



BÜRO FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG  
BEIM DEUTSCHEN BUNDESTAG

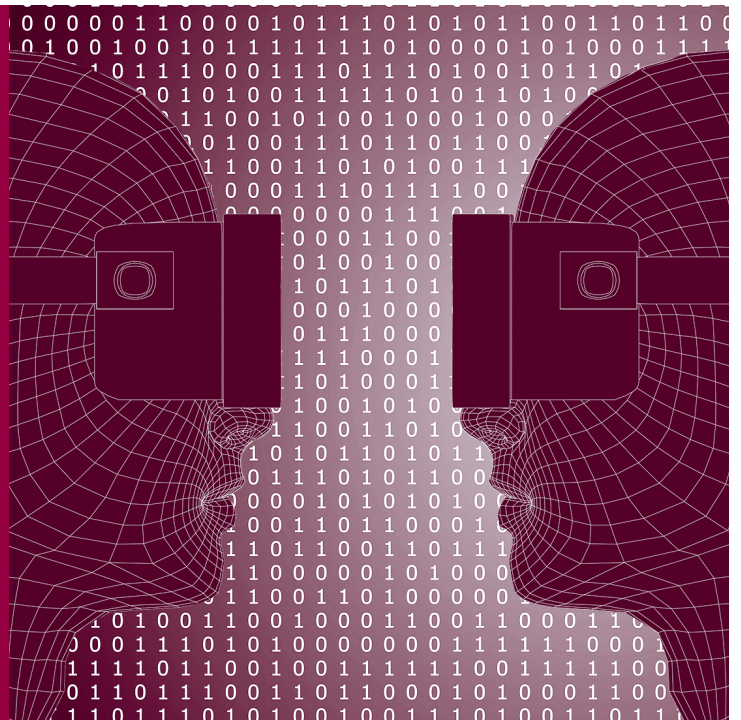
Sonja Kind  
Jan-Peter Ferdinand  
Tobias Jetzke  
Stephan Richter  
Sebastian Weide

# Virtual und Augmented Reality

Status quo,  
Herausforderungen und  
zukünftige Entwicklungen

Zusammenfassung

April 2019  
Arbeitsbericht Nr. 180





Büro für Technikfolgen-Abschätzung  
beim Deutschen Bundestag  
Neue Schönhauser Straße 10  
10178 Berlin

Tel.: +49 30 28491-0  
buero@tab-beim-bundestag.de  
www.tab-beim-bundestag.de

2019

Umschlagbild: Jos Alfonso De Thomas Gargantilla/123rf.com

Papier: *Circleoffset* Premium White

Druck: Wienands Print + Medien GmbH, Bad Honnef

ISSN-Print: 2364-2599

ISSN-Internet: 2364-2602

---

## Zusammenfassung

Der aktuelle Fortschritt im Feld von Virtual Reality und Augmented Reality lässt erwarten, dass die Technologien und ihre vielfältigen Anwendungen im beruflichen wie privaten Alltag zukünftig eine wachsende Rolle spielen werden. Vor diesem Hintergrund beauftragte der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), eine Untersuchung des Themas als TA-Vorstudie durch den Konsortialpartner VDI/VDE-IT durchzuführen.

---

### Methodik

Im Fokus der Vorstudie stehen die Potenziale und Auswirkungen von VR und AR auf zukünftige Arbeits- und Lebenswelten. Methodische Grundlage der Vorstudie sind eine Literatur- und Quellenanalyse sowie 20 Experteninterviews, die von Juli bis September 2017 geführt wurden. Auf dieser Basis werden der Status quo der Entwicklung sowie die wichtigsten Anwendungsfelder von VR und AR beschrieben und Thesen zu übergreifenden technologischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Wechselwirkungen abgeleitet. Abschließend werden die Chancen und Herausforderungen durch VR und AR für Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft bewertet und Handlungsfelder aufgezeigt.

---

### Definition Virtual Reality und Augmented Reality

Als Virtual Reality (VR) wird eine computergestützte, softwaregenerierte Simulation realitätsnaher oder fiktiver Umwelten verstanden, in die Nutzer über die Verwendung geeigneter Hardware eintauchen können. Im Gegensatz dazu handelt es sich bei der Augmented Reality (AR) um eine computergenerierte Erweiterung der wahrnehmbaren Realität, wobei Zusatzinformationen, wie z. B. Texte, Bilder oder virtuelle Objekte, in das Sichtfeld der Nutzer eingeblendet werden.

