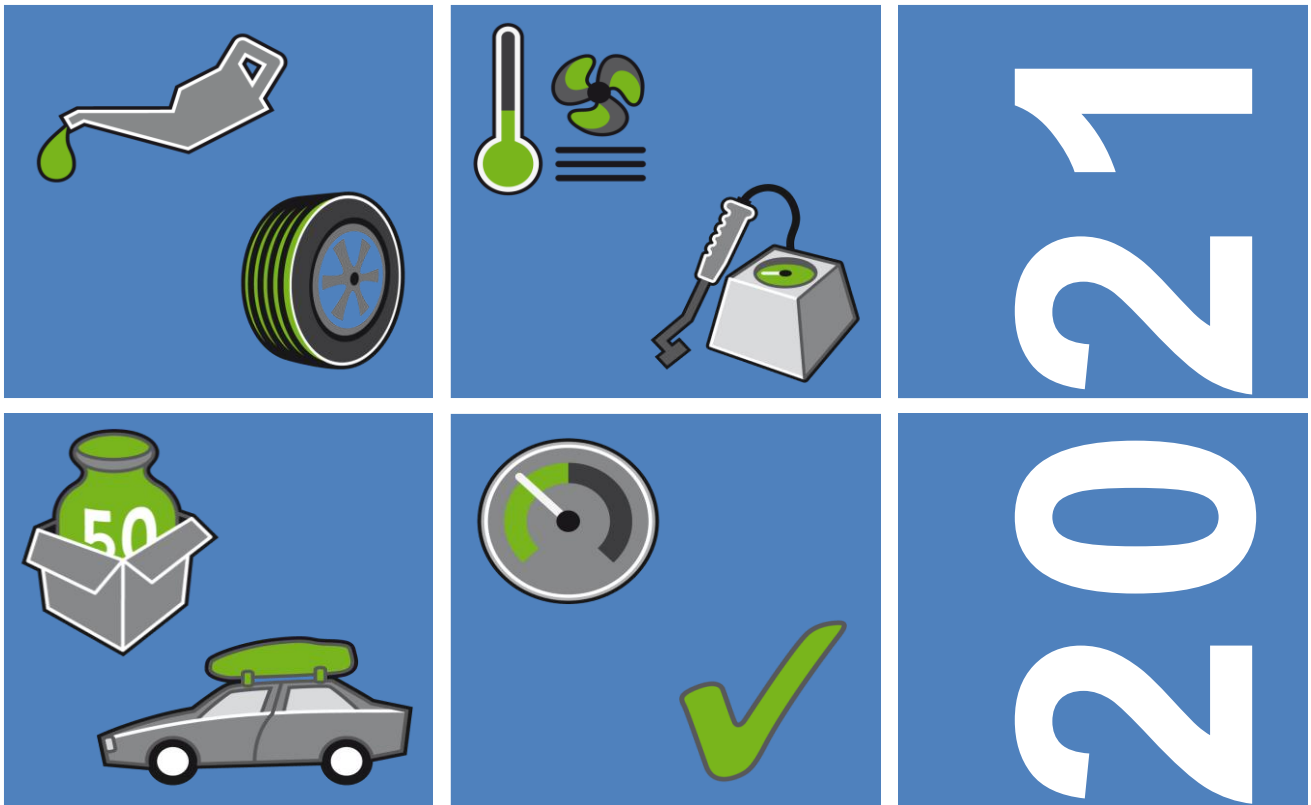


# Realverbrauch von Personenwagen im Alltag: Modellversion 2021

EBP-Grundlagen zu Energie und Mobilität  
30. Juni 2021



## **Projektteam**

Dr. Peter de Haan  
Gian-Luca Gehwolf  
Silvan Rosser

EBP Schweiz AG  
Mühlebachstrasse 11  
8032 Zürich  
Schweiz  
Telefon +41 44 395 16 16  
info@ebp.ch  
www.ebp.ch

Druck: 30. Juni 2021  
2021-06-30\_EBP-Realverbrauchmodell\_2021-Bericht\_def.docx

## Inhaltsverzeichnis

---

1.	Entkopplung von Norm- und Realverbrauch	4
2.	Definition von Norm-, Minimal-, Real- und Optimalverbrauch	5
3.	Bottom-up-Modellierung des Realverbrauchs	6
4.	Von der Einzelfahrzeug-Modellierung zur Flottenprognose	8
5.	Validierung mit Flotten-Messwerten	10

