

TEXTE

57/2025

**Abschlussbericht**

# NMVOOC-Projektionen

**Überprüfung und Aktualisierung der NMVOOC-  
Emissionsprojektionen für die Anwendung von Farben  
und Lacken sowie den Bereich Druck**

**von:**

Dr.-Ing. Till Zimmermann, Clara Determann  
Ökopol Institut für Ökologie und Politik, Hamburg

**Herausgeber:**

Umweltbundesamt



TEXTE 57/2025

Projekt-Nr. 193051

FB001788

Abschlussbericht

## **NMVOC-Projektionen**

Überprüfung und Aktualisierung der NMVOC-  
Emissionsprojektionen für die Anwendung von Farben  
und Lacken sowie den Bereich Druck

von

Dr.-Ing. Till Zimmermann, Clara Determann  
Ökopol Institut für Ökologie und Politik, Hamburg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

## Impressum

### Herausgeber

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
Fax: +49 340-2103-2285  
[buergerservice@uba.de](mailto:buergerservice@uba.de)  
Internet: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

### Durchführung der Studie:

Ökopol Institut für Ökologie und Politik  
Nernstweg 32-34  
22765 Hamburg

### Abschlussdatum:

April 2025

### Redaktion:

Fachgebiet II 4.1 - Grundsatzfragen der Luftreinhaltung  
Andreas Eisold

### DOI:

<https://doi.org/10.60810/openumwelt-7856>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, April 2025

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen\*Autoren.

### **Kurzbeschreibung: NMVOC-Projektionen**

Beginnend mit dem Jahr 2017 müssen die Mitgliedstaaten der EU alle zwei Jahre aktualisierte Emissionsprojektionen berichten.

In diesem Vorhaben ist zunächst eine breite Analyse des bisherigen Vorgehens des deutschen NMVOC-Inventars zur Projektionserstellung für den gesamten Sektor 2.D.3 erfolgt. Diese Analyse zeigte, dass bislang überwiegend wirtschaftssektorspezifische Indizes (Umsatzzahlen, Bruttowertschöpfung) herangezogen werden, die jedoch in der Mehrzahl der Fälle nur mangelhafte Korrelationen zu den Emissionen im jeweiligen Bereich aufweisen.

Darauf aufbauend wurden für die Sektoren Druckindustrie-Druckanwendungen (NFR 2.D.3.h) sowie Anwendung von Farben und Lacken (NFR 2.D.3.d) der NMVOC-Berichterstattung das bisherige Vorgehen zur Erstellung von Emissionsprojektionen detailliert geprüft und neue Ansätze zur Projektionserstellung für die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2050 entwickelt.

Die im Ergebnis für die im Vorhaben betrachteten SNAP-Codes erstellten Projektionen ergeben für den Sektor 2.D.3.d sowie für den Sektor 2.D.3.h rückläufige Emissionen. In 2.D.3.d ergibt sich bis 2050 ein Rückgang von 3,7 % gegenüber 2020 bzw. von 9,8 % gegenüber 2021. Für 2.D.3.h ergibt sich ein Rückgang von rund 31 %.

### **Abstract: Projections for NMVOC-Emissions**

Starting in 2017, EU member states are required to report updated emissions projections every two years.

In this project, a comprehensive analysis of the approach previously used in the German NMVOC inventory for emissions projection development in the sector 2.D.3 was conducted. This analysis revealed that economic sector-specific indices (such as revenue figures or gross value added) have predominantly been used up to now, but in the majority of cases, these show only weak correlations with emissions in the respective areas.

Building on this, the previous approach to NMVOC emissions projection development was thoroughly reviewed in detail for the sectors printing (NFR 2.D.3.h) and coating applications (NFR 2.D.3.d). New methods for projection development for the years 2030, 2035, 2040, and 2050 were developed.

The resulting projections created for the SNAP codes considered in this project indicate declining emissions for sectors 2.D.3.d and 2.D.3.h. In 2.D.3.d, emissions are projected to decrease by 3.7% by 2050 compared to 2020, or by 9.8% compared to 2021. For 2.D.3.h, a reduction of around 31% is expected.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis.....	7
Abkürzungsverzeichnis.....	9
Zusammenfassung.....	10
Summary.....	15
1 Hintergrund und Zielstellung.....	19
2 Analyse Ist-Vorgehen zur Projektionserstellung für 2.D.3.....	21
3 Grundlegende Überlegungen zur Projektionserstellung und Vorgehen.....	28
3.1 Konsultation des Farb- und Lackverbands zu möglichen technologischen Trends.....	30
3.2 Verfügbarkeit und Bewertung von Prognosestudien.....	31
3.3 Vorgehen zur Projektionserstellung für einzelne SNAP-Codes.....	33
4 Detailbetrachtung ausgewählter SNAP-Codes.....	35
4.1 SNAP 60101 – Herstellung von Fahrzeugen.....	35
4.2 SNAP 60102 – Reparatur von Fahrzeugen.....	40
4.3 SNAP 60103 – Konstruktionen und Gebäude.....	43
4.4 SNAP 60104 – Häusliche Anwendung von Farben und Lacken.....	46
4.5 SNAP 60105 – Bandbeschichtung.....	48
4.6 SNAP 60106 – Schiffsbau.....	52
4.7 SNAP 60107 – Holz.....	55
4.8 SNAP 60108 – Übrige industrielle Verwendung.....	57
4.9 SNAP 60109 – Übrige nicht industrielle Verwendung.....	64
4.10 SNAP 60403 - Druckindustrie.....	65
5 Zusammenfassung und Ausblick.....	69
6 Quellenverzeichnis.....	72

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Zusammenfassung - Zusammenfassung der NMVOC-Emissionsprojektionen .....	12
Abbildung 2:	Grundsätzliches Vorgehen der Emissionsberechnung .....	19
Abbildung 3:	Grundlegende Systematik der Emissionsberechnung.....	28
Abbildung 4:	Retrospektive Auswertung der Korrelation – SNAP 60101 .....	36
Abbildung 5:	Einbezug der Automobilproduktion .....	37
Abbildung 6:	Emissionsprojektionen für SNAP 60101 "Herstellung von Fahrzeugen" .....	39
Abbildung 7:	Retrospektive Auswertung der Korrelation - SNAP 60102.....	41
Abbildung 8:	Emissionsprojektion SNAP 60102 "Reparatur von Fahrzeugen" .....	42
Abbildung 9:	Lackverbrauch und Lösemittelmenge im Bereich "Konstruktion und Gebäude" .....	44
Abbildung 10:	Emissionsprojektion Konstruktion und Gebäude.....	46
Abbildung 11:	Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung .....	47
Abbildung 12:	Emissionsprojektion Häusliche Anwendung von Farben und Lacken.....	47
Abbildung 13:	Retrospektive Auswertung der Korrelation - SNAP 60105.....	49
Abbildung 14:	Einbezug der Automobilproduktion und Fertigstellung von Handels- und Lagergebäuden.....	49
Abbildung 15:	Emissionsprojektionen für SNAP 60105 "Bandbeschichtungen" .....	51
Abbildung 16:	Emissionen und ausgewählte Indizes zum Schiffsbau.....	53
Abbildung 17:	Emissionsprojektionen SNAP 60106 Schiffsbau .....	54
Abbildung 18:	Emissionsprojektionen für SNAP 60107 Holz .....	57
Abbildung 19:	Emissionsprojektionen für SNAP 60108 .....	63
Abbildung 20:	Indizes der Emissionen von SNAP 60109 und verschiedener wirtschaftlicher Kennzahlen .....	64
Abbildung 21:	Emissionsprojektion SNAP 60109.....	65
Abbildung 22:	Korrelationsauswertung Druck.....	66
Abbildung 23:	Indizes zu SNAP 60403.....	67
Abbildung 24:	Emissionsprojektion SNAP 60403.....	68
Abbildung 25:	Gesamtschau der Emissionsprojektionen .....	69

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Analyse des Ist-Vorgehens zur Projektionserstellung .....	22
Tabelle 2:	Einschätzung zu Entwicklungen in verschiedenen Anwendungsgebieten.....	30
Tabelle 3:	Index der zukünftigen Automobilproduktion.....	37

Tabelle 4:	Betrachtung der historischen Korrelation von Emissionen und verschiedenen wirtschaftlichen Indizes für SNAP 60102 .....	40
Tabelle 5:	Index des zukünftigen Fahrzeugbestands .....	42
Tabelle 6:	Korrelationsanalyse Konstruktion und Gebäude .....	43
Tabelle 7:	Korrelationsanalyse Konstruktion und Gebäude – ab 2018.....	45
Tabelle 8:	Index der zukünftigen Automobilproduktion.....	50
Tabelle 9:	Zeitreihen zur Emissionsentwicklung im Schiffsbau.....	54
Tabelle 10:	Betrachtung der historischen Korrelation von Emissionen und verschiedenen wirtschaftlichen Indizes für SNAP 60107 .....	55
Tabelle 11:	Korrelationsbetrachtung SNAP 60108.....	58

## Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
AR	Aktivitätsrate
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
DIY	Do it yourself (Handwerkliche Tätigkeiten im Privathaushalt)
DV	Digital Video
EF	Emissionsfaktor
EG	Europäische Gemeinschaft
EM	Emission
EU	Europäische Union
H.v.	Herstellung von
IoT	Internet of Things (Internet der Dinge)
KI	Künstliche Intelligenz
Kfz	Kraftfahrzeug
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
LKW	Lastkraftwagen
MA	Mitarbeiter
NEC	National Emission Ceiling
NE-Metalle	Nichteisen-Metalle
NMVOC	Non-Methane VOC (Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan)
NFR	Nomenclature for Reporting
PKW	Personenkraftwagen
SNAP	Selected Nomenclature for Sources of Air Pollution
UBA	Umweltbundesamt, Dessau
VCI	Verband der Chemischen Industrie e.V.
VDA	Verband der Automobilindustrie e.V.
VdL	Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie e.V.
VOC	Flüchtige organische Verbindung (Volatile Organic Compound)
WHO	Weltgesundheitsorganisation
WAM	With additional measures (Szenario mit weiteren Maßnahmen)
WM	With measures (Basisszenario, Szenario mit Maßnahmen)
WZ	Wirtschaftszweig

## Zusammenfassung

### Hintergrund und Zielsetzung

Die Minderung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) ist insbesondere auch vor dem Hintergrund der Ozonproblematik ein national und international anerkanntes Umweltziel. Langfristiges Ziel ist die dauerhafte Unterschreitung einer bodennahen Ozonkonzentration von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , unterhalb der keine schädlichen gesundheitlichen Auswirkungen erwartet werden (WHO-Konvention). Um dieses Ziel zu erreichen, wurde eine Reihe von internationalen Vereinbarungen getroffen, die u. a. Anforderungen an die Reduzierung der Nicht-Methan-VOC-(NMVOC-)Emissionen aus der Anwendung organischer Lösemittel enthalten. In Deutschland erfolgt die Berichterstattung durch das Umweltbundesamt. Zentrales Werkzeug der Berichterstattung ist das deutsche Lösemittel-Inventar.

Gemäß NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 sind die EU-Mitgliedsstaaten verpflichtet für bestimmte Luftschadstoffe Emissionsprojektionen zu erstellen. Die NMVOC-Emissionen aus dem Bereich der Herstellung und Verwendung von Lösemitteln und lösemittelhaltigen Produkten (NFR 2.D.3) machen einen großen Anteil an den deutschen reduktionspflichtigen NMVOC-Emissionen aus.

Deutschland muss seine NMVOC-Emissionen (außer landwirtschaftliche Emissionen) ab 2020 um 13 % und ab 2030 um 28 % im Vergleich zum Jahr 2005 reduzieren.

Beginnend mit dem Jahr 2017 müssen die Mitgliedstaaten der EU alle zwei Jahre aktualisierte Emissionsprojektionen berichten, die aufzeigen, ob die Verpflichtungen mit den bereits rechtskräftig umgesetzten Maßnahmen in einem Basisszenario (WM – with measures) eingehalten werden können.

Bisher werden die Emissionen im NMVOC-Inventar für die einzelnen SNAP-Codes in vielen Bereichen (auch) auf Basis von Prognosen zur wirtschaftlichen Entwicklung einzelner Wirtschaftssektoren erstellt. Dies basiert auf der Annahme einer engen Korrelation der wirtschaftlichen Entwicklung zur Emissionsentwicklung. Entsprechend geben die Prognosen mit der wirtschaftlichen Entwicklung anwachsende Emissionen für die Zukunft an. An der Eignung und Validität dieser Prognosen bestehen begründete Zweifel, insbesondere da Prognosen zur wirtschaftlichen Entwicklung vielfach nur in Bezug auf monetäre Wertgrößen vorliegen und es an belastbaren Korrelationen mit der Mengenentwicklung fehlt.

Vor diesem Hintergrund zielte dieses Vorhaben darauf ab, neue Methoden und Parameter zu testen, um die Entwicklung der NMVOC-Emissionen genauer vorherzusagen und die Emissionsprojektionen zu aktualisieren. Dies betrifft insbesondere die Bereiche Druckindustrie-Druckanwendungen (NFR 2.D.3.h) sowie Anwendung von Farben und Lacken (NFR 2.D.3.d) für die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2050.

### Vorgehen

Zunächst erfolgte eine breite Analyse des bisherigen Vorgehens zur Projektionserstellung für den gesamten Sektor 2.D.3. Diese Analyse zeigte, dass bislang überwiegend wirtschaftssektorspezifische Indizes (Umsatzzahlen, Bruttowertschöpfung) herangezogen werden. In einzelnen Fällen werden Konsumausgaben oder die Bevölkerungsentwicklung als Grundlage für die Projektionserstellung verwendet. Für die Mehrheit der SNAP-Codes lässt sich dabei rückblickend keine ausreichende Korrelation zwischen der tatsächlichen Emissionsentwicklung und den für die Projektionserstellung herangezogenen wirtschaftlichen Kenngrößen feststellen.

Für die SNAP-Codes der NFR-Sektoren 2.D.3.d und 2.D.3.h ist dann eine Detailbetrachtung zur Ableitung aktualisierter Projektionen erfolgt. Parallel dazu wurden

Branchenexperten\*expertinnen nach ihren Einschätzungen zu Emissions- und technologischen Weiterentwicklungen befragt.

Für die Detailbetrachtung wurde zunächst für die einzelnen SNAP-Codes eine retrospektive Betrachtung der Emissionszeitreihe und ggf. des Lackverbrauchs vorgenommen. In diese Betrachtung wurden dann einschlägige wirtschaftliche Indizes einbezogen und deren Korrelation zu den Emissionen sowie ggf. zum Lackverbrauch untersucht. Neben dem Index, welcher auch zur Projektionserstellung herangezogen wird, können dies weitere einschlägige Indizes, bspw. feiner aufgelöste Indizes für wirtschaftliche Teilbranchen sein. Ergänzend folgte eine Prüfung, inwieweit eine Berücksichtigung technologischer Weiterentwicklungen geboten scheint.

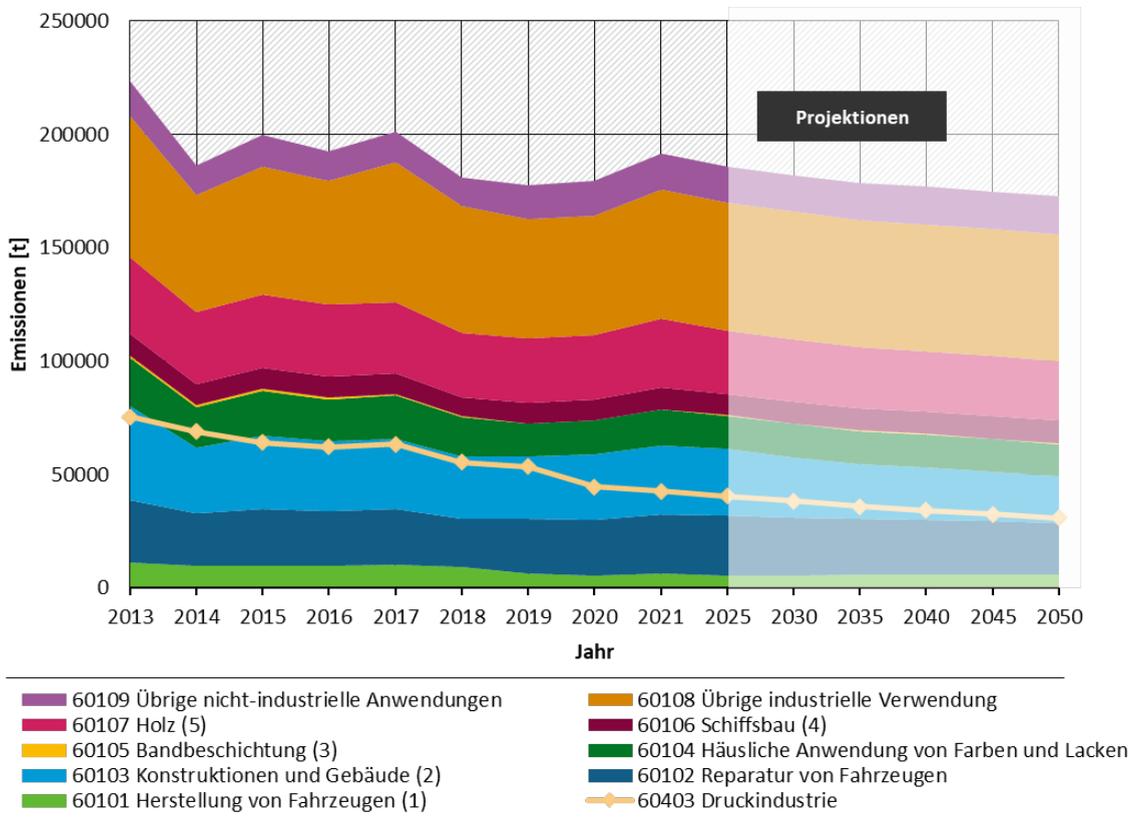
Sofern geeignete Indizes identifiziert werden konnten und entsprechende Prognosedaten zur Verfügung stehen, erfolgte dann die Bildung aktualisierter Projektionen unter Berücksichtigung von Korrekturfaktoren für die technologische Entwicklung.

Falls keine geeigneten Indizes identifiziert werden konnten oder keine Prognosedaten zur Verfügung stehen, wurde für den konkreten Fall ein alternatives Vorgehen zur Projektionserstellung entwickelt.

#### **Ergebnisse für Sektor 2.D.3.d und 2.D.3.h**

Die für die im Vorhaben betrachteten SNAP-Codes erstellten Projektionen ergeben für den Sektor 2.D.3.d sowie für den Sektor 2.D.3.h rückläufige Emissionen. In 2.D.3.d ergibt sich bis 2050 ein Rückgang von 3,7 % gegenüber 2020 bzw. von 9,8 % gegenüber 2021. Für 2.D.3.h ergibt sich ein Rückgang von rund 31 %.

**Abbildung 1: Zusammenfassung - Zusammenfassung der NMVOC-Emissionsprojektionen**



1) Emissionsprojektion mit Korrekturfaktor 1%  
 2) Projektion auf Basis Bauinvestitionen (BMAS)  
 3) Emissionsprojektion mit Korrekturfaktor 1%  
 4) Emissionsprojektion (Faktor 5)  
 5) Trendfortschreibung Logarithmisch

Ökopol, auf Basis historischer Emissionen aus dem deutschen NMVOC-Inventar und den erstellten Projektionen

Es haben sich bei der Projektionserstellung bei zahlreichen SNAP-Codes hinsichtlich zu den Emissionen korrelierender Parameter und der Verfügbarkeit entsprechender Prognosedaten ergeben:

- ▶ Für SNAP 60101 zeigte sich eine Korrelation zur Automobilproduktion. Für die Prognoseerstellung wurde auf Basis einer Prognose für die Produktion in der EU eine Annäherung für die Produktion in Deutschland erstellt und für die Emissionsprojektion herangezogen.
- ▶ Für SNAP 60102 zeigte sich bei Betrachtung ab 2015 eine Korrelation zwischen Emissionen und Fahrzeugbestand. Prognosedaten zum Fahrzeugbestand wurden aus der Studie (Adolf et al. 2014) übernommen und für die Projektionserstellung verwendet. Dabei ist zu beachten, dass diese Prognosestudie ein noch höheres Alter aufweist als die anderen beiden betrachteten.
- ▶ Für SNAP 60103 zeigten Mitarbeitendenzahlen und Jahresbauleistung erst ab 2018 eine Korrelation zu den Emissionen. Prognosedaten wiederum standen aus zwei Studien zur Verfügung (Schneemann et al. 2021; prognos 2018) und wurden für die Erstellung der Projektionen herangezogen.
- ▶ Für SNAP 6014 zeigte sich eine verbesserte Korrelation durch die Anwendung eines Korrekturfaktors auf den für die Projektionserstellung bislang verwendeten Indikator

„Bevölkerungsentwicklung“. Entsprechend wurden Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung auch für die Erstellung von Emissionsprojektionen herangezogen.

- ▶ Für SNAP 60105 zeigte sich eine gute Korrelation zur Fertigstellung von Handels- und Lagergebäuden sowie zur Automobilproduktion; beides relevante Anwendungsfelder der Bandbeschichtung. Die Fertigstellung von Handels- und Lagergebäuden wurde auch von Branchenexperten\*expertinnen als Indikator zur Verwendung empfohlen, da insbesondere die Fassaden gewerblicher Bauten eine Hauptanwendung der Bandbeschichtung darstellen. Jedoch standen hierfür keine Prognosen zur Verfügung, die zur Projektionserstellung verwendet werden konnten. Daher musste für die Projektionserstellung auf das Anwendungsgebiet der Automobilproduktion (vgl. SNAP 60101) zurückgegriffen werden, zu der retrospektiv auch eine hohe Korrelation festgestellt werden konnte.
- ▶ Für SNAP 60106 stellte es sich herausfordernd dar, geeignete Indizes zu identifizieren, die mit den Emissionen korrelieren. Einzig zwischen dem Branchenumsatz „Boots- und Schiffsbau gesamt“ und dem historischen Lackverbrauch deutet sich mit einem Wert von 0,53 ein Zusammenhang an, wobei hierfür keine Prognosedaten verfügbar waren. Daher musste auf Prognosen für die Oberkategorie „sonstiger Fahrzeugbau“ und ergänzende Korrekturen zurückgegriffen werden. Im Ergebnis konnten Emissionsprojektionen aufgestellt werden, die jedoch auf erheblich unsicherer Basis entwickelt werden mussten.
- ▶ Für SNAP 60107 ließ sich keine Korrelation zu thematisch einschlägigen wirtschaftlichen Indizes feststellen. Daher wurden auf Basis von Trendfortschreibungen Emissionsprojektionen erstellt. Perspektivisch kann ggf. eine tiefergehende Betrachtung der Einzelbereiche des SNAP-Codes und der dort stattfindenden Entwicklungen zielführend sein, um ggf. alternative geeignete Ansätze zur Projektionserstellung zu identifizieren.
- ▶ Für SNAP 60108 musste eine Betrachtung der hier gesammelten zwölf Teilbereiche vorgenommen werden. Für mehrere Teilbereiche konnte dabei keine Korrelation der Emissionen zu wirtschaftlichen (oder anderen) Größen festgestellt werden, weshalb teilweise Trendfortschreibungen der Emissionen erfolgt sind. Perspektivisch kann ggf. eine tiefergehende Betrachtung insbesondere der besonders emissionsrelevanten Einzelbereiche des SNAP-Codes und der dort stattfindenden Entwicklungen zielführend sein, um ggf. alternative geeignete Ansätze zur Projektionserstellung zu identifizieren.
- ▶ Für SNAP 60109 konnte zu den bisher verwendeten Indizes keine Korrelation festgestellt werden. Mit dem Index „Andere Ausgaben, inflationsbereinigt“ konnte jedoch ein alternativer geeigneter Prognoseindex für die Projektionserstellung herangezogen werden.
- ▶ Für SNAP 60403 zeigte sich eine hohe Korrelation zu einschlägigen wirtschaftlichen Indizes und den Emissionen. Jedoch ist die verfügbare und bislang genutzte Prognose für den Sektor „Holz, Papier und Druck“ höher aggregiert und erscheint wiederum kaum für Projektionen zum Teilsektor geeignet. Daher wurde entschieden auf Prognosen zur Beschäftigtenentwicklung zurückzugreifen. Die Beschäftigtenzahlen zeigten auch in der retrospektiven Betrachtung eine hohe Korrelation zu den Emissionen.

Das Fehlen geeigneter oder aktueller Prognosedaten stellte insbesondere für die SNAPs 60101, 60102, 60103, 60105, 60106 und 60403 eine Herausforderung dar. Als besonders unsicher kann die Projektionserstellung für die SNAPs 60106, 60107 und 60109 angesehen werden.

Trotz der bestehenden Unwägbarkeiten und Hindernisse bzgl. der Erstellung von Emissionsprojektionen konnte gegenüber dem bisherigen Stand und Vorgehen zur Projektionserstellung eine Qualitätsverbesserung erreicht werden. Während im bisherigen

Vorgehen in vielen Fällen Indizes zur Projektionserstellung herangezogen wurden, zu denen offensichtlich keine Korrelation der jeweiligen Emissionen besteht, wurden hier – soweit möglich – geeignetere Parameter identifiziert und für die Erstellung der Projektionen herangezogen. In anderen Fällen wurden unter Berücksichtigung des bisherigen Verlaufs der Emissionen Trendfortschreibungen angenommen. Auch wurden Annahmen zu technologischen Weiterentwicklungen berücksichtigt, was zuletzt in der Projektionserstellung nicht stattfand.

Vor dem Hintergrund der durchgeführten Betrachtungen wird empfohlen, perspektivisch

- ▶ eine entsprechende Prüfung und Aktualisierung auch für die hier nicht betrachteten relevanten NFR-Sektoren vorzunehmen;
- ▶ die initiierte Konsultation von Branchenexperten\*expertinnen fortzusetzen und zu vertiefen; bzgl. verschiedener Teilbereiche konnte der Austausch innerhalb des Projektzeitraums nicht durchweg in der möglichen Tiefe erfolgen;
- ▶ für besonders emissionsrelevante Teilbereiche (insbesondere SNAP 60108 Übrige industrielle Verwendung; SNAP 60107 Holz) die Entwicklung komplexerer Projektionsmodelle zu prüfen; hierzu kann auch eine weitere, vertiefte Befragung von Branchenakteuren\*akteurinnen erfolgen; und
- ▶ mit gewissem zeitlichen Abstand eine erneute Prüfung der Ergebnisse dieses Vorhabens unter Nutzung neuer Emissionsdaten und Statistiken durchzuführen zwecks Validierung oder Anpassung des Vorgehens zur Projektionserstellung.

## Summary

### Background and objectives

Reducing emissions of volatile organic compounds (VOCs) is a nationally and internationally recognized environmental goal, particularly in light of the ozone problem. The long-term goal is to keep ground-level ozone concentrations permanently below  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , below which no harmful effects on health are expected (WHO Convention). In order to achieve this goal, a number of international agreements have been reached, including requirements for the reduction of non-methane VOC (NMVOC) emissions from the use of organic solvents. In Germany, reporting is carried out by the Federal Environment Agency. The central reporting tool is the German solvent inventory.

According to the NEC Directive (EU) 2016/2284, EU member states are obliged to prepare emission projections for certain air pollutants. NMVOC emissions from the manufacture and use of solvents and solvent-based products (NFR 2.D.3) account for a large proportion of German NMVOC emissions subject to reduction.

Germany must reduce its NMVOC emissions (excluding agricultural emissions) by 13% from 2020 and by 28% from 2030 compared to 2005.

Starting in 2017, the EU member states must report updated emission projections every two years that show whether the obligations can be met with the measures already legally implemented in a baseline scenario (WM - with measures).

To date, the emissions in the NMVOC inventory for the individual SNAP codes have (also) been compiled in many areas based on forecasts for the economic development of individual economic sectors. This assumes a close correlation between economic development and emissions trends. Accordingly, the forecasts indicate increasing emissions for the future in line with economic development. There are justified doubts about the suitability and validity of these forecasts, particularly as forecasts on economic development are often only available in relation to monetary values and there is a lack of reliable correlations with volume development.

Against this background, this project aimed to test new methods and parameters to predict the development of NMVOC emissions more accurately and to update the emission projections. This applies to the areas of printing (NFR 2.D.3.h) and coating applications (NFR 2.D.3.d) for the years 2030, 2035, 2040 and 2050.

### Approach

The first step is a broad analysis of the previous procedure for preparing projections for the entire sector 2.D.3. This analysis showed that economic sector-specific indices (turnover figures, gross value added) have predominantly been used to date. In individual cases, consumer spending or population trends are used as the basis for the projection. For most SNAP codes, no sufficient correlation can be established between the past emissions trend and the economic parameters used for the projection.

For the SNAP codes of the NFR sectors 2.D.3.d and 2.D.3.h, a detailed analysis was then carried out to derive updated projections. At the same time, industry experts were asked for their views on emissions and technological developments.

