielen bei deutschen Schülern vor allem Defizite im Verständnis des Gelernten auf, und Wissen, das nicht verstanden wurde, kann nicht angewendet werden. Im Gegensatz zu japanischen Schulen, wo insbesondere der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht erkennbar auf die Vermittlung der Fähigkeit zum Lösen von Problemen ausgerichtet ist, steht in Deutschland häufig der Wissenserwerb, d. h. die schnelle Bewältigung großer Stoffmengen ohne weitere Vertiefung, im Vordergrund (Baumert et al. 1997). Fehlendes Verständnis des Lehrstoffs, möglicherweise als Folge zu oberflächlicher Behandlung im Fachunterricht verschiedener Schulfächer, behindert anscheinend Transferleistungen: Erworbenes Umweltwissen kann in seiner Gesamtheit nicht aktiviert werden, wenn sachlich begründete Entscheidungen für ökologisches Handeln zu treffen sind.

### 3.3.4.2 Anwendbares Umweltwissen für ökologisches Handeln

Nachdem wegen der festgestellten Kluft zwischen Wissen und Handeln vorübergehend Zweifel aufkamen, ob dem Wissen und der Wissensvermittlung als Bedingung für ökologisches Handeln tatsächlich Priorität zukommt, ist inzwischen unumstritten, dass Umweltwissen für ökologisches Handeln unabdingbar ist, obwohl Sachkenntnis nicht in jedem Falle zu umweltfreundlicherem Handeln führt. *„Umweltrelevantes Wissen hängt . . . nicht unmittelbar mit ökologischem Handeln zusammen“* (Schahn und Holzer 1990). *„Trotzdem sollte nicht vergessen werden, dass Wissen als notwendige Bedingung ökologischen Handelns, mehr als wir oftmals empirisch festzustellen in der Lage sind, unser Handeln bestimmt. Allen Einschränkungen zum Trotz kommt deshalb auch künftig der Wissensvermittlung im Rahmen von Umwelterziehung und -mediation höchste Priorität zu“* (Kaiser und Fuhrer 2000).

Eine zentrale Aufgabe zeitgemäßer Umweltbildung muss demnach die Vermittlung von Umweltwissen sein, das einen soliden Hintergrund für ökologisches Handeln bildet. Und *„Umweltwissen meint üblicherweise Wissen um die vorhandenen ökologischen Zusammenhänge“* (Schahn 1996, zit. nach Kaiser und Fuhrer 2000).

Demgegenüber kann die Betrachtung der Lerninhalte aus multiplen Perspektiven und in unterschiedlichen Kontexten bei Schülern das Entstehen trägen Wissens eindämmen und die Möglichkeit zum Transfer des Gelernten in außerschulische Situationen erhöhen (Gruber et al. 2000). Weiterhin scheint ein häufigerer Wechsel der Sozialformen des Lernens, also beispielsweise häufigere Gruppen- oder Partnerarbeit im Unterricht, Lernprozesse zu initiieren und Verarbeitungs- bzw. Konstruktionsprozesse zu unterstützen.

Auch moderne Informations- und Kommunikationstechnologien können für das Lernen in den Schulen erfolgversprechend genutzt werden. Wenn einzelne Schulklassen oder ganze Schulen Internetzugang erhalten, dann können die Schüler auf umfangreiches Informationsmaterial der unterschiedlichsten Wissensgebiete über Ländergrenzen hinweg zurückgreifen. Die Schüler können in Gruppen Projekte bearbeiten, unterschiedliche Fragen zum Thema artikulieren und die Fragestellungen unter verschiedenen Aspekten diskutieren.

Durch die Betrachtung des Unterrichtsgegenstandes aus unterschiedlichen Perspektiven kann das Verständnis gefördert und vertieft werden (CSILE – Computer-Supported Intentional Learning Environment: Scardamalia, Bereiter 1994; Scardamalia, Bereiter, Lamon 1994). So erwerben die Schüler die Fähigkeit zum Transfer ihres Wissens; der Erwerb „trägen Wissens“ wird gleichzeitig weitgehend vermieden.

Lernen muss Wissenserwerb und Handlungskompetenz verknüpfen. Dazu gilt es, *„eine Balance zwischen notwendigen Konstruktionsprozessen auf Lernerseite und wohlorganisierten Instruktionsprozessen zu finden“* (Reinmann-Rothmeier und Mandl 1997). *„Dabei sind für unterschiedliche Kompetenzaspekte unterschiedliche Unterrichtsformen zu bevorzugen; für den Erwerb inhaltlichen Wissens erweisen sich Formen der direkten Instruktion als geeignet, für den Erwerb von Anwendungswissen Formen des situierten Lernens“* (Gruber et al. 2000).

## **3.4 Alternative Treibstoffe für moderne Verbrennungsmotoren**

### **3.4.1 Umweltfreundliche Treibstoffe für Dieselmotoren**

#### **3.4.1.1 Biodiesel**

Die Ausgangsstoffe für die Biodieselproduktion sind Pflanzenöl, in Europa meistens Rapsöl, und Methanol. Weil das verwendete Methanol zum größten Teil aus Erdgas hergestellt wird und damit fossilen Ursprungs ist, trägt das in den Abgasen mit Biodiesel betriebener Kraftfahrzeuge enthaltene CO<sub>2</sub> in geringem Umfang zur Verstärkung des anthropogenen Treibhauseffekts bei. Der Kohlenstoffkreislauf kann jedoch durch den Einsatz von Bio-Ethanol anstelle von Methanol vollständig geschlossen werden.

Verschiedene Fahrzeugmodelle mit modernen Dieselmotoren sind bereits vom Herstellerwerk für den Betrieb mit Biodiesel freigegeben. In anderen Fällen können Neufahrzeuge auf Bestellung im Werk mit gegen Biodiesel beständigen Kraftstoffschläuchen und -dichtungen ausgestattet werden. Mit geringem Aufwand lassen sich auch viele ältere Dieselfahrzeuge nachträglich durch den Austausch der Treibstoffschläuche und -dichtungen biodieseltauglich machen. In jedem Falle können alle diese Fahrzeuge ohne weitere technische Änderungen sowohl mit Biodiesel als auch mit mineralischem Dieselöl betrieben werden, wobei das Mischen beider Treibstoffe in jedem Verhältnis möglich und zulässig ist. Weil die Energiedichte von Biodiesel etwas geringer als die von mineralischem Dieselöl ist, ergibt sich beim Fahren ein Mehrverbrauch von ungefähr 5%.

#### **3.4.1.2 Pflanzenöl**

Rudolf Diesel speiste seine Erfindung mit Pflanzenöl. Danach wurden die Dieselmotoren für den Betrieb mit mineralischem Dieselöl zunehmend optimiert. Inzwischen gibt es zahlreiche Bauarten von Dieselmotoren, die man in zwei Kategorien unterteilen kann: Vorkammermotoren, bei denen der Treibstoff in einen Nebenraum des Zylinders eingespritzt wird, und Dieselmotoren mit Direkteinspritzung, bei denen der Kraftstoff während des Arbeitstakts direkt in den Zylinder gelangt. Zudem kommen unterschiedliche Einspritzsysteme von diversen Einspritzpumpenherstellern in den verschiedenen Dieselfahrzeugen zum Einsatz.

Pflanzenöle und mineralisches Dieselöl unterscheiden sich in ihrem Fließ- sowie in ihrem Zündverhalten und damit in zwei für einen störungsfreien Motorenbetrieb wesentlichen Eigenschaften beträchtlich:

- Pflanzenöle sind bei Zimmertemperatur dickflüssiger (viskoser) als Dieselöl;
- auch ihre Zündwilligkeit ist geringer, denn ihr Flammpunkt liegt höher als bei mineralischem Dieseldieselkraftstoff.

Pflanzenöle enthalten außerdem Schweb- und Trübstoffe, die Kraftstofffilter verstopfen, Ablagerungen an den Einspritzdüsen bilden und Verbrennungsrückstände in den Zylindern von Seriidieselmotoren verursachen können. Durch Vorwärmen und mehrfaches Filtern von Pflanzenölen lassen sich jedoch deren Eigenschaften denen des mineralischen Dieselöls annähern:

- Beim Erwärmen werden Pflanzenöle dünnflüssiger,
- gleichzeitig steigt ihre Zündwilligkeit.

Ein störungsfreier Motorenbetrieb ist nur bei ausreichender Reinheit des verwendeten Pflanzenöls gewährleistet, wobei unbedeutend ist, welche der vielen bekannten Ölpflanzenarten den Treibstoff liefert. In Mitteleuropa werden wegen der günstigen Herstellungskosten hauptsächlich Raps- und eventuell noch Sonnenblumenöl als Treibstoffe für entsprechend umgerüstete Dieselmotoren verwendet. Für die Qualität des Treibstoffs ist das Herstellungsverfahren in der Ölmühle entscheidend: Vor allem muss ausreichende Filterung eine weitgehende Freiheit des Rapsöls von Schwebstoffen sicherstellen. Eine DIN für Rapsöl als Motorentreibstoff existiert noch nicht. Seit dem Jahr 2000 gibt es jedoch den in Zusammenarbeit mit der Universität Hohenheim an der Fachhochschule Weihenstephan erarbeiteten Qualitätsstandard für Rapsöl als Kraftstoff 05/2000, der für Rapsöl charakteristische und variable Eigenschaften auflistet.

Werden moderne Serienfahrzeuge ohne professionelle Umrüstung mit Pflanzenöl oder mit Gemischen aus Pflanzenöl und mineralischem Dieseltreibstoff gefahren, dann sind nach einer Untersuchung an der Universität Hohenheim aus dem Jahr 2003 Betriebsstörungen und Motorschäden nahezu unvermeidbar.

### **Ein- oder Zweitankumrüstung**

Obwohl grundsätzlich jeder Dieselmotor mit Pflanzenöl gespeist werden kann, hängt die Eignung eines Motors für den Betrieb mit Pflanzenöl entscheidend von dem Einspritzpumpentyp ab, mit dem das Dieselfahrzeug

vom Hersteller ausgestattet wurde. Nicht alle Einspritzpumpentypen arbeiten mit Pflanzenöl gleich gut. Dennoch sind fast alle Diesel-Pkw umrüstbar. Nach den Angaben der Firma ELSBETT, die diese Umrüsttechnik entwickelt und anbietet, ist die im Fahrzeug eingebaute Einspritzpumpe u. a. dafür maßgebend, ob sich die Ein- oder Zweitankumrüstung empfiehlt oder ob eventuell auch beide Umrüstvarianten in Betracht kommen.

Bei der **Eintankumrüstung** wird der Motor weiterhin aus einem Tank gespeist. Diese Umrüstvariante erfordert jedoch Modifikationen an den Einspritzdüsen, Düsenhaltern und Glühkerzen sowie eventuell auch an der Steuermechanik bzw. an der Steuerelektronik. Nach der Umrüstung kann das Fahrzeug im Sommer mit reinem Pflanzenöl und im Winter mit Gemischen aus Pflanzenöl und Dieseltreibstoff gefahren werden.

Bei der **Zweitankumrüstung** wird der vorhandene Haupttank mit reinem Pflanzenöl betankt. Nachträglich einzubauen ist hier ein kleinerer Zusatztank für mineralisches Dieselöl. Bei dieser Umrüstvariante wird der Motor mit herkömmlichem Dieseltreibstoff gestartet und warm gefahren; danach erfolgt die Umschaltung auf Pflanzenölbetrieb. Soll das Fahrzeug längere Zeit geparkt werden, so dass sich der Motor abkühlt, ist zuvor eine Spülung mit Dieselöl notwendig, d. h. das letzte Stück der Wegstrecke muss mit mineralischem Treibstoff zurückgelegt werden.

Beide Umrüstvarianten erfordern den Einbau zusätzlicher Kraftstofffilter zur Reinigung des Pflanzenöls sowie die Nachrüstung von Wärmetauschern zu dessen Vorwärmung, denn, wie schon oben erwähnt, vermindert sich beim Erwärmen die Viskosität des Pflanzenöls, und gleichzeitig verbessert sich seine Zündwilligkeit.

### 3.4.1.3 SunFuel

Dieser synthetische Kraftstoff für Dieselmotoren wird aus Biomasse hergestellt, wobei sämtliche Teile der Pflanzen Verwendung finden. Der Kohlenstoffkreislauf ist geschlossen, d. h. der Treibhauseffekt wird nicht verstärkt.

## 3.4.2 Regenerative Treibstoffe für Ottomotoren

### 3.4.2.1 Bio-Ethanol

Dieser Alkohol entsteht durch Vergärung zucker- oder auch stärkehaltiger Pflanzenteile und kann als Treibstoff für entsprechend umgerüstete Ottomotoren verwendet werden. Der Fahrzeugbetrieb mit Bio-Alkohol ist nachhaltig, denn die bei seiner Verbrennung freigesetzte CO<sub>2</sub>-Masse wurde während der Wachstumsphase von den Pflanzen aus der Atmosphäre aufgenommen.

Verglichen mit Benzin ist die Energiedichte von Alkohol ungefähr um 30% geringer; damit verkürzt sich die Reichweite des Fahrzeugs bei unveränderter Tankgröße entsprechend.

### **3.4.2.2 Biogas**

Bei der Zersetzung von Biomasse produzieren Mikroorganismen Biogas, das vor allem Methan ( $\text{CH}_4$ ) enthält. Ebenso wie Erdgas kann Biogas als Treibstoff für entsprechend modifizierte Ottomotoren dienen. Bei der Verbrennung entstehen Kohlenstoffdioxid und Wasser. Der Kohlenstoffkreislauf ist auch hier geschlossen, denn während ihres Wachstums haben die Pflanzen ebenso viel  $\text{CO}_2$  aus der Atmosphäre assimiliert wie bei der Verbrennung des Biogases ausgestoßen wird.

### 3.4.3 Wasserstoff als erneuerbarer kohlenstofffreier Treibstoff für ...

#### **3.4.3.1 Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren**

Während Elektrofahrzeuge mit Brennstoffzellen z. Z. noch nicht angeboten werden, kann Wasserstoff zum Betrieb entsprechend modifizierter Ottomotoren anstelle von Benzin eingesetzt werden. Im Motor wird der Wasserstoff mit Sauerstoff aus der Luft zu Wasser oxidiert. Für nachhaltiges Fahren muss die Herstellung des Wasserstoffs mit Hilfe regenerativer Energiequellen erfolgen.

#### **3.4.3.2 Kraftfahrzeuge mit Elektromotoren und Brennstoffzelle**

Fahrzeuge mit Elektroantrieb, die mit Wasserstoff betrieben werden und in Gestalt von Brennstoffzellen ihr eigenes Kraftwerk an Bord haben, gibt es zwar schon, die Entwicklung zur Serienreife ist jedoch noch nicht abgeschlossen. Bei diesem neu entwickelten Antriebskonzept wird in Brennstoffzellen Wasserstoff mit Sauerstoff aus der Luft zu Wasser oxidiert. Die dabei erzeugte elektrische Energie speist Elektromotoren, die das Fahrzeug antreiben.

Da Wasserstoff auf der Erde fast ausschließlich in Gestalt unterschiedlicher Verbindungen vorkommt, bringt diese neue Technologie für die Umwelt naturgemäß nur dann maximale Vorteile, wenn der als Treibstoff benötigte Wasserstoff nachhaltig, d. h. ohne Verwendung fossiler Energieträger, hergestellt wird. Wasserstoff kann am einfachsten durch Elektrolyse von Was-

ser produziert werden, d. h. durch Zerlegung von Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff mit Hilfe elektrischer Energie. Diese Elektrizität müsste dann z. B. aus Wasserkraftwerken, Photovoltaik- und Windenergieanlagen kommen.

### 3.4.4 Fossile Treibstoffe für verminderten CO<sub>2</sub>-Ausstoß

#### 3.4.4.1 Erdgas und Autogas

**Erdgas** besteht zum allergrößten Teil aus Methan (CH<sub>4</sub>), bei dessen Verbrennung CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O entstehen. Es eignet sich als Treibstoff für entsprechend umgerüstete Ottomotoren. Obwohl das bei der Verbrennung fossiler Energieträger entstehende CO<sub>2</sub> zur Verstärkung des Treibhauseffekts beiträgt, bedeutet die Verwendung von Erdgas anstelle von Benzin bereits einen Beitrag zum Klimaschutz. Nach Angabe der Volkswagen AG stoßen Erdgasautos, auf die zurückgelegte Strecke bezogen, ungefähr 20% weniger CO<sub>2</sub> aus als Benzinfahrzeuge, denn Methan enthält im Vergleich mit Benzin, das aus längerkettigen Kohlenwasserstoffen besteht, einen höheren Anteil an Wasserstoff und gleichzeitig weniger Kohlenstoff.

**Autogas** ist ein Gemisch aus Propan und Butan. Auch dieses Gasgemisch enthält kurzkettigere Kohlenwasserstoffe als Benzin. Beide Gase fallen bei der Erdölgewinnung und -verarbeitung an.

#### 3.4.4.2 SynFuel

Ebenso wie SunFuel ist SynFuel ein synthetisch produzierter Treibstoff für Dieselmotoren. Beide Kraftstoffe sind frei von Schwefel- und Stickstoffverbindungen sowie von aromatischen Kohlenwasserstoffen. Das bei der Verbrennung von SynFuel freigesetzte Kohlenstoffdioxid trägt jedoch zur Verstärkung des Treibhauseffekts bei, denn SynFuel wird aus Erdgas, d. h. aus einem fossilen Energieträger, hergestellt (vgl. oben).

### 3.5 Vergleichbare Untersuchungen

Direkt vergleichbare Untersuchungen konnten nicht gefunden werden.

Interessant ist jedoch die Studie *Biodiesel Awareness and Attitudes by Transit System Managers* von Fleishman-Hillard Research, St. Louis, Missouri für National SoyDiesel Development Board aus dem Jahr 1994.

Darin wurden die Auswirkungen gezielter Information über Biodiesel auf den Bekanntheitsgrad, den Kenntnisstand sowie die Einstellungen und die Akzeptanz dieses alternativen Treibstoffs innerhalb einer speziellen Zielgruppe erforscht. Diese Zielgruppe setzte sich aus denjenigen Managern großer Fernreisebusunternehmen zusammen, bei denen die Entscheidungskompetenz in Bezug auf die verwendeten Treibstoffe lag und die für die Einhaltung von EPA Standards, d. h. von Vorgaben der U. S. Environmental Protection Agency zur Reduzierung von Schadstoffemissionen, verantwortlich waren.

Um zunächst Vergleichsdaten zu erheben, wurden 1993 aus einer Liste mit 372 Busunternehmen, von denen bekannt war, dass sie Dieselsebusse betreiben, 100 Verkehrsgesellschaften angerufen und jeweils der Manager aus der oben genannten Zielgruppe telefonisch interviewt. Durchschnittlich dauerten die Interviews fünf Minuten und wurden dann vom Fleishman-Hillard-Interviewer beendet.

Im Verlauf der folgenden 15 Monate wurden sämtliche Manager der aufgelisteten Busunternehmen, die der Zielgruppe angehörten, über Biodiesel informiert.

Die abschließenden Untersuchungsergebnisse der Studie vom September 1994 beziehen sich auf 100 weitere Telefoninterviews, d. h. auf eine gleich große Stichprobe wie 1993. Jeweils derjenige Manager aus jeder angerufenen Verkehrsgesellschaft, der für die Betriebskosten oder Einsätze der Dieselsebusflotte, jedenfalls aber für die Treibstoffauswahl verantwortlich war, wurde befragt. Mitarbeiter von Fleishman-Hillard Research führten diese Interviews in gleicher Weise durch wie im vorausgegangenen Jahr, wobei die Schlüsselfragen aus der Befragung von 1993 übernommen wurden, so dass Änderungen im Bekanntheitsgrad, in den Einstellungen und der Akzeptanz in Bezug auf Biodiesel gemessen werden konnten.

Die Studie kam u. a. zu folgenden Erkenntnissen:

- Bei den Managern hat in den 15 Monaten der Bekanntheitsgrad von Biodiesel wesentlich stärker zugenommen als der anderer alternativer Treibstoffe.
- Ohne besonderen Hinweis auf Biodiesel erwähnten 35% der Befragten diesen alternativen Treibstoff, im Vergleich dazu waren es im vorausgegangenen Jahr nur 10%.
- Auf Biodiesel angesprochen, erkannten 92% darin einen alternativen Treibstoff. Ein Jahr zuvor hatten nur 52% davon gehört.
- Noch wichtiger ist der Befund, dass 40% der Verkehrsmanager eine größere Bereitschaft zeigten, Biodiesel zu verwenden, als ein Jahr zuvor.
- Tatsächlich betrachteten 20% der Befragten Biodiesel als ihre wichtigste Option unter den alternativen Treibstoffen für Fernreisebusse.
- Insgesamt beabsichtigten 17% der Manager Biodiesel innerhalb der nächsten zwei Jahre als Treibstoff zu verwenden.

Die 15% der Befragten, die eine geringere Bereitschaft zur Verwendung von Biodiesel zeigten, nannten die höheren Kosten als Begründung.

In den Vereinigten Staaten von Amerika ist Biodiesel wegen der höheren Herstellungskosten teurer als mineralisches Dieselöl. In Deutschland wird eine sehr hohe Mineralölsteuer erhoben, während Biotreibstoffe bisher noch steuerfrei sind. Deshalb ist das Preisgefüge an deutschen Tankstellen umgekehrt: Biodiesel ist vorläufig noch billiger. Das ändert sich vermutlich mit der Besteuerung von Biodiesel ab August 2006 [Anmerkung d. Verf.].

Die meisten Manager waren mit der Information, die sie über Biodiesel erhalten hatten, zufrieden.

**Die Bemühungen, Biodiesel bei den Verkehrsmanagern als Zielgruppe bekannter zu machen, waren erfolgreich. Am höchsten war der Bekanntheitsgrad im Mittleren Westen der USA, wo mit dem größten Aufwand informiert wurde [Hervorhebung d. Verf.].**

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Ergebnisse der breit angelegten Schülerbefragung

<b>1. Was ist BIODIESEL?</b>	
1.1 - Ein neues Kraftfutter, mit dem Tiere besonders schnell wachsen.	<input type="checkbox"/>
1.2 - Ein alkoholfreies Bier, das schlank macht.	<input type="checkbox"/>
1.3 - Ein Motorentreibstoff aus Pflanzenöl.	<input checked="" type="checkbox"/>
1.4 - Ein Sauerteig zur Herstellung von Diätbrot.	<input type="checkbox"/>

Das Befragungsergebnis wird in Tabelle 3 zusammengefasst:

Schulart	Schülerzahl	Zahl der richtigen Antworten	Richtige Lösungen in Prozenten:
Gymnasien	834	820	<b>98,3%</b>
Berufsbildende Gymnasien	442	441	<b>99,8%</b>
Realschulen	485	476	<b>98,1%</b>
Berufskollegs + Berufsschulen	141	137	<b>97,2%</b>
Hauptschulen + Berufsfachschulen	286	272	<b>95,1%</b>
<b>Gesamtergebnis (Mittelwert)</b>	2188	2146	<b>98,1%</b>

Tab. 3: Befragungsergebnis zu Frage 1 der breit angelegten Schülerbefragung

Tabelle 3 weist aus, dass 98,1% der Befragten richtig geantwortet haben. Während die Schüler der berufsbildenden Gymnasien das beste Ergebnis erzielten, schnitten die Haupt- und Berufsfachschüler sowie die Berufskollegiaten geringfügig schlechter ab.

<b>2. Welche der aufgezählten Gase sind an der Bildung des „sauren Regens“ beteiligt?</b>	
2.1 - Stickstoffoxide NO <sub>x</sub>	<input checked="" type="checkbox"/>
2.2 - Kohlenstoffdioxid CO <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/>
2.3 - Kohlenstoffmonoxid CO	<input type="checkbox"/>
2.4 - Schwefeldioxid SO <sub>2</sub>	<input checked="" type="checkbox"/>
2.5 - Sauerstoff O <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/>
2.6 - Ozon O <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/>
2.7 - Stickstoff N <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/>
2.8 - Helium He	<input type="checkbox"/>

Die Auswertung erfolgt nach Schularten getrennt:

## Gymnasien

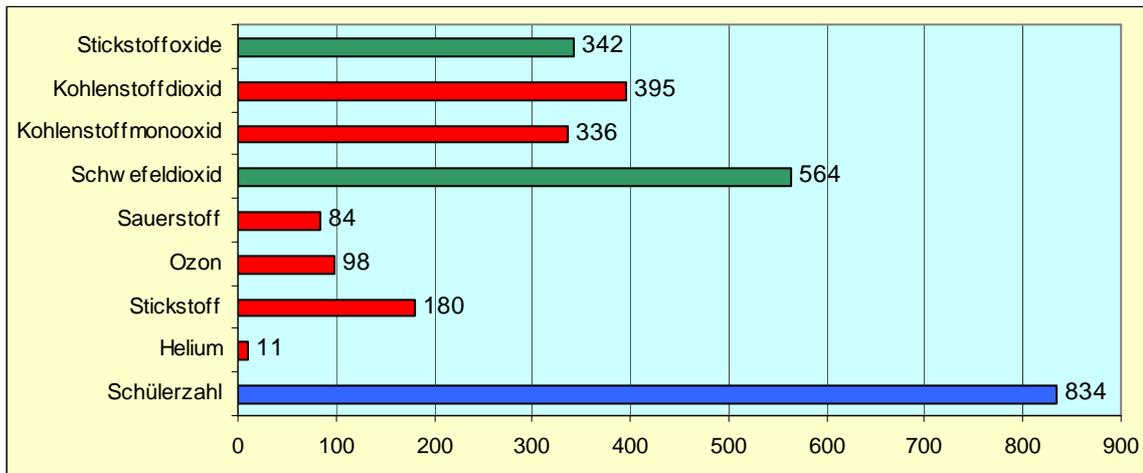


Abb. 2: Diagramm zu Frage 2 der Schülerbefragung in Gymnasien: Häufigkeit der markierten Gase (Bildung des „sauren Regens“)

Abbildung 2 zeigt, dass außer  $\text{SO}_2$  und  $\text{NO}_x$  die beiden Kohlenstoffoxide sehr häufig markiert wurden. Weil auf den einzelnen Fragebögen 0 bis 8 Gase angekreuzt wurden, ist zur Ermittlung der Anzahl der richtigen, teilweise richtigen und falschen Lösungen eine differenziertere Auswertung erforderlich (vgl. Tab. 4):

Zahl der markierten Gase	Anzahl der so ausgefüllten Fragebögen (insgesamt 834)	Richtige, teilweise richtige, falsche Lösungen	Wertung	Bemerkungen
0	16	16	falsch	--
1	189	113	teilweise richtig	sofern $\text{NO}_x$ oder $\text{SO}_2$ markiert ist
		76	falsch	sofern weder $\text{NO}_x$ noch $\text{SO}_2$ markiert ist
2	262	50	richtig	wenn $\text{NO}_x$ und $\text{SO}_2$ angekreuzt sind
		160	teilweise richtig	wenn $\text{NO}_x$ oder $\text{SO}_2$ und ein weiteres Gas markiert sind
		52	falsch	wenn weder $\text{NO}_x$ noch $\text{SO}_2$ angekreuzt ist
3	229	99	teilweise richtig	wenn $\text{NO}_x$ und $\text{SO}_2$ sowie ein weiteres Gas markiert sind
		130	falsch	wenn $\text{NO}_x$ oder $\text{SO}_2$ und zwei weitere Gase bzw. wenn weder $\text{NO}_x$ noch $\text{SO}_2$ markiert sind
4 - 8	138	138	falsch	Mit steigender Zahl der markierten Gase erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass $\text{NO}_x$ bzw. $\text{SO}_2$ zufällig angekreuzt werden.

Tab. 4: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) an Gymnasien

Tabelle 4 weist aus, dass auf den 834 Fragebögen die Frage 2

- von 50 Schülern vollständig richtig,
- 372 mal teilweise richtig und
- 412 mal falsch beantwortet wurde.

Abbildung 3 veranschaulicht dieses Befragungsergebnis:

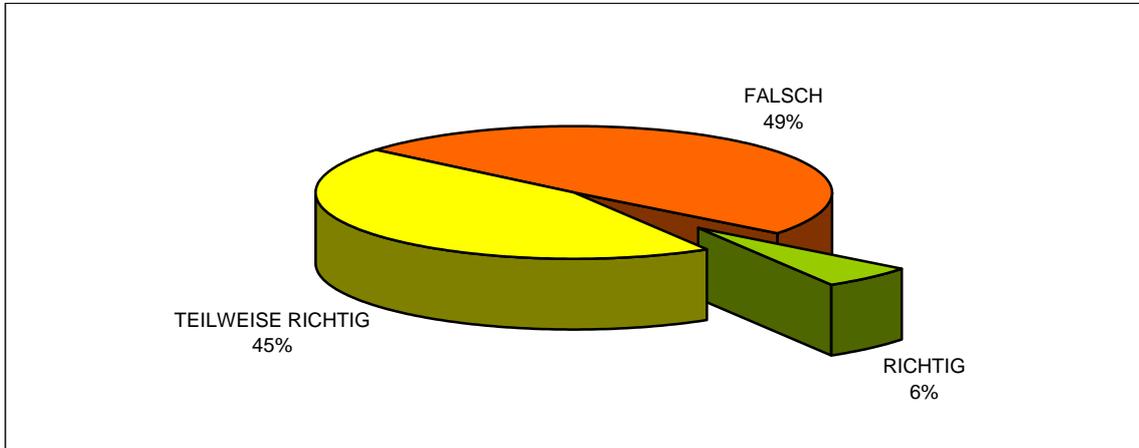


Abb. 3: Umfrageergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) in Gymnasien

## Berufsbildende Gymnasien

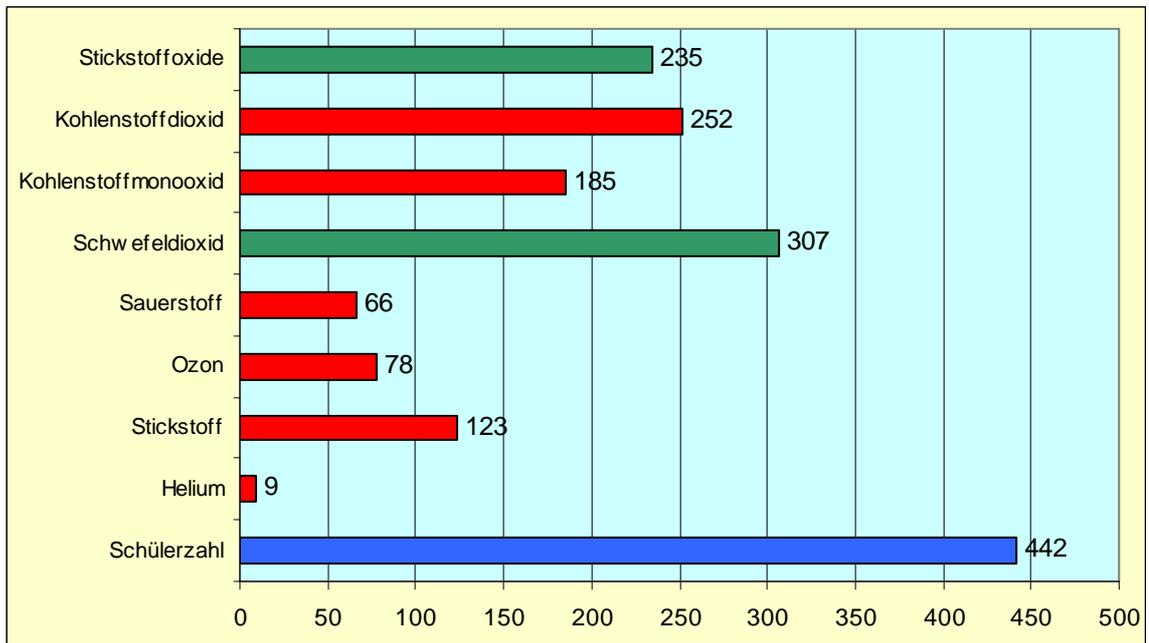


Abb. 4: Diagramm zu Frage 2 der Schülerbefragung in berufsbildenden Gymnasien: Häufigkeit der markierten Gase (Bildung des „sauren Regens“)

Abbildung 4 zeigt, dass außer  $\text{SO}_2$  und  $\text{NO}_x$  die beiden Kohlenstoffoxide sehr häufig markiert wurden. Weil auf den einzelnen Fragebögen 0 bis 8 Gase angekreuzt wurden, ist zur Ermittlung der Anzahl der richtigen, teilweise richtigen und falschen Lösungen eine differenziertere Auswertung erforderlich (vgl. Tab. 5):

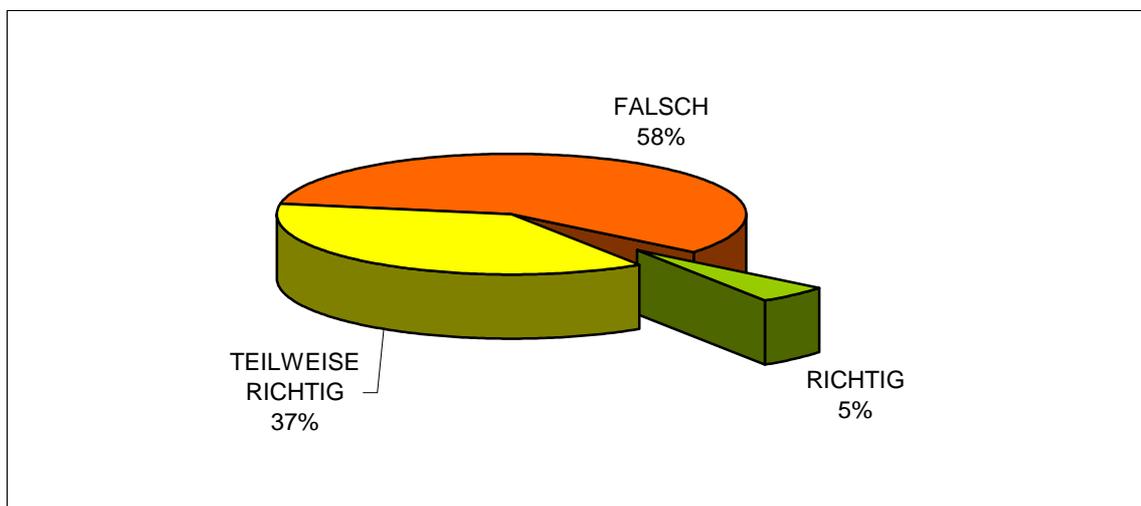
Zahl der markierten Gase	Anzahl der so ausgefüllten Fragebögen (insgesamt 442)	Richtige, teilweise richtige, falsche Lösungen	Wertung	Bemerkungen
0	3	3	falsch	--
1	62	37	teilweise richtig	sofern NO <sub>x</sub> oder SO <sub>2</sub> markiert ist
		25	falsch	sofern weder NO <sub>x</sub> noch SO <sub>2</sub> markiert ist
2	102	23	richtig	wenn NO <sub>x</sub> und SO <sub>2</sub> angekreuzt sind
		55	teilweise richtig	wenn NO <sub>x</sub> oder SO <sub>2</sub> und ein weiteres Gas markiert sind
		24	falsch	wenn weder NO <sub>x</sub> noch SO <sub>2</sub> angekreuzt ist
3	158	71	teilweise richtig	wenn NO <sub>x</sub> und SO <sub>2</sub> sowie ein weiteres Gas markiert sind
		87	falsch	wenn NO <sub>x</sub> oder SO <sub>2</sub> und zwei weitere Gase bzw. wenn weder NO <sub>x</sub> noch SO <sub>2</sub> markiert sind
4 - 8	117	117	falsch	Mit steigender Zahl der markierten Gase erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass NO <sub>x</sub> bzw. SO <sub>2</sub> zufällig angekreuzt werden.

**Tab. 5: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) an berufsbildenden Gymnasien**

Tabelle 5 weist aus, dass auf den 442 Fragebögen die Frage 2

- von 23 Schülern vollständig richtig,
- 163 mal teilweise richtig und
- 256 mal falsch beantwortet wurde.

Abbildung 5 veranschaulicht dieses Befragungsergebnis:



**Abb. 5: Umfrageergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) in berufsbildenden Gymnasien**

## Realschulen

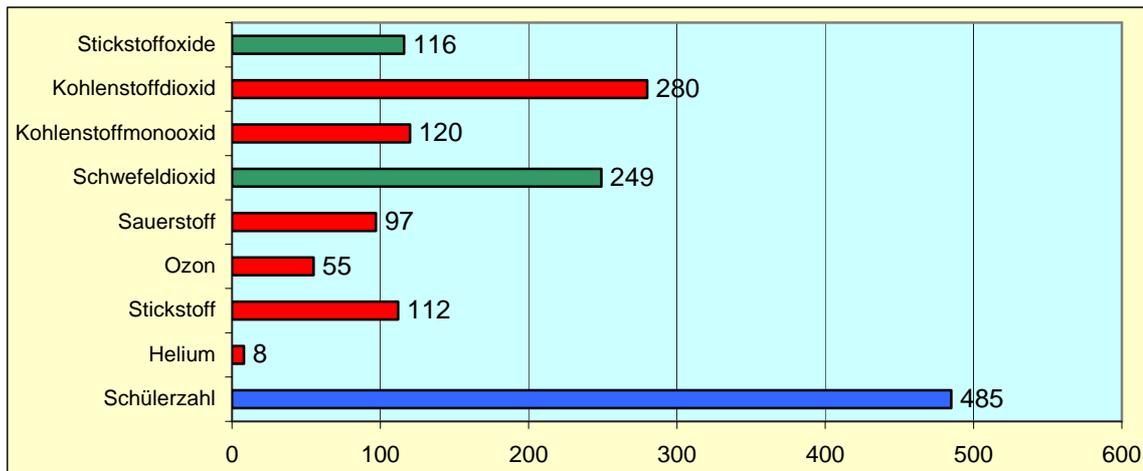


Abb. 6: Diagramm zu Frage 2 der Schülerbefragung in Realschulen: Häufigkeit der markierten Gase (Bildung des „sauren Regens“)

Abbildung 6 zeigt, dass  $\text{CO}_2$  häufiger als  $\text{SO}_2$  markiert wurde. Weil auf den einzelnen Fragebögen 0 bis 8 Gase angekreuzt wurden, ist zur Ermittlung der Anzahl der richtigen, teilweise richtigen und falschen Lösungen eine differenziertere Auswertung erforderlich (vgl. Tab. 6):

Zahl der markierten Gase	Anzahl der so ausgefüllten Fragebögen (insgesamt 485)	Richtige, teilweise richtige, falsche Lösungen	Wertung	Bemerkungen
0	12	12	falsch	--
1	137	49	teilweise richtig	sofern $\text{NO}_x$ oder $\text{SO}_2$ markiert ist
		88	falsch	sofern weder $\text{NO}_x$ noch $\text{SO}_2$ markiert ist
2	167	22	richtig	wenn $\text{NO}_x$ und $\text{SO}_2$ angekreuzt sind
		79	teilweise richtig	wenn $\text{NO}_x$ oder $\text{SO}_2$ und ein weiteres Gas markiert sind
		66	falsch	wenn weder $\text{NO}_x$ noch $\text{SO}_2$ angekreuzt ist
3	127	26	teilweise richtig	wenn $\text{NO}_x$ und $\text{SO}_2$ sowie ein weiteres Gas markiert sind
		101	falsch	wenn $\text{NO}_x$ oder $\text{SO}_2$ und zwei weitere Gase bzw. wenn weder $\text{NO}_x$ noch $\text{SO}_2$ markiert sind
4 - 8	42	42	falsch	Mit steigender Zahl der markierten Gase erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass $\text{NO}_x$ bzw. $\text{SO}_2$ zufällig angekreuzt werden.

