

LABO

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz

Ständiger Ausschuss „Vorsorgender Bodenschutz“ (BOVA)

Plastik in Böden

Kenntnisstand und Defizitanalyse

Kenntnisnahme durch die Umweltministerkonferenz am 30. Dezember 2021

Ständiger Ausschuss "Vorsorgender Bodenschutz" (BOVA) der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO)

Bearbeitet durch die BOVA-Redaktionsgruppe:

Elisabeth Oechtering (Obfrau, BOVA-Vorsitzende)	Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft Hamburg
Dr. Josef Backes	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz
Dr. Ingo Böttcher	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
Dr. Olaf Düwel	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz
Dr. Martin Hoppe	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover
Karen Kiehn	Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft Hamburg
Dr. Dieter Koch	Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz
Dr. Martin Schaumann	Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin
Dr. Caroline Scholze	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein.
Dr. Katrin Scholz	Umweltbundesamt, Dessau
Prof. Dr. Jens Utermann	Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

0. VORBEMERKUNG - VERANLASSUNG

Kunststoffe sind vielseitig einsetzbar und erleichtern das Leben in vielen Bereichen. Umgangssprachlich hat sich der Begriff „Plastik“ etabliert.¹ Zum Problem kann Plastik werden, wenn es in Ökosysteme eingetragen, akkumuliert und von Organismen aufgenommen wird. Dies ist insbesondere bei Partikeln der Fall, die aufgrund ihrer geringen Größe kaum oder gar nicht mit dem bloßen Auge erkennbar sind - sogenanntes Mikroplastik². Definitorisch wird als obere Grenze für die Größe von Mikroplastik in der Regel 5 mm angegeben. Größere Plastikteile werden häufig als Mesoplastik (5-25 mm) oder Makroplastik (>25 mm) bezeichnet.

Darüber hinaus wird zwischen primärem und sekundärem Mikroplastik unterschieden. Das primäre Mikroplastik ist bestimmten Produkten wie z.B. Kosmetika, Beschichtungen oder Farben bewusst zugesetzt, um deren Eigenschaften zu verändern. Im Gegensatz dazu entsteht sekundäres Mikroplastik durch die physikalische, chemische oder biologische/biochemische Zerkleinerung von Plastik.

In den letzten Jahren gab es bereits zahlreiche Studien zu (Mikro-)Plastik in Meeren und Gewässern, jedoch noch verhältnismäßig wenige Untersuchungen zum Gehalt und vor allem zur Wirkung von Plastik in terrestrischen Ökosystemen – wie dem Boden. Dies ist u.a. der Tatsache geschuldet, dass die Analytik anspruchsvoller ist und keine standardisierten Probenahme- und Analysemethoden vorliegen. Erste Untersuchungen und belastbare Abschätzungen zum Eintrag von Plastik in Böden zeigen, dass der Boden einem massiven Eintrag von Plastik ausgesetzt ist und sich Plastik im Boden akkumuliert.

Wenngleich Gehalte von Plastik und insbesondere Mikroplastik in Böden und dessen Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit weitgehend unbekannt sind, sollten die damit verbundenen Risiken nicht ignoriert werden, auch weil in den Boden eingetragenes Plastik aus heutiger Sicht nicht zurückgeholt bzw. entfernt werden kann.

Die LABO ist der Auffassung, dass dem Thema Plastik in Böden eine größere Aufmerksamkeit gewidmet werden muss. Sie hat den Ausschuss „Vorsorgender Bodenschutz“ (BOVA) gebeten, eine Defizitanalyse vorzunehmen und ausführlich über den Kenntnisstand zum Thema Plastik in Böden zu berichten.³

Seitens des Umweltbundesamtes wurden in den vergangenen Jahren umfassende Berichte und Analysen zum aktuellen Kenntnisstand sowie über die relevanten Eintragspfade von Plastik in Böden vorgelegt. Auf die unten genannten Veröffentlichungen wird weitgehend Bezug genommen.