For the detailed analysis, a retrospective analysis of the emissions time series and, where applicable, paint consumption was first carried out for the individual SNAP codes. Relevant economic indices were then included in this analysis and their correlation with emissions and, where applicable, paint consumption was examined. In addition to the index, which is also used for the projection, other relevant indices can be used, e.g. more detailed indices for economic

sub-sectors. This is supplemented by an examination of the extent to which technological developments should be considered.

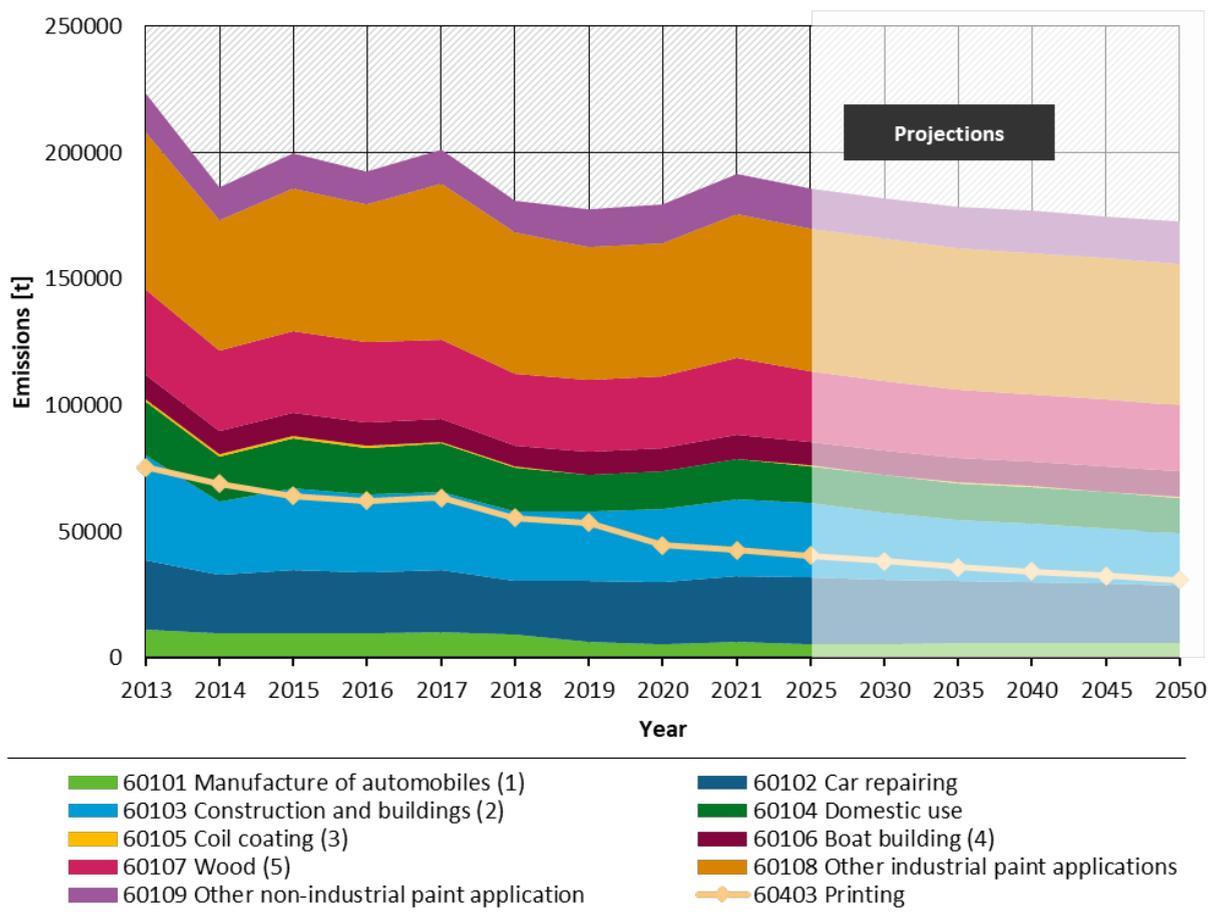
If suitable indices can be identified and corresponding forecast data is available, updated projections are then created, considering correction factors for technological development.

If no suitable indices could be identified or no forecast data is available, an alternative procedure for preparing the projection is developed for the specific case.

**Results for sector 2.D.3.d and 2.D.3.h**

The projections prepared for the SNAP codes considered in the project show declining emissions for the 2D 3d sector and the 2D 3h sector. In 2D 3d, there is a decrease of 3.7 % by 2050 compared to 2020 and 9.8 % compared to 2021. For 2D 3h, there is a decrease of around 31 %.

**Figure 1: Summary of emission projections**



1) Projection with correction factor 1%  
 2) Projection based on investments in construction (BMAS)  
 3) Projection with correction factor 1%  
 4) Projection - factor 5  
 5) Logarithmic trend extrapolation

Ökopöl, based on emissions data from NMVOC inventory and projections

During the projection process, numerous SNAP codes were found to have parameters that correlate with emissions and the availability of corresponding forecast data:

- ▶ SNAP 60101 showed a correlation with automobile production. To prepare the forecast, an approximation for production in Germany was created on the basis of a forecast for production in the EU and used for the emissions projection.

- ▶ For SNAP 60102, there was a correlation between emissions and vehicle population from 2015 onwards. Forecast data on the vehicle population was taken from the study (Adolf et al. 2014) and used for the projection. It should be noted that this forecasting study is even older than the other two.
- ▶ For SNAP 60103, employee numbers and annual construction output only showed a correlation with emissions in 2018. Forecast data, in turn, was available from two studies (Schneemann et al. 2021; prognos 2018) and were used to create the projections.
- ▶ For SNAP 6014, a correlation was found by applying a correction factor to the "population development" indicator previously used for projections. Accordingly, population development forecasts were also used to prepare emission projections.
- ▶ SNAP 60105 showed a good correlation with the completion of commercial and warehouse buildings. This indicator was also recommended for use by industry experts, as the facades of commercial buildings in particular are a main application for coil coating. However, there were no forecasts available that could be used to create the projection. For this reason, automotive production (see SNAP 60101) had to be used for the projection, with which a high correlation could also be established retrospectively.
- ▶ For SNAP 60106, it proved challenging to identify suitable indices that correlate with emissions. The only indication of a correlation, with a value of 0.53, was between the "total boat and shipbuilding" sector turnover and historical paint consumption, although no forecast data was available for this. Forecasts for the "other vehicle construction" category and additional corrections therefore had to be used. As a result, emission projections could be drawn up, but these had to be developed on a considerably uncertain basis.
- ▶ No correlation with thematically relevant economic indices could be established for SNAP 60107. Emission projections were therefore created on the basis of trend extrapolations. In the future, it may be useful to take a closer look at the individual areas of the SNAP code and the developments taking place there in order to identify suitable alternative approaches for creating projections.
- ▶ For SNAP 60108, the twelve sub-areas collected here had to be analyzed. No correlation of the emissions to economic (or other) variables could be determined for several sub-areas, which is why some of the emissions were updated. In the future, it may be useful to take a closer look at the individual areas of the SNAP code that are particularly relevant to emissions and the developments taking place in these areas in order to identify suitable alternative approaches for creating projections.
- ▶ No correlation could be established between SNAP 60109 and the indices used to date. However, with the "Other expenditure, inflation-adjusted" index, an alternative suitable forecast index could be used for the projection.
- ▶ SNAP 60403 showed a high correlation with relevant economic indices and emissions. However, the available and previously used forecast for the "wood, paper and printing" sector is more highly aggregated and, in turn, hardly appears suitable for projections for the sub-sector. It was therefore decided to fall back on forecasts of employment trends. The employment figures also showed a high correlation with emissions in the retrospective analysis.

The lack of suitable or up-to-date forecast data posed a particular challenge for SNAPs 60101, 60102, 60103, 60105, 60106 and 60403. The creation of projections for SNAPs 60106, 60107 and 60109 can be regarded as particularly uncertain.

Despite the existing uncertainties and obstacles regarding the creation of emission projections, an improvement in quality was achieved compared to the previous status and procedure for creating projections. While in many cases indices were used in the previous procedure to create projections, for which there was no known correlation between the respective emissions, more suitable parameters were identified and used to create the projections wherever possible. In other cases, trend extrapolations were assumed, taking into account the previous course of emissions. Assumptions on technological developments were also taken into account, which was not done in the most recent projections.

In perspective, it is recommended

- ▶ To carry out a corresponding review and update also for the relevant NFR sectors not considered here;
- ▶ to continue and deepen the initiated consultation of industry experts; with regard to various sub-areas, the exchange could not be carried out in the possible depth within the project period;
- ▶ to examine the development of more complex projection models for particularly emission-relevant sub-sectors (especially SNAP 60108 Other industrial use; SNAP 60107 Wood); this may also involve a further, more in-depth survey of industry stakeholders; and
- ▶ to re-examine the results of this project at certain intervals using new emission data and statistics in order to validate or adapt the procedure for preparing the projection.

## 1 Hintergrund und Zielstellung

Die Minderung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) ist insbesondere auch vor dem Hintergrund der Ozonproblematik ein national und international anerkanntes Umweltziel. Langfristiges Ziel ist die dauerhafte Unterschreitung einer bodennahen Ozonkonzentration von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , unterhalb der keine schädlichen gesundheitlichen Auswirkungen erwartet werden (WHO-Konvention).

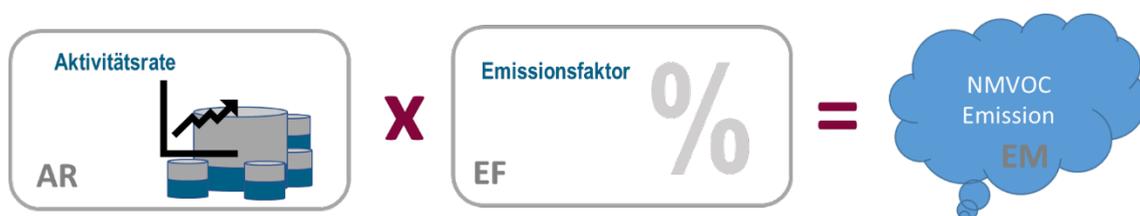
Um dieses Ziel zu erreichen, wurde eine Reihe von internationalen Vereinbarungen getroffen, die u. a. Anforderungen an die Reduzierung der Nicht-Methan-VOC-(NMVOC-)Emissionen aus der Anwendung organischer Lösemittel enthalten, wie

- ▶ das UNECE Multikomponenten-Protokoll,
- ▶ die EG NEC-Richtlinien 2001/81/EG und (EU) 2016/2284,
- ▶ die EG Decopaint-Richtlinie 2004/42/EG,
- ▶ die EG Lösemittelrichtlinie 1999/13/EG<sup>1</sup>.

In Deutschland erfolgt die Berichterstattung durch das Umweltbundesamt. Zentrales Werkzeug der Berichterstattung ist das deutsche Lösemittel-Inventar.

Das deutsche Lösemittel-Inventar verwendet für die Berechnung der NMVOC-Emissionen den sogenannten „Produktbasierten Ansatz“ (Zimmermann und Memelink 2023; Zimmermann 2019). „Ausgehend von der inländischen Herstellung lösemittelhaltiger Produkte wird anhand von Import- und Exportmengen der inländische Verbrauch bestimmt (=Aktivitätsdaten). Über den durchschnittlichen Lösemittelgehalt wird die Gesamteinsatzmenge von Lösemitteln bestimmt. Über Emissionsfaktoren erfolgt schließlich die Berechnung der Gesamtemissionsmenge.“ (Zimmermann und Memelink, 2023). Dieses grundsätzliche Vorgehen anhand Aktivitätsraten (AR) und Emissionsfaktoren (EF) zur Berechnung der Emissionen (EM) ist in folgender Abbildung illustriert.

**Abbildung 2: Grundsätzliches Vorgehen der Emissionsberechnung**



Quelle: Ökopol, auf Basis Zimmermann und Memelink (2023)

Gemäß NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 sind die EU-Mitgliedsstaaten verpflichtet für bestimmte Luftschadstoffe Emissionsprojektionen zu erstellen. Die NMVOC-Emissionen aus dem Bereich der Herstellung und Verwendung von Lösemitteln und lösemittelhaltigen Produkten (NFR 2.D.3) machen einen großen Anteil an den deutschen reduktionspflichtigen Emissionen aus.

Deutschland muss seine NMVOC-Emissionen (außer landwirtschaftliche Emissionen) ab 2020 um 13 % und ab 2030 um 28 % im Vergleich zum Jahr 2005 reduzieren.

Beginnend mit dem Jahr 2017 müssen die Mitgliedstaaten der EU alle zwei Jahre aktualisierte Emissionsprojektionen berichten, die aufzeigen, ob die Verpflichtungen mit den bereits

<sup>1</sup> Inzwischen abgelöst durch die Richtlinie über Industrieemissionen (Richtlinie 2010/75/EU).

rechtskräftig umgesetzten Maßnahmen in einem Basisszenario (WM – with measures) eingehalten werden können. Sollte dies nicht der Fall sein, muss ein Szenario mit weiteren Maßnahmen (WAM – with additional measures) erstellt und berichtet werden. Zusätzlich ist über den aktuellen Stand der Zielerreichung, die zukünftige Zielerreichung im WM-Szenario und über gegebenenfalls zusätzlich vom Mitgliedstaat geplante Maßnahmen zur Gewährleistung der Zielerreichung im WAM-Szenario mindestens alle 4 Jahre in einem nationalen Luftreinhalteprogramm zu berichten.

Bisher werden die Emissionen im NMVOC-Inventar für die einzelnen SNAP-Codes in vielen Bereichen (auch) auf Basis von Prognosen zur wirtschaftlichen Entwicklung einzelner Wirtschaftssektoren erstellt. Dies basiert auf der Annahme einer engen Korrelation der wirtschaftlichen Entwicklung zur Emissionsentwicklung. Entsprechend geben die Prognosen mit der wirtschaftlichen Entwicklung anwachsende Emissionen für die Zukunft an.

An der Eignung und Validität dieser Prognosen bestehen Zweifel, insbesondere da Prognosen zur wirtschaftlichen Entwicklung vielfach nur in Bezug auf monetäre Wertgrößen vorliegen und es an belastbaren Korrelationen mit der Mengenentwicklung fehlt. In einem früheren Vorhaben (Zimmermann und Jepsen, 2018) wurde bereits aufgezeigt, dass in einigen Fällen rückwirkend keine historische Korrelation zwischen der Entwicklung einzelner Wirtschaftssektoren und den Emissionen festzustellen ist.

Deshalb hält das Umweltbundesamt eine Überprüfung und Anpassung der NMVOC-Emissionsprojektionen in industriellen Bereichen für notwendig. Ziel ist es, neue Methoden und Parameter zu testen, um die Entwicklung der NMVOC-Emissionen genauer vorherzusagen und die Emissionsprojektionen zu aktualisieren. Zunächst sollte der Fokus auf die Bereiche Druckindustrie-Druckanwendungen (NFR 2.D.3.h) sowie Anwendung von Farben und Lacken (NFR 2.D.3.d) zur Aktualisierung und Fortschreibung der Projektionen für die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2050 gelegt werden.

Das Projekt unterstützt die kontinuierliche Aktualisierung der Luftschadstoff-Emissionsprojektionen gemäß NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284. Die Ergebnisse fließen in die Berichterstattung der Emissionsprojektionen ein und das entsprechende Kapitel im Informative Inventory Report (IIR) wird aktualisiert.

## 2 Analyse Ist-Vorgehen zur Projektionserstellung für 2.D.3

Zunächst erfolgt eine breite Analyse des bisherigen Vorgehens zur Projektionserstellung für den gesamten Sektor 2.D.3.

Hierzu wird im Folgenden ein strukturierter Überblick über das derzeitige Vorgehen zur Prognoseberechnung in 2.D.3 bereitgestellt, der nicht darauf abzielt, das Vorgehen für die einzelnen Teilbereiche zu beschreiben, sondern eine Clusterung vornimmt, hinsichtlich:

► In welchen Teilbereichen sind derzeit...

- Umsatzprognosen
- Ausgabenprognosen
- Mengenprognosen
- Bevölkerungsprognosen
- Sonstige Größen

...Grundlage der Prognose?

► In welchen Teilbereichen entspricht die Abdeckung des Prognoseindex gut / weniger gut dem Inventar-Teilbereich (qualitative Bewertung)?

Hierzu werden auch gezielt die Ergebnisse des Vorhabens „Konsistenzprüfung der deutschen Emissionsinventare für NMVOC aus Lösemitteln“ (Projekt-Nr. 72117; Zimmermann und Jepsen, 2018) herangezogen. Die Ergebnisse dieses Vorhabens geben eine Indikation, in welchen Teilbereichen des Inventars die bislang zur Projektionserstellung herangezogenen Indizes keine ausreichende Korrelation zur tatsächlichen Emissionsentwicklung aufweisen und eine Korrektur des Vorgehens zur Projektionserstellung sinnvoll und notwendig sein kann.

Für die Korrelationsbetrachtung wurde als zentrale Auswertungsgröße die Korrelation nach Pearson herangezogen, die untersucht, inwieweit ein linearer Zusammenhang zwischen zwei Zeitreihen besteht. Sie kann Werte zwischen -1 (vollständige negative Korrelation) bis +1 (vollständige positive Korrelation) annehmen. Eine Korrelation von 0 (oder nahezu 0) bedeutet, dass kein (linearer) Zusammenhang zwischen den untersuchten Größen erkennbar ist (so wie er in den Szenarien unterstellt wird). Ab wann nun von einer hohen Korrelation zu sprechen ist, lässt sich pauschal kaum beantworten, da dies stark von der Art der untersuchten Daten, der Größe der Stichprobe und der Grundgesamtheit abhängt. Für eine erste Einstufung wurde von Zimmermann und Jepsen (2018) die Konvention von Cohen herangezogen, nach der ab 0,5 von einer hohen Korrelation gesprochen werden kann. Im Folgenden erfolgt eine differenziertere Betrachtung, bei der bei einem Wert größer 0,7 von einer guten Korrelation gesprochen wird. Für Werte zwischen 0,45 und 0,7 erfolgt eine Einstufung als „Mäßige Korrelation“, für Werte zwischen 0,3 und 0,45 als „Geringe Korrelation“ und für Werte kleiner 0,3 von „Keiner Korrelation“.

Die Ergebnisse der Analyse finden sich in Tabelle 1.

**Tabelle 1: Analyse des Ist-Vorgehens zur Projektionserstellung**

NFR Sektor	SNAP	Beschreibung	Index für Prognose	Art des Index	Fazit Vorhaben "Konsistenzcheck"
2.D.3.d	60101	KFZ-Herstellung (KFZ-Serienlackierung)	Branchenumsatz-Fahrzeugbau-Automobilindustrie; ab 2022: Bruttowertschöpfung im Fahrzeugbau	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
	60102a	KFZ-Reparatur (PKW Reparatur)	Marktvolumen Kfz-Handel, Reparatur, Tankstellen	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
	60102b	KFZ-Reparatur (Nutzfahrzeuge, sonst. Fahrzeuge)	sonstiger Fahrzeugbau	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
	60103	Konstruktionen und Gebäude	Marktvolumen Baugewerbe	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	geringe Korrelation feststellbar
	60104	Gebäude DIY (häusliche Verwendung von Farben & Lacken)	Bevölkerung	Bevölkerung	keine ausreichende Korrelation feststellbar
	60105	Spulenbeschichtung	Branchenumsatz Metallerzeugung und Metallerzeugnisse	Umsatz/Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
	60106	Beschichtungen Schiffbau	Marktvolumen Kfz-Handel, Reparatur, Tankstellen; ab 2022: „Verkehrsnachfrage Seeverkehr im MMS in Mrd. tkm“	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
	60107a	Holzbeschichtung Innenausbau, Handwerk	Branchenumsatz Holzgewerbe	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	geringe Korrelation feststellbar

NFR Sektor	SNAP	Beschreibung	Index für Prognose	Art des Index	Fazit Vorhaben "Konsistenzcheck"
	60107b	Holzbeschichtung Möbelindustrie	Branchenumsatz Holzgewerbe	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	geringe Korrelation feststellbar
	60108	Andere industrielle Beschichtungen	Branchenumsatz Gummi- und Kunststoffwaren	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
			Branchenumsatz Papier-, Verlags- und Druckgewerbe	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
			Branchenumsatz Maschinenbau	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
			Branchenumsatz Verarbeitendes Gewerbe	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
	60109	Andere nichtindustrielle Farbbeschichtungen	Branchenumsatz Verarbeitendes Gewerbe	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
2.D.3.e	60201	Metallentfettung	Branchenumsatz Maschinenbau	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
	60203	Herstellung von Elektronikkomponenten	Branchenumsatz Büromaschinen und Elektrotechnik	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
	60204	Andere industrielle Reinigung (Feinmechanik, Optik, Herstellung von Uhren)	Marktvolumen Kfz-Handel, Reparatur, Tankstellen	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
2.D.3.f	60202	Chemische Reinigung	Konsumausgaben Bekleidung	Konsumausgaben	geringe Korrelation feststellbar
2.D.3.g	60301	Verarbeitung von Polyester	Branchenumsatz Gummi- und Kunststoffwaren	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	gute Korrelation

NFR Sektor	SNAP	Beschreibung	Index für Prognose	Art des Index	Fazit Vorhaben "Konsistenzcheck"
	60302	Verarbeitung von Polyvinylchlorid	Branchenumsatz Gummi- und Kunststoffwaren	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
	60303	Verarbeitung von Polyurethan	Branchenumsatz Gummi- und Kunststoffwaren	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	mäßige Korrelation
	60304	Verarbeitung von Polystyrolschaum	Branchenumsatz Gummi- und Kunststoffwaren	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
	60305	Gummi-Verarbeitung	Branchenumsatz Gummi- und Kunststoffwaren	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
	60306	Herstellung von pharmazeutischen Produkten	Konsumausgaben Gesundheitspflege	Konsumausgaben	gute Korrelation
	60307	Herstellung von Farben und Lacken	Branchenumsatz Gummi- und Kunststoffwaren	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
	60308	Herstellung von Druckfarben und Tinten	Branchenumsatz Gummi- und Kunststoffwaren	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
	60309	Herstellung von Klebstoffen	Branchenumsatz Gummi- und Kunststoffwaren	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	mäßige Korrelation
	60310	Bitumen blasen	Branchenumsatz Kokereien, Mineralölverarbeitung	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	mäßige Korrelation
	60311	Herstellung von Haftmaterialien, Magnetbändern, Filmen und Fotografien	Herstellung von Klebebändern	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
	60312	Produktion und Verarbeitung von Textilien	Branchenumsatz Textil- und Bekleidungsindustrie	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar

NFR Sektor	SNAP	Beschreibung	Index für Prognose	Art des Index	Fazit Vorhaben "Konsistenzcheck"
	60313	Gerben von Ledermaterial	Branchenumsatz Textil- und Bekleidungs-gewerbe	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
	60314	Herstellung von lösemittelhaltigen Produkten	Branchenumsatz Holzgewerbe	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
			Marktvolumen Baugewerbe	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
2.D.3.i	60401_02	Behandlung von Glas- und Mineralwolle	Marktvolumen Baugewerbe	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	gute Korrelation
	60404	Extraktion von Ölen und Fetten	Branchenumsatz Ernährungsgewerbe	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
	60405	Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien	Branchenumsatz Fahrzeugbau	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	insgesamt keine ausreichende Korrelation; nur für Einzelbereiche mäßige Korrelation
	60406	Anwendung von Holzschutzmitteln	Branchenumsatz Holzgewerbe	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
	60407	Anwendung von Unterbodenschutz und Fahrzeugkonservierung	Arithmetischer Mittelwert aus Branchenumsatz Fahrzeugbau-Automobilindustrie und Marktvolumen Kfz-Handel, Reparatur, Tankstellen	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	mäßige Korrelation
	60409	Entwachsen von Fahrzeugen	Branchenumsatz Fahrzeugbau	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	keine ausreichende Korrelation feststellbar
	60412	Sonstige Produktverwendungen	Diverse für Teilbereiche	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	gute Korrelation für einzelne Teilbereiche

NFR Sektor	SNAP	Beschreibung	Index für Prognose	Art des Index	Fazit Vorhaben "Konsistenzcheck"
2.D.3.h	60403	Druckindustrie / Druckanwendungen	Branchenumsatz Druckgewerbe	Umsatz/ Bruttowertschöpfung/ Marktvolumen	gute Korrelation
2.D.3.a	60408	Häusliche Verwendung von Lösemitteln (ohne Farben & Lacke)	Primär Konsumausgaben	Konsumausgaben	Korrelation zwischen Index und Lackverbrauch feststellbar
	60411	Häusliche Verwendung von pharmazeutischen Produkten	Primär Konsumausgaben	Konsumausgaben	Korrelation zwischen Index und Verbrauch feststellbar

Erstellt durch Ökopoll auf Basis einer Analyse des deutschen NMVOC-Inventars sowie Ergebnissen von Zimmermann und Jepsen (2018) (Vorhaben „Konsistenzcheck“)

Wie der zusammenfassenden Darstellung von Tabelle 1 zu entnehmen ist, werden bislang überwiegend wirtschaftssektorspezifische Indizes (Umsatzzahlen, Bruttowertschöpfung) herangezogen. In einzelnen Fällen werden Konsumausgaben oder die Bevölkerungsentwicklung als Grundlage für die Projektionserstellung verwendet.

Der Überblick von Tabelle 1 zeigt relativ klar, dass für die Mehrheit der SNAP-Codes keine ausreichende Korrelation zwischen der tatsächlichen Emissionsentwicklung und den für die Projektionserstellung herangezogenen wirtschaftlichen Kenngrößen festzustellen ist.

Eine gute Korrelation wurde von Zimmermann und Jepsen (2018) für folgende Sektoren festgestellt:

- ▶ Für SNAP 60301 „Verarbeitung von Polyester“ zum Branchenumsatz Gummi- und Kunststoffwaren;
- ▶ Für SNAP 60306 „Herstellung von pharmazeutischen Produkten“ zu den Konsumausgaben Gesundheitspflege;
- ▶ Für SNAP 60401 „Behandlung von Glas- und Mineralwolle“ zum Marktvolumen Baugewerbe;
- ▶ Für SNAP 60403 „Druckindustrie/ Druckanwendungen“ zum Branchenumsatz Druckgewerbe.

Eine aktualisierte Prüfung der Korrelation zwischen herangezogenem Index und Emissionsentwicklung erscheint grundsätzlich für alle relevanten SNAP-Codes sinnvoll, da die berücksichtigte Emissionszeitreihe bei Zimmermann und Jepsen (2018) die Jahre 2005 bis 2015 berücksichtigt hat. Bei einer Bestätigung der Korrelation unter Berücksichtigung einer aktualisierten Emissionszeitreihe kann von einer guten Eignung der Indizes zur Projektionserstellung ausgegangen werden.

Eine Aktualisierung bzw. Erweiterung der Emissionszeitreihe zur Beurteilung der Eignung des Prognoseindex ist sinnvoll, da es selbst bei einem grundsätzlich engen Zusammenhang von Emissionen und Index durch verschiedene Faktoren zu Abweichungen der Entwicklungen von beiden kommen kann. Hierzu zählen technologische Änderungen (Änderungen der Effizienz im Einsatz von Farben und Lacken, Änderungen in der Praxis mit Auswirkungen auf Lösemittel- und Lackverbräuche), Produktionsverlagerungen und unterschiedliche Entwicklungen von Produktionsvolumen und Wert der Produkte.

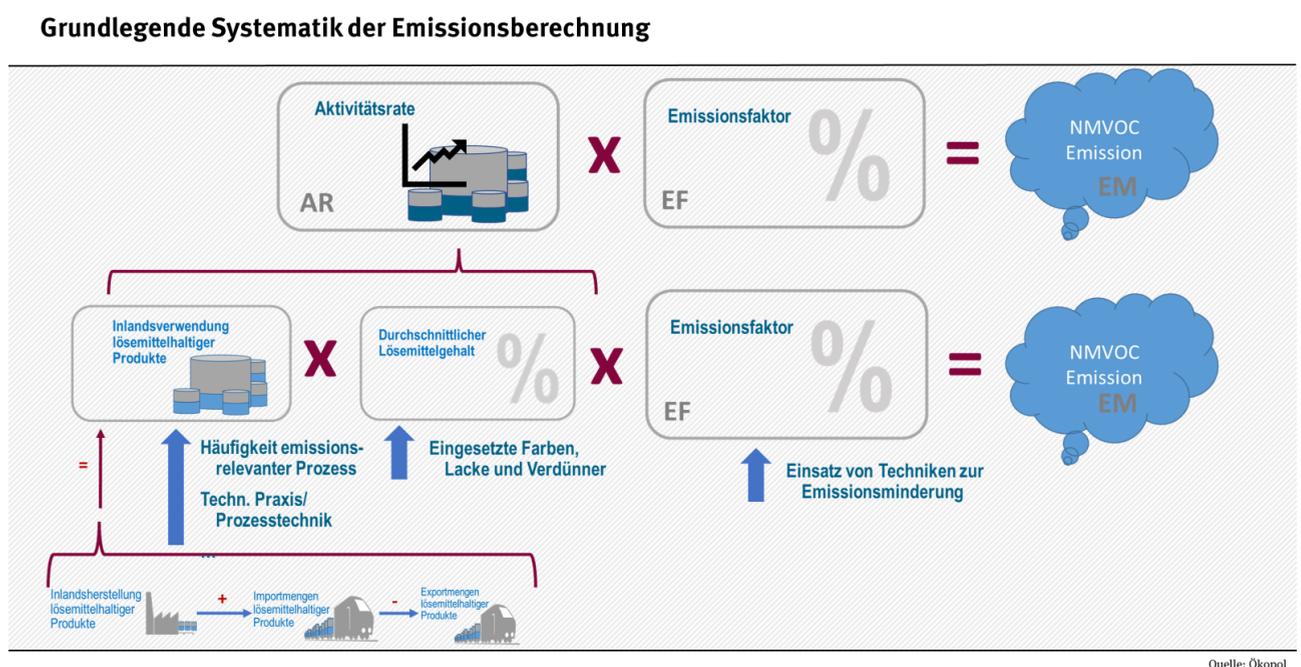
### 3 Grundlegende Überlegungen zur Projektionserstellung und Vorgehen

Die Höhe entstehender Emissionen hängt grundsätzlich vom Umfang (Höhe, Dauer, Menge) einer durchgeführten Aktivität und dem spezifischen Emissionsfaktor ab.