Tab. 6: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) an Realschulen

Tabelle 6 weist aus, dass auf den 485 Fragebögen die Frage 2

- von 22 Schülern vollständig richtig,
- 154 mal teilweise richtig und
- 309 mal falsch beantwortet wurde.

Abbildung 7 veranschaulicht dieses Befragungsergebnis:

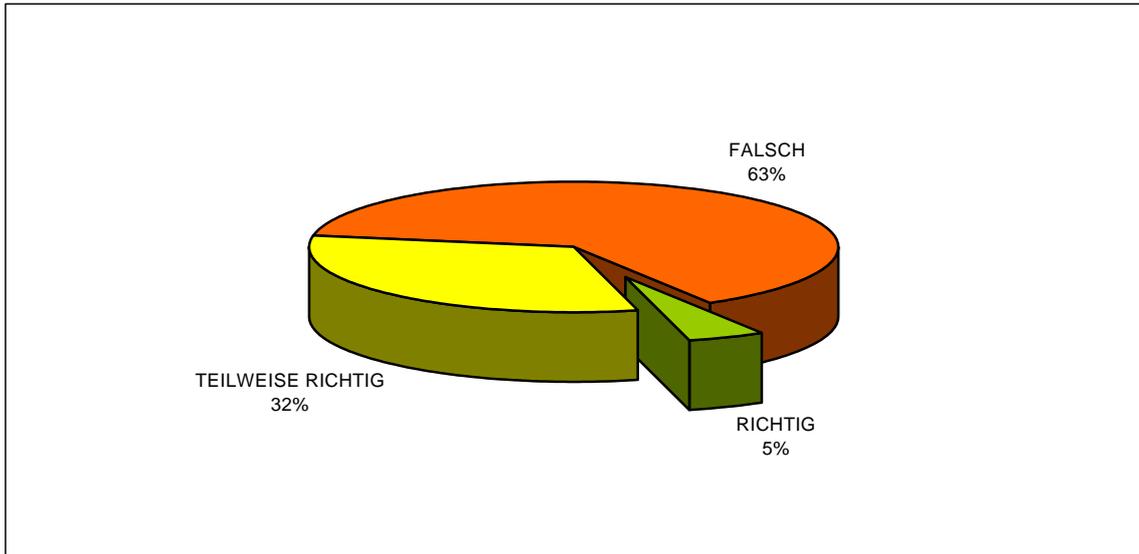


Abb. 7: Umfrageergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) in Realschulen

## Berufskollegs + Berufsschulen

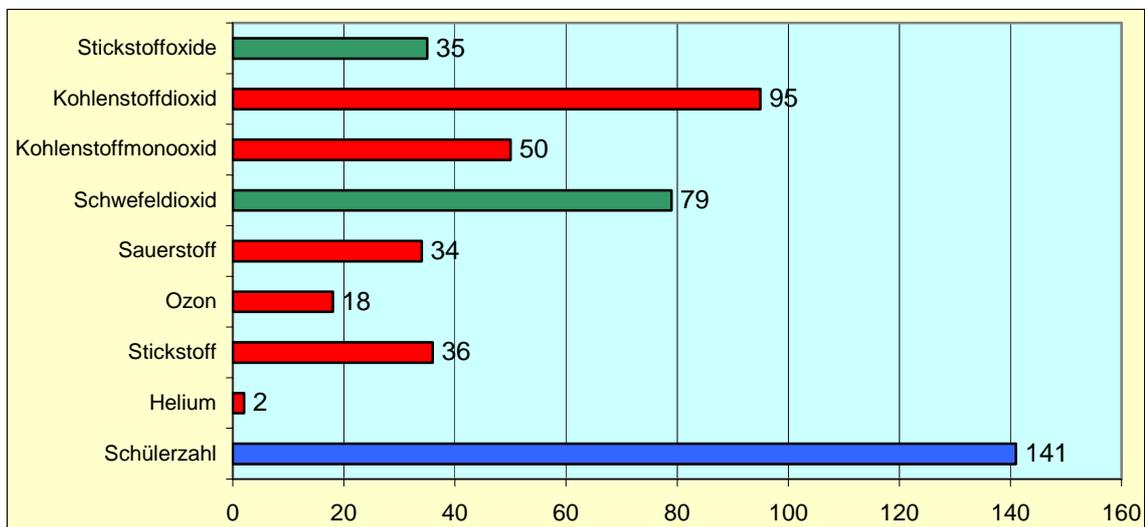


Abb. 8: Diagramm zu Frage 2 der Schülerbefragung in Berufskollegs und Berufsschulen: Häufigkeit der markierten Gase (Bildung des „sauren Regens“)

Abbildung 8 zeigt, dass CO<sub>2</sub> häufiger als SO<sub>2</sub> markiert wurde. Weil auf den einzelnen Fragebögen 0 bis 8 Gase angekreuzt wurden, ist zur Ermittlung der Anzahl der richtigen, teilweise richtigen und falschen Lösungen eine differenziertere Auswertung erforderlich (vgl. Tab. 7):

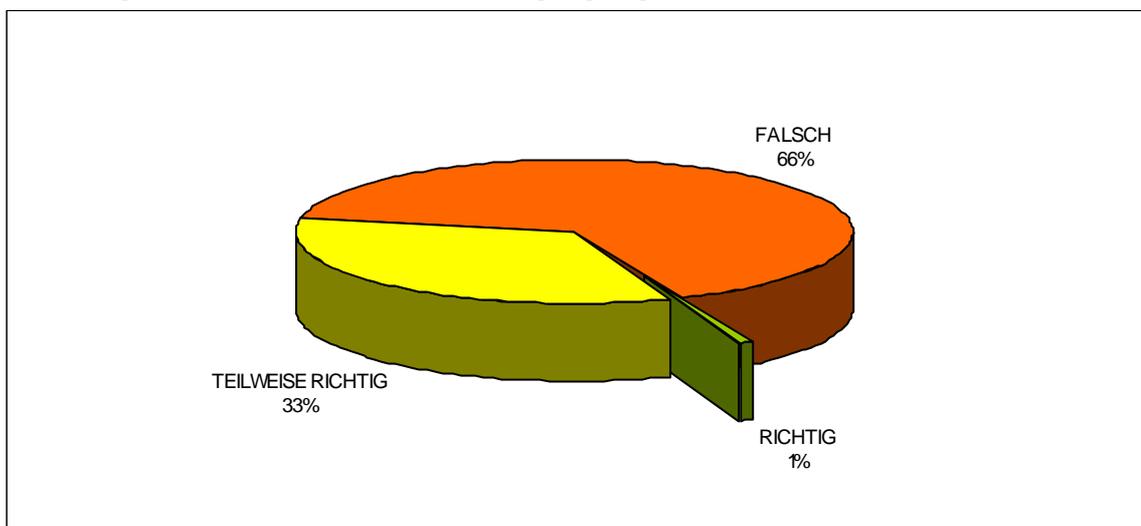
Zahl der markierten Gase	Anzahl der so ausgefüllten Fragebögen (insgesamt 141)	Richtige, teilweise richtige, falsche Lösungen	Wertung	Bemerkungen
0	5	5	falsch	--
1	22	8	teilweise richtig	sofern NO <sub>x</sub> oder SO <sub>2</sub> markiert ist
		14	falsch	sofern weder NO <sub>x</sub> noch SO <sub>2</sub> markiert ist
2	41	1	richtig	wenn NO <sub>x</sub> und SO <sub>2</sub> angekreuzt sind
		29	teilweise richtig	wenn NO <sub>x</sub> oder SO <sub>2</sub> und ein weiteres Gas markiert sind
		11	falsch	wenn weder NO <sub>x</sub> noch SO <sub>2</sub> angekreuzt ist
3	51	10	teilweise richtig	wenn NO <sub>x</sub> und SO <sub>2</sub> sowie ein weiteres Gas markiert sind
		41	falsch	wenn NO <sub>x</sub> oder SO <sub>2</sub> und zwei weitere Gase bzw. wenn weder NO <sub>x</sub> noch SO <sub>2</sub> markiert sind
4 - 8	22	22	falsch	Mit steigender Zahl der markierten Gase erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass NO <sub>x</sub> bzw. SO <sub>2</sub> zufällig angekreuzt werden.

**Tab. 7: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) an Berufskollegs und Berufsschulen**

Tabelle 7 weist aus, dass auf den 141 Fragebögen die Frage 2

- von 1 Schüler vollständig richtig,
- 47 mal teilweise richtig und
- 93 mal falsch beantwortet wurde.

Abbildung 9 veranschaulicht dieses Befragungsergebnis:



**Abb. 9: Umfrageergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) in Berufskollegs und Berufsschulen**

## Hauptschulen + Berufsfachschulen

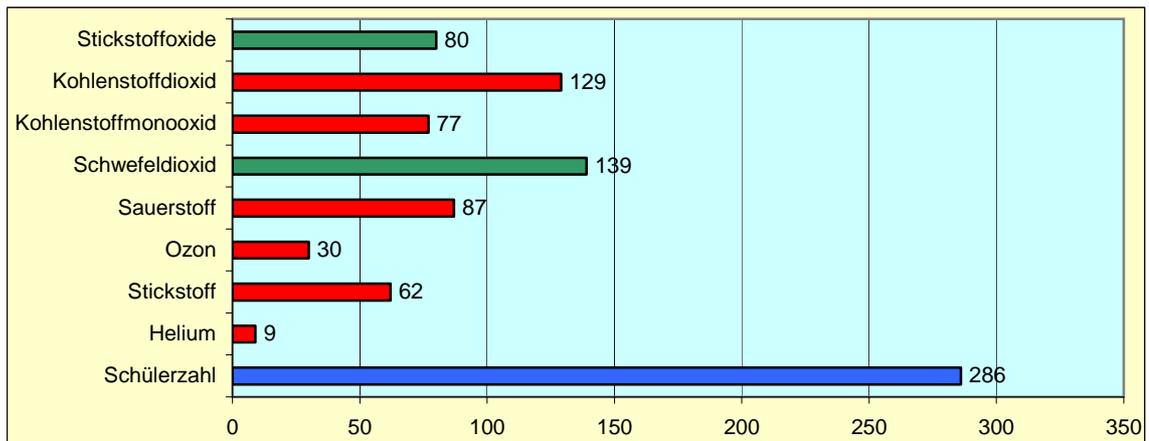


Abb. 10: Diagramm zu Frage 2 der Schülerbefragung in Haupt- und Berufsfachschulen: Häufigkeit der markierten Gase (Bildung des „sauren Regens“)

Abbildung 10 zeigt, dass  $\text{SO}_2$  und  $\text{NO}_x$  sowie die beiden Kohlenstoffoxide ungefähr gleich häufig markiert wurden. Weil auf den einzelnen Fragebögen 0 bis 8 Gase angekreuzt wurden, ist zur Ermittlung der Anzahl der richtigen, teilweise richtigen und falschen Lösungen eine differenziertere Auswertung erforderlich (vgl. Tab. 8):

Zahl der markierten Gase	Anzahl der so ausgefüllten Fragebögen (insgesamt 286)	Richtige, teilweise richtige, falsche Lösungen	Wertung	Bemerkungen
0	10	10	falsch	--
1	91	40	teilweise richtig	sofern $\text{NO}_x$ oder $\text{SO}_2$ markiert ist
		51	falsch	sofern weder $\text{NO}_x$ noch $\text{SO}_2$ markiert ist
2	76	6	richtig	wenn $\text{NO}_x$ und $\text{SO}_2$ angekreuzt sind
		44	teilweise richtig	wenn $\text{NO}_x$ oder $\text{SO}_2$ und ein weiteres Gas markiert sind
		26	falsch	wenn weder $\text{NO}_x$ noch $\text{SO}_2$ angekreuzt ist
3	73	18	teilweise richtig	wenn $\text{NO}_x$ und $\text{SO}_2$ sowie ein weiteres Gas markiert sind
		55	falsch	wenn $\text{NO}_x$ oder $\text{SO}_2$ und zwei weitere Gase bzw. wenn weder $\text{NO}_x$ noch $\text{SO}_2$ markiert sind
4 - 8	36	36	falsch	Mit steigender Zahl der markierten Gase erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass $\text{NO}_x$ bzw. $\text{SO}_2$ zufällig angekreuzt werden.

Tab. 8: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) an Haupt- und Berufsfachschulen

Tabelle 8 weist aus, dass auf den 286 Fragebögen die Frage 2

- von 6 Schülern vollständig richtig,
- 102 mal teilweise richtig und
- 178 mal falsch beantwortet wurde.

Abbildung 11 veranschaulicht dieses Befragungsergebnis:

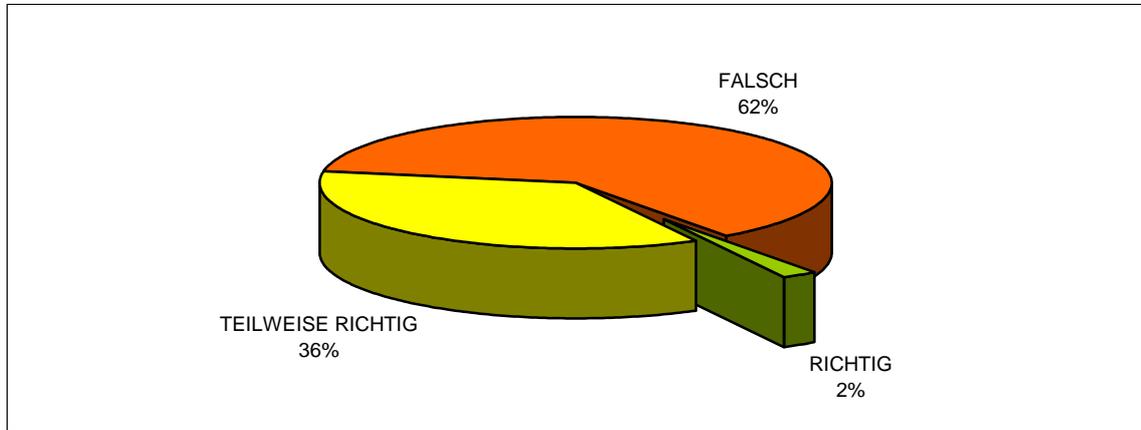


Abb. 11: Umfrageergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) in Haupt- und Berufsfachschulen

### Gesamtergebnis (Mittelwert)

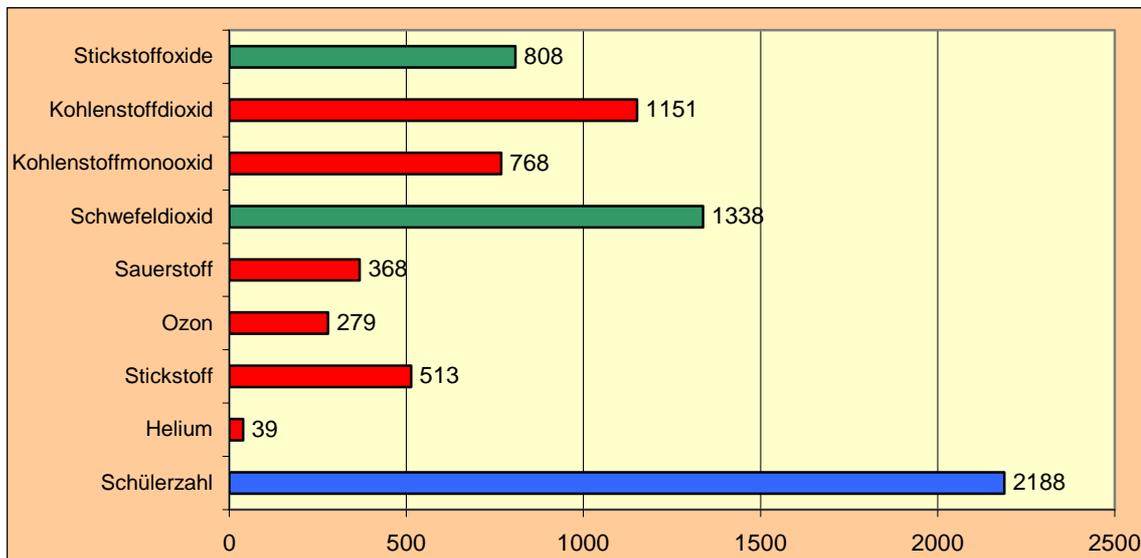


Abb. 12: Diagramm zu Frage 2 der Schülerbefragung in allen Schularten: Häufigkeit der markierten Gase (Bildung des „sauren Regens“)

Nur 61% aller Befragten markierten Schwefeldioxid. Noch weniger bekannt ist offenbar, dass Stickstoffoxide ebenfalls an der Bildung des sauren Regens beteiligt sind. Bemerkenswert ist auch, dass beide Kohlenstoffoxide in diesem Zusammenhang sehr häufig angekreuzt wurden, wobei die Schüler aller Schularten Kohlenstoffdioxid öfter als die Stickstoffoxide auswählten. Die Realschüler und Berufskollegiaten strichen Kohlenstoffdioxid sogar noch häufiger an als Schwefeldioxid.

Aus der folgenden Tabelle 9 ist die Anzahl der richtigen, teilweise richtigen und falschen Lösungen ersichtlich:

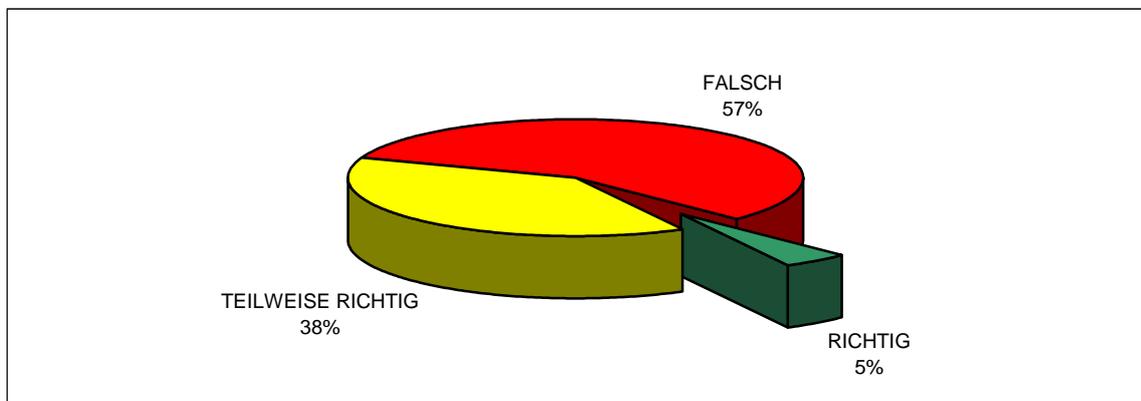
Zahl der markierten Gase	Anzahl der so ausgefüllten Fragebögen (insgesamt 2188)	Richtige, teilweise richtige, falsche Lösungen	Wertung	Bemerkungen
0	46	46	falsch	--
1	501	247	teilweise richtig	sofern NO <sub>x</sub> oder SO <sub>2</sub> markiert ist
		254	falsch	sofern weder NO <sub>x</sub> noch SO <sub>2</sub> markiert ist
2	648	102	richtig	wenn NO <sub>x</sub> und SO <sub>2</sub> angekreuzt sind
		367	teilweise richtig	wenn NO <sub>x</sub> oder SO <sub>2</sub> und ein weiteres Gas markiert sind
		179	falsch	wenn weder NO <sub>x</sub> noch SO <sub>2</sub> angekreuzt ist
3	638	224	teilweise richtig	wenn NO <sub>x</sub> und SO <sub>2</sub> sowie ein weiteres Gas markiert sind
		414	falsch	wenn NO <sub>x</sub> oder SO <sub>2</sub> und zwei weitere Gase bzw. wenn weder NO <sub>x</sub> noch SO <sub>2</sub> markiert sind
4 - 8	355	355	falsch	Mit steigender Zahl der markierten Gase erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass NO <sub>x</sub> bzw. SO <sub>2</sub> zufällig angekreuzt werden.

**Tab. 9: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) für alle befragten Schülerinnen und Schüler**

Tabelle 9 weist aus, dass auf den 2188 Fragebögen die Frage 2

- von 102 Schülern vollständig richtig,
- 838 mal teilweise richtig und
- 1248 mal falsch beantwortet wurde.

Abbildung 13 veranschaulicht das durchschnittliche Befragungsergebnis:



**Abb. 13: Umfrageergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) in sämtlichen Schularten (Mittelwert für alle befragten Schülerinnen und Schüler)**

Das Ergebnis der Berufskollegiaten liegt geringfügig unter dem Durchschnitt; die Gymnasiasten erreichten ein etwas besseres Ergebnis.

<b>3.</b>	<b>Was versteht man unter dem "Treibhauseffekt"?</b>	
3.1	- Ein Glashaus, in dem im Winter frisches Gemüse wächst.	<input type="checkbox"/>
3.2	- Die Erwärmung der Erdatmosphäre durch Anreicherung von CO <sub>2</sub> .	<input checked="" type="checkbox"/>
3.3	- Das großflächige Abholzen der Regenwälder in den Tropen.	<input type="checkbox"/>

Die Auswertungsergebnisse werden in Tabelle 10 zusammengestellt:

Schulart	Schülerzahl	Zahl derjenigen, die <b>F 3.2</b> angekreuzt haben	Zahl derjenigen, die <b>F 2.2 und F 3.2</b> angekreuzt haben
Gymnasien	834	770 <b>92%</b>	366 <b>44%</b>
Berufsbildende Gymnasien	442	418 <b>95%</b>	241 <b>55%</b>
Realschulen	485	415 <b>86%</b>	245 <b>51%</b>
Berufskollegs + Berufsschulen	141	125 <b>89%</b>	85 <b>60%</b>
Hauptschulen + Berufsfachschulen	286	181 <b>63%</b>	80 <b>28%</b>
<b>Gesamtergebnis</b> (Mittelwert)	2188	1909 <b>87%</b>	1017 <b>47%</b>

**Tab. 10: Befragungsergebnis zu Frage 3 der breit angelegten Schülerbefragung**

Durchschnittlich 87% aller befragten Schülerinnen und Schüler haben mit F 3.2 die richtige Lösung gefunden, wobei die Schüler der berufsbildenden Gymnasien am besten und die Hauptschüler deutlich schlechter abschnitten. Dieses an sich erfreuliche Resultat relativiert sich jedoch leider, wenn man die markierten Antworten der Frage 2 in die Betrachtung einbezieht: Nach Auffassung von 47% aller Befragten trägt CO<sub>2</sub> nicht nur zur Verstärkung des Treibhauseffekts sondern auch zur Bildung des sauren Regens bei.

4. Was bewirkt der Katalysator in modernen Kraftfahrzeugen?		
4.1	- Er macht das Fahrzeug schneller.	<input type="checkbox"/>
4.2	- Er vermindert den Motorölverbrauch.	<input type="checkbox"/>
4.3	- Er reduziert die Stickstoffoxide NO <sub>x</sub> .	<input checked="" type="checkbox"/>
4.4	- Er oxidiert Kohlenstoffmonooxid CO.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.5	- Er senkt den CO <sub>2</sub> -Gehalt des Abgases.	<input type="checkbox"/>
4.6	- Er vermindert den SO <sub>2</sub> -Gehalt des Abgases.	<input type="checkbox"/>
4.7	- Er filtert Ruß aus dem Abgas.	<input type="checkbox"/>
4.8	- Er verlängert die Lebensdauer des Motors.	<input type="checkbox"/>
4.9	- Er senkt den Kraftstoffverbrauch des Fahrzeugs.	<input type="checkbox"/>

Die Auswertung erfolgt nach Schularten getrennt:

### Gymnasien

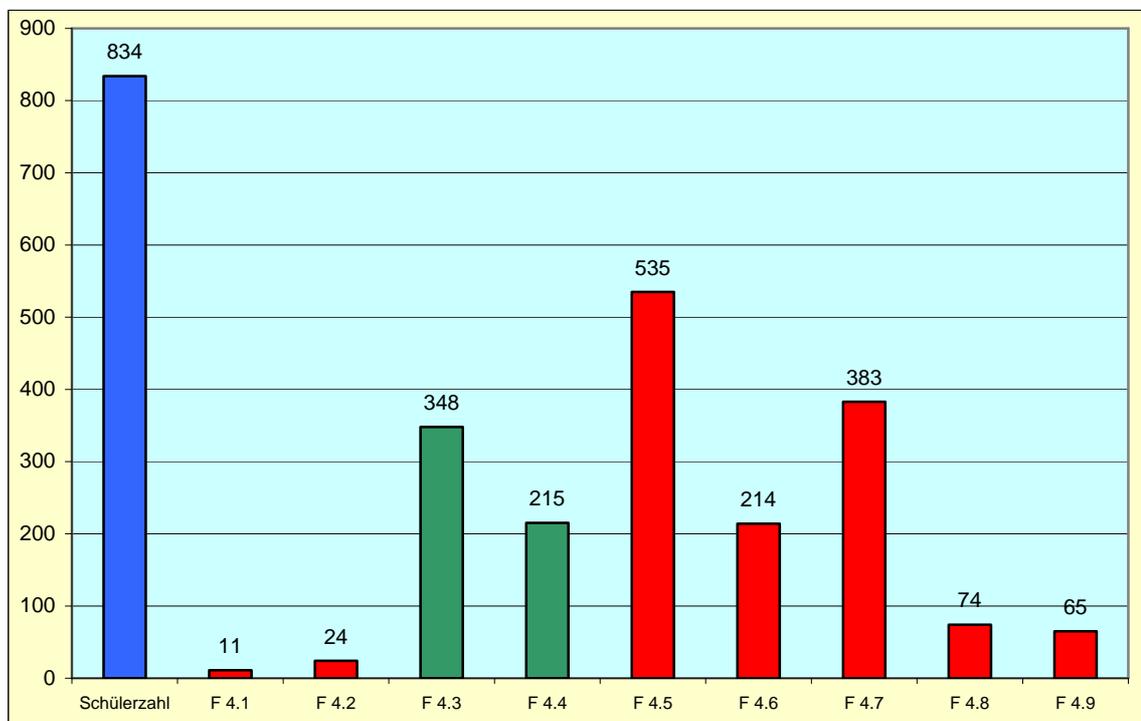


Abb. 14: Diagramm zu Frage 4 der Schülerbefragung in Gymnasien: Häufigkeit der markierten Aussagen zur Katalysatorwirkung

Abbildung 14 veranschaulicht, dass die Wirkung des Abgaskatalysators weitgehend unbekannt ist. Die Mehrzahl der Befragten glaubt, der Katalysator senke den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Abgase und wirke zudem als Rußfilter.

Die Schüler haben bei dieser Frage 0 bis 5 Aussagen angekreuzt, deshalb ist eine differenziertere Auswertung erforderlich. Die Zahl der richtigen, teilweise richtigen und falschen Lösungen sowie die Bewertungskriterien sind aus der folgenden Tabelle 11 ersichtlich:

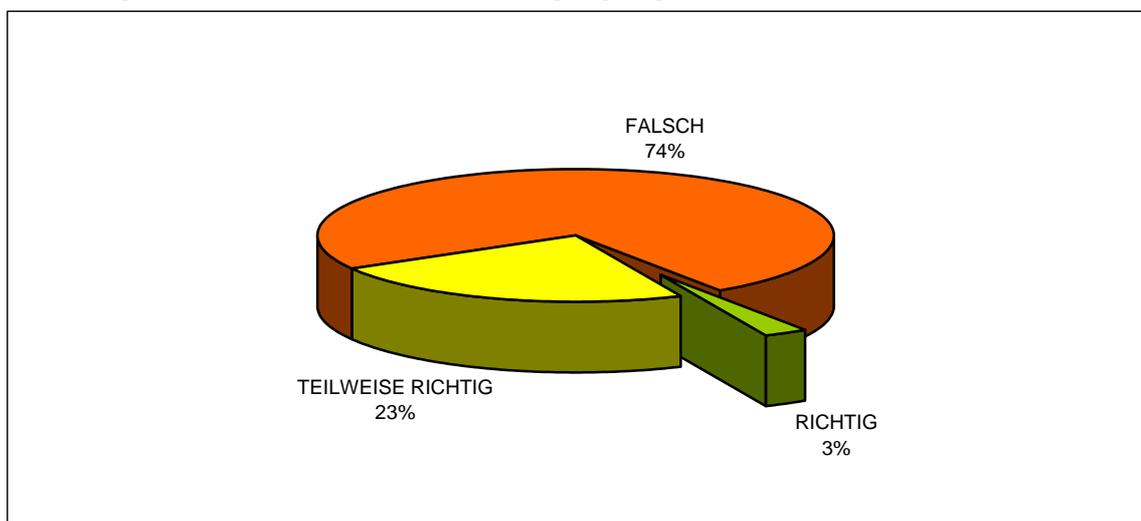
Zahl der markierten Aussagen	Anzahl der so ausgefüllten Fragebögen (insgesamt 834)	Richtige, teilweise richtige, falsche Lösungen	Wertung	Bemerkungen
0	17	17	falsch	--
1	239	46	teilweise richtig	sofern <b>4.3</b> oder <b>4.4</b> markiert ist
		193	falsch	wenn weder <b>4.3</b> noch <b>4.4</b> markiert ist
2	265	22	richtig	wenn <b>4.3</b> und <b>4.4</b> angekreuzt sind
		99	teilweise richtig	wenn <b>4.3</b> oder <b>4.4</b> und eine weitere Aussage markiert sind
		144	falsch	wenn weder <b>4.3</b> noch <b>4.4</b> markiert ist
3	200	50	teilweise richtig	wenn <b>4.3</b> und <b>4.4</b> sowie eine weitere Aussage markiert sind
		150	falsch	wenn <b>4.3</b> oder <b>4.4</b> und zwei weitere Aussagen bzw. wenn weder <b>4.3</b> noch <b>4.4</b> markiert sind
4 - 9	113	113	falsch	Mit steigender Zahl der markierten Aussagen erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass <b>4.3</b> bzw. <b>4.4</b> zufällig angekreuzt werden.

**Tab. 11: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) an Gymnasien**

Tabelle 11 weist aus, dass auf den 834 Fragebögen die Frage 4

- von 22 Schülern vollständig richtig,
- 195 mal teilweise richtig und
- 617 mal falsch beantwortet wurde.

Abbildung 15 veranschaulicht dieses Befragungsergebnis:



**Abb. 15: Umfrageergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) in Gymnasien**

## Berufsbildende Gymnasien

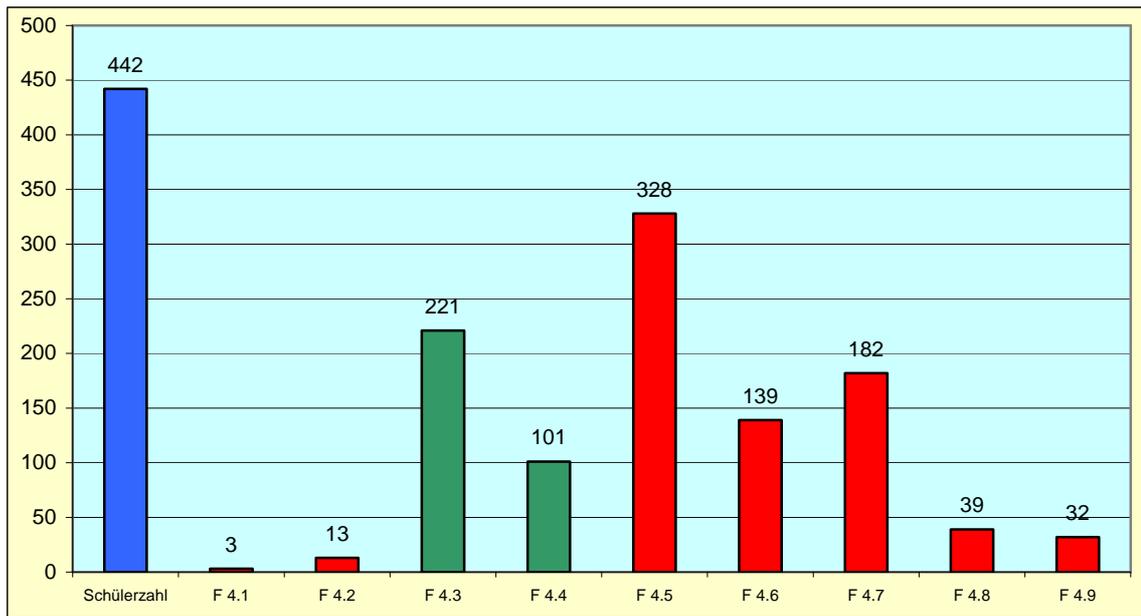


Abb. 16: Diagramm zu Frage 4 der Schülerbefragung in berufsbildenden Gymnasien: Häufigkeit der markierten Aussagen zur Katalysatorwirkung

Zahl der markierten Aussagen	Anzahl der so ausgefüllten Fragebögen (insgesamt 442)	Richtige, teilweise richtige, falsche Lösungen	Wertung	Bemerkungen
0	2	2	falsch	--
1	116	19	teilweise richtig	sofern <b>4.3</b> oder <b>4.4</b> markiert ist
		97	falsch	wenn weder <b>4.3</b> noch <b>4.4</b> markiert ist
2	135	10	richtig	wenn <b>4.3</b> und <b>4.4</b> angekreuzt sind
		59	teilweise richtig	wenn <b>4.3</b> oder <b>4.4</b> und eine weitere Aussage markiert sind
		66	falsch	wenn weder <b>4.3</b> noch <b>4.4</b> markiert ist
3	107	23	teilweise richtig	wenn <b>4.3</b> und <b>4.4</b> sowie eine weitere Aussage markiert sind
		84	falsch	wenn <b>4.3</b> oder <b>4.4</b> und zwei weitere Aussagen bzw. wenn weder <b>4.3</b> noch <b>4.4</b> markiert sind
4 - 9	82	82	falsch	Mit steigender Zahl der markierten Aussagen erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass <b>4.3</b> bzw. <b>4.4</b> zufällig angekreuzt werden.

Tab. 12: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) an berufsbildenden Gymnasien

Die meisten Befragten sind der Auffassung, der Katalysator vermindere den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Abgase (vgl. Abb. 16).

Auf den Fragebögen wurden 0 bis 5 Aussagen angekreuzt, deshalb ist zur Ermittlung der Zahl der richtigen, teilweise richtigen und falschen Lösungen eine differenziertere Auswertung erforderlich (vgl. Tab. 12).

Tabelle 12 weist aus, dass auf den 442 Fragebögen die Frage 4

- von 10 Schülern vollständig richtig,
- 101 mal teilweise richtig und
- 331 mal falsch beantwortet wurde.

Abbildung 17 veranschaulicht dieses Befragungsergebnis:

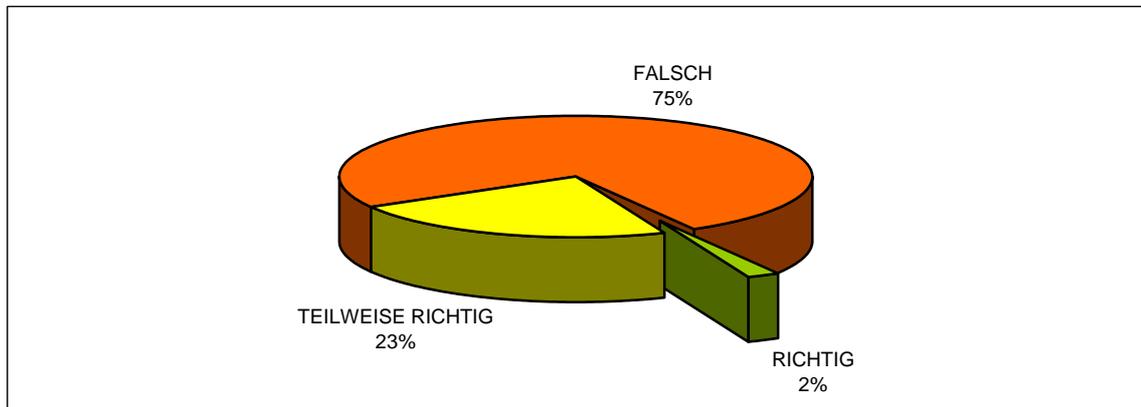


Abb. 17: Umfrageergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) in berufsbildenden Gymnasien

## Realschulen

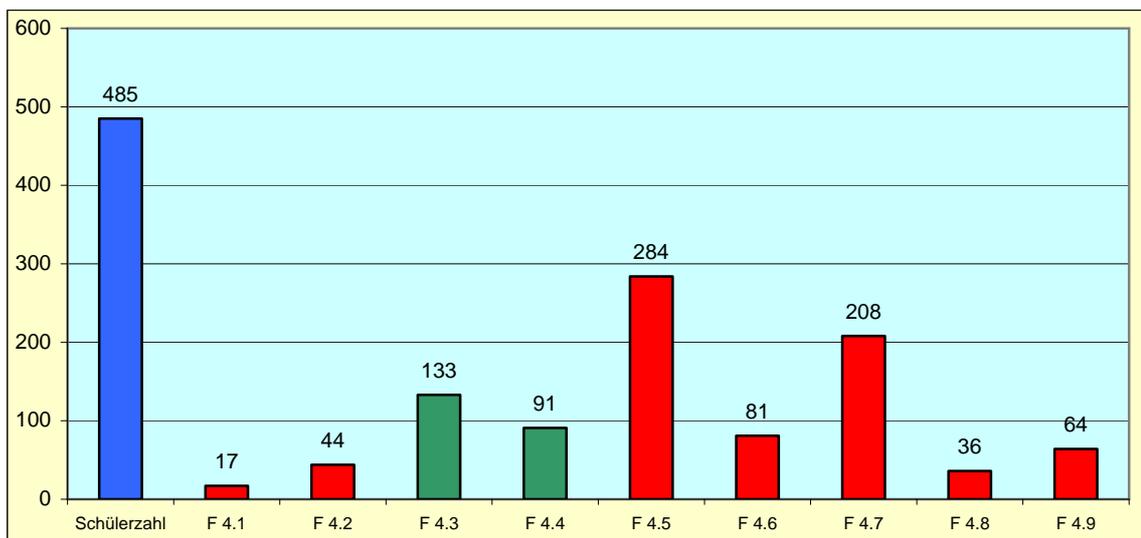


Abb. 18: Diagramm zu Frage 4 der Schülerbefragung in Realschulen: Häufigkeit der markierten Aussagen zur Katalysatorwirkung

Auch die meisten Realschüler glauben, der Katalysator vermindere den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Abgase und wirke zudem als Rußfilter (vgl. Abb. 18).