Die Konzepte von erweiterter und virtueller Realität unterscheiden sich durch den Grad der hervorgerufenen Immersion als das Maß für die Erfahrung des realitätsnahen Eintauchens in eine künstlich geschaffene Umgebung. AR-Anwendungen sind durch eher schwache Immersion gekennzeichnet, das Ziel von VR-Anwendungen ist hingegen naturgemäß eine möglichst starke Immersion.

---

## Entwicklung und aktuelle Bedeutung

Das Thema virtuelle Realität zieht bereits seit den 1990er Jahren großes gesellschaftliches Interesse auf sich. Allerdings konnten zu dieser Zeit die mit VR verbundenen Hoffnungen aufgrund der noch vorherrschenden technologischen Beschränkungen nicht eingelöst werden, sodass der mit dem Thema verbundene Hype sich in den Folgejahren wieder abschwächte. Inzwischen sind die damaligen Barrieren durch zahlreiche technologische Fortschritte maßgeblich überwunden worden. Insbesondere die Leistungsfähigkeit von Grafikprozessoren, Displays und Arbeitsspeichern wurde deutlich verbessert. Zusätzlich befördert die einsetzende Kostendegression der Headsets sowie der VR- und AR-Anwendungen die Diffusion der Technologie in diverse professionelle und private Anwendungsbereiche.

---

## Technologische Grundlagen

VR und AR erfordern unterschiedliche Technologien und Medien zur Eingabe, Verarbeitung, Aus- bzw. Wiedergabe sowie Verbreitung virtueller oder erweiterter Inhalte. Eingabesysteme umfassen beispielsweise Hardwarelösungen zur Erfassung von Eigenschaften von Objekten sowie deren Verortung und Bewegung im Raum. Dies erfolgt z. B. über Kamera- und Trackingsysteme oder Controller. Systeme zur Verarbeitung erschaffen virtuelle Welten, die die wahrgenommene Realität erweitern oder vollständig überlagern. Dazu werden vor allem sogenannte Game Engines eingesetzt, also Entwicklungsumgebungen für Computerspiele. Wesentliche Zielplattformen sind neben PCs auch Spielkonsolen und mobile Geräte, die mit verschiedenen Betriebssystemen laufen können.

Zudem bedarf es spezieller Geräte für die Wiedergabe. Für die visuelle Darstellung komplett virtueller Inhalte werden in der Regel Head-mounted Displays (HMDs) eingesetzt, für die Darstellung erweiterter Inhalte meist Smart Glasses. Eine Ergänzung der visuellen Wahrnehmung bieten Geräte für die akustische oder haptische Wiedergabe. Die Vermittlung haptischer Erfahrungen stellt noch eine große technologische Herausforderung dar. Dabei geht es um das Erleben von Temperaturveränderungen, Luftströmungen oder Beschleunigung, aber auch um das Ertasten von dreidimensionalen Objekten. Noch komplexer und bislang kaum wiederzugeben sind Düfte und Aromen, um den Eindruck des Riechens und Schmeckens zu erzeugen.

Die Bereitstellung und die Verbreitung von Inhalten erfordern spezifische Distributionssoftware und -plattformen. In der Regel sind über diese Plattformen – vergleichbar denen für den Bezug von Software (App Stores) – Inhalte für VR- und AR-Lösungen erhältlich. Die Anbieter HTC, Oculus VR und Sony verfügen über eigene Plattformen.

---

## Wirtschaftliche Bedeutung und Entwicklungen

Die Vorhersagen von Beratungsunternehmen, Branchenverbänden und Investoren zur wirtschaftlichen Entwicklung von VR und AR gehen eindeutig in Richtung Wachstum. Allerdings lässt sich aus den entsprechenden Marktstudien keine quantitativ eindeutige Prognose ableiten, weil sie sich in Bezug auf die Aussagen zu Marktanteilen, dem Ausmaß der wirtschaftlichen Potenziale sowie dem Zeitpunkt der Realisierung und der wirtschaftlichen Bedeutung einzelner Branchen zum Teil deutlich unterscheiden.