Die Emissionen eines Einzelprozesses ergeben sich zunächst aus der Art des Prozesses (angewendetes Verfahren / Prozesstechnik) in Verbindung mit der Art der eingesetzten Farben und Lacke (ggf. auch Verdünner) und deren Lösemittelgehalt, multipliziert mit einem Emissionsfaktor. Der Emissionsfaktor ergibt sich aus der Art der Anwendung der lösemittelhaltigen Farben / Lacke / Verdünner sowie eventuellen zusätzlich eingesetzten Techniken zur Emissionsminderung. Über alle emissionsrelevanten Einzelprozesse ergibt sich die Inlandsverwendung der lösemittelhaltigen Einsatzstoffe.

Diese grundlegende Systematik der Emissionsberechnung ist in Abbildung 3 dargestellt.

**Abbildung 3: Grundlegende Systematik der Emissionsberechnung**



Für die jährliche Berechnung der Emissionen werden die Werte der inländischen Einsatzmengen an lösemittelhaltigen Produkten über die Produktionsmengen und das jeweilige Handelsbilanzsaldo ermittelt. Überwiegend sind dies Daten aus Produktions- und Außenhandelsstatistik des Statistischen Bundesamts. Weitere Datenquellen umfassen Verbände (Gesamtverband der Dämmstoffindustrie, Verband deutscher Ölmühlen, Mineralölwirtschaftsverband, VCI), weitere Bundesämter (Kraftfahrt-Bundesamt) bzw. deren einschlägige Publikationen (Statistische Jahrbücher, VCI-Berichte etc.). Die Lösemittelgehalte und Emissionsfaktoren werden periodisch im Rahmen von Sachverständigengutachten geprüft und aktualisiert.

Grundsätzlich kann der prozessabhängige Inlandsverbrauch lösemittelhaltiger Einsatzstoffe eng mit wirtschaftlichen Kennzahlen korrelieren. So wirkt sich bspw. eine Steigerung der Automobilproduktion sowohl auf den Verbrauch der eingesetzten lösemittelhaltigen Einsatzstoffe als auch auf den Branchenumsatz aus; eine Zunahme an Bauaktivität von

Wohngebäuden wirkt sich auf den Einsatz von Bautenfarben und auf den Branchenumsatz aus. Daher kann es Fälle geben, in denen solche Branchenzahlen eng mit der Menge eingesetzter lösemittelhaltiger Einsatzstoffe und den resultierenden Emissionen korrelieren. Jedoch können diverse andere Faktoren einer solchen Korrelation zuwiderlaufen, was auch die Eignung entsprechender Prognosedaten als Grundlage für die Erstellung von Emissionsprojektionen reduziert.

Solche Faktoren umfassen:

- ▶ **Technologische Entwicklungen:** Technologische Innovationen wirken sich teilweise direkt auf Emissionsmengen aus. Die Einführung emissionsarmer Verfahren in verschiedenen Industrien hat in den letzten Jahren den VOC-Ausstoß reduziert. So führen neue Beschichtungstechnologien wie wasserbasierte oder lösemittelfreie Lacke zu einem geringeren VOC-Ausstoß (vgl. bspw. Zimmermann und Memelink, 2023). Diese technologischen Fortschritte sind jedoch oft nur schwer vorab zu quantifizieren, da sowohl die Durchdringung solcher Technologien am Markt als auch ihre langfristigen Emissionseffekte variieren können.  
Beispiel: In der Automobilindustrie hat der Einsatz lösemittelarmer Lacke und die Einführung von Pulverbeschichtungen den VOC-Ausstoß in Lackieranlagen erheblich reduziert. Diese technologischen Änderungen sind jedoch nicht an wirtschaftliche Kennzahlen wie Umsatz oder Produktionsvolumen gekoppelt, sondern eher an Innovationsprozesse und gesetzliche Anforderungen. Zugleich entkoppeln sie die Emissionshöhe von Kennzahlen wie dem Branchenumsatz.
- ▶ **Gesetzliche Vorgaben,** wie die Begrenzung der VOC-Emissionen oder spezifische Umweltauflagen für Industrieanlagen, beeinflussen ebenfalls die Emissionsmenge. Unternehmen können durch gesetzliche Änderungen gezwungen sein, ihre Produktionsprozesse anzupassen oder alternative Einsatzstoffe zu verwenden, um die Vorgaben einzuhalten (z. B. Tebert et al., 2019). Gesetzliche Änderungen oder strengere Grenzwerte können sich entsprechend auf die Emissionshöhe auswirken ohne dabei einen Effekt auf den Umsatz zu haben.  
Beispiel: Die Einführung der EU-VOC-Richtlinie oder der NEC-Richtlinie zwangen viele Unternehmen, ihre VOC-Emissionen durch Investitionen in emissionsärmere Technologien zu reduzieren (siehe bspw. Tebert et al., 2019). Die Emissionssenkung erfolgte dabei schrittweise und variierte zwischen den Branchen. Durch solche Entwicklungen entkoppeln sich Emissionshöhe und wirtschaftliche Kennzahlen.
- ▶ **Produktionsverlagerungen:** Wenn Unternehmen Teile ihrer Produktion (bspw. in Folge gesetzlicher Änderungen oder aufgrund ökonomischer Erwägungen) in andere Länder verlagern, führt dies zu Reduktionen (bzw. Verlagerungen) der Emissionen. Während sich dies auf die Bruttowertschöpfung einer Branche (als der geschaffene Mehrwert nach Abzug der Vorleistungen) auswirkt, kann der Branchenumsatz (als Summe aller Verkaufserlöse) ggf. unverändert bleiben.
- ▶ **Konsumtrends und Materialeinsatz:** Neben der allgemeinen wirtschaftlichen Aktivität beeinflussen auch spezifische Konsumtrends und Materialeinsätze die Emissionshöhe. So kann beispielsweise ein verstärkter Trend zu nachhaltigen und wiederverwendbaren Materialien zu einer Reduzierung der VOC-Emissionen führen, da weniger lösemittelhaltige Materialien nachgefragt werden. Der Übergang zu emissionsärmeren Materialien und Produkten ist jedoch schwer zu prognostizieren, da er von der Marktentwicklung, den Präferenzen der Konsumenten und technologischen Durchbrüchen abhängt.

Beispiel: Der steigende Trend zu ökologischen Baumaterialien, wie Naturholz oder organischen Lacken, verringert die VOC-Emissionen im Bausektor. Diese Verschiebungen in der Materialwahl sind jedoch vorherzusehen.

Neben diesen Faktoren ist auch zu berücksichtigen, dass wirtschaftliche Kennzahlen in der Regel deutlich höher aggregiert sind und deutlich mehr Faktoren abbilden als die relevanten Einzelprozesse. Beispielsweise kann die Automobilbranche auch durch Leasing oder Car-Sharing-Angebote Umsatz erzielen, der jedoch nicht VOC-emissionsrelevant ist.

### 3.1 Konsultation des Farb- und Lackverbands zu möglichen technologischen Trends

Zu den erwartbaren bzw. absehbaren Entwicklungen hinsichtlich eingesetzter Farben und Lacke, deren Lösemittelgehalte und eingesetzter Technologien hat eine Konsultation mit dem Farb- und Lackverband (VdL) stattgefunden. Aufgrund der limitierten Projektdauer haben sich dabei Einschränkungen hinsichtlich der Tiefe der Befragung ergeben und es konnte nur eine begrenzte Anzahl von Experten\*Expertinnen eingebunden werden.

Dennoch war es möglich branchenseitig eine grundsätzliche Einschätzung zu zukünftigen Entwicklungen zu erhalten.

#### Brancheneinschätzung zur zukünftigen Entwicklung von Lackverbrauch, Lösemittelmenge und Emissionen

Es wird branchenseitig erwartet, dass die zukünftige Entwicklung von Lackverbrauch, Lösemittelmenge und Emissionen stark von Umweltvorschriften und dem wachsenden Bedarf an nachhaltigen Lösungen beeinflusst wird:

- ▶ Nachhaltige Beschichtungsstoffe: Der Einsatz von umweltfreundlichen Beschichtungsstoffen wird weiter zunehmen.
  - Reduzierung von Lösemitteln/ Farb- und Lackarten: Es wird erwartet, dass der Einsatz von wasserbasierten oder lösungsmittelfreien Lacken zunimmt, um die Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) zu reduzieren.
  - Lösemittelgehalte: Die Lösemittelgehalte werden weiter reduziert, um die gesetzlichen Vorgaben zu erfüllen und die Umweltbelastung zu verringern.
- ▶ Effizienz Zunahme: Verbesserungen in der Anlagentechnik und Applikationstechniken werden Emissionen (und Energieverbrauch) weiter senken.
- ▶ Emissionen als Kostentreiber: Höhere Emissionen können zu höheren Kosten für Emissionsrechte und Umweltschutzmaßnahmen führen. Hierdurch kann sich ein zusätzlicher Treiber für Maßnahmen zur Emissionsreduktion ergeben.

Für ausgewählte Anwendungsgebiete konnten zudem spezifische Einschätzungen geliefert werden:

**Tabelle 2: Einschätzung zu Entwicklungen in verschiedenen Anwendungsgebieten**

Anwendungsgebiete	Entwicklung
Automobilindustrie	Zunahme wasserbasierte Lacke und entsprechend Reduzierung Lösemittelgehalte
Bauwesen	Einsatz lösemittelfreie Lacke

Anwendungsgebiete	Entwicklung
Möbelindustrie	Vermehrter Einsatz umweltfreundliche Lacke mit sehr geringem Lösemittelgehalt
Landmaschinen	Einsatz nachhaltigerer Lacke mit reduziertem Lösemittelgehalt

Ergebnis einer Konsultation von Experten\*Expertinnen des VdL

Vor dem Hintergrund dieser Ausführungen wird daher für die Projektionserstellung für Fälle, in denen keine abweichenden Erkenntnisse vorliegen, folgendes grundsätzliche Vorgehen abgeleitet:

- ▶ Annahme von mind. 1 % jährlicher Reduktion in den hervorgehobenen Anwendungsbereichen (Tabelle 2) aufgrund technologischer Entwicklungen
- ▶ Ansonsten Annahme 0,5 % jährlicher Reduktion aufgrund technologischer Entwicklungen

### 3.2 Verfügbarkeit und Bewertung von Prognosestudien

Ein grundsätzliches Problem stellt die Verfügbarkeit geeigneter Prognosedaten dar. Bislang werden schwerpunktmäßig zwei Studien als Grundlage für die Erstellung von Emissionsprojektionen herangezogen:

- ▶ prognos (2018): Deutschland Report. 2025 | 2035 | 2045. Hg. v. prognos. Berlin.
- ▶ Schneemann et al. (2021): Aktualisierte BMAS-Prognose. Forschungsbericht 526/3. Hg. v. Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS). IAB; bibb; GWS.

Einzelne Werte wurden zudem bislang von Repenning et al. (2021) übernommen.

Die prognos-Studie liefert Prognosen für die Entwicklung verschiedener Branchen bis zum Jahr 2045. Dies sind:

- ▶ Land-/Forstwirtschaft, Fischerei
- ▶ Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden
- ▶ Nahrungs- und Futtermittel, Getränke, Tabak
- ▶ Textilien, Bekleidung, Leder
- ▶ Holz, Papier, Druck
- ▶ Kokerei und Mineralölverarbeitung
- ▶ Herstellung von chemischen Erzeugnissen
- ▶ Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen
- ▶ Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren
- ▶ Glas, Keramik, Verarb. v. Steinen u. Erden
- ▶ Metallerzeugung und -bearbeitung
- ▶ Herstellung von Metallerzeugnissen
- ▶ DV-Geräte, elektronische und optische Erzeugnisse

- ▶ Elektrische Ausrüstungen
- ▶ Maschinenbau
- ▶ Kraftwagen und Kraftwagenteile
- ▶ Sonstiger Fahrzeugbau
- ▶ Energieversorgung
- ▶ Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung
- ▶ Baugewerbe
- ▶ Handel, Reparatur von Kraftfahrzeugen
- ▶ Verkehr und Lagerei
- ▶ Gastgewerbe
- ▶ Information und Kommunikation
- ▶ Finanz- und Versicherungsdienstleistungen
- ▶ Grundstücks- und Wohnungswesen
- ▶ Unternehmensnahe Dienstleistungen
- ▶ Öffentl. Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung
- ▶ Erziehung und Unterricht
- ▶ Gesundheits- und Sozialwesen
- ▶ Sonstige Dienstleistungen

In der Schneemann et al. (2021) Studie finden sich Prognosen zur Entwicklung der Bruttowertschöpfung folgender Wirtschaftszweige:

- ▶ Gew. v. Steinen und Erden, sonst. Bergbau
- ▶ Ernährung und Tabak
- ▶ Papiergewerbe
- ▶ Grundstoffchemie
- ▶ Sonstige chemische Industrie
- ▶ Gummi- u. Kunststoffwaren
- ▶ Glas u. Keramik
- ▶ Verarbeitung v. Steine u. Erden
- ▶ Metallerzeugung
- ▶ NE-Metalle, -gießereien
- ▶ Metallbearbeitung

- ▶ Maschinenbau
- ▶ Fahrzeugbau
- ▶ Sonstiges Verarbeitendes Gewerbe

Vergleichsweise breite und öffentlich verfügbare Studien konnten nicht identifiziert werden. Detailliertere Prognosen zur Entwicklung einzelner Teilbranchen liegen vereinzelt vor, in der Regel jedoch nur mit einem Zeithorizont von 2-3 Jahren in die Zukunft. Für die Projektionserstellung bis 2050 sind diese entsprechend ungeeignet.

Schneemann et al. (2021) und prognos (2018) werden entsprechend weiterhin als zentrale Grundlagen für die Projektionserstellung herangezogen, auch wenn diese aktuellere nationale und globale Entwicklungen nicht hinreichend abbilden. So finden Geschehnisse wie die Corona-Pandemie, Lieferkettenschwierigkeiten, Ukraine-Krieg in der Studie von prognos (2018) noch keine entsprechende Berücksichtigung bei der Prognoseerstellung. Die Schneemann et al. (2021) Studie ist zwar in der Corona-Zeit veröffentlicht worden, eine vollumfängliche Berücksichtigung der Entwicklungen sowie der anderen genannten Geschehnisse ist dabei auch hier nicht möglich.

Andere Zukunftsstudien bzw. Prognosestudien liefern zwar keine Prognosedaten für wirtschaftliche Teilsektoren, treffen aber grundsätzliche Aussagen, die relevante (Mega-) Trends und Herausforderungen der Zukunft benennen. Hierzu zählen:

- ▶ Der technologische Wandel (siehe bspw. Daheim und Wintermann, 2019): Einerseits wird dieser mittelfristig zu erwartbaren Effizienzsteigerungen führen, darüber hinaus aber einen schwer konkretisierbaren grundlegenden Wandel in der Wirtschaft (mit wachsender Bedeutung von Technologien wie KI, Robotik, synthetische Biologie, 3D/4D-Druck, Nanotechnologie, IoT, autonome Fahrzeuge, Gehirnimplantaten, Virtual /Augmented Reality, Blockchain, Quantencomputern, Cloud Analytics und Conscious-Technologies) und im Konsum führen.
- ▶ Der demografische Wandel: Durch die Alterung in der Gesellschaft kann es zu Änderungen im Konsum sowie auf dem Arbeitsmarkt mit potenzieller Auswirkung auf die Wirtschaftskraft kommen. Fuchs und Kubis (2016) beziffern den Bedarf an jährlicher Zuwanderung auf 400.000 Erwerbstätige um das Potenzial an Arbeitskräften bis zum Jahr 2050 auf dem derzeitigen Niveau zu halten.
- ▶ Der Klimawandel: Die Anpassung an den Klimawandel kann Anpassungsmaßnahmen in verschiedensten Bereichen erfordern und mit entsprechenden Änderungen im Konsum einhergehen. Kotz et al. (2024) sagen zudem ein Schrumpfen der deutschen Wirtschaft um elf Prozent bis 2050 in Folge des Klimawandels (verglichen mit einem Szenario ohne Klimawandel) voraus.

Inwieweit Klima-, demografischer und technologischer Wandel in den beiden Prognosestudien (Schneemann et al. 2021; prognos 2018) gleichermaßen bewertet und berücksichtigt sind, bleibt fraglich. Wie bereits dargestellt, sind vergleichbare detaillierte Prognosestudien mit ausreichendem Zeithorizont jedoch nicht verfügbar.

### 3.3 Vorgehen zur Projektionserstellung für einzelne SNAP-Codes

Um für die einzelnen SNAP-Codes geprüfte bzw. aktualisierte Emissions-Projektionen bis 2050 zu entwickeln, erfolgt jeweils zunächst eine retrospektive Betrachtung der Emissionszeitreihe und ggf. des Lackverbrauchs. Der Einbezug des Lackverbrauchs in die Betrachtung ist

insbesondere dann sinnvoll, wenn Emissionen und Gesamt-Lackverbrauch des SNAP-Codes nicht ausreichend miteinander korrelieren. Dies kann der Fall sein, wenn sich die Zusammensetzung des Lackverbrauchs im Zeitverlauf substantiell geändert hat (bspw. durch Verschiebungen von lösemittelbasierten Lacken zu Wasser- oder Pulverlacken), oder wenn der Gesamtverbrauch unterschiedliche Anwendungsbereiche mit unterschiedlichen Einzelentwicklungen und unterschiedlichen Farb- und Lackarten umfasst.

In die retrospektive Betrachtung werden dann einschlägige wirtschaftliche Indizes einbezogen und deren Korrelation zu den Emissionen sowie ggf. zum Lackverbrauch untersucht. Neben dem Index, welcher auch zur Projektionserstellung herangezogen wird, können dies weitere einschlägige Indizes, bspw. feiner aufgelöste Indizes für wirtschaftliche Teilbranchen sein.

In diesen Schritt fließen auch Empfehlungen hinsichtlich potenziell geeigneter Indizes ein, welche sich aus der Konsultation des Farb- und Lackverbands ergeben haben.

Ergänzend folgt eine Prüfung, inwieweit eine über die Ausführungen von Abschnitt 3.1 hinausgehende Berücksichtigung technologischer Weiterentwicklungen geboten scheint.

Sofern geeignete Indizes identifiziert werden konnten und entsprechende Prognosedaten zur Verfügung stehen, erfolgt dann die Bildung aktualisierter Projektionen unter Berücksichtigung von Korrekturfaktoren für die technologische Entwicklung. Wo dies geboten erscheint, werden zunächst verschiedene Projektionen erstellt, die sich beispielsweise in möglichen zukünftigen technologischen Entwicklungen zur Entkopplung von der Entwicklung wirtschaftlicher Kennzahlen und der Emissionen unterscheiden. Eine „Basis-Projektion“ wird dabei jeweils zur Erstellung der abschließenden Gesamtschau der Emissionsprojektion herangezogen.

Falls keine geeigneten Indizes identifiziert werden konnten oder keine Prognosedaten zur Verfügung stehen, wird für den konkreten Fall ein alternatives Vorgehen zur Projektionserstellung entwickelt.

## 4 Detailbetrachtung ausgewählter SNAP-Codes

Im Folgenden erfolgt für die näher zu betrachtenden SNAP-Codes entsprechend dem in Abschnitt 3.3 beschriebenen Vorgehen die Prüfung des bisherigen Vorgehens zur Projektionserstellung sowie die Ableitung aktualisierter Projektionen.

Diese Betrachtung umfasst folgende SNAP-Codes:

- ▶ 60101 Herstellung von Fahrzeugen (Manufacture of Automobiles)
- ▶ 60102 Reparatur von Fahrzeugen
- ▶ 60103 Konstruktionen und Gebäude
- ▶ 60104 Häusliche Anwendung von Farben und Lacken (Building DIY)
- ▶ 60105 Bandbeschichtung
- ▶ 60106 Schiffsbau
- ▶ 60107 Holz (Wood)
- ▶ 60108 Übrige industrielle Verwendung
- ▶ 60109 Übrige nicht-industrielle Anwendungen
- ▶ 60403 Druckindustrie

### 4.1 SNAP 60101 – Herstellung von Fahrzeugen

Für SNAP Codes 60101 „Herstellung von Fahrzeugen“ wird im bisherigen Ansatz zur Projektionserstellung die Bruttowertschöpfung im Fahrzeugbau herangezogen aus dem „Projektionsbericht Deutschland 2021“ (Repenning et al., 2021).

Für die retrospektive Betrachtung werden die entsprechenden Daten von Destatis herangezogen (Tabelle 42251-0001, WZ08-2910 Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren).

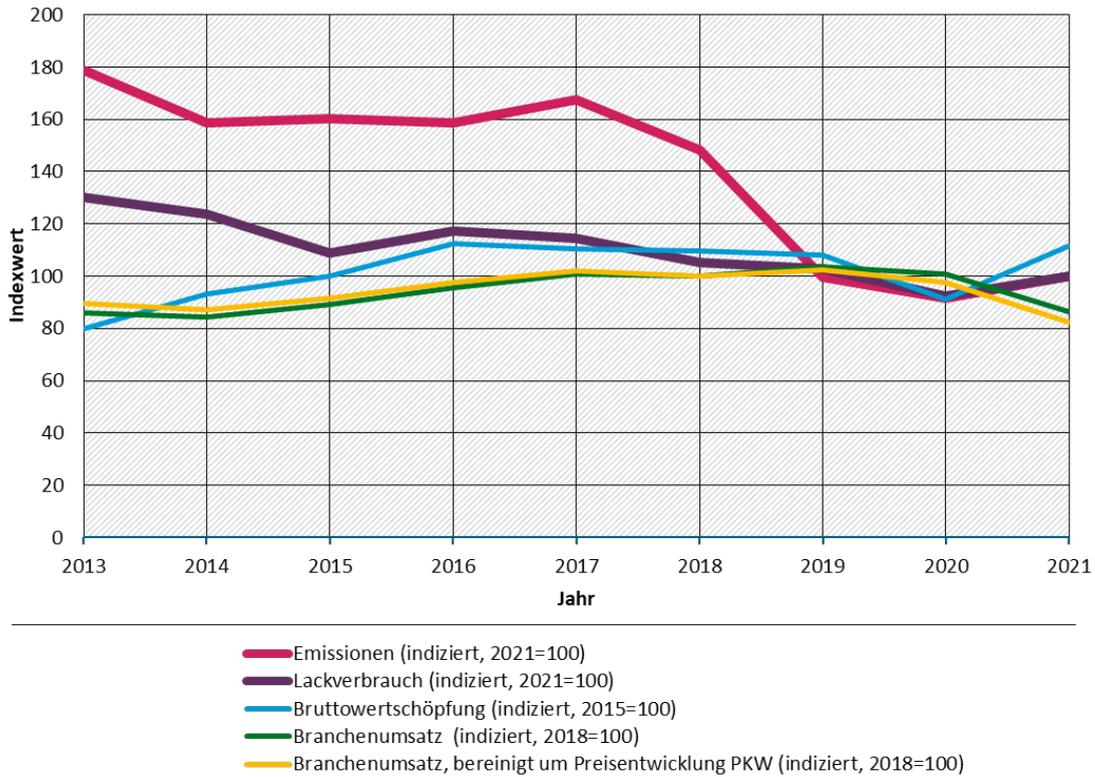
Neben der Bruttowertschöpfung sind bei Destatis auch Daten zum Branchenumsatz (Tabelle 42152-0002) verfügbar, die ergänzend herangezogen werden. Während der Umsatz die gesamten Einnahmen durch Verkäufe (ohne Abzug von Vorleistungen) beschreibt, gibt die Bruttowertschöpfung an, welcher Beitrag zur gesamten Wirtschaft geleistet wird, indem Mehrwert geschaffen wird. Die Bruttowertschöpfung errechnet sich als die Differenz zwischen dem Produktionswert (dem Gesamtwert der produzierten Waren und Dienstleistungen) und den Vorleistungen (den Kosten für eingekaufte Güter und Dienstleistungen, die zur Produktion notwendig sind).

Über den betrachteten Zeitraum zeigen die Emissionen und der Lackverbrauch einen engen Zusammenhang mit einer Korrelation von 0,85. Zu den betrachteten wirtschaftlichen Kennzahlen (Bruttowertschöpfung, Branchenumsatz) hingegen zeigen beide Größen mit Werten zwischen 0 und -0,6 keine Korrelation. Die graphische Darstellung der Verläufe findet sich in Abbildung 4. Ergänzend wurde auch eine preisbereinigte Zeitreihe des Branchenumsatzes miteinbezogen, die aus dem Branchenumsatz und der Entwicklung des Preisindex für PKW gebildet wurde. Mit Werten zwischen 0 und -0,3 zeigt sich jedoch auch hier keine Korrelation zu Emissionen und Lackverbrauch.

Ergänzend wurde die Automobilproduktion in Deutschland in Stück in die Betrachtung einbezogen. Diese zeigt mit Werten von 0,75 bzw. 0,88 eine hohe Korrelation zu Lackverbrauch und Emissionen. Die entsprechende graphische Darstellung findet sich in Abbildung 5.

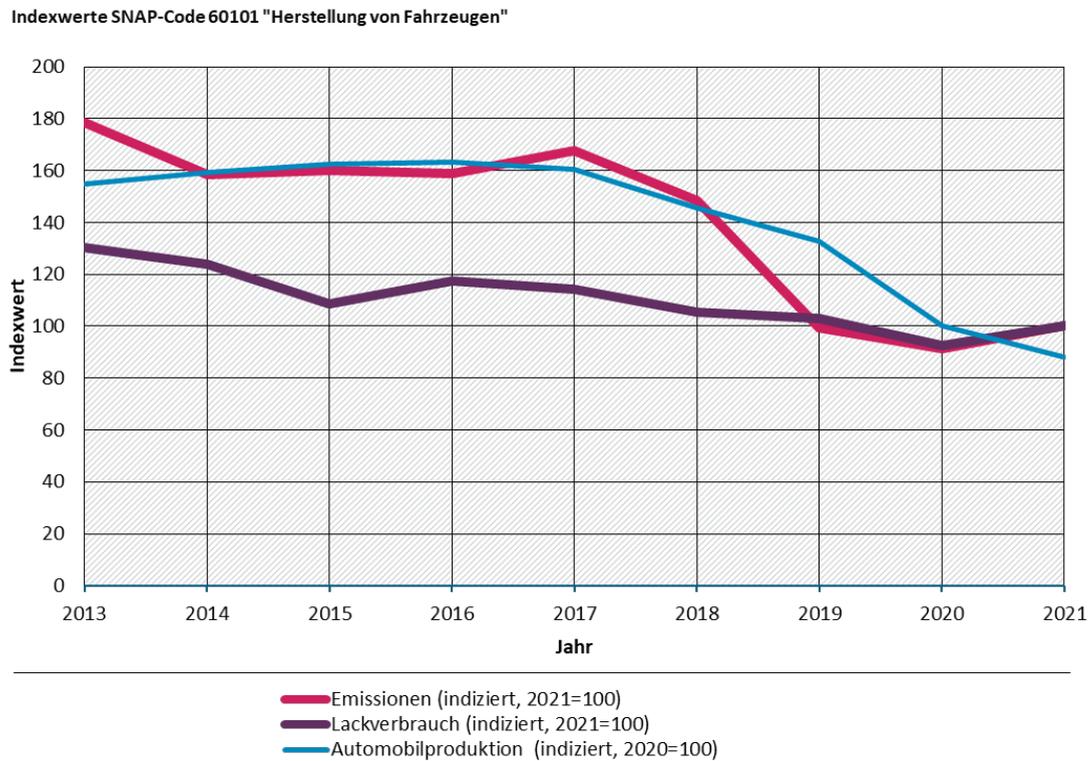
**Abbildung 4: Retrospektive Auswertung der Korrelation – SNAP 60101**

Indexwerte SNAP-Code 60101 "Herstellung von Fahrzeugen"



Quelle: Ökopoi, zusammengestellt anhand NMVOC-Inventar und Destatis Tabellen 42251-0001 und 42152-0002

**Abbildung 5: Einbezug der Automobilproduktion**



Ökopol, Emissionsdaten und Lackverbrauch aus dem deutschen NMVOC Inventar; Daten zur Automobilproduktion vom VDA (2024a)

Für die Projektionserstellung für SNAP 60101 erscheint es zielführend, den Zusammenhang zwischen Emissionen und Automobilproduktion heranzuziehen. Entsprechend werden Prognosen zur zukünftigen Entwicklung der Automobilproduktion in Deutschland benötigt.

