



# Antriebsformen im Wettbewerb

E-Fuels: Notwendigkeit, Chancen und  
Herausforderungen



Schwarzwald  
Baar  
Heuberg

Kooperationspartner



## EU-Klimaziele

CO<sub>2</sub>-Reduktion bis 2050 um 80 bis 95 Prozent gegenüber 1990.

### EU-Klimaziele: mit E-Fuels erreichbar

E-Fuels gewinnen beim technologieoffenen Wandel hin zu nachhaltiger Mobilität an Bedeutung. Was steckt dahinter?

Mit den gasförmigen und flüssigen Kraftstoffen auf Basis von Wasser und CO<sub>2</sub> lassen sich die Klimaziele der Europäischen Union sektorübergreifend erreichen. Zu diesem Ergebnis kommt das Life Cycle Assessment (LCA). Dabei werden technologieoffen sämtliche umweltrelevante Emissionen bei Fahrzeugen über den gesamten Lebenszyklus quantifiziert.

CO<sub>2</sub>-Bilanz von PKWs (200.000 km) im Jahr 1990, heute und im Zukunftsszenario

#### 1990

- Hohe Emissionen im Fahrbetrieb und für Kraftstoffbereitstellung
- Damals üblicher Energiemix für Produktion und Verwertung

#### Heute

- CO<sub>2</sub>-ärmere Fahrzeugtechnik, E10-Kraftstoffe, Verfahrenstechniken und Energieversorgung
- E-Mobilität (BEV): Emissionen im Fahrbetrieb werden nicht angerechnet
- Diesel/Benziner ohne energieintensive Produktion der Hochvoltkomponenten

#### Zukunftsszenario

- Fahrbetrieb: Elektrizität und E-Fuels auf Basis CO<sub>2</sub>-neutraler Energie
- Produktion: CO<sub>2</sub>-neutrale elektrische Energie
- Vorteil E-Fuels: keine energieintensive Produktion der Hochvoltkomponenten