## Anhang

---

A1	Literaturverzeichnis	12
----	----------------------	----

## 1. Entkopplung von Norm- und Realverbrauch

Der Normverbrauch von Personenwagen ist seit jeher eine wichtige Grösse, um Fahrzeugmodelle und deren Motorisierungsvarianten untereinander vergleichen zu können. Um diese Vergleichbarkeit zu gewährleisten, ist die Messung des Normverbrauchs genau geregelt (EU-Richtlinie 715/2007/EG vom 20. Juni 2007; siehe EnV-Anhang 3.6, Ziff. 2.4; VTS Art. 97 Abs. 5).

Aus mehreren Gründen ist der Verbrauch im Alltag („Realverbrauch“) höher als der Normverbrauch: Der Normverbrauch wird gemessen ohne Passagiere, ohne Gepäck, und mit Sommerreifen. Die Messung findet in einem Labor bei 20 bis 30 Grad statt, Luft- und Rollwiderstand werden auf einem Rollenprüfstand simuliert. Das abgefahrene Geschwindigkeitsprofil hat keine Geschwindigkeit über 120 km/h, keine Steigungen und kein Gefälle. Elektrische Verbraucher, wie z.B. Abblendlicht und Scheibenheizung, und auch die Klimaanlage bleiben ausgeschaltet.

Bis Anfang der 2000er Jahre betrug die gesamte Abweichung, übers Jahr gemittelt, nicht mehr als 10%. Mit dem Vormarsch der Klimaanlage kletterte sie auf 10% bis 15%, konnte aber auf die vorgenannten Gründe zurückgeführt werden: Norm- und Realverbrauch waren eng gekoppelt. Ein geringerer Normverbrauch ging einher mit einem niedrigeren Realverbrauch.

Die Entkopplung kam mit der Einführung von g CO<sub>2</sub>/km-Zielwerten: Ab 2007 wurde klar, dass die Hersteller im 2015 eine mittlere Effizienz von 130 g CO<sub>2</sub>/km, gemessen über alle in diesem Jahr verkauften neuen Personenwagen eines Herstellers, erreichen müssen. Also musste der Normverbrauch sinken. Die Hersteller fingen an, ihre Spielräume zur Erzielung niedriger Messwerte auszunutzen. Neu kommen Spezialreifen mit geringem Rollwiderstand, hoher Reifendruck und spezielle Leichtlaufmotorenöle zum Einsatz. Die Spielräume bei Geschwindigkeitsprofil und dem Rollenprüfstand werden ausgenutzt. Und die Motormanagement-Software wurde darauf ausgelegt, speziell für die Labormessung verbrauchsoptimiert zu fahren.

Deshalb muss die Fachwelt sich daran gewöhnen, dass der Normverbrauch als energiepolitische Zielgrösse sich entkoppelt hat vom realen Energieverbrauch. Die Modellierung des vom Normverbrauch entkoppelten Realverbrauchs ist besonders relevant...

- ... für die Information der Autokäufer und Autofahrer;
- ... für die Abschätzung von Energiespar-Potenzialen beim einzelnen Auto;
- ... für die Quantifizierung der möglichen Zielabweichung energiepolitischer Instrumente zur Steigerung der Energieeffizienz neuer Personenwagen;
- ... für die Prognose des Energiebedarfs der Personenwagen in den nächsten Jahrzehnten.

## 2. Definition von Norm-, Minimal-, Real- und Optimalverbrauch

Wir unterscheiden vier verschiedene Ausprägungen des Treibstoffverbrauchs:

- Normverbrauch = offizieller Verbrauch gemäss 715/2007/EG (auf Verbrauchsmessung hin optimiertes Testauto; gemessen im NEFZ-Fahrzyklus auf Rollenprüfstand, im Labor).
- Minimalverbrauch = hypothetischer Verbrauch des Testautos auf der Strasse (Verbrauch gemittelt über die realen Verkehrsverhältnisse eines ganzen Jahres); mit der Einführung des künftigen WLTP-Fahrzyklus dürfte sich die Abweichung zwischen Norm- und Minimalverbrauch gegenüber heute etwas verringern, jedoch nicht verschwinden.
- Realverbrauch = Standardauto (mit Reifen und Motoröl wie ausgeliefert, normalem Reifendruck), im Alltagsinsatz (übliches Mitführen von Passagieren, Gepäck, Gepäckträger; Einsatz elektrischer Verbraucher, Klimaanlage und Winterreifen), reale Verkehrsverhältnisse.