In verfügbaren Prognosestudien (z. B. Hagedorn et al., 2020; prognos, 2018; Repenning et al., 2021) wird hingegen typischerweise hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung der Automobilproduktion auf den Branchenumsatz oder die Wertschöpfung fokussiert. Prognosen speziell für die Automobilproduktion in Deutschland in Stück lagen nicht vor. Es liegen hingegen Prognosen zur Entwicklung der Automobilproduktion in der EU insgesamt aus der GEAR-2030-Studie vor (Asselin-Miller et al., 2017; European Commission DG GROW, 2017).

Um auf dieser Basis näherungsweise eine Prognose für die Automobilproduktion in Deutschland abzuleiten, wird der Anteil der deutschen Automobilproduktion an der Produktion in der EU im Durchschnitt der Jahre 2019 bis 2023 herangezogen (Datenbasis VDA, 2024a; VDA, 2024b) und auf die Prognose der Automobilproduktion angewendet. Es ergibt sich auf dieser Basis die folgende indizierte Entwicklung der Automobilproduktion (2020=100):

**Tabelle 3: Index der zukünftigen Automobilproduktion**

2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
100	104	107	111	115	118	122

Quelle: Ökopol auf Basis European Commission DG GROW; Asselin-Miller et al. (2017; 2017) und VDA; VDA (2024b; 2024a)

Auf Basis dieser Zeitreihe können die Emissionen für SNAP 60101 fortgeschrieben werden. Dabei noch unberücksichtigt sind eventuelle technologische Entwicklungen mit Einfluss auf die Emissionen (Änderungen bei veränderten Farben- und Lacken; Änderungen in der

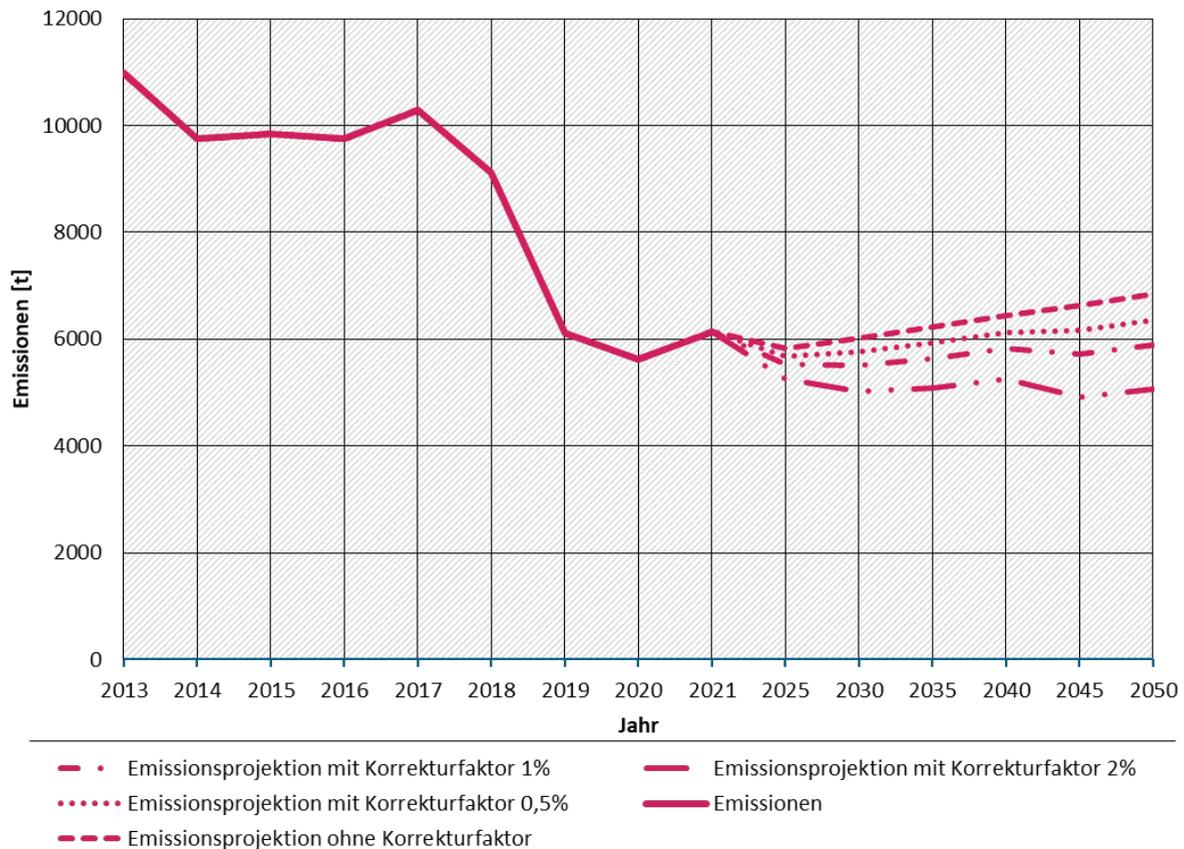
Prozesstechnik; Effizienzgewinne; ...). Einschlägige Studien zur Automobilindustrie beschreiben retrospektiv eine kontinuierliche Steigerung der Produktionseffizienz von 2 bis 4 % (VDA, 2022; VDA, 2023; VDA, 2024c; Putz et al., 2019; prognos, 2018), die zurückgeführt wird auf:

- ▶ weiter fortschreitende Automatisierung
- ▶ Einsatz von Augmented Reality
- ▶ fortschreitende Qualifizierung der Mitarbeitenden

Als Treiber weiterer zukünftiger Effizienzsteigerungen werden Automatisierung in Endmontage und Logistik, Einsatz kollaborativer Roboter und der Einsatz von KI u. a. zur „Konservierung von Erfahrung“ langjähriger Mitarbeitender gesehen (Putz et al., 2019). Es ist davon auszugehen, dass die genannten Bereiche weniger den Einsatz von Farben und Lacken berühren und eventuelle Effizienzgewinne (im Sinne einer Reduktion der Lösemittlemissionen durch weniger oder effizienteren Farb-/ Lack und Lösemittleinsatz) geringer ausfallen. Dies deckt sich auch mit den Einschätzungen des VdL hinsichtlich eines Wandels hin zu wasserbasierten Lacken (vgl. Ausführungen in Abschnitt 3.1). Neben einer reinen Fortschreibung unter Nutzung der in Tabelle 3 aufgeführten Zeitreihe wurden daher zwei weitere mögliche Prognosen für zukünftige Emissionsentwicklungen unter Annahme einer jährlichen Korrektur der Werte von Tabelle 3 um 0,3 bzw. 1 % erstellt.

Die entsprechenden projizierten Emissionsentwicklungen sind in Abbildung 6 dargestellt.

**Abbildung 6: Emissionsprojektionen für SNAP 60101 "Herstellung von Fahrzeugen"**



	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Emissionsprojektion ohne Korrekturfaktor</b>	5.820	6.025	6.230	6.434	6.639	6.844
<b>Emissionsprojektion mit Korrekturfaktor 0,5%</b>	5.676	5.759	5.925	6.120	6.159	6.349
<b>Emissionsprojektion mit Korrekturfaktor 1%</b>	5.535	5.504	5.634	5.819	5.710	5.887
<b>Emissionsprojektion mit Korrekturfaktor 2%</b>	5.261	5.023	5.090	5.257	4.904	5.055

Ökopol auf Basis der im Text genannten Quellen und Annahmen

Die erstellten Projektionen zeigen im Fall ohne Korrekturfaktor einen leichten kontinuierlichen Anstieg der Emissionen, der jedoch auch in 2050 noch deutlich unterhalb der Emissionen des Inventarjahrs 2018 verbleibt. Bei Annahme eines Korrekturfaktors von einem Prozent verbleiben die Emissionen nahezu auf dem Niveau von 2020 bzw. sinken leicht beim Korrekturfaktor von 2 %. Für die Gesamtschau der Emissionen (s. Abschnitt 5) wird die Projektion mit Korrekturfaktor 1 % herangezogen.

**Fazit**

Insgesamt zeigt sich für SNAP 60101 „Herstellung von Fahrzeugen“, dass retrospektiv eine gute Korrelation der Emissionen zur Automobilproduktion festzustellen ist, die auch als Grundlage für die Erstellung von Emissionsprojektionen geeignet erscheint. Eine Herausforderung besteht darin, dass keine Prognosen der Automobilproduktion in Stückzahlen für Deutschland vorliegen, weshalb eine Näherung auf Grundlage einer Prognose für die EU erstellt werden musste. Je nach Annahme zur Entwicklung der sonstigen Einflüsse mit Relevanz auf die Emissionsentstehung (angenommen wurden 0,3 und 1 % jährliche Reduktion gegenüber der Zeitreihe zur Automobilproduktion) lassen sich auf dieser Basis Emissionsprojektionen erstellen.

## 4.2 SNAP 60102 – Reparatur von Fahrzeugen

SNAP 60102 umfasst Emissionen aus dem Einsatz von Farben und Lacken zur Reparatur von Fahrzeugen. Für die Erstellung der Projektion wird bisher entsprechend dem „Projektionsbericht Deutschland 2021“ (Repenning et al., 2021) der Wirtschaftszweig Fahrzeugbau herangezogen.

Für die retrospektive Betrachtung wurden die in Tabelle 4 und Abbildung 7 aufgeführten Zeitreihen aus Destatis und vom Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) herangezogen (Destatis Tabellen 42152-0002 Straßenverkehrsunfälle, 46241-0011 Fahrzeugbau, (KBA, 2024; KBA, Juni 2024). Die retrospektive Betrachtung von 2013 bis 2021 zeigt jedoch für Fahrzeugbau und sonstigen Fahrzeugbau mit Werten zwischen -0,55 und 0,25 keinen Zusammenhang zu den Emissionen bzw. dem Lackverbrauch. Der Zusammenhang zwischen Fahrzeugbestand und Lackverbrauch kommt bereits auf einen Wert von 0,43 und korreliert damit gering. Einer Konsultation mit Experten\*Expertinnen der Farb- und Lackbranche folgend, wurden verschiedene weitere Indizes untersucht, hierunter die Zahl der Verkehrsunfälle, die Unfallbeteiligung von PKW und die Fahrleistung von LKW.

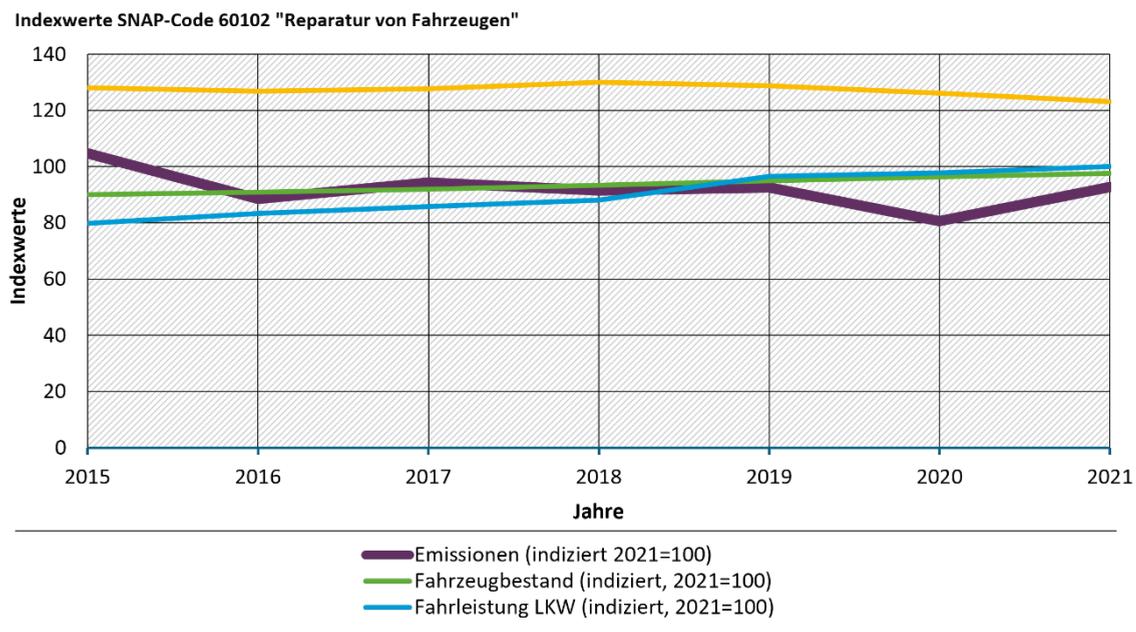
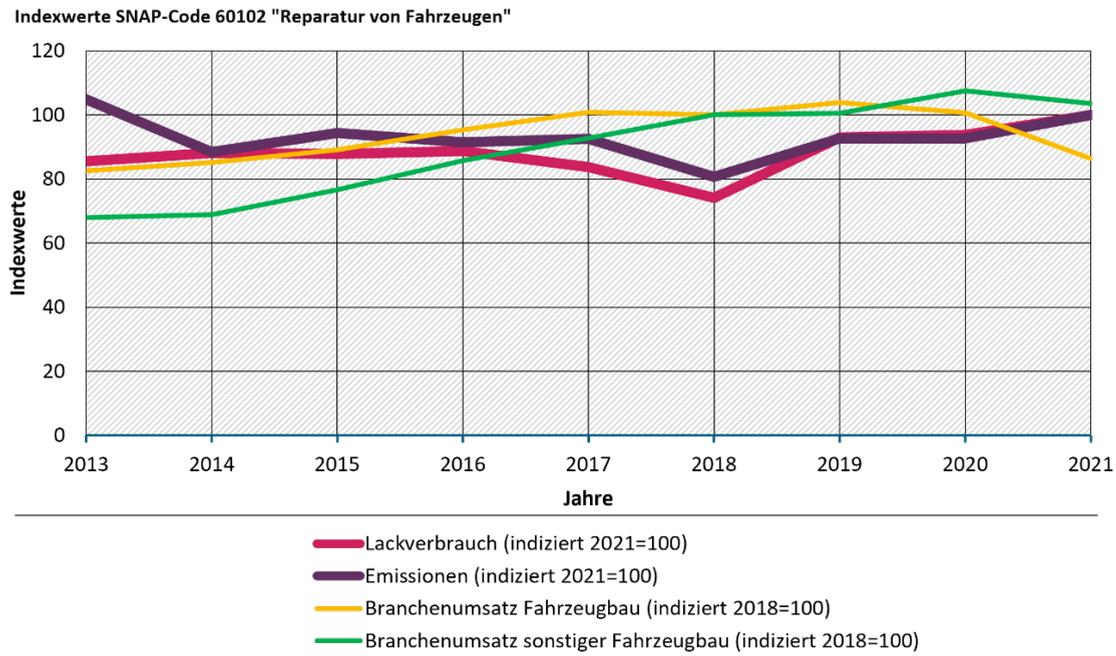
**Tabelle 4: Betrachtung der historischen Korrelation von Emissionen und verschiedenen wirtschaftlichen Indizes für SNAP 60102**

Kategorie	Korrelation zu Emissionen	Korrelation zu Lackverbrauch	Korrelation zu Emissionen ab 2015	Korrelation zu Lackverbrauch ab 2015
Fahrzeugbau	-0,55	-0,19	0,06	-0,39
Sonstiger Fahrzeugbau	-0,26	0,25	<b>0,93</b>	0,25
Fahrzeugbestand	-0,13	0,43	<b>1</b>	0,49
Verkehrsunfälle	-0,44	-0,55	-0,56	-0,62
Unfallbeteiligung PKW	-0,23	-0,67	-0,85	-0,67
Fahrleistung LKW	0,39	0,52	<b>0,98</b>	0,61

Ökopol, Analyse auf Basis der Emissionsdaten aus dem deutschen NMVOC Inventar, Destatis Tabellen 42152-0002, 46241-0011 und dem (KBA 2024; KBA Juni 2024)

Aufgrund mangelnder Zusammenhänge wurden diese anschließend für einen jüngeren Betrachtungszeitrahmen ab 2015 betrachtet, wie in folgender Abbildung dargestellt. Diese Werte sind ebenfalls in Tabelle 4 aufgeführt und führen sowohl für den sonstigen Fahrzeugbau als auch für Fahrzeugbestand und Fahrleistung von LKW zu starken Korrelationen mit Werten zwischen 0,93 und 1.

**Abbildung 7: Retrospektive Auswertung der Korrelation - SNAP 60102**



Ökopol, Emissionsdaten und Lackverbrauch aus dem deutschen NMVOC Inventar; Daten zum Fahrzeugbau Destatis Tabelle 42152-0002; Daten zum Fahrzeugbestand vom (KBA 2024); Daten zur Fahrleistung LKW aus Destatis Tabelle 46241-0011

Die Fahrleistung LKW und der sonstige Fahrzeugbau sind aufgrund mangelnder verfügbarer Prognosen trotz starker Korrelation nicht zur Projektionserstellung geeignet.

Entsprechend wurde der Fahrzeugbestand als Basis für die Projektionserstellung herangezogen. Prognosen zur Entwicklung des Fahrzeugbestands in Deutschland finden sich in der Prognosestudie „Shell PKW-Szenarien bis 2040“ (Adolf et al., 2014). Diese prognostizierte einen Peak des Fahrzeugbestands in Deutschland für den Zeitraum 2020 bis 2025 mit 45,2 Mio. und einen anschließenden Rückgang des Fahrzeugbestands auf 42,7 Mio. PKWs in 2040. Daraus

leitet sich ein Entwicklungstrend eines jährlich zurückgehenden Fahrzeugbestands ab 2025 ab, welcher auf die Projektion des Fahrzeugbestand angewendet wird.

Es ergibt sich auf dieser Basis die folgende indizierte Entwicklung des Fahrzeugbestands (2021=100):

**Tabelle 5: Index des zukünftigen Fahrzeugbestands**

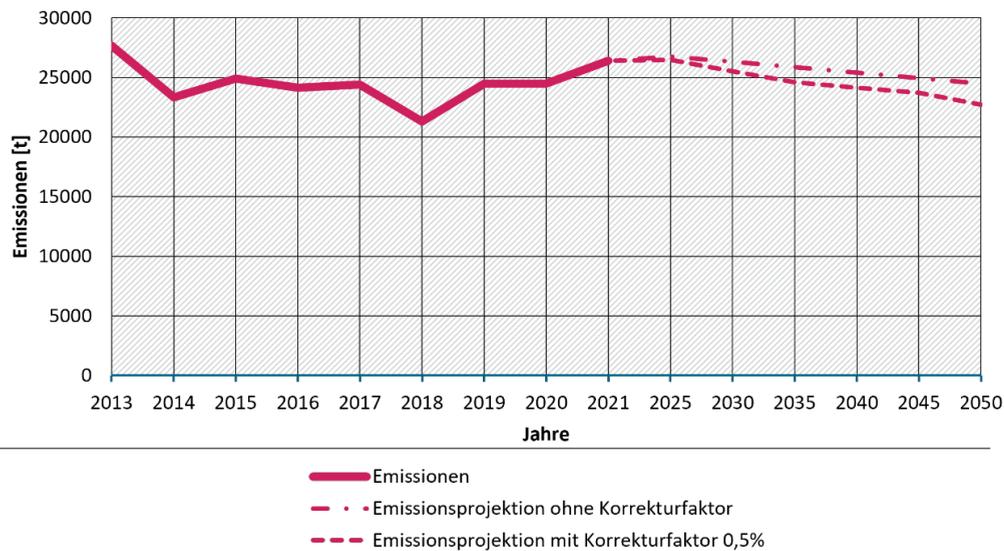
2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
99	101	100	98	96	95	93

Ökopol auf Basis von KBA 2024; Adolf et al. 2014

Auf Basis dieser Zeitreihe können die Emissionen für SNAP 60102 fortgeschrieben werden. Neben einer reinen Fortschreibung unter Nutzung der in Tabelle 5 aufgeführten Zeitreihe wurden eine weitere Projektion für zukünftige Emissionsentwicklungen unter Annahme einer jährlichen Korrektur der Werte um 0,5 % erstellt.

Die entsprechenden projizierten Emissionsentwicklungen sind in folgender Abbildung dargestellt.

**Abbildung 8: Emissionsprojektion SNAP 60102 "Reparatur von Fahrzeugen"**



	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Emissionsprojektion ohne Korrekturfaktor</b>	26764	26308	25852	25396	24940	24485
<b>Emissionsprojektion mit Korrekturfaktor 0,5%</b>	26497	25528	24588	24155	23721	22711

Ökopol auf Basis der im Text genannten Quellen und Annahmen

Die ersten Projektionen zeigen im Basisfall (ohne Korrekturfaktor) ab 2025 einen leichten kontinuierlichen Rückgang der Emissionen, der ab 2045 unter 25.000 t fällt. Bei Annahme eines Korrekturfaktor von 0,5 Prozent sinken die Emissionen bereits vor 2030 unter 25.000 t.

**Fazit**

Insgesamt zeigt sich für SNAP 60102 „Fahrzeugreparatur“, dass retrospektiv eine gute Korrelation der Emissionen zum Fahrzeugbestand, aber auch zu der Unfallbeteiligung von PKW und der Fahrleistung von LKW festzustellen ist, die auch als Grundlagen für die Erstellung von

Emissionsprojektionen geeignet erscheinen. Eine Herausforderung besteht wiederum in der Verfügbarkeit von Prognosen, weshalb eine Näherung auf Grundlage einzelner Werte einer Prognose von 2014 erstellt werden musste. Je nach Annahme zur Entwicklung der sonstigen Einflüsse mit Relevanz auf die Emissionsentstehung lassen sich auf dieser Basis Emissionsprojektionen erstellen.

### 4.3 SNAP 60103 – Konstruktionen und Gebäude

Die Projektionserstellung zu SNAP 60103 erfolgt bislang auf Basis der Schneemann et al. (2021) Prognosen zu den „Investitionen Baugewerbe“. Für die retrospektive Betrachtung wurden die in Tabelle 6 zusammengefassten Parameter herangezogen. Dies sind zum einen Destatis-Statistiken, welche inhaltlich eng verwandt zum verwendeten Prognoseindex sind, zum anderen Kennzahlen, welche nach Rücksprache mit Branchenakteuren\*akteurinnen einbezogen wurden. Letzteres waren insbesondere die Mitarbeitendenzahlen in den in der Tabelle genannten Teilbranchen des Baugewerbes.

**Tabelle 6: Korrelationsanalyse Konstruktion und Gebäude**

Parameter	Korrelation zu Emissionen	Korrelation zu Lackverbrauch
Jahresbauleistung und sonstige Umsätze (Mill. EUR)	-0,54	-0,50
Jahresbauleistung, Preisbereinigt	-0,51	-0,48
BIP	-0,67	-0,65
WZ08-412-01 Bauhauptgewerbe (im Hochbau)	-0,61	-0,59
WZ08-4331 Anbringen v. Stuckaturen, Gipserei u. Verputzerei	-0,50	-0,34
MA-Zahl: Stuckateure, Maler und Lackierer, Parkettleger	-0,91	-0,91
MA-Zahl: Maler+Lackierer, Stuckateure, Bootsbauer, Parkettleger	-0,90	-0,90
Umsatz: Maler+Lackierer, Stuckateure, Bootsbauer, Parkettleger	-0,63	-0,63
Jährliche Arbeitsstunden: Maler und Lackierer	0,05	0,05
MA-Zahl: Maler+Lackierer	-0,08	-0,08

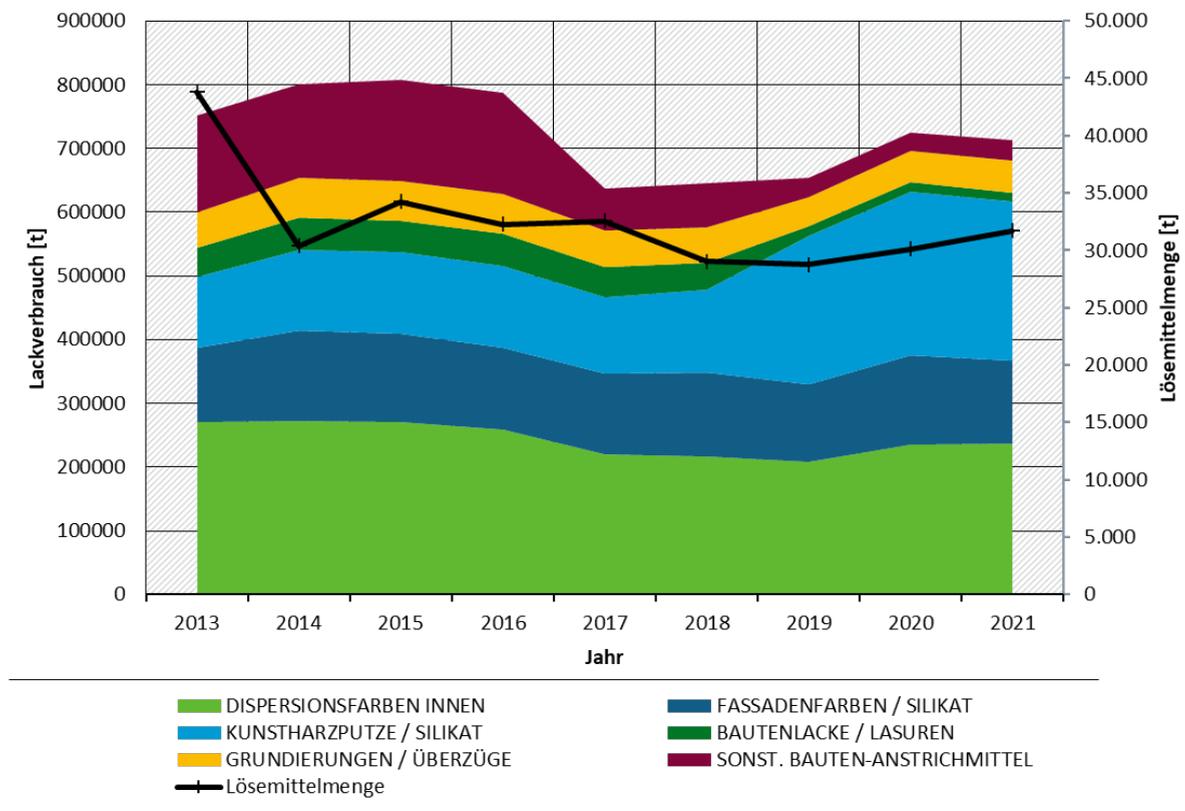
Ökopool, erstellt auf Basis von Emissionsdaten aus dem deutschen NMVOC Inventar sowie verschiedenen Destatis-Statistiken (Tabelle 44111-0010; 53111-0001; 44131-0001; 81000-0005)

Wie in Tabelle 6 ersichtlich ist, besteht über den betrachteten Zeitraum (2013 – 2021) hinweg zu keinem der untersuchten Indikatoren eine Korrelation der Emissionen und des Lackverbrauchs. Dabei besteht über den betrachteten Zeitraum auch kaum eine Korrelation zwischen dem Lackverbrauch (gesamt) und den Emissionen. Dies resultiert aus deutlichen Änderungen im Verbrauch und Lackeinsatz innerhalb der Einzelbereiche des SNAP-Codes.

Wie in Abbildung 9 dargestellt zeigen die einzelnen Anwendungsbereiche von Farben und Lacke im Bereich Konstruktion und Gebäude teilweise deutliche Änderungen im Verbrauch. Die sonstigen Bauten-Anstrichmittel zeigen einen deutlichen Rückgang um knapp 80 % im Betrachtungszeitraum. Auch Bautenlacke / Lasuren und Dispersionsfarben sind in der Verbrauchsmenge rückläufig. Eine deutliche Zunahme zeigen hingegen Kunstharzputze.

Aus den Änderungen der Einzelbereiche resultieren Änderungen der eingesetzten (Gesamt-) Lösemittelmengen (und der resultierenden Emissionen), die vom Verlauf nicht dem des Lackverbrauchs entsprechen.

**Abbildung 9: Lackverbrauch und Lösemittelmenge im Bereich "Konstruktion und Gebäude"**



Ökopol, auf Basis von Daten aus dem deutschen NMVOC Inventar

Wie auch aus Abbildung 9 ersichtlich verlaufen Lösemittelmenge und Lackmenge ab 2018 nicht mehr gegenläufig wie in den Jahren davor; ab 2018 beläuft sich die Korrelation zwischen Lackverbrauch und Emissionen auf 0,79.

Eine Betrachtung der Korrelationen von Tabelle 6 ab 2018 führt zu deutlich anderen Ergebnissen. Die Korrelationen zur Jahresbauleistung gesamt sowie zur Jahresbauleistung Bauhauptgewerbe und Anbringen von Stuckaturen fallen jetzt deutlich höher aus. Auch zur Mitarbeitendenzahl und den Arbeitsstunden von Malern\*Malerinnen und Lackierern\*Lackiererinnen zeigen sich jetzt deutlich ausgeprägte Korrelationen (siehe Tabelle 7).

