

**ifo studien
zur umweltökonomie
24**

**Abschätzung der innovativen Wirkungen
umweltpolitischer Instrumente**

– dargestellt am Beispiel des Systems Straßenverkehr

von
Rolf-Ulrich Sprenger
Angela Franke
Reinhard Hild
Horst Penzkofer
Sylvia Pintarits
Heinz Schmalholz
Johann Wackerbauer

ifo Institut
für Wirtschaftsforschung
München 1998



Inhalt

	<u>Seite</u>
1. Problemstellung, Zielsetzung, Ansatz und Aufbau der Untersuchung	1
2. Ökologische Problemfelder des Straßenverkehrssystems	7
3. Straßenverkehrssystem und Umweltinnovationen	10
3.1 Handlungs- und Innovationspotentiale	10
3.1.1 Innovationen im technischen Sinn	10
3.1.2 Soziale und Institutionelle Innovationen	16
3.2 Umweltpolitische Instrumente und Umweltinnovationen im Straßenverkehrssystem	18
3.3 Kriterien und Verfahren zur Bewertung von Innovationen	20
3.4 Umweltinnovationen im Straßenverkehrssystem und die Relevanz umweltpolitischer Instrumente	22
3.4.1 Der Einfluß umweltpolitischer Instrumente aus Sicht der Umweltökonomie	23
3.4.2 Einflußfaktoren im Rahmen der Innovationsforschung	25
3.4.3 Der Einfluß umweltpolitischer Instrumente aus der Sicht der Policy-Forschung	30
3.4.4 Schaffung eines Bezugsrahmens für die potentiellen Einflußfaktoren im Innovationsprozeß	31
3.4.5 Zwischenergebnis und Auswahl der Fallstudien	39
4. Empirische Analyse des Einflusses umweltpolitischer Instrumente auf Umweltinnovationen im Straßenverkehrssystem	42
4.1. Wasserlösliche Autolacke	42
4.1.1 Beschreibung der untersuchten Umweltinnovationen	42

	<u>Seite</u>
4.1.1.1 Kurzbeschreibung	42
4.1.1.2 Innovationstheoretische Einordnung	43
4.1.1.3 Ökologische Einordnung	44
4.1.2 Theoretische Analyse des Innovations- bzw. Diffusionsprozesses	45
4.1.2.1 Einflußfaktoren	45
4.1.2.2 Akteure	48
4.1.2.3 Entwicklung von Arbeitshypothesen	59
4.1.3 State-of-the-art (Literaturauswertung)	59
4.1.3.1 Umweltökonomische Analysen	60
4.1.3.2 Innovationsforschungsergebnisse	62
4.1.3.3 Politikwissenschaftliche Analysen	63
4.1.3.4 Sonstige Untersuchungen	63
4.1.3.5 Fazit	63
4.1.4 Eigene empirische Untersuchung	64
4.1.4.1 Untersuchungsansatz	64
4.1.4.2 Untersuchungsergebnisse	64
4.1.5 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	67
4.1.5.1 Zusammenfassung	67
4.1.5.2 Schlußfolgerung für die Politik	68
4.2 Die Entwicklung und Einführung des Katalysators in Europa, Japan und den USA	70
4.2.1 Beschreibung der untersuchten Umweltinnovationen	70
4.2.1.1 Kurzbeschreibung	70
4.2.1.2 Innovationstheoretische Einordnung	71
4.2.1.3 Ökologische Einordnung der Katalysator-technik	72
4.2.2 Theoretische Analyse des Innovations- bzw. Diffusionsprozesses	76

	<u>Seite</u>	
4.2.2.1	Einflußfaktoren	76
4.2.2.1.1	Der Einfluß umweltpolitischer Instrumente aus der Sicht der Umweltökonomie	76
4.2.2.1.2	Einflußfaktoren im Rahmen der Innovations- forschung	83
4.2.2.1.3	Der Einfluß umweltpolitischer Instrumente aus Sicht der Policy-Forschung	85
4.2.2.2	Akteure	89
4.2.2.3	Entwicklung von Arbeitshypothesen	93
4.2.3	State-of-the-art (Literaturlauswertung)	94
4.2.3.1	Umweltökonomische Analysen	94
4.2.3.2	Innovationsforschungsergebnisse	95
4.2.3.3	Politikwissenschaftliche Analysen	97
4.2.3.4	Fazit	103
4.2.4	Eigene empirische Untersuchung	104
4.2.4.1	Untersuchungsansatz	104
4.2.4.2	Untersuchungsergebnisse	104
4.2.4.2.1	Zulassung schadstoffarmer Pkw	104
4.2.4.2.2	Ergebnisse aus den Tiefeninterviews	107
4.2.5	Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	110
4.2.5.1	Zusammenfassung	110
4.2.5.2	Schlußfolgerung für die Politik	111
4.3	Lärmarme LKW	113
4.3.1	Beschreibung der untersuchten technischen Umweltinnovation	113
4.3.1.1	Kurzbeschreibung	113
4.3.1.2	Innovationstheoretische Einordnung	114
4.3.1.3	Ökologische Einordnung	114