Derzeit ist der Markt für VR und AR in erster Linie durch VR-Hardware und kommerzielle VR-Anwendungen im Bereich Games geprägt. Laut aktuellen Marktprognosen dürfte sich dies aber bald ändern, weil die Kommerzialisierung von AR ebenfalls ansteigt. Ferner werden Anwendungen wichtiger. Das Verhältnis der durch Hard- und Software erzeugten Wertschöpfung mit VR und AR wird sich somit deutlich in Richtung Anwendungen verschieben. Dabei sollen ca. 60 % der global erzielten Umsätze bis 2025 auf den Konsumentenbereich (Business to Consumer [B2C]) entfallen und 40 % auf den Geschäftsbereich (Business to Business [B2B]). Zentrale Sparten für VR und AR werden in den nächsten Jahren Computer- und Videospiele zusammen mit Liveevents und Videoentertainment darstellen. Weitere wesentliche Wachstumspotenziale werden in den Marktsegmenten Produktion und Handel (einschließlich Immobilien) erwartet, gefolgt von den Sektoren Bildung und Militär.

Die kommerziellen Entwicklungen bei VR und AR werden zuvorderst von großen Technologiekonzernen vorangetrieben. Dies sind einerseits Akteure, die hochwertige HMDs vertreiben, wie Sony PlayStation VR, HTC Vive, Oculus Rift, Microsoft HoloLens, und andererseits Unternehmen, die preiswertere Brillen anbieten, wie z. B. die Samsung Gear VR oder die sehr preiswerte und einfache Google Cardboard, in die ein Mobiltelefon integriert wird. Hinzu kommen weitere Anbieter, die Zusatzgeräte, wie Kameras oder Sensoren bzw. Infrastrukturen für die Verbreitung der Applikationen und Inhalte bereitstellen, darunter Valve Steam, Google VR, YouTube, Apple iTunes. Neben den großen Technologieanbietern wird das Feld seit einigen Jahren auch stark von Start-ups geprägt.

---

## Anwendungsfelder und -beispiele

Es gibt viele Anwendungsfelder und -beispiele von VR und AR im privaten und professionellen Bereich (Kasten). VR- und AR-Anwendungen werden unter anderem einen Einfluss darauf haben, wie zukünftig Fußballspiele oder Nachrichten gesehen werden, mit welchen Mitteln eine medizinische Behandlung erfolgt, wie Produkte präsentiert und gekauft oder wie Maschinen konstruiert und gewartet werden.

## Anwendungsfelder und -beispiele von VR und AR

*Medien und Unterhaltung:* Computerspiele, soziale virtuelle Realität, Film und Fernsehen, Pornografie, standortbezogene Unterhaltung (Location-based Entertainment), Bildungsunterhaltung (Edutainment), Kunst, immersiver Journalismus, Übertragung von (Live-)Veranstaltungen

*Arbeit und Produktion:* Assistenzsysteme für Produktion und Wartung, Logistik, Design, Prototypenentwicklung (Prototyping), Produktentwicklung, virtuelle Geschäftstreffen und Konferenzen, Visualisierung komplexer Daten, Assistenzsysteme für Mobilität und Verkehr, Visualisierung von Bauprojekten, Simulation und Training

*Handel und Konsum:* Werbung und Marketing, Produktpräsentation und -vertrieb, virtuelle Geschäfte und Kaufhäuser

*Medizin und Pflege:* Therapie psychischer Erkrankungen, Schmerzkontrolle, Unterstützung bei Rehabilitation und Demenz, Assistenz bei Diagnosestellung und Operationen

*Schutz und Sicherheit:* militärisches Einsatztraining, Kriegsführung und Behandlung von Nachkriegseffekten, Vorbereitung von Rettungseinsätzen und Katastrophenschutz