Auf den Fragebögen wurden 0 bis 5 Aussagen angekreuzt; die Zahl der richtigen, teilweise richtigen und falschen Lösungen ist aus der folgenden Tabelle 13 ersichtlich:

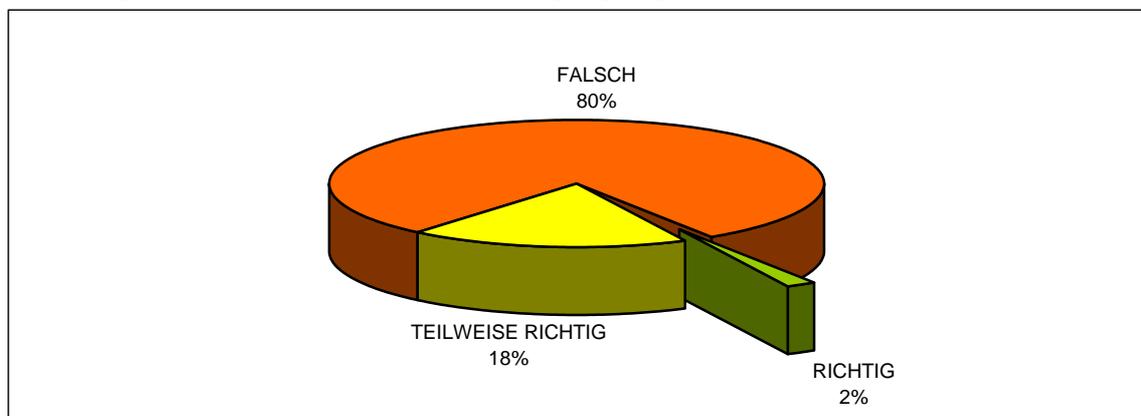
Zahl der markierten Aussagen	Anzahl der so ausgefüllten Fragebögen (insgesamt 485)	Richtige, teilweise richtige, falsche Lösungen	Wertung	Bemerkungen
0	7	7	falsch	--
1	195	27	teilweise richtig	sofern <b>4.3</b> oder <b>4.4</b> markiert ist
		168	falsch	wenn weder <b>4.3</b> noch <b>4.4</b> markiert ist
2	155	10	richtig	wenn <b>4.3</b> und <b>4.4</b> angekreuzt sind
		50	teilweise richtig	wenn <b>4.3</b> oder <b>4.4</b> und eine weitere Aussage markiert sind
		95	falsch	wenn weder <b>4.3</b> noch <b>4.4</b> markiert ist
3	77	12	teilweise richtig	wenn <b>4.3</b> und <b>4.4</b> sowie eine weitere Aussage markiert sind
		65	falsch	wenn <b>4.3</b> oder <b>4.4</b> und zwei weitere Aussagen bzw. wenn weder <b>4.3</b> noch <b>4.4</b> markiert sind
4 - 9	51	51	falsch	Mit steigender Zahl der markierten Aussagen erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass <b>4.3</b> bzw. <b>4.4</b> zufällig angekreuzt werden.

**Tab. 13: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) an Realschulen**

Tabelle 13 weist aus, dass auf den 485 Fragebögen die Frage 4

- von 10 Schülern vollständig richtig,
- 89 mal teilweise richtig und
- 386 mal falsch beantwortet wurde.

Abbildung 19 veranschaulicht dieses Befragungsergebnis:



**Abb. 19: Umfrageergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) in Realschulen**

## Berufskollegs + Berufsschulen

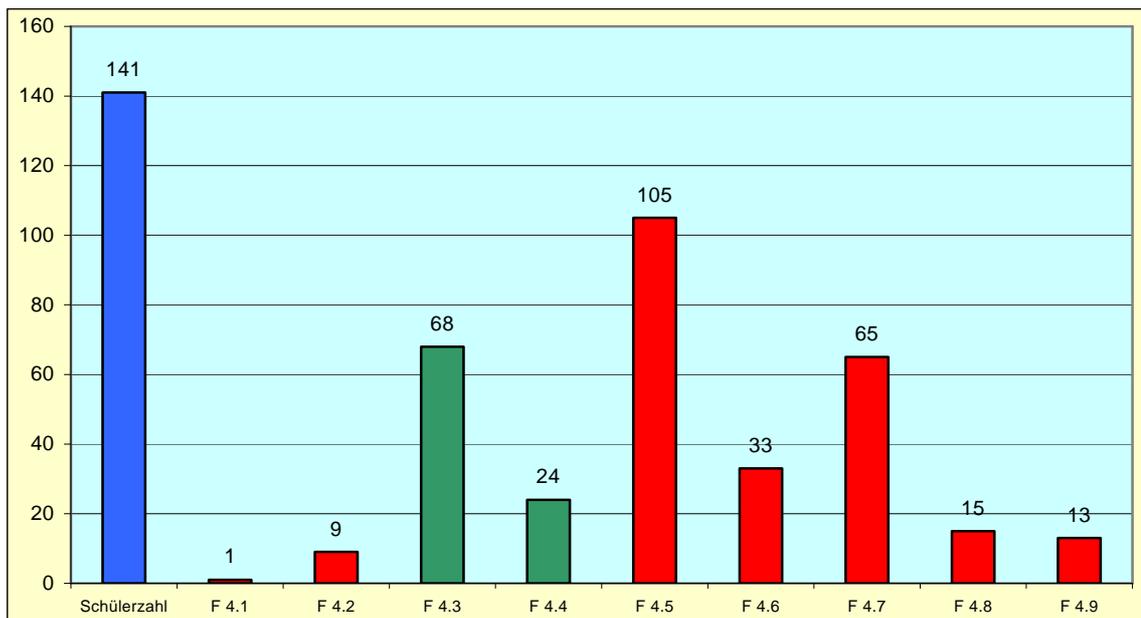


Abb. 20: Diagramm zu Frage 4 der Schülerbefragung in Berufskollegs und Berufsschulen: Häufigkeit der markierten Aussagen zur Katalysatorwirkung

Zahl der markierten Aussagen	Anzahl der so ausgefüllten Fragebögen (insgesamt 141)	Richtige, teilweise richtige, falsche Lösungen	Wertung	Bemerkungen
0	1	1	falsch	--
1	40	6	teilweise richtig	sofern <b>4.3</b> oder <b>4.4</b> markiert ist
		34	falsch	wenn weder <b>4.3</b> noch <b>4.4</b> markiert ist
2	42	1	richtig	wenn <b>4.3</b> und <b>4.4</b> angekreuzt sind
		18	teilweise richtig	wenn <b>4.3</b> oder <b>4.4</b> und eine weitere Aussage markiert sind
		23	falsch	wenn weder <b>4.3</b> noch <b>4.4</b> markiert ist
3	29	0	teilweise richtig	wenn <b>4.3</b> und <b>4.4</b> sowie eine weitere Aussage markiert sind
		29	falsch	wenn <b>4.3</b> oder <b>4.4</b> und zwei weitere Aussagen bzw. wenn weder <b>4.3</b> noch <b>4.4</b> markiert sind
4 - 9	29	29	falsch	Mit steigender Zahl der markierten Aussagen erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass <b>4.3</b> bzw. <b>4.4</b> zufällig angekreuzt werden.

Tab. 14: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) an Berufskollegs und Berufsschulen

Die meisten Befragten glauben, der Katalysator vermindere den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Abgase (vgl. Abb. 20).

Auf den Fragebögen wurden 0 bis 5 Aussagen angekreuzt, deshalb ist zur Ermittlung der Zahl der richtigen, teilweise richtigen und falschen Lösungen eine differenziertere Auswertung erforderlich (vgl. Tab. 14).

Tabelle 14 weist aus, dass auf den 141 Fragebögen die Frage 4

- von 1 Schüler vollständig richtig,
- 24 mal teilweise richtig und
- 116 mal falsch beantwortet wurde.

Abbildung 21 veranschaulicht dieses Befragungsergebnis:

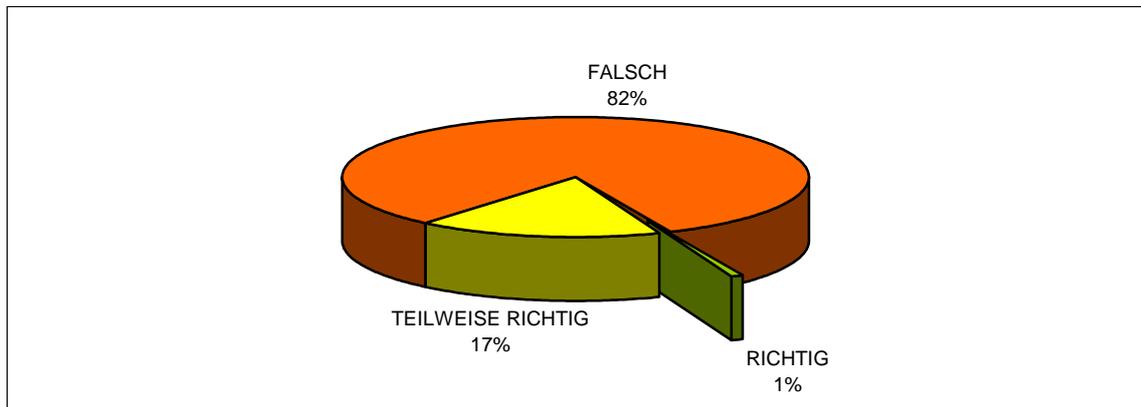


Abb. 21: Umfrageergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) in Berufskollegs und Berufsschulen

## Hauptschulen + Berufsfachschulen

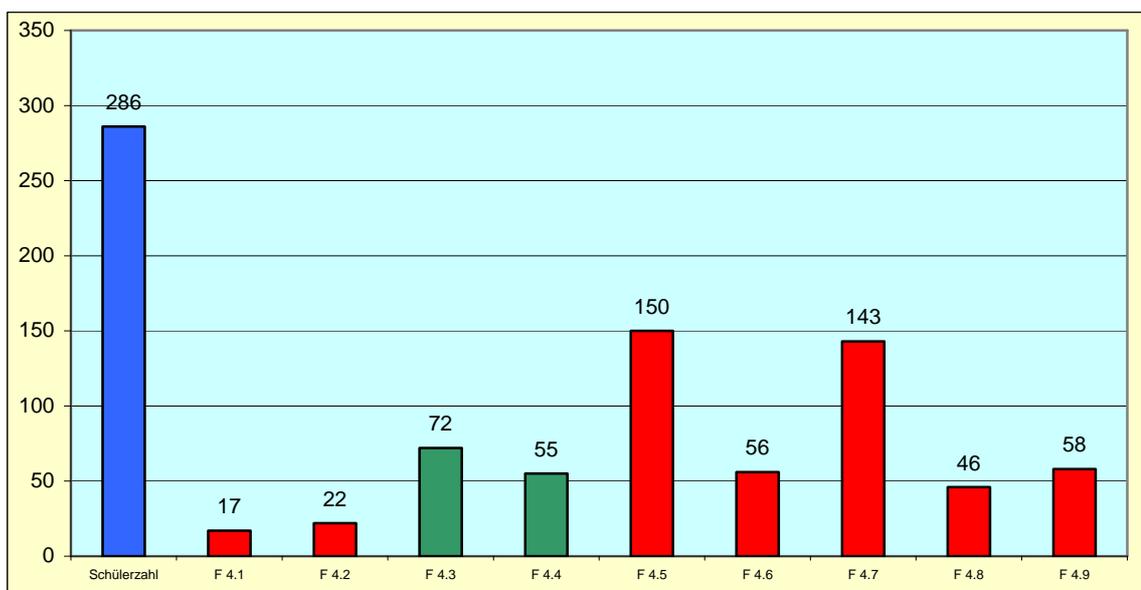


Abb. 22: Diagramm zu Frage 4 der Schülerbefragung in Haupt- und Berufsfachschulen: Häufigkeit der markierten Aussagen zur Katalysatorwirkung

Die Katalysatorwirkung ist auch hier weitgehend unbekannt (vgl. Abb. 22).

Es wurden 0 bis 5 Aussagen angekreuzt. Die Anzahl der richtigen, teilweise richtigen und falschen Lösungen ist aus Tabelle 15 ersichtlich:

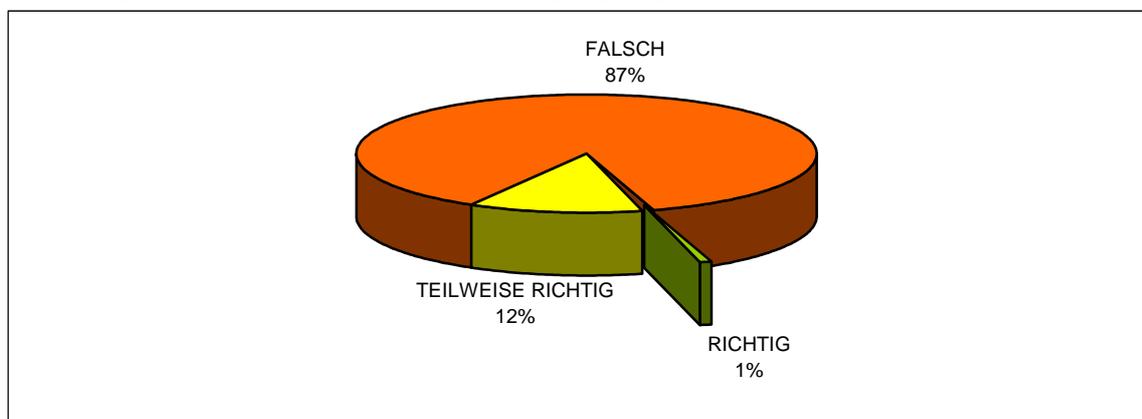
Zahl der markierten Aussagen	Anzahl der so ausgefüllten Fragebögen (insgesamt 286)	Richtige, teilweise richtige, falsche Lösungen	Wertung	Bemerkungen
0	7	7	falsch	--
1	104	4	teilweise richtig	sofern <b>4.3</b> oder <b>4.4</b> markiert ist
		100	falsch	wenn weder <b>4.3</b> noch <b>4.4</b> markiert ist
2	68	2	richtig	wenn <b>4.3</b> und <b>4.4</b> angekreuzt sind
		23	teilweise richtig	wenn <b>4.3</b> oder <b>4.4</b> und eine weitere Aussage markiert sind
		43	falsch	wenn weder <b>4.3</b> noch <b>4.4</b> markiert ist
3	68	8	teilweise richtig	wenn <b>4.3</b> und <b>4.4</b> sowie eine weitere Aussage markiert sind
		60	falsch	wenn <b>4.3</b> oder <b>4.4</b> und zwei weitere Aussagen bzw. wenn weder <b>4.3</b> noch <b>4.4</b> markiert sind
4 - 9	39	39	falsch	Mit steigender Zahl der markierten Aussagen erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass <b>4.3</b> bzw. <b>4.4</b> zufällig angekreuzt werden.

**Tab. 15: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) an Haupt- und Berufsfachschulen**

Tabelle 15 weist aus, dass auf den 286 Fragebögen die Frage 4

- von 2 Schülern vollständig richtig,
- 35 mal teilweise richtig und
- 249 mal falsch beantwortet wurde.

Abbildung 23 veranschaulicht dieses Befragungsergebnis:



**Abb. 23: Umfrageergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) in Haupt- und Berufsfachschulen**

## Gesamtergebnis (Mittelwert)

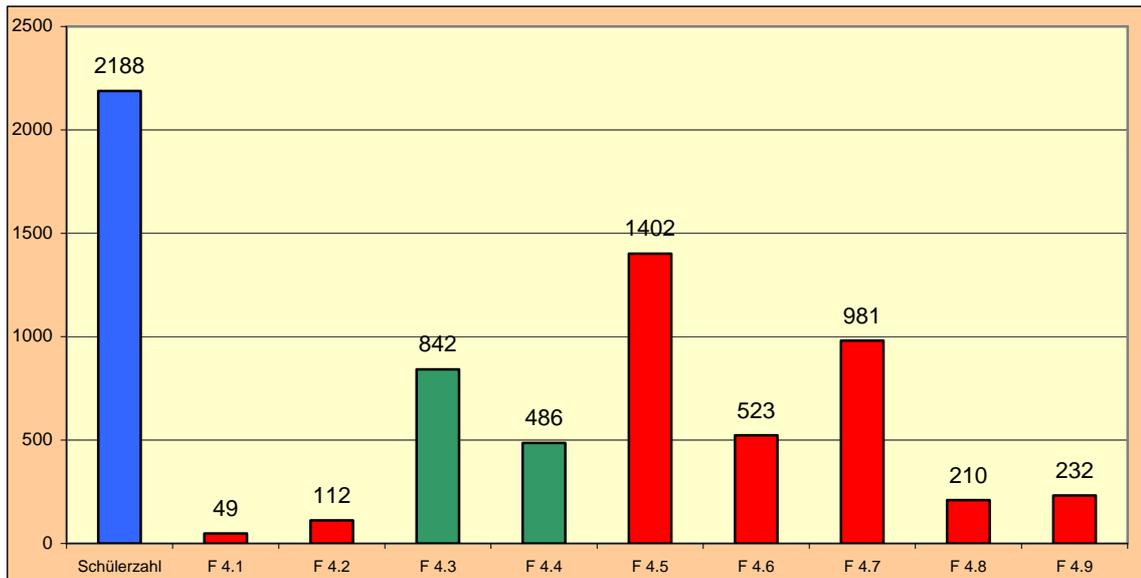


Abb. 24: Diagramm zu Frage 4 der Schülerbefragung in allen Schularten: Häufigkeit der markierten Aussagen zur Katalysatorwirkung

Weit mehr als die Hälfte aller Befragten (64%) glaubt, dass der Katalysator den CO<sub>2</sub>-Gehalt des Abgases senkt (F 4.5), und fast die Hälfte hält ihn für einen Rußfilter (F 4.7). Beides stimmt nicht. Die beiden richtigen Aussagen (F 4.3 und F 4.4) wurden von den Schülerinnen und Schülern aller Schularten wesentlich seltener markiert.

Die Addition der Einzelergebnisse sämtlicher Schularten führt zu folgendem Gesamtergebnis: Auf den 2188 Fragebögen wurde die Frage 4

- von 45 Schülern vollständig richtig,
- 444 mal teilweise richtig und
- 1699 mal falsch beantwortet.

Abbildung 25 veranschaulicht das Gesamtergebnis der Schülerbefragung:

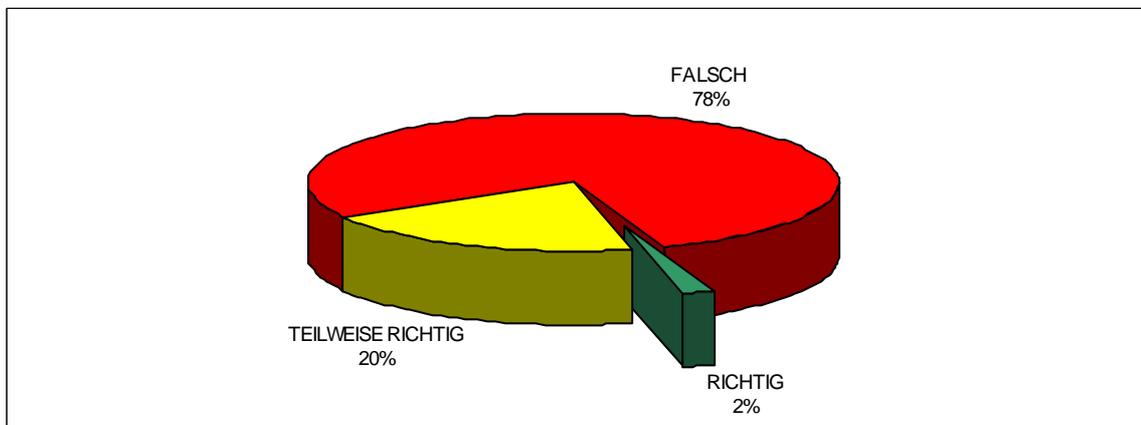


Abb. 25: Umfrageergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) in sämtlichen Schularten (Mittelwert für alle befragten Schülerinnen und Schüler)

Durchschnittlich 2% aller Lösungen sind richtig und 20% teilweise richtig. Die Schülerinnen und Schüler der Gymnasien liegen geringfügig über diesem Durchschnitt, alle anderen darunter, am deutlichsten die Haupt- und Berufsfachschüler. – Viel Raum für noch schlechteres Abschneiden eröffnet dieses Gesamtergebnis ohnehin nicht mehr!

Um Anhaltspunkte dafür zu erhalten, inwieweit die Befragten wesentliche Zusammenhänge kennen, wird die Frage 3 in die Betrachtung einbezogen. Die Untersuchungsergebnisse werden in Tabelle 16 zusammengestellt:

Schulart	Schülerzahl	Zahl derjenigen, die F 3.2 markiert haben	Zahl derjenigen, die F 3.2 sowie F 4.5 angekreuzt haben	Zahl derjenigen, die F 3.2 sowie F 4.3 + F 4.4 markiert haben
Gymnasien	834	770 <b>92%</b>	494 <b>59%</b>	22 <b>3%</b>
Berufsbildende Gymnasien	442	418 <b>95%</b>	313 <b>71%</b>	9 <b>2%</b>
Realschulen	485	415 <b>86%</b>	255 <b>53%</b>	7 <b>1%</b>
Berufskollegs + Berufsschulen	141	125 <b>89%</b>	94 <b>67%</b>	1 <b>1%</b>
Hauptschulen + Berufsfachschulen	286	181 <b>63%</b>	105 <b>37%</b>	2 <b>1%</b>
<b>Gesamtergebnis (Mittelwert)</b>	2188	1909 <b>87%</b>	1261 <b>58%</b>	41 <b>2%</b>

Tab. 16: Untersuchungsergebnisse inwieweit die befragten Schülerinnen und Schüler wichtige Zusammenhänge zwischen Autofahren und Klimaschutz verstanden haben

- Es sind lediglich 2% der Befragten, die F 3 und F 4 richtig beantwortet haben und damit sowohl über den Treibhauseffekt als auch über die Wirkung des Abgaskatalysators informiert sind. Mit diesem Wissen kann man einsehen, dass das Betreiben von Verbrennungsmotoren zur Erwärmung der Erdatmosphäre beiträgt.
- Die 58% der Befragten, die F 3.2 und F 4.5 markiert haben, können kaum richtig darüber unterrichtet sein, wie Auto fahren und Klimaschutz zusammenhängen. Wenn man nämlich weiß, dass die Anreicherung von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre zu deren Erwärmung führt und gleichzeitig glaubt, der Katalysator könne den CO<sub>2</sub>-Gehalt des Abgases senken, dann ist nicht einsehbar, wieso Zurückhaltung beim Autofahren einen Beitrag zum Klimaschutz darstellt.

<b>5. Worum handelt es sich bei der „Agenda 21“?</b>	
5.1 - Um eine neue Formel zur Sicherung der Renten.	<input type="checkbox"/>
5.2 - Um ein neues Verfahren zur Erkennung der BSE-Erkrankung.	<input type="checkbox"/>
5.3 - Um eine neue Firma zur Vermarktung moderner Technologien.	<input type="checkbox"/>
5.4 - Um ein effizientes Verfahren zur Eintreibung von Steuern.	<input type="checkbox"/>
5.5 - Um eine internationale Erklärung zum Umweltschutz.	<input checked="" type="checkbox"/>
5.6 - Um ein neues Herstellungsverfahren für Computerchips.	<input type="checkbox"/>

Das Auswertungsergebnis wird in Tabelle 17 aufgelistet:

Schulart	Schülerzahl	Zahl der richtigen Antworten	Richtige Lösungen in Prozenten:
Gymnasien	834	664	<b>80 %</b>
Berufsbildende Gymnasien	442	354	<b>80 %</b>
Realschulen	485	314	<b>65 %</b>
Berufskollegs + Berufsschulen	141	78	<b>55 %</b>
Hauptschulen + Berufsfachschulen	286	116	<b>41 %</b>
<b>Gesamtergebnis (Mittelwert)</b>	2188	1526	<b>70 %</b>

Tab. 17: Befragungsergebnis zur „Agenda 21“ (F 5) der Schülerbefragung

Nach Tabelle 17 haben 70% aller Befragten die richtige Aussage gekennzeichnet. Die Schüler der Gymnasien liegen über dem Durchschnitt, alle anderen darunter, die Haupt- und Berufsfachschüler besonders deutlich.

Über die Agenda 21 wurde in den Medien wiederholt ausführlich berichtet. Auch wenn dieses Thema im Unterricht nicht behandelt worden sein sollte, müssten alle, die sich einigermaßen regelmäßig über das aktuelle Geschehen informieren, davon gehört haben.

<b>6. Welche Bedeutung hat für Sie . . .</b>			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig
- das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?	(6.1.1) <input type="checkbox"/>	(6.1.2) <input type="checkbox"/>	(6.1.3) <input type="checkbox"/>
- die Umweltfreundlichkeit Ihres Fahrzeugs?	(6.2.1) <input type="checkbox"/>	(6.2.2) <input type="checkbox"/>	(6.2.3) <input type="checkbox"/>
- das Einsparen von fossilen Brennstoffen (Benzin, Dieselmotortreibstoff, Heizöl, Erdgas)?	(6.3.1) <input type="checkbox"/>	(6.3.2) <input type="checkbox"/>	(6.3.3) <input type="checkbox"/>
- die Verminderung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes in die Atmosphäre?	(6.4.1) <input type="checkbox"/>	(6.4.2) <input type="checkbox"/>	(6.4.3) <input type="checkbox"/>

## Gymnasien

Welche Bedeutung hat für Sie . . .	Schülerzahl: 403			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Keine Angabe
- das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?	71 <b>18%</b>	134 <b>33%</b>	193 <b>48%</b>	5 <b>1%</b>
- die Umweltfreundlichkeit Ihres Fahrzeugs?	124 <b>31%</b>	187 <b>46%</b>	87 <b>22%</b>	5 <b>1%</b>
- das Einsparen von fossilen Brennstoffen (Benzin, Dieselkraftstoff, Heizöl, Erdgas)?	83 <b>21%</b>	175 <b>43%</b>	141 <b>35%</b>	4 <b>1%</b>
- die Verminderung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes in die Atmosphäre?	88 <b>22%</b>	161 <b>40%</b>	148 <b>37%</b>	6 <b>1%</b>

Tab. 18: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schüler der Gymnasien

Welche Bedeutung hat für Sie . . .	Schülerinnenzahl: 424			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Keine Angabe
- das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?	102 <b>24%</b>	172 <b>41%</b>	144 <b>34%</b>	6 <b>1%</b>
- die Umweltfreundlichkeit Ihres Fahrzeugs?	55 <b>13%</b>	245 <b>58%</b>	118 <b>28%</b>	6 <b>1%</b>
- das Einsparen von fossilen Brennstoffen (Benzin, Dieselkraftstoff, Heizöl, Erdgas)?	43 <b>10%</b>	229 <b>54%</b>	143 <b>34%</b>	9 <b>2%</b>
- die Verminderung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes in die Atmosphäre?	44 <b>10%</b>	215 <b>51%</b>	157 <b>37%</b>	8 <b>2%</b>

Tab. 19: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schülerinnen der Gymnasien

Welche Bedeutung hat für Sie . . .	Gesamtzahl: 834 Ohne Geschlechtsangabe: 7			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Keine Angabe
- das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?	175 <b>21%</b>	309 <b>37%</b>	337 <b>40%</b>	13 <b>2%</b>
- die Umweltfreundlichkeit Ihres Fahrzeugs?	180 <b>21%</b>	435 <b>52%</b>	206 <b>25%</b>	13 <b>2%</b>
- das Einsparen von fossilen Brennstoffen (Benzin, Dieselkraftstoff, Heizöl, Erdgas)?	127 <b>15%</b>	406 <b>49%</b>	286 <b>34%</b>	15 <b>2%</b>
- die Verminderung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes in die Atmosphäre?	133 <b>16%</b>	377 <b>45%</b>	308 <b>37%</b>	16 <b>2%</b>

Tab. 20: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schülerinnen und Schüler der Gymnasien

## Berufsbildende Gymnasien

Welche Bedeutung hat für Sie . . .	Schülerzahl: 191			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Keine Angabe
- das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?	23 <b>12%</b>	67 <b>35%</b>	101 <b>53%</b>	0 <b>0%</b>
- die Umweltfreundlichkeit Ihres Fahrzeugs?	30 <b>16%</b>	107 <b>56%</b>	54 <b>28%</b>	0 <b>0%</b>
- das Einsparen von fossilen Brennstoffen (Benzin, Dieselkraftstoff, Heizöl, Erdgas)?	31 <b>16%</b>	84 <b>44%</b>	76 <b>40%</b>	0 <b>0%</b>
- die Verminderung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes in die Atmosphäre?	27 <b>14%</b>	86 <b>45%</b>	76 <b>40%</b>	2 <b>1%</b>

Tab. 21: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schüler der berufsbildenden Gymnasien

Welche Bedeutung hat für Sie . . .	Schülerinnenzahl: 250			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Keine Angabe
- das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?	27 <b>11%</b>	110 <b>44%</b>	110 <b>44%</b>	3 <b>1%</b>
- die Umweltfreundlichkeit Ihres Fahrzeugs?	15 <b>6%</b>	134 <b>54%</b>	98 <b>39%</b>	3 <b>1%</b>
- das Einsparen von fossilen Brennstoffen (Benzin, Dieselkraftstoff, Heizöl, Erdgas)?	26 <b>11%</b>	106 <b>42%</b>	115 <b>46%</b>	3 <b>1%</b>
- die Verminderung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes in die Atmosphäre?	19 <b>8%</b>	106 <b>42%</b>	121 <b>48%</b>	4 <b>2%</b>

Tab. 22: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schülerinnen der berufsbildenden Gymnasien

Welche Bedeutung hat für Sie . . .	Gesamtzahl: 442 Ohne Geschlechtsangabe: 1			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Keine Angabe
- das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?	50 <b>11%</b>	178 <b>40%</b>	211 <b>48%</b>	3 <b>1%</b>
- die Umweltfreundlichkeit Ihres Fahrzeugs?	45 <b>10%</b>	241 <b>54%</b>	153 <b>35%</b>	3 <b>1%</b>
- das Einsparen von fossilen Brennstoffen (Benzin, Dieselkraftstoff, Heizöl, Erdgas)?	57 <b>14%</b>	191 <b>50%</b>	191 <b>34%</b>	3 <b>2%</b>
- die Verminderung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes in die Atmosphäre?	46 <b>14%</b>	192 <b>47%</b>	198 <b>37%</b>	6 <b>2%</b>

Tab. 23: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schülerinnen und Schüler der berufsbildenden Gymnasien

## Realschulen

Welche Bedeutung hat für Sie . . .	Schülerzahl: 186			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Keine Angabe
- das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?	24 <b>13%</b>	47 <b>25%</b>	114 <b>61%</b>	1 <b>1%</b>
- die Umweltfreundlichkeit Ihres Fahrzeugs?	69 <b>37%</b>	80 <b>43%</b>	37 <b>20%</b>	0 <b>0%</b>
- das Einsparen von fossilen Brennstoffen (Benzin, Dieselkraftstoff, Heizöl, Erdgas)?	50 <b>27%</b>	74 <b>40%</b>	62 <b>33%</b>	0 <b>0%</b>
- die Verminderung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes in die Atmosphäre?	54 <b>29%</b>	67 <b>36%</b>	64 <b>34%</b>	1 <b>1%</b>

Tab. 24: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schüler der Realschulen

Welche Bedeutung hat für Sie . . .	Schülerinnenzahl: 295			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Keine Angabe
- das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?	55 <b>19%</b>	136 <b>46%</b>	101 <b>34%</b>	3 <b>1%</b>
- die Umweltfreundlichkeit Ihres Fahrzeugs?	44 <b>15%</b>	154 <b>52%</b>	94 <b>32%</b>	3 <b>1%</b>
- das Einsparen von fossilen Brennstoffen (Benzin, Dieselkraftstoff, Heizöl, Erdgas)?	35 <b>12%</b>	142 <b>48%</b>	115 <b>39%</b>	3 <b>1%</b>
- die Verminderung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes in die Atmosphäre?	41 <b>14%</b>	123 <b>42%</b>	128 <b>43%</b>	3 <b>1%</b>

Tab. 25: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schülerinnen der Realschulen

Welche Bedeutung hat für Sie . . .	Gesamtzahl: 485 Ohne Geschlechtsangabe: 4			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Keine Angabe
- das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?	79 <b>16%</b>	184 <b>38%</b>	218 <b>45%</b>	4 <b>1%</b>
- die Umweltfreundlichkeit Ihres Fahrzeugs?	116 <b>24%</b>	234 <b>48%</b>	131 <b>27%</b>	4 <b>1%</b>
- das Einsparen von fossilen Brennstoffen (Benzin, Dieselkraftstoff, Heizöl, Erdgas)?	86 <b>18%</b>	218 <b>45%</b>	177 <b>36%</b>	4 <b>1%</b>
- die Verminderung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes in die Atmosphäre?	97 <b>20%</b>	191 <b>39%</b>	192 <b>40%</b>	5 <b>1%</b>

Tab. 26: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schülerinnen und Schüler der Realschulen

## Berufskollegs + Berufsschulen

Welche Bedeutung hat für Sie . . .	Schülerzahl: 60			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Keine Angabe
- das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?	6 <b>10%</b>	23 <b>38%</b>	31 <b>52%</b>	0 <b>0%</b>
- die Umweltfreundlichkeit Ihres Fahrzeugs?	10 <b>16%</b>	31 <b>52%</b>	19 <b>32%</b>	0 <b>0%</b>
- das Einsparen von fossilen Brennstoffen (Benzin, Dieselkraftstoff, Heizöl, Erdgas)?	8 <b>13%</b>	22 <b>37%</b>	30 <b>50%</b>	0 <b>0%</b>
- die Verminderung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes in die Atmosphäre?	4 <b>7%</b>	29 <b>48%</b>	26 <b>43%</b>	1 <b>2%</b>

Tab. 27: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schüler von Berufskollegs und Berufsschulen

Welche Bedeutung hat für Sie . . .	Schülerinnenzahl: 81			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Keine Angabe
- das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?	8 <b>10%</b>	23 <b>28%</b>	50 <b>62%</b>	0 <b>0%</b>
- die Umweltfreundlichkeit Ihres Fahrzeugs?	16 <b>20%</b>	38 <b>47%</b>	27 <b>33%</b>	0 <b>0%</b>
- das Einsparen von fossilen Brennstoffen (Benzin, Dieselkraftstoff, Heizöl, Erdgas)?	10 <b>13%</b>	35 <b>43%</b>	36 <b>44%</b>	0 <b>0%</b>
- die Verminderung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes in die Atmosphäre?	8 <b>10%</b>	38 <b>47%</b>	35 <b>43%</b>	0 <b>0%</b>

Tab. 28: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schülerinnen von Berufskollegs und Berufsschulen

Welche Bedeutung hat für Sie . . .	Gesamtzahl: 141 Ohne Geschlechtsangabe: 0			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Keine Angabe
- das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?	14 <b>10%</b>	46 <b>33%</b>	81 <b>57%</b>	0 <b>0%</b>
- die Umweltfreundlichkeit Ihres Fahrzeugs?	26 <b>18%</b>	69 <b>49%</b>	46 <b>33%</b>	0 <b>0%</b>
- das Einsparen von fossilen Brennstoffen (Benzin, Dieselkraftstoff, Heizöl, Erdgas)?	18 <b>13%</b>	57 <b>40%</b>	66 <b>47%</b>	0 <b>0%</b>
- die Verminderung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes in die Atmosphäre?	12 <b>8%</b>	67 <b>48%</b>	61 <b>43%</b>	1 <b>1%</b>

Tab. 29: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schülerinnen und Schüler von Berufskollegs und Berufsschulen

## Hauptschulen + Berufsfachschulen

Welche Bedeutung hat für Sie . . .	Schülerzahl: 157			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Keine Angabe
- das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?	25 <b>16%</b>	49 <b>31%</b>	79 <b>50%</b>	4 <b>3%</b>
- die Umweltfreundlichkeit Ihres Fahrzeugs?	36 <b>23%</b>	75 <b>48%</b>	42 <b>26%</b>	4 <b>3%</b>
- das Einsparen von fossilen Brennstoffen (Benzin, Dieselkraftstoff, Heizöl, Erdgas)?	27 <b>17%</b>	57 <b>36%</b>	68 <b>44%</b>	5 <b>3%</b>
- die Verminderung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes in die Atmosphäre?	26 <b>17%</b>	62 <b>39%</b>	59 <b>38%</b>	10 <b>6%</b>

Tab. 30: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schüler von Haupt- und Berufsfachschulen

Welche Bedeutung hat für Sie . . .	Schülerinnenzahl: 128			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Keine Angabe
- das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?	15 <b>12%</b>	49 <b>38%</b>	63 <b>49%</b>	1 <b>1%</b>
- die Umweltfreundlichkeit Ihres Fahrzeugs?	25 <b>19%</b>	78 <b>61%</b>	24 <b>19%</b>	1 <b>1%</b>
- das Einsparen von fossilen Brennstoffen (Benzin, Dieselkraftstoff, Heizöl, Erdgas)?	18 <b>14%</b>	67 <b>52%</b>	39 <b>31%</b>	4 <b>3%</b>
- die Verminderung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes in die Atmosphäre?	23 <b>18%</b>	59 <b>46%</b>	41 <b>32%</b>	5 <b>4%</b>

Tab. 31: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schülerinnen von Haupt- und Berufsfachschulen

Welche Bedeutung hat für Sie . . .	Gesamtzahl: 286 Ohne Geschlechtsangabe: 1			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Keine Angabe
- das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?	40 <b>14%</b>	98 <b>34%</b>	143 <b>50%</b>	5 <b>2%</b>
- die Umweltfreundlichkeit Ihres Fahrzeugs?	61 <b>21%</b>	153 <b>54%</b>	67 <b>23%</b>	5 <b>2%</b>
- das Einsparen von fossilen Brennstoffen (Benzin, Dieselkraftstoff, Heizöl, Erdgas)?	45 <b>16%</b>	124 <b>43%</b>	108 <b>38%</b>	9 <b>3%</b>
- die Verminderung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes in die Atmosphäre?	49 <b>17%</b>	121 <b>42%</b>	101 <b>36%</b>	15 <b>5%</b>

Tab. 32: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schülerinnen und Schüler von Haupt- und Berufsfachschulen

## Gesamtzahlen für alle Schularten

Welche Bedeutung hat für Sie . . .	Schüler: 997			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Keine Angabe
- das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?	149 <b>15%</b>	320 <b>32%</b>	518 <b>52%</b>	10 <b>1%</b>
- die Umweltfreundlichkeit Ihres Fahrzeugs?	269 <b>27%</b>	480 <b>48%</b>	239 <b>24%</b>	9 <b>1%</b>
- das Einsparen von fossilen Brennstoffen (Benzin, Dieselkraftstoff, Heizöl, Erdgas)?	199 <b>20%</b>	412 <b>41%</b>	377 <b>38%</b>	9 <b>1%</b>
- die Verminderung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes in die Atmosphäre?	199 <b>20%</b>	405 <b>41%</b>	373 <b>37%</b>	20 <b>2%</b>

Tab. 33: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben aller befragten Schüler

Welche Bedeutung hat für Sie . . .	Schülerinnen: 1178			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Keine Angabe
- das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?	207 <b>17%</b>	490 <b>42%</b>	468 <b>40%</b>	13 <b>1%</b>
- die Umweltfreundlichkeit Ihres Fahrzeugs?	155 <b>13%</b>	649 <b>55%</b>	361 <b>31%</b>	13 <b>1%</b>
- das Einsparen von fossilen Brennstoffen (Benzin, Dieselkraftstoff, Heizöl, Erdgas)?	132 <b>11%</b>	579 <b>49%</b>	448 <b>38%</b>	19 <b>2%</b>
- die Verminderung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes in die Atmosphäre?	135 <b>11%</b>	541 <b>46%</b>	482 <b>41%</b>	20 <b>2%</b>

Tab. 34: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben aller befragten Schülerinnen

Welche Bedeutung hat für Sie . . .	Gesamtzahl: 2188 Ohne Geschlechtsangabe: 13			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Keine Angabe
- das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?	358 <b>17%</b>	815 <b>37%</b>	990 <b>45%</b>	25 <b>1%</b>
- die Umweltfreundlichkeit Ihres Fahrzeugs?	428 <b>19%</b>	1132 <b>52%</b>	603 <b>28%</b>	25 <b>1%</b>
- das Einsparen von fossilen Brennstoffen (Benzin, Dieselkraftstoff, Heizöl, Erdgas)?	333 <b>15%</b>	996 <b>46%</b>	828 <b>38%</b>	31 <b>1%</b>
- die Verminderung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes in die Atmosphäre?	337 <b>15%</b>	948 <b>44%</b>	860 <b>39%</b>	43 <b>2%</b>

Tab. 35: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben aller befragten Schülerinnen und Schüler

Für 52% aller befragten Schüler ist das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug „sehr wichtig“, während dies nur für 40% sämtlicher Schülerinnen gilt. In nahezu allen Schularten, insbesondere in den Realschulen, die fast ausschließlich von jüngeren Jugendlichen besucht werden, ist der Anteil der Jungen, der „sehr wichtig“ markiert hat, größer als derjenige der Mädchen. Bei den Haupt- und Berufsfachschülern ist kein nennenswerter geschlechtsspezifischer Unterschied zu verzeichnen. 62% der Schülerinnen und 52% der Schüler der Berufskollegs und der Berufsschulen haben „sehr wichtig“ angegeben. In den beiden zuletzt genannten Schularten ist der Anteil an älteren Schülerinnen und Schülern besonders hoch (vgl. Tab. 18 – 35).