¹ In diesem Dokument werden die unterschiedlichen Bezeichnungen Plastik, Kunststoffe, die aus dem Reifenabrieb stammenden Elastomere und auch die synthetischen Polymere (z.B. in Düngemitteln und Saatgut) unter den Begriffen „Plastik“ bzw. „Kunststoff“ subsummiert.

² Kunststoffpartikel < 1 µm werden als Nanopartikel bezeichnet.

³ Beschluss auf der 58. LABO, TOP 12

1. Ein- und Austräge von Plastik in die Umwelt und in Böden

Die relevanten Eintragspfade von Plastik in die Umweltmedien sind in qualitativer Hinsicht hinreichend bekannt. Dagegen lässt sich mit Blick auf die Quantität der Einträge derzeit noch nicht belastbar beziffern, zu welchem Anteil sie zu Einträgen in die Böden beitragen.

Einige Studien legen nahe, dass Böden bereits eine weitaus größere Senke für Plastik darstellen als Gewässer.

Reifenabrieb wird als die mit Abstand quantitativ größte Eintragsquelle für Plastik in die Umwelt gesehen. Das UBA beziffert den Eintrag in Deutschland im Mittel auf rund 143 Tausend Tonnen pro Jahr, was 72 % der gesamten Plastikeinträge in die Umwelt entspricht.[2] Es wird geschätzt, dass davon etwa die Hälfte auf Böden gelangt, wobei hier in erster Linie die Bannkette und die daran unmittelbar angrenzenden Böden betroffen sind.[4]

Weitere relevante Quellen für Einträge in die Böden sind in Deutschland beispielsweise Geotextilien, Klärschlämme, Komposte, Gärreste, Düngemittel, Granulate aus Kunstrasenplätzen, Kunststoffprodukte im Gartenbau und in der Landwirtschaft sowie der Bauwirtschaft. Als Quellen für Kunststoffeinträge in die Umwelt werden weiterhin u.a. Reinigungsmittel, Kosmetika sowie Farben und Beschichtungen genannt, die über verschiedene Wege ihren Eingang in den Boden finden. Darüber hinaus gibt es Eintragspfade, die zwar wohl im Vergleich zu den o.g. Quellen eine insgesamt untergeordnete Rolle spielen, aber lokal zu erheblichen Einträgen führen können (z.B. beim Rückbau von Windenergieanlagen durch die unsachgemäße Zerlegung der Rotorblätter). Punktuell bedeutsam können auch Einträge durch Littering und illegale Abfallentsorgungen sein.

Abgeschätzte jährliche Eintragsmengen dauerhaft in der Umwelt verbleibender Kunststoff sind für die 30 mengenrelevantesten Eintragsbereiche in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 1: Die abgeschätzten jährlichen Eintragsmengen, dauerhaft in der Umwelt verbleibenden Kunststoffmengen für die 30 mengenrelevantesten Eintragsbereiche ([2], S. 24/25).

Eintragspfad	Quelle/Eintragsbereich	Kunststoffeintrag [t/a]
Eintrag aus beabsichtigt in der Umwelt verwendeten („umweltoffen“ eingesetzten) Kunststoffprodukten und kunststoffhaltigen Produkten	Reifen, KFZ (Abrieb)	143.260 (129.000 - 158.000)
	Rohre	25.410 (4.620 - 46.200)
	Geotextilien	3.500 (2.500 - 4.500)
	Schuhe (Abrieb)	2.400 (1.600 - 3.200)
	Pflanztöpfe	2.285 (415 - 4.150)
	Klärschlamm	2.250 (1.500 – 3.000)
	Komposte	2.230 (1.090 – 3.340)
	Düngemittel	2.025 (1.970 - 2.075)
	Granulat für Kunstrasenplätze	1.930 (1.545 – 2.315)
	Rasengitter	1.790 (325 – 3.250)
	Fahrbahnmarkierungen	1.760 (1.130 - 2.390)