*Schule und Hochschule:* Visualisierung von Lehrinhalten

---

## Chancen

Im Bereich VR und AR ist die deutsche *Wissenschaft* durch viele Forschungsprojekte, Publikationen und ihre führende Rolle in Fachgremien im internationalen Forschungsdiskurs gut positioniert. Auch die anwendungsnahe Forschung und die technologische Entwicklung unter Beteiligung von Unternehmen sind im europäischen Vergleich sehr gut aufgestellt. Insbesondere die Institute der Fraunhofer Gesellschaft sind europaweit maßgeblich an Förderprojekten mit Bezug zu VR und AR beteiligt. Perspektivisch ergeben sich Chancen daraus, dass die deutsche Forschung und Entwicklung in Bereichen wie z. B. Medizin oder industrielle Anwendungen eine Wissensführerschaft erlangen und den internationalen Diskurs entscheidend mitprägen. Da sich in Deutschland bereits eine vergleichsweise interdisziplinäre Wissenschaftscommunity mit VR und AR beschäftigt, hat auch die Forschung zu sozialen und ethischen Fragestellungen hinsichtlich der Nutzung von VR und AR eine gute Ausgangsposition und kann somit auch zukünftig eine wichtige Rolle im internationalen Kontext spielen.

In der *Wirtschaft* bieten VR und AR durch ihre breiten Anwendungsmöglichkeiten für viele Branchen große Innovations- und Entwicklungspotenziale.

VR und AR werden neue Märkte erzeugen und bestehende Märkte verändern. Die Akteure des deutschen Innovationssystems können sich in diesem Prozess vor allem durch die Entwicklung und Vermarktung von Anwendungen im B2B-Bereich, wie z. B. im Industriekontext (etwa für Assistenzsysteme in der Produktion; siehe Kasten) oder in der Medizin, gut im internationalen Wettbewerb positionieren. Erfolgt die ökonomische Wertschöpfung aktuell insbesondere über VR- und AR-Hardware, wird sie sich zukünftig klar in Richtung der Inhalte verschieben, wodurch sich neue Entwicklungspotenziale ergeben.

Da die Märkte für anwendungsspezifische Lösungen und Technologien aktuell erst entstehen und sich große Technologiekonzerne bislang auf die Entwicklung von konsumnahen Endgeräten und Inhalten konzentrieren, können sich junge Start-ups vergleichsweise gut in diesem Feld positionieren. Neue Geschäftsmodelle werden in den Bereichen Premium-Apps/Content, In-App-Käufe, E-Commerce, Streamingabonnements, Social VR/Kommunikation, Werbung sowie Auswertung von Nutzerdaten liegen.

Die Chancen durch VR und AR für die *Gesellschaft* ergeben sich primär im Bildungsbereich sowie durch neue Formate und Kanäle sozialer Interaktion. In der schulischen, beruflichen und akademischen Bildung sowie in der (Weiter-)Qualifizierung werden durch VR und AR neue, interaktive Formate der Wissensvermittlung entstehen. Trainieren in virtuellen Szenarien wird dadurch genauso möglich wie die anschauliche Vermittlung von theoretischen Lehrinhalten.

Indem insbesondere VR eine Schnittstelle für ortsunabhängige immersive Kommunikation bildet, kann die Technologie die ohnehin hohe gesellschaftliche Bedeutung digitaler Medien noch weiter ausdehnen. Bei der immersiven Kommunikation tauchen die Nutzer in einen virtuellen Raum ein und interagieren über Avatare, was die Intensität und Körperlichkeit der Kommunikation deutlich verstärkt.

Darüber hinaus ergeben sich mögliche Anwendungen im Gesundheitswesen, z. B. bei der Behandlung psychischer Störungen. Schließlich bieten sich auch Potenziale für die öffentliche Hand, und zwar primär bei der Partizipation (z. B. bei Bauvorhaben) sowie der Prävention und der Sicherheit (unter anderem im Katastrophenschutz und Rettungswesen).

---

## Risiken

Für die deutsche *Wissenschaft* ergeben sich im Kontext von VR und AR aktuell keine wesentlichen Risiken. Um ihre prägende Rolle weiterhin ausfüllen und ggf. ausbauen zu können, muss jedoch der Zugang zu entsprechenden Fördermöglichkeiten gewährleistet bleiben.