Analysiert man die Angaben der jüngeren und älteren Schülerinnen und Schüler aller Schularten getrennt, so kommt man zu dem in Tabelle 36 aufgelisteten Ergebnis:

Geschlecht	Alter jünger als 18		18 und älter			
	Anzahl	F 6.1.3 markiert	Anzahl	F 6.1.3 markiert		
Männlich	758	396	<b>52%</b>	206	106	<b>51%</b>
Weiblich	968	370	<b>38%</b>	189	92	<b>49%</b>

(Auf 67 Fragebögen fehlt entweder die Geschlechts- oder die Altersangabe oder auch beides.)

**Tab. 36: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung bezüglich der Wichtigkeit des Fahrens mit einem eigenen Kraftfahrzeug, nach Alter und Geschlecht getrennt**

Bei den unter 18-jährigen Jugendlichen ist für 52% der Jungen und 38% der Mädchen das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug „sehr wichtig“. Dieser Unterschied ist bei den Älteren weniger deutlich erkennbar: 51% der jungen Männer und 49% der jungen Frauen haben „sehr wichtig“ angekreuzt (vgl. Tab. 36).

Die Umweltfreundlichkeit ihres Fahrzeugs ist für die meisten „wichtig“.

Das Einsparen von fossilen Brennstoffen hält die Mehrzahl der Befragten für „wichtig“ bis „sehr wichtig“ (vgl. Tab. 18 – 35).

Entsprechendes gilt für die Verminderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in die Atmosphäre (vgl. Tab. 18 – 35).

<b>7. Geschlecht</b>	Männlich	(7.1)	<input type="checkbox"/>
	Weiblich	(7.2)	<input type="checkbox"/>
<b>Alter</b>			

Die Stichprobenzusammensetzung der befragten Schülerinnen und Schüler hinsichtlich der besuchten Schularten, des Geschlechts und des Alters ist aus der folgenden Tabelle 37 ersichtlich:

Schulart	Schülerzahl	Geschlecht	Alter		Summe
			jünger als 18	18 und älter	
Gymnasien	<b>834</b>	Männlich	356	47	<b>403</b>
		Weiblich	395	29	<b>424</b>
		Ohne Angabe	7		
Berufsbildende Gymnasien	<b>442</b>	Männlich	91	100	<b>191</b>
		Weiblich	156	94	<b>250</b>
		Ohne Angabe	1		
Realschulen	<b>485</b>	Männlich	183	3	<b>186</b>
		Weiblich	278	17	<b>295</b>
		Ohne Angabe	4		
Berufskollegs + Berufsschulen	<b>141</b>	Männlich	20	40	<b>60</b>
		Weiblich	40	41	<b>81</b>
		Ohne Angabe	0		
Hauptschulen + Berufsfachschulen	<b>286</b>	Männlich	141	16	<b>157</b>
		Weiblich	120	8	<b>128</b>
		Ohne Angabe	1		
<b>Insgesamt</b>	<b>2188</b>	Männlich	791	206	<b>997</b>
		Weiblich	989	189	<b>1178</b>
		Ohne Angabe	13		

Tab. 37: Stichprobenzusammensetzung der Schülerbefragung

Die 2188 Befragten setzen sich nach Tabelle 37 aus 997 Schülern und 1178 Schülerinnen zusammen. Von den Jungen sind 791 jünger als achtzehn und 206 achtzehn Jahre und älter. Bei den Mädchen beträgt die Zahl derjenigen, die jünger als achtzehn Jahre sind, 989 und die der älteren 189. Auf 13 Fragebögen fehlt die Geschlechtsangabe, so dass eine Zuordnung unmöglich ist.

<b>8. Schulart</b>	
--------------------	--

Sämtliche Fragebögen wurden nach Schularten getrennt ausgewertet.

<b>9. Haben Sie bereits einen Führerschein?</b>	Ja	(9.1)	<input type="checkbox"/>
	Nein	(9.2)	<input type="checkbox"/>
<b>Wenn ja, welche Führerscheinklasse?</b>			

Das Ergebnis der Auswertung wird in der folgenden Tabelle 38 zusammengestellt:

<b>Gymnasien</b>						
	<b>jünger als 18</b>			<b>18 und älter</b>		
	Zahl	Mit Führerschein A1, M bzw. L	Führerscheininhaber	Zahl	Mit Führerschein B	Führerscheininhaber
Schüler	356	65	<b>18%</b>	47	25	<b>53%</b>
Schülerinnen	395	25	<b>6%</b>	29	15	<b>52%</b>

<b>Berufsbildende Gymnasien</b>						
	<b>jünger als 18</b>			<b>18 und älter</b>		
	Zahl	Mit Führerschein A1, M bzw. L	Führerscheininhaber	Zahl	Mit Führerschein B	Führerscheininhaber
Schüler	91	20	<b>22%</b>	100	85	<b>85%</b>
Schülerinnen	156	22	<b>14%</b>	94	77	<b>82%</b>

<b>Realschulen</b>						
	<b>jünger als 18</b>			<b>18 und älter</b>		
	Zahl	Mit Führerschein A1, M bzw. L	Führerscheininhaber	Zahl	Mit Führerschein B	Führerscheininhaber
Schüler	183	33	<b>18%</b>	3	2	<b>67%</b>
Schülerinnen	278	19	<b>7%</b>	17	4	<b>24%</b>

<b>Berufskollegs + Berufsschulen</b>						
	<b>jünger als 18</b>			<b>18 und älter</b>		
	Zahl	Mit Führer- schein A1, M bzw. L	Führer- schein- inhaber	Zahl	Mit Führer- schein B	Führer- schein- inhaber
Schüler	20	5	<b>25%</b>	40	32	<b>80%</b>
Schüle- rinnen	40	3	<b>8%</b>	41	31	<b>76%</b>

<b>Hauptschulen + Berufsfachschulen</b>						
	<b>jünger als 18</b>			<b>18 und älter</b>		
	Zahl	Mit Führer- schein A1, M bzw. L	Führer- schein- inhaber	Zahl	Mit Führer- schein B	Führer- schein- inhaber
Schüler	141	25	<b>18%</b>	16	6	<b>44%</b>
Schüle- rinnen	120	11	<b>9%</b>	8	1	<b>13%</b>

<b>Gesamtergebnis</b>						
	<b>jünger als 18</b>			<b>18 und älter</b>		
	Zahl	Mit Führer- schein A1, M bzw. L	Führer- schein- inhaber	Zahl	Mit Führer- schein B	Führer- schein- inhaber
Schüler	791	148	<b>19%</b>	206	151	<b>73%</b>
Schüle- rinnen	989	80	<b>8%</b>	189	128	<b>68%</b>

Tab. 38: Aufstellung der Führerscheininhaber und -klassen aus der breit angelegten Schülerbefragung; nach Schulart, Geschlecht und Alter getrennt

Nach Tabelle 38 haben von den Jugendlichen, die jünger als 18 Jahre sind, 19% der Jungen Führerscheine für Leichtkraftträder und nur 8% der Mädchen. Bei denen, die 18 Jahre und älter sind, verringert sich dieser Abstand: 73% der jungen Männer und 68% der jungen Frauen sind im Besitz von PKW-Führerscheinen.

<b>10. Beabsichtigen Sie mit 18 Jahren einen PKW-Führerschein zu erwerben?</b>	<b>Ja</b>	<b>Nein</b>
	(10.1) <input type="checkbox"/>	(10.2) <input type="checkbox"/>

Das Ergebnis der Auswertung wird in der folgenden Tabelle 39 zusammengestellt:

Schulart	Geschlecht	Schülerzahl	PKW-Führerscheininhaber	PKW-Führerscheinbewerber			PKW-Führerscheinbewerber
				Ja	Nein	Keine Angabe	
Gymnasien	Männlich	403	25	351	18	9	<b>93%</b>
	Weiblich	424	15	387	14	8	<b>95%</b>
	Ohne Angabe	7	2	5	0	0	-
Berufsbildende Gymnasien	Männlich	191	85	95	8	3	<b>90%</b>
	Weiblich	250	77	165	4	4	<b>95%</b>
	Ohne Angabe	1	0	1	0	0	-
Realschulen	Männlich	186	2	181	3	0	<b>98%</b>
	Weiblich	295	4	265	25	1	<b>91%</b>
	Ohne Angabe	4	0	3	0	1	-
Berufskollegs + Berufsschulen	Männlich	60	32	26	2	0	<b>93%</b>
	Weiblich	81	31	44	4	2	<b>88%</b>
	Ohne Angabe	0	0	0	0	0	-
Hauptschulen + Berufsfachschulen	Männlich	157	4	140	12	1	<b>92%</b>
	Weiblich	128	1	111	12	4	<b>87%</b>
	Ohne Angabe	1	0	1	0	0	-

<b>Gesamtergebnis</b>	Geschlecht	Schülerzahl	PKW-Führerscheininhaber	PKW-Führerscheinbewerber			PKW-Führerscheinbewerber
				Ja	Nein	Keine Angabe	
	Männlich	997	148	793	43	13	<b>93,4%</b>
	Weiblich	1178	128	972	59	19	<b>92,6%</b>
	Ohne Angabe	13	2	10	0	1	-

**Tab. 39: Aufstellung der PKW-Führerscheininhaber und -bewerber aus der breit angelegten Schülerbefragung; nach Schulart und Geschlecht getrennt**

Nach Tabelle 39 wollen von allen, die noch keinen PKW-Führerschein besitzen, 93,4% der Jungen und 92,6% der Mädchen diese Fahrerlaubnis erwerben.

<b>11. Besitzen Sie schon ein eigenes Kraftfahrzeug?</b>		
Nein	(11.1)	<input type="checkbox"/>
Ja, ein Motorrad	(11.2)	<input type="checkbox"/>
Ja, einen Motorroller	(11.3)	<input type="checkbox"/>
Ja, ein Auto	(11.4)	<input type="checkbox"/>

Das Ergebnis der Auswertung wird in der folgenden Tabelle 40 detailliert dargestellt:

<b>Gymnasien</b>								
	<b>jünger als 18</b>				<b>18 und älter</b>			
	Schülerzahl	Motorrad- bzw. Rollerbesitzer mit A1 oder M	Motorradbesitzer; ohne Führerschein	PKW-Besitzer (ohne Führerschein)	Schülerzahl	PKW-Besitzer; Kl. B vorhanden	PKW-Besitzer; ohne Kl. B	Motorradbesitzer mit Führerschein A, A1
Schüler	356	57 <b>16%</b>	6 <b>2%</b>	10 <b>3%</b>	47	14 <b>30%</b>	2 <b>4%</b>	0 <b>0%</b>
Schülerinnen	395	18 <b>5%</b>	3 <b>1%</b>	7 <b>2%</b>	29	7 <b>24%</b>	0 <b>0%</b>	0 <b>0%</b>

<b>Berufsbildende Gymnasien</b>								
	<b>jünger als 18</b>				<b>18 und älter</b>			
	Schülerzahl	Motorrad- bzw. Rollerbesitzer mit A1 oder M	Motorradbesitzer; ohne Führerschein	PKW-Besitzer (ohne Führerschein)	Schülerzahl	PKW-Besitzer; Kl. B vorhanden	PKW-Besitzer; ohne Kl. B	Motorradbesitzer mit Führerschein A, A1, B
Schüler	91	16 <b>18%</b>	4 <b>4%</b>	3 <b>3%</b>	100	56 <b>56%</b>	0 <b>0%</b>	6 <b>6%</b>
Schülerinnen	156	21 <b>13%</b>	2 <b>1%</b>	4 <b>3%</b>	94	52 <b>55%</b>	2 <b>2%</b>	1 <b>1%</b>

<b>Realschulen</b>								
	<b>jünger als 18</b>				<b>18 und älter</b>			
	Schülerzahl	Motorrad- bzw. Rollerbesitzer mit A1 oder M	Motorradbesitzer; ohne Führerschein	PKW-Besitzer (ohne Führerschein)	Schülerzahl	PKW-Besitzer; Kl. B vorhanden	PKW-Besitzer; ohne Kl. B	Motorradbesitzer mit Führerschein A1
Schüler	183	30 <b>16%</b>	9 <b>5%</b>	8 <b>4%</b>	3	2 <b>67%</b>	0 <b>0%</b>	0 <b>0%</b>
Schülerinnen	278	16 <b>6%</b>	8 <b>3%</b>	3 <b>1%</b>	17	1 <b>6%</b>	0 <b>0%</b>	1 <b>6%</b>

<b>Berufskollegs + Berufsschulen</b>								
	<b>jünger als 18</b>				<b>18 und älter</b>			
	Schülerzahl	Motorrad- bzw. Rollerbesitzer mit A1 oder M	Motorradbesitzer; ohne Führerschein	PKW-Besitzer (ohne Führerschein)	Schülerzahl	PKW-Besitzer; Kl. B vorhanden	PKW-Besitzer; ohne Kl. B	Motorradbesitzer mit Führerschein A1 oder B
Schüler	20	4 <b>20%</b>	0 <b>0%</b>	1 <b>5%</b>	40	22 <b>55%</b>	2 <b>5%</b>	1 <b>3%</b>
Schülerinnen	40	3 <b>8%</b>	0 <b>0%</b>	1 <b>3%</b>	41	20 <b>49%</b>	0 <b>0%</b>	1 <b>2%</b>

<b>Hauptschulen + Berufsfachschulen</b>								
	<b>jünger als 18</b>				<b>18 und älter</b>			
	Schülerzahl	Motorrad- bzw. Rollerbesitzer mit A1 oder M	Motorradbesitzer; ohne Führerschein	PKW-Besitzer (ohne Führerschein)	Schülerzahl	PKW-Besitzer; Kl. B vorhanden	PKW-Besitzer; ohne Kl. B	Motorradbesitzer mit Führerschein A1
Schüler	141	22 <b>16%</b>	5 <b>4%</b>	6 <b>4%</b>	16	1 <b>6%</b>	5 <b>31%</b>	1 <b>6%</b>
Schülerinnen	120	10 <b>8%</b>	3 <b>3%</b>	1 <b>1%</b>	8	1 <b>13%</b>	0 <b>0%</b>	0 <b>0%</b>

<b>Gesamtergebnis</b>								
	<b>jünger als 18</b>				<b>18 und älter</b>			
	Schülerzahl	Motorrad- bzw. Rollerbesitzer mit A1 oder M	Motorradbesitzer; ohne Führerschein	PKW-Besitzer (ohne Führerschein)	Schülerzahl	PKW-Besitzer; Kl. B vorhanden	PKW-Besitzer; ohne Kl. B	Motorradbesitzer mit Führerschein A, A1, B
Schüler	791	129 <b>16%</b>	24 <b>3%</b>	28 <b>4%</b>	206	95 <b>46%</b>	9 <b>4%</b>	8 <b>4%</b>
Schülerinnen	989	68 <b>7%</b>	14 <b>1%</b>	16 <b>2%</b>	189	81 <b>43%</b>	2 <b>1%</b>	3 <b>2%</b>

**Tab. 40: Zusammenstellung der Fahrzeugbesitzer aus der breit angelegten Schülerbefragung; nach Schulart, Geschlecht und Alter getrennt**

Bei den unter 18-jährigen Jugendlichen gibt es nach Tabelle 40 unter den Jungen erheblich mehr (19%) Besitzer von Leichtkrafträdern als unter den Mädchen (8%), wobei teilweise der Führerschein noch fehlt. Einzelne sind bereits PKW-Besitzer.

Dieser Abstand vermindert sich bei denen, die 18 Jahre und älter sind: Bei den jungen Männern verfügen 50% und unter den jungen Frauen 44% über einen PKW; auch hier fehlt einzelnen noch der Führerschein.

<b>12. Fahrzeug</b>	Hersteller (Marke)			
	Typbezeichnung			
	Baujahr			
	Mit Katalysator	Ja	(12.1)	<input type="checkbox"/>
	Nein	(12.2)	<input type="checkbox"/>	

Hier sind die Angaben der Schüler sehr unvollständig, und bei manchen Jungen orientieren sie sich wohl auch mehr an Wunschträumen als an der Realität. Unglaubliche Eintragungen wurden deshalb bei der Datenerfassung so behandelt als seien sie nicht vorhanden.

Die folgende Tabelle 41 gestattet dennoch eine Aussage zur Umweltfreundlichkeit der Schülerfahrzeuge: Nahezu 90% der PKW sind mit Katalysatoren ausgerüstet, von den Leichtmotorrädern und -rollern allerdings nur ca. 36%.

Schulart	Geschlecht	Schülerzahl	Schüler-PKW			Motorräder und -roller		
			Gesamtzahl	Mit Katalysator		Gesamtzahl	Mit Katalysator	
Gymnasien	Männlich	<b>403</b>	26	20	<b>77%</b>	63	23	<b>37%</b>
	Weiblich	<b>424</b>	14	10	<b>71%</b>	21	6	<b>29%</b>
	Ohne Angabe	<b>7</b>	1	1	-	1	1	-
Berufsbildende Gymnasien	Männlich	<b>191</b>	59	56	<b>95%</b>	26	7	<b>27%</b>
	Weiblich	<b>250</b>	58	55	<b>95%</b>	24	11	<b>46%</b>
	Ohne Angabe	<b>1</b>	0	0	-	0	0	-
Realschulen	Männlich	<b>186</b>	10	10	<b>100%</b>	39	16	<b>41%</b>
	Weiblich	<b>295</b>	4	4	<b>100%</b>	25	11	<b>44%</b>
	Ohne Angabe	<b>4</b>	0	0	-	2	1	-
Berufskollegs + Berufsschulen	Männlich	<b>60</b>	25	21	<b>84%</b>	5	1	<b>20%</b>
	Weiblich	<b>81</b>	21	18	<b>86%</b>	4	1	<b>25%</b>
	Ohne Angabe	<b>0</b>	0	0	-	0	0	-
Hauptschulen + Berufsfachschulen	Männlich	<b>157</b>	12	8	<b>67%</b>	28	10	<b>36%</b>
	Weiblich	<b>128</b>	2	2	<b>100%</b>	13	3	<b>23%</b>
	Ohne Angabe	<b>1</b>	0	0	-	1	1	-
<b>Gesamtergebnis</b>	Männlich	<b>997</b>	<b>132</b>	<b>115</b>	<b>87%</b>	<b>161</b>	<b>57</b>	<b>35%</b>
	Weiblich	<b>1178</b>	<b>99</b>	<b>89</b>	<b>90%</b>	<b>87</b>	<b>32</b>	<b>37%</b>
	Ohne Angabe	<b>13</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	-	<b>4</b>	<b>3</b>	-

Tab. 41: Zusammenstellung der Schülerfahrzeuge nach den Angaben in der breit angelegten Schülerbefragung; nach Schulart und Geschlecht getrennt

## Die wichtigsten Ergebnisse kurz zusammengefasst:

Biodiesel (F 1) ist nahezu allen Befragten als moderner Motorentreibstoff aus Pflanzenöl bekannt. Auch bei der Frage (F 3) nach dem Treibhauseffekt ist die Anzahl der richtigen Lösungen mit 87% erfreulich hoch.

Die „Agenda 21“ (F 5) wurde von 70% aller Befragten richtig zugeordnet. Allerdings sind hier schulartspezifische Unterschiede stärker ausgeprägt: Während die Schülerinnen und Schüler der Gymnasien mit 80% über diesem Durchschnitt liegen, rangieren alle übrigen darunter, mit größerem Abstand die Schülerinnen und Schüler der Haupt- und der Berufsfachschulen. Erhebliche Wissensdefizite treten jedoch bei den Schülerinnen und Schülern sämtlicher Schularten zutage, wenn die richtige Lösung differenziertere naturwissenschaftliche Kenntnisse voraussetzt:

- Die Frage (F 2) nach den Gasen, die an der Bildung des sauren Regens beteiligt sind, beantworteten nur 5% aller Befragten vollständig richtig und 38% teilweise richtig. –  $\text{SO}_2$  wurde zwar von 61% markiert, die Stickstoffoxide immerhin noch von 37%; aber eben nur 5% haben diese beiden Antworten kombiniert und darüber hinaus keine weiteren Aussagen angekreuzt. Bemerkenswert ist außerdem der große Anteil derer, nämlich ca. 53%, die glauben, Kohlenstoffdioxid sei ebenfalls hier einzuordnen. 47% aller Befragten bringen Kohlenstoffdioxid sowohl mit dem Treibhauseffekt als auch mit dem sauren Regen in Verbindung.
- Auch die Wirkung des Abgaskatalysators in modernen Kraftfahrzeugen (F 4) ist weitgehend unbekannt: Lediglich 2% aller Befragten sind richtig und 20% teilweise richtig informiert. Hervorzuheben ist insbesondere, dass 64% der Schülerinnen und Schüler glauben, der Katalysator könne den  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Abgase senken. Diese falsche Aussage wurde wesentlich häufiger angekreuzt als die beiden richtigen.

Bei den unter 18-jährigen Jugendlichen ist für 52% der Jungen und 38% der Mädchen das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug (F 6) „sehr wichtig“. Dieser geschlechtsspezifische Unterschied ist bei den 18-jährigen und älteren weniger deutlich erkennbar: 51% der jungen Männer und 49% der jungen Frauen haben „sehr wichtig“ angekreuzt.

Die Umweltfreundlichkeit ihres Fahrzeugs ist für die meisten „wichtig“.

Das Einsparen von fossilen Brennstoffen (F 6) hält die Mehrzahl der Befragten für „wichtig“ bis „sehr wichtig“.

Auch die Verminderung des  $\text{CO}_2$ -Ausstoßes in die Atmosphäre (F 6) ist für die meisten Schülerinnen und Schüler „wichtig“ bis „sehr wichtig“.

Von den Jugendlichen, die jünger als 18 Jahre sind, haben 19% der Jungen Führerscheine für Leichtkrafträder, jedoch nur 8% der Mädchen. Bei denen, die 18 Jahre und älter sind, verringert sich dieser Abstand: 73% der jungen Männer und 68% der jungen Frauen sind im Besitz von PKW-Führerscheinen.

Dementsprechend gibt es bei den unter 18-jährigen Jugendlichen unter den Jungen erheblich mehr (19%) Besitzer von Leichtkrafträdern als unter den Mädchen (8%), wobei teilweise der Führerschein noch fehlt. Einzelne sind sogar bereits PKW-Besitzer. Bei denen, die 18 Jahre und älter sind, vermindert sich dieser Abstand ebenfalls: 50% der jungen Männer und 44% der jungen Frauen verfügen über einen PKW; auch hier fehlt einzelnen noch der Führerschein.

Von allen, die noch keinen PKW-Führerschein besitzen, wollen 93,4% der Jungen und 92,6% der Mädchen diese Fahrerlaubnis erwerben. Diesbezüglich gibt es keinen signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschied.

Von den Fahrzeugen der Schülerinnen und Schüler sind nahezu 90% der PKW mit Katalysatoren ausgerüstet, von den Leichtmotorrädern und -rollern allerdings nur ungefähr 36%.

## 4.2 Ergebnisse der BIODIESEL-Kundenbefragung

Tab. 42: BIODIESEL-Kundenbefragung zur Häufigkeit des Tankens von BIODIESEL

<b>1. Wie oft tanken Sie BIODIESEL?</b>		<b>Gesamtzahl: 198</b>	
1.1	Regelmäßig	111	<b>56%</b>
1.2	Meistens	67	<b>34%</b>
1.3	Selten	20	<b>10%</b>

Tab. 43: BIODIESEL-Kundenbefragung zur Motivation für die Wahl von BIODIESEL

<b>2. Warum haben Sie sich für BIODIESEL entschieden?</b>		<b>Gesamtzahl: 198</b>	
2.1	- Weil es billiger ist.	141	<b>71%</b>
2.2	- Weil es den Motor schont.	2	<b>1%</b>
2.3	- Weil es angenehmer riecht als Dieselöl.	0	<b>0%</b>
2.4	- Weil es umweltfreundlicher ist als herkömmlicher Dieselkraftstoff.	55	<b>28%</b>

Tab. 44: BIODIESEL-Kundenbefragung zur Bedeutung der Kosten für BIODIESEL

<b>3. Würden Sie BIODIESEL auch dann kaufen, wenn dieser neue Treibstoff teurer wäre als mineralisches Dieselöl?</b>		<b>Gesamtzahl: 198</b>	
3.1	Ja	67	<b>34%</b>
3.2	Nein	78	<b>39%</b>
3.3	Vielleicht	53	<b>27%</b>

Bei der Suche nach der Antwort auf die Frage, bei welchem Anteil der Biodieselfahrer ökologische Überlegungen im Vordergrund stehen, können die **10%**, die selten Biodiesel tanken, unberücksichtigt bleiben. Im Hinblick auf einen Beitrag zum Klimaschutz sind vorzugsweise die **90%** interessant, von denen 56% regelmäßig und 34% meistens auf Biodiesel zurückgreifen (vgl. Tab. 42).

Unterschiedliche Kombinationen der Antworten aus den Fragen F 1, F 2, F 3 und F 6 (vgl. Tab. 42, 43, 44, 47) erlauben Rückschlüsse auf die Beweggründe, die die Kaufentscheidung der Biodieselskunden beeinflussen dürften (vgl. Abb. 26):

- Auf 46 Fragebögen finden sich die Antworten in folgenden Kombinationen: **F 1.1 + F 2.4 + F 3.1** und **F 1.2 + F 2.4 + F 3.1**, d. h. **26%** derjenigen Autofahrer, die „regelmäßig“ bzw. „meistens“ Biodiesel tanken, leisten bewusst einen Beitrag zum Umweltschutz, denn sie verwenden einen Treibstoff, der umweltfreundlicher als mineralisches Dieselöl ist, und wären außerdem bereit, einen höheren Preis dafür zu bezahlen. Auf 12 Fragebögen ist zusätzlich F 6.2 markiert, d. h. ungefähr 7% der Kunden, die „regelmäßig“ oder „meistens“ Biodiesel kaufen,

wissen, dass ein Katalysator den CO<sub>2</sub>-Gehalt des Abgases nicht senken kann. Mindestens die zuletzt genannten Autofahrer dürften mit ihrer Wahl eine bewusste ökologische Entscheidung im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung treffen.

- Auf 13 Fragebögen findet sich die Antwortenkombination: **F 1.1 + F 2.4 + F 3.3**; diese **7%** der Biodieselfahrer haben eine **ökologische Entscheidung** getroffen, denn sie tanken den neuen Treibstoff regelmäßig, weil er umweltfreundlicher als mineralisches Dieselöl ist. Vielleicht würden sie ihn auch dann kaufen, wenn sie einen höheren Preis dafür bezahlen müssten.
- Auf weiteren 65 Fragebögen sind die Antworten folgendermaßen kombiniert: **F 1.1 + F 2.1 + F 3.2** und **F 1.2 + F 2.1 + F 3.2**; d. h. für **37%** der Autofahrer, die „regelmäßig“ oder „meistens“ Biodiesel tanken, bilden eindeutig **wirtschaftliche Aspekte** die Grundlage ihrer Entscheidung, denn sie wählen diesen Treibstoff, weil er billiger als herkömmlicher Dieselmotorkraftstoff ist, und würden ihn nicht verwenden, wenn er teurer wäre.
- Die Antworten weiterer 32 Biodieselnutzer, nämlich **F 1.1 + F 2.1 + F 3.3** und **F 1.2 + F 2.1 + F 3.3**, bedeuten, dass auch für diese ca. **18%** **wirtschaftliche Erwägungen** im Vordergrund stehen. Sie kaufen diesen neuen Treibstoff, weil er preisgünstiger angeboten wird als mineralisches Dieselöl und würden vielleicht damit fahren, wenn er mehr kostete.
- Andere 22 Biodieselnutzer haben die Antworten folgendermaßen kombiniert: **F 1.1 + F 2.1 + F 3.1**; bei diesen **12%** könnten sowohl ökologische als auch wirtschaftliche Überlegungen eine Rolle spielen. Angeblich tanken sie Biodiesel „regelmäßig“ bzw. „meistens“, weil dieser Kraftstoff billiger ist, aber sie würden ihn auch dann kaufen, wenn er teurer als herkömmlicher Dieseltreibstoff wäre.

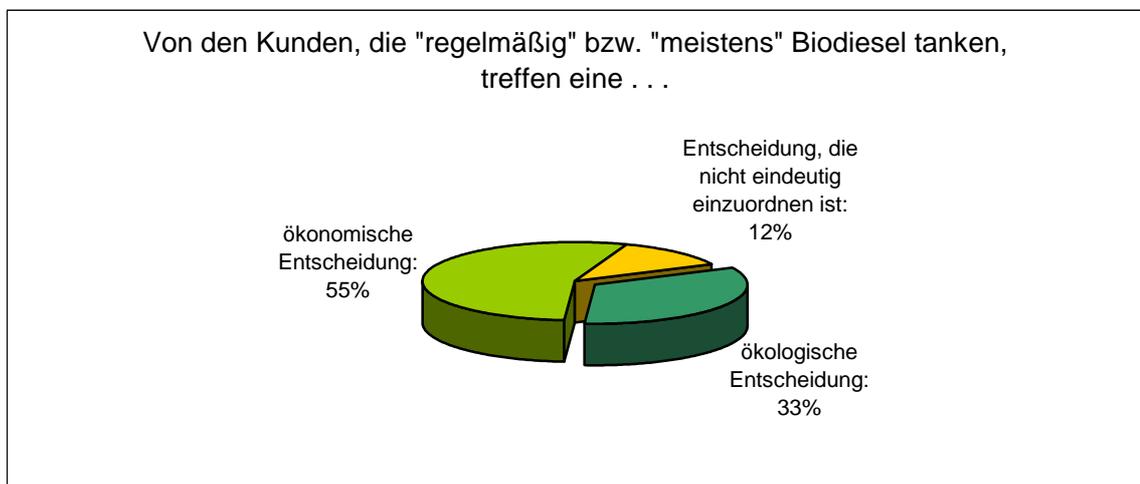


Abb. 26: Beweggründe der BIODIESEL-Kunden für ihre Kaufentscheidung

Tab. 45: BIODIESEL-Kundenbefragung zu Kohlenstoffdioxid

<b>4. Was ist Kohlenstoffdioxid?</b>		<b>Gesamtzahl: 198</b>	
4.1	- Ein Süßstoff für Zucker Kranke.	0	0%
4.2	- Ein modernes Frostschutzmittel.	0	0%
4.3	- Ein Gas, das den Treibhauseffekt verursacht.	198	<b>100%</b>
4.4	- Keine Angabe	0	0%

Die Befragten waren zu 100% richtig informiert (vgl. Tab. 45).

Tab. 46: BIODIESEL-Kundenbefragung zu Schwefeldioxid

<b>5. Was ist Schwefeldioxid?</b>		<b>Gesamtzahl: 198</b>	
5.1	- Ein lösungsmittelfreier Fleckenentferner.	0	0%
5.2	- Ein Gas, das den "sauren Regen" verursacht.	197	<b>99,5%</b>
5.3	- Ein neuer Kunstharzlack.	0	0%
5.4	- Keine Angabe	1	0,5%

99,5% aller Befragten nannten die richtige Antwort (vgl. Tab. 46).

Tab. 47: BIODIESEL-Kundenbefragung zur Katalysatorwirkung

<b>6. Kann man mit einem Katalysator den Kohlenstoffdioxidgehalt der Autoabgase senken?</b>	<b>Gesamtzahl: 198</b>		
	(6.1)	(6.2)	(6.3)
	Ja	Nein	Weiß nicht
	120	78	0
	<b>61%</b>	<b>39%</b>	<b>0%</b>

Das Befragungsergebnis aus Tabelle 47 wird in Abbildung 27 grafisch dargestellt:

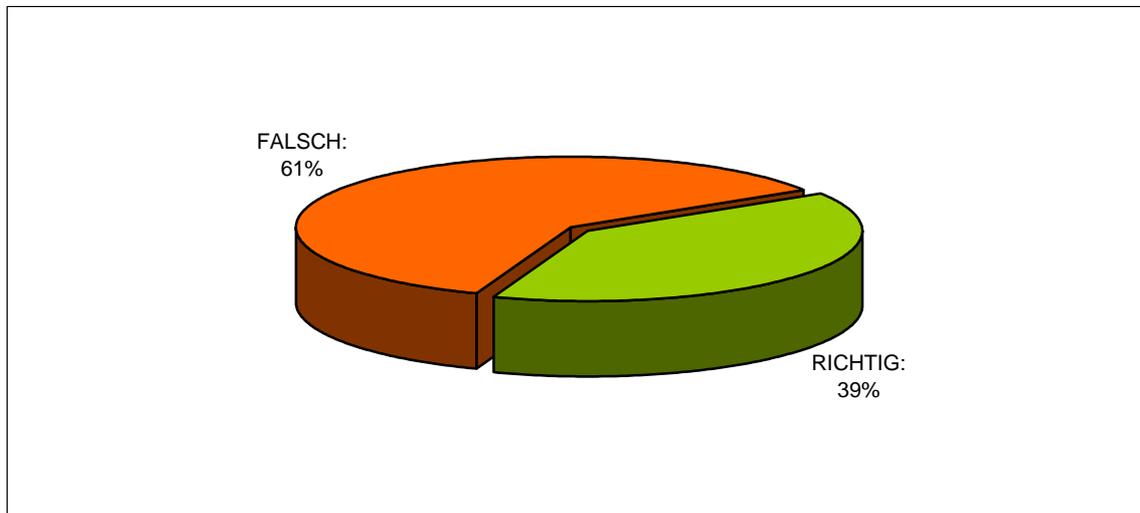


Abb. 27: BIODIESEL-Kundenbefragung zum Wissen um die Wirkung des Abgaskatalysators

Tab. 48: BIODIESEL-Kundenbefragung: Gewichtung verschiedener Aussagen

7. Gewichten Sie bitte die folgenden Aussagen:	Gesamtzahl: 198			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Ohne Angabe
BIODIESEL wird aus Rapsöl hergestellt.	54 <b>27%</b>	55 <b>28%</b>	89 <b>45%</b>	0 <b>0%</b>
BIODIESEL ist nahezu kohlenstoffdioxid-neutral.	33 <b>17%</b>	34 <b>17%</b>	131 <b>66%</b>	0 <b>0%</b>
BIODIESEL vermindert den Erdölverbrauch.	32 <b>16%</b>	43 <b>22%</b>	123 <b>62%</b>	0 <b>0%</b>
BIODIESEL gefährdet weder den Boden noch das Grundwasser.	43 <b>22%</b>	56 <b>28%</b>	99 <b>50%</b>	0 <b>0%</b>
BIODIESELabgase enthalten kein Schwefeldioxid.	24 <b>12%</b>	42 <b>21%</b>	132 <b>67%</b>	0 <b>0%</b>

Die Mehrzahl aller Befragten hält die 5 Aussagen für „sehr wichtig“ (vgl. Tab. 48).