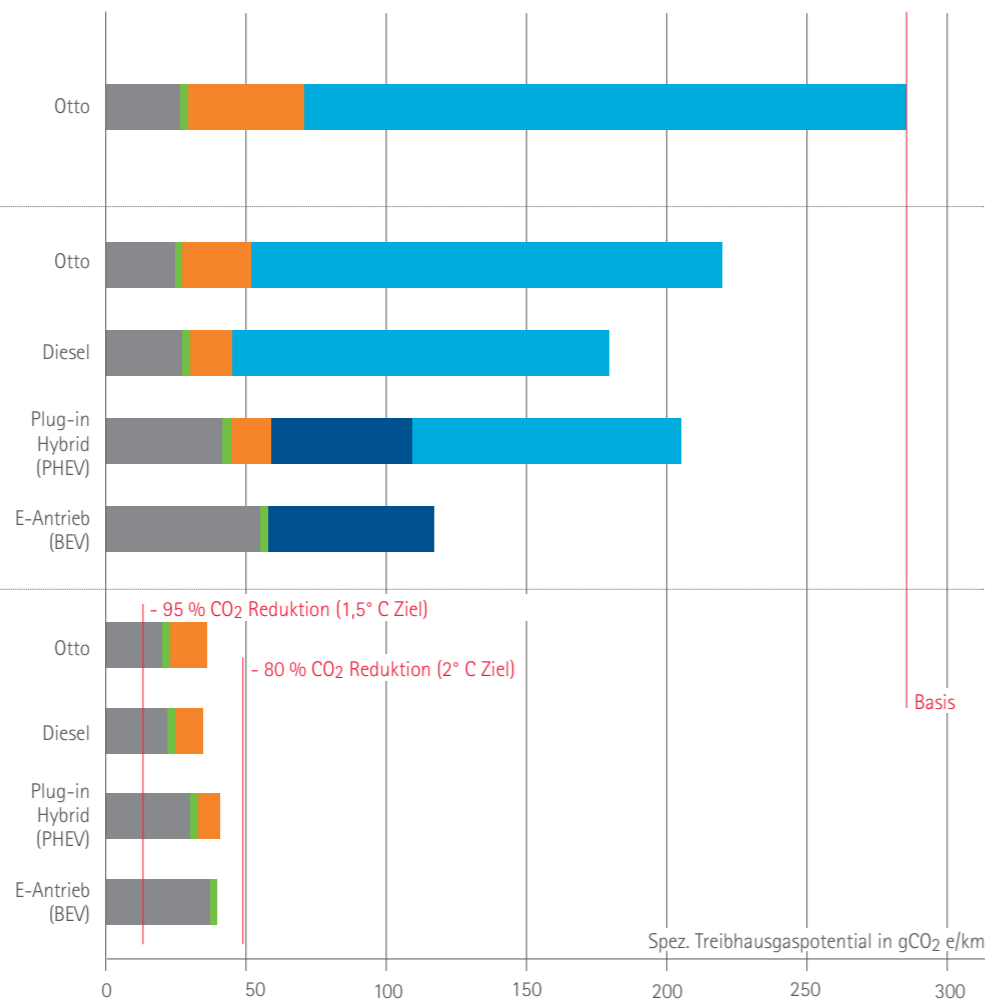


Abbildung 1: CO<sub>2</sub>-Äquivalente in Gramm pro Kilometer (gCO<sub>2</sub>e/km) für 200.000 km Laufleistung (Quelle: IAV GmbH)

- Fahren (200.000 km)
- Bereitstellung elektrische Energie
- Bereitstellung Kraftstoff
- Verwertung
- Produktion

### CO<sub>2</sub>-Kompensation mit E-Fuels möglich

Im Jahr 2020 wird die PKW-Flotte in Deutschland das lineare CO<sub>2</sub>-Reduktionsziel von 40 % verfehlen (Soll- bzw. Istverlauf). Diese Überschreitung des CO<sub>2</sub>-Budgets muss kompensiert werden, um die Klimaziele zu erreichen (Mussverlauf). E-Fuels sind deshalb zusätzlich zu E-Fahrzeugen und Plug-in Hybriden erforderlich.