IV

	<u>Seite</u>
4.3.2 Theoretische Analysen des Innovations- bzw. Diffusionsprozesses	116
4.3.2.1 Einflußfaktoren	116
4.3.2.2 Akteure	118
4.3.2.3 Entwicklung von Arbeitshypothesen	122
4.3.3 State-of-the-art (Literaturlauswertung)	123
4.3.3.1 Umweltökonomische Analysen	124
4.3.3.2 Innovationsforschungsergebnisse	124
4.3.3.3 Politikwissenschaftliche Analysen	125
4.3.3.4 Sonstige Untersuchungen	125
4.3.3.5 Fazit	128
4.3.4 Eigene empirische Untersuchungen	128
4.3.4.1 Untersuchungsansatz	128
4.3.4.2 Untersuchungsergebnisse	129
4.3.4.2.1 Nutzfahrzeug-Hersteller	129
4.3.4.2.2 Straßenoberfläche	134
4.3.4.2.3 Reifenindustrie	137
4.3.5 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	141
4.3.5.1 Zusammenfassung	141
4.3.5.2 Schlußfolgerungen für die Politik	143
4.3.5.3 Weiterer Forschungsbedarf	144
4.4 Auf dem Weg zum Drei-Liter-Auto/Minderung der verkehrsbedingten CO ₂ -Emissionen	146
4.4.1 Beschreibung der untersuchten Umweltinnovationen	146
4.4.1.1 Kurzbeschreibung	146
4.4.1.2 Innovationstheoretische Einordnung	147
4.4.1.3 Ökologische Einordnung	148

	<u>Seite</u>
4.4.2 Theoretische Analyse des Innovations- bzw. Diffusionsprozesses	149
4.4.2.1 Einflußfaktoren	149
4.4.2.1.1 Der Einfluß umweltpolitischer Instrumente aus Sicht der Umweltökonomie	149
4.4.2.1.2 Einflußfaktoren im Rahmen der Innovationsforschung	153
4.4.2.1.3 Der Einfluß umweltpolitischer Instrumente aus Sicht der Policy-Forschung	154
4.4.2.2 Akteure	156
4.4.2.3 Entwicklung von Arbeitshypothesen	156
4.4.3 State-of-the-art (Literaturauswertung)	158
4.4.3.1 Umweltökonomische Analysen	158
4.4.3.2 Sonstige Untersuchungen	161
4.4.3.3 Fazit	163
4.4.4 Eigene empirische Untersuchung	163
4.4.4.1 Untersuchungsansatz	163
4.4.4.2 Untersuchungsergebnisse	164
4.4.4.2.1 Stand der Entwicklung und Fertigung verbrauchsarmer Pkw	164
4.4.4.2.2 Anreize und Hemmnisse der Innovations-tätigkeit	171
4.4.5 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	177
4.4.5.1 Zusammenfassung	177
4.4.5.2 Schlußfolgerung für die Politik	179
4.5 Augsburg als Modellstadt für Erdgasfahrzeuge - Öffentliches Beschaffungswesen als Instrument zur Begünstigung der Diffusion von Umweltinnovationen	180

5
7
8

	<u>Seite</u>
4.5.1 Beschreibung der untersuchten technischen bzw. institutionellen Umweltinnovation	180
4.5.1.1 Kurzbeschreibung	180
4.5.1.2 Innovationstheoretische Einordnung	181
4.5.1.3 Umweltpolitische Einordnung	181
4.5.2 Theoretische Analyse des Innovations- bzw. Diffusionsprozesses	182
4.5.2.1 Einflußfaktoren	182
4.5.2.2 Akteure	184
4.5.2.3 Entwicklung von Arbeitshypothesen	184
4.5.3 State-of-the art (Literaturlauswertung)	185
4.5.3.1 Innovationsforschungsergebnisse	185
4.5.3.2 Umweltökonomische Analysen	187
4.5.3.3 Fazit	188
4.5.4 Eigene empirische Untersuchung	189
4.5.4.1 Untersuchungsansatz	189
4.5.4.2 Untersuchungsergebnisse	189
4.5.4.2.1 Entstehungsgeschichte	189
4.5.4.2.2 Einschätzung der Innovation durch die befragten Akteure	191
4.5.4.2.3 Erzielte Erfolge	192
4.5.4.2.4 Sonstige Effekte	194
4.5.4.3 Entwicklungshemmnisse	195
4.5.5 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	197
4.5.5.1 Zusammenfassung	197
4.5.5.2 Schlußfolgerung für die Politik	198
4.5.5.3 Weiterer Forschungsbedarf	201
4.5.5.3.1 Neue umweltpolitische Impulse	201