Vor diesem Hintergrund scheinen sowohl entsprechende wirtschaftliche Kennzahlen (Jahresbauleistung bzw. Bruttowertschöpfung von prognos (2018); Bauinvestitionen in Schneemann et al. (2021)) und Mitarbeitendenzahlen (verfügbar in prognos (2018) sowie Schneemann et al. (2021)) als Projektionsgrundlage geeignet.

**Tabelle 7: Korrelationsanalyse Konstruktion und Gebäude – ab 2018**

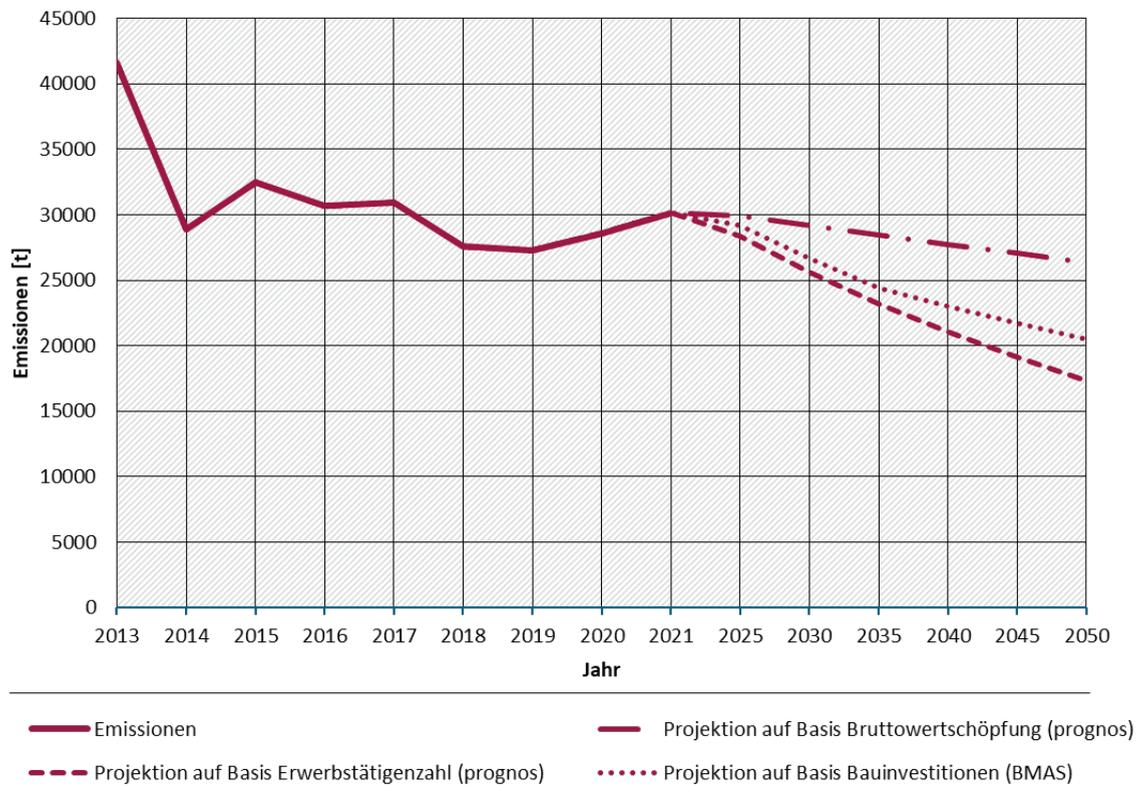
Parameter	Korrelation zu Emissionen	Korrelation zu Lackverbrauch
Jahresbauleistung und sonstige Umsätze (Mill. EUR)	<b>0,93</b>	<b>0,93</b>
Jahresbauleistung, Preisbereinigt	-0,01	0,56
BIP	0,86	0,34
WZ08-412-01 Bauhauptgewerbe (im Hochbau)	<b>0,81</b>	<b>0,97</b>
WZ08-4331 Anbringen v. Stuckaturen, Gipserei u. Verputzerei	<b>0,81</b>	<b>0,98</b>
MA-Zahl: Stuckateure, Maler und Lackierer, Parkettleger	-0,70	-0,48
MA-Zahl: Maler+Lackierer, Stuckateure, Bootsbauer, Parkettleger	-0,53	-0,27
Umsatz: Maler+Lackierer, Stuckateure, Bootsbauer, Parkettleger	0,49	0,92
Jährliche Arbeitsstunden: Maler und Lackierer	0,96	0,67
MA-Zahl: Maler+Lackierer	0,94	0,61

Ökopol, erstellt auf Basis von Emissionsdaten aus dem deutschen NMVOC Inventar sowie verschiedenen Destatis-Statistiken (Tabelle 44111-0010; 53111-0001; 44131-0001; 81000-0005)

Ergänzend sind die technologischen Entwicklungen heranzuziehen. Für den Bautenbereich sind weitere Reduktionen der VOC-Emissionen durch den fortschreitenden Umstieg auf lösemittelfreie Lacke zu erwarten (vgl. Abschnitt 3.1). Entsprechend wird für die Emissionsprojektion ein Korrekturfaktor von -1 % pro Jahr angewendet.

In Abbildung 10 sind die entsprechend erstellten Emissionsprojektionen dargestellt.

**Abbildung 10: Emissionsprojektion Konstruktion und Gebäude**



	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Projektion auf Basis Bruttowertschöpfung (prognos)</b>	29.883	29.143	28.422	27.719	27.032	26.363
<b>Projektion auf Basis Erwerbstätigenzahl (prognos)</b>	28.356	25.632	23.169	21.050	19.125	17.376
<b>Projektion auf Basis Bauinvestitionen (BMAS)</b>	29.168	26.664	24.375	23.008	21.718	20.501

Ökopool, historische Emissionen aus dem deutschen NMVOC-Inventar, Emissionsprojektionen auf Basis der beschriebenen Annahmen

**Fazit**

Für SNAP 60103 „Konstruktionen und Gebäude“ zeigt sich bei Betrachtung ab 2018 eine gute Korrelation sowohl zu einschlägigen wirtschaftlichen Kennzahlen als auch zu Mitarbeitendenzahlen. Diese Korrelation findet sich bei Betrachtung des Zeitraum 2013-2021 nicht, was sich jedoch anhand von Dynamiken innerhalb des Inventarbereichs erklären lässt.

Hier können Prognosedaten sowohl von prognos (2018) als auch von Schneemann et al. (2021) zur Projektionserstellung herangezogen werden. Für eine zusätzliche Berücksichtigung technologischer Weiterentwicklung werden die Einschätzungen der Branchenexperten berücksichtigt (s. Abschnitt 3.1). Für die Gesamtschau der Emissionen (Abschnitt 5) wird die auf Basis der BMAS (2021) Daten erstellte Projektion herangezogen.

**4.4 SNAP 60104 – Häusliche Anwendung von Farben und Lacken**

Für die Projektionserstellung zu SNAP 60104 wurden bislang Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung herangezogen. Die retrospektive Betrachtung zeigt hier jedoch keine Korrelation. Einer Konsultation mit Experten\*Expertinnen der Farb- und Lackbranche folgend wurden verschiedene weitere Indizes untersucht, hierunter die Zahl der Arbeitslosen und die Konsumausgaben für Instandhaltung, Reparatur u. Sicherheit d. Wohnungen und die Konsumausgaben für Einrichtungsgegenstände (Möbel), Hausrat, Instandhaltung.

Zu den Arbeitslosenzahlen zeigt sich mit einem Wert von 0,62 (bzw. 0,66 zum Lackverbrauch) eine recht gute Korrelation. Die Eignung für die Projektionserstellung ist jedoch aufgrund mangelnder verfügbarer Prognosen wiederum nicht gegeben.

Die weitere nähere Betrachtung zeigte jedoch eine hohe Korrelation zur Bevölkerungsentwicklung unter Berücksichtigung eines jährlichen Korrekturfaktors von -2 %. Hier beläuft sich die Korrelation auf 0,85 (bzw. 0,92 zum Lackverbrauch).

Entsprechend wurde dies als Basis für die Projektionserstellung herangezogen. Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung finden sich in verschiedenen Studien (Repenning et al. 2021; Schneemann et al. 2021; prognos 2018). Diese variieren jedoch nur geringfügig, weshalb ein Durchschnitt der verschiedenen Studien zur Projektionserstellung verwendet wird. Die entsprechend angenommene Bevölkerungsentwicklung stellt sich wie in folgender Tabelle dar:

**Abbildung 11: Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung**

2025	2030	2035	2040	2045	2050
83,6	84,0	83,5	83,7	81,4	81,6

Durchschnittswerte, berechnet aus (Schneemann et al. 2021; prognos 2018; Repenning et al. 2021)

Auf Basis dieser Annahmen ergibt sich folgende Emissionsprojektion.

**Abbildung 12: Emissionsprojektion Häusliche Anwendung von Farben und Lacken**



	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Emissionsprojektion</b>	14.678	14.742	14.660	14.702	14.292	14.327

Ökopol, Emissionsdaten aus dem deutschen NMVOC Inventar, Projektion auf Basis der im Text beschriebenen Annahmen

Für zukünftige Aktualisierungen der Emissionsprognosen ist zu beachten, dass Bevölkerungsprognosen regelmäßig angepasst werden, weshalb auf möglichst aktuelle Projektionen zur Bevölkerungsentwicklung zurückgegriffen werden sollte, so bspw. aus den jeweils aktuellen Treibhausgas-Projektionsberichten (für die derzeit aktuelle Version siehe Mendelevitch et al. 2024).

#### **Fazit**

Durch die Anwendung des Korrekturfaktors auf den für die Projektionserstellung bislang verwendeten Indikator „Bevölkerungsentwicklung“ konnte in der retrospektiven Betrachtung eine hohe Korrelation festgestellt werden.

Für die Projektionserstellung ist eine entsprechende Anpassung des Vorgehens erfolgt.

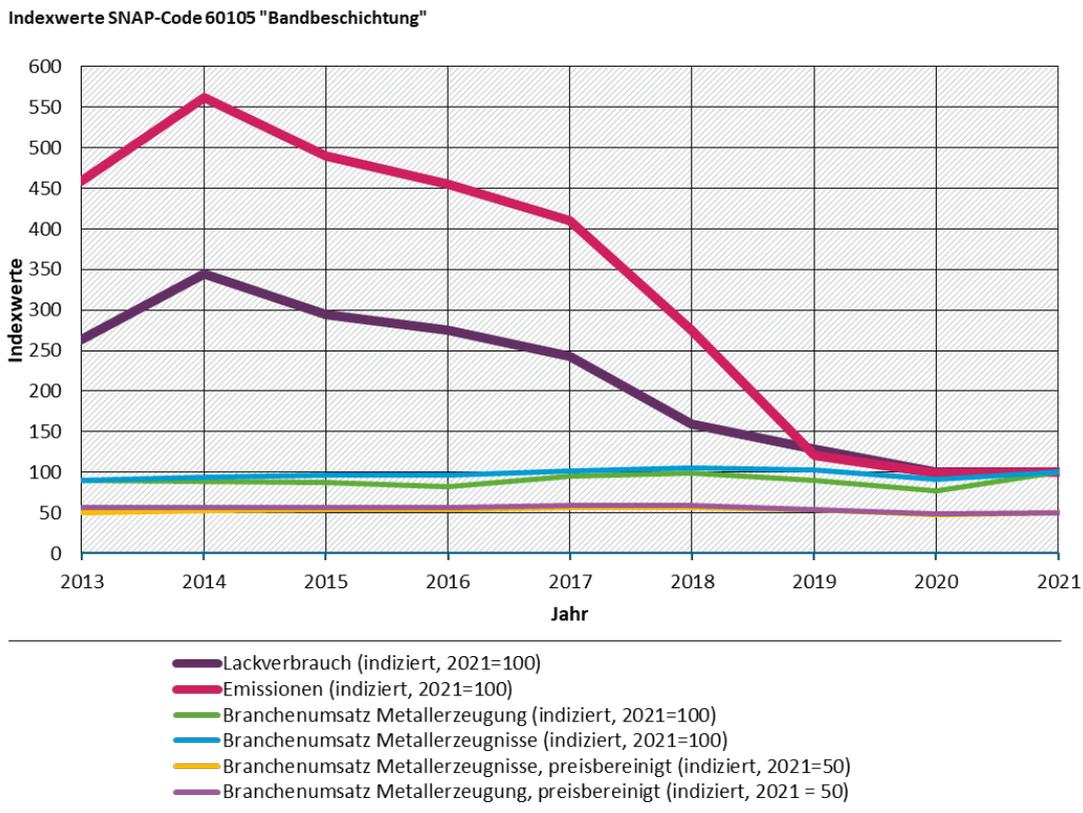
### **4.5 SNAP 60105 – Bandbeschichtung**

SNAP 60105 „Bandbeschichtung“ umfasst Emissionen aus dem Einsatz von Lacken zur ein- oder beidseitigen Lackierung von Metall-Blechen. Emissionen und Lackverbrauch zeigen über den betrachteten Zeitraum einen sehr engen Zusammenhang mit einer fast vollständigen Korrelation von 0,99. Im bisherigen Ansatz wurde zur Projektionserstellung der Branchenumsatz Metallerzeugung und Metallerzeugnisse aus dem „Projektionsbericht Deutschland 2021“ (Repenning et al. 2021) herangezogen.

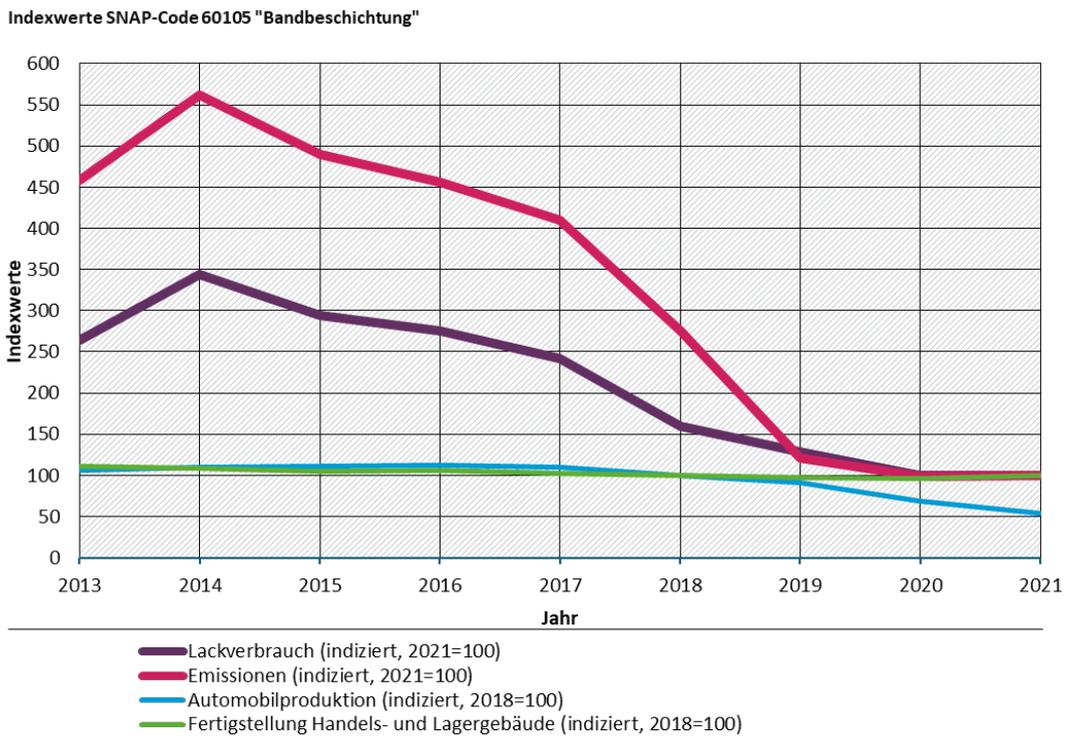
Für die retrospektive Betrachtung werden die entsprechenden Daten von Destatis herangezogen (Tabelle 42152-0002, WZ08-24 Metallerzeugung und -bearbeitung und WZ08-25 Herstellung von Metallerzeugnissen). Der Umsatz beschreibt die gesamten Einnahmen durch Verkäufe (ohne Abzug von Vorleistungen). Für den Branchenumsatz der Metallerzeugung und -bearbeitung bzw. der Herstellung von Metallerzeugnissen ist jedoch sowohl für die Emissionen als auch für den Lackverbrauch mit Werten zwischen -0,1 und -0,4 keine Korrelation feststellbar. Die graphische Darstellung der Verläufe findet sich in Abbildung 13. Ergänzend wurde auch eine preisbereinigte Zeitreihe des Branchenumsatzes miteinbezogen, die aus dem jeweiligen Branchenumsatz und der Entwicklung des Preisindex für Metalle bzw. Metallerzeugnisse gebildet wurden. Mit Werten von 0,75 und 0,70 zeigt sich eine mäßige bis gute Korrelation vom preisbereinigten Branchenumsatz der Metallerzeugung zu Emissionen und Lackverbrauch. Für den preisbereinigten Branchenumsatz der Metallerzeugnisse ist lediglich eine mäßige Korrelation mit Werten um 0,3 festzustellen.

Mit Blick auf die Angabe von Lackherstellern (Brillux GmbH & Co. KG Industrielack 2024) sowie dem VdL zu Anwendungsfeldern der Bandbeschichtung für Nutzfahrzeuge und Metallfassaden gewerblicher Bauten wurden ergänzend die Automobilproduktion und die Fertigstellung von Handels- und Lagergebäuden in die Betrachtung einbezogen (Datenbasis VDA 2024b und Destatis Tabelle 31121-0001 Baufertigstellung von Handels- und Lagergebäuden). Die Automobilproduktion zeigt mit Werten von 0,88 bzw. 0,86 eine hohe Korrelation zu Emissionen und Lackverbrauch. Noch höher ist die Korrelation mit Werten der Fertigstellung von Handels- und Lagergebäuden, die mit 0,91 bzw. 0,89 mit Emissionen und Lackverbrauch korrelieren. Die entsprechende graphische Darstellung findet sich in Abbildung 14.

**Abbildung 13: Retrospektive Auswertung der Korrelation - SNAP 60105**



**Abbildung 14: Einbezug der Automobilproduktion und Fertigstellung von Handels- und Lagergebäuden**



Ökopol, Emissionsdaten aus dem deutschen NMVOC Inventar, sowie Destatis Tabellen 31121-0001, 42152-0002, 61241-0005 und VDA 2024c

Für die Prognoseerstellung für SNAP 60105 erscheinen verschiedene Zusammenhänge zielführend. Sowohl der Zusammenhang zwischen Fertigstellung von Handels- und Lagergebäuden und Emissionen bzw. Lackverbrauch als auch der Zusammenhang zwischen der Automobilproduktion und Emissionen bzw. Lackverbrauch führen zu höheren Werten als die preisbereinigte Metallerzeugung. Entsprechend werden Prognosen zur zukünftigen Entwicklung der Baubranche mit Blick auf die Fertigstellung von gewerblichen Bauten oder die Entwicklung der Automobilproduktion in Deutschland benötigt.

Geeignete Prognosestudien mit Zeithorizont bis 2045 oder 2050 konnten für den Bau gewerblicher Gebäude nicht identifiziert werden. Als mögliche Grundlage für die Erstellung von Emissionsprojektionen könnte die Prognose vom Projektionsbericht 2021 für Deutschland (Repenning et al. 2021) für das gesamte Baugewerbe herangezogen werden, welches die Fertigstellung von Gewerbebauten einschließt. Im Vergleich der retrospektiven Entwicklung des Umsatzes sowohl des gesamten Hoch- und Tiefbaus, des Wohnungsbaus oder spezifisch des gewerblichen Hochbaus, ist kein Zusammenhang zu der Entwicklung der Fertigstellung von Handels- und Lagergebäuden zu erkennen. Somit konnte keine indizierte Entwicklung für die Fertigstellung von Handels- und Lagergebäuden von den vorhandenen Prognosen abgeleitet werden.

Mangels geeignetem Projektions-Index für den Gewerbebau wurde alternativ die Entwicklung der Automobilproduktion als Grundlage für die Projektionserstellung gewählt, welche ebenfalls ein relevantes Anwendungsgebiet der Bandbeschichtung darstellt (coating.de 2019; Holz 2024). Wie in 3.1 bereits beschrieben, wird sich hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung der Automobilproduktion in verfügbaren Prognosestudien (Hagedorn et al. 2020; prognos 2018; Repenning et al. 2021) hingegen typischer Weise auf den Branchenumsatz oder die Wertschöpfung fokussiert. Prognosen speziell für die Automobilproduktion in Deutschland in Stück lagen nicht vor. Es liegen hingegen Prognosen zur Entwicklung der Automobilproduktion in der EU insgesamt aus der GEAR-2030-Studie vor (Asselin-Miller et al. 2017; European Commission DG GROW 2017).

Um auf dieser Basis näherungsweise eine Projektion für die Automobilproduktion in Deutschland abzuleiten, wird der Anteil der deutschen Automobilproduktion an der Produktion in der EU im Durchschnitt der Jahre 2019 bis 2023 herangezogen (Datenbasis VDA 2024b, 2024c) und auf die Prognose der Automobilproduktion angewendet. Es ergibt sich auf dieser Basis die folgende indizierte Entwicklung der Automobilproduktion (2020=100):

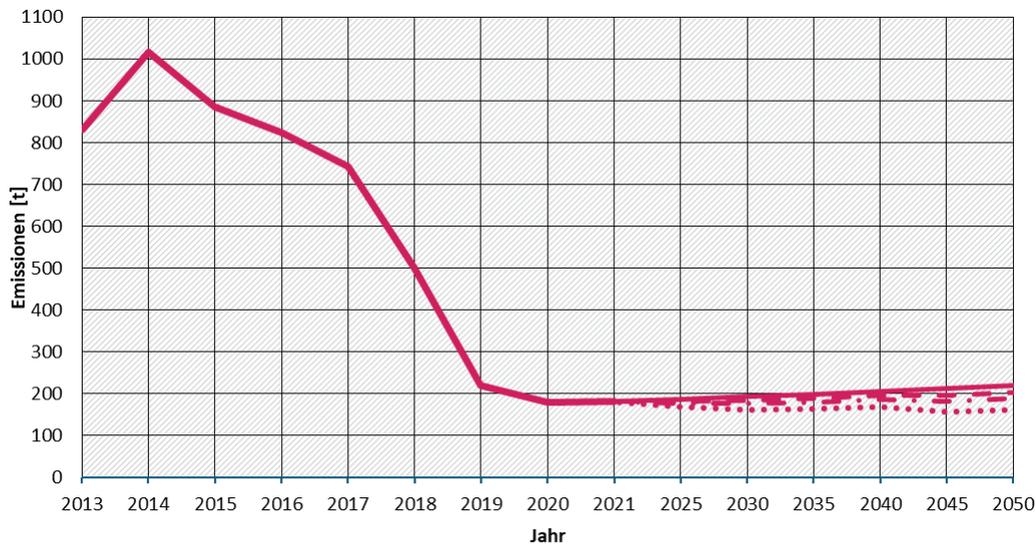
**Tabelle 8: Index der zukünftigen Automobilproduktion**

2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
100	104	107	111	115	118	122

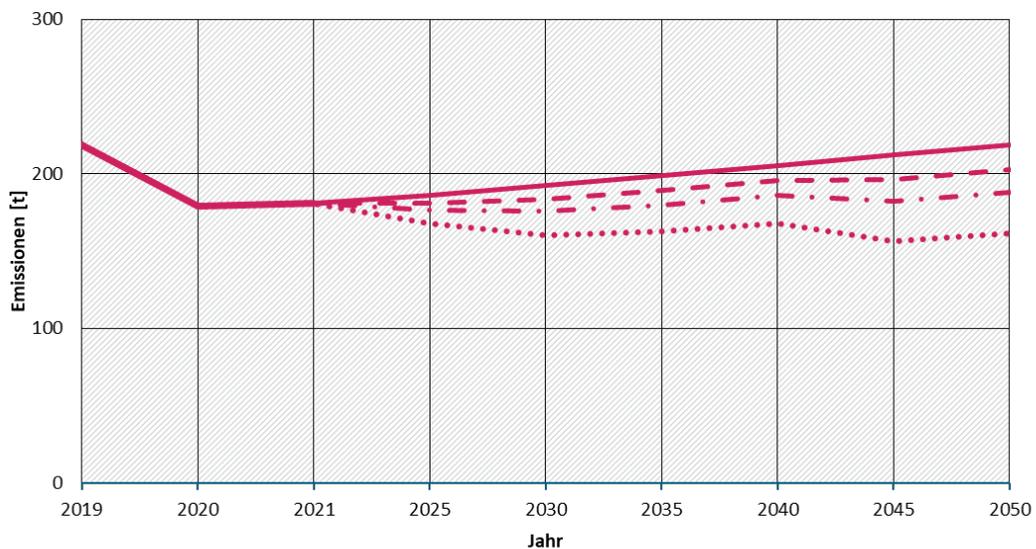
Ökopol auf Basis European Commission DG GROW; Asselin-Miller et al. (2017; 2017) und VDA; VDA (2024b; 2024a)

Auf Basis dieser Zeitreihe können die Emissionen für SNAP 60105 projiziert werden. Dabei noch unberücksichtigt sind eventuelle technologische Entwicklungen mit Einfluss auf die Emissionen. Dem VdL nach wird für die Automobilindustrie eine Zunahme wasserbasierter Lacke erwartet und entsprechend eine Reduzierung der Lösemittelgehalte (s. Tabelle 2). Dies hätte eine Reduzierung von Emissionen von VOC pro Lackverbrauch zur Folge. Weitere Einschätzungen mit Blick auf eine Effizienzsteigerung sind Abschnitt 4.1 zu entnehmen. Neben einer reinen Fortschreibung unter Nutzung der in Tabelle 4 aufgeführten Zeitreihe wurden daher zwei weitere mögliche Prognosen für zukünftige Emissionsentwicklungen unter Annahme einer jährlichen Korrektur der Werte von Tabelle 3 um 0,5 bzw. 1 oder 2 % erstellt.

**Abbildung 15: Emissionsprojektionen für SNAP 60105 "Bandbeschichtungen"**



— Emissionen  
- - - Emissionsprojektion mit Korrekturfaktor -0,5%  
. . . . . Emissionsprojektion mit Korrekturfaktor -1%  
- · - · - Emissionsprojektion mit Korrekturfaktor -2%



— Emissionen  
- - - Emissionsprojektion mit Korrekturfaktor -0,5%  
. . . . . Emissionsprojektion mit Korrekturfaktor -2%  
- · - · - Emissionsprojektion mit Korrekturfaktor -1%

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Emissionsprojektion ohne Korrekturfaktor</b>	186	192	199	205	212	218
<b>Emissionsprojektion mit Korrekturfaktor 0,5%</b>	181	184	189	195	197	203
<b>Emissionsprojektion mit Korrekturfaktor 1%</b>	177	176	180	186	182	188
<b>Emissionsprojektion mit Korrekturfaktor 2%</b>	168	160	162	168	157	161

Ökopol, Emissionsdaten aus dem deutschen NMVOC Inventar, Projektion auf Basis der im Text beschriebenen Annahmen

In der Retrospektive ist zu sehen, dass sich die Emissionen von 2014 bis 2020 um ein fünffaches reduziert haben und anschließend fast gleichblieben. Die erstellten Projektionen zeigen im Basisfall (ohne Korrekturfaktor) einen leichten, kontinuierlichen Anstieg der Emissionen. Diese Entwicklung unterscheidet sich abgesehen von einer geringeren Steigung kaum für die

Annahmen eines Korrekturfaktors 0,5 oder 1 %. Bei einem Korrekturfaktor von 2 % wiederum bleiben die Emissionen nach leichter Senkung etwa gleichbleibend. Für die Gesamtschau der Emissionen (Abschnitt 5) wird die Projektion mit Korrekturfaktor 1 % herangezogen.

#### **Fazit**

Für SNAP 60105 „Bandbeschichtung“ zeigt sich, dass retrospektiv gute Korrelationen der Emissionen und des Lackverbrauchs zur Fertigstellung von gewerblichen Bauten sowie der Automobilproduktion festzustellen sind, die als gute Grundlage für die Erstellung von Emissionsprojektionen dienen könnten. Diese wurden ebenfalls vom VdL als Anwendungsgebiete der Bandbeschichtung hervorgehoben. Eine Herausforderung liegt in der Verfügbarkeit von entsprechenden Entwicklungsprognosen beider Branchen. Für die Fertigstellung gewerblicher Bauten wurden keine Prognosen identifiziert, welche eine Projektion der Emissionen ermöglichen. Die Projektionserstellung auf Basis des Zusammenhangs von Emissionen und Automobilproduktion in Deutschland gelang anhand einer Näherung auf Grundlage einer Prognose für die Automobilproduktion der EU.