CO<sub>2</sub>-Budget von 1990 bis 2050

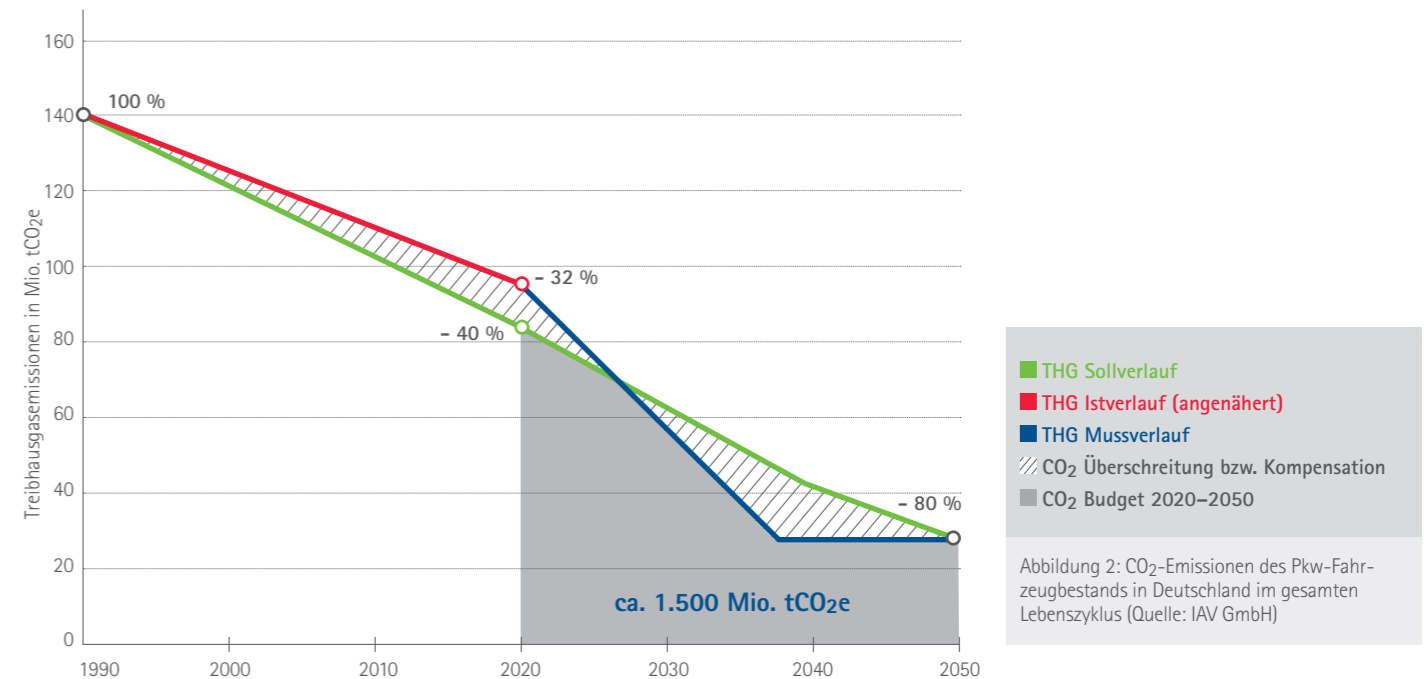


Abbildung 2: CO<sub>2</sub>-Emissionen des Pkw-Fahrzeugbestands in Deutschland im gesamten Lebenszyklus (Quelle: IAV GmbH)

**Wie es sein sollte:** Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um -40 % (linearer Verlauf) bis 2020

**Wie es tatsächlich ist:** Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um -32 % bis 2020

**Was zu tun ist:** Die bisherige CO<sub>2</sub>-Überschreitung muss zusätzlich kompensiert werden. Die CO<sub>2</sub>-Reduktion um 80 % müsste bereits 2038 erzielt werden. Bis 2050 steht noch ein CO<sub>2</sub>-Budget von insgesamt ca. 1.500 Mio. tCO<sub>2</sub>e zur Verfügung.





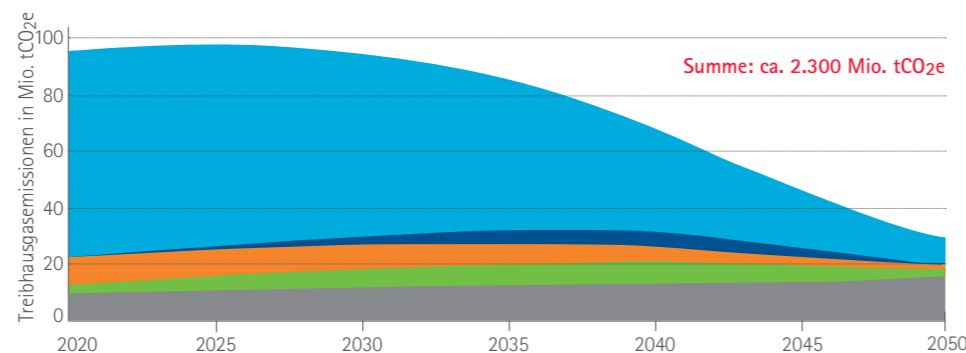
### Notwendigkeit: E-Fuels im Antriebsmix

E-Fuels müssen auf dem Weg hin zu einer nachhaltigen Mobilität unterstützen. Allein mit batterieelektrischen und Hybrid-Fahrzeugen lässt sich das noch vorhandene CO<sub>2</sub>-Budget von insgesamt ca. 1.500 Mio. tCO<sub>2</sub>e bis 2050 nicht einhalten.

#### Szenario I: „Elektromobilität“

- Fahren
- Bereitstellung elektrische Energie
- Bereitstellung Kraftstoff
- Verwertung
- Produktion

Abbildung 3: CO<sub>2</sub>-Emissionen im Szenario I „Elektromobilität“ (Quelle: IAV GmbH)



- Schnelle Einführung von batterieelektrischen Fahrzeugen bedeuten hohe produktionsbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2040 (Batterie)
- CO<sub>2</sub>-Minderung im Fahrbetrieb ab 2040 durch die steigenden Zulassungen batterieelektrischer Fahrzeuge und durch den CO<sub>2</sub>-ärmeren Energiemix
- Mit sinkendem Anteil an Verbrennungsfahrzeugen gehen die kraftstoffbedingten Emissionen signifikant zurück.