Die Risiken für die deutsche Wirtschaft spiegeln in erster Linie den allgemeinen Wettbewerb um Markt- und Innovationsführerschaft im Bereich digitaler Technologien und Geschäftsmodelle wider. Grundsätzlich haben die

großen IT-Konzerne und Hersteller von Unterhaltungselektronik wie Sony, Samsung, HTC oder die Facebooktochter Oculus in diesem Wettbewerb strukturelle Vorteile, da sie Basistechnologien und Systemplattformen, wenn auch noch nicht mit hoher Durchdringung, so doch bereits flächendeckend in konsumnahen Märkten positioniert haben. Dies schränkt die Wertschöpfungsmöglichkeiten für neue Marktakteure und insbesondere kleinere Unternehmen prinzipiell ein und kann perspektivisch auch für deutsche Firmen Abhängigkeiten erzeugen, wenn sie sich z. B mit Spezialanwendungen, die auf den Systemen anderer Hersteller aufsetzen, am Markt durchsetzen wollen.

Die sich generell verdichtende Marktmacht von Konzernen wie Google, Facebook und Apple wird an den Übernahmen innovativer VR- und AR-Startups deutlich. Auch junge deutsche Unternehmen wurden aufgekauft. Sollte sich dieser Trend verstetigen, geht das mit dem Risiko einher, dass sich die kommerzielle Verwertung der in Deutschland entwickelten Technologien und Lösungen weiterhin ins Ausland verlagert.

Mit Blick auf die *gesellschaftlichen Risiken* zeigt sich eine Ambivalenz in den Effekten, die durch das immersive Eintauchen in virtuelle Welten für die Nutzer von VR entstehen können. Während die Technologie einerseits dazu beitragen wird, soziale Isolation durch neue Kommunikationsformen zu überwinden, kann die virtuelle Realität auch zu einem Leben in einer Traumwelt verführen und in Isolation und Entfremdung resultieren. Darüber hinaus können VR- und AR-Inhalte zukünftig ein Werkzeug bzw. Mittel manipulativer Absichten werden und die Nutzer besonders stark beeinflussen. Zudem kann die virtuelle Realität die Gefahr bergen, dass Empathie bzw. die Empfindung gegenüber der Realität abstumpft. Auch wenn die beschriebenen Risiken nicht kausal auf die Nutzung von VR zurückzuführen sind und stark von den Dispositionen der einzelnen Nutzer abhängen, ist doch davon auszugehen, dass die hohe Intensität des Erlebens virtueller Realität die beschriebenen Risiken tendenziell erhöht.

---

## Handlungsfelder

Als neues digitales Medium werfen die Anwendungspotenziale von VR und AR in Wirtschaft und Gesellschaft viele grundlegende Fragen und Probleme der Digitalisierung auf. Aus TA-Sicht ist in diesem Zusammenhang insbesondere relevant, inwiefern die gesteigerte Immersion der virtuellen Realität die möglichen nichtintendierten Nebenfolgen digitaler Medien verschärft. Insgesamt zeichnen sich Handlungsfelder in vier Bereichen ab:

Es ergeben sich rechtliche und regulatorische Fragestellungen maßgeblich zum *Datenschutz*, zur *Datensicherheit*, zum *Urheberrecht* und zu den *Persönlichkeitsrechten* mit Blick auf Belästigung, Mobbing oder Missbrauch. Generell werden Menschen auch in der virtuellen Realität einen umfassenden digitalen Fußabdruck hinterlassen, wobei noch ungeklärt ist, welche Daten gesammelt



und zu welchen Zwecken diese letztlich genutzt werden. Darüber hinaus stellen VR- und AR-Anwendungen auch den Schutz persönlicher und professioneller Daten vor neue Herausforderungen: So kann z. B. die Nutzung von Smart Glasses in beruflichen Umgebungen Betriebsgeheimnisse oder beim Einsatz in der Medizin hochvertrauliche persönliche Informationen von Patienten betreffen. Wichtige rechtliche Aspekte betreffen auch Urheber- und Verwertungsrechte für den virtuellen Raum. Es ist noch zu klären, wie sich Produzenten von VR-Inhalten urheberrechtlich gegenüber Auftraggebern und Ansprüchen Dritter absichern können. Ferner ist der Umgang mit sexuellen Übergriffen und Cybermobbing im virtuellen Raum ein relevantes Thema. Der im Vergleich höhere Immersionsgrad, das Erleben aus der Ich-Perspektive und die daraus resultierende stärkere Identifikation mit dem eigenen Avatar in der sozialen VR führen dazu, dass Belästigungen im virtuellen Raum wahrscheinlich noch stärker empfunden werden könnten. Zum jetzigen Zeitpunkt sind die zahlreichen rechtlichen und ethischen Fragen jedoch noch weitgehend unbeantwortet und bedürfen eines gesellschaftlichen Diskurses bis hin zur Verabschiedung klarer Regeln und Gesetze.