Abbildung 1 Definition von Norm-, Minimal- und Normverbrauch, und Optimalverbrauch als bestmöglicher Verbrauch eines optimierten Standardautos im Alltagsinsatz.

Als Optimalverbrauch wiederum wird der so weit wie möglich optimierte Realverbrauch eines Standardautos im Alltagsinsatz (mit Passagieren, Gepäck, Klimaanlage und Winterreifen) bezeichnet, dank Massnahmen in den Bereichen...

- Fahrzeugzustand: Leichtlaufreifen, Leichtlaufmotoröl, Reifendruck, LED-Tagfahrleuchten;
- Fahrzeugbetrieb: Ohne unnötiges Gepäck, Gepäckträger nach Gebrauch demontieren, Einsatz der Klimaanlage nach Klima-18-Regel, bewusster Einsatz elektrischer Verbraucher;
- Fahrverhalten: Vorausschauende, niedrigtourige Fahrweise („Eco-Drive“), Motor ausschalten bei Stopps.

### 3. Bottom-up-Modellierung des Realverbrauchs

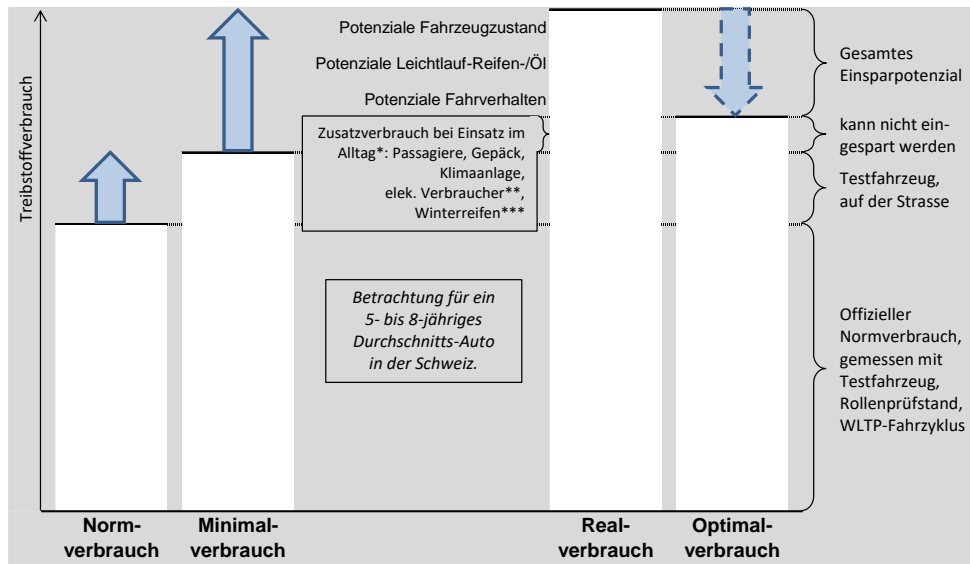
Der Unterschied zwischen Norm- und Realverbrauch und die zeitliche Entwicklung dieses Unterschieds sind seit ca. 2007 Gegenstand der Forschung (ICCT 2012; ADAC 2012a; Dudenhöffer und John 2009a, 2009b; ICCT 2013, 2014; ICCT 2019). Ebenfalls gibt es zahlreiche Praxisversuche, bei denen die Unterschiede zwischen Norm- und Realverbrauch untersucht wurden (z.B. TCS, Automobilrevue, auto-illustrierte, automotor-und-sport, usw.). Dieser Unterschied kann auf mehrere Einzelkomponenten zurückgeführt werden:

- Differenz zwischen Norm- und Minimalverbrauch aufgrund des Ausnutzens der Spielräume und der Optimierung auf die Normverbrauchsmessung hin;
- Einfluss Gewicht der Zusatzausstattung (Gewichtsunterschied Standard- vs. Testauto);
- Einsatz von Leichtlaufmötorenöl (ADAC 2012e) und Leichtlaufreifen (ADAC 2012g) beim Testauto;
- Differenz zwischen Norm- und Minimalverbrauch infolge des Einsatzes von Winterreifen, Fahrprofil im Alltag inkl. Steigungen und Gefälle, und meteorologische Verhältnisse;
- Einsatz der Klima-Anlage (ADAC 2012c, EMPA 2010, Weilenmann 2010, ETH Zürich 2003, EnergieSchweiz-Kampagne autoklima18 (2011));
- Reifen-Luftdruck (ADAC 2012d), Fahrzeugzustand (nicht-optimale Wartung), elektrische Verbraucher;
- Mitführen von Passagieren und Gepäck (ADAC 2012b), Einsatz von Gepäck-/Fahrradträgern (ADAC 2012f);
- Fahrweise (ADAC 2012h sowie BFE 2007).