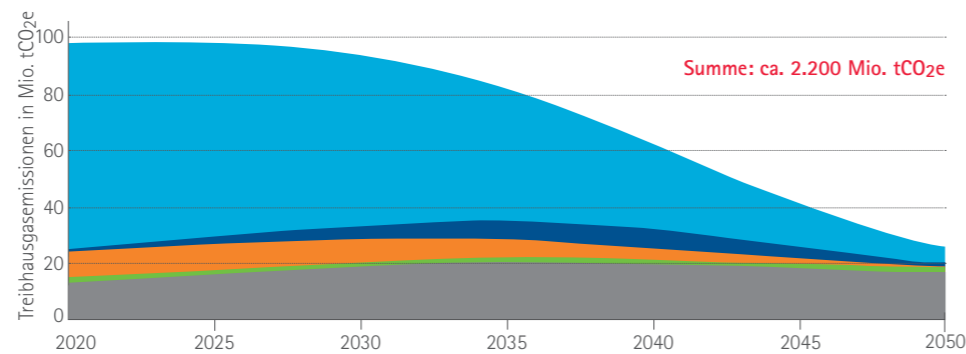
**Schlussfolgerung**

**CO<sub>2</sub>-Budget von 1.500 Mio. wird überschritten!**

#### Szenario II „Elektromobilität und Plug-in Hybrid“

- Fahren
- Bereitstellung elektrische Energie
- Bereitstellung Kraftstoff
- Verwertung
- Produktion

Abbildung 4: CO<sub>2</sub>-Emissionen im Szenario II „Elektromobilität und Plug-in Hybrid“ (Quelle: IAV GmbH)



- Zusätzliche Einführung der Plug-in Hybride als Brückentechnologie
- Keine wesentliche CO<sub>2</sub>-Reduktion: zusätzlicher Anteil an Plug-in Hybriden führt zu höheren CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Produktion der Traktionsbatterien
- Auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Energiebereitstellung erhöhen sich, da die PHEV-Batterien geladen werden müssen.
- Insgesamt sinken die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den sinkenden Anteil verbrennungsmotorischer Fahrzeuge (Kraftstoffbereitstellung und Fahrbetrieb)

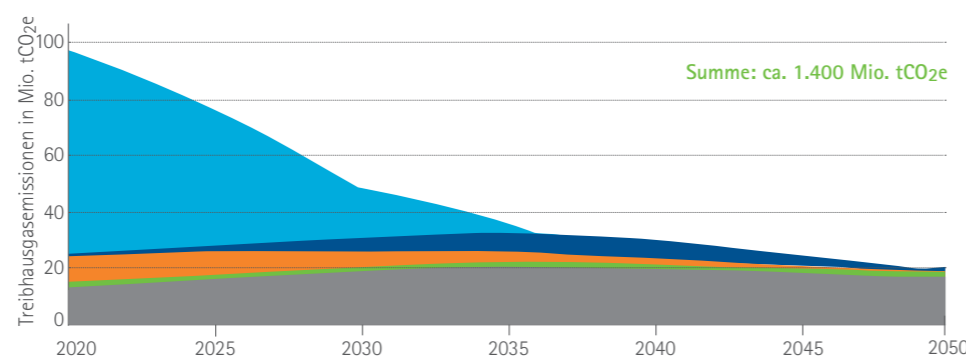
**Schlussfolgerung**

**CO<sub>2</sub>-Budget von 1.500 Mio. wird überschritten!**

#### Szenario III „E-Fuels“

- Fahren
- Bereitstellung elektrische Energie
- Bereitstellung Kraftstoff
- Verwertung
- Produktion

Abbildung 5: CO<sub>2</sub>-Emissionen im Szenario III „E-Fuels“ (Quelle: IAV GmbH)



- E-Fuels wirken sich sehr positiv auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen zur Kraftstoffbereitstellung und im Fahrbetrieb aus.
- Sofortige Wirksamkeit bei verbrennungsmotorischen Fahrzeugen und Plug-in Hybriden (Bestands- und Neufahrzeugflotte)
- Eine spätere Einführung von E-Fuels ab ca. 2040 würde eine wesentlich geringere CO<sub>2</sub>-Reduktion erzielen, da der Fahrzeugbestand dann bereits batterieelektrisch dominiert ist.