Tab. 49: Geschlecht der BIODIESEL-Kunden

8. Geschlecht	Männlich	177	<b>89%</b>
	Weiblich	21	<b>11%</b>

Das Befragungsergebnis aus Tabelle 49 wird in Abbildung 28 grafisch dargestellt:

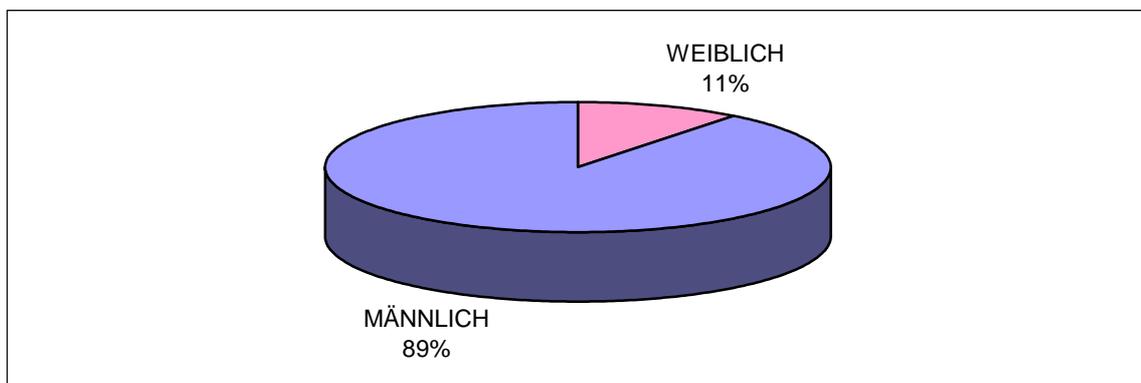


Abb. 28: Geschlecht der BIODIESEL-Kunden

Tab. 50: Alter der BIODIESEL-Kunden

9. Altersgruppe	bis 25 Jahre	12	<b>6%</b>
	25 bis 40 Jahre	97	<b>49%</b>
	über 40 Jahre	89	<b>45%</b>

Das Befragungsergebnis aus Tabelle 50 wird in Abbildung 29 grafisch dargestellt:

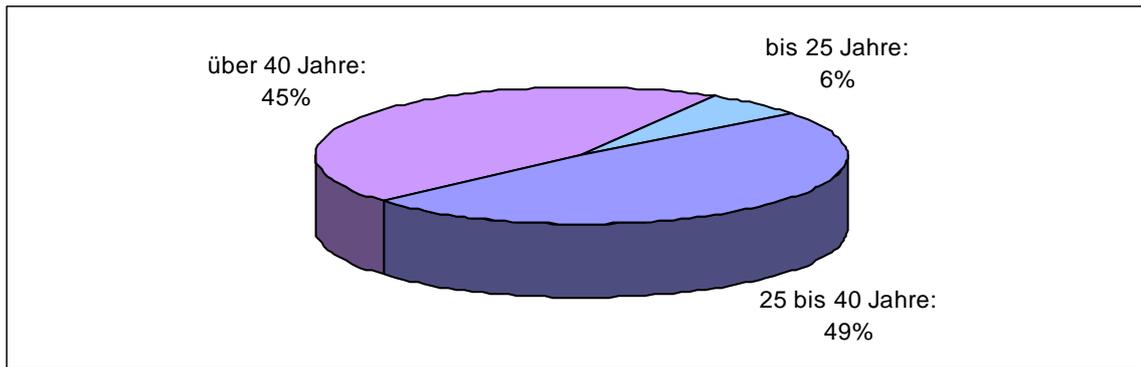


Abb. 29: Alter der BIODIESEL-Kunde

**Gesamtzahl: 198**

10. Bildungsabschluss			
	Hauptschule	2	<b>1%</b>
	Berufsfachschule	8	<b>4%</b>
	Realschule	32	<b>16%</b>
	Gymnasium	33	<b>17%</b>
	Fachhochschule	78	<b>39%</b>
	Universität	45	<b>23%</b>
	Keine Angabe	0	<b>0%</b>

Tab. 51: Bildungsabschlüsse der BIODIESEL-Kunden

Das Befragungsergebnis aus Tabelle 51 wird in Abbildung 30 grafisch dargestellt:

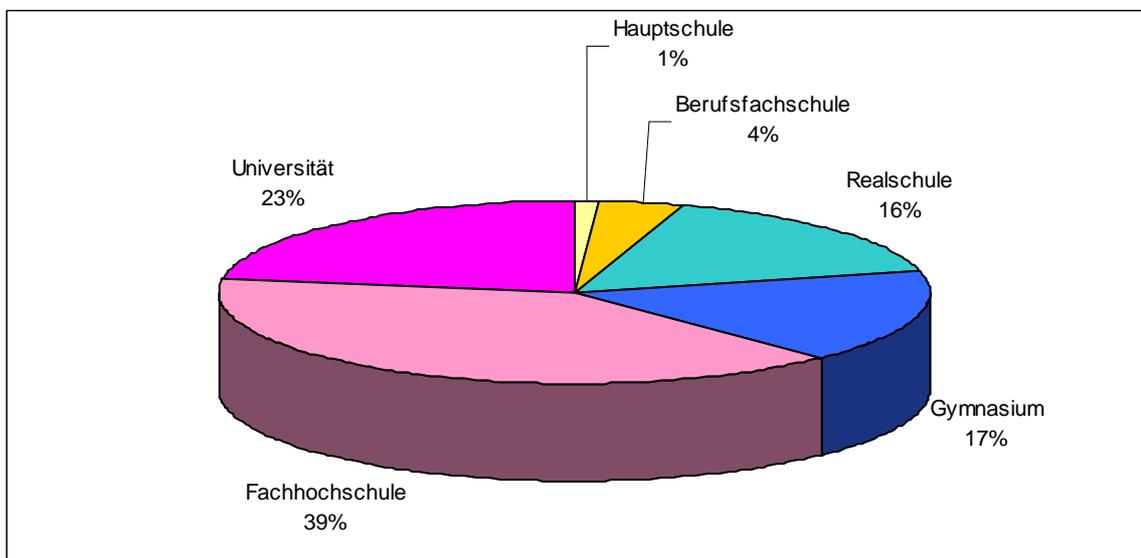


Abb. 30: Bildungsabschlüsse der BIODIESEL-Kunden

## 11. Beruf

Die befragten Biodieselskunden nannten fast ausschließlich Berufe, die einen gehobenen oder höheren Bildungsabschluss erfordern.

**12. In welchem Alter haben Sie Ihren Führerschein erworben?**

Tab. 52: BIODIESEL-Kundenbefragung zu ihrem Alter beim Führerscheinwerb

Alter	18	19 bis 25	26 und älter
Anzahl	176 <b>89%</b>	20 <b>10%</b>	2 <b>1%</b>

Das Befragungsergebnis aus Tabelle 52 wird in Abbildung 31 grafisch dargestellt:

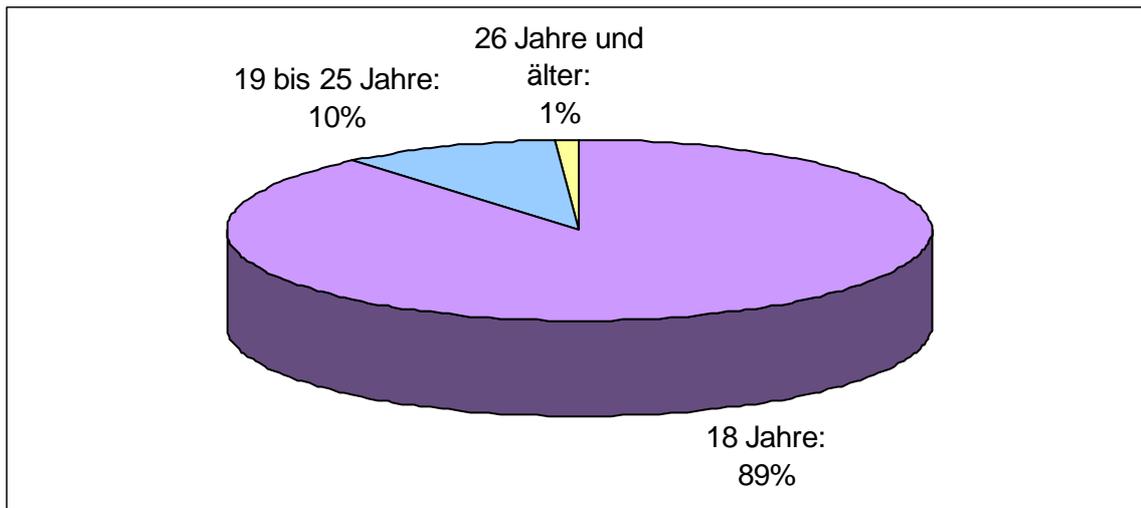


Abb. 31: Alter, in dem die BIODIESEL-Kunden ihre PKW-Führerscheine erworben haben

		<b>Gesamtzahl: 198</b>	
<b>13. Fahrzeug</b>	<b>Hersteller (Marke)</b>	Audi	45 <b>23%</b>
		BMW	10 <b>5%</b>
		Ford	34 <b>17%</b>
		Mercedes Benz	35 <b>18%</b>
		Opel	8 <b>4%</b>
		Skoda	8 <b>4%</b>
		VW	56 <b>28%</b>
		Andere Marken	2 <b>1%</b>
	<b>Alter der Fahrzeuge</b>	0 bis 5 Jahre alt	144 <b>73%</b>
		6 bis 10 Jahre alt	42 <b>21%</b>
		Älter als 10 Jahre	12 <b>6%</b>
		Ohne Angabe	-
	<b>Mit Katalysator</b>	Ja	<b>121</b> <b>61%</b>
		Nein	<b>53</b> <b>27%</b>
Weiß ich nicht		<b>24</b> <b>12%</b>	

Tab. 53: BIODIESEL-Kundenbefragung zu ihren Fahrzeugen

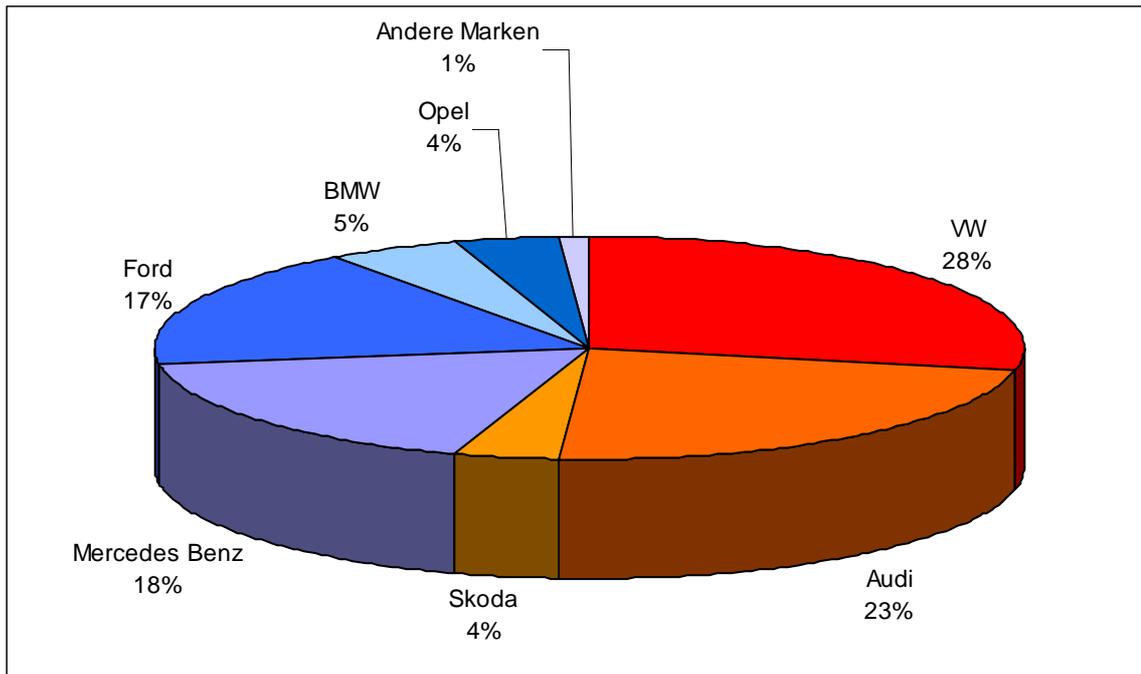


Abb. 32: Häufigkeit der Automobilmarken an BIODIESEL-Zapfsäulen

Fahrzeuge aus dem VW-Konzern (28% VW-, 23% Audi- und 4% Skoda-Modelle) wurden mit einem Anteil von 55% häufiger mit BIODIESEL betankt als Autos aller anderen Hersteller zusammen. Es folgten Automobile von Mercedes-Benz mit 18%, Ford mit 17%, BMW mit 5% und von Opel mit 4% (vgl. Tab. 53 und Abb. 32).

Nach Tab. 53 sind 73% der Fahrzeuge 0 bis 5 Jahre alt, 21% haben ein Alter von 6 bis 10 Jahren, und nur 6% sind älter als 10 Jahre. Mit Abgaskatalysatoren sind 61% ausgerüstet.

Während der Umfragen suchten insgesamt 1224 Personenwagen mit Dieselmotoren die Tankstellen auf. Davon wurden 198, das sind 16%, mit BIODIESEL und 1026, das sind 84%, mit herkömmlichem Dieseltreibstoff betankt (vgl. Abb. 33).

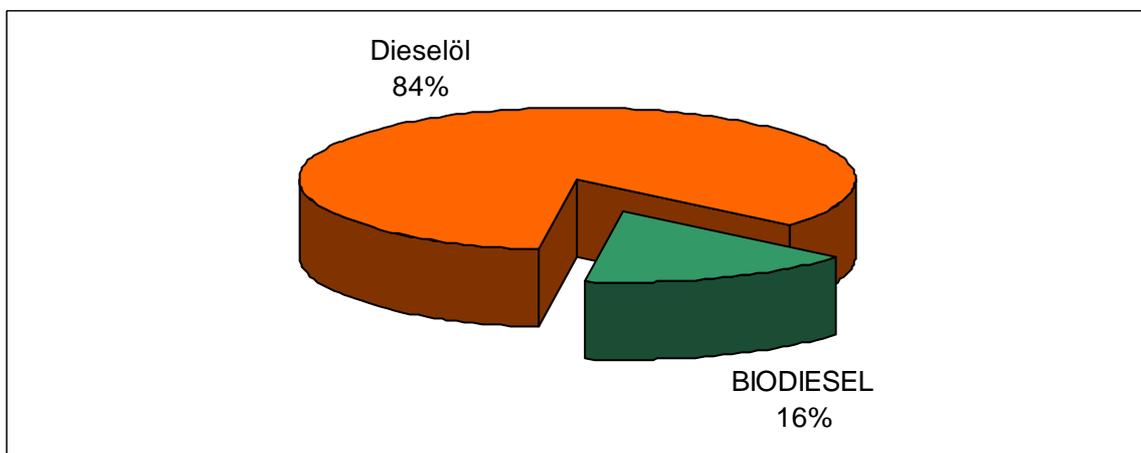


Abb. 33: Anteil der Dieselfahrzeuge, die mit BIODIESEL betankt wurden

## Die wichtigsten Ergebnisse kurz zusammengefasst:

- Für die Kaufentscheidung derjenigen Autofahrer, die „regelmäßig“ bzw. „meistens“ zu BIODIESEL greifen, sind bei insgesamt **33%** überwiegend ökologische und bei **55%** vor allem wirtschaftliche Aspekte maßgebend. Für **12%** der Biodieselnkunden ist in dieser Hinsicht keine eindeutige Aussage möglich.
- 100% der Befragten kennen die ökologische Bedeutung von CO<sub>2</sub> und SO<sub>2</sub>.
- 39% der befragten Biodieselnkunden wissen, dass der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Autoabgase mit einem Katalysator nicht gesenkt werden kann.

Die Mehrzahl aller Befragten hält die 5 Aussagen:

1. BIODIESEL wird aus Rapsöl hergestellt.
2. BIODIESEL ist nahezu kohlenstoffdioxidneutral.
3. BIODIESEL vermindert den Erdölverbrauch.
4. BIODIESEL gefährdet weder den Boden noch das Grundwasser.
5. BIODIESELabgase enthalten kein Schwefeldioxid.

für „sehr wichtig“.

- 89% der Biodieselnkunden waren Männer und nur 11% Frauen.
- Insgesamt 94% der Biodieselnkäufer waren 25 Jahre und älter.
- 99% gaben an, einen gehobenen oder höheren Bildungsabschluss zu haben.
- Es wurden fast ausschließlich Berufe genannt, die einen gehobenen oder höheren Bildungsabschluss voraussetzen.
- 89% der Befragten erwarben ihren PKW-Führerschein mit 18 Jahren, 10% im Alter von 19 bis 25 Jahren und 1% waren älter als 25 Jahre.
- Fahrzeuge aus dem VW-Konzern (28% VW-, 23% Audi- und 4% Skoda-Modelle) wurden mit einem Anteil von 55% häufiger mit BIODIESEL betankt als Autos aller anderen Hersteller zusammen. Es folgten Automobile von Mercedes-Benz mit 18%, Ford mit 17%, BMW mit 5% und von Opel mit 4%.
- 73% der Fahrzeuge sind 0 bis 5 Jahre alt, 21% haben ein Alter von 6 bis 10 Jahren, und nur 6% sind älter als 10 Jahre. Mit Abgaskatalysatoren sind 61% ausgerüstet.
- Lediglich 16% der Dieselfahrzeuge wurden mit BIODIESEL betankt.

### 4.3 Ergebnisse der DIESEL-Kundenbefragung

Tab. 54: DIESEL-Kundenbefragung zur Fahrzeugeignung für BIODIESEL

1. Ist Ihr Fahrzeug für den Betrieb mit BIODIESEL geeignet?	Gesamtzahl: 1026		
	Ja	270	<b>26%</b>
Nein	407	<b>40%</b>	
Ich weiß es nicht.	349	<b>34%</b>	
<u>Wenn ja:</u> Wie oft tanken Sie BIODIESEL?			
Häufig	19	<b>2%</b>	
Selten	35	<b>3%</b>	
Niemals	216	<b>21%</b>	

Nach Angabe ihrer Fahrer sind 26% der Fahrzeuge für den Betrieb mit BIODIESEL geeignet, jedoch nur 2% der befragten Dieselmotorkäufer fahren „häufig“ damit (vgl. Tab. 54).

Tab. 55: DIESEL-Kundenbefragung zur Betriebssicherheit mit BIODIESEL

2. Würden Sie BIODIESEL tanken, wenn Sie sicher sein könnten, dass es Ihrem Motor nicht schadet?	Gesamtzahl: 1026	
	Ja	Nein
	987	39
	<b>96%</b>	<b>4%</b>

96% der Dieselmotorkunden würden BIODIESEL tanken, wenn sie sicher sein könnten, dass ihre Motoren dadurch keinen Schaden nehmen (vgl. Tab. 55).

Tab. 56: DIESEL-Kundenbefragung zur Umweltfreundlichkeit des Fahrzeugs

3. Wie wichtig ist für Sie die Umweltfreundlichkeit Ihres Fahrzeugs?	Gesamtzahl: 1026		
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig
	54	493	479
	<b>5%</b>	<b>48%</b>	<b>47%</b>

Für 95% der Befragten ist die Umweltfreundlichkeit ihrer Fahrzeuge je ungefähr zur Hälfte „wichtig“ bzw. „sehr wichtig“ (vgl. Tab. 56).

Tab. 57: DIESEL-Kundenbefragung zu Kohlenstoffdioxid

4. Was ist Kohlenstoffdioxid?	Gesamtzahl: 1026	
- Ein Süßstoff für Zuckerkrank.	0	-
- Ein modernes Frostschutzmittel.	18	<b>2%</b>
- Ein Gas, das den Treibhauseffekt verursacht.	956	<b>93%</b>
- Keine Angabe	52	<b>5%</b>

Nach Tabelle 57 antworteten 93% der Befragten richtig.

Tab. 58: DIESEL-Kundenbefragung zu Schwefeldioxid

5. Was ist Schwefeldioxid?	Gesamtzahl: 1026	
- Ein lösungsmittelfreier Fleckenentferner.	29	<b>3%</b>
- Ein Gas, das den "sauren Regen" verursacht.	945	<b>92%</b>
- Ein neuer Kunstharzlack.	11	<b>1%</b>
- Keine Angabe	41	<b>4%</b>

Nach Tabelle 58 waren 92% der Befragten richtig informiert.

Tab. 59: DIESEL-Kundenbefragung zur Katalysatorwirkung

6. Kann man mit einem Katalysator den Kohlenstoffdioxidgehalt der Autoabgase senken?	Gesamtzahl: 1026		
	Ja	Nein	Weiß nicht
	883	81	62
	<b>86%</b>	<b>8%</b>	<b>6%</b>

Das Befragungsergebnis aus Tabelle 59 wird in Abbildung 34 grafisch dargestellt:

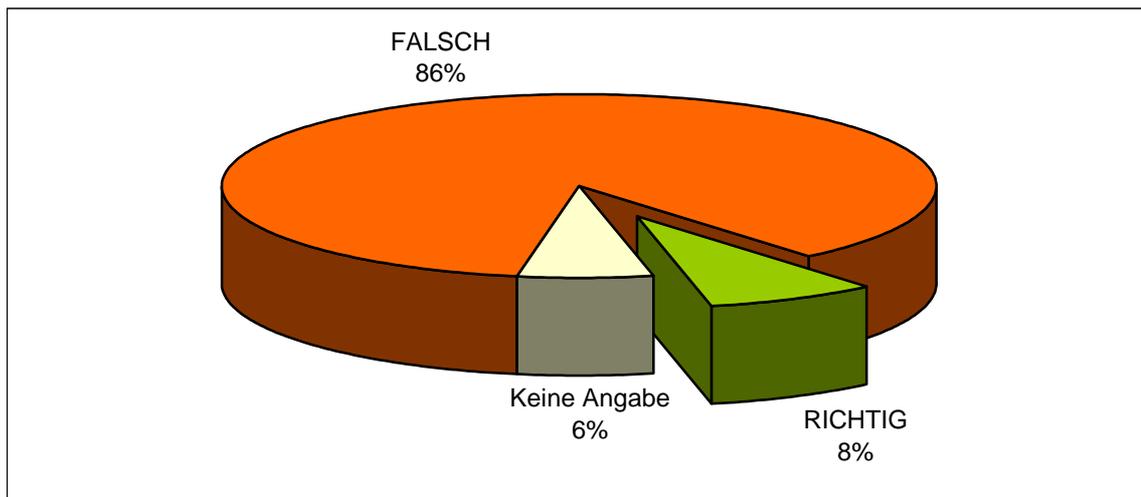


Abb. 34: DIESEL-Kundenbefragung zum Wissen um die Wirkung des Abgaskatalysators

Lediglich 8% aller befragten Dieselpkunden und -kundinnen sind richtig über die Wirkung des Abgaskatalysators unterrichtet.

Im Gegensatz zu den Biodieselpkäufern, von denen 39% und Vertreter unterschiedlichster Berufe über die Katalysatorwirkung informiert sind, wurde diese Frage bei den Dieselpkunden nahezu ausschließlich nur von denen richtig beantwortet, deren Berufe mindestens Grundkenntnisse in Biologie bzw. Chemie voraussetzen, z. B. von Ärzten, Apothekern, Biologen, Chemikern, Chemotechnikern, Chemielaboranten usw. sowie von Ingenieuren und technischen Sachverständigen.

Bemerkenswert ist weiterhin, dass sämtliche Kfz-Meister und -Mechaniker, die in die Befragungen gerieten, glauben, der Katalysator könne den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Abgase senken.

Tab. 60: Befragung sämtlicher DIESEL-Kunden: Gewichtung verschiedener Aussagen

7. Gewichten Sie bitte die folgenden Aussagen:	<b>Gesamtzahl: 1026</b>			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Ohne Angabe
BIODIESEL wird aus Rapsöl hergestellt.	315 <b>31%</b>	431 <b>42%</b>	227 <b>22%</b>	53 <b>5%</b>
BIODIESEL ist nahezu kohlenstoffdioxid-neutral.	83 <b>8%</b>	412 <b>40%</b>	469 <b>46%</b>	62 <b>6%</b>
BIODIESEL vermindert den Erdölverbrauch.	133 <b>13%</b>	299 <b>29%</b>	566 <b>55%</b>	28 <b>3%</b>
BIODIESEL gefährdet weder den Boden noch das Grundwasser.	91 <b>9%</b>	297 <b>29%</b>	606 <b>59%</b>	32 <b>3%</b>
BIODIESELabgase enthalten kein Schwefeldioxid.	111 <b>11%</b>	254 <b>25%</b>	628 <b>61%</b>	33 <b>3%</b>

Tab. 61: Befragung der männlichen DIESEL-Kunden: Gewichtung verschiedener Aussagen

Gewichten Sie bitte die folgenden Aussagen:	<b>Männer: 864</b>			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Ohne Angabe
BIODIESEL wird aus Rapsöl hergestellt.	260 <b>30%</b>	371 <b>43%</b>	182 <b>21%</b>	51 <b>6%</b>
BIODIESEL ist nahezu kohlenstoffdioxid-neutral.	69 <b>8%</b>	380 <b>44%</b>	353 <b>41%</b>	62 <b>7%</b>
BIODIESEL vermindert den Erdölverbrauch.	119 <b>14%</b>	278 <b>32%</b>	441 <b>51%</b>	26 <b>3%</b>
BIODIESEL gefährdet weder den Boden noch das Grundwasser.	80 <b>9%</b>	267 <b>31%</b>	483 <b>56%</b>	34 <b>4%</b>
BIODIESELabgase enthalten kein Schwefeldioxid.	96 <b>11%</b>	234 <b>27%</b>	499 <b>58%</b>	35 <b>4%</b>

Tab. 62: Befragung der DIESEL-Kundinnen: Gewichtung verschiedener Aussagen

Gewichten Sie bitte die folgenden Aussagen:	<b>Frauen: 162</b>			
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Ohne Angabe
BIODIESEL wird aus Rapsöl hergestellt.	53 <b>33%</b>	63 <b>39%</b>	46 <b>28%</b>	0 <b>-</b>
BIODIESEL ist nahezu kohlenstoffdioxid-neutral.	8 <b>5%</b>	37 <b>23%</b>	117 <b>72%</b>	0 <b>-</b>
BIODIESEL vermindert den Erdölverbrauch.	18 <b>11%</b>	18 <b>11%</b>	126 <b>78%</b>	0 <b>-</b>
BIODIESEL gefährdet weder den Boden noch das Grundwasser.	8 <b>5%</b>	27 <b>17%</b>	127 <b>78%</b>	0 <b>-</b>
BIODIESELabgase enthalten kein Schwefeldioxid.	8 <b>5%</b>	18 <b>11%</b>	136 <b>84%</b>	0 <b>-</b>

Die Aussage:

- BIODIESEL wird aus Rapsöl hergestellt.

wurde nach Tabelle 60 von der Mehrzahl der Befragten als „wichtig“ eingestuft, wobei kein signifikanter geschlechtsspezifischer Unterschied erkennbar ist (vgl. Tab. 61 und 62).

Die Aussage:

- BIODIESEL ist nahezu kohlenstoffdioxidneutral.

hielten 85% der Männer je etwa zur Hälfte für „wichtig“ bzw. „sehr wichtig“, während 72% der Frauen „sehr wichtig“ angaben (vgl. Tab. 61 und 62).

Die übrigen Aussagen:

- BIODIESEL vermindert den Erdölverbrauch.
- BIODIESEL gefährdet weder den Boden noch das Grundwasser.
- BIODIESELabgase enthalten kein Schwefeldioxid.

wurden von der Mehrzahl aller Befragten als „sehr wichtig“ bezeichnet; dabei ist der Prozentsatz der Frauen, die „sehr wichtig“ angaben, deutlich höher als derjenige der Männer (vgl. Tab. 60, 61 und 62).

Tab. 63: Geschlecht der DIESEL-Kunden

<b>8. Geschlecht</b>	Männlich	862	<b>84%</b>
	Weiblich	164	<b>16%</b>

Das Befragungsergebnis aus Tabelle 63 wird in Abbildung 35 grafisch dargestellt:

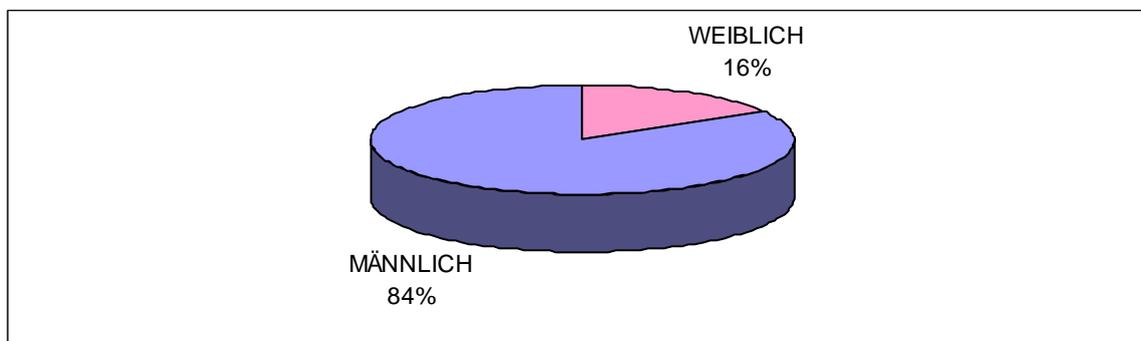


Abb. 35: Geschlecht der DIESEL-Kunden

Tab. 64: Alter der DIESEL-Kunden

<b>9. Altersgruppe</b>	<b>Gesamtzahl: 1026</b>		
	bis 25 Jahre	102	<b>10%</b>
	25 bis 40 Jahre	431	<b>42%</b>
	über 40 Jahre	493	<b>48%</b>

Das Befragungsergebnis aus Tabelle 64 wird in Abbildung 36 grafisch dargestellt:

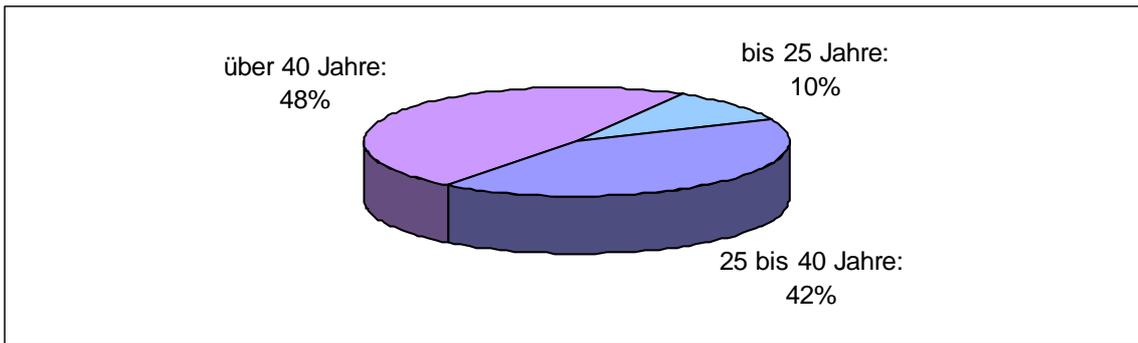


Abb. 36: Alter der DIESEL-Kunden

		<b>Gesamtzahl: 1026</b>	
<b>10. Bildungsabschluss</b>	Hauptschule	132	<b>13%</b>
	Berufsfachschule	120	<b>12%</b>
	Realschule	196	<b>19%</b>
	Gymnasium	197	<b>19%</b>
	Fachhochschule	189	<b>18%</b>
	Universität	183	<b>18%</b>
	Keine Angabe	9	<b>1%</b>

Tab. 65: Bildungsabschlüsse der DIESEL-Kunden

Das Befragungsergebnis aus Tabelle 65 wird in Abbildung 37 grafisch dargestellt:

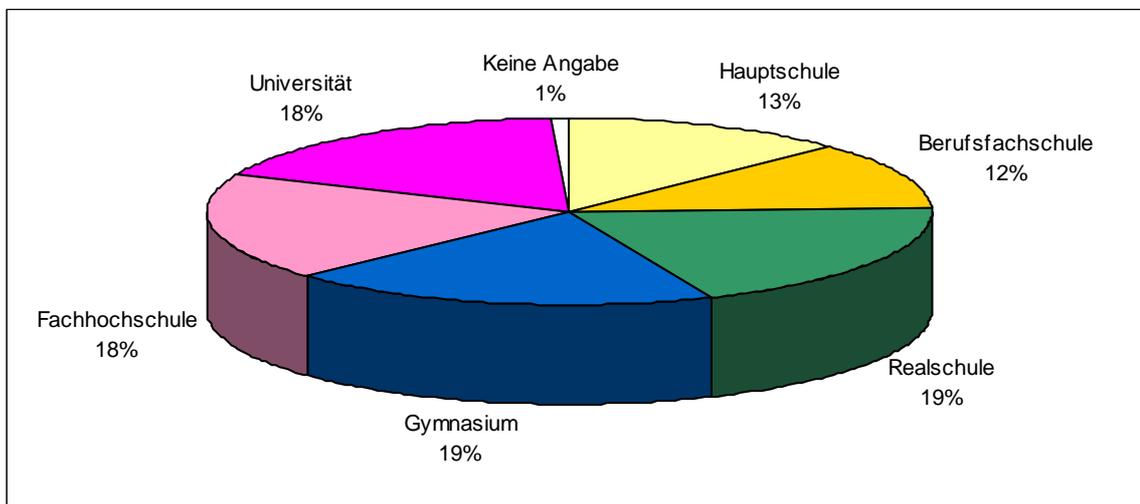


Abb. 37: Bildungsabschlüsse der DIESEL-Kunden

<b>11. Beruf</b>	
------------------	--

Es wurde ein breites Spektrum an Berufen genannt, auch weniger bekannte. Eine Häufung einzelner Berufe oder Berufsgruppen war unter den befragten Dieselfahrern nicht zu beobachten.

**12. In welchem Alter haben Sie Ihren Führerschein erworben?**

Tab. 66: DIESEL-Kundenbefragung zu ihrem Alter beim Führerscheinwerb

Alter	18	19 bis 25	Ohne Angabe
Anzahl	761 <b>74%</b>	247 <b>24%</b>	18 <b>2%</b>

Das Befragungsergebnis aus Tabelle 66 wird in Abbildung 38 grafisch dargestellt:

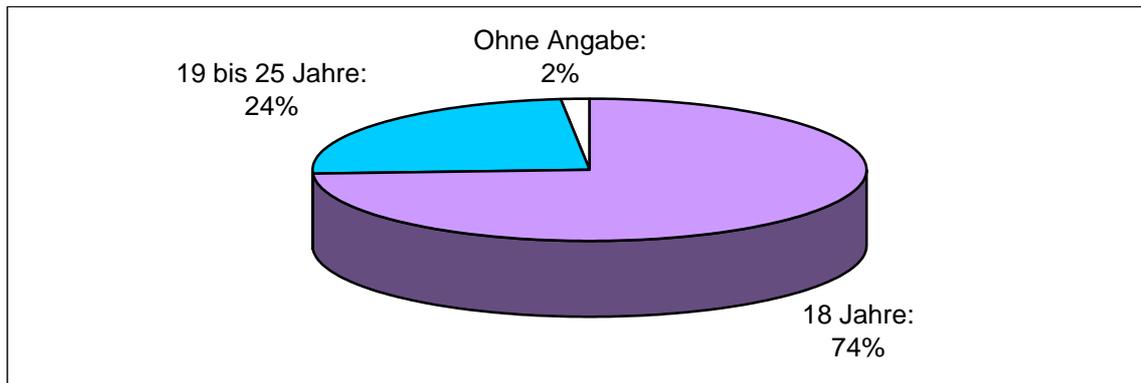


Abb. 38: Alter, in dem die DIESEL-Kunden ihre PKW-Führerscheine erworben haben

		<b>Gesamtzahl: 1026</b>		
<b>13. Fahrzeuge</b>	<b>Hersteller (Marke)</b>	Audi	123	<b>12%</b>
		BMW	82	<b>8%</b>
		Citroen	21	<b>2%</b>
		Ford	88	<b>9%</b>
		Mercedes Benz	297	<b>29%</b>
		Nissan	20	<b>2%</b>
		Opel	53	<b>5%</b>
		Peugeot	41	<b>4%</b>
		Renault	31	<b>3%</b>
		VW	236	<b>23%</b>
		Andere Marken	34	<b>3%</b>
	<b>Alter der Fahrzeuge</b>	0 bis 5 Jahre alt	624	<b>61%</b>
		6 bis 10 Jahre alt	217	<b>21%</b>
		Älter als 10 Jahre	143	<b>14%</b>
		Ohne Angabe	42	<b>4%</b>
	<b>Mit Katalysator</b>	Ja	783	<b>76%</b>
Nein		195	<b>19%</b>	
Weiß ich nicht		48	<b>5%</b>	

Tab. 67: DIESEL-Kundenbefragung zu ihren Fahrzeugen

Nach Tabelle 67 wurden mit einem Anteil von 35% am zahlreichsten Fahrzeuge aus dem VW-Konzern (23% VW- und 12% Audi-Modelle) an den Dieselpapfsäulen aufgetankt. Es folgten Autos von Mercedes-Benz mit 29%, Ford mit 9%, BMW mit 8%, Opel mit 5%, Peugeot mit 4%, Renault mit 3% sowie von Citroen und Nissan mit je 2% (vgl. Abb. 39).

61% der Fahrzeuge sind 0 bis 5 Jahre alt, 21% haben ein Alter von 6 bis 10 Jahren, und 14% sind älter als 10 Jahre. 4% der Dieselfahrer machten keine Angabe zum Alter ihres Wagens (vgl. Tab. 67).

Mit Abgaskatalysatoren sind 76% der Autos ausgestattet (vgl. Tab. 67).

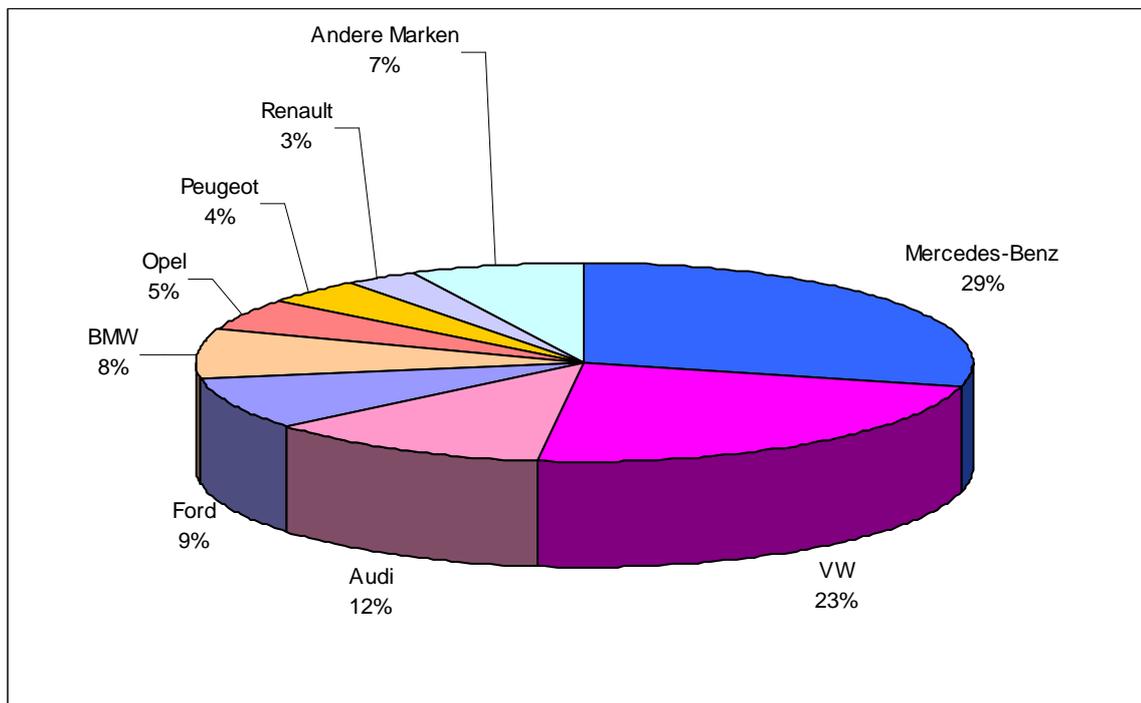


Abb. 39: Häufigkeit der Automobilmarken an DIESEL-Zapfsäulen

### Die wichtigsten Ergebnisse kurz zusammengefasst:

- Nur 2% der befragten Dieselmkäufer gaben an, „häufig“ mit Biodiesel zu fahren, obwohl 26% der Fahrzeuge dazu geeignet waren.
- 96% der Dieselmkunden würden Biodiesel tanken, wenn sie sicher wüssten, dass dieser neue Treibstoff für ihre Motoren unschädlich ist.
- Für 95% der Befragten ist die Umweltfreundlichkeit ihrer Fahrzeuge „wichtig“ bzw. „sehr wichtig“.
- 93% der befragten Dieselmkunden wissen, dass CO<sub>2</sub> den Treibhauseffekt verstärkt.
- 92% sind darüber informiert, dass SO<sub>2</sub> an der Bildung des sauren Regens beteiligt ist.