Obige Unterschiede werden je einzeln im EBP-Realverbrauchsmodell abgebildet. Die Realverbrauchszuschläge sind teilweise absolut (in g CO<sub>2</sub>/km) und teils relativ (prozentualer Aufschlag auf den Normverbrauch). Für die zeitliche Entwicklung der einzelnen Zuschläge wurde ein Exponentialverlauf gewählt. Teilweise gibt es für die Modellierung der Zuschläge eine zusätzliche Differenzierung nach Treibstofftyp (getrennt für Benzin-/Gas- und Dieselfahrzeuge) und Antriebsart (Verbrennungsmotoren, Elektro- und Plugin-Fahrzeuge)

Gegenüber EBP (2015) wurde eine getrennte Modellierung der verschiedenen Antriebstypen (Verbrennungsmotoren, Elektro- und Plugin-Fahrzeuge) vorgenommen. Die Modellierung wurde nur für benzinbetriebene Plugin-Fahrzeuge durchgeführt und die resultierenden Werte werden somit auch für dieselbetriebene Plug-in-Fahrzeuge verwendet, da die Datengrundlage für dieselbetriebene Plug-in-Fahrzeuge zum jetzigen Zeitpunkt zu klein ist. Dasselbe gilt auch für Wasserstoff-Fahrzeuge, weshalb diese als Elektro-Fahrzeuge betrachtet werden.

Auch wird der Realverbrauchzuschlag, zusätzlich zu den bisherigen Angaben in g CO<sub>2</sub>/km, neu in Liter Benzinäquivalent pro 100 km angegeben. Für Elektro- und Wasserstoff-Fahrzeuge wird der Zuschlag in kWh Strom pro 100 km angegeben.



\* Normverbrauch ist Mischung städtisch/ausserorts. Je nach Einsatzprofil eines Autos weicht der Realverbrauch nach oben oder unten ab.  
 \*\* Normverbrauch wird ohne Klimaanlage, Passagiere, Gepäck und elektrische Verbraucher (Licht, Musikanlage, Fensterheizung, usw.) gemessen.  
 \*\*\* Normverbrauch wird mit Sommerreifen ermittelt. Winterreifen sind in der Schweiz allgemein üblich; sie führen zu etwas höherem Verbrauch.

Abbildung 2 Effekte, die zur Erhöhung des Treibstoffverbrauchs führen, und ihre Verortung.

Das Realverbrauchsmodell ist spezifisch für eine Automodellvariante. Der Realverbrauch eines konkreten Autos hängt aber im Einzelfall von weiteren Faktoren ab (Fahrprofil, Fahrverhalten, Mitführen von Passagieren und Gepäck, Einsatz der Klimaanlage, usw.). Diese kann das Modell nur mithilfe von Annahmen durchschnittlich abbilden

## 4. Von der Einzelfahrzeug-Modellierung zur Flottenprognose

Die Realverbrauchsmodellierung der einzelnen Motorisierungsvarianten eines Automodells unterscheidet sich in den folgenden Aspekten wesentlich von Messwerten einer Fahrzeugflotte:

- Zeitlicher Bezug:
  - o Realverbrauch eines Einzelfahrzeugs hängt vom Baujahr ab;
  - o Flottenmesswerte beziehen sich immer auf eine aus verschiedenen Baujahren zusammengesetzte Gruppe von Fahrzeugen und entsprechen einem Beobachtungs-jahr.
- Flottenzusammensetzung:
  - o Realverbrauch im Einzelfall hängt ab von Treibstoffart, vom Vorhandensein einer Klimaanlage, und vom Baujahr;
  - o Jede Flotte ist spezifisch zusammengesetzt hinsichtlich Treibstoffart (Anteil Dieselfahrzeuge), Anteil Fahrzeuge mit Klimaanlage, Altersverteilung der Fahrzeuge; die Modellierung des Flotten-Realverbrauchs setzt sich entsprechend aus Teilmodellierungen für jedes Fahrzeugsegment zusammen.