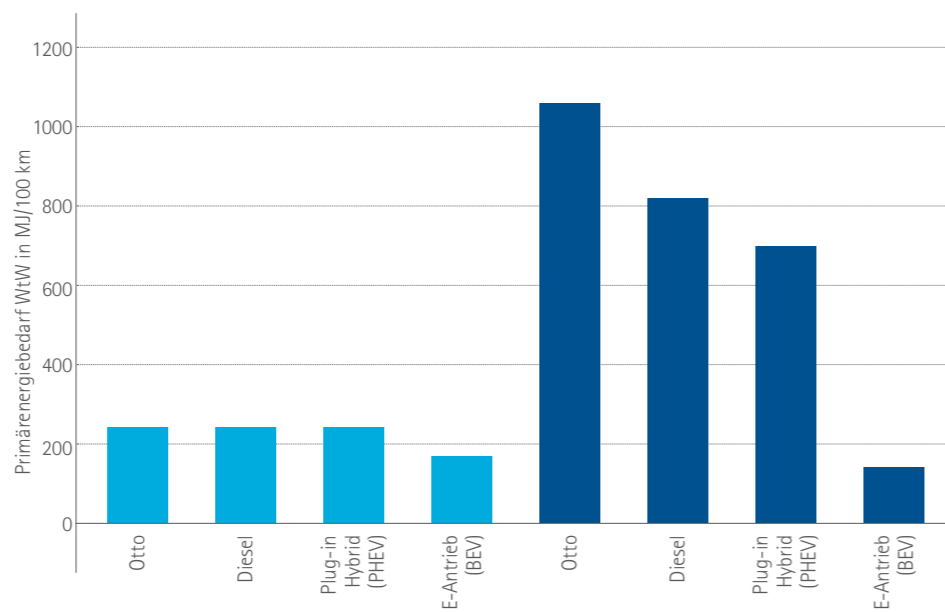
**Schlussfolgerung**

**CO<sub>2</sub>-Budget von 1.500 Mio. wird eingehalten!**

### E-Fuels: Primärenergiebedarf als Herausforderung

Der Einsatz von CO<sub>2</sub>-neutraler Energie in Form von E-Fuels ist mit einem zum Teil erheblichen Anstieg des Primärenergiebedarfs verbunden: durch vorgelagerte Prozesse bei der Gewinnung und Umwandlung von E-Fuels.

Primärenergiebedarf verschiedener Antriebsformen



■ Primärenergiebedarf heute  
■ Primärenergiebedarf Zukunft

Abbildung 6: Primärenergiebedarf (WtW) für verschiedene Antriebsformen der Kompaktklasse (Quelle: IAV GmbH)

### Schlussfolgerung

Die Produktion signifikanter Anteile von E-Fuels erfordert einen deutlich höheren Ausbau CO<sub>2</sub>-neutraler Energiequellen im Vergleich zur direkten Nutzung der CO<sub>2</sub>-neutralen elektrischen Energie im BEV.

Verbrennungsmotorisch angetriebene Fahrzeuge und Plug-in Hybride benötigen ein Vielfaches des erforderlichen Primärenergiebedarfs. Dies ist auf die wirkungsgradseitig deutlich schlechtere Energiewandlungskette zurückzuführen:

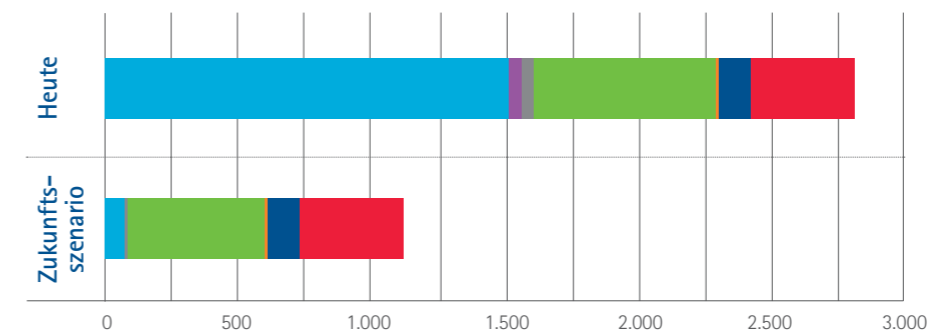
E-Fuels	Batterieelektrisch
Elektrische Energie	Elektrische Energie
CO <sub>2</sub> -Abscheidung & Wasserelektrolyse	-
Kraftstoffsynthese	-
Wandlung des Kraftstoffes im Motor	Nutzung im E-Motor

### E-Fuels: Einsatzmöglichkeiten

Heute fließen mehr als 50 % des Endenergiebedarfs im Transportbereich in die PKW-Flotte. Der Endenergiebedarf für den Transport via LKW und Luftverkehr hat einen Anteil von ca. 40 %.