	<u>Seite</u>	
4.5.5.3.2	Strategisches Verhalten der Gasver- sorgungsunternehmen	201
4.5.5.3.3	Internationale Vergleiche	202
4.6	Brennstoffzelle	203
4.6.1	Beschreibung der Umweltinnovation	203
4.6.1.1	Kurzbeschreibung	203
4.6.1.1.1	Einordnung	203
4.6.1.1.2	Funktionsmerkmale	207
4.6.1.1.3	Stand der Technik	209
4.6.1.2	Innovationstheoretische Einordnung	212
4.6.1.3	Ökologische Einordnung	214
4.6.2	Theoretische Analyse des Innovationsprozesses	216
4.6.2.1	Einflußfaktoren	216
4.6.2.2	Akteure	218
4.6.2.3	Arbeitshypothesen	219
4.6.3	State-of-the-art (Literaturlauswertung)	220
4.6.4	Eigene empirische Untersuchung	222
4.6.4.1	Untersuchungsansatz	223
4.6.4.2	Untersuchungsergebnisse	223
4.6.5	Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	229
4.6.5.1	Zusammenfassung	229
4.6.5.2	Schlußfolgerungen für die Politik	231
4.6.5.3	Weiterer Forschungsbedarf	232
4.7	Fallvergleich „Wohnen ohne eigenes Auto“ in Amsterdam, München und Wien	233
4.7.1	Beschreibung der untersuchten institutionellen Umweltinnovation	233

VIII

	<u>Seite</u>
4.7.1.1 Einleitung und Kurzbeschreibung	233
4.7.1.2 Innovationstheoretische Einordnung	236
4.7.1.3 Ökologische Einordnung	237
4.7.2 Theoretische Analyse des Innovationsprozesses	240
4.7.2.1 Einflußfaktoren und Akteure	240
4.7.2.2 Entwicklung und Arbeitshypothesen	246
4.7.3 State-of-the-art (Literaturauswertung)	249
4.7.4 Eigene empirische Untersuchung	251
4.7.4.1 Untersuchungsansatz	251
4.7.4.2 Untersuchungsergebnisse	252
4.7.4.2.1 Maßzahlen für die autofreien Projekten in Amsterdam, München und Wien	252
4.7.4.2.2 Erste Phase des Innovationsprozesses	254
4.7.4.2.3 Kooperations- und Kommunikationsforen für die Projektentwicklung	257
4.7.4.2.4 Institutionelle Regelung der Stellplatz- errichtung	260
4.7.4.2.5 Sicherstellung der Autofreiheit	262
4.7.4.2.6 Auswahl und Einbindung der Wohnungs- baugesellschaften und Bauträger	266
4.7.4.2.7 Realisiertes Ergebnis und Schlußfolge- rungen der Akteure	267
4.7.4.2.8 Politische Regulierungsmuster im Ver- gleich	269
4.7.5 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	269
4.7.5.1 Zusammenfassung	269
4.7.5.2 Schlußfolgerungen für die Politik	277
4.7.5.3 Weiterer Forschungsbedarf	278
4.8 Car-Sharing – „Von alter Gewohnheit zu neuen Routinen“	280
4.8.1 Beschreibung der untersuchten Umweltinnovation	281

	<u>Seite</u>
4.8.1.1 Einleitung und Kurzbeschreibung	281
4.8.1.2 Innovationstheoretische Einordnung	282
4.8.1.3 Ökologische und gesamtwirtschaftliche Wirkungen	284
4.8.1.3.1 Ökologische Wirkungen	284
4.8.1.3.2 Gesamtwirtschaftliche Wirkungen	289
4.8.2 Theoretische Analyse des Innovations- bzw. Diffusionsprozesses	290
4.8.2.1 Einflußfaktoren	290
4.8.2.2 Akteure	297
4.8.2.3 Arbeitshypothesen	299
4.8.3 State-of-the-art (Literaturauswertung)	300
4.8.3.1 Institutionenökonomische Analyse und Feldversuch in Berlin	300
4.8.3.2 Verkehrswissenschaftliche und stadtsozio- logische Forschung	305
4.8.3.3 Sozialwissenschaftliche Innovationsforschung und Policy-Analyse	310
4.8.3.4 Fazit	314
4.8.4. Eigene empirische Untersuchungen	315
4.8.4.1 Untersuchungsansatz	315
4.8.4.2 Untersuchungsergebnisse	315
4.8.4.2.1 Car-Sharing in München	315
4.8.4.2.2 Neue Erfahrungen und Weiterentwicklung von Car-Sharing durch CashCar in Berlin	321
4.8.5 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	322
4.8.5.1 Zusammenfassung	322
4.8.5.2 Schlußfolgerungen für die Politik	324
4.8.5.3 Weiterer Forschungsbedarf	326