- Jedoch lediglich 8% der Befragten sind darüber unterrichtet, dass der Abgaskatalysator den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Autoabgase nicht senken kann.

Im Gegensatz zu den Biodieselfahrern, bei denen 39% richtig antworteten und bei denen das Wissen um die Katalysatorwirkung breiter gestreut ist, sind unter den Dieseln Kunden fast ausschließlich diejenigen informiert, deren Berufe Kenntnisse in Biologie bzw. Chemie voraussetzen.

Die Aussage:

- BIODIESEL wird aus Rapsöl hergestellt.

wurde von der Mehrzahl der Befragten als „wichtig“ eingestuft, wobei kein signifikanter geschlechtsspezifischer Unterschied erkennbar ist.

Die Aussage:

- BIODIESEL ist nahezu kohlenstoffdioxidneutral.

hielten 85% der Männer je etwa zur Hälfte für „wichtig“ bzw. „sehr wichtig“, während 72% der Frauen „sehr wichtig“ angaben.

Die übrigen Aussagen:

- BIODIESEL vermindert den Erdölverbrauch.
- BIODIESEL gefährdet weder den Boden noch das Grundwasser.
- BIODIESEL Abgase enthalten kein Schwefeldioxid.

wurden von der Mehrzahl als „sehr wichtig“ bezeichnet, dabei ist der Prozentsatz der Frauen, die „sehr wichtig“ angaben, deutlich höher als derjenige der Männer.

- 84% der Dieseln Kunden waren Männer und nur 16% Frauen.
- Insgesamt 90% der Dieseln Käufer waren 25 Jahre und älter.
- 86% der Befragten gaben an, gehobene oder höhere Bildungsabschlüsse zu haben.
- Es wurde ein breites Spektrum an Berufen genannt; ohne Häufung einzelner Berufe oder Berufsgruppen.
- 74% der Befragten erwarben ihre PKW-Führerscheine mit 18 Jahren, 24% im Alter von 19 bis 25 Jahren und 2% machten keine Angabe.
- Am zahlreichsten wurden Fahrzeuge aus dem VW-Konzern (23% VW- und 12% Audi-Modelle) mit einem Anteil von 35% an den Dieseln Zapfsäulen aufgetankt. Es folgten Autos von Mercedes-Benz mit 29%, Ford mit 9%, BMW mit 8%, Opel mit 5%, Peugeot mit 4%, Renault mit 3% sowie von Citroen und Nissan mit je 2%.
- 61% der Fahrzeuge sind 0 bis 5 Jahre alt, 21% haben ein Alter von 6 bis 10 Jahren, und 14% sind älter als 10 Jahre. 4% der Dieseln Fahrer machten keine Angabe zum Alter ihres Wagens. Mit Abgaskatalysatoren sind 76% der Autos ausgestattet.

## 4.4 Ergebnisse der Abschlussbefragung der Projektteilnehmer nach dem Umweltprojekt

Tab. 68: Ergebnisse zu Frage 1 der Abschlussbefragung der Projektteilnehmer

1. Fühlen Sie sich <u>nach dem fächerübergreifenden Projekt</u> über die Umweltprobleme, die der motorisierte Verkehr verursacht, besser unterrichtet als zuvor?	
	Schülerzahl (insgesamt 55)
Ja; die Zusammenhänge waren mir vorher größtenteils unbekannt.	15 <b>27 %</b>
Ja; ich wusste jedoch zuvor schon einiges.	39 <b>71%</b>
Nein; ich war vorher schon sehr gut informiert.	1 <b>2%</b>

Nach Tabelle 68 fühlen sich insgesamt 98% der an dem Projekt beteiligten Schülerinnen und Schüler hinterher besser informiert.

Tab. 69: Ergebnisse zu Frage 2 der Abschlussbefragung der Projektteilnehmer

2. Wussten Sie schon <u>vor dem Projekt</u> , dass moderne Dieselfahrzeuge anstelle von mineralischem Dieselöl mit BIODIESEL betrieben werden können?			
	Ja	38	<b>69%</b>
	Nein	17	<b>31%</b>

69% der Schülerinnen und Schüler wussten schon vorher, dass moderne Dieselfahrzeuge mit BIODIESEL gefahren werden können (vgl. Tab. 69).

Tab. 70: Ergebnisse zu Frage 3 der Abschlussbefragung der Projektteilnehmer

3. War Ihnen <u>vorher</u> schon bekannt, dass BIODIESEL . . .			
	Ja	Nein	Ohne Angabe
aus Pflanzenöl hergestellt wird?	41 <b>74%</b>	13 <b>24%</b>	1 <b>2%</b>
ein Gemisch aus Fettsäuremethylestern ist?	5 <b>9%</b>	49 <b>89%</b>	1 <b>2%</b>
nahezu CO <sub>2</sub> -neutral ist?	21 <b>38%</b>	32 <b>58%</b>	2 <b>4%</b>

Nach den Angaben der Schülerinnen und Schüler (vgl. Tab. 70) wussten

- 74% schon vor dem Projekt, dass BIODIESEL aus Pflanzenöl hergestellt wird,
- 9%, dass BIODIESEL aus Fettsäuremethylestern besteht und
- 38%, dass BIODIESEL nahezu CO<sub>2</sub>-neutral ist.

4. Welche der aufgezählten Gase sind an der Bildung des „sauren Regens“ beteiligt?	
4.1	- Stickstoffoxide NO <sub>x</sub> <input checked="" type="checkbox"/>
4.2	- Kohlenstoffdioxid CO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>
4.3	- Kohlenstoffmonooxid CO <input type="checkbox"/>
4.4	- Schwefeldioxid SO <sub>2</sub> <input checked="" type="checkbox"/>
4.5	- Sauerstoff O <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>
4.6	- Ozon O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>
4.7	- Stickstoff N <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>
4.8	- Helium He <input type="checkbox"/>
4.9	- Distickstoffmonooxid (Lachgas) N <sub>2</sub> O <input type="checkbox"/>

In Abbildung 40 wird die Häufigkeit der von den Schülern angekreuzten Gase grafisch dargestellt:

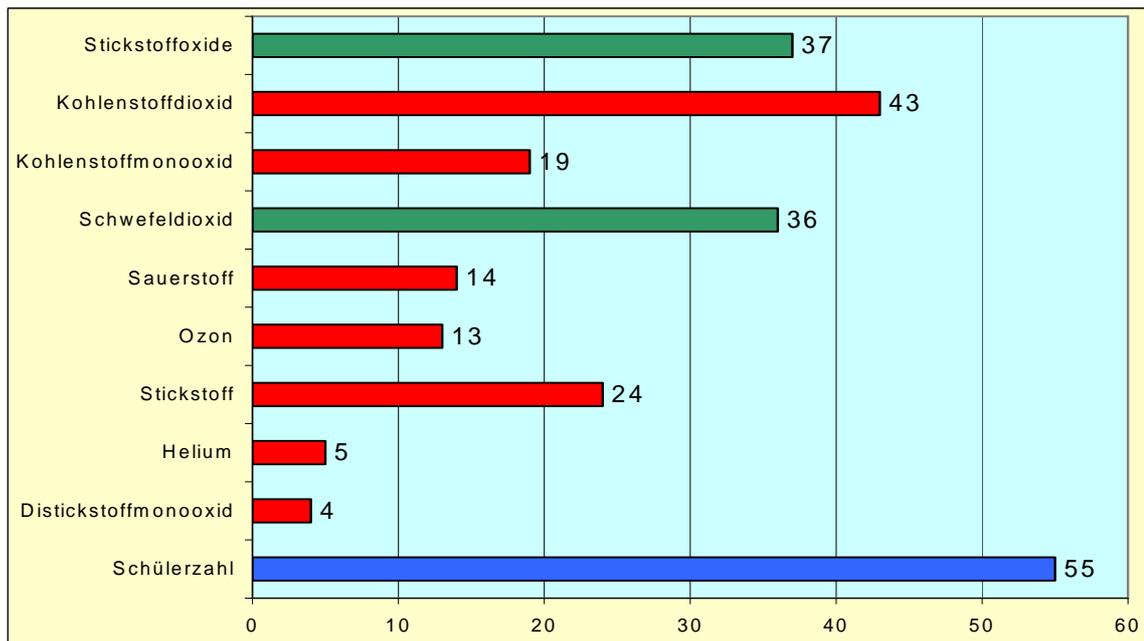


Abb. 40: Diagramm zu Frage 4 der Schülerbefragung nach dem Umweltprojekt: Häufigkeit der markierten Gase (Bildung des „sauren Regens“)

Aus dem Diagramm (Abb. 40) ist ersichtlich, dass die richtigen Gase ungefähr gleich häufig angekreuzt wurden. Leider wurde CO<sub>2</sub> noch öfter markiert. Weil die Schüler 1 bis 6 Gase ausgewählt haben, ist zur Ermittlung der Anzahl der richtigen, teilweise richtigen und falschen Lösungen eine differenziertere Auswertung erforderlich. Das Befragungsergebnis und die Bewertungskriterien werden in der folgenden Tabelle 71 zusammengestellt:

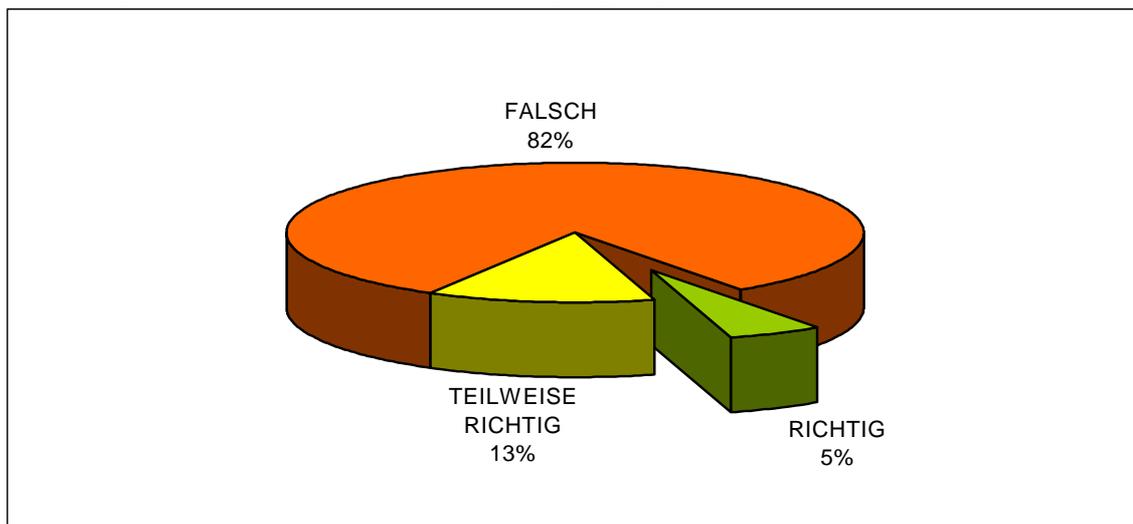
Zahl der markierten Gase	Anzahl der so ausgefüllten Fragebögen (insgesamt 55)	Richtige, teilweise richtige, falsche Lösungen	Wertung	Bemerkungen
1	3	1	teilweise richtig	sofern NO <sub>x</sub> oder SO <sub>2</sub> markiert ist
		2	falsch	sofern weder NO <sub>x</sub> noch SO <sub>2</sub> markiert ist
2	7	3	richtig	wenn NO <sub>x</sub> und SO <sub>2</sub> angekreuzt sind
		4	teilweise richtig	wenn NO <sub>x</sub> oder SO <sub>2</sub> und ein weiteres Gas markiert sind
		0	falsch	wenn weder NO <sub>x</sub> noch SO <sub>2</sub> angekreuzt ist
3	14	2	teilweise richtig	wenn NO <sub>x</sub> und SO <sub>2</sub> sowie ein weiteres Gas markiert sind
		12	falsch	wenn NO <sub>x</sub> oder SO <sub>2</sub> und zwei weitere Gase bzw. wenn weder NO <sub>x</sub> noch SO <sub>2</sub> markiert sind
4 - 6	31	31	falsch	Mit steigender Zahl der markierten Gase erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass NO <sub>x</sub> bzw. SO <sub>2</sub> zufällig angekreuzt werden.

**Tab. 71: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 4) nach dem Umweltprojekt**

Tabelle 71 weist aus, dass auf den 55 Fragebögen die Frage 4

- von 3 Schülern vollständig richtig,
- 7 mal teilweise richtig und
- 45 mal falsch beantwortet wurde.

Abbildung 41 veranschaulicht dieses Befragungsergebnis:



**Abb. 41: Befragungsergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 4) nach dem Umweltprojekt**

5. Welche der aufgezählten Gase tragen zur Verstärkung des „Treibhauseffekts“ bei?		
5.1	- Fluorchlorkohlenwasserstoffe FCKW	<input checked="" type="checkbox"/>
5.2	- Kohlenstoffdioxid CO <sub>2</sub>	<input checked="" type="checkbox"/>
5.3	- Methan CH <sub>4</sub>	<input checked="" type="checkbox"/>
5.4	- Wasserdampf H <sub>2</sub> O	<input checked="" type="checkbox"/>
5.5	- Distickstoffmonoxid (Lachgas) N <sub>2</sub> O	<input checked="" type="checkbox"/>
5.6	- Stickstoff N <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/>
5.7	- Stickstoffoxide NO <sub>x</sub>	<input checked="" type="checkbox"/>
5.8	- Ozon O <sub>3</sub>	<input checked="" type="checkbox"/>
5.9	- Neon Ne	<input type="checkbox"/>

In Abbildung 42 wird die Häufigkeit der von den Schülern angekreuzten Gase grafisch dargestellt:

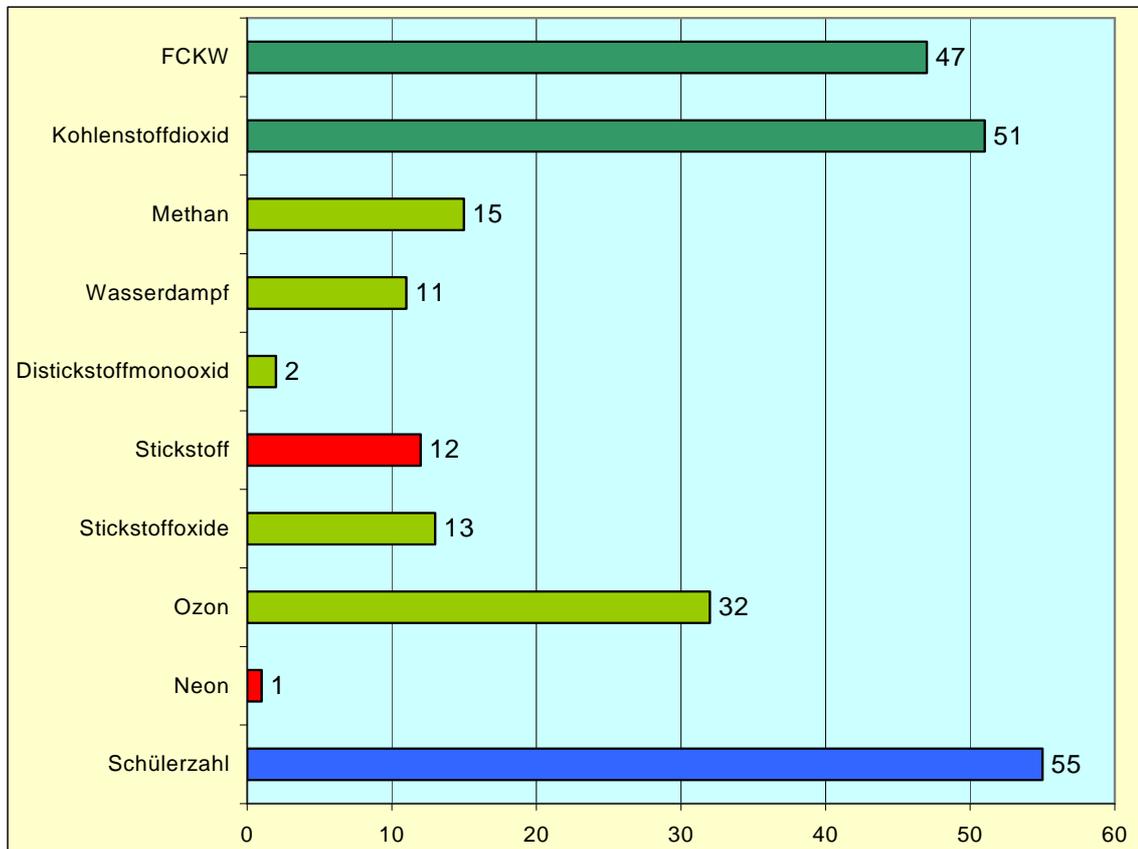


Abb. 42: Diagramm zu Frage 5 der Schülerbefragung nach dem Umweltprojekt: Häufigkeit der markierten Gase (Verstärkung des „Treibhauseffekts“)

Richtig sind hier alle Gase mit Ausnahme von Stickstoff und Neon. Die Schüler haben alle mindestens 2 und höchstens 6 Gase markiert, so dass sich das Umfrageergebnis nicht aus dem Diagramm (Abb. 42) ergibt. Um die Anzahl der richtigen, teilweise richtigen und falschen Lösungen zu ermitteln, ist eine differenziertere Auswertung notwendig. Das Befragungsergebnis und die Bewertungskriterien werden in der folgenden Tabelle 72 zusammengestellt:

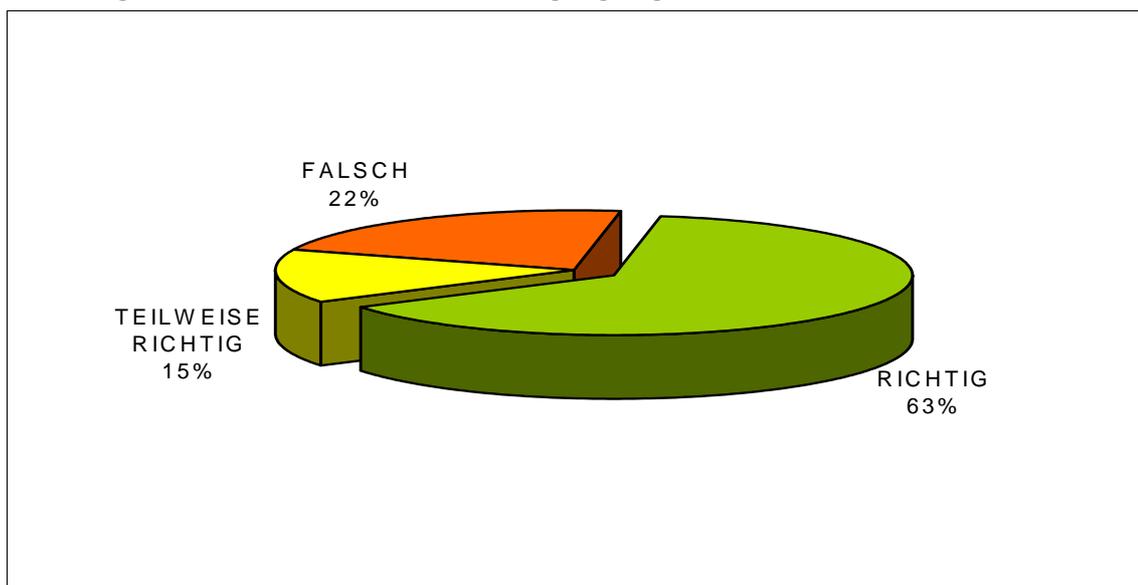
Zahl der markierten Gase	Anzahl der so ausgefüllten Fragebögen (insgesamt 55)	Richtige, teilweise richtige, falsche Lösungen	Wertung	Bemerkungen
2	10	6	richtig	sofern <b>5.1</b> und <b>5.2</b> markiert sind
		2	teilweise richtig	wenn <b>5.1</b> oder <b>5.2</b> markiert ist und weder <b>5.6</b> noch <b>5.9</b>
		2	falsch	sofern <b>5.6</b> oder <b>5.9</b> angekreuzt ist
3	24	14	richtig	wenn <b>5.1</b> und <b>5.2</b> sowie ein weiteres Gas (außer <b>5.6</b> und <b>5.9</b> ) angekreuzt sind
		5	teilweise richtig	wenn drei Gase (mit <b>5.1</b> oder <b>5.2</b> und außer <b>5.6</b> oder <b>5.9</b> ) markiert sind
		5	falsch	wenn <b>5.6</b> oder <b>5.9</b> angekreuzt ist
4 - 6	21	15	richtig	wenn <b>5.1</b> und <b>5.2</b> sowie weitere Gase (außer <b>5.6</b> oder <b>5.9</b> ) markiert sind
		1	teilweise richtig	wenn <b>5.1</b> oder <b>5.2</b> und weitere Gase (außer <b>5.6</b> oder <b>5.9</b> ) angekreuzt sind
		5	falsch	sofern <b>5.6</b> oder <b>5.9</b> angekreuzt ist

**Tab. 72: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Verstärkung des „Treibhauseffekts“ (F 5) nach dem Umweltprojekt**

Tabelle 72 weist aus, dass auf den 55 Fragebögen die Frage 5

- von 35 Schülern vollständig richtig,
- 8 mal teilweise richtig und
- 12 mal falsch beantwortet wurde.

Abbildung 43 veranschaulicht dieses Befragungsergebnis:



**Abb. 43: Befragungsergebnis zur Verstärkung des „Treibhauseffekts“ (F 5) nach dem Umweltprojekt**

Auf 39 Fragebögen wurden F 4.2 und F 5.2 markiert, d. h. 71% der Befragten bringen CO<sub>2</sub> sowohl mit dem sauren Regen als auch mit dem Treibhauseffekt in Verbindung.

6. Was bewirkt der Katalysator in modernen Kraftfahrzeugen?		
6.1	- Er oxidiert unverbrannte Kohlenwasserstoffe.	<input checked="" type="checkbox"/>
6.2	- Er vermindert den Motorölverbrauch.	<input type="checkbox"/>
6.3	- Er reduziert die Stickstoffoxide NO <sub>x</sub> .	<input checked="" type="checkbox"/>
6.4	- Er oxidiert Kohlenstoffmonoxid CO.	<input checked="" type="checkbox"/>
6.5	- Er senkt den CO <sub>2</sub> -Gehalt des Abgases.	<input type="checkbox"/>
6.6	- Er vermindert den SO <sub>2</sub> -Gehalt des Abgases.	<input type="checkbox"/>
6.7	- Er filtert Ruß aus dem Abgas.	<input type="checkbox"/>
6.8	- Er verlängert die Lebensdauer des Motors.	<input type="checkbox"/>
6.9	- Er senkt den Kraftstoffverbrauch des Fahrzeugs.	<input type="checkbox"/>

In Abbildung 44 wird die Häufigkeit der von den Schülern angekreuzten Aussagen grafisch dargestellt:

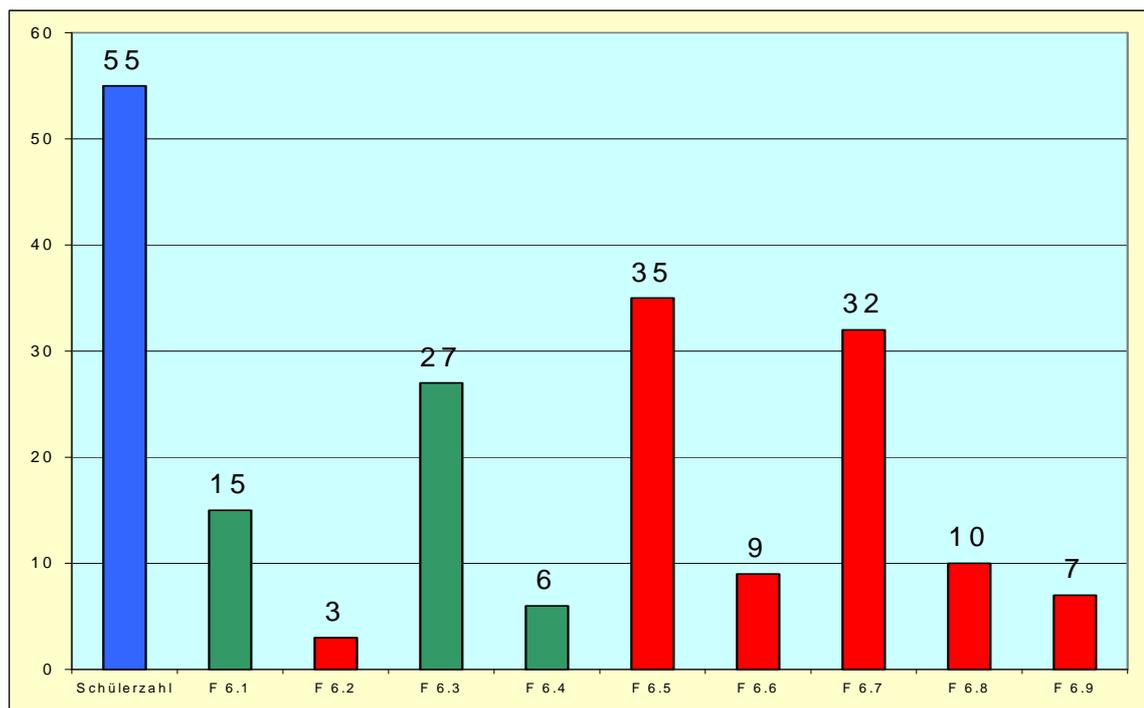


Abb. 44: Diagramm zu Frage 6 der Schülerbefragung nach dem Umweltprojekt: Häufigkeit der markierten Aussagen zur Katalysatorwirkung

Aus dem Diagramm (Abb. 44) ist ersichtlich, dass die Mehrzahl der Befragten immer noch glaubt, der Katalysator könne den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Abgase senken und wirke als Rußfilter. Die Schüler haben 1 bis 6 Aussagen angekreuzt, deshalb geht die Zahl der richtigen Lösungen aus dem Diagramm (Abb. 44) nicht hervor. Das Befragungsergebnis wird in der folgenden Tabelle 73 zusammengestellt:

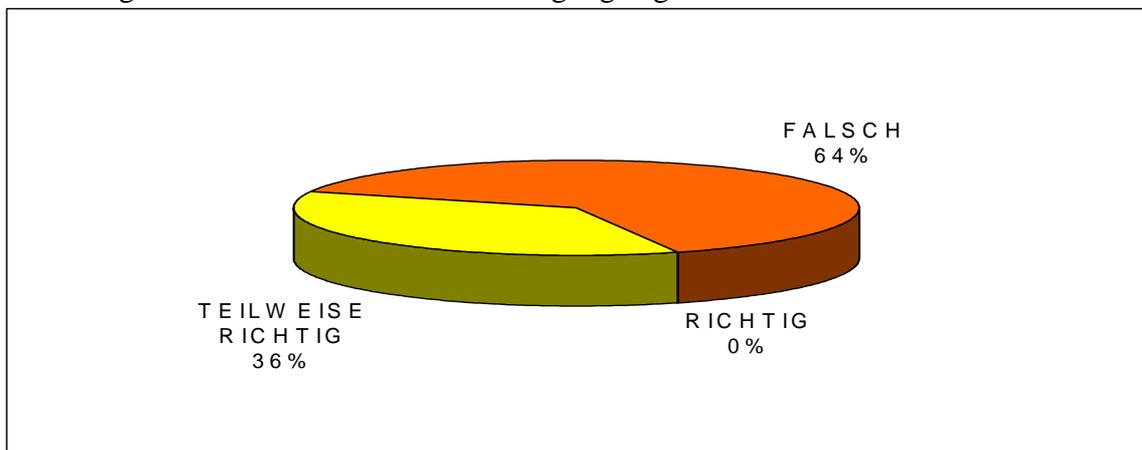
Zahl der markierten Aussagen	Anzahl der so ausgefüllten Fragebögen (insgesamt 55)	Richtige, teilweise richtige, falsche Lösungen	Wertung	Bemerkungen
1 - 2	28	13	teilweise richtig	sofern eine oder zwei richtige Aussagen ( <b>6.1</b> , <b>6.3</b> oder <b>6.4</b> ) markiert sind
		15	falsch	wenn keine richtige Aussage markiert ist
3	14	0	richtig	wenn <b>6.1</b> , <b>6.3</b> und <b>6.4</b> angekreuzt sind
		3	teilweise richtig	wenn zwei richtige und eine falsche Aussage markiert sind
		11	falsch	wenn eine richtige und zwei falsche oder drei falsche Aussagen angekreuzt sind
4	10	4	teilweise richtig	wenn zwei oder drei richtige Aussagen markiert sind
		6	falsch	wenn keine oder nur eine richtige Aussage markiert ist
5 - 6	3	3	falsch	Mit steigender Zahl der markierten Aussagen erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass die richtigen Aussagen zufällig angekreuzt werden.

**Tab. 73: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Katalysatorwirkung (F 6) nach dem Umweltprojekt**

Tabelle 73 weist aus, dass auf den 55 Fragebögen die Frage 6

- von 0 Schülern vollständig richtig,
- 20 mal teilweise richtig und
- 35 mal falsch beantwortet wurde.

Abbildung 45 veranschaulicht dieses Befragungsergebnis:



**Abb. 45: Umfrageergebnis zur Katalysatorwirkung (F 6) nach dem Umweltprojekt**

Tab. 74: Abschlussbefragung der Projektteilnehmer zur „Agenda 21“

7. <b>Worum handelt es sich bei der „Agenda 21“?</b>	Schülerzahl: 55	
- Um eine neue Formel zur Sicherung der Renten	6	11%
- Um ein neues Verfahren zur Erkennung der BSE-Erkrankung	0	0%
- Um eine neue Firma zur Vermarktung moderner Technologien	2	4%
- Um ein effizientes Verfahren zur Eintreibung von Steuern	0	0%
- Um eine internationale Erklärung zum Umweltschutz	47	<b>85%</b>
- Um ein neues Herstellungsverfahren für Computerchips	0	0%

85% der Schülerinnen und Schüler beantworteten diese Frage richtig (vgl. Tab. 74).

Tab. 75: Abschlussbefragung der Projektteilnehmer: Gewichtung von Aussagen

8. <b>Welche Bedeutung hat für Sie . . .</b>	Schülerzahl: 55		
	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig
das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug?	8 <b>14%</b>	23 <b>42%</b>	24 <b>44%</b>
die Umweltfreundlichkeit Ihres Fahrzeugs?	9 <b>16%</b>	34 <b>62%</b>	12 <b>22%</b>
das Einsparen von fossilen Brennstoffen (Benzin, Dieselkraftstoff, Heizöl, Erdgas)?	3 <b>6%</b>	32 <b>58%</b>	20 <b>36%</b>
die Verminderung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes in die Atmosphäre?	3 <b>6%</b>	32 <b>58%</b>	20 <b>36%</b>

Nach Tabelle 75 ist für 86% der an dem Umweltprojekt beteiligten Schülerinnen und Schüler das Fahren mit dem eigenen Kraftfahrzeug „wichtig“ bis „sehr wichtig“, während die Umweltfreundlichkeit ihrer Fahrzeuge von 84% für „wichtig“ bzw. „sehr wichtig“ gehalten wird. 94% der Befragten stufen das Einsparen von fossilen Brennstoffen und die Verminderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in die Atmosphäre als „wichtig“ bzw. „sehr wichtig“ ein.

9. <b>Geschlecht</b>	Männlich	<input type="checkbox"/>
	Weiblich	<input type="checkbox"/>
<b>Alter</b>		

Geschlecht und Alter der an dem Projekt beteiligten Schülerinnen und Schüler sind aus der folgenden Aufstellung (Tab. 76) ersichtlich:

Tab. 76: Abschlussbefragung der Projektteilnehmer zu Alter und Geschlecht

Schülerzahl	Geschlecht	Alter				Summe
		jünger als 18	18 und älter			
<b>55</b>	Männlich	10 <b>18%</b>	8 <b>15%</b>	18	<b>33%</b>	
	Weiblich	22 <b>40%</b>	15 <b>27%</b>	37	<b>67%</b>	

<b>10. Haben Sie bereits einen Führerschein?</b>	Ja	<input type="checkbox"/>
	Nein	<input type="checkbox"/>
<b>Wenn ja, welche Führerscheinklasse?</b>		

Die Befragungsergebnisse werden in Tabelle 77 zusammengestellt:

Tab. 77: Abschlussbefragung der Projektteilnehmer zu vorhandenen Führerscheinen

	<b>jünger als 18</b>			<b>18 und älter</b>		
	Zahl	Mit Führerschein A1 oder M	Führerscheininhaber	Zahl	Mit Führerschein B	Führerscheininhaber
Schüler	10	1	<b>10%</b>	8	8	<b>100%</b>
Schülerinnen	22	2	<b>9%</b>	15	14	<b>93%</b>

Während diejenigen, die bereits 18 Jahre und älter sind, fast alle einen PKW-Führerschein haben, besitzen nur 9% der jüngeren Schülerinnen und 10% der jüngeren Schüler Führerscheine für Leichtkrafträder. Signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede sind in keiner Altersgruppe erkennbar (vgl. Tab. 77).

<b>11. Beabsichtigen Sie mit 18 Jahren einen PKW-Führerschein zu erwerben?</b>	Ja	<input type="checkbox"/>
	Nein	<input type="checkbox"/>
	Ich habe schon einen.	<input type="checkbox"/>

Das Befragungsergebnis wird in Tabelle 78 zusammengestellt:

Tab. 78: Abschlussbefragung der Projektteilnehmer zum Führerscheinwerb

Geschlecht	Schülerzahl	PKW-Führerscheininhaber	PKW-Führerscheinbewerber		PKW-Führerscheinbewerber
			Ja	Nein	
Männlich	18	8	9	1	<b>90%</b>
Weiblich	37	14	23	0	<b>100%</b>

Nahezu alle, die noch keinen PKW-Führerschein besitzen, wollen diesen erwerben. Signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede sind auch hier nicht erkennbar (vgl. Tab. 78).

F 12 und F 13 werden zusammen ausgewertet:

Tab. 79: Anzahl der Projektteilnehmer, die vor dem Umweltprojekt Dieselfahrzeuge kaufen und mit BIODIESEL fahren wollten

<b>12. Angenommen, Sie hätten sich <u>vor dem Umweltprojekt</u> ein Auto aussuchen dürfen. Wie wäre Ihre Wahl ausgefallen?</b>		Schülerzahl: 55	
Hersteller:	Mit Benzinmotor	35	<b>64%</b>
Modell:	Mit Dieselmotor	20	<b>36%</b>
<b>Wenn Sie ein Fahrzeug mit Dieselmotor gewählt hätten, wäre dann BIODIESEL als Treibstoff in Frage gekommen?</b>		Ja	7 <b>12%</b>
		Nein	1 <b>2%</b>
		Vielleicht	12 <b>22%</b>

**Vor dem Umweltprojekt** hätten 20 Projektteilnehmer (= 36%), nämlich 4 Schüler und 16 Schülerinnen, Fahrzeuge mit Dieselmotoren gekauft.

Von diesen 20 Jugendlichen wollten 7 (= 35%) BIODIESEL tanken (vgl. Tab. 79 und 80 sowie Abb. 46 und 47).

Von denjenigen, die bereits **vor dem Umweltprojekt** Dieselfahrzeuge gewählt hätten, wollten **nach dem Projekt** 6 Projektteilnehmer mehr als zuvor BIODIESEL verwenden, so dass **nach dem Projekt** 13 (= 65%) der 20 Dieselfahrzeuge mit BIODIESEL betrieben worden wären (vgl. Tab. 80).

Tab. 80: Anzahl der Biodieselskäufer unter denjenigen, die vor dem Projekt Dieselfahrzeuge gewählt hätten

<b>Anzahl derjenigen, die BIODIESEL tanken würden:</b>			<b>Anzahl: 20</b>	
	<b>Vor dem Projekt</b>		<b>Nach dem Projekt</b>	
Ja	7	<b>35%</b>	Weil es umweltfreundlicher ist	5 <b>25%</b>
			Weil es billiger ist	8 <b>40%</b>
Nein	1	<b>5%</b>		0 <b>0%</b>
Vielleicht	12	<b>60%</b>		7 <b>35%</b>

**Nach dem Umweltprojekt** wollten 31 Projektteilnehmer (= 56%), nämlich 9 Schüler und 22 Schülerinnen, Dieselfahrzeuge kaufen. **Nach dem Projekt** wären demnach 11 Projektteilnehmer (= 20% der Gesamtzahl 55), nämlich 5 Schüler und 6 Schülerinnen von Benzin- auf Dieselfahrzeuge umgestiegen (vgl. Tab. 79 und 81 sowie Abb. 46).

Nach Tabelle 82 wollen 5 Umsteiger (= 45%) BIODIESEL tanken, wobei wirtschaftliche Erwägungen bei 4 Jugendlichen (= 36%) offenbar im Vordergrund stehen. Die übrigen 6 Projektteilnehmer (= 55%) schließen eine Verwendung von BIODIESEL nicht aus.

Insgesamt wären dann **nach dem Umweltprojekt** 31 Dieselfahrzeuge vorhanden, von denen 18 mit BIODIESEL gefahren würden (vgl. Tab. 81 sowie Abb. 46 und 48).