Je nach Annahme der Entwicklung der sonstigen Einflüsse mit Relevanz auf die Emissionsentstehung (angenommen 0,5, 1 % - als Basis-Annahme für die Projektion und Gesamtschau in Abschnitt 5 – und 2 % jährliche Reduktion gegenüber der Zeitreihe zur Automobilproduktion) und unter Berücksichtigung des retrospektiven Entwicklungszusammenhangs lassen sich auf dieser Basis Emissionsprojektionen erstellen.

#### **4.6 SNAP 60106 – Schiffsbau**

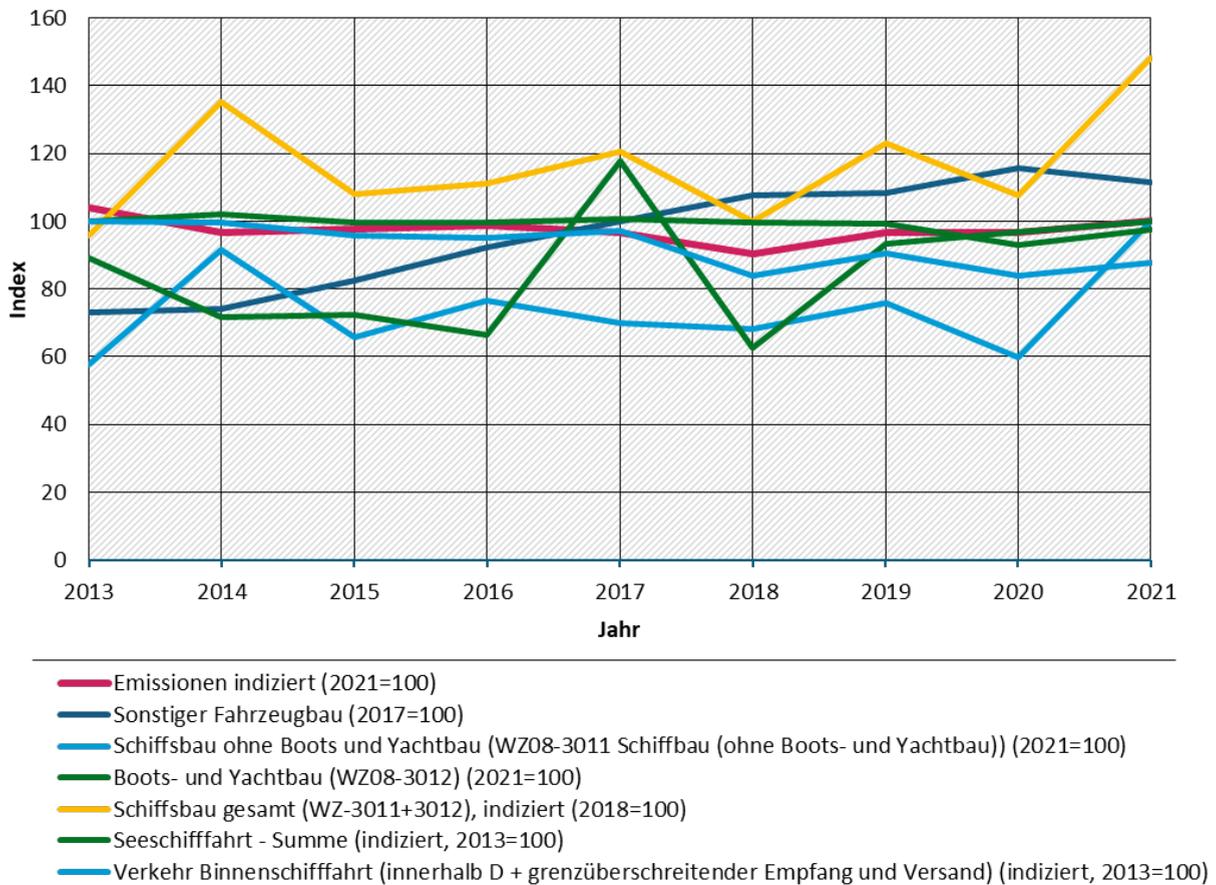
Für SNAP Code 60106 „Schiffsbau“ wird im bisherigen Ansatz seit 2022 zur Projektionserstellung die „Verkehrsnachfrage Seeverkehr im MMS in Mrd. tkm“ aus dem „Projektionsbericht Deutschland 2021“ (Repenning et al. 2021) herangezogen. Vorher wurde der Branchenumsatz verwendet.

Für die retrospektive Betrachtung werden Daten von Destatis herangezogen; zum Index „Verkehrsnachfrage Seeverkehr in Mrd. tkm“ liegt keine entsprechende retrospektive Statistik von Destatis vor. Alternativ wurden für die retrospektive Analyse als Näherung die Zeitreihen für „Güterverkehrsstatistik der Binnenschifffahrt: Beförderungsleistung“ (Tabelle 46321-0001) sowie „Verkehr Binnenschifffahrt (innerhalb D + grenzüberschreitender Empfang und Versand)“ (Tabelle 46331-0001) herangezogen. Zur retrospektiven Analyse der Korrelation zum Branchenumsatz werden Daten zum Umsatz „Schiffsbau ohne Boots- und Yachtbau“, „Boots- und Yachtbau“ (Tabelle 42251-0001) sowie die Summe und der Umsatz der Oberkategorie „Sonstiger Fahrzeugbau“ herangezogen.

Zu den Emissionen zeigt keine dieser Größen eine Korrelation. Zum Lackverbrauch beträgt die Korrelation der Summe von Umsatz „Schiffsbau ohne Boots- und Yachtbau“ und „Boots- und Yachtbau“ 0,53.

Die graphische Darstellung der Zeitreihen findet sich in Abbildung 16.

**Abbildung 16: Emissionen und ausgewählte Indizes zum Schiffsbau**



Ökopol, auf Basis von Daten aus dem deutschen NMVOC-Inventar und Destatis-Daten (Tabelle 46321-0001; 46331-0001; 42251-0001)

Zu weiteren einbezogenen Datenreihen (konkret untersucht wurden „Wert abgelieferter Schiffe“, „Beschäftigte Seeschiffbau“, „Seeschiffbau in Mrd. Euro“) zeigte sich keinerlei Korrelation der Emissionen; Zeitreihen mit höherer Korrelation konnten nicht identifiziert werden. Auch die Konsultation mit Expert\*innen des VdL brachte keine weiteren Hinweise bzw. Erkenntnisse.

Geeignete Prognosestudien mit Zeithorizont bis 2045 oder 2050 konnten für den Boots- und Schiffsbau nicht identifiziert werden. Als mögliche Grundlage für die Erstellung von Emissionsprojektionen kann die Prognose von prognos (2018) für den sonstigen Fahrzeugbau herangezogen werden, welcher als Oberkategorie auch den Boots- und Schiffsbau einschließt. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass wie von prognos (2018) und an anderen Stellen (European Commission DG ENV 2024; Blenkey 16.9.2022) beschrieben, der Boots- und Schiffsbau zwar in der Fertigung spezialisierter Schiffe (Marine, Forschung, Yachten etc.) weiterhin seinen Stellenwert behaupten dürfte, der Trend abnehmender Relevanz hinsichtlich der (quasi Serien-) Fertigung sonstiger Schiffe jedoch weiter fortschreiten dürfte. Daher erscheint eine Entwicklung des Boots- und Schiffsbaus entsprechend dem Wirtschaftszweig sonstiger Fahrzeugbau insgesamt eher unwahrscheinlich. Zudem ist zu beachten, dass die Korrelation zwischen Branchenumsatz und Emissionen zwar feststellbar, aber dennoch nicht stark ausgeprägt war und die Emissionen über die letzten 10 Jahre nahezu konstant geblieben sind. Auf und ab Bewegungen der Emissionen korrelieren zwar mit dem Branchenumsatz, jedoch deutlich weniger ausgeprägt.

Es werden daher – mangels geeigneterer Datengrundlage – ausgehend von der Prognose für den Branchenumsatz drei mögliche Zeitreihen als Grundlage für die zukünftige Emissionsentwicklung angelegt, für die die Entwicklung des Branchenumsatzes mit Korrekturfaktoren belegt wird. Die Faktoren drücken aus, zu welchem Anteil sich die prognostizierten Entwicklungen für den Branchenumsatz auf die Emissionen des Schiffbaus auswirken, beim Faktor 10 bspw. zu einem Zehntel. Für eine grobe Einschätzung der Eignung dieser Zeitreihen zur Erstellung von Emissionsprojektionen kann wiederum eine retrospektive Betrachtung herangezogen werden. Ein Abgleich der historischen Emissionen mit einer modifizierten Zeitreihe, für die jährliche Anstiege / Rückgänge des Branchenumsatzes mit dem Faktor 10 korrigiert wurden, ergibt eine Korrelation von 0,6 (im Vergleich zu 0,08 ohne Korrektur).

**Tabelle 9: Zeitreihen zur Emissionsentwicklung im Schiffsbau**

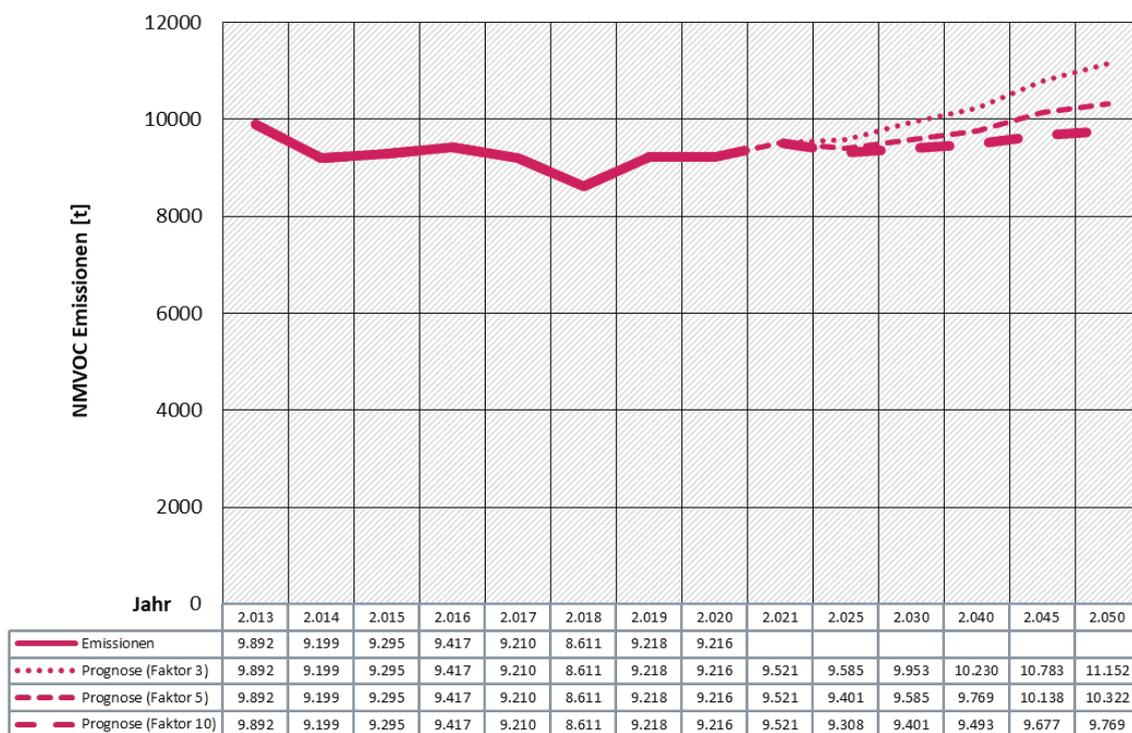
Korrekturfaktor	2020	2025	2030	2035	2045	2050
3	100	104	108	111	117	121
5	100	102	104	106	110	112
10	100	101	102	103	105	106

Indiziert, 2020=100

Ökopool, ausgehend von prognos (2018) auf Basis der im Text beschriebenen Annahmen

Auf Basis der beschriebenen Annahmen für die Projektionserstellung ergeben sich die in Abbildung 17 aufgezeigten Emissionsentwicklungen. Für die Gesamtschau der Emissionen (Abschnitt 5) wird die Projektion mit Faktor 5 herangezogen.

**Abbildung 17: Emissionsprojektionen SNAP 60106 Schiffsbau**



## Fazit

Insgesamt zeigt sich für SNAP 60106 „Schiffsbau“, dass eine Korrelation zwischen den verkehrsbezogenen und den umsatzbezogenen Indizes und der historischen Emissionsentwicklung kaum festzustellen ist. Einzig zwischen dem Branchenumsatz „Boots- und Schiffsbau gesamt“ und dem historischen Lackverbrauch deutet sich mit einem Wert von 0,53 ein Zusammenhang an.

Von diesem Zusammenhang ausgehend ergibt sich die weitere Herausforderung, dass keine geeigneten Prognosen mit ausreichendem Zeithorizont für den Sektor „Boots- und Schiffsbau“ identifiziert werden konnten. Daher musste auf Prognosen für die Oberkategorie „sonstiger Fahrzeugbau“ und ergänzende Korrekturen zurückgegriffen werden.

Im Ergebnis konnten Emissionsprojektionen aufgestellt werden, die jedoch auf erheblich unsicherer Basis entwickelt werden mussten.

## 4.7 SNAP 60107 – Holz

SNAP 60107 umfasst Emissionen aus dem Einsatz von Farben und Lacken zur Lackierung von Möbeln, im Holzinnausbau sowie bei sonstigen Schreinerarbeiten. Für die Projektionserstellung wird bislang der Branchenumsatz Holzgewerbe herangezogen. Für die retrospektive Betrachtung stehen die in Tabelle 10 aufgeführten Zeitreihen zur Verfügung.

Eine zentrale Herausforderung besteht darin, dass Lackverbräuche und Emissionen – noch stärker als bei anderen SNAP-Codes – keinerlei Korrelation zeigen, was auf deutliche Schwankungen der Beiträge der einzelnen Bereiche (Lackierung von Möbeln, Holzinnausbau sowie sonstige Schreinerarbeiten) und der verwendeten lösemittelhaltigen Produkte (Lösemittelhaltige Farben und Lacke, Wasserlacke, Pulverlacke, Einstellverdünner, sonstige Verdünner) zurückzuführen ist. So zeigt sich von 2013 nach 2021 ein steigender (Gesamt-) Lackverbrauch bei zurückgehenden Emissionen.

Dies berücksichtigend sind in Tabelle 10 die Korrelationen zu den Emissionen und zum Lackverbrauch aufgeführt; ergänzend findet sich dort die Korrelation zur entsprechenden preisbereinigten Zeitreihe.

**Tabelle 10: Betrachtung der historischen Korrelation von Emissionen und verschiedenen wirtschaftlichen Indizes für SNAP 60107**

Kategorie	Korrelation zu Emissionen	Korrelation zu Lackverbrauch	Korrelation zu Emissionen nach Preisbereinigung	Korrelation zu Lackverbrauch nach Preisbereinigung
H.v. Holz-, Flecht-, Korb- u. Korkwaren (ohne Möbel)	-0,70	0,45	-0,11	-0,51
Herstellung von Möbeln	0,42	-0,71	<b>0,67</b>	-0,67
Säge-, Hobel- und Holzimprägnierwerke	-0,75	0,49	-0,54	-0,26
H.v. sonstigen Holz-, Kork-, Flecht- und Korbwaren	-0,46	0,37	0,25	-0,58
H.v. Furnier-, Sperrh-, Holzfaserpl.- u. -spanpl.	<b>0,57</b>	-0,40	<b>0,60</b>	-0,74

Kategorie	Korrelation zu Emissionen	Korrelation zu Lackverbrauch	Korrelation zu Emissionen nach Preisbereinigung	Korrelation zu Lackverbrauch nach Preisbereinigung
Herstellung von Parketttafeln	0,74	0,05	0,74	-0,25
H.v. sonst.Konstr.-, Fertigteile u.Ä. aus Holz	-0,57	0,51	-0,02	-0,35
H.v. Verpackungsmitteln, Lagerbehältern u.Ä. a.Holz	-0,34	-0,54	0,15	-0,74

Ökopol, Analyse auf Basis der Emissionen des deutschen Lösemittelinventars und Destatis Tabellen 42153-0003, 42152-0005 und 61241-0003

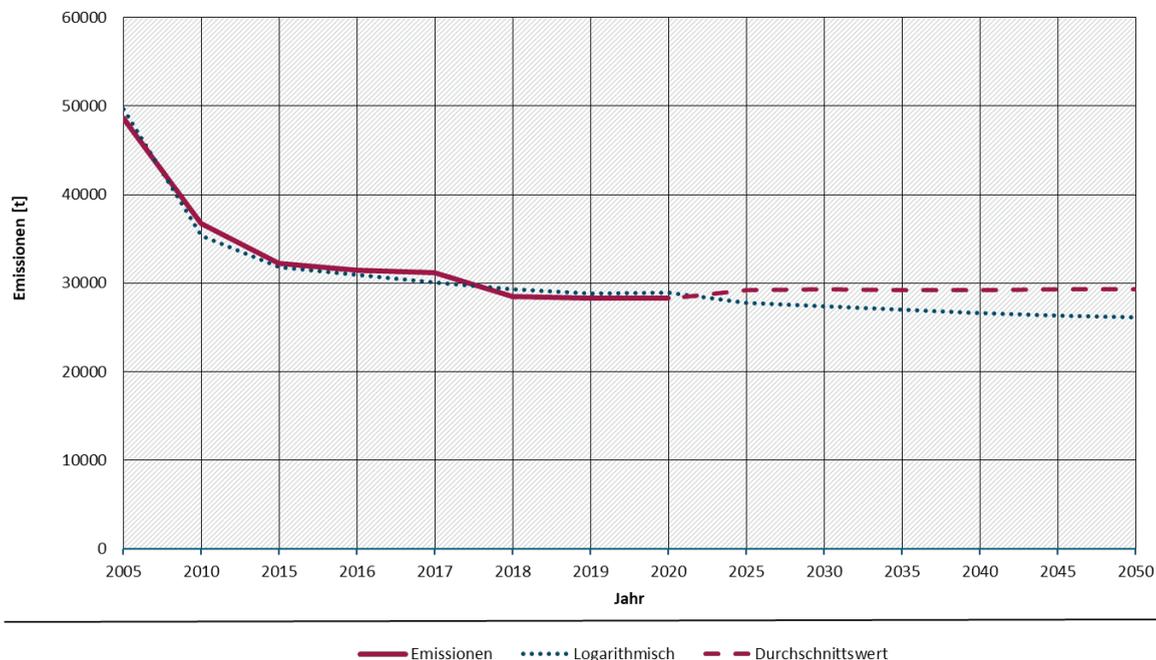
Zwar lässt sich vereinzelt eine Korrelation zwischen Branchenindizes und Emissionen feststellen, diese scheint unter Berücksichtigung der obigen Ausführungen aber eher zufällig als systematisch zu sein.

Vor diesem Hintergrund erscheint keiner der Indizes als Grundlage für eine Projektionserstellung besonders geeignet. Es konnten auch keine sonstigen Indizes identifiziert werden, zu denen sich eine nennenswerte Korrelation der historischen Zeitreihen feststellen ließ.

Mangels geeigneter korrelierender Indizes als Grundlage für die Projektionserstellung wurde hier ein alternatives Vorgehen gewählt. Ausgehend vom historischen Verlauf der Emissionen wurde eine Trendfortschreibung angenommen. Hierbei werden unter Betrachtung des Verlaufs der Emissionen von 2005 bis 2021 zwei mögliche Verläufe abgebildet: Eine Annäherung auf Basis einer logarithmischen Funktion sowie eine Fortschreibung des Durchschnittswerts der Jahre 2016 bis 2021 bzw. der vorvergangenen 5 Jahre. Für die Gesamtschau der Emissionen in Abschnitt 5 wird die Projektion auf Basis der logarithmischen Funktion herangezogen.

**Abbildung 18: Emissionsprojektionen für SNAP 60107 Holz**

Projektion auf Basis von Trendfortschreibungen



Emissionsprojektion	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Logarithmisch	27.817	27.400	27.016	26.665	26.372	26.108
Durchschnittswert	29.252	29.344	29.237	29.249	29.271	29.275

Erstellt durch Ökopol. Historische Emissionsverläufe aus dem NMVOC-Inventar. Logarithmisch angenähert und fortgeschrieben bzw. fortgeschrieben anhand Durchschnittswerte der vergangenen Jahre.

**Fazit**

Insgesamt zeigt sich für SNAP 60107 „Holz“, dass retrospektiv keine Korrelation zu thematisch einschlägigen wirtschaftlichen Indizes feststellbar ist. Entsprechend ist die Erstellung von Emissionsprojektionen herausfordernd.

Mangels alternativer Grundlagen wurden zwei mögliche Verläufe anhand verschiedener Ansätze zur Trendfortschreibung modelliert.

Perspektivisch kann ggf. eine tiefergehende Betrachtung der Einzelbereiche des SNAP-Codes und der dort stattfindenden Entwicklungen zielführend sein, um ggf. alternative geeignete Ansätze zur Projektionserstellung zu identifizieren.

**4.8 SNAP 60108 – Übrige industrielle Verwendung**

SNAP 60108 beschreibt Emissionen aus „übrigen industriellen Verwendungen“, worunter eine Vielzahl einzelner Aktivitäten fällt, für die im bisherigen Prognosemodell verschiedene Indizes zur Projektionserstellung herangezogen werden. Die Teilbereiche, die bisherige Grundlage zur Erstellung von Emissionsprojektionen sowie die jeweilige Korrelation, die sich bei der retrospektiven Betrachtung feststellen lässt, sind in Tabelle 11 zusammengefasst.

**Tabelle 11: Korrelationsbetrachtung SNAP 60108**

Teilbereich	Projektionsgrundlage	Korrelation	Emissionsentwicklung '13-'21
Lackspray (ohne Treibgas)	Mittlerer Aktivitätsindex über alle Anwendungen von Farben und Lacken (auf Basis der folgenden Indizes: Branchenumsatz Fahrzeugbau, Kfz-Handel, Instandhaltung und Reparatur von Kfz, Umsatz Baugewerbe, Bevölkerung, Umsatz, Metallerzeugung und -bearbeitung, Umsatz Schiffsbau ohne Boots und Yachtbau, Umsatz H.v. Holz-, Flecht-, Korb- u. Korkwaren und Möbel, Konsumausgaben Haushaltsgeräte, Maschinenbau, Umsatz, Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren, Umsatz H.v. Druckerz., (Vervielf.v. Ton-, Bild-, Datenträgern), Umsatz Verarbeitendes Gewerbe	-0,72	-47%
Elektro, Haushalt	Konsumausgaben Haushaltsgeräte	0,57	+7%
Maschinenbau	Maschinenbau	0,03	-11%
Autozubehör / Metall	Metallerzeugung und Metallerzeugnisse	-0,06	+6%
Metallwaren	Metallerzeugung und Metallerzeugnisse	0,4	+17%
Blechemballagen	Metallerzeugung und Metallerzeugnisse	0,19	-46%
Drahtlacke	Metallerzeugung und Metallerzeugnisse	0,27	-13%
Tränk- und Gießmittel	Branchenumsatz Gummi- und Kunststoffwaren	-0,24	-57%
Bauelemente ohne Bandbeschichtung	Branchenumsatz Gummi- und Kunststoffwaren	0,3	+9%
Kunststoffe	Metallerzeugung und Metallerzeugnisse	0,08	-12%
Papier / Folie	Mittlerer Aktivitätsindex über alle Anwendungen von Farben und Lacken	0,41	+6%
Übrige Verarbeitung	Konsumausgaben Haushaltsgeräte	0,28	+8%

Ökopoll, auf Basis der genannten Destatis Zeitreihen und Daten aus dem deutschen NMVOC Inventar

Es zeigen sich keine nennenswerten Korrelationen zwischen den Emissionen der Teilbereiche und den Indizes, die auch zur Projektionserstellung herangezogen werden. Gleichzeitig zeigt sich, dass sich einzelne Teilbereiche im betrachteten Zeitraum 2013 bis 2021 sehr unterschiedlich entwickelt haben und auch Teilbereiche, für die die gleiche Projektionsgrundlage herangezogen wurde, sich in der Entwicklungsrichtung unterscheiden.

Für die einzelnen Teilbereiche erfolgt im Folgenden eine Einzelbetrachtung.

### Lacksprays

Der Verbrauch von Lacksprays zeigt im betrachteten Zeitraum (2013-2021) einen Abwärtstrend mit einem Gesamtrückgang der Emissionen von rund 47 %; der Rückgang der Lackmenge ist

dabei etwas geringer als die Emissionsreduktion, da zuletzt eine Korrektur des Lösemittelgehalts von 82,5 % auf 75 % erfolgt ist (vgl. bspw. Zimmermann und Memelink 2023). Der Rückgang der Verbrauchsmenge an Lacksprays lässt sich den Aussagen befragter Experten\*Expertinnen (VdL, VDMA) zufolge auf folgende Faktoren zurückführen:

- ▶ Umstellung auf nachhaltigere Beschichtungstechnologien: Einsatz alternativer Beschichtungstechniken wie Pulverbeschichtungen, die effizienter sind und weniger VOCs freisetzen.
- ▶ Effizienzsteigerungen in der Anwendung: Moderne Sprühsysteme und Applikationstechniken sind präziser und sparsamer im Verbrauch, sodass weniger Material benötigt wird, um die gleiche Oberfläche abzudecken.
- ▶ Langlebigere Beschichtungen: Fortschritte in der Materialentwicklung ermöglichen haltbarere Beschichtungen, die seltener erneuert werden müssen, wodurch der Gesamtverbrauch sinkt.
- ▶ Kostenreduktion: Unternehmen setzen verstärkt auf kostensparende Lösungen, indem sie weniger verschwenderische Techniken und Materialien verwenden.
- ▶ Technologische Fortschritte in der Lackformulierung: Neue Lackformulierungen, die in dünneren Schichten die gleichen Schutz- und Dekorationseigenschaften bieten, tragen dazu bei, den Materialverbrauch zu senken.

Die Aspekte der technologischen Entwicklung lassen sich nicht in Branchenumsätzen etc. wiederfinden. Es wird davon ausgegangen, dass der zuletzt beobachtete Rückgang der Verbrauchsmenge sich noch etwas fortsetzen wird und auch ein weiterer Rückgang des VOC-Gehalts angenommen werden kann.

Gestützt auf die skizzierten Experten\*Expertinnenaussagen und unter Berücksichtigung des beobachtbaren Trends wird mangels alternativer geeigneter zur Verfügung stehender Grundlage ein weiterer jährlicher Rückgang um 0,5 % für die Projektion der zukünftigen Emissionen angenommen.

### **Elektro, Haushalt**

Die Emissionen aus dem Teilbereich „Elektro, Haushalt“ sind im Betrachtungszeitraum weitgehend konstant und schwanken um einen Wert von 2.850 t VOC-Emissionen. Die Korrelation zu den Konsumausgaben beläuft sich auf 0,57.

Als Projektionsgrundlage werden die Prognosedaten von prognos (2018) zur Entwicklung der privaten Konsumausgaben (preisbereinigt) herangezogen und mit einem Korrekturfaktor von 0,5 % pro Jahr zur Berücksichtigung technologischer Entwicklungen belegt. Alternativ erfolgt eine Projektion auf Basis des prognos (2018) Indikators Bruttowertschöpfung „Elektrische Ausrüstung“, ebenfalls mit einem Korrekturfaktor von 0,5 % pro Jahr. Hierbei ergeben sich etwas höhere Emissionen als auf Basis der privaten Konsumausgaben. Für die Gesamtschau der Emissionen in Abschnitt 5 wurde die Emissionsprojektion auf Basis der Konsumausgaben herangezogen.

### **Maschinenbau**

Die Emissionen im Teilbereich Maschinenbau schwankten im Betrachtungszeitraum um einen Wert von 20.400 t mit einem tendenziellen Rückgang im Zeitverlauf. Es zeigt sich dabei keine Korrelation zum Branchenumsatz Maschinenbau.

Die Menge eingesetzter lösemittelhaltiger Lacke ist rückläufig, während die Menge Verdüner deutlich angestiegen ist.

Mangels anderer derzeit vorliegender Grundlage und unter Berücksichtigung des bisherigen Verlaufs wird eine Fortschreibung mit Anpassung um -0,5 % pro Jahr zur Berücksichtigung technologischer Entwicklungen vorgeschlagen.

#### **Autozubehör / Metall**

Die Emissionen im Teilbereich Autozubehör/ Metalle sind im Betrachtungszeitraum nahezu konstant geblieben. Die Verbrauchsmenge lösemittelhaltiger Lacke ist geringfügig zurückgegangen, während der Verbrauch von Wasserlacken gestiegen ist. Aufgrund einer Steigerung des Verbrauchs von Verdünnern ergaben sich insgesamt keine Emissionsreduktionen.

Zum Index „Metallerzeugung und -bearbeitung“ zeigt sich keine nennenswerte Korrelation (Wert 0,4). Etwas ausgeprägter ist die Korrelation zum Index „Kfz-Handel, Instandhaltung und Reparatur von Kfz“, welcher grundsätzlich geeignet erscheint.