Künftig wird zwar ein hoher Elektrifizierungsanteil bei PKWs, Zweirädern, Schienenfahrzeugen und Bussen prognostiziert. Aber der Endenergiebedarf im LKW-, Schiff- und Luftverkehr in Deutschland wird in erheblichem Maße aus gasförmigen und flüssigen Kraftstoffen gedeckt werden müssen. Es ergeben sich dadurch rechnerisch ca. 1120 PJ, was ca. 40 % des ursprünglichen Bedarfs entspricht.

Endenergieverbrauch in Petajoule (PJ)



■ Luftverkehr  
■ Internationale Schifffahrt  
■ Binnenschifffahrt  
■ LKW  
■ Busse  
■ Eisenbahn, U-Bahn, Straßenbahn  
■ PKW, Zweiräder

Abbildung 7: Endenergiebedarf nach Transportmitteln und Prognose des Bedarfs an flüssigen und gasförmigen Kraftstoffen auf Basis erneuerbarer Energien (Quelle: IAV GmbH)

### Was ist zu tun?

- 1. Markthochlauf** für CO<sub>2</sub>-neutral hergestellte E-Fuels technologieoffen gestalten und Investitionen in E-Fuels ermöglichen
- 2. CO<sub>2</sub>-Flottengesetzgebung** am Fahrzeug-Lebenszyklus ausrichten – anstatt allein auf Emissionen im Fahrbetrieb (Tank-to-Wheel/TtW)
- 3. Treibhausgas-minderungs-gesetz** ändern und Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch im Verkehrssektor über die EU-weit geforderten 14 % erhöhen
- 4. Erneuerbare-Energien-Richtlinie** (RED – Renewable Energy Directive) ändern, um
  - a. Anreize zum Einsatz von E-Fuels im Transportsektor zu schaffen und die einseitige Fokussierung auf batteriebetriebene Elektromobilität zu beenden
  - b. die Herstellung von E-Fuels auch in Anlagen zu ermöglichen, deren staatliche EEG-Förderung in Deutschland ausläuft

### Schlussfolgerung

Flüssige und gasförmige Kraftstoffe bleiben auch in Zukunft wesentlicher Bestandteil des Verkehrssektors. Die erforderliche Dekarbonisierung führt zu E-Fuels.





Schwarzwald  
Baar  
Heuberg

### **Ansprechpartner**

Martin Schmidt

Stellv. Geschäftsbereichsleiter

Standortpolitik

☎ 07721 922-207

@ martin.schmidt@vs.ihk.de

### **Impressum**

Herausgeber: Industrie- und Handelskammer Schwarzwald-Baar-Heuberg

Copyright: Alle Rechte liegen bei der IHK Schwarzwald-Baar-Heuberg

Bildquellen: Adobe Stock

Redaktion: Martin Schmidt

Gestaltung: WAS WerbeAgentur, Saarlandstr. 38, 78050 Villingen-Schwenningen

Die Analyse ist unter [www.ihk-sbh.de/e-fuels](http://www.ihk-sbh.de/e-fuels) abrufbar

Hinweis: © 2020 IHK Schwarzwald-Baar-Heuberg. Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck oder Vervielfältigung auf Papier und elektronischen Datenträgern sowie Einspeisung in Datennetze nur mit Genehmigung des Herausgebers. Alle Angaben wurden mit größter Sorgfältigkeit erarbeitet und zusammengestellt. Für die Richtigkeit und Vollständigkeit des Inhalts sowie für zwischenzeitliche Änderungen übernimmt die IHK Schwarzwald-Baar-Heuberg keine Gewähr.

📍 **IHK Schwarzwald-Baar-Heuberg** | Romäusring 4 | 78050 Villingen-Schwenningen

@ info@vs.ihk.de

🌐 [ihk-sbh.de](http://ihk-sbh.de)

☎ 07721 922-0