Oft werden fälschlicherweise Modellresultate je Baujahr Messwerten je Beobachtungsjahr gegenübergestellt, ohne Berücksichtigung der „Verzögerung“ aufgrund der Altersverteilung. Um die beiden vergleichen zu können, muss das Realverbrauchsmodell mit einem Flottenmodell kombiniert werden (siehe Abbildung 3): Für ein bestimmtes Bezugsjahr wird die Zusammensetzung der dynamischen (d.h. fahrleistungsgewichteten) Flotte nach Baujahr, Treibstofftyp, Getriebeart sowie Klimaanlage-Anteil berücksichtigt. So gelangt man zu einer Modellprognose für eine bestimmte Flotte, die mit einem beobachteten Flottenmesswert verglichen werden kann.

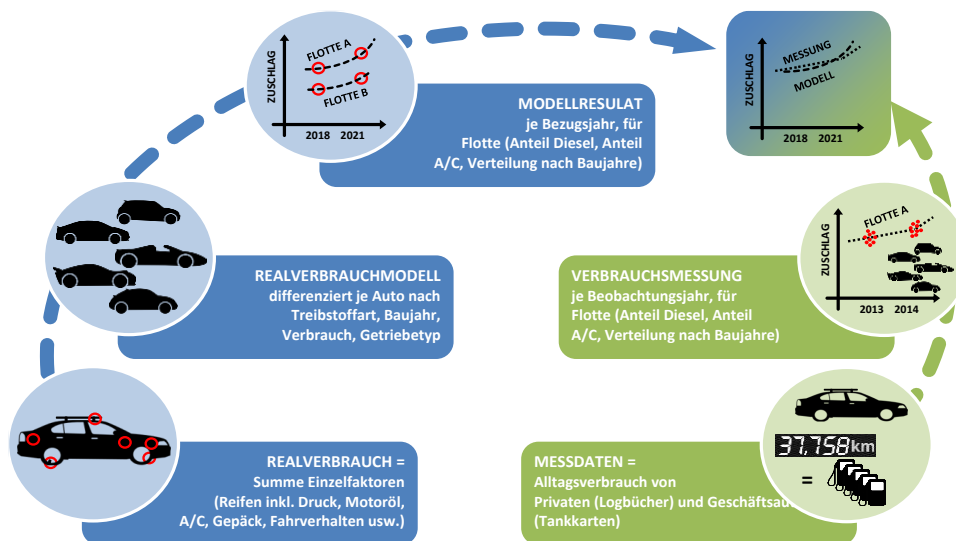


Abbildung 3 Gegenüberstellung von Flotten-Modellresultat und Flotten-Messwert



Die Bottom-up-Modellierung des Realverbrauchs von Flotten hat folgende Vorzüge:

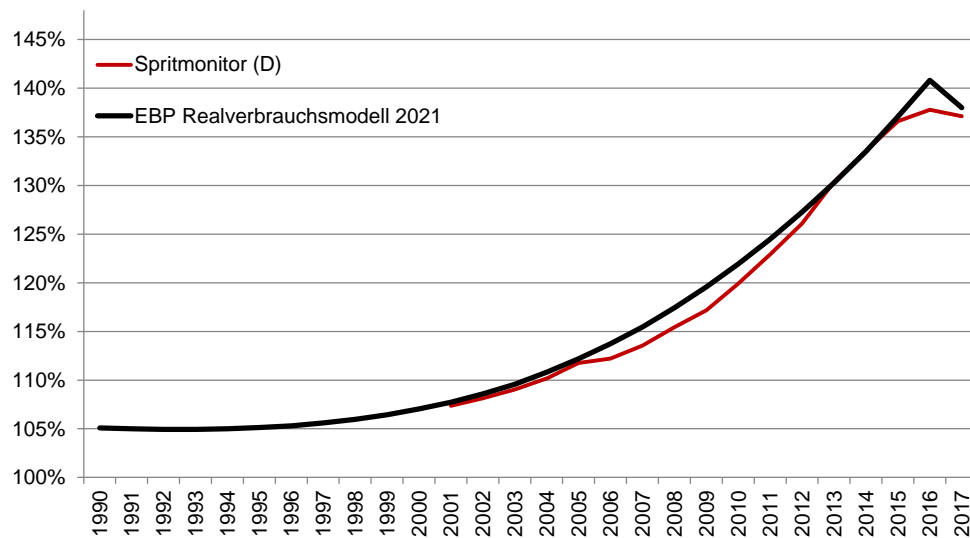
- Kausalität statt bloss statistischer Zusammenhänge;
- Prognosefähigkeit: Eine Rückextrapolation bis in die 1990er Jahre sowie eine Extrapolation für einige Jahre in die Zukunft ist möglich;
- Die Unterschiede zwischen verschiedenen Flotten-Messwerten können erklärt werden (siehe dazu das nachstehende Kapitel 5);
- Validierung mit Flotten-Messwerten erlaubt Konsistenzprüfung und kontinuierliche Verbesserung des Bottom-up-Modells;
- Rückkopplung: Auf Flottenebene validierte Bottom-up-Modelle liefern auf Ebene des Einzelfahrzeugs Modellresultate mit einem kleineren Unsicherheitsbereich als Modelle, welche auf Flotten-Ebene statistisch geschätzt werden.