Als Projektionsgrundlage stehen hier Prognosen zur Bruttowertschöpfung „Handel, Reparatur von Kraftfahrzeugen“ (prognos 2018) zur Verfügung. Diese werden zur Emissionsprojektion kombiniert mit einer Anpassung um -0,5 % pro Jahr zur Berücksichtigung technologischer Entwicklungen.

#### **Metallwaren**

Die Emissionen im Teilbereich Metallwaren zeigen einen leichten tendenziellen Anstieg, bei nur sehr geringem Rückgang im Verbrauch von lösemittelhaltigen Lacken, deutlichem Anstieg wasserbasierter Lacke und Anstieg im Einsatz von Verdünnern.

Zum Index „Metallerzeugung und -bearbeitung“ zeigt sich dabei keine Korrelation. Stark ausgeprägt ist jedoch die Korrelation zum Index „Herstellung von sonstigen Waren“ (0,8). Hierfür steht jedoch kein entsprechender Prognoseindex zur Verfügung.

Mangels alternativer Grundlage wird aus den thematisch verwandten prognos-Kategorien (Metallerzeugung und Bearbeitung, Herstellung von Metallerzeugnissen, DV-Geräte, elektronische und optische Erzeugnisse, Elektrische Ausrüstungen, Maschinenbau) ein Durchschnittswert zur künftigen Entwicklung gebildet und zur Projektionserstellung korrigiert um -0,5 % herangezogen.

#### **Blechemballagen**

Die Emissionen im Teilbereich Blechemballagen zeigen im Betrachtungszeitraum einen deutlichen Rückgang um rund 46 %. Der Einsatz lösemittelhaltiger Farben und Lacke ist hier deutlich – um knapp 90 % - zurückgegangen, während der Einsatz wasserbasierter Lacke angestiegen ist. Zum Index „Metallerzeugung und -bearbeitung“ zeigt sich dabei keine Korrelation, was auch durch den Wandel im Farb- und Lackeinsatz mitbegründet sein kann.

Mangels geeigneter alternativer Grundlage wird unter Berücksichtigung der bisherigen Entwicklungen des Teilbereichs vorgeschlagen, die Entwicklung fortzuschreiben und hierbei einen weiteren jährlichen Rückgang von 0,5 % anzunehmen. Dies wurde bei der Projektion der Emissionen von SNAP 60108 (siehe Abbildung 19) sowie der Gesamtschau der Emissionen (Abschnitt 5) entsprechend umgesetzt.

#### **Drahtlacke**

Im Teilbereich Drahtlacke zeigt sich ein leichter Rückgang der Emissionen im Betrachtungszeitraum. Korrelationen zu potenziell einschlägigen wirtschaftlichen Indizes

konnten nicht festgestellt werden. Aufgrund der sehr geringen Relevanz dieses Teilbereichs innerhalb des SNAP-Codes (0,1 % der Gesamtemissionen von SNAP 60108) wird vorgeschlagen, die Emissionen als konstant fortzuschreiben. Dies wurde bei der Projektion der Emissionen von SNAP 60108 (siehe Abbildung 19) sowie der Gesamtschau der Emissionen (Abschnitt 5) entsprechend umgesetzt.

#### **Tränk- und Gießmittel**

Die Emissionen im Teilbereich Tränk- und Gießmittel sind stark rückläufig. Hierbei ist die Einsatzmenge lösemittelhaltiger Farben und Lacke im Betrachtungszeitraum um über 50 % zurückgegangen, ohne dass dieser Rückgang durch wasserbasierte oder andere Lacke kompensiert würde. Es lässt sich also ein deutlicher Rückgang des gesamten Einsatzes von Farben und Lacken in dieser Kategorie ausmachen. Korrelationen zu wirtschaftlichen Indizes lassen sich dabei nicht feststellen.

Wie beim Teilbereich Drahtlacke ist die Relevanz von „Tränk- und Gießmittel“ mit einem Anteil von 0,2 % an den Emissionen im SNAP-Code sehr gering. Den bisherigen rückläufigen Trend berücksichtigend wird hier vorgeschlagen, eine Fortschreibung mit einer jährlichen Korrektur um -0,5 % anzunehmen. Dies wurde bei der Projektion der Emissionen von SNAP 60108 (siehe Abbildung 19) sowie der Gesamtschau der Emissionen (Abschnitt 5) entsprechend umgesetzt.

#### **Bauelemente ohne Bandbeschichtung**

Die Emissionen im Teilbereich Bauelemente ohne Bandbeschichtung zeigen einen leicht ansteigenden Trend im Betrachtungszeitraum. Dabei ist der Rückgang lösemittelhaltiger Lacke und die Zunahme wasserhaltiger Lacke bislang eher gering.

Es zeigt sich hierbei eine Korrelation zur Jahresbauleistung sowie zu feiner aufgelösten Indizes wie Bauhauptgewerbe (im Hochbau) und Anbringen v. Stuckaturen, Gipserei u. Verputzerei (Korrelation jeweils >0,6).

Für die Projektionserstellung wird dem folgend die prognos (2018) Prognose für die Bruttowertschöpfung Baugewerbe herangezogen, korrigiert um jährlich -0,5 %.

#### **Kunststoffe**

Im Teilbereich Kunststoffe zeigt sich ein leichter Rückgang der Emissionen im Betrachtungszeitraum. Korrelationen zu potenziell einschlägigen wirtschaftlichen Indizes konnten nicht festgestellt werden; zum Index „Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren“ beläuft sich die Korrelation auf 0,08.

Mangels geeigneter alternativer Grundlage wird unter Berücksichtigung der bisherigen Entwicklungen des Teilbereichs vorgeschlagen, die Entwicklung fortzuschreiben und hierbei einen weiteren jährlichen Rückgang von 0,5 % anzunehmen. Dies wurde bei der Projektion der Emissionen von SNAP 60108 (siehe Abbildung 19) sowie der Gesamtschau der Emissionen (Abschnitt 5) entsprechend umgesetzt.

#### **Papier / Folie**

Die Emissionen im Teilbereich Papier sind im Betrachtungszeitraum nahezu konstant, wobei eine leichte Tendenz weg von lösemittelbasierten Lacken hin zu wasserbasierten Lacken beobachtet werden kann.

Die Relevanz des Teilbereichs ist mit einem Anteil von 0,5 % an den Gesamtemissionen des SNAP-Codes gering. Den bisherigen Trend beim Lackverbrauch berücksichtigend wird vorgeschlagen eine Fortschreibung mit einer jährlichen Korrektur um -0,5 % anzunehmen. Dies

wurde bei der Projektion der Emissionen von SNAP 60108 (siehe Abbildung 19) sowie der Gesamtschau der Emissionen (Abschnitt 5) entsprechend umgesetzt.

### **Übrige Verarbeitung**

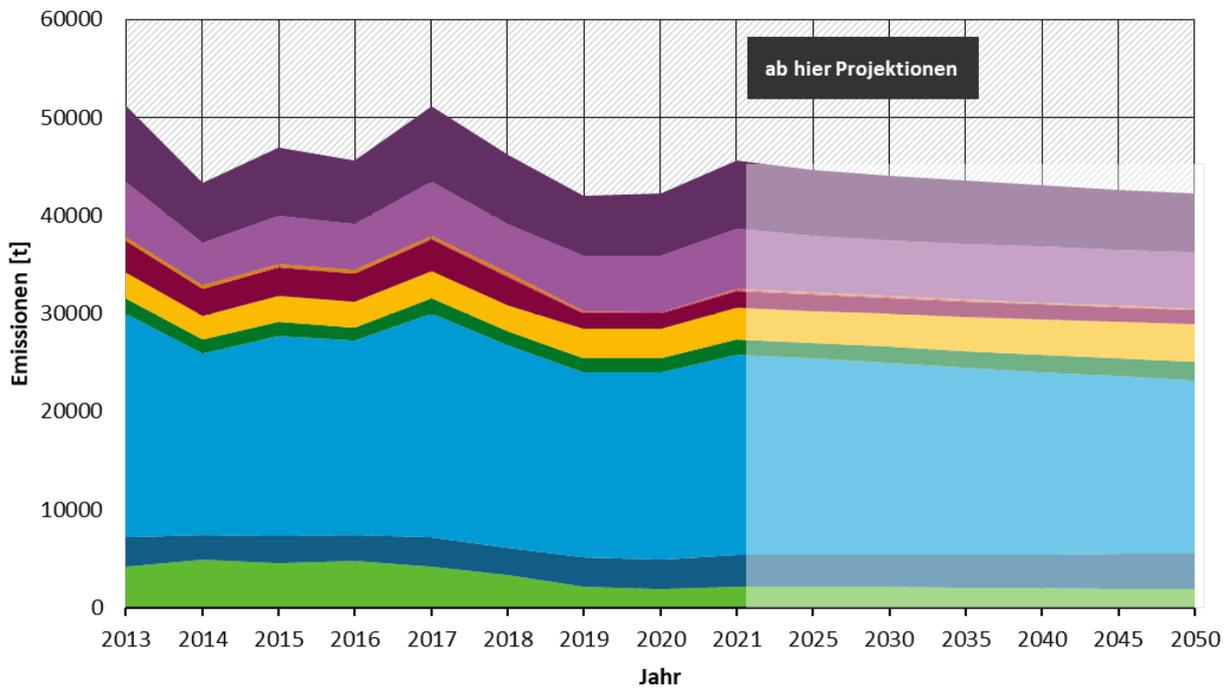
Die Emissionen schwanken im Betrachtungszeitraum um einen Wert von rund 9.700 t, 2021 sind sie mit 8 % etwas über dem Niveau von 2013, in 2020 waren sie geringfügig darunter. Sie können als etwa konstant angesehen werden.

Eine Korrelation zum Branchenumsatz Verarbeitendes Gewerbe lässt sich nicht feststellen; zur „Herstellung von sonstigen Waren“ mit einem Wert von 0,6 hingegen schon. Hierfür steht jedoch kein entsprechender Prognoseindex zur Verfügung. Analog zum Vorgehen bei „Metallwaren“ wird mangels alternativer Grundlage aus den thematisch verwandten prognos-Kategorien (Metallerzeugung und Bearbeitung, Herstellung von Metallerzeugnissen, DV-Geräte, elektronische und optische Erzeugnisse, Elektrische Ausrüstungen, Maschinenbau) ein Durchschnittswert zur künftigen Entwicklung gebildet und zur Projektionserstellung korrigiert um -0,5 % herangezogen.

### **Emissionsprojektion für SNAP 60108**

Die Emissionsprojektion für SNAP 60108 ergibt sich auf Basis der zuvor beschriebenen Ansätze zur Projektion der Teilbereiche. Diese sind in Abbildung 19 dargestellt.

Abbildung 19: Emissionsprojektionen für SNAP 60108



- LACKSPRAY (OHNE TREIBGAS)
- MASCHINENBAU
- METALLWAREN
- DRAHTLACKE
- BAUELEMENTE OHNE BANDBESCHICHTUNG
- ELEKTRO, HAUSHALT
- AUTOZUBEHÖR / METALL
- BLECHEMBALLAGEN
- TRÄNK- UND GIEßMITTEL
- KUNSTSTOFFE

Teilbereich	2025	2030	2035	2040	2045	2050
LACKSPRAY (OHNE TREIBGAS)	2.153	2.100	2.048	1.997	1.948	1.899
ELEKTRO, HAUSHALT	3.210	3.258	3.307	3.408	3.511	3.618
MASCHINENBAU	20.053	19.556	19.072	18.600	18.140	17.691
AUTOZUBEHÖR / METALL	1.620	1.669	1.720	1.772	1.826	1.881
METALLWAREN	3.252	3.368	3.487	3.582	3.680	3.781
BLECHEMBALLAGEN	1.680	1.639	1.598	1.558	1.520	1.482
DRAHTLACKE	65	65	65	65	65	65
TRÄNK- UND GIEßMITTEL	116	113	110	107	105	102
BAUELEMENTE OHNE BANDBESCHICHTUNG	5.732	5.732	5.732	5.732	5.732	5.732
KUNSTSTOFFE	6.755	6.588	6.425	6.266	6.111	5.959
PAPIER / FOLIE	298	291	284	277	270	263
ÜBRIGE VERARBEITUNG	11.484	11.892	12.314	12.650	12.995	13.350
<b>SUMME</b>	<b>56.418</b>	<b>56.270</b>	<b>56.162</b>	<b>56.015</b>	<b>55.902</b>	<b>55.824</b>

Ökopol, Projektionen auf Basis der im Text beschriebenen Quellen und Annahmen; historische Emissionen aus dem deutschen NMVOC Inventar

**Fazit**

Insgesamt zeigt sich für SNAP 60109 „Übrige industrielle Verwendung“ weder insgesamt eine nennenswerte Korrelation noch für die Mehrheit der Teilbereiche. Die weitere Betrachtung ist für die Teilbereiche erfolgt.

Hier konnten nur in einzelnen Fällen geeignete korrelierende Indizes identifiziert werden, die für die Projektionserstellung herangezogen werden können. In anderen Fällen musste mangels alternativer geeigneter Grundlagen auf Fortschreibungen unter Berücksichtigung technologischer Weiterentwicklungen zurückgegriffen werden.

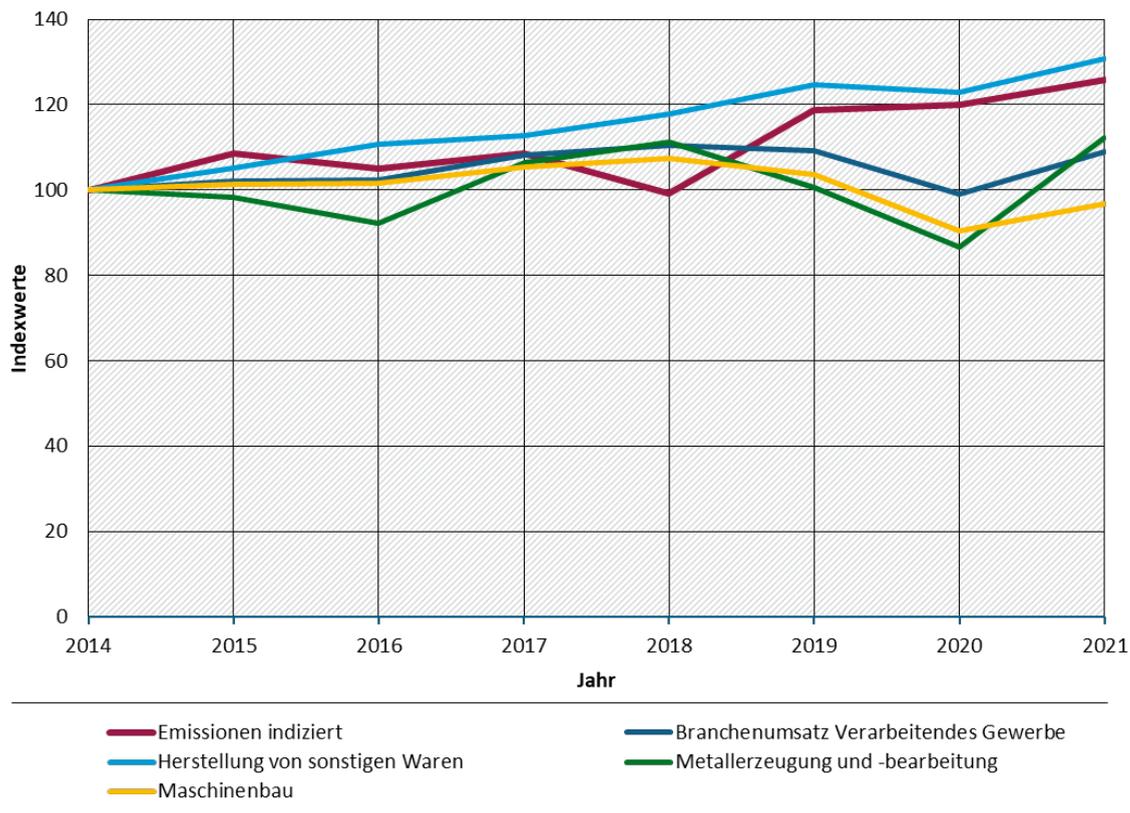
Perspektivisch kann ggf. eine tiefergehende Betrachtung insbesondere der besonders emissionsrelevanten Einzelbereiche des SNAP-Codes und der dort stattfindenden Entwicklungen zielführend sein, um ggf. alternative geeignete Ansätze zur Projektionserstellung zu identifizieren. Hierbei kann eine weitere Konsultation von Experten\*Expertinnen des VdL und des VMDA zielführend sein, welche im Rahmen dieses Vorhabens zeitlich nicht durchführbar war.

#### 4.9 SNAP 60109 – Übrige nicht industrielle Verwendung

SNAP 60109 umfasst übrige nicht industrielle Verwendungen; hierunter fallen Markierungsfarben, Korrosionsschutz und sonstige Bereiche. Treiber der Gesamtemissionen ist hierbei der Bereich Korrosionsschutz, der rund 85 % der Gesamtemissionen ausmacht, gefolgt von Markierungsfarben mit rund 13 %.

Bisher dient die Prognose aus Schneemann et al. (2021) für die Bruttowertschöpfung des „Sonstigen verarbeitenden Gewerbes“ als Grundlage für die Emissionsprojektion. Die retrospektive Betrachtung zeigt dabei keine Korrelation zum entsprechenden wirtschaftlichen Index, weder für die Gesamtemissionen des SNAP-Codes noch für die Einzelbereiche Markierungsfarben, Korrosionsschutz und Sonstige. Das gleiche gilt für die Indizes „WZ08-32 Herstellung von sonstigen Waren“, „WZ08-24 Metallherzeugung und -bearbeitung“ und „WZ08-28 Maschinenbau“.

**Abbildung 20: Indizes der Emissionen von SNAP 60109 und verschiedener wirtschaftlicher Kennzahlen**



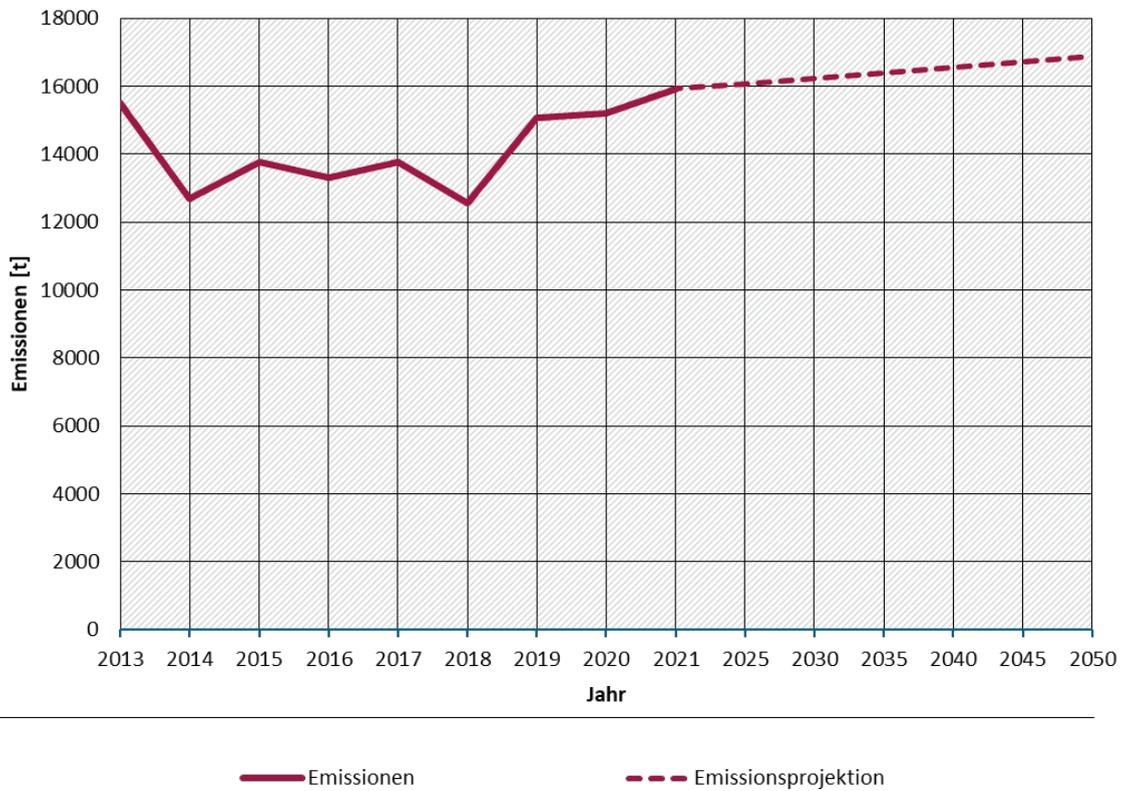
Ökopool, Emissionen aus dem deutschen Lösemittelinventar, wirtschaftliche Indizes aus Destatis Tabelle 42152-0002

Eine Korrelation (Wert 0,64) lässt sich hingegen feststellen zum Index „Andere Ausgaben, inflationsbereinigt“. Zum Lackverbrauch fällt hier die Korrelation mit 0,84 noch höher aus.

Hier steht eine entsprechende Zeitreihe von prognos (2018) zur Verfügung, die für die Projektionserstellung herangezogen wird. Ergänzend wird ein Korrekturfaktor von -0,5 % zur Berücksichtigung technologischer Weiterentwicklungen angewendet.

Die entsprechende Emissionsprojektion ist in Abbildung 21 dargestellt.

**Abbildung 21: Emissionsprojektion SNAP 60109**



	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Emissionsprojektion</b>	16.060	16.221	16.384	16.549	16.715	16.883

Ökopol, historische Emissionen aus dem deutschen NMVOC-Inventar, Projektion auf Basis der im Text beschriebenen Quelle und Annahmen

**Fazit**

Zu den bisher verwendeten Indizes konnte keine Korrelation festgestellt werden, jedoch konnte ein alternativer Prognoseindex für die Projektionserstellung herangezogen werden.

**4.10 SNAP 60403 - Druckindustrie**

SNAP 60403 beschreibt die Emissionen der Druckindustrie. Als Grundlage für die Projektionserstellung wird bislang der „Branchenumsatz Holz, Papier und Druck“ (prognos 2018) herangezogen. Für die entsprechende retrospektive Betrachtung stehen verschiedene mögliche unterschiedliche aggregierte Zeitreihen zur Umsatzentwicklung zur Verfügung, wobei die thematisch besonders einschlägigen Teilbranchen fett markiert sind:

**Abbildung 22: Korrelationsauswertung Druck**

Gliederungsebene	Bezeichnung	Korrelation zu Emissionen
2-Steller	H.v. Holz-, Flecht-, Korb- u. Korkwaren (ohne Möbel)	-0,84
	Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	-0,53
	<b>H. v. Druckerz., Vervielf. v. Ton-, Bild-, Datenträgern</b>	<b>0,96</b>
3-Steller	H.v. Holz- u. Zellstoff, Papier, Karton u. Pappe	-0,34
	Herstellung von Waren aus Papier, Karton und Pappe	-0,66
	<b>Herstellung von Druckerzeugnissen</b>	<b>0,95</b>
	Vervielf. v. bespielten Ton-, Bild- u. Datenträgern	<b>0,92</b>
4-Steller	H.v. sonstigen Waren aus Papier, Karton und Pappe	0,31
	<b>Drucken von Zeitungen</b>	<b>0,86</b>
	<b>Drucken anderweitig nicht genannt</b>	<b>0,96</b>
	Druck- und Medienstufe	<b>0,85</b>
	Binden v. Druckerzeugn. u. damit verb. Dienstleistg.	0,82
	Vervielf.v. bespielten Ton-, Bild- u. Datenträgern	<b>0,92</b>

Ausgewertet von Ökopool anhand Emissionen aus dem deutschen NMVOC-Inventar sowie Destatis Tabelle 42271-0002.

Für SNAP 60403 zeigt sich grundsätzlich eine sehr hohe Korrelation zwischen Branchenentwicklung und Emissionen, woraus sich eine gute Eignung von Branchen-Umsatzprognosen für den Drucksektor für die Erstellung von Emissionsprojektionen ableiten lässt.

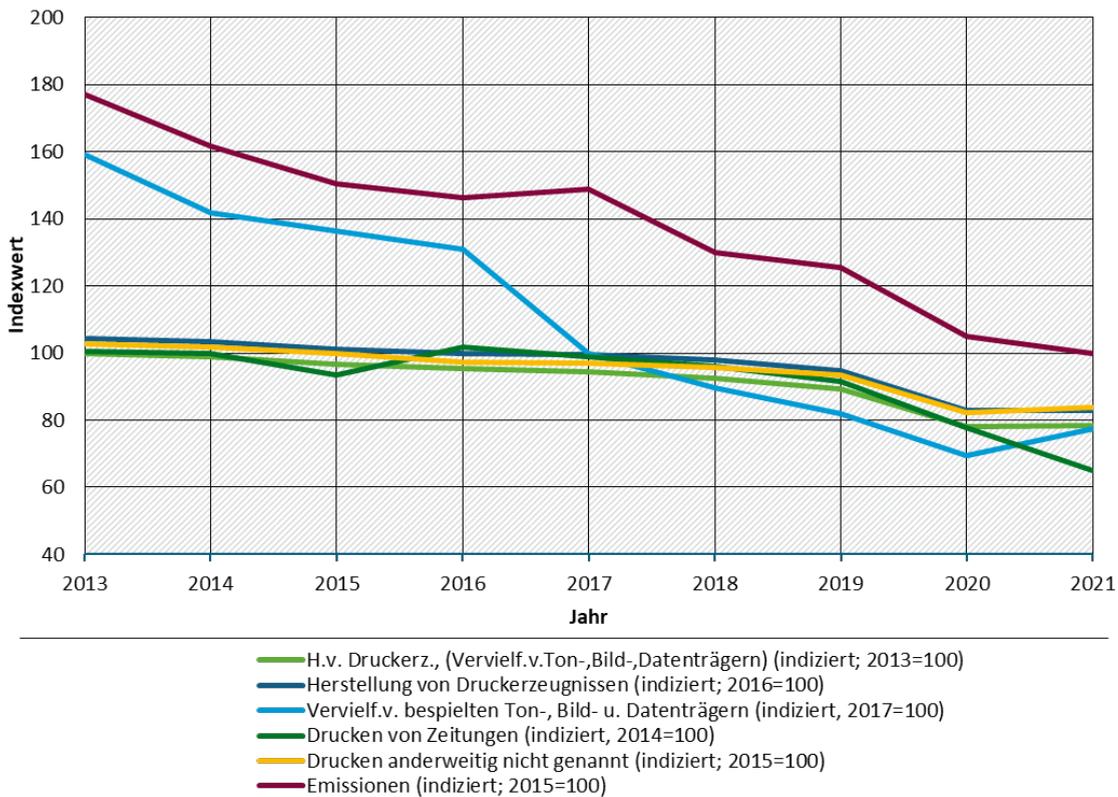
Die Herausforderung hierbei besteht darin, dass der bislang verwendete Prognoseindex „Holz, Papier und Druck“ deutlich höher aggregiert ist und eine Entwicklung aufzeigt, die nicht zur historischen Entwicklung der Branchenzahlen passt. Der Prognoseindex zeigt ein kontinuierliches Wachstum bis 2045 an (prognos 2018), während alle betrachteten wirtschaftlichen Indizes in der retrospektiven Betrachtung einen kontinuierlichen Rückgang aufweisen (siehe Abbildung 23). In der Prognosestudie (prognos 2018) wird auch darauf hingewiesen, dass innerhalb des betrachteten Sektors „Holz, Papier und Druck“ die Druckindustrie am stärksten von der Digitalisierung betroffen ist, während der Papiersektor dies durch ein Wachstum im Verpackungsbereich mehr als ausgleicht und die Holzindustrie keine quantitativen Veränderungen aufweist. Eine zukünftige Entwicklung der Druckindustrie entsprechend der Gesamtentwicklung „Holz, Papier und Druck“ ist daher nicht anzunehmen.

Geeigneter ist potenziell die Entwicklung der Anzahl der Erwerbstätigen. Hier wird von prognos (2018) für den Zeitraum 2025-2035 ein jährlicher Rückgang um 1,2 %, für den Zeitraum 2035 bis 2045 um 1 % prognostiziert. Die tatsächliche Entwicklung der Beschäftigtenzahlen im

Druckgewerbe (Drucken von Zeitungen, Drucken anderweitig nicht genannt) zeigte zwischen 2013 und 2021 jährliche Rückgänge zwischen 0,5 und 6,4 %. Die Beschäftigtenzahl zeigte auch mit den Emissionen eine hohe Korrelation von 0,95. Daher erscheint die Beschäftigtenzahl auch für die Erstellung von Emissionsprojektionen geeigneter als die Branchenentwicklung „Holz, Papier und Druck“.