	<u>Seite</u>
5. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	327
5.1 Zusammenfassung	327
5.1.1 Das Straßenverkehrssystem und Umweltinnovationen	327
5.1.1.1 Das Straßenverkehrssystem als Quelle von Umweltbelastungen	327
5.1.1.2 Der Bedarf und das Potential an Umweltinnovationen im Straßenverkehrssystem	329
5.1.1.3 Umweltpolitische Instrumente und Umweltinnovationen im Straßenverkehrssystem	331
5.1.2 Theoretische Analyse des Einflusses umweltpolitischer Instrumente auf Umweltinnovationen im Straßenverkehrssystem	333
5.1.2.1 Der Einfluß umweltpolitischer Instrumente aus der Sicht der Umweltökonomie	333
5.1.2.2 Einflußfaktoren im Rahmen der Innovationsforschung	336
5.1.2.3 Der Einfluß umweltpolitischer Instrumente aus Sicht der Policy-Forschung	337
5.1.3 Empirische Analyse des Einflusses umweltpolitischer Instrumente auf Umweltinnovationen im Straßenverkehrssystem	338
5.1.3.1 Untersuchungskonzept	338
5.1.3.2 Beschreibung der untersuchten Umweltinnovationen	339
5.1.3.2.1 Kurzbeschreibung	339
5.1.3.2.2 Entwicklung von Arbeitshypothesen	344
5.1.3.3 Ergebnisse der Fallstudien	347
5.1.3.3.1 Wissensentstehung	348
5.1.3.3.2 Adaption und Diffusion	356

	<u>Seite</u>
5.1.4 Fazit	365
5.2 Schlußfolgerungen	367
5.2.1 Handlungsempfehlungen	367
5.2.2 Forschungsbedarf	370
<u>Anhang</u>	
1. Interviewpartner der Fallstudien und Dokumentation der Gespräche	372
2. Literatur zu den Fallstudien	382
3. Teilstudien im Rahmen des Gesamtverbundes von FIU	414
Literatur	1*

Abbildungen - Tabellen

Abbildung

1-1	Ablaufschema des Forschungsvorhabens	3
3-1	Struktur und Inhalt des Bezugsrahmens	38
4.1-1	Einflußfaktoren für die Einführung und Diffusion wasserlöslicher Autolacke	47
4.1-2	Akteure	49
4.2-1	NO ₂ -Emissionen aus dem Straßenverkehr in verschiedenen Ländern zwischen 1980 und 1995	74
4.2-2	Fahrzeugspezifische NO _x -Emission in verschiedenen Ländern 1980 - 1995	75
4.2-3	Potentielle Einflußfaktoren bei der Entwicklung und Einführung des Katalysators	88
4.2-4	Neuzulassungen von PKW mit Ottomotor nach Schadstoffgruppen	106
4.3-1	Akteure	119
4.3-2	Entwicklung der Anzahl von lärmarmen LKW-Typen	133

		<u>Seite</u>
4.3-3	Korrekturwerte D_{Stro} der Regelbauweisen auf Bundesfernstraßen	135
4.4-1	Energiebedingte CO ₂ -Emissionen in Deutschland	149
4.4-2	Potentielle Einflußfaktoren bei der Entwicklung und Einführung verbrauchsarmer PKW	155
4.4-3	Entwicklung des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs von Neufahrzeugen auf dem deutschen Markt	165
4.5-1	Abgasemission des Erdgasmotors E 2866 DUH ECE R49 im 13-Stufenzyklus	183
4.7-1	Technische, verhaltensbezogene und institutionelle Innovationen	236
4.7-2	Organisation der Betreuung im Amsterdamer GWL-Terrain	258
4.7-3	Darstellung der Verpflichtung zur Autofreiheit in der Wiener Mustersiedlung	264
4.7-4	Einflußfaktoren in den Projekten „Wohnen ohne eigenes Auto“ in Amsterdam, München und Wien	275
4.8-1	Entwicklung von STATAUTO Berlin zwischen 1988/90 und 1997	303
4.8-2	Veränderung der Pkw-Fahrleistung (in km) nach dem Beitritt zu einer Car-Sharing Organisation - Mitglieder von Stattauto München im Jahr 1996	319
5-1	Ansatz umweltpolitischer Instrumente im Innovationsprozeß	335
<u>Tabellen</u>		
3-1	Technische Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung an Pkw mit Otto- bzw. Dieselmotor	13
3-2	Wirkungsschwerpunkte der Beschleunigungspotentiale nach Phasen des Innovationsprozesses	29
3-3	Auswahl der Fallstudien	41
4.1-1	Umweltrechtliche Grundlagen für den Bereich Auto-serienlackierung	58