## 5. Validierung mit Flotten-Messwerten

In ICCT (2019) werden Zeitreihen von Flottenmesswerten aus verschiedenen Datenquellen gesammelt und aufbereitet. Jede Flotte weist andere Eigenschaften aus (Anteil Dieselfahrzeuge, Anteil Klimaanlage, Baujahr-Altersverteilung, Fahrverhalten). Das Realverbrauchsmodell wird für jede dieser Flotte individuell eingestellt und erlaubt so die Validierung des Modells mit den Zeitreihen der Flottenmesswerte. Insbesondere resultieren so unterschiedliche Prognosen je Land und für private genutzte Autos einerseits wie für Leasingfahrzeuge und Firmenfahrzeuge andererseits.

Die Abbildung 4 zeigt die Modellvalidierung mit Flottenmesswerten zu privat genutzten Autos:

- Die „Spritmonitor“-Zeitreihe aus Deutschland stammt von einer Webplattform zur Erfassung des persönlichen Treibstoffverbrauchs; sie wird vor allem von Privatnutzern besucht. Es ist die Datenquelle mit den meisten Datenpunkten, was viele möglicherweise auftretenden Effekte ausmittelt und einen insgesamt sinnhaften Verlauf abbildet.
- Das Mobilitätspanel erhebt Fahrzeugdaten und Energieverbrauch im Rahmen einer grossen, wissenschaftlich aufgebauten Studie mit repräsentativen Panel-Teilnehmenden. Dennoch sind die Daten nur unwesentlich tiefer als bei der Spritmonitor-Datenreihe.



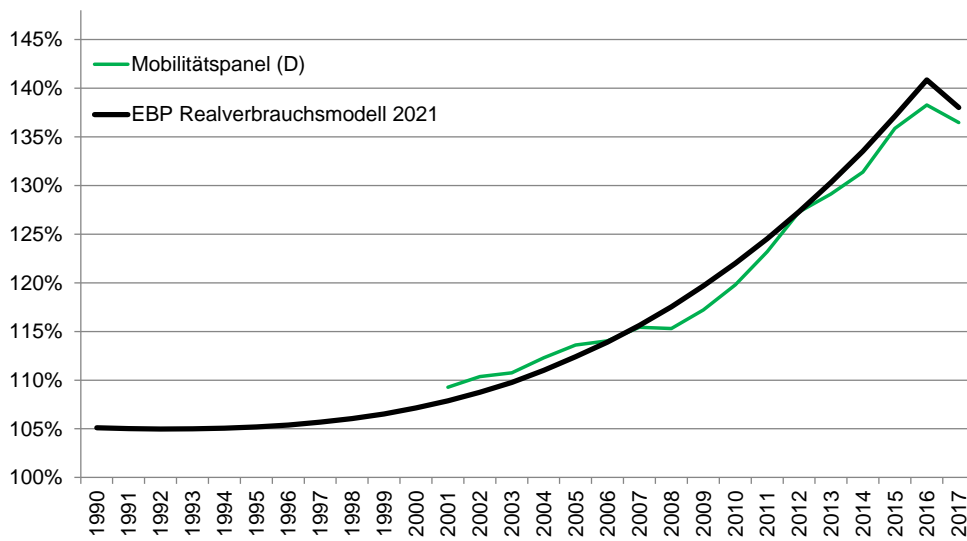


Abbildung 4. Gegenüberstellung EBP-Realverbrauchsmodell 2021 mit Flottenmesswerten von privat genutzten Autos (Daten aus ICCT 2019).