**Abbildung 23: Indizes zu SNAP 60403**

Verlauf verschiedener Wirtschaftsindizes und Emissionen in SNAP 60403

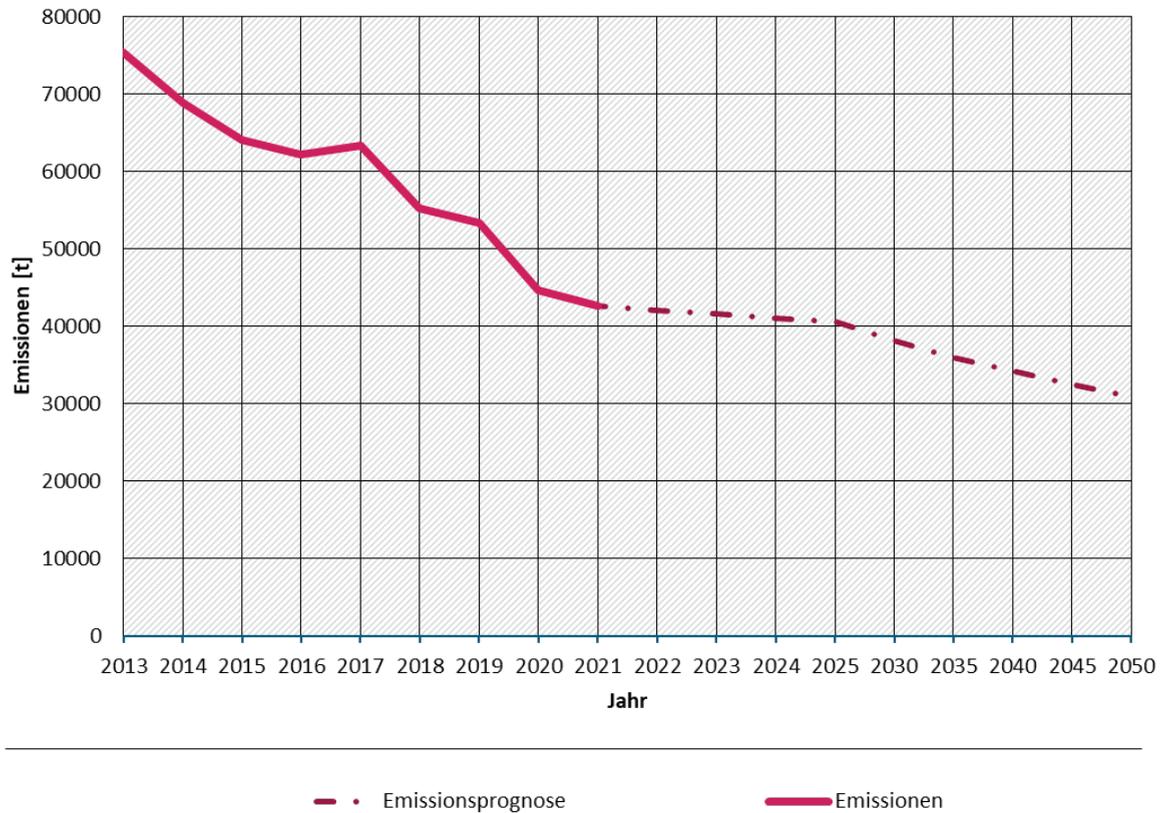


Ökopol anhand Emissionen aus dem deutschen NMVOC-Inventar sowie Destatis Tabelle 42271-0002.

Für die Emissions-Projektionserstellung wird entsprechend der Entwicklung der Beschäftigtenzahlen gemäß prognos (2018) bis 2023 ein jährlicher Rückgang um 1,2 % und 2035-2050 ein jährlicher Rückgang um ein Prozent angenommen. Es ergibt sich auf dieser Basis der in Abbildung 24 dargestellte Verlauf.

**Abbildung 24: Emissionsprojektion SNAP 60403**

Emissionen und Prognose für SNAP 60403 auf Basis der Beschäftigtenzahlen



Ökopool, auf Basis des deutschen NMVOC-Inventars sowie Annahmen aus (prognos 2018)

**Fazit**

Insgesamt zeigt sich für SNAP 60403 „Druck“ eine hohe Korrelation zwischen einschlägigen wirtschaftlichen Indizes und den Emissionen. Der Branchenumsatz erscheint entsprechend grundsätzlich gut geeignet für die Erstellung von Emissionsprojektionen. Jedoch ist die verfügbare und bislang genutzte Prognose für den Sektor „Holz, Papier und Druck“ höher aggregiert und erscheint wiederum kaum für Projektionen zum Teilsektor geeignet.

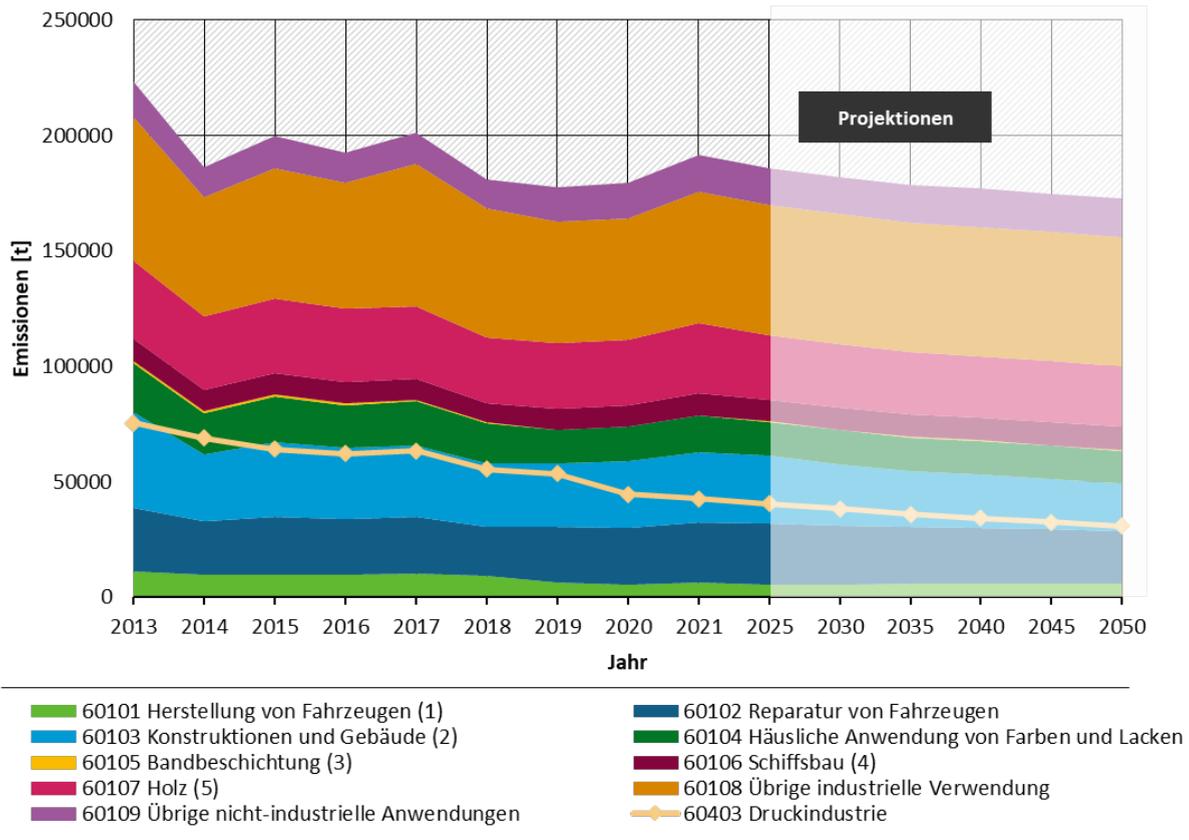
Daher wurde entschieden auf Prognosen zur Beschäftigtenentwicklung zurückzugreifen. Die Beschäftigtenzahlen zeigten auch in der retrospektiven Betrachtung eine hohe Korrelation zu den Emissionen.

Falls perspektivisch differenziertere Prognosen für die Umsatzentwicklung von Teilsektoren (bspw. Zeitungsdruck, anderer Druck) zur Verfügung stehen, wäre zu prüfen, inwieweit diese herangezogen werden können.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Die für die im Vorhaben betrachteten SNAP-Codes erstellen Projektionen ergeben für den Sektor 2D 3d sowie für den Sektor 2D 3h rückläufige Emissionen. In 2D 3d ergibt sich bis 2050 ein Rückgang von 3,7 % gegenüber 2020 bzw. von 9,8 % gegenüber 2021. Für 2D 3h ergibt sich ein Rückgang von rund 31 %.

**Abbildung 25: Gesamtschau der Emissionsprojektionen**



1) Emissionsprognose mit Korrekturfaktor 1%  
 2) Projektion auf Basis Bauinvestitionen (BMAS)  
 3) Emissionsprojektion mit Korrekturfaktor 1%  
 4) Emissionsprognose (Faktor 5)  
 5) Trendfortschreibung Logarithmisch

Ökopol, auf Basis der Ergebnisse des Abschnitts 4

Es hat sich bei der Projektionserstellung bei zahlreichen SNAP-Codes hinsichtlich zu den Emissionen korrelierende Parameter und der Verfügbarkeit entsprechender Prognosedaten ergeben:

- ▶ Für SNAP 60101 zeigte sich eine Korrelation zur Automobilproduktion. Für die Prognoseerstellung wurde auf Basis einer Prognose für die Produktion in der EU eine Annäherung für die Produktion in Deutschland erstellt und für die Emissionsprojektion herangezogen.
- ▶ Für SNAP 60102 zeigte sich bei Betrachtung ab 2015 eine Korrelation zwischen Emissionen und Fahrzeugbestand. Prognosedaten zum Fahrzeugbestand wurden aus der Studie (Adolf et al. 2014) übernommen und für die Projektionserstellung verwendet. Dabei ist zu beachten, dass diese Prognosestudie ein noch höheres Alter aufweist als die anderen beiden.

- ▶ Für SNAP 60103 zeigten Mitarbeitendenzahlen und Jahresbauleistung erst ab 2018 eine Korrelation zu den Emissionen. Prognosedaten wiederum standen aus zwei Studien zur Verfügung (Schneemann et al. 2021; prognos 2018) und wurden für die Erstellung der Projektionen herangezogen.
- ▶ Für SNAP 60104 zeigte sich eine Korrelation durch die Anwendung eines Korrekturfaktors auf den für die Projektionserstellung bislang verwendeten Indikator „Bevölkerungsentwicklung“. Entsprechend wurden Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung auch für die Erstellung von Emissionsprojektionen herangezogen.
- ▶ Für SNAP 60105 zeigte sich eine gute Korrelation zur Fertigstellung von Handels- und Lagergebäuden. Dieser Indikator wurde auch von Branchenexperten zur Verwendung empfohlen, da insbesondere die Fassaden gewerblicher Bauten eine Hauptanwendung der Bandbeschichtung darstellen. Jedoch standen hierfür keine Prognosen zur Verfügung, die zur Projektionserstellung verwendet werden konnten. Daher musste für die Projektionserstellung auf die Automobilproduktion (vgl. SNAP 60101) zurückgegriffen werden, zu der retrospektiv auch eine hohe Korrelation festgestellt werden konnte.
- ▶ Für SNAP 60106 stellte es sich herausfordernd dar, geeignete Indizes zu identifizieren, die mit den Emissionen korrelieren. Einzig zwischen dem Branchenumsatz „Boots- und Schiffsbau gesamt“ und dem historischen Lackverbrauch deutet sich mit einem Wert von 0,53 ein Zusammenhang an, wobei hierfür keine Prognosedaten verfügbar waren. Daher musste auf Prognosen für die Oberkategorie „sonstiger Fahrzeugbau“ und ergänzende Korrekturen zurückgegriffen werden. Im Ergebnis konnten Emissionsprojektionen aufgestellt werden, die jedoch auf erheblich unsicherer Basis entwickelt werden mussten.
- ▶ Für SNAP 60107 ließ sich keine Korrelation zu thematisch einschlägigen wirtschaftlichen Indizes feststellen. Daher wurden auf Basis von Trendfortschreibungen Emissionsprojektionen erstellt. Perspektivisch kann ggf. eine tiefergehende Betrachtung der Einzelbereiche des SNAP-Codes und der dort stattfindenden Entwicklungen zielführend sein, um ggf. alternative geeignete Ansätze zur Projektionserstellung zu identifizieren.
- ▶ Für SNAP 60108 musste eine Betrachtung der hier gesammelten zwölf Teilbereiche vorgenommen werden. Für mehrere Teilbereiche konnte dabei keine Korrelation der Emissionen zu wirtschaftlichen (oder anderen) Größen festgestellt werden, weshalb teilweise Fortschreibungen der Emissionen erfolgt sind. Perspektivisch kann ggf. eine tiefergehende Betrachtung insbesondere der besonders emissionsrelevanten Einzelbereiche des SNAP-Codes und der dort stattfindenden Entwicklungen zielführend sein, um ggf. alternative geeignete Ansätze zur Projektionserstellung zu identifizieren.
- ▶ Für SNAP 60109 konnte zu den bisher verwendeten Indizes keine Korrelation festgestellt werden. Mit dem Index „Andere Ausgaben, inflationsbereinigt“ konnte jedoch ein alternativer geeigneter Prognoseindex für die Projektionserstellung herangezogen werden.
- ▶ Für SNAP 60403 zeigte sich eine hohe Korrelation zu einschlägigen wirtschaftlichen Indizes und den Emissionen. Jedoch ist die verfügbare und bislang genutzte Prognose für den Sektor „Holz, Papier und Druck“ höher aggregiert und erscheint wiederum kaum für Projektionen zum Teilsektor geeignet. Daher wurde entschieden auf Prognosen zur Beschäftigtenentwicklung zurückzugreifen. Die Beschäftigtenzahlen zeigten auch in der retrospektiven Betrachtung eine hohe Korrelation zu den Emissionen.

Das Fehlen geeigneter oder aktueller Prognosedaten stellte insbesondere für die SNAPs 60101, 60102, 60103, 60105, 60106 und 60403 eine Herausforderung dar. Als besonders unsicher kann die Projektionserstellung für die SNAPs 60106, 60107 und 60109 angesehen werden.

Quer über alle betrachteten SNAP-Codes wurden die Einschätzungen aus einschlägigen Trendstudien (vgl. Abschnitt 3.2) und aus der Konsultation von Branchenexperten (vgl. Abschnitt 3.1) berücksichtigt.

Trotz der bestehenden Unwägbarkeiten und Hindernisse bzgl. der Erstellung von Emissionsprojektionen konnte gegenüber dem bisherigen Stand und Vorgehen zur Projektionserstellung eine Qualitätsverbesserung erreicht werden. Während im bisherigen Vorgehen in vielen Fällen Indizes zur Projektionserstellung herangezogen wurden, zu denen bekannter Maßen keine Korrelation der jeweiligen Emissionen besteht (vgl. Abschnitt 2 sowie Zimmermann und Jepsen 2018; Zimmermann und Memelink 2023) wurden hier – soweit möglich – geeignetere Parameter identifiziert und für die Erstellung der Projektionen herangezogen. In anderen Fällen wurden unter Berücksichtigung des bisherigen Verlaufs der Emissionen Trendfortschreibungen angenommen. Auch wurden Annahmen zu technologischen Weiterentwicklungen berücksichtigt, was zuletzt in der Projektionserstellung nicht stattfand.

Die weitere Qualität der erstellten Projektionen hängt zu einem großen Teil von der grundsätzlichen Validität der herangezogenen Prognosestudien ab. Wie in Abschnitt 3.2 ausgeführt, sind diese Studien bereits einige Jahre alt und aktuelle Entwicklungen finden dort keine Berücksichtigung. Auch wenn hinsichtlich der zukünftigen Auswirkungen von Klimawandel, demographischem Wandel und technologischem Wandel stets große Unsicherheiten und unterschiedliche Bewertungen bestehen, ist zu empfehlen, aktuellere geeignete Prognosestudien für die Erstellung der Emissionsprojektionen heranzuziehen, soweit diese zur Verfügung stehen.

Darüber erscheint es sinnvoll, aufgrund der identifizierten Datenlücken und Unsicherheiten perspektivisch (bspw. im Rahmen von Folgevorhaben)

- ▶ die initiierte Konsultation von Branchenexperten\*expertinnen fortzusetzen und zu vertiefen; bzgl. verschiedener Teilbereiche konnte der Austausch innerhalb des Projektzeitraums nicht durchweg in der möglichen Tiefe erfolgen;
- ▶ für besonders emissionsrelevante Teilbereiche (insbesondere SNAP 60108 Übrige industrielle Verwendung; SNAP 60107 Holz) die Entwicklung komplexerer Projektionsmodelle zu prüfen; hierzu kann auch eine weitere, vertiefte Befragung von Branchenakteuren\*akteurinnen erfolgen; und
- ▶ mit gewissem zeitlichen Abstand eine erneute Prüfung der Ergebnisse dieses Vorhabens unter Nutzung neuer Emissionsdaten und Statistiken durchzuführen zur Validierung oder Anpassung des hier gewählten Vorgehens zur Projektionserstellung.

Wie in Abschnitt 2 dargestellt, stützt sich auch das Vorgehen zur Projektionserstellung in den anderen relevanten NFR-Sektoren auf nicht-vorliegende Korrelationen. Eine Prüfung und Anpassung des Vorgehens zur Projektionserstellung erscheinen auch für diese NFR-Sektoren geboten.

## 6 Quellenverzeichnis

Adolf, Jörg; Rommerskirchen, Stefan; Balzer, Christoph; Joedicke, Arndt; Schabla, Uwe; Wilbrand, Karsten; Anders, Natalia; Maur, Alex auf der; Ehrentraut, Oliver; Krämer, Lisa; Straßburg, Samuel (2014). Shell PKW-Szenarien bis 2040. Fakten, Trends und Perspektiven für Auto-Mobilität. prognos; Shell Deutschland. Shell Deutschland (Hg.). Hamburg. Online verfügbar unter [https://www.prognos.com/sites/default/files/2021-01/140900\\_prognos\\_shell\\_studie\\_pkw-szenarien2040.pdf](https://www.prognos.com/sites/default/files/2021-01/140900_prognos_shell_studie_pkw-szenarien2040.pdf) (abgerufen am 15.11.2024).

Asselin-Miller, Nick; Horton, Gareth; Amaral, Sofia; Figg, Hannah; Sheldon, Dominic; Lutz, Christian; Flaute, Markus; Wells, Peter (2017). GEAR 2030 Strategy 2015-2017. Comparative analysis of the competitive position of the EU automotive industry and the impact of the introduction of autonomous vehicles: final report. Luxembourg, Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2873/83569>.

Blenkey, Nick (2022). European shipbuilding gets a wakeup call. Marine Log vom 16.09.2022. Online verfügbar unter <https://www.marinelog.com/shipbuilding/european-shipbuilding-gets-a-wakeup-call/> (abgerufen am 05.11.2024).

Brillux GmbH & Co. KG Industrielack (2024). Coil Coating. Online verfügbar unter <https://www.brillux-industrielack.de/produkte/coil-coating/> (abgerufen am 06.11.2024).

coating.de (2019). Coil Coating | Bandbeschichtung. Online verfügbar unter <https://coating.de/coil-coating/> (abgerufen am 17.03.2025).

Daheim, Cornelia; Wintermann, Ole (2019). Arbeit 2050: Drei Szenarien. Neue Ergebnisse einer internationalen Delphi-Studie des Millenium Project. Bertelsmann Stiftung (Hg.). Gütersloh. Online verfügbar unter [https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Arbeit\\_2050\\_Drei\\_Szenarien.pdf](https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Arbeit_2050_Drei_Szenarien.pdf) (abgerufen am 14.11.2024).

European Commission DG ENV (Hrsg.) (2024). Shipbuilding and repair. Online verfügbar unter [https://blue-economy-observatory.ec.europa.eu/eu-blue-economy-sectors/shipbuilding-and-repair\\_en](https://blue-economy-observatory.ec.europa.eu/eu-blue-economy-sectors/shipbuilding-and-repair_en) (abgerufen am 05.11.2024).

European Commission DG GROW (Hg.) (2017). GEAR 2030. High Level Group on the Competitiveness and Sustainable Growth of the Automotive Industry in the European Union. Luxembourg. Online verfügbar unter <https://www.europarl.europa.eu/cmsdata/141562/GEAR%202030%20Final%20Report.pdf> (abgerufen am 30.10.2024).

Fuchs, Johann; Kubis, Alexander (2016). Zuwanderungsbedarf und Arbeitskräfteangebot bis 2050. Wie viele Zuwanderer benötigt Deutschland für ein konstantes Erwerbspersonenpotenzial? WISTA-Sonderheft Arbeitsmarkt und Migration. Online verfügbar unter [https://www.destatis.de/DE/Methoden/WISTA-Wirtschaft-und-Statistik/2016/07\\_Sonderheft/zuwanderungsbedarf-bis-2050-072016.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.destatis.de/DE/Methoden/WISTA-Wirtschaft-und-Statistik/2016/07_Sonderheft/zuwanderungsbedarf-bis-2050-072016.pdf?__blob=publicationFile&v=3) (abgerufen am 14.11.2024).

Hagedorn, Marcus; Hartmann, Sandra; Heilert, Daniela; Harter, Christian; Olschewski, Ingo; Eckstein, Lutz; Baum, Markus; Henzelmann, Torsten; Schlick, Thomas (2020). Automobile Wertschöpfung 2030/2050. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. IPE Institut für Politikevaluation/FKA/Roland Berger (Hg.). Frankfurt, Aachen, München. Online verfügbar unter [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Studien/automobile-wertschoepfung-2030-2050-kurzfassung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=10](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Studien/automobile-wertschoepfung-2030-2050-kurzfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=10) (abgerufen am 05.11.2024).

Holz, Joachim (2024). Coil Coatings per Metallbandbeschichtung - Kluthe Magazin. Online verfügbar unter <https://kluthe.com/magazin/coil-coatings-per-metallbandbeschichtung/> (abgerufen am 17.03.2025).

KBA (2024). Verkehr in Kilometern (VK): Zeitreihe. Berichtszeitraum 2014-2023. Online verfügbar unter [https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk\\_inlaenderfahrleistung/vk\\_inlaenderfahrleistung\\_node.html](https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk_inlaenderfahrleistung/vk_inlaenderfahrleistung_node.html) (abgerufen am 22.10.2024).

KBA (2024). Zeitreihe zum Bestand an Personenkraftwagen. Online verfügbar unter [https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/MarkenHersteller/2024/2024\\_b\\_herst\\_zeitreihen.html?nn=3524454&fromStatistic=3524454&yearFilter=2024&fromStatistic=3524454&yearFilter=2024](https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/MarkenHersteller/2024/2024_b_herst_zeitreihen.html?nn=3524454&fromStatistic=3524454&yearFilter=2024&fromStatistic=3524454&yearFilter=2024) (abgerufen am 15.10.2024).

Kotz, Maximilian; Levermann, Anders; Wenz, Leonie (2024). The economic commitment of climate change. *Nature* 628 (8008), 551–557. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07219-0>.

Mendelevitch, Roman; Repenning, Julia; Matthes, Felix; Deurer, Jana (2024). Treibhausgasprojektionen 2024 für Deutschland - Rahmendaten. Öko-Institut. Umweltbundesamt (Hg.). Dessau. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/projektionsbericht\\_2024\\_rahmendatenpapier.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/projektionsbericht_2024_rahmendatenpapier.pdf) (abgerufen am 17.03.2025).

prognos (2018). Deutschland Report. 2025 | 2035 | 2045. prognos (Hg.). Berlin.

Putz, M; Beyer, U; Demmer, A; Motta, M; Biehl, S; Hohwieler, E; Hülsemann, K. (2019). Mobilität der Zukunft muss produziert werden. Fraunhofer-Allianz autoMOBILproduktion (Hg.). Chemnitz.

Repenning, Julia; Harthan, Ralph O; Blanck, Ruth; Böttcher, Hannes; Brugger, Heike; Fleiter, Tobias; Steinbach, Jan; Deurer, Jana; Osterburg, Bernhard; Rösemann, Claus; et al. (2021). Projektionsbericht 2021 für Deutschland. Gemäß Artikel 18 der Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über das Governance-System für die Energieunion und für den Klimaschutz, zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 663/2009 und (EG) Nr. 715/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie §10 (2) des Bundes-Klimaschutzgesetzes. Öko-Institut; Fraunhofer ISI; IREES GmbH; Thünen-Institut. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (Hg.). Dessau-Roßlau, Berlin, Karlsruhe, Eberswalde. Online verfügbar unter [https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Klimaschutz/projektionsbericht\\_2021\\_bf.pdf](https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/projektionsbericht_2021_bf.pdf) (abgerufen am 14.07.22).

Schneemann, Christina; Zika, Gerd; Kalinowski, Michael; Maier, Tobias; Krebs, Bennet; Steeg, Stefanie; Bernart, Florian; Mönning, Anke; Parton, Frederik; Ulrich, Philip; Wolter, Marc Ingo (2021). Aktualisierte BMAS-Prognose. Forschungsbericht 526/3. IAB; bibb; GWS. Bundesministerium für Arbeit und Soziales (Hg.). Berlin. Online verfügbar unter [https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/Forschungsberichte/fb526-3-aktualisierte-bmas-prognose-digitalisierte-arbeitswelt.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/Forschungsberichte/fb526-3-aktualisierte-bmas-prognose-digitalisierte-arbeitswelt.pdf?__blob=publicationFile&v=2) (abgerufen am 16.06.2022).

Tebert, Christian; Zimmermann, Till; Coenen, Peter; Kuenen, Jeroen; Weber, Roland; Herold, Christine (2019). Analyse der novellierten NEC-Richtlinie bezüglich der erweiterten Anforderungen an die Bericht-erstattung von Schadstoffemissionen in die Luft. Ökopol Institut für Ökologie und Politik; TNO; POPs Environmental Consulting. Umweltbundesamt (Hg.). Hamburg, Den Haag, Schwäbisch Gmünd. Online verfügbar unter [https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz\\_3717\\_51\\_1010\\_nec\\_richtlinie\\_bf.pdf](https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_3717_51_1010_nec_richtlinie_bf.pdf) (abgerufen am 13.11.2024).

VDA (2024a). Automobilproduktion. Zahlen zur Automobilproduktion im In- und Ausland. Online verfügbar unter <https://www.vda.de/de/aktuelles/zahlen-und-daten/jahreszahlen/automobilproduktion> (abgerufen am 05.11.2024).

VDA (2024b). Produktion der deutschen Autoindustrie internationalisiert sich weiter. Online verfügbar unter <https://www.vda.de/de/themen/automobilindustrie/marktentwicklungen/produktion-der-deutschen-automobilindustrie-internationalisiert-sich-weiter> (abgerufen am 05.11.2024).

VDA (Hg.) (2022). Die deutsche Automobilzuliefererindustrie im internationalen Wettbewerb. Dun & Broadstreet Deutschland. Berlin. Online verfügbar unter [https://www.vda.de/dam/jcr:32ea6184-a3bb-42bc-bc9f-70b0e54379b8/DnB\\_VDA\\_Studie\\_Automobilzulieferindustrie%20im%20internationalen\\_Wettbewerb\\_2022.pdf?mode=view](https://www.vda.de/dam/jcr:32ea6184-a3bb-42bc-bc9f-70b0e54379b8/DnB_VDA_Studie_Automobilzulieferindustrie%20im%20internationalen_Wettbewerb_2022.pdf?mode=view) (abgerufen am 05.11.2024).

VDA (Hg.) (2023). Zukunft der automobilen Kreislaufwirtschaft. Klimaneutrale Mobilität bis spätestens 2050. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.vda.de/dam/jcr:0595a911-2b28-4e86-adf6-eb116cd3b608/Kreislaufwirtschaft%20August%202023.pdf?mode=view> (abgerufen am 05.11.2024).

VDA (Hg.) (2024c). Automobil-Insight 2023. Einblicke & Trends der deutschen Automobilindustrie. Berlin. Online verfügbar unter [https://www.vda.de/dam/jcr:7747ed6b-e819-42bb-b5cd-8b935428d1d9/Automobil-Insight%202023%20\(1\).pdf?mode=view](https://www.vda.de/dam/jcr:7747ed6b-e819-42bb-b5cd-8b935428d1d9/Automobil-Insight%202023%20(1).pdf?mode=view) (abgerufen am 05.11.2024).

Zimmermann, Till (2019). Estimating NMVOC-Emissions on Country Level: Product- and solvent based approaches - the case of Germany. Ökopol Institut für Ökologie und Politik (Hg.). Hamburg. Online verfügbar unter <https://oekopol.de/src/files/DE-ESIG-NMVOC-Model.pdf> (abgerufen am 21.10.2020).

Zimmermann, Till; Jepsen, Dirk (2018). Konsistenzprüfung der deutschen Emissionsinventare für NMVOC aus Lösemitteln. Ökopol Institut für Ökologie und Politik. Umweltbundesamt (Hg.). Hamburg, Dessau.

Zimmermann, Till; Memelink, Robin (2023). Aktualisierung des deutschen Inventars für NMVOC-Emissionen aus der Verwendung von Lösemitteln und lösemittelhaltiger Produkte für die Berichtsjahre 2019, 2020 und 2021. NMVOC-Inventaraktualisierung 2019-2021. Ökopol Institut für Ökologie und Politik. Umweltbundesamt (Hg.). Dessau-Roßlau, Hamburg. UBA-Texte 99/2023, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/aktualisierung-des-deutschen-inventars-fuer-nmvoc-0>.