XIII

	<u>Seite</u>	
4.2-1	NO ₂ -Emissionen aus dem Straßenverkehr in verschiedenen Ländern in 1000 Tonnen	73
4.2-2	Struktur der Neuzulassungen von Pkw mit Ottomotor nach Schadstoffgruppen	105
4.3-1	Geräuschentwicklung bei Lastkraftwagen	120
4.3-2	Geräuschgrenzwert für Lkw nach der Anlage XXI StVZO (lärmarter Lkw)	121
4.3-3	Korrekturwerte D _{Stro} der Regelbauweisen auf Bundesfernstraßen	122
4.4-1	Pkw mit niedrigem Treibstoffverbrauch und geringen CO ₂ -Emissionen	167
4.4-2	Seit September 1997 auf dem Markt befindliche Pkw mit reduziertem Treibstoffverbrauch und CO ₂ -Emissionen	168
4.4-3	Verbrauchsminimierung bei Prototypen	168
4.5-1	Entwicklung des Bestandes an Erdgasfahrzeugen in Augsburg	193
4.6-1	Potential of Emission Reduction of Different Vehicle Types with a Life of 10 Years (130 000 km) in Comparison to a Vehicle Available Today (EURO II)	221
4.7-1	Indikatoren der Städte Amsterdam, München und Wien im Vergleich	235
4.7-2	Anteile der Verkehrsmittel an den zurückgelegten Wegen (in %) und Treibstoffverbrauch pro Person und Jahr in ausgewählten Städten	240
4.7-3	Potential zur Kostenersparnis bei autofreien Siedlungen	243
4.7-4	Theoretische Anreizstruktur und Interessenlage der Akteure	244
4.7-5	Haushaltsstruktur der Interessenten in der Marktuntersuchung zum Projekt in Amsterdam-Westerpark	250
4.7-6	Autofreie Wohnprojekte in Amsterdam, München und Wien	252
4.7-7	Vergleich des Maßnahmenbündels zur Absicherung der Autofreiheit in Amsterdam, München und Wien	265
4.7-8	Regulierungsmuster zur Schaffung autofreier Wohnsiedlungen im Vergleich	278

		<u>Seite</u>
4.8-1	Verkehrliche Auswirkung des Car-Sharing in Deutschland	285
4.8-2	Pkw-Besitz vor Car-Sharing-Teilnahme in Deutschland 1994	286
4.8-3	Struktur des Fahrleistungseffektes durch Car-Sharing	287
4.8-4	Unterschiede im Umwelteffekt durch unterschiedliche Charakteristika des Car-Sharing und anderen Formen des Autoteilens	280
4.8-5	Break-even-Punkt der Car-Sharing-Nutzung nach Jahresfahrleistung	305
4.8-6	Mindestvoraussetzungen für die Teilnahme an Car-Sharing bei Interessenten	307
4.8-7	Mindestvoraussetzungen an die verkehrlichen Rahmen- bedin gungen für die Teilnahme an Car-Sharing bei Interessenten	308
4.8-8	Motive der Car-Sharing-Mitglieder in Österreich 1994	310
4.8-9	Entwicklung von STATTAUTO München 1992 bis 1996/97	316
4.8-10	Autonutzungsstatistik bei Stattauto München	317
4.8-11	Gelegentliches Vermissten eines Pkws bei den Nutzern von Stattauto München ohne eigenen Pkw	320
5-1	Innovationstheoretische Einordnung der Fallstudien	343
 <u>Übersichten</u>		
4.2-1	Die amerikanische Gesetzgebung zur Abgasmin- derung bis zur Einführung der Katalysatorpflicht 1983	77
4.2-2	Die japanische Gesetzgebung zur Abgasmin- derung bis zur Einführung der Katalysatorpflicht 1978	79
4.2-3	Die europäische Gesetzgebung zur Abgasmin- derung bis zur Einführung der Katalysatorpflicht 1993	80