Die Abbildung 5 zeigt die Modellvalidierung mit Daten aus Testfahrten von Automobilmagazinen:

- Es handelt sich um jüngere Fahrzeuge, entsprechend geht der Realverbrauchzuschlag schon vor 2017 zurück;
- Die nicht-vergleichbaren Teststrecken, die Fahrweise von sehr geübten Lenkern, die mutmasslich sehr gute Betriebszustand, die Konfiguration der bereitgestellten Fahrzeugmodellen sowie Unterschiede in der Zuladung und dem Einsatz von Klimaanlage und Nebenaggregaten führen zu Daten, welche merklich auseinander gehen und einen grossen Wertebereich aufspannen. Das Realverbrauchsmodell vermag den Mittelwert aufzuspannen, aber nicht alle vorstehend genannten Einflussfaktoren einzeln abzubilden und damit aufzulösen.

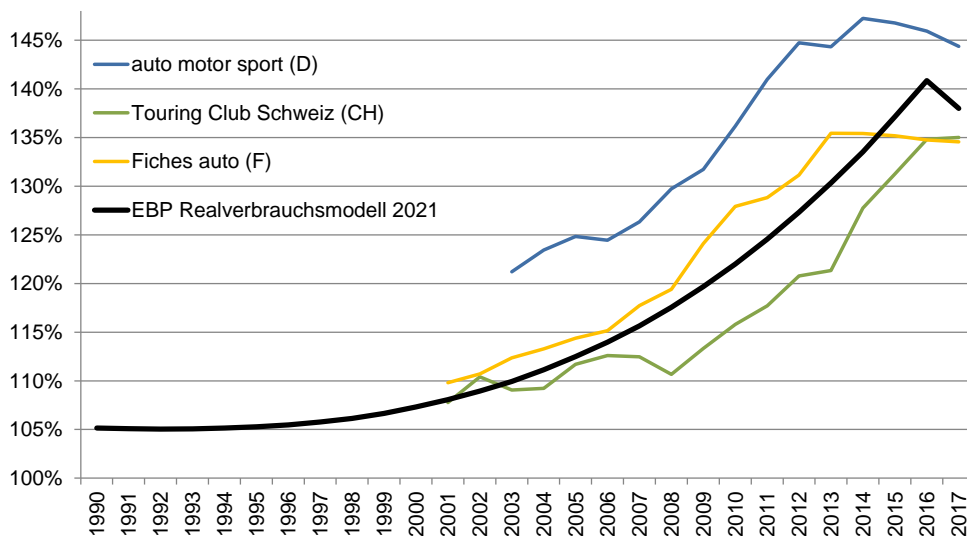


Abbildung 5. Gegenüberstellung EBP-Realverbrauchsmodell 2021 mit Daten aus Testfahrten von Automobilmagazinen (Daten aus ICCT 2019).