LABO/BOVA Plastik in Böden - Defizitanalyse

	Agrarfolien/Erntefolien	1.650 (300 - 3.000)
	Fahrradreifen	1.095 (820 - 1.370)
	Entwässerungsrinnen (Regenrinnen)	895 (165 – 1.625)
	Zigarettenfilter/-kippen	890 (165 – 1.620)
	Landwirtschaftliche Netze, Schläuche, Vliese	880 (160 – 1.600)
	Sickerblöcke	825 (150 – 1.500)
	Erntegarne	825 (150 – 1.500)
	Bautenfarben	700 (350 – 1.049)
	Palisaden	650 (325 - 975)
	Fußplatten (Bakenfüße)	500 (250 - 759)
	Spielgeräte/Spielzeug	500 (250 - 75)
	Kosmetika	490 (475 - 500)
	Silagefolie	460 (230 - 690)
	Teichfolien	460 (83 - 830)
	Kabelummantelungen	395 (200 - 590)
	Verbisschutz	275 (50 - 500)
	Drainage	230 (40 - 415)
	Baufolien	200 (100 -300)
Eintrag aus dem Littering von Kunststoffabfällen	Achtlos weggeworfene („gelitterte“) Kunststoffe, sowie inklusive Abfälle der illegalen Entsorgung, verlorenegegangene Produkte etc.	1.500 (650 - 13.100)

Plastik wird in der Umwelt überwiegend sehr langsam abgebaut. Für Plastik in Böden kommt hinzu, dass eine fehlende Photodegradation durch Sonnenlicht die Abbauezeiten signifikant verlängern kann. Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass sich Plastik in Böden bei unveränderten Einträgen über die Zeit anreichert.

Auch vermeintlich biologisch abbaubares Plastik ist kritisch zu sehen. Relevante Abbauprozesse setzen nur unter höheren Temperaturen, wie sie bei industriellen Rotteprozessen erreicht werden, ein. Bevor der Einsatz von mehr „Biokunststoffen“ in Erwägung gezogen werden kann, ist ein belastbarer Nachweis zu erbringen, dass diese auch tatsächlich vollständig und unschädlich biologisch abgebaut werden. Denn unter den heutigen Anlagenbedingungen werden sie ihrem Anspruch der Abbaubarkeit bei gleichzeitiger Funktionserfüllung nicht gerecht.

2. Gefährdungspfade – Forschungssachstand

Die Untersuchung von Plastik in Böden unterliegt noch keinen standardisierten Analyseverfahren. Von der Probenahme über die Probenaufbereitung bis hin zur Detektion fehlen verbindliche Konventionen. Die Erarbeitung und Etablierung von geeigneten, standardisierten Probenahme- und Analyseverfahren ist aber eine wesentliche Voraussetzung dafür, dass künftig belastbare Aussagen über die Gehalte, die Verteilung und die Bewertung von Plastik in Böden getroffen werden können. Derzeit noch stark schwankende Angaben zu Gehalten in Böden sind auch darauf zurückzuführen, dass nur wenige und zudem kaum vergleichbare Untersuchungen vorliegen, und noch weitgehend mit interessensgeleiteten Schätzungen gearbeitet wird.

Das Deutsche Institut für Normung (DIN) hat Anfang 2021 einen Ausschuss gegründet, der sich in vier Arbeitskreisen (Probenahme und Probenvorbereitung, Spektroskopische Verfahren, Thermoanalytische Verfahren und Ökotoxikologische Verfahren) mit der Standardisierung von Probenahme und Analyseverfahren auch in der Umweltmatrix „Boden“ beschäftigt.⁴

Erste Untersuchungen zeigen, dass Plastik von Pflanzen und Bodenlebewesen aufgenommen wird und sich in der Nahrungskette anreichern kann. Darüber hinaus wird von physikalischen und chemischen Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und Menschen berichtet. Verantwortlich dafür sind auch die zahlreichen additiven Bestandteile in Kunststoffen. Für die mikrobiellen Bodenlebewesen und in Folge für die gesamte Nahrungskette sind z.B. Antioxidanten, Weichmacher, Pigmente, Biozide und Stabilisatoren bedeutsam. Zusätzlich ist davon auszugehen, dass eine Einbindung von Mikroplastik in die organische Substanz des Bodens bzw. in Bodenaggregate stattfindet. Insgesamt besteht hier noch erheblicher Forschungsbedarf.