In Anbetracht der wirtschaftlichen Relevanz des Themas und des intensiven internationalen Wettbewerbs um die Technologie- und Wissensführerschaft stellt es für das deutsche Innovationssystem trotz der guten Positionierung eine grundsätzliche Herausforderung dar, diese Potenziale tatsächlich zu erschließen und nachhaltig zu sichern. Ein Handlungsfeld liegt demzufolge im Bereich *Forschung, Entwicklung und Standardisierung/Normung*. Für die zukünftige Förderung in Deutschland würde es sich anbieten, interdisziplinäre, anwendungsbezogene Forschung in B2B-Bereichen zu unterstützen, in denen Deutschland traditionell stark ist. Schwerpunkte könnten in der Medizin/Medizintechnik, im Maschinenbau, im Bausektor sowie generell in der Produktion, Automatisierung und Industrie 4.0 liegen. Mit Blick auf den B2C-Bereich könnten sich weitere Potenziale durch eine spezifische Förderung von (Serious) Games, geeignete Anwendungen für Konsumenten oder Social VR ergeben.

Besonderes Augenmerk sollte in diesem Zusammenhang auf die Einbindung von kleinen und mittleren Unternehmen in die Technologieentwicklungen gelegt werden. Darüber hinaus bietet sich die Integration von Start-ups in VR- und AR-Förderprojekte genauso an wie eine spezifisch ausgerichtete, technologiefokussierte Förderung von Unternehmensgründungen und deren wirtschaftlicher Entwicklung. Ferner besteht Bedarf für die Standardisierung von Formaten und für die Etablierung von Entwicklungsschnittstellen. Aktuell versuchen Anbieter wie Oculus oder HTC auf Basis ihrer Geräte und Inhalte möglichst viele Nutzer an ihre proprietären technologischen Systeme zu binden.

Die genaueren *physischen und psychischen Folgen* von längeren Aufenthalten in der virtuellen Realität und deren kausalen Wechselwirkungen mit der Nutzung virtueller Technologien sind noch weitgehend unbekannt. Angenom-



mene Folgen, die bei (sehr langen) Aufenthalten in virtuellen Umgebungen eintreten könnten, sind Persönlichkeitsveränderungen, ein Gefühl der Entfremdung, soziale Isolation sowie körperliche Auswirkungen. Die psychischen und neuronalen Effekte, der Einfluss auf das Sehvermögen, insbesondere bei Kindern und Jugendlichen, sowie ein möglicher Einfluss auf das Verhalten sind ebenfalls noch ungeklärt und bedürfen weiterer Forschung.

VR- und AR-Technologien ermöglichen perspektivisch einen Missbrauch durch *Manipulation*. Diese ist in verschiedenen Varianten vorstellbar, von der Beeinflussung des Kaufverhaltens bis hin zu einer gezielten Täuschung, indem z. B. Objekte oder Umgebungen bewusst falsch dargestellt werden. Hier bedarf es einer Schulung der Medienkompetenz von Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen und eine grundlegende Aufklärung darüber, wie und durch wen Inhalte manipuliert werden können. Kinder, Jugendliche und auch Erwachsene sollten in der Lage sein, Inhalte, Angebote und Möglichkeiten, die aus der virtuellen Welt stammen, kritisch zu bewerten und einordnen zu können.

Ein möglicher Ansatz für die Beglaubigung des Wahrheitsgehalts und für die Seriosität der Herkunft der dargestellten virtuellen Inhalte und damit für den Qualitätsnachweis der dahinter liegenden Daten könnte z. B. in einem Qualitätssiegel bestehen.





**BÜRO FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG  
BEIM DEUTSCHEN BUNDESTAG**

Karlsruher Institut für Technologie

Neue Schönhauser Straße 10  
10178 Berlin

Tel.: +49 30 28491-0  
[buero@tab-beim-bundestag.de](mailto:buero@tab-beim-bundestag.de)  
[www.tab-beim-bundestag.de](http://www.tab-beim-bundestag.de)  
[@TABundestag](https://www.instagram.com/TABundestag)