## A1 Literaturverzeichnis

- ADAC 2012a: <http://www.adac.de/infotestrat/tanken-kraftstoffe-und-antrieb/spritsparen/>
- ADAC 2012b: Abgespeckt läuft das Auto leichter (<http://www.adac.de/infotestrat/tanken-kraftstoffe-und-antrieb/spritsparen/sparen-beim-fahren-antwort-5.aspx>)
- ADAC 2012c: Wohlfühl-Temperaturen im Auto erhöhen den Verbrauch (<http://www.adac.de/infotestrat/tanken-kraftstoffe-und-antrieb/spritsparen/sparen-beim-fahren-antwort-6.aspx>)
- ADAC 2012d: Reifen-Luftdruck kontrollieren (<http://www.adac.de/infotestrat/tanken-kraftstoffe-und-antrieb/spritsparen/sparen-beim-fahren-antwort-8.aspx>)
- ADAC 2012e: Sprit sparen mit Leichtlauf-Motorölen (<http://www.adac.de/infotestrat/tanken-kraftstoffe-und-antrieb/spritsparen/sparen-beim-fahren-antwort-11.aspx>)
- ADAC 2012f: Deutlicher Mehrverbrauch durch Fahrradträger ([http://www.adac.de/infotestrat/tanken-kraftstoffe-und-antrieb/spritsparen/antwort\\_16.aspx](http://www.adac.de/infotestrat/tanken-kraftstoffe-und-antrieb/spritsparen/antwort_16.aspx))
- ADAC 2012g: Leichtlauf-Reifen reduzieren den Rollwiderstand (<http://www.adac.de/infotestrat/tanken-kraftstoffe-und-antrieb/spritsparen/sparen-beim-fahren-antwort-14.aspx>)
- ADAC 2012h: Die Fahrweise hat den größten Einfluss auf den Verbrauch (<http://www.adac.de/infotestrat/tanken-kraftstoffe-und-antrieb/spritsparen/sparen-beim-fahren-antwort-1.aspx>)
- Autoklima18 2011. Factsheet von EnergieSchweiz, online verfügbar unter [www.autoklima18.ch](http://www.autoklima18.ch)
- BFE 2007. Energiesparende Fahrweise: Begleitende Evaluation des Vollzugs und der ersten Auswirkungen des Obligatoriums für Neulenker (Vorstudie). 23. Nov. 2007, 42 Seiten
- Dudenhöffer Ferdinand und John Eva-Maria, 2009a. EU-Normen für Verbrauchsangaben von Autos: Mehr als ein Ärgernis für Autokäufer. Ifo-Schnelldienst des Instituts für Wirtschaftsforschung der Universität München, 62. Jahrgang, 27.-28. KW, 10. Juli 2009, p. 14–17.
- Dudenhöffer Ferdinand und John Eva-Maria, 2009b. Warum der offizielle Kraftstoffverbrauch von Neuwagen erheblich von der Realität abweicht. Arbeitsbericht zu „Studie Kraftstoffverbrauch“ des ÖkoGlobe-Instituts der Universität Duisburg-Essen, 11 Seiten.
- EBP 2014. Realverbrauch von Personewagen im Alltag: Modellversion 2014. EBP-Grundlagen zu Energie und Mobilität. 30. Mai 2015, 13 Seiten

- EBP 2015. Realverbrauch von Personenwagen im Alltag: Modellversion 2015. EBP-Grundlagen zu Energie und Mobilität. 30. Mai 2015, 17 Seiten
- EMPA 2010 Ausschalten der Klimaanlage hilft Sprit sparen. Zusammenfassung der Empa-Studie zum Treibstoffverbrauch durch Klimaanlagen. 22. Juni 2010, [http://www.empa.ch/plugin/template/empa/\\*/95958/---/l=1](http://www.empa.ch/plugin/template/empa/*/95958/---/l=1)
- ETH 2003. Auswirkungen von Eco-Drive bei Fahrzeugen im Jahr 2010. ETH Zürich, Institut für Mess- und Regelungstechnik, im Auftrag BFE. Oktober 2003, 36 Seiten
- ICCT 2012. Discrepancies between type-approval and «real-world» fuel consumption and CO<sub>2</sub> values. International Council on Clean Transportation (ICCT) working paper 2012-02, 13 Seiten (online verfügbar von [www.theicct.org](http://www.theicct.org))
- ICCT 2013. From laboratory to road. A comparison of official and «real-world» fuel consumption and CO<sub>2</sub> values for cars in Europe and the United States. International Council on Clean Transportation (ICCT) in collaboration with Sidekick Project Support, TNO and Ifeu, Washington D.C., Mai 2013, 88 Seiten (online verfügbar von [www.theicct.org](http://www.theicct.org))
- ICCT 2014. From laboratory to road. A 2014 update of official and «real-world» fuel consumption and CO<sub>2</sub> values for cars in Europe. International Council on Clean Transportation (ICCT) in collaboration with TNO and Ifeu, Washington D.C., September 2014, 60 Seiten (online verfügbar von [www.theicct.org](http://www.theicct.org))
- ICCT 2015. From laboratory to road. A 2015 update of official and «real-world» fuel consumption and CO<sub>2</sub> values for cars in Europe. International Council on Clean Transportation (ICCT) in collaboration with TNO and Ifeu, Washington D.C., September 2015, 56 Seiten (online verfügbar von [www.theicct.org](http://www.theicct.org))
- ICCT 2019. From laboratory to road. A 2018 update of official and «real-world» fuel consumption and CO<sub>2</sub> values for cars in Europe. International Council on Clean Transportation (ICCT) in collaboration with TNO and Ifeu, Washington D.C., January 2019, 56 Seiten (online verfügbar von [www.theicct.org](http://www.theicct.org))