Mit der Erosion von Bodenmaterial/Humus kann in Böden vorhandenes Plastik in Gewässer oder andere Ökosysteme gelangen. Mikro- und Nanopartikel können zudem mit dem Sickerwasser über den Porenraum im Boden verlagert werden. Es ist in ersten Untersuchungen auch der Transport über präferenzielle Fließwege wie beispielsweise Wurzelkanäle, Wurmgänge und Trockenrisse bis in das Grundwasser beschrieben worden.

⁴ Der Ausschuss NAW/FNK NA 119-01-06 GA „Analytik von Kunststoffen und synthetischen Polymeren in umweltrelevanten Matrices einschließlich Biota“ wurde im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW) in Zusammenarbeit mit dem DIN-Normenausschuss Kunststoffe (FNK) gegründet.

3. Forschungsbedarf

Wichtige Ergebnisse sind aus laufenden Forschungsvorhaben zu erwarten.⁵ Diese sind insbesondere auch im Hinblick auf wichtige bodenbezogene Fragestellungen zu evaluieren.

Im Einzelnen fehlt es derzeit an:

- normierten Methoden zur Probenahme und Bestimmung von Art und Gehalt von Plastik in Böden,
- umfassenden Kenntnissen zum quantitativen Eintrag von Plastik über alle Pfade in den Boden, sowie dessen Verbleib und Abbau (Zeitachse, notwendige Umweltbedingungen) in Böden,
- Umgang mit einer der wichtigsten Eintragsquellen in die Umwelt, dem Reifenabrieb und dem damit belasteten Bankettschälgut, sowie gegebenenfalls angrenzenden mit Mikroplastik belasteten Böden,
- Nachweis, dass „Biokunststoffe“ unter natürlichen Bedingungen vollständig und unschädlich biologisch abgebaut werden,
- Kenntnissen zum Ist-Zustand der Belastung der Böden mit Plastik,
- Technologien zur Sanierung von stark mit Plastik belasteten Böden,
- Aussagen zum Verlagerungsverhalten von Mikroplastik in Böden, auch zum Auswaschungsverhalten von Schadstoffen, gebunden in/an Mikroplastikpartikeln, im Boden und in tieferen Bodenschichten bis hin zum Grundwasser,
- Kenntnissen zum Abtrag von Mikroplastikpartikeln mit erodiertem Bodenmaterial und damit verbundener Einträge in Oberflächengewässer,
- Ergebnissen zur Interaktion von Plastik mit Schadstoffen im Boden,
- Bewertungen der Auswirkungen von Plastik auf die Bodenfunktionen sowie
- Bewertungen der Auswirkungen von Plastik auf die Bodenbiodiversität.

Die Forschungsergebnisse sind unerlässlich, um die Analytik von Kunststoffen in Böden standardisieren und etablieren zu können, quantitative Analysen durchführen und letztlich Vorsorge- und Gefahrenschwellen für den Boden bestimmen zu können.

⁵ Auflistung zu größeren laufenden Vorhaben über Mikroplastik in der Umwelt:

- DFG (seit 2019): MIKROPLASTIK (Sonderforschungsbereich 1357, https://www.dfg.de/gefoerderte_projekte/programme_und_projekte/listen/projektetails/index.jsp?id=391977956).
- BMBF (seit 2018): Plastik in der Umwelt (<https://www.bmbf-plastik.de/de>).
- EU (seit 2021): POLYRISK - Understanding human exposure and health hazard of micro- and nanoplastic contaminants in our environment (<https://cordis.europa.eu/project/id/964766/de>).
- EU (seit 2021): Studying plastic use and pollution in agricultural soils systems (<https://cordis.europa.eu/project/id/955334/de>).

4. Bewusstseinsbildung

Obwohl eine qualifizierte Bewertung der Wirkung von Plastik in Böden bislang nicht möglich ist, reicht die Datenlage aus, „um daraus zu schließen, dass Mikroplastik in Böden einen relevanten und langfristig wirksamen anthropogenen Stressor in terrestrischen Ökosystemen darstellt“ ([3], S. 29).

