



 VERBAND
KOMMUNALER
UNTERNEHMEN

EU KOMMUNAL-
ABWASSERRICHTLINIE

Kosten der Viertbehandlung zur
Finanzierung durch eine erweiterte
Herstellerverantwortung –
Vorgehensweise und
methodischer Aufbau

Juni 2024 | Petra Zastrow, Vessela Morgenstern,
Markus Kremer



01

AUSGANGSLAGE UND ZIELSETZUNG

Die neue EU Kommunalabwasserrichtlinie setzt strengere Anforderungen an die Abwasserbehandlung und stärkt das Verursacherprinzip

Ausgangssituation – unser Fokusthema

- Eine **Viertbehandlung** wird abhängig von der **Größe der Anlage und der Empfindlichkeit des Gebiets**, in dem die Einleitung erfolgt, zeitlich abgestuft für **bestimmte Kläranlagen vorgeschrieben**. Die genauen Anforderungen zur Reduzierung von Spurenstoffen werden durch die Kommunalabwasserrichtlinie vorgegeben.
- **Hersteller von Arzneimitteln und Körperpflegeprodukten** müssen sich an den **Kosten der Viertbehandlung beteiligen** (erweiterte Herstellerverantwortung). Mindestens 80 Prozent der **vollen Kosten für den Ausbau und den Betrieb** der Viertbehandlung sind durch die erweiterte Herstellerverantwortung abzudecken.
- Betriebskosten und Teile der Investitionskosten sollten auch für **die bei Inkrafttreten der Richtlinie bereits bestehenden Viertbehandlungen ("First Mover")** abgedeckt werden.

Revision der Europäischen Kommunalabwasserrichtlinie

Stärkung des Verursacherprinzips

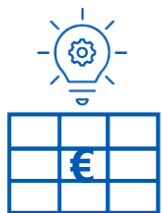
Die finanziellen Auswirkungen potenzieller Umsetzungsszenarien werden als Grundlage für die politische Beratung dargestellt

Zielsetzung



SZENARIOANALYSE

Identifikation von Szenarien zur Umsetzung der EU Kommunalabwasserrichtlinie hinsichtlich Kosten und Zeit zum Ausbau und Betrieb der Viertbehandlung



FINANZMODELL

Ermittlung finanzieller Auswirkungen von zu erwartenden Ausbaupfaden entsprechend der Szenarioanalyse als Grundlage für die Umsetzung der erweiterten Herstellerverantwortung

A high-speed photograph of a water droplet hitting a surface, creating a crown-shaped splash with concentric ripples. The background is a solid blue color. A yellow rectangular box is positioned in the upper right corner, containing the text.

03

GRUNDLAGEN-
ERMITTLUNG UND
DEFINITION VON
SZENARIEN

Die Clusterung der Kläranlagen in Größenklassen erfolgt anhand der Vorgaben aus der Kommunalabwasserrichtlinie

Clusterung der Kläranlagen in Deutschland*

Größenklassen: Anzahl und durchschnittliche Ausbaugröße

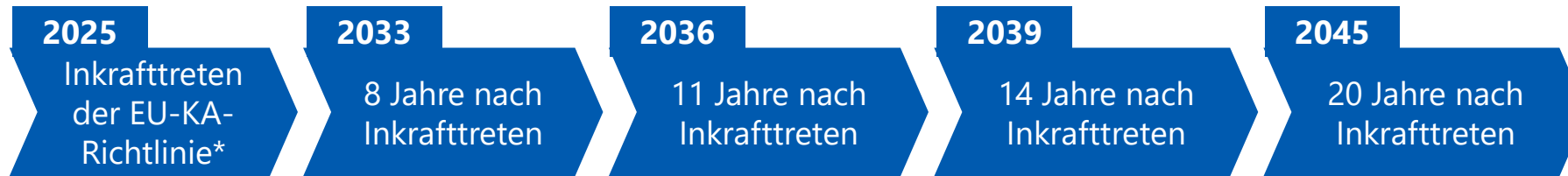
Ausbaugröße	Anzahl	Durchschnittliche Anlagengröße [Tm ³]
> 200.000 EW	111	27.474
150.000 – 200.000 EW	45	8.095
100.000 – 150.000 EW	80	6.667
35.000 – 100.000 EW	601	3.356
10.000 – 35.000 EW	1.390	1.271
Ausbaugröße (nach Artikel 8 KARL)	Anzahl	Gewichtete durchschnittliche Anlagengröße [Tm ³]
10.000 – 150.000 EW	2.071	2.084
> 150.000 EW	156	21.834

Größenklassen der Kläranlagen

- Für die weitere Betrachtung sind gemäß Artikel 8 KARL nur die Anlagen > 10.000 EW relevant
- Die Anzahl der Anlagen in den unterschiedlichen Größenklassen wurde anhand öffentlich zugänglicher Daten ermittelt
- Für die weitere Betrachtung wird zwischen den beiden Größenklassen 10.000 – 150.000 EW und > 150.000 EW zu unterscheiden sein
- In die Ermittlung der Ausbaukosten im Finanzmodell ist die durchschnittliche Ausbaugröße der Anlagen als Input-Parameter erforderlich

Die Kommunalabwasserrichtlinie gibt den Zielrahmen für die Viertbehandlung vor: Bis 2045 muss die Umsetzung stufenweise bis zum Endausbau erfolgen

Umsetzungsszenario gemäß Artikel 8 KARL – Anlagenanzahl mit 4. Reinigungsstufe



* Bereits umgerüstete Anlagen bisher nicht berücksichtigt

- 20% der Einleitungen aus Kläranlagen > 150.000 EW
- 10% aller Gemeinden mit 10.000-150.000 EW in Listengebieten

- 20% der Einleitungen aus Kläranlagen > 150.000 EW
- 30% aller Gemeinden mit 10.000-150.000 EW in Listengebieten

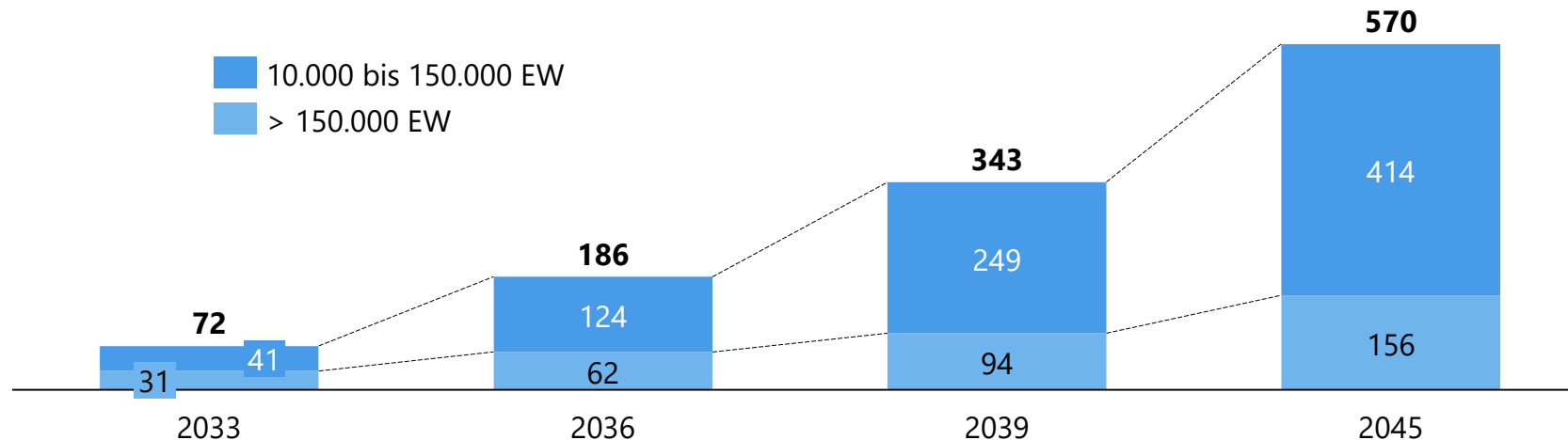
- 60% der Einleitungen aus Kläranlagen > 150.000 EW
- 60% aller Gemeinden mit 10.000-150.000 EW in Listengebieten

- 100% der Einleitungen aus Kläranlagen > 150.000 EW
- 100% aller Gemeinden mit 10.000-150.000 EW in Listengebieten

Ausbauziele gemäß Trilog



- 2033 zuerst 20% der Großanlagen > 150T EW und 10% aller Anlagen 10T-150T EW in Listengebieten, insgesamt 72 Anlagen
- Im Endausbau alle Anlagen > 150T EW und alle Gemeinden > 10T EW in Listengebieten, insgesamt 570 Anlagen



Listengebiete – Annahme: 20% der Anlagen befinden sich in Listengebieten

Die Umsetzung der vierten Reinigungsstufe kann im Wesentlichen durch drei Hauptverfahrenstechniken erfolgen

Mit einer sogenannten 4. Reinigungsstufe können Spurenstoffe in Kläranlagen weitestgehend beseitigt werden

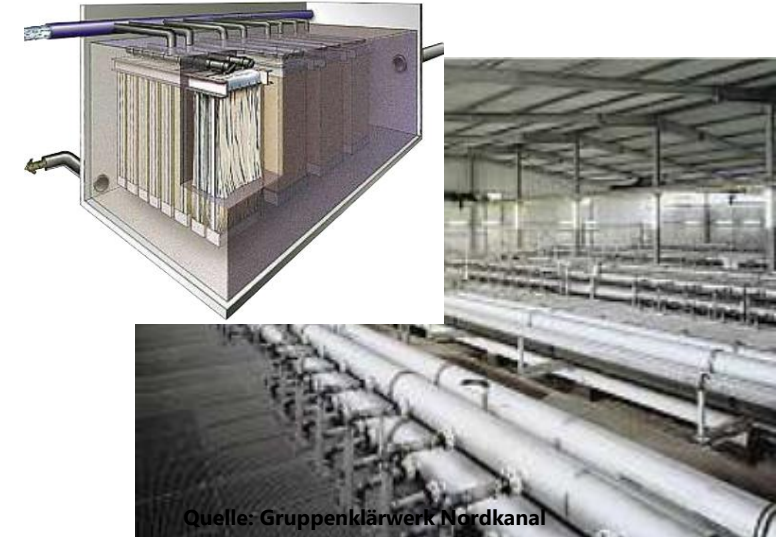
Pulveraktivkohleverfahren (PAK) /
Verfahren mit granulierter Aktivkohle (GAK)



Ozonung



Membranfiltration



- ▶ Für die Kalkulation der Umsetzungsszenarien wird eine **Verteilung der Hauptverfahrenstechniken in erster Näherung** von: 40% GAK/PAK-Filter; 40% Ozonung und 20% Membranfiltration angesetzt
- ▶ Eine Unterscheidung für die Größenklassen in Bezug auf die Verfahrenstechniken wird vorerst nicht angenommen, Kombinationen werden vernachlässigt, Kostenunsicherheit der Membranfiltration ist deutlich höher als die der anderen Verfahren
- ▶ Das Rechenmodell folgt einem **technologieoffenen Ansatz** und orientiert sich nicht ausschließlich an den bereits in Betrieb befindlichen Verfahren
- ▶ Die getroffenen Annahmen zur Verteilung der Verfahrenstechniken werden hinsichtlich der Auswirkungen auf die Umsetzungskosten in einer **Sensitivitätsanalyse** überprüft

A high-speed photograph of a water droplet hitting a surface, creating a crown-shaped splash with concentric ripples. The background is a solid blue color.

04

FINANZIELLE
BEWERTUNG /
MODELLERWEITERUNG

Im zweiten Schritt erfolgt die Erstellung eines parametrierbaren Finanzmodells zur Analyse und Bewertung der ausgewählten Szenarien

Bewertung von Szenarien und Plausibilisierung



Erstellung eines Finanzmodells

Das Modell dient der Darstellung der **finanziellen Auswirkungen** der unterschiedlichen Umsetzungsszenarien. Es bietet die Möglichkeit zur **Szenarienvariation** und berücksichtigt alle relevanten technischen/kaufmännischen Bewertungsparameter.

Inputparameter

- technische Inputparameter (3 Technologievarianten)
- Investitions- und Betriebskosten
- Finanzierung
- Sonstige Planungsparameter (bspw. Inflation)

Szenariobetrachtung

Das definierte Szenario wird mit Hilfe des Finanzmodells individuell parametriert und bewertet. Ergebnis ist die **Bewertung hinsichtlich der finanziellen Auswirkungen** als Basis für die weitere politische Beratung und Meinungsbildung.

Plausibilisierung

Die **Ergebnisse der Bewertung** wurden mit den **Gremien des VKU** diskutiert und **plausibilisiert**.

FINANCING PERIOD		NAVIGATION				
TABLE OF CONTENT						
TOTAL USES						
EQUITY						
DEBT						
TIMELINE						
Beginning of Period	monthly	01.10.2019	01.11.2019	01.12.2019	01.01.2020	
End of Period		31.10.2019	30.11.2019	31.12.2019	31.01.2020	01.02.2020
Financing months counter	counter	1	2	3	4	5
Model semesters counter	counter	1	1	1	1	1
Number of days in a period	days	31	30	31	31	29
TOTAL USES						
Total Uses Required	000 €	8.860				
Total Uses	000 €	8.860	150	0	1.107	1.109 1.111
EQUITY						
Total Funding Requirement to be funded by equity	000 €	1.260	21	0	157	158 158
Total Equity Balance						
Equity Beginning of Period	000 €	-	21	21	179	337
Equity Injection upfront	000 €	0	-	-	-	-
Equity Injection pro-rata	000 €	0	21	0	157	158 158
Total Equity Injection	000 €	1.260	21	0	157	158 158
Equity End of Period	000 €	1.260	21	21	179	337 495
Equity Used Amount	000 €	1.260				
Check Equity Used Amount = Equity Injection Amount	Check	WAHR				
Check Equity Gearing = 14%	Check	WAHR				
Equity Breakdown						
Share Capital Balance						
Share Capital Outstanding Beginning of Period	000 €	-	13	13	108	203
Share Capital Injection	000 €	760	13	0	95	95
Share Capital Outstanding End of Period	000 €	760	13	13	108	203 298
Shareholders' Loan Balance						
Shareholders' Loan Outstanding Beginning of Period	000 €	-	8	8	71	134
Shareholders' Loan Drawdown	000 €	500	8	0	62	63
Shareholders' Loan Outstanding End of Period	000 €	500	8	8	71	134 196
Check Shareholders' Loan Committed Amount = Shareholders' Loan Used Amount	Check	WAHR				
DEBT						
Total Funding Requirement to be funded by debt	000 €	7.600	129	0	949	951 953
Total Debt Balance						
Outstanding Beginning of Period	000 €	41.514	-	129	129	1.078 2.029
Term Loan Drawdown	000 €	7.600	129	0	949	951 953
Outstanding End of Period	000 €	49.114	129	129	1.078	2.029 2.982
Check Debt Gearing = 86%	Check	WAHR				
Debt Breakdown						

Das definierte Umsetzungsszenario wird in dem Finanzmodell mit definierten Parametern und Kostenfaktoren verknüpft, um die finanziellen Auswirkungen zu ermitteln

Wesentliche Eingangsparameter für das Finanzmodell (1/2)

Betrachtungszeitraum

2025-2046, d.h.:

- alle Investitionsausgaben für den erstmaligen Ausbau der Viertbehandlung sind getätigt worden, Reinvestitionen werden nicht betrachtet
- Betriebskosten werden nicht über die gesamte Lebensdauer der Anlagen betrachtet; ab 2047 Fortführung der Werte aus 2046 zzgl. Inflation im Modell möglich
- Finanzierungskosten werden nicht über die gesamte Finanzierungsdauer betrachtet, ab 2046 auslaufende Finanzierung und somit sinkende Finanzierungskosten p.a. (ohne Betrachtung von Reinvestitionen)

Anzahl Anlagen, Analngen Größen

- Quelle ist www.kommunales-abwasser.de, herausgegeben vom Bundesumweltamt, Daten aus 2020

Technologieverteilung

- Anteil GAK/PAK – 40%, Ozonung – 40%, Membranfiltration – 20%, basierend auf internen Expertenschätzungen
-

Das definierte Umsetzungsszenario wird in dem Finanzmodell mit definierten Parametern und Kostenfaktoren verknüpft, um die finanziellen Auswirkungen zu ermitteln

Wesentliche Eingangsparameter für das Finanzmodell (2/2)

Spezifische Investitionsausgaben (CAPEX) und spezifische Betriebskosten (OPEX)

- Ausgaben/ Kosten für die Technologien PAK/GAK sowie Ozonung basieren auf dem Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Volkswirtschaftlicher Nutzen der Ertüchtigung kommunaler Kläranlagen zur Elimination von organischen Spurenstoffen, Arzneimitteln, Industriechemikalien, bakteriologisch relevanten Keimen und Viren (TP 9)“ aus dem Jahr 2013
- Ausgaben/ Kosten der Membranfiltration basieren auf internen Expertenschätzungen auf Basis von DWA-Berichten

Indexierung von spezifischen Ausgaben/ Kosten auf 2023

- Erzeugerpreisindex gewerblicher Produkte des Statistischen Bundesamtes angewendet (Index = 146)

Inflationierung bis 2045