Tab. 81: Anzahl der Projektteilnehmer, die nach dem Umweltprojekt Dieselfahrzeuge kaufen und mit BIODIESEL fahren wollen

<b>13. Wenn Sie jetzt, also <u>nach dem Projekt</u>, ein Auto auswählen könnten, wie würde Ihre Entscheidung jetzt aussehen?</b>		Schülerzahl: 55	
Hersteller:	Mit Benzinmotor	24	<b>44%</b>
Modell:	Mit Dieselmotor	31	<b>56%</b>
<b>Wenn Sie jetzt ein Fahrzeug mit <u>Dieselmotor</u> wählen würden, käme jetzt BIODIESEL in Ihren Tank?</b>			
Ja, weil BIODIESEL umweltfreundlicher ist als mineralisches Dieselöl.		6	<b>11%</b>
Ja, weil BIODIESEL billiger verkauft wird als herkömmliches Dieselöl.		12	<b>22%</b>
Nein, möglicherweise schadet es dem Motor.		0	<b>0%</b>
Vielleicht		13	<b>23%</b>

Tab. 82: Anzahl der Biodieselskäufer unter den Umsteigern von Benzin- auf Dieselfahrzeuge

<b>Anzahl der Umsteiger, die ihre Dieselfahrzeuge mit BIODIESEL betreiben würden:</b>		<b>Anzahl: 11</b>	
Ja, weil BIODIESEL umweltfreundlicher ist als mineralisches Dieselöl.		1	<b>9%</b>
Ja, weil BIODIESEL billiger verkauft wird als herkömmliches Dieselöl.		4	<b>36%</b>
Nein, möglicherweise schadet es dem Motor.		0	<b>0%</b>
Vielleicht		6	<b>55%</b>

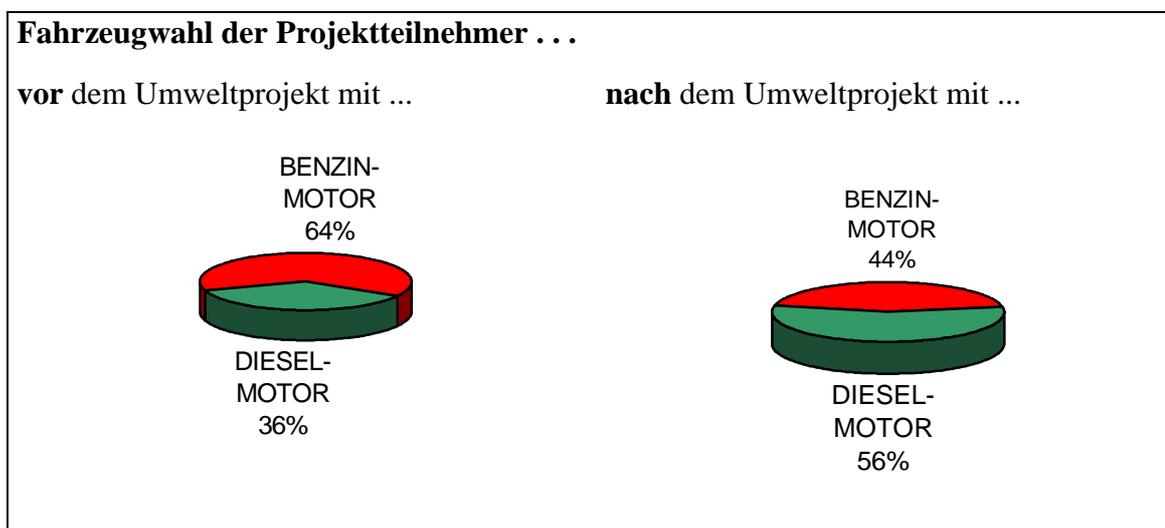


Abb. 46: Fahrzeugwahl der Projektteilnehmer vor und nach dem Umweltprojekt

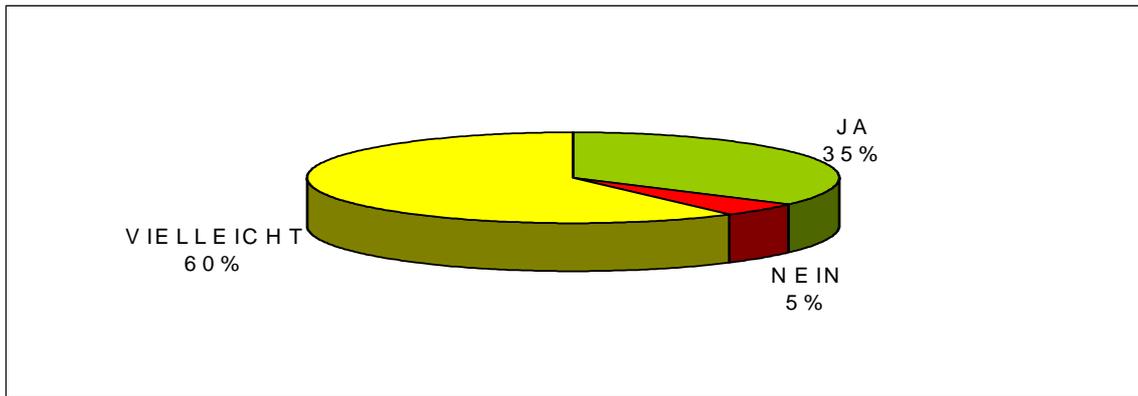


Abb. 47: Anteil der bereits vor dem Umweltprojekt mit BIODIESEL betriebenen Dieselfahrzeuge

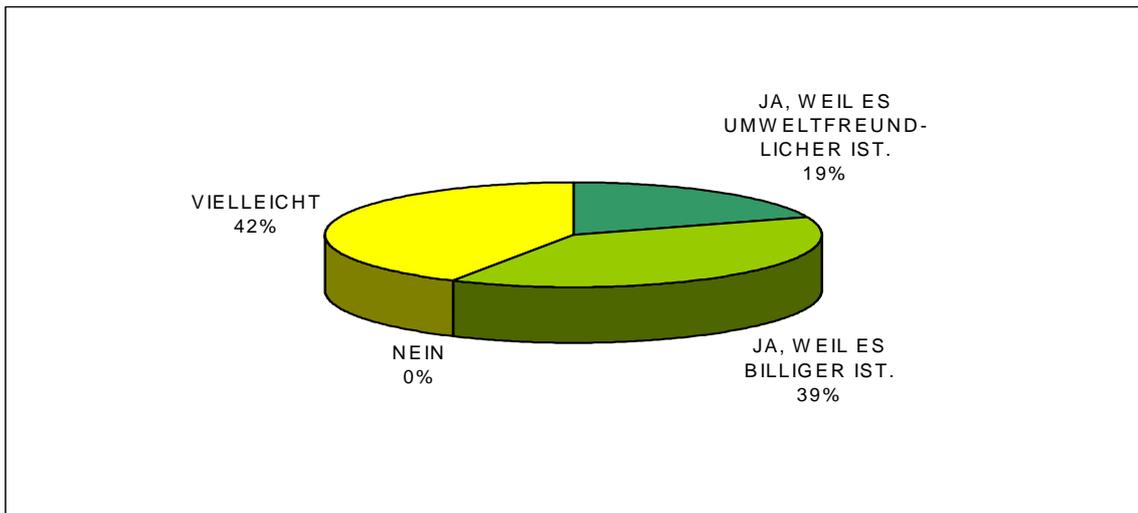


Abb. 48: Anteil der nach dem Umweltprojekt mit BIODIESEL betriebenen Dieselfahrzeuge

## Umweltwissen und Fahrzeug- bzw. Treibstoffwahl:

Tab. 83: Umweltwissen derjenigen, die vor dem Projekt Dieselfahrzeuge gewählt hätten

Anzahl derjenigen, die <u>vor dem Projekt</u> Dieselfahrzeuge gewählt hätten und die die Fragen F 4, F 5 und F 6 richtig beantwortet haben:							Anzahl: 20
	F 4		F 5		F 6		
Richtig	0	0%	9	45%	0	0%	
Teilweise richtig	0	0%	9	45%	8	40%	
Falsch	20	100%	2	10%	12	60%	

Alle 20 Schülerinnen und Schüler (**100%**), die schon **vor dem Projekt** Dieselfahrzeuge gewählt hätten, glauben immer noch, dass CO<sub>2</sub> zur Bildung des sauren Regens beiträgt (F 4). Zwölf, das sind **60%**, meinen, der Katalysator vermindere den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Abgase (F 6). Die Frage nach den Treibhausgasen (F 5) beantworteten 90% richtig und teilweise richtig (vgl. Tab. 83).

Tab. 84: Umweltwissen derjenigen, die vor dem Projekt Dieselfahrzeuge gewählt hätten und danach mit BIODIESEL fahren wollen

Anzahl derjenigen, die <u>nach dem Projekt</u> BIODIESEL anstelle von Diesel tanken wollen und die die Fragen F 4, F 5 und F 6 richtig beantwortet haben:						
						<b>Anzahl: 6</b>
	F 4		F 5		F 6	
Richtig	0	<b>0%</b>	4	<b>67%</b>	0	<b>0%</b>
Teilweise richtig	0	<b>0%</b>	1	<b>16,5%</b>	2	<b>33%</b>
Falsch	6	<b>100%</b>	1	<b>16,5%</b>	4	<b>67%</b>

Von diesen 6 Schülern, die bereits **vor dem Umweltprojekt** Dieselfahrzeuge gewählt hätten und **danach** anstelle von Dieselöl BIODIESEL kaufen wollen, glauben 4 immer noch, der Katalysator vermindere den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Autoabgase (vgl. Tab. 80 und 84).

Tab. 85: Umweltwissen der Umsteiger von Benzin- auf Dieselfahrzeuge

Anzahl der Umsteiger, die die Fragen F 4, F 5 und F 6 richtig beantwortet haben:						
						<b>Anzahl: 11</b>
	F 4		F 5		F 6	
Richtig	0	<b>0%</b>	8	<b>73%</b>	0	<b>0%</b>
Teilweise richtig	0	<b>0%</b>	2	<b>18%</b>	5	<b>45%</b>
Falsch	11	<b>100%</b>	1	<b>9%</b>	6	<b>55%</b>

Auch von den 11 Umsteigern (**100%**) von Benzin- auf Dieselfahrzeuge hat niemand F 4, F 5 und F 6 gleichzeitig richtig oder teilweise richtig beantwortet (vgl. Tab. 79, 81 und 85). Zehn, d. h. **91%** von diesen elf Schülerinnen und Schülern haben F 4.2 und F 6.5 angekreuzt, d. h. sie haben nicht gelernt, dass CO<sub>2</sub> nichts mit dem sauren Regen zu tun hat und dass der Katalysator den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Abgase nicht vermindert.

**Nach dem Umweltprojekt** wollten noch 24 Projektteilnehmer, nämlich 15 Schülerinnen und 9 Schüler, Benzinfahrzeuge kaufen (vgl. Tab. 81). Von den 24 Jugendlichen (= 100%) haben sechzehn (= 67%) F 4.2 und dreizehn (= 54%) F 6.5 markiert, d. h. 67% wissen nicht, dass CO<sub>2</sub> nicht an der Bildung des sauren Regens beteiligt ist und 54% glauben immer noch, der Katalysator könne den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Abgase senken (vgl. Tab. 86).

Tab. 86: Umweltwissen derjenigen, die nach dem Projekt Benzinfahrzeuge kaufen würden

Anzahl derjenigen, die auch <u>nach dem Projekt</u> Benzinfahrzeuge kaufen würden und die die Fragen F 4, F 5 und F 6 richtig beantwortet haben:						
						<b>Anzahl: 24</b>
	F 4		F 5		F 6	
Richtig	3	<b>12%</b>	18	<b>75%</b>	0	<b>0%</b>
Teilweise richtig	4	<b>17%</b>	2	<b>8%</b>	7	<b>29%</b>
Falsch	17	<b>71%</b>	4	<b>17%</b>	17	<b>71%</b>

Von den 24 Schülerinnen und Schülern, die nach dem Projekt noch Fahrzeuge mit Benzinmotoren kaufen wollten, hätten nach ihren Angaben 15 vielleicht BIODIESEL getankt, 3 davon wegen dessen Umweltfreundlichkeit und 5 wegen des geringeren Preises. Weil BIODIESEL jedoch nicht als Treibstoff für Benzinmotoren in Frage kommt, können nur die Angaben derjenigen Schülerinnen und Schüler verwendet werden, die Fahrzeuge mit Dieselmotoren wählen wollten.

Diese technisch unsinnigen Angaben wurden von 8 Schülern und 15 Schülerinnen gemacht. Ein signifikanter geschlechtsspezifischer Unterschied ist demnach nicht erkennbar, denn die Gesamtzahl setzt sich aus einem Drittel Jungen und zwei Dritteln Mädchen zusammen.

## **Die wichtigsten Ergebnisse kurz zusammengefasst:**

Schon vor dem Projekt war 69% der Schülerinnen und Schüler bekannt, dass moderne Dieselfahrzeuge mit BIODIESEL gefahren werden können (F 2).

Auch schon vorher wussten 74% der Projektteilnehmer, dass BIODIESEL aus Pflanzenöl hergestellt wird, 9%, dass BIODIESEL aus Fettsäuremethylestern besteht und 38%, dass BIODIESEL nahezu CO<sub>2</sub>-neutral ist (F 3).

Die Frage nach der „Agenda 21“ (F 7) wurde von 85% der Schülerinnen und Schüler richtig beantwortet.

Die Frage nach den Gasen (F 5), die den Treibhauseffekt verstärken, wurde erfreulicherweise von 63% richtig und von 15% teilweise richtig beantwortet. CO<sub>2</sub> und FCKW wurden von 93% bzw. von 86% markiert; 63% haben diese beiden Gase, die in besonders hohem Maße zur Verstärkung des anthropogenen Treibhauseffekts beitragen, richtig kombiniert.

Insgesamt 98% der Schülerinnen und Schüler fühlen sich nach dem Projekt besser informiert (F 1). Dennoch bestehen weiterhin erhebliche Wissensdefizite:

- Die Frage (F 4) nach den Gasen, die an der Bildung des sauren Regens beteiligt sind, beantworteten 5% der Befragten richtig und 13% teilweise richtig. – Zwar wurde SO<sub>2</sub> von 66% angekreuzt und NO<sub>x</sub> von 67%, aber nur 5% haben diese beiden richtigen Antworten kombiniert und keine weiteren Aussagen markiert. Bemerkenswert ist außerdem, dass 78% der Schülerinnen und Schüler Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) hier einordnen. – Nach dem Projekt bringen noch 71% der Jugendlichen CO<sub>2</sub> sowohl mit dem sauren Regen als auch mit dem Treibhauseffekt in Verbindung.

- Das Wissen um die Wirkung des Katalysators in modernen Kraftfahrzeugen (F 6) ist weiterhin mangelhaft: Niemand hat diese Frage vollkommen richtig beantwortet; teilweise richtig ist sie auf 36% der Fragebögen.
- 64% der Jugendlichen glauben immer noch, der Katalysator vermindere den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Abgase.

Für 86% der an dem Umweltprojekt beteiligten Schülerinnen und Schüler ist das Fahren mit dem eigenen Kraftfahrzeug „wichtig“ bis „sehr wichtig“, während die Umweltfreundlichkeit ihrer Fahrzeuge von 84% für „wichtig“ bzw. „sehr wichtig“ gehalten wird (F 8).

94% der Befragten stufen das Einsparen von fossilen Brennstoffen und die Verminderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in die Atmosphäre als „wichtig“ bzw. „sehr wichtig“ ein (F 8).

Während diejenigen, die bereits 18 Jahre und älter sind, fast alle PKW-Führerscheine haben, besitzen nur ungefähr 10% der Jüngeren Führerscheine für Leichtkrafträder. Signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede sind in keiner der beiden Altersgruppen erkennbar (F 10).

Nahezu alle, die noch keinen PKW-Führerschein besitzen, wollen diesen erwerben. Signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede sind auch hier nicht erkennbar (F 11).

Vor dem Projekt hätten 36% der Befragten Dieselfahrzeuge und 64% Benzinfahrzeuge gewählt. Danach wollten 20% von Benzin- auf Dieselfahrzeuge umsteigen, so dass nach dem Projekt 56% der Schülerinnen und Schüler Dieselfahrzeuge und 44% Benzinfahrzeuge kaufen wollten (F 12 / F 13).

Von denen, die von Anfang an Fahrzeuge mit Dieselmotor genommen hätten, wollten vor dem Projekt 35% und hinterher 65% BIODIESEL tanken, die Mehrzahl wegen des günstigeren Preises.

Von den Umsteigern auf Dieselfahrzeuge gaben 45% an, mit BIODIESEL fahren zu wollen, die überwiegende Mehrzahl wegen der geringeren Kosten.

Die Leistungen der Schülerinnen und Schüler bei der Beantwortung der Fragen F 4 und F 6 sind nicht zufrieden stellend. Bei der Frage nach den Gasen, die an der Bildung des sauren Regens beteiligt sind (F 4), schneiden diejenigen, die sowohl vor dem Projekt als auch danach Benzinfahrzeuge gewählt hätten, besser ab als alle anderen. Weniger gut informiert als die übrigen zeigen sich die Benzinfahrzeugkäufer, wenn nach der Wirkung des Katalysators in modernen Kraftfahrzeugen gefragt wird (F 6).

## 5 Diskussion

Die Repräsentativumfrage zum Informationsstand über Umweltfragen unter den 2188 Schülerinnen und Schülern ergab, dass bei den Jugendlichen das Umweltbewusstsein in Bezug auf Nachhaltigkeit im Verkehr in den verschiedenen Komponenten des Umweltbewusstseins (vgl. S. 66) unterschiedlich ausgeprägt ist.

Während die Befragung hinsichtlich der Umwelteinstellungen zeigt, dass ungefähr die Hälfte der Jugendlichen das Fahren mit einem eigenen Kraftfahrzeug für „sehr wichtig“ hält und die Mehrzahl das Einsparen von fossilen Brennstoffen und die Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in die Atmosphäre als „wichtig“ bis „sehr wichtig“ einstuft, sind die Befragungsergebnisse im Hinblick auf das Umweltwissen uneinheitlicher:

- Bei Fragen nach einzelnen Fakten ist die Anzahl der richtigen Antworten zum Teil erfreulich hoch. So ist z. B. BIODIESEL nahezu allen bekannt. Sie wissen, dass dieser alternative Treibstoff für Dieselmotoren aus Pflanzenöl hergestellt wird. Die meisten ordnen auch den Treibhauseffekt richtig ein. In geringerem Umfang gilt das ebenfalls für die „Agenda 21“.
- Setzt die Bearbeitung der Fragen jedoch differenziertere Kenntnis der naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen der Energiegewinnung durch Verbrennung fossiler Energieträger und der globalen Klimaänderung voraus, dann treten erhebliche Informationsdefizite zutage.

Auf der Suche nach Hinweisen zur Klärung der Frage, ob und gegebenenfalls in welchem Umfang verbessertes Wissen um die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen Autofahren, d. h. dem Verbrennen fossiler Energieträger, und dem Treibhauseffekt bei Jugendlichen die Bereitschaft zu ökologischem Handeln im Verkehr fördern und damit deren Umwelteinstellungen im Verkehrsverhalten ändern kann, werden die diesbezüglichen Ergebnisse der Abschlussbefragung der Projektteilnehmer und die der unvorbereiteten Repräsentativumfrage unter Schülern verschiedener Schularten in der folgenden Tabelle (Tab. 87) gegenübergestellt. Die Projektteilnehmer waren nicht an der Repräsentativumfrage beteiligt!

Der Vergleich dieser Befragungsergebnisse ergibt, dass die Projektteilnehmer nach dem Umweltprojekt nur in einem Teilaspekt geringfügig besser, in allen übrigen nur gleich oder sogar schlechter informiert sind als der repräsentative Durchschnitt (vgl. Tab. 87).

Insbesondere wissen, ebenso wie in der Repräsentativumfrage, auch nur 36% der Projektteilnehmer, dass der Katalysator den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Auto-

abgase nicht senkt. Das bedeutet, dass auch nach dem Projekt immer noch 64% der Projektteilnehmer nicht verstanden haben,

- dass im Gegensatz zu dem CO<sub>2</sub>, das beim Einsatz fossiler Brennstoffe entsteht, das Kohlenstoffdioxid in den Abgasen mit BIODIESEL bzw. mit Pflanzenöl betriebener Kraftfahrzeuge kaum zur Verstärkung des anthropogenen Treibhauseffekts beiträgt, weil die nachwachsenden Ölpflanzen letzteres nahezu vollständig assimilieren
- und dass es unter dem Aspekt des Klimaschutzes unerheblich wäre, ob BIODIESEL oder mineralisches Dieselöl verwendet wird, wenn der Katalysator tatsächlich den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Abgase verminderte.

	<b>Repräsentativumfrage</b> Gesamtzahl: 2188		<b>Befragung der Projektteilnehmer</b> Gesamtzahl: 55	
<b>Welche Gase sind an der Bildung des sauren Regens beteiligt?</b>	5%	richtig	5%	richtig
	38%	teilweise richtig	13%	teilweise richtig
	57%	falsch	82%	falsch
<b>Welche Gase tragen zur Verstärkung des Treibhauseffekts bei?</b>	87%	richtig	93%	richtig
<b>Prozentsatz derjenigen, die CO<sub>2</sub> sowohl mit dem Treibhauseffekt als auch mit dem sauren Regen verbinden</b>	47%		71%	
<b>Was bewirkt der Katalysator in modernen Kraftfahrzeugen?</b>	2%	richtig	0%	richtig
	20%	teilweise richtig	36%	teilweise richtig
	78%	falsch	64%	falsch
<b>Senkt der Katalysator den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Abgase?</b>	36%	richtig	36%	richtig

Tab. 87: Gegenüberstellung wichtiger Ergebnisse der Repräsentativumfrage und der Abschlussbefragung der Projektteilnehmer über das Wissen um die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen Energieerzeugung und Klimaschutz

Dieses Befragungsergebnis ist unbefriedigend und überrascht umso mehr als die Projektteilnehmer während des Umweltprojekts sowohl im Unterricht als auch bei den Hausaufgaben überdurchschnittlich engagiert mitgearbeitet haben. Die einzelnen Gruppen trugen ihren Mitschülern sehr sorgfältig vorbereitete PowerPoint-Präsentationen vor und waren auch in der Lage, Fragen zu beantworten. Demnach haben die Projektteilnehmer bei der Beschäftigung mit den Umweltfragen ihr Umweltwissen erweitert. Dafür spricht auch das Teilergebnis ihrer Abschlussbefragung, wonach sich fast alle nach dem Projekt besser informiert fühlen.

Die Tatsache, dass sich die Projektteilnehmer trotzdem in der Befragung zum Abschluss des Umweltprojekts hinsichtlich ihres Wissens um die naturwissenschaftlich relevanten Zusammenhänge zwischen der Nutzung fossiler Energieträger und der globalen Klimaänderung nicht besser informiert zeigten, kann verschiedene Ursachen haben: Die Projektteilnehmer waren wahrscheinlich vor dem Projekt weniger gut informiert als der repräsentative Durchschnitt. Vielleicht hatten sie auch während des Umweltprojekts zu wenig Zeit, um sich fundierte Kenntnisse über den natürlichen Kohlenstoffkreislauf anzueignen und um diese mit schon vorhandenem Wissen zu einem Gesamtbild zusammenzufügen, so dass der Erwerb anwendbaren Wissens noch nicht in ausreichendem Umfang gelang.

Dennoch wollen trotz der noch vorhandenen Wissensdefizite nach dem Umweltprojekt 5 Schüler sowie 6 Schülerinnen von Benzin- auf sparsamere Dieselfahrzeuge umsteigen, also 20% von insgesamt 55 Projektteilnehmern, und das, obwohl 10 von den 11 Umsteigern noch nicht gelernt haben, dass CO<sub>2</sub> nichts mit dem sauren Regen zu tun hat und dass der Katalysator den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Abgase nicht senkt. Fünf der elf Umsteiger wollen ihre neuen Dieselfahrzeuge mit BIODIESEL betreiben.

Weitere 2 Schüler und 4 Schülerinnen, die schon vorher Dieselfahrzeuge gekauft hätten, wollen nach dem Projekt mit BIODIESEL fahren. Vier von diesen sechs Projektteilnehmern glauben auch immer noch, dass der Katalysator den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Autoabgase senkt, d. h. auch diese Schüler können noch nicht naturwissenschaftlich begründen, warum die Verwendung von BIODIESEL anstelle von mineralischem Dieselöl umweltverträglicher ist.

Bei der überwiegenden Mehrzahl derjenigen Jugendlichen, die nach dem Umweltprojekt mit BIODIESEL fahren wollen, bestehen demzufolge weiterhin erhebliche Defizite hinsichtlich ihres Wissens um die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen dem Betrieb von Verbrennungsmotoren und den Belangen des Klimaschutzes.

Diesem Sachverhalt ist hinzuzufügen, dass sich trotz der weiterhin bestehenden Wissensdefizite 98% der Jugendlichen nach dem Umweltprojekt besser informiert fühlen. Zudem wollen nach ihren Angaben von den 55 Projektteilnehmern 11 Schülerinnen und Schüler nach dem Projekt sparsamere Dieselfahrzeuge anstelle von Benzinfahrzeugen kaufen und 11 mehr als vor dem Projekt mit BIODIESEL fahren.

Auch wenn man berücksichtigt, dass die verhältnismäßig kleine Anzahl der Projektteilnehmer nicht repräsentativ ist, ergibt sich aus der Befragung nach dem Umweltprojekt, dass zusätzliche Information über Umweltprobleme Umdenken bewirken und die Bereitschaft zu ökologischem Handeln fördern kann, ohne dass die naturwissenschaftlich relevanten Zusammenhänge zwi-

schen der Energieerzeugung durch Verbrennen fossiler Energieträger und der globalen Klimaänderung unbedingt bekannt sein müssen.

Für diese These spricht auch das Ergebnis der Biodieselnkundenbefragung, in der die Mehrzahl, nämlich 61% der Befragten, angab, der Katalysator könne den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Autoabgase vermindern. Das bedeutet, dass die meisten Biodieselnkäufer über den natürlichen Kohlenstoffkreislauf nicht ausreichend informiert sind, um ihre Kaufentscheidung naturwissenschaftlich begründen zu können. Dennoch tragen diese Autofahrer mit der Verwendung von BIODIESEL anstelle von mineralischem Dieselöl tatsächlich zum Klimaschutz bei, während die meisten Jugendlichen vorläufig nur Handlungsabsichten äußern können und zu hoffen bleibt, dass sie diese in Zukunft in die Tat umsetzen und umweltgerecht entscheiden und handeln werden.

Weitere Ergebnisse der Kundenbefragung an den Tankstellen belegen jedoch auch, dass Biodieselfahrer in ihrer Gesamtheit über Umweltprobleme, den natürlichen Kohlenstoffkreislauf eingeschlossen, besser informiert sind als Käufer mineralischen Dieselöls: Während nämlich 100% der Biodieselfahrer und ca. 93% der befragten Dieselnkunden über die ökologische Bedeutung von CO<sub>2</sub> und SO<sub>2</sub> informiert sind, wissen 39% der Biodieselnkunden und nur 8% der Dieselnkäufer, dass der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Autoabgase mit einem Katalysator nicht gesenkt werden kann. Zudem gaben 99% der Biodieselnkäufer und 86% der Dieselnkunden an, gehobene oder höhere Bildungsabschlüsse zu haben.

Auch die Studie von Fleishman-Hillard Research, St. Louis, Missouri, aus dem Jahr 1994 (vgl. S. 77f.) bestätigt, dass mehr Information über BIODIESEL dessen Bekanntheit und Akzeptanz erhöht und dass damit gleichzeitig die Bereitschaft zunimmt, BIODIESEL zu verwenden, d. h. mehr Information kann ökologisches Handeln fördern.

Andererseits muss fundiertes Umweltwissen nicht unbedingt umweltfreundliches Handeln nach sich ziehen, denn immerhin sind 8% der Dieselnkäufer auch in Bezug auf die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen dem Verbrauch fossiler Treibstoffe und der globalen Klimaänderung gut informiert und tanken trotzdem weiterhin mineralisches Dieselöl.

**Aus dem Gesagten lässt sich schließen, dass vermehrtes Umweltwissen Änderungen in den Umwelteinstellungen bewirken und umweltfreundliches Handeln fördern kann, wobei die Kenntnis der naturwissenschaftlich relevanten Zusammenhänge zwischen der Energiegewinnung durch Verbrennen fossiler Energieträger und der weltweiten Klimaänderung nützlich, aber keine zwingende Voraussetzung ist.**

Achtzehn der 55 Jugendlichen wollen nach dem Umweltprojekt BIODIESEL tanken, sechs, weil dieser Treibstoff umweltfreundlicher, und zwölf, weil er billiger ist. Daraus folgt, dass nur bei einem Drittel der Schüler ökologische, bei zwei Dritteln jedoch ökonomische Erwägungen im Vordergrund stehen.

Entsprechendes ergibt die Befragung der erwachsenen Autofahrer, die „regelmäßig“ oder „meistens“ BIODIESEL tanken. Bei insgesamt 33% dieser Befragten sind überwiegend ökologische Aspekte für die Kaufentscheidung maßgebend, während bei 55% vor allem wirtschaftliche Überlegungen den Ausschlag geben. Letzteres gilt möglicherweise auch für die restlichen 12% der befragten erwachsenen Biodieselskäufer, aus deren Angaben die Motivation nicht eindeutig erkennbar ist.

**Demnach beeinflussen wirtschaftliche Erwägungen sowohl bei den Jugendlichen als auch bei den Erwachsenen die Treibstoffwahl entscheidend: Die Mehrzahl wählt BIODIESEL wegen des günstigeren Preises. Nur jeweils ein Drittel der Jugendlichen und der Erwachsenen trifft mit der Wahl von BIODIESEL bewusst eine ökologische Entscheidung.**

Demzufolge könnte die in Deutschland geplante Besteuerung von Biotreibstoffen bewirken, dass diese umweltfreundliche Alternative zum Nachteil der Umwelt an Attraktivität verliert.

Von den 55 Projektteilnehmern halten nach dem Projekt 91%

- die Umweltfreundlichkeit ihres Fahrzeugs,
- das Einsparen von fossilen Brennstoffen
- und die Verminderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in die Atmosphäre

für „wichtig“ bzw. „sehr wichtig“, während die unvorbereitete Repräsentativumfrage unter Schülern unterschiedlicher Schularten an verschiedenen Orten einen Durchschnittswert von 82% ergibt.

**Mehr Information über Umweltfragen erhöht demnach den Stellenwert des Umweltschutzes.**

Vor dem Projekt hätten 4 Schüler und 16 Schülerinnen Fahrzeuge mit Dieselmotoren gekauft. Danach würden zusätzlich 5 Schüler und 6 Schülerinnen von Benzin- auf Dieselfahrzeuge umsteigen, so dass nach dem Projekt insgesamt 9 Schüler und 22 Schülerinnen im Besitz von Dieselfahrzeugen wären. 9 Schüler und 15 Schülerinnen wollen bei Benzinfahrzeugen bleiben.

Das bedeutet, dass von den 55 Schülerinnen und Schülern vor dem Umweltprojekt 20 (= 36%) und danach insgesamt 31 (= 56%) Dieselfahrzeuge gewählt hätten. Bei dem vorliegenden Verhältnis der Geschlechter (Jungen : Mädchen = 18 : 37) wären vor und nach dem Projekt mehr als die Hälfte der Dieselfahrzeuge von Schülerinnen gekauft worden.

Im Gegensatz dazu ergab die Tankstellenumfrage, dass die überwiegende Mehrzahl der Dieselfahrzeuge von Männern, die 25 Jahre und älter waren, gefahren wurden (vgl. Tab. 88).

<b>Biodieselskunden:</b>	<b>Dieselskunden:</b>
89% waren Männer und nur 11% Frauen. 94% waren 25 Jahre und älter.	84% waren Männer und 16% Frauen. 90% waren 25 Jahre und älter.

**Tab. 88: Zusammensetzung der erwachsenen Biodiesel- und Dieselskunden**

Ein Vergleich der Angaben der Jugendlichen mit denen der Erwachsenen lässt folgende Tendenz erkennen: Während die überwiegende Mehrzahl aller bei den Befragungen erfassten Dieselfahrzeuge von Männern gefahren wurden, die 25 Jahre und älter waren, tendieren anscheinend gegenwärtig erheblich mehr junge Leute und insbesondere auch wesentlich mehr junge Frauen zum Kauf von Dieselfahrzeugen.

Aus dem Gesagten ergibt sich, dass die Schulen ihre Schülerinnen und Schüler möglichst umfassend über die Ursachen und die Folgen der weltweiten Erwärmung („global warming“) unterrichten sollten. Dazu eignen sich schulfächerübergreifende Unterrichtsprojekte, in denen alle wesentlichen Aspekte der Umweltproblematik an authentischen Beispielen in unterschiedlichen Kontexten erarbeitet werden können, so dass die Jugendlichen anwendbares Umweltwissen erwerben, das ökologisches Handeln ermöglicht.

Obwohl immer wieder danach gefragt wird, sollten im Unterricht keine Handlungsempfehlungen gegeben werden, denn diese können infolge neuer Forschungsergebnisse und technischen Fortschritts schon in wenigen Jahren an Aktualität verlieren. Stattdessen sollten die Schüler im Unterricht außer fundierten Umweltkenntnissen unbedingt auch Medienkompetenz erwerben, d. h. sie sollten jedenfalls auch lernen, wie und wo man aktuelle Information zur Umweltsituation erhält. Nur lebenslang aktualisiertes Umweltwissen schafft die Voraussetzung für sachlich begründete Entscheidungen, die im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung verantwortbar sind, und damit für umweltgerechtes Handeln.

## 6 Literaturverzeichnis (alphabetisch)

### 6.1 Erziehungs- und gesellschaftswissenschaftliche Literatur

- Arvai, Joseph L. / Campbell, Victoria E. A. / Baird, Anne / Rivers, Louie: *Teaching Students to Make Better Decisions About the Environment: Lessons From the Decision Sciences*. In: The Journal of Environmental Education, North American Association for Environmental Education, Vol. 36 No. 1, 2004
- Bader, Hans Joachim / Blume, Rüdiger (Hrsg.): *Nachwachsende Rohstoffe*. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie, 37. Jahrgang, Nr. 47, September 1989
- Baumert, J. / Lehmann, R. / Lehrke, M. / Schmitz, B. / Clausen, M. / Hosenfeld, I. / Köller, O. / Neubrand, J.: *TIMSS. Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde*. Leske + Budrich. Leverkusen. 1997
- Beyer, Axel (Hrsg.): *Energiesparen an Schulen*. Erfahrungsberichte. Verlag Dr. Reinhold Krämer, Hamburg. 1999
- Beyer, Axel (Hrsg.): *Nachhaltigkeit und Umweltbildung*. Verlag Dr. Reinhold Krämer, Hamburg. 1998
- Bilharz, Michael: *Können Naturerfahrungen Einfluß auf ökologisches Handeln haben? Sechs Thesen zu (nicht) möglichen Transfereffekten von Naturerfahrungen*. Regensburg. 1996
- Bilharz, Michael: „Gute Taten“ statt vieler Worte? Über den pädagogischen Stellenwert ökologischen Handelns. Verlag Dr. Reinhold Krämer, Hamburg. 2000
- Bockey, Dieter / Jantzen, Wolfgang: *Biodiesel aus Rapsöl*. In: Unterricht Biologie, 20. Jahrgang, Nr. 215, Juni 1996, S. 38 – 42
- Bortz, Jürgen: *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Springer Verlag Berlin Heidelberg. 2001
- Bortz, Jürgen: *Statistik für Sozialwissenschaftler*. Springer Verlag Berlin Heidelberg. 1999
- Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK): *Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Orientierungsrahmen. Materialien*. Heft 69. Bundesministerium für Bildung und Forschung. Bonn. 1998
- Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK): *Bildung für eine nachhaltige Entwicklung („21“). Abschlussbericht des Programmträgers zum BLK-Programm*. Bundesministerium für Bildung und Forschung. Bonn. 2005

- De Miranda, Michael A.: *The Grounding of a Discipline: Cognition and Instruction in Technology Education*. In: International Journal of Technology and Design Education 14, 61 – 77, 2004
- Diekmann, A. / Preisendörfer, P.: *Persönliches Umweltverhalten. Diskrepanz zwischen Anspruch und Wirklichkeit*. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie. 44. 1992. S. 226 – 251
- Eckebrecht, Detlef / Schneeweiß, Horst: *Naturwissenschaftliche Bildung – Gedanken und Beispiele zur Umsetzung von Scientific Literacy*. Ernst Klett Verlag, Stuttgart. 2003
- Eilks, Ingo: *Biodiesel: Kontextbezogenes Lernen in einem gesellschaftskritisch-problemorientierten Chemieunterricht*. In: Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule. Aulis-Verlag Deubner, Köln. 1/2001. S. 8 – 10
- Fransson, N. / Gärling, T.: *Environmental concern: Conceptual definitions, measurement methods, and research findings*. Journal of Environmental Psychology 19. 1999. P. 369 - 382
- Gärtner, Helmut (Hrsg.): *Ökologische Partizipation im Ballungsraum*. Umwelterziehung Band 3. Verlag Dr. Reinhold Krämer, Hamburg. 1992
- Gärtner, Helmut / Hoebel-Mävers, Martin (Hrsg.): *Umwelterziehung – ökologisches Handeln in Ballungsräumen*. Band 1. Verlag Dr. Reinhold Krämer, Hamburg. 1991
- Gärtner, Helmut / Hellberg-Rode, Gesine (Hrsg.): *Umweltbildung & nachhaltige Entwicklung*. Band 1: Grundlagen. Band 2: Praxisbeispiele. Schneider Verlag Hohengehren. 2001
- Gerstenmaier, Jochen / Mandl, Heinz: *Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive*. In: Zeitschrift für Pädagogik. 41. 1995. S. 867 – 888
- Gerstenmaier, Jochen / Mandl, Heinz: *Wissensanwendung im Handlungskontext. Die Bedeutung intentionaler und funktionaler Perspektiven für den Zusammenhang von Wissen und Handeln* (Forschungsbericht Nr. 71). Universität München, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie. 1996
- Giesel, Katharina D. / Haan, Gerhard de / Rode, Horst: *Bildung für eine nachhaltige Entwicklung in der schulischen Erprobung: Strukturen, Motivation, Unterrichtsmethoden und -inhalte*. Bericht zur ersten summarischen Evaluation des BLK-Programms „21“. Institut für erziehungswissenschaftliche Zukunftsforschung der FU Berlin. 2003
- Gräsel, Cornelia: *Problemorientiertes Lernen*. Hogrefe-Verlag, Göttingen. 1997
- Gräsel, Cornelia: *Subjektive Konzepte von Jugendlichen über ihr „ökologisches Handeln“*. IDB Münster. Ber. Inst. Didaktik Biologie 7. 1998. S. 73 – 85

- Green, Norm / Green, Kathy: *Kooperatives Lernen*. Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung, Seelze-Velber. 2005
- Gruber, Hans / Mandl, Heinz / Renkl, Alexander: *Was lernen wir in Schule und Hochschule: Träges Wissen?* In: Mandl / Gerstenmaier (Hrsg.): *Die Kluft zwischen Wissen und Handeln. Empirische und theoretische Lösungsansätze*. Hogrefe-Verlag, Göttingen. 2000
- Haan, Gerhard de: *Die Reflexion und Kommunikation im ökologischen Kontext*. In: H. Apel: *Orientierungen zur Umweltbildung*. Klinkhardt. Bad Heilbrunn/Obb. 1993. S. 119 – 172
- Haan, Gerhard de / Kuckartz, U.: *Determinanten des persönlichen Umwelthandelns*. Forschungsgruppe Umweltbildung. Berlin. 1994. Papers 94 – 107
- Haan, Gerhard de: *Perspektiven der Umwelterziehung / Umweltbildung*. DGU Nachrichten 12. 1995. S. 19 – 30
- Haan, Gerhard de: *Wissen – Bewusstsein – Handeln? Umweltbewusstsein und Umwelthandeln bei Kindern und Jugendlichen*. Forschungsgruppe Umweltbildung. Berlin. 1998. Papers 98 – 147
- Haan, Gerhard de (Hrsg.): *Ökologie und Lernen. Die 1600 besten Materialien mit 200 neuen Titeln*. CD-ROM. Clemens Hölter GmbH. 1999
- Haan, Gerhard de: *Bildung für nachhaltige Entwicklung*. In: Simonis, Udo (Hrsg.): *Öko-Lexikon*. Verlag C. H. Beck, München. 2003
- Haan, Gerhard de (Hrsg.): *Kompetent für eine nachhaltige Zukunft*. In: Magazin Schule, Bildung in Baden-Württemberg, Heft 12, S. 39 – 41. Stuttgart. 2004
- Hesse, Manfred: *Nachwachsende Rohstoffe aus dem Industriepflanzenbau*. In: *Praxis der Naturwissenschaften*, Aulis Verlag Deubner & Co. KG, Köln, 36. Jahrgang, Nr. 8, 1987, S. 34 – 42
- Hoebel-Mävers, Martin (Hrsg.): *Ökologisches Gestalten im Ballungsraum*. Umwelterziehung Band 2. Verlag Dr. Reinhold Krämer, Hamburg. 1992
- Hollweg, Herbert / Uhlmann, Karl-Heinz: *Lernen macht Schule – Neue Wege zur Unterrichtsgestaltung*. Ernst Klett Schulbuchverlag, Leipzig. 2003
- Honebein, P.C. / Duffy, T.M. / Fischman, B.J.: *Constructivism and the design of learning environment: Context and authentic activities for learning*. In: T.M. Duffy / J. Lowyck / D.H. Jonassen / T.M. Welsh (Eds.): *Designing environments for constructive learning*. Springer Verlag. Berlin. 1993. S. 87 – 108
- Hugenschmidt, Bettina / Technau, Anne: *Methoden schnell zur Hand – 58 schüler- und handlungsorientierte Unterrichtsmethoden*. Ernst Klett Verlag, Stuttgart. 2002

- Janssen, Wilfried: *Öl aus Raps*. In: Unterricht Biologie. 6. Jahrgang. Nr. 74, Oktober 1982, S. 21 – 24 und S. 45 – 48
- Just, Manfred / Hradetzky, Albert: *Chemische Schulexperimente – Organische Chemie Bd. 4*. Verlag Harri Deutsch. Thun, Frankfurt / Main, 2. Auflage. 1987. S. 361 – 369
- Kaiser, Florian / Fuhrer, Urs: *Wissen für ökologisches Handeln*. In: Mandl / Gerstenmaier (Hrsg.): *Die Kluft zwischen Wissen und Handeln. Empirische und theoretische Lösungsansätze*. Hogrefe-Verlag, Göttingen. 2000
- Klein, Klaus / Oettinger, Ulrich: *Konstruktivismus. Die neue Perspektive im (Sach-)Unterricht*. Schneider Verlag Hohengehren. 2000
- Krämer, Walter: *Statistik verstehen. Eine Gebrauchsanweisung*. Verlag R. Piper, München. 2001
- Kromrey, Helmut: *Empirische Sozialforschung. Modelle und Methoden der Datenerhebung und Datenauswertung*. 8. Auflage. UTB. Leske + Budrich. Opladen. 1998
- Kyburz-Graber, Regula / Rigendinger, Lisa / Hirsch Hadorn, Gertrude / Werner Zentner, Karin: *Sozio-ökologische Umweltbildung*. Umwelterziehung Band 12. Verlag Dr. Reinhold Krämer, Hamburg. 1997
- Lude, Armin: *Naturerfahrung & Naturschutzbewusstsein. Eine empirische Studie*. Studien-Verlag. Innsbruck. 2001
- Lühs, W. / Friedt, W.: *Erzeugung pflanzlicher nachwachsender Rohstoffe – Fortschritte und Perspektiven der Gentechnik*. In: Praxis der Naturwissenschaften, Aulis-Verlag Deubner & Co. KG, Köln, 46. Jahrgang, Nr. 3, 1997, S. 27 – 31
- Mandl, Heinz: *Wissen und Handeln*. In: H. Mandl / S. Bruckmoser / H. Gruber (Hrsg.): *Bericht über den 40. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in München*. Schwerpunktthema: *Wissen und Handeln*, S. 3 – 13. Hogrefe-Verlag, Göttingen. 1997
- Mandl, Heinz / Gerstenmaier, Jochen (Hrsg.): *Die Kluft zwischen Wissen und Handeln. Empirische und theoretische Lösungsansätze*. Hogrefe-Verlag, Göttingen. 2000
- Marek, Regina (Hrsg.): *Praxisnahe Umwelterziehung*. Umwelterziehung Band 4. Verlag Dr. Reinhold Krämer, Hamburg. 1993
- Milbach, B.: *Die Modellierung individueller und sozialer Prozesse zum Umwelthandeln. Eine Integration motivationspsychologischer Modelle*. In: A. Stippowitz / G. Seeber / F. Marz: *Umweltbildung in Theorie und Praxis*. Petra Knecht. Landau. 1998. Band 3. S. 93 – 122
- Möller, Christian / Brand, Willi: *Ökonomie und Umweltbildung*. In: Schleicher, Klaus / Möller, Christian (Hrsg.): *Perspektivwechsel in der Umweltbildung*. Umwelterziehung Band 11. Verlag Dr. Reinhold Krämer, Hamburg. 1997

- Nürnberger Projektgruppe: Barth, Anne-Rose / Dann, Hanns-Dietrich / Diegritz, Theodor / Fürst, Carl / Haag, Ludwig / Rosenbusch, Heinz S.: *Erfolgreicher Gruppenunterricht – Praktische Anregungen für den Schulalltag*. Ernst Klett Verlag, Stuttgart. 2001
- Oettinger, Ulrich / Klein, Klaus: *Sachunterricht - konstruktivistisch begreifen*. Band 1. Schneider Verlag Hohengehren. 2001
- Osbaldiston, Richard / Sheldon, Kennon M.: *Promoting internalized motivation for environmentally responsible behavior: A prospective study of environmental goals*. In: *Journal of Environmental Psychology* 23 (2003) 349 – 357
- Prenzel, Manfred: *Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Kompetenz / Technikakzeptanz*. In: Bayerisches Staatsministerium für Unterricht, Kultus, Wissenschaft und Kunst (Hrsg.), *Wissen und Werte für die Welt von morgen*. Dokumentation zum Bildungskongress. Bayerisches Staatsministerium für Unterricht, Kultus, Wissenschaft und Kunst. München. 1998. S. 233 – 249
- Prenzel, Manfred: *Überlegungen zur Weiterentwicklung der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung – der präskriptive Anspruch*. In: Krapp, A. / Prenzel, M. (Hrsg.): *Interesse, Lernen, Leistung*. Aschendorff Verlag, Münster. 1992
- Probst, Wilfried: *Pflanzen stellen sich vor*. Metzler Schulbuchverlag GmbH, Hannover. 1992
- Reich, Kersten: *Konstruktivistische Didaktik. Lehren und Lernen aus interaktionistischer Sicht*. Hermann Luchterhand Verlag Neuwied, Kriftel. 2002
- Reinmann-Rothmeier, Gabi / Mandl, Heinz: *Lehren im Erwachsenenalter. Auffassungen vom Lehren und Lernen, Prinzipien und Methoden*. In: Weinert, F. E. / Mandl, H. (Hrsg.): *Psychologie der Erwachsenenbildung, Enzyklopädie der Psychologie*. Hogrefe-Verlag, Göttingen. 1997
- Reinmann-Rothmeier, Gabi / Mandl, Heinz: *Lernen auf der Basis des Konstruktivismus. Wie Lernen aktiver und anwendungsorientierter wird*. In: *Computer und Unterricht* 23 (1996). 41 – 44
- Renkl, A.: *Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird*. *Psychologische Rundschau*, 47. 1996. S. 78 – 92
- Renkl, A.: *Lernen durch Lehren. Zentrale Wirkmechanismen beim kooperativen Lernen*. Deutscher Universitätsverlag. München. 1997
- Renkl, A. / Mandl, H. / Gruber, H.: *Inert knowledge: Analyses and remedies*. *Educational Psychologist*, 31. 1996. pp. 115 – 121
- Scardamalia, M. / Bereiter, C.: *Computer support for knowledge-building communities*. In: *The Journal of the Learning Sciences*. 3. 1994. pp. 265 – 283

- Scardamalia, M. / Bereiter, C. / Lamon, M.: *The CSILE project: Trying to bring the classroom into world 3*. In: K. MacGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice*. Cambridge, MA: Bradford. 1994. pp. 201 – 228
- Schäferhoff, H.: *Energiefluß in Ökosystemen – ein agrarwissenschaftliches Beispiel*. In: *Praxis der Naturwissenschaften – Biologie*. Aulis-Verlag Deubner, Köln. 7/1993. S. 38 – 40
- Schahn, J. / Holzer, E.: *Studies of individual environmental concern. The role of knowledge, gender, and background variables*. *Environment and Behavior*, 22. 1990. pp. 767 – 786
- Schahn, J. / Holzer, E.: *Konstruktion, Validierung und Anwendung von Skalen zur Erfassung des individuellen Umweltbewusstseins*. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 11. 1990. S. 185 – 204
- Schleicher, Klaus (Hrsg.): *Lernorte in der Umwelterziehung*. Umwelterziehung Band 6. Verlag Dr. Reinhold Krämer, Hamburg. 1992
- Schleicher, Klaus (Hrsg.): *Umweltbewusstsein und Umweltbildung in der Europäischen Union. Zur nachhaltigen Zukunftssicherung*. 2. Auflage. Verlag Dr. Reinhold Krämer, Hamburg. 1996
- Schleicher, Klaus: *Raum-, Zeit- und Handlungsperspektiven einer nachhaltigen Umweltbildung*. In: Schleicher, Klaus / Möller, Christian (Hrsg.): *Perspektivwechsel in der Umweltbildung*. Umwelterziehung Band 11. Verlag Dr. Reinhold Krämer, Hamburg. 1997
- Stofflett, René´ T.: *Putting Constructivist Teaching into Practice in Undergraduate Introductory Science*. In: *Electronic Journal of Science Education* V3 N2 – December, 1998 – Stofflett
- Stuckmann, Elmar: *Angst vor der Umweltkatastrophe...*. In: PRO – Das Gesellschaftsmagazin für Schule und Bildung. Ausgabe 3/99
- Syassen, Onno: *Biodiesel – ein Kraftstoff mit Zukunft?*. In: *Praxis der Naturwissenschaften*, Aulis-Verlag Deubner & Co. KG, Köln, 46. Jahrgang, Nr. 3, 1997, S. 13 – 20
- Szagan, Gisela / Mesenholl, Elke / Jelen, Martina: *Umweltbewusstsein bei Jugendlichen. Emotionale, handlungsbezogene und ethische Aspekte*. Frankfurt. 1994
- The NEED Project: *Transportation Fuels. Biodiesel. Information and activities to teach students about biodiesel fuel*. Manassas, VA. 2004 – 2005
- Weinert, F. E. / Helmke, A.: *Learning from wise mother nature or big brother instructor: The wrong choice as seen from an educational perspective*. In: *Educational Psychologist* 30 (1995) 3, S. 135f.

## 6.2 Umweltliteratur

- Altner, Günter: *Menschliche Grundbedürfnisse*. In: Breuel, Birgit (Hrsg.): *Agenda 21. Vision: Nachhaltige Entwicklung*. (Buchreihe zu Themen der EXPO 2000, Band 1). Campus Verlag. Frankfurt / New York. 1999
- Becker, Udo / Elsel, Elke: *Mobilität*. In: Breuel, Birgit (Hrsg.): *Agenda 21. Vision: Nachhaltige Entwicklung*. (Buchreihe zu Themen der EXPO 2000, Band 1). Campus Verlag. Frankfurt / New York. 1999
- Binswanger, Hans Christoph: *Energie*. In: Breuel, Birgit (Hrsg.): *Agenda 21. Vision: Nachhaltige Entwicklung*. (Buchreihe zu Themen der EXPO 2000, Band 1). Campus Verlag. Frankfurt / New York. 1999
- Fleishman-Hillard Research: *Biodiesel Awareness and Attitudes by Transit System Managers*. A Report to: National SoyDiesel Development Board. St. Louis, Missouri. 1994
- Gerstengarbe, Friedrich-Wilhelm / Werner, Peter C.: *Klima*. In: Breuel, Birgit (Hrsg.): *Agenda 21. Vision: Nachhaltige Entwicklung*. (Buchreihe zu Themen der EXPO 2000, Band 1). Campus Verlag. Frankfurt / New York. 1999
- Hulpke, Herwig / Koch, Herbert / Nießner, Reinhard (Herausgeber): *Römpp Lexikon Umwelt*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart – New York. 2000
- Joireman, Jeffrey A. / Van Lange, Paul A. M. / Van Vugt, Mark : *Who Cares About the Environmental Impact of Cars? Those With an Eye Toward the Future*. In: *Environment and Behavior*, Vol. 36 No. 2, 2004
- Maurer, Jakob: *Mobilität ohne Grenzen? Vision: Abschied vom globalen Stau*. (Buchreihe zur EXPO 2000, Band 10). Campus Verlag. Frankfurt / New York. 2000
- Mayer Harrison, Helen / Harrison, Newton: *Grüne Landschaften. Vision: Die Welt als Garten*. (Buchreihe zur EXPO 2000, Band 5). Campus Verlag. Frankfurt / New York. 1999
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR Baden-Württemberg: *„Zukunft im Treibhaus?“ Ursachen und Folgen der Klimaveränderung*. CD-ROM. Klett-Perthes Verlag. 1996
- ÖKODIAGRAMME. *Digitale Foliensammlung für den naturwissenschaftlichen Unterricht*. CD-ROM. Ernst Klett Verlag Stuttgart. 1999
- Renn, Ortwin / Knaus, Anja / Kastenholz, Hans: *Wege in eine nachhaltige Zukunft*. In: Breuel, Birgit (Hrsg.): *Agenda 21. Vision: Nachhaltige Entwicklung*. (Buchreihe zu Themen der EXPO 2000, Band 1). Campus Verlag. Frankfurt / New York. 1999
- Schulz-Baldes, Meinhard: *Umwelt und Landschaft*. In: Breuel, B. (Hrsg.): *Agenda 21. Vision: Nachhaltige Entwicklung*. (Buchreihe zu Themen der EXPO 2000, Band 1). Campus Verlag. Frankfurt / New York. 1999

- Simonis, Udo Ernst: *Globale Umweltprobleme lösen*. In: Breuel, B. (Hrsg.): *Agenda 21. Vision: Nachhaltige Entwicklung*. (Buchreihe zu Themen der EXPO 2000, Band 1). Campus Verlag, Frankfurt / New York. 1999
- Weizsäcker, Ernst Ulrich v.: *Das Jahrhundert der Umwelt. Vision: Öko-effizient leben und arbeiten*. (Buchreihe zu Themen der EXPO 2000, Band 4). Campus Verlag, Frankfurt / New York. 1999

### 6.3 Naturwissenschaftliche und technische Literatur

- Balzer / Ehlert / Haslinger / Heuberger / Jagonosch / Lindemann: *Handbuch der Kfz-Technik*, Bd. 1: *Motor und Kraftübertragung*. Motorbuch Verlag Stuttgart. 2000
- Bundesministerium für Forschung und Technologie, Bonn: *Nachwachsende Rohstoffe – Konzept zur Forschungsförderung 1990 – 1995*
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten: *Bericht des Bundes und der Länder über Nachwachsende Rohstoffe*. Bonn. 1995
- Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft: *Nachwachsende Rohstoffe*. Bonn. 2001
- Deckwer, Wolf-Dieter / Pühler, Alfred / Schmid, Rolf (Hrsg.): *Römpp Lexikon Biotechnologie und Gentechnik*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart – New York. 1999
- Drechsler, Wolf / Kraus, Katja / Landgrebe, Jürgen: *Ökobilanz von Rapsöl bzw. Rapsölmethylester als Ersatz für Dieselkraftstoff*. In: *Aspekte – Erdöl, Erdgas, Kohle*. 110. Jahrgang, Nr. 6, Juni 1994, S. 244 – 247
- Eggersdorfer, Manfred / Warwel, Siegfried / Wulff, Günter: *Nachwachsende Rohstoffe – Perspektiven für die Chemie*. Verlag Chemie Weinheim. 1993
- Etzold, Hans-Rüdiger: *So wird's gemacht*. Band 46. *Mercedes Benz 190 / 190 E*, 7. Aufl. Delius Klasing Verlag, Bielefeld. 1997
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) (Hrsg.): *Informationen zur Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.* Gülzow. O. J.
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) (Hrsg.): *Gülzower Fachgespräche. Biotechnologie und Gentechnik in der Industriepflanzenzüchtung*. Gülzow. 1995
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) (Hrsg.): *Nachwachsende Rohstoffe „Die Natur als chemische Fabrik“*. Gülzow. O. J. CD-ROM. Gefördert durch das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft

- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) (Hrsg.): *Nachwachsende Rohstoffe „Spitzentechnologie ohne Ende“*. Gülzow. O. J. Gefördert durch das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) (Hrsg.): *Biogas – eine natürliche Energiequelle*. Gülzow. 2002
- Falbe, Jürgen / Regitz, Manfred (Herausgeber): *Römpp Basislexikon Chemie. Kompaktausgabe*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart – New York. 1999
- Falbe, Jürgen / Regitz, Manfred (Herausgeber): *Römpp Lexikon Biotechnologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart – New York. 1992
- Franke, Wolfgang: *Nutzpflanzenkunde*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart – New York. 1992
- Fugmann, Burkhard / Lang-Fugmann, Susanne / Steglich, Wolfgang: *Römpp Lexikon Naturstoffe*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart – New York. 1997
- Grohe, Heinz: *Otto- und Dieselmotoren*. Vogel Fachbuch. 2000
- Heinrich, Dieter / Hergt, Manfred: *dtv-Atlas Ökologie*. 5. Aufl. Deutscher Taschenbuch Verlag, München. 2002
- Heinze, Stefanie / Scharrer, Jochen (Redaktion): *RERUM – Perspektiven der globalen Energieversorgung*. Herausgeber: Zeitbild-Verlag GmbH in Zusammenarbeit mit der Deutschen Shell AG, München. 1999
- Hoffmann, Helmut (Kreiswerke Heinsberg GmbH) / Golbs, Gerhard (GET – Gesellschaft für Entwicklungstechnologie mbH, Jülich): *BIODIESEL in Linienomnibussen – Erfahrungen der Kreiswerke Heinsberg GmbH*. Geilenkirchen. O. J.
- Kaltschmitt, Martin: *Energieträgerproduktion auf pflanzlicher Basis*. In: *Landtechnik*, 48. Jahrgang, Nr. 8, September 1993, S. 400 – 406
- Körper-Grohne, Udelgard: *Nutzpflanzen in Deutschland – Kulturgeschichte und Biologie*. Konrad Theiss Verlag, Stuttgart. 1994
- Korp, Dieter: *Jetzt helfe ich mir selbst*. Band 110. Mercedes Benz 190 D. Motorbuch Verlag Stuttgart. 1998
- Mayer, Bettina: *Forschung & Technik: Auto, Natur im Tank*. In: *FOCUS-Magazin* 4/1999
- Pude, Ralf: *Pflanzen für die Industrie*. Herausgeber: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow. 2001
- Pühler, Alfred / Regitz, Manfred / Schmid, Rolf (Herausgeber): *Römpp Kompaktlexikon Biochemie und Molekularbiologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart – New York. 1999
- Röbbelsen, Gerhard: *Rapsöl als Industrierohstoff*. Artikel 2.1, Stand: 21.01.1994. In: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow, Ergänzungslieferung zur Basisausgabe, Stand: 27.03.1995

- Schrimppf, E.: *Treibstoff der Zukunft: Wasserstoff oder Pflanzenöl?* In: ENERGIEDEPESCHE - 4 – Dezember 2002
- Schuster, Walter: *Ölpflanzen in Europa*. DLG-Verlag, Frankfurt am Main. 1992
- Syassen, Onno: *Biodiesel – ein vernünftiger Kraftstoff?*. Sonderdruck aus: Technische Überwachung TÜ 37, Nr. 1/2, S. 50 – 53 und Nr. 3, S. 63 – 65, 1996
- Syassen, Onno: *Chancen und Problematik nachwachsender Kraftstoffe*. Sonderdruck aus: MTZ Motortechnische Zeitschrift, Franckh-Kosmos-Verlags-GmbH & Co., Stuttgart, Hefte 11 und 12, 1992
- Umweltbundesamt (Hrsg.): *Ökologische Bilanz von Rapsöl bzw. Rapsölmethylester als Ersatz von Dieselkraftstoff (Ökobilanz Rapsöl)*. Berlin. 1993
- Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V. (ufop): *Erfahrungen mit Biodiesel*. Bonn. 2000
- Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V. (ufop): *Stellungnahme der Agrarressorts des Bundes und der Länder zur Studie des Umweltbundesamtes (UBA) „Ökologische Bilanz von Rapsöl bzw. Rapsölmethylester als Ersatz von Dieselkraftstoff (Ökobilanz Rapsöl)“*. O. J.
- Vogel, Günter / Angermann, Hartmut: *dtv-Atlas Biologie*. Bd. 2. 9. Auflage. Deutscher Taschenbuch Verlag, München. 1998
- Vollmer, Andrea: *Verkehrstaschenbuch 2005/2006*. 48. Aufl. Herausgeber: Aral Aktiengesellschaft, Bochum. 2005

#### 6.4 Weitere Literatur

- Kremer, Bruno P.: *Texte schreiben im Biologiestudium*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York. 2004

## 7 Verzeichnis aller Abbildungen

- Abb. 1: Kartenskizze mit rot eingezeichneten Schulorten, an denen Schüler befragt wurden
- Abb. 2: Diagramm zu Frage 2 der Schülerbefragung in Gymnasien: Häufigkeit der markierten Gase (Bildung des „sauren Regens“)
- Abb. 3: Umfrageergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) in Gymnasien
- Abb. 4: Diagramm zu Frage 2 der Schülerbefragung in berufsbildenden Gymnasien: Häufigkeit der markierten Gase (Bildung des „sauren Regens“)
- Abb. 5: Umfrageergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) in berufsbildenden Gymnasien
- Abb. 6: Diagramm zu Frage 2 der Schülerbefragung in Realschulen: Häufigkeit der markierten Gase (Bildung des „sauren Regens“)
- Abb. 7: Umfrageergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) in Realschulen
- Abb. 8: Diagramm zu Frage 2 der Schülerbefragung in Berufskollegs und Berufsschulen: Häufigkeit der markierten Gase (Bildung des „sauren Regens“)
- Abb. 9: Umfrageergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) in Berufskollegs und Berufsschulen
- Abb. 10: Diagramm zu Frage 2 der Schülerbefragung in Haupt- und Berufsfachschulen: Häufigkeit der markierten Gase (Bildung des „sauren Regens“)
- Abb. 11: Umfrageergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) in Haupt- und Berufsfachschulen
- Abb. 12: Diagramm zu Frage 2 der Schülerbefragung in allen Schularten: Häufigkeit der markierten Gase (Bildung des „sauren Regens“)
- Abb. 13: Umfrageergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) in sämtlichen Schularten (Mittelwert für alle befragten Schülerinnen und Schüler)
- Abb. 14: Diagramm zu Frage 4 der Schülerbefragung in Gymnasien: Häufigkeit der markierten Aussagen zur Katalysatorwirkung
- Abb. 15: Umfrageergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) in Gymnasien
- Abb. 16: Diagramm zu Frage 4 der Schülerbefragung in berufsbildenden Gymnasien: Häufigkeit der markierten Aussagen zur Katalysatorwirkung
- Abb. 17: Umfrageergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) in berufsbildenden Gymnasien

- Abb. 18: Diagramm zu Frage 4 der Schülerbefragung in Realschulen: Häufigkeit der markierten Aussagen zur Katalysatorwirkung
- Abb. 19: Umfrageergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) in Realschulen
- Abb. 20: Diagramm zu Frage 4 der Schülerbefragung in Berufskollegs und Berufsschulen: Häufigkeit der markierten Aussagen zur Katalysatorwirkung
- Abb. 21: Umfrageergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) in Berufskollegs und Berufsschulen
- Abb. 22: Diagramm zu Frage 4 der Schülerbefragung in Haupt- und Berufsfachschulen: Häufigkeit der markierten Aussagen zur Katalysatorwirkung
- Abb. 23: Umfrageergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) in Haupt- und Berufsfachschulen
- Abb. 24: Diagramm zu Frage 4 der Schülerbefragung in allen Schularten: Häufigkeit der markierten Aussagen zur Katalysatorwirkung
- Abb. 25: Umfrageergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) in sämtlichen Schularten (Mittelwert für alle befragten Schülerinnen und Schüler)
- Abb. 26: Beweggründe der BIODIESEL-Kunden für ihre Kaufentscheidung
- Abb. 27: BIODIESEL-Kundenbefragung zum Wissen um die Wirkung des Abgaskatalysators
- Abb. 28: Geschlecht der BIODIESEL-Kunden
- Abb. 29: Alter der BIODIESEL-Kunden
- Abb. 30: Bildungsabschlüsse der BIODIESEL-Kunden
- Abb. 31: Alter, in dem die BIODIESEL-Kunden ihre PKW-Führerschein erworben haben
- Abb. 32: Häufigkeit der Automobilmarken an BIODIESEL-Zapfsäulen
- Abb. 33: Anteil der Dieselfahrzeuge, die mit BIODIESEL betankt wurden
- Abb. 34: DIESEL-Kundenbefragung zum Wissen um die Wirkung des Abgaskatalysators
- Abb. 35: Geschlecht der DIESEL-Kunden
- Abb. 36: Alter der DIESEL-Kunden
- Abb. 37: Bildungsabschlüsse der DIESEL-Kunden
- Abb. 38: Alter, in dem die DIESEL-Kunden ihre PKW-Führerschein erworben haben
- Abb. 39: Häufigkeit der Automobilmarken an DIESEL-Zapfsäulen
- Abb. 40: Diagramm zu Frage 4 der Schülerbefragung nach dem Umweltprojekt: Häufigkeit der markierten Gase (Bildung des „sauren Regens“)

- Abb. 41: Befragungsergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 4) nach dem Umweltprojekt
- Abb. 42: Diagramm zu Frage 5 der Schülerbefragung nach dem Umweltprojekt: Häufigkeit der markierten Gase (Verstärkung des „Treibhauseffekts“)
- Abb. 43: Befragungsergebnis zur Verstärkung des „Treibhauseffekts“ (F 5) nach dem Umweltprojekt
- Abb. 44: Diagramm zu Frage 6 der Schülerbefragung nach dem Umweltprojekt: Häufigkeit der markierten Aussagen zur Katalysatorwirkung
- Abb. 45: Umfrageergebnis zur Katalysatorwirkung (F 6) nach dem Umweltprojekt
- Abb. 46: Fahrzeugwahl der Projektteilnehmer vor und nach dem Umweltprojekt
- Abb. 47: Anteil der bereits vor dem Umweltprojekt mit BIODIESEL betriebenen Dieselfahrzeuge
- Abb. 48: Anteil der nach dem Umweltprojekt mit BIODIESEL betriebenen Dieselfahrzeuge

## 8 Verzeichnis aller Tabellen

- Tab. 1: Zusammensetzung der Stichprobe der breit angelegten Schülerbefragung
- Tab. 2: Verzeichnis der Schulen, die sich an der breit angelegten Schülerbefragung beteiligt haben
- Tab. 3: Befragungsergebnis zu Frage 1 der breit angelegten Schülerbefragung
- Tab. 4: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) an Gymnasien
- Tab. 5: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) an berufsbildenden Gymnasien
- Tab. 6: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) an Realschulen
- Tab. 7: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) an Berufskollegs und Berufsschulen
- Tab. 8: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) an Haupt- und Berufsfachschulen
- Tab. 9: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 2) für alle befragten Schülerinnen und Schüler
- Tab. 10: Befragungsergebnis zu Frage 3 der breit angelegten Schülerbefragung
- Tab. 11: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) an Gymnasien
- Tab. 12: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) an berufsbildenden Gymnasien
- Tab. 13: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) an Realschulen
- Tab. 14: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) an Berufskollegs und Berufsschulen
- Tab. 15: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Katalysatorwirkung (F 4) an Haupt- und Berufsfachschulen
- Tab. 16: Untersuchungsergebnisse inwieweit die befragten Schülerinnen und Schüler wichtige Zusammenhänge zwischen Autofahren und Klimaschutz verstanden haben
- Tab. 17: Befragungsergebnis zur „Agenda 21“ (F 5) der Schülerbefragung

- Tab. 18: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schüler der Gymnasien
- Tab. 19: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schülerinnen der Gymnasien
- Tab. 20: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schülerinnen und Schüler der Gymnasien
- Tab. 21: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schüler der berufsbildenden Gymnasien
- Tab. 22: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schülerinnen der berufsbildenden Gymnasien
- Tab. 23: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schülerinnen und Schüler der berufsbildenden Gymnasien
- Tab. 24: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schüler der Realschulen
- Tab. 25: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schülerinnen der Realschulen
- Tab. 26: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schülerinnen und Schüler der Realschulen
- Tab. 27: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schüler von Berufskollegs und Berufsschulen
- Tab. 28: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schülerinnen von Berufskollegs und Berufsschulen
- Tab. 29: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schülerinnen und Schüler von Berufskollegs und Berufsschulen
- Tab. 30: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schüler von Haupt- und Berufsfachschulen
- Tab. 31: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schülerinnen von Haupt- und Berufsfachschulen
- Tab. 32: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben der befragten Schülerinnen und Schüler von Haupt- und Berufsfachschulen

- Tab. 33: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben aller befragten Schüler
- Tab. 34: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben aller befragten Schülerinnen
- Tab. 35: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung: Angaben aller befragten Schülerinnen und Schüler
- Tab. 36: Befragungsergebnisse zu Frage 6 der breit angelegten Schülerbefragung bezüglich der Wichtigkeit des Fahrens mit einem eigenen Kraftfahrzeug, nach Alter und Geschlecht getrennt
- Tab. 37: Stichprobenzusammensetzung der Schülerbefragung
- Tab. 38: Aufstellung der Führerscheininhaber und -klassen aus der breit angelegten Schülerbefragung; nach Schulart, Geschlecht und Alter getrennt
- Tab. 39: Aufstellung der PKW-Führerscheininhaber und -bewerber aus der breit angelegten Schülerbefragung; nach Schulart und Geschlecht getrennt
- Tab. 40: Zusammenstellung der Fahrzeugbesitzer aus der breit angelegten Schülerbefragung; nach Schulart, Geschlecht und Alter getrennt
- Tab. 41: Zusammenstellung der Schülerfahrzeuge nach den Angaben in der breit angelegten Schülerbefragung; nach Schulart und Geschlecht getrennt
- Tab. 42: BIODIESEL-Kundenbefragung zur Häufigkeit des Tankens von BIODIESEL
- Tab. 43: BIODIESEL-Kundenbefragung zur Motivation für die Wahl von BIODIESEL
- Tab. 44: BIODIESEL-Kundenbefragung zur Bedeutung der Kosten für BIODIESEL
- Tab. 45: BIODIESEL-Kundenbefragung zu Kohlenstoffdioxid
- Tab. 46: BIODIESEL-Kundenbefragung zu Schwefeldioxid
- Tab. 47: BIODIESEL-Kundenbefragung zur Katalysatorwirkung
- Tab. 48: BIODIESEL-Kundenbefragung: Gewichtung verschiedener Aussagen
- Tab. 49: Geschlecht der BIODIESEL-Kunden
- Tab. 50: Alter der BIODIESEL-Kunden
- Tab. 51: Bildungsabschlüsse der BIODIESEL-Kunden
- Tab. 52: BIODIESEL-Kundenbefragung zu ihrem Alter beim Führerscheinwerb
- Tab. 53: BIODIESEL-Kundenbefragung zu ihren Fahrzeugen
- Tab. 54: DIESEL-Kundenbefragung zur Fahrzeugeignung für BIODIESEL

- Tab. 55: DIESEL-Kundenbefragung zur Betriebssicherheit mit BIODIESEL
- Tab. 56: DIESEL-Kundenbefragung zur Umweltfreundlichkeit des Fahrzeugs
- Tab. 57: DIESEL-Kundenbefragung zu Kohlenstoffdioxid
- Tab. 58: DIESEL-Kundenbefragung zu Schwefeldioxid
- Tab. 59: DIESEL-Kundenbefragung zur Katalysatorwirkung
- Tab. 60: Befragung sämtlicher DIESEL-Kunden: Gewichtung verschiedener Aussagen
- Tab. 61: Befragung der männlichen DIESEL-Kunden: Gewichtung verschiedener Aussagen
- Tab. 62: Befragung der DIESEL-Kundinnen: Gewichtung verschiedener Aussagen
- Tab. 63: Geschlecht der DIESEL-Kunden
- Tab. 64: Alter der DIESEL-Kunden
- Tab. 65: Bildungsabschlüsse der DIESEL-Kunden
- Tab. 66: DIESEL-Kundenbefragung zu ihrem Alter beim Führerscheinwerb
- Tab. 67: DIESEL-Kundenbefragung zu ihren Fahrzeugen
- Tab. 68: Ergebnisse zu Frage 1 der Abschlussbefragung der Projektteilnehmer
- Tab. 69: Ergebnisse zu Frage 2 der Abschlussbefragung der Projektteilnehmer
- Tab. 70: Ergebnisse zu Frage 3 der Abschlussbefragung der Projektteilnehmer
- Tab. 71: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Bildung des „sauren Regens“ (F 4) nach dem Umweltprojekt
- Tab. 72: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Verstärkung des „Treibhauseffekts“ (F 5) nach dem Umweltprojekt
- Tab. 73: Bewertungskriterien und differenziertes Befragungsergebnis zur Katalysatorwirkung (F 6) nach dem Umweltprojekt
- Tab. 74: Abschlussbefragung der Projektteilnehmer zur „Agenda 21“
- Tab. 75: Abschlussbefragung der Projektteilnehmer: Gewichtung von Aussagen
- Tab. 76: Abschlussbefragung der Projektteilnehmer zu Alter und Geschlecht
- Tab. 77: Abschlussbefragung der Projektteilnehmer zu vorhandenen Führerschein
- Tab. 78: Abschlussbefragung der Projektteilnehmer zum Führerscheinwerb

- Tab. 79: Anzahl der Projektteilnehmer, die vor dem Umweltprojekt Dieselfahrzeuge kaufen und mit BIODIESEL fahren wollten
- Tab. 80: Anzahl der Biodieselskäufer unter denjenigen, die vor dem Projekt Dieselfahrzeuge gewählt hätten
- Tab. 81: Anzahl der Projektteilnehmer, die nach dem Umweltprojekt Dieselfahrzeuge kaufen und mit BIODIESEL fahren wollen
- Tab. 82: Anzahl der Biodieselskäufer unter den Umsteigern von Benzin- auf Dieselfahrzeuge
- Tab. 83: Umweltwissen derjenigen, die vor dem Projekt Dieselfahrzeuge gewählt hätten
- Tab. 84: Umweltwissen derjenigen, die vor dem Projekt Dieselfahrzeuge gewählt hätten und danach mit BIODIESEL fahren wollen
- Tab. 85: Umweltwissen der Umsteiger von Benzin- auf Dieselfahrzeuge
- Tab. 86: Umweltwissen derjenigen, die nach dem Projekt Benzinfahrzeuge kaufen würden
- Tab. 87: Gegenüberstellung wichtiger Ergebnisse der Repräsentativumfrage und der Abschlussbefragung der Projektteilnehmer über das Wissen um die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zwischen Energieerzeugung und Klimaschutz
- Tab. 88: Zusammensetzung der erwachsenen Biodiesel- und Dieselskunden

## 9 Weitere Hilfsmittel

### Computer-Software

Betriebssysteme:	Microsoft Windows 98 SE Microsoft Windows 2000 Professional Microsoft Windows xp
Textverarbeitung:	Microsoft Word 2000 Microsoft Office xp 2002
Statistik:	SPSS 10.0 Microsoft Excel 2000
Grafiken:	Microsoft Excel 2000 Microsoft Word 2000 Microsoft PhotoDraw V2
Bildbearbeitung und Cliparts:	Microsoft PhotoDraw V2
Versuchsaufbauten und Strukturformeln:	Labormaker / Formelmaker. CD-Rom. Ernst Klett Verlag Stuttgart. 2000

## **Danksagung**

Herrn Prof. Dr. Klaus Klein danke ich für die Themenstellung sowie für seine Betreuung und Herrn Prof. Dr. Horst Bannwarth für die Mitbetreuung und Beratung. Beiden Hochschullehrern danke ich für die vielen wertvollen Anregungen und Hinweise, die ich in zahlreichen Gesprächen erhalten habe.

Auch Herrn Timo Meyer sei an dieser Stelle für seine Mitarbeit bei der Datenerhebung und -erfassung gedankt.

Herzlichen Dank sage ich meinen Kollegen, Frau OStR`in Erika Egert und Herrn StR Frank Hoffmann, für ihre Hilfe und vor allem für ihre Ausdauer beim Korrekturlesen.

Nicht zuletzt gilt mein Dank den vielen Kolleginnen und Kollegen in den verschiedenen Schulen, den Schülerinnen und Schülern sowie den befragten Autofahrerinnen und -fahrern für ihr Mitwirken bei den Datenerhebungen und allen, die sonst in irgendeiner Weise zum Gelingen beigetragen haben.