In Böden ubiquitär eingetragenes und verteiltes Plastik kann nicht mehr mit verhältnismäßigem Aufwand zurückgeholt werden. Daher kommen der Vermeidung und Verringerung des Eintrags und einer dahingehenden Bewusstseinsbildung eine hohe Bedeutung zu. Da die Handlungsmöglichkeiten der Öffentlichkeit jedoch begrenzt sind, bedarf es weiterer Maßnahmen.

Das Thema „Plastik in der Umwelt“ ist medial überwiegend mit dem Thema des Eintrags und der damit verbundenen negativen Auswirkungen in den Meeren und limnischen Systemen verbunden. In der Öffentlichkeit findet das Thema Eintrag von Plastik in Böden wenig Raum.

Die Sensibilisierung der Öffentlichkeit für das Thema Eintrag von Plastik in die Böden bedarf verschiedener Akteure auf Bundes- und Landesebene unter Mitwirkung der einschlägigen Fachgremien, Umweltverbände sowie Medien.

5. Regulatorische Maßnahmen

Die Besorgnis gegenüber potenziellen Wirkungen von Plastik in Böden erfordert vorsorgende Handlungen und die Festlegung von Regularien, um die Eintragsmengen in Böden weitgehend zu minimieren. Wichtig ist auch die möglichst vollständige Rückführung der Materialien in den Nutzungskreislauf (Recycling).

Auf Ebene der EU wird in Kürze über den Vorschlag zur Beschränkung von absichtlich verwendeten Mikroplastikpartikeln im Rahmen der Europäischen Chemikalienverordnung REACH entschieden werden. Der aktuelle Vorschlag würde in den nächsten 20 Jahren schätzungsweise den Eintrag von 500.000 Tonnen Mikroplastikpartikeln in die Umwelt verhindern.⁶ Die Null-Schadstoff-Ziele für 2030 beziehen die Plastikfreisetzung ebenfalls mit ein: Gemäß den EU-Rechtsvorschriften, den Zielen des Grünen Deals sowie in Synergie mit anderen Initiativen soll die EU bis 2030 eine Reduzierung von Kunststoffabfällen im Meer um 50 % und eine Reduzierung des in die Umwelt freigesetzten Mikroplastiks um 30 % erreichen.⁷

Im nationalen Maßstab sind Anpassungen von Regelwerken, wie die Änderung der Düngemittelverordnung und die geplante Novellierung der Bioabfallverordnung wichtige Maßnahmen, die der Reduzierung von Plastikeinträgen in Böden dienen können.

Aus Gründen des vorsorgenden Bodenschutzes ist die Agrarministerkonferenz (AMK) aktuell auf den Bund zugegangen mit der Bitte, durch eine konsequente Vermeidungsstrategie Ein-

⁶ Dokument: <https://www.echa.europa.eu/documents/10162/b56c6c7e-02fb-68a4-da69-0bcbd504212b>.

⁷ Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: „Auf dem Weg zu einem gesunden Planeten für alle, EU-Aktionsplan: „Schadstofffreiheit von Luft, Wasser und Boden“ COM (2021) 400

träge von Kunststoffen und Mikroplastik insbesondere über die Eintragspfade Bioabfall, Kompost und Klärschlamm in landwirtschaftliche Böden zu vermeiden. Die AMK sieht, neben der Reduktion von Reifenabrieb, Littering und Ausweitung der Verbote in der EU-Einwegkunststoffrichtlinie, insbesondere in Maßnahmen wie der Kunststoffminimierung, bei dem schrittweisen Verbot einer bodenbezogenen Klärschlammaufbringung und der Reinhaltung von Komposten sowie Einschränkungen/Alternativen bei der landwirtschaftlichen Foliennutzung, zentrale Elemente für eine Vermeidungsstrategie.⁸

Weitere regulatorische Maßnahmen setzen allerdings die Klärung bislang noch offener Fragen voraus. Sie werden im Kapitel 6 „Weiterer Handlungsbedarf“ dargestellt. Gleichwohl sind aus Sicht des vor- und nachsorgenden Bodenschutzes alle Maßnahmen zu unterstützen, die darauf abzielen, den Eintrag von Plastik in die Böden zu vermeiden.

6. Weiterer Handlungsbedarf

Aus Gründen der Vorsorge besteht ein zwingender Handlungsbedarf:

- in der Standardisierung bzw. Entwicklung von Normen (national und international),
- bei der Sensibilisierung der Öffentlichkeit, der Produzenten und der politischen Entscheidungsebene sowie
- zur Vermeidung weiterer Plastikeinträge in die Umwelt im Allgemeinen und in die Böden im Besonderen.

Insbesondere zu folgenden Punkten wird aus Sicht des Bodenschutzes auf Grundlage der Ausarbeitungen des UBA und in Ergänzung dazu, derzeit Handlungsbedarf gesehen:

- Umgang mit einer der wichtigsten Eintragsquellen in die Umwelt, dem Reifenabrieb und dem damit belasteten Bankettschälgut sowie gegebenenfalls angrenzenden mit Mikroplastik belasteten Böden,
- Schrittweises Verbot der bodenbezogenen Klärschlammverwertung,⁹
- Foliennutzung in der Landwirtschaft und im Gartenbau thematisieren und einschränken, Recyclingwege stärken und die Einarbeitung von Plastik in Böden unterbinden,
- Qualität der anfallenden Bioabfälle mit Blick auf deren Fremdstoffgehalt verbessern (Plastikanteile vermeiden); Technik für Kompostieranlagen entwickeln, mit dem Ziel, Plastik vor der Kompostierung weitestgehend herauszufiltern; Verschärfung der Anforderungen an den maximal zulässigen Plastikgehalt von fertigen Kompostprodukten,

⁸ Agrarministerkonferenz am 11.Juni 2021, Top 12

⁹ Nach Klärschlammverordnung vom 27.9.2017 dürfen Kläranlagen, die das Abwasser von mehr als 100.000 bzw.50.000 Einwohnern behandeln, Klärschlamm noch bis 2029 bzw. 2032 bodenbezogen verwerten. Für kleinere Anlagen gibt es keine zeitliche Begrenzung.

LABO/BOVA Plastik in Böden - Defizitanalyse

- Plastikeinträge in Böden durch Dünge- und Pflanzenschutzmittel, also den Einsatz von Polymeren und deren Verbleib in der Umwelt, zum Thema machen und vermindern,
- Plastikeinträge in Böden durch Verwendung von Plastik auf Reitböden und Sportplätzen thematisieren, unsachgemäßen Plastikeinsatz und die Vermeidung des Austrags von diesen Flächen regeln,
- Plastikeinträge bei Baumaßnahmen durch strikte Vorgaben (z.B. über Normung) verhindern (z. B. sind beim Rückbau von Windkraftanlagen Plastikeinträge insbesondere bei der Zerlegung der Rotorblätter relevant).

Unabhängig davon sind Hintergrundgehalte von Plastik in Böden mit standardisierten Verfahren zu ermitteln und Bewertungskriterien abzuleiten.

7. Zugrunde liegende Veröffentlichungen

- [1] Umweltbundesamt 2019: Fact Sheet „Kunststoffe in der Umwelt“ 04/2019 https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/factsheet_kunststoffe_in_boeden.pdf
- [2] Umweltbundesamt 2020: Kunststoffe in der Umwelt – Erarbeitung einer Systematik für erste Schätzungen zum Verbleib von Abfällen und anderen Produkten aus Kunststoffen in verschiedenen Umweltmedien. UBA Texte 198/2020. Dessau
- [3] Umweltbundesamt 2021: Kunststoffe in Böden. UBA-Texte 128/2021. Dessau
- [4] Verkehr und Infrastruktur umweltgerecht gestalten - Ergebnisbericht des Themenfeldes 2 im BMVI-Expertennetzwerk für die Forschungsphase 2016 – 2019, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Berlin. DOI: 10.5675/ExpNBMVI2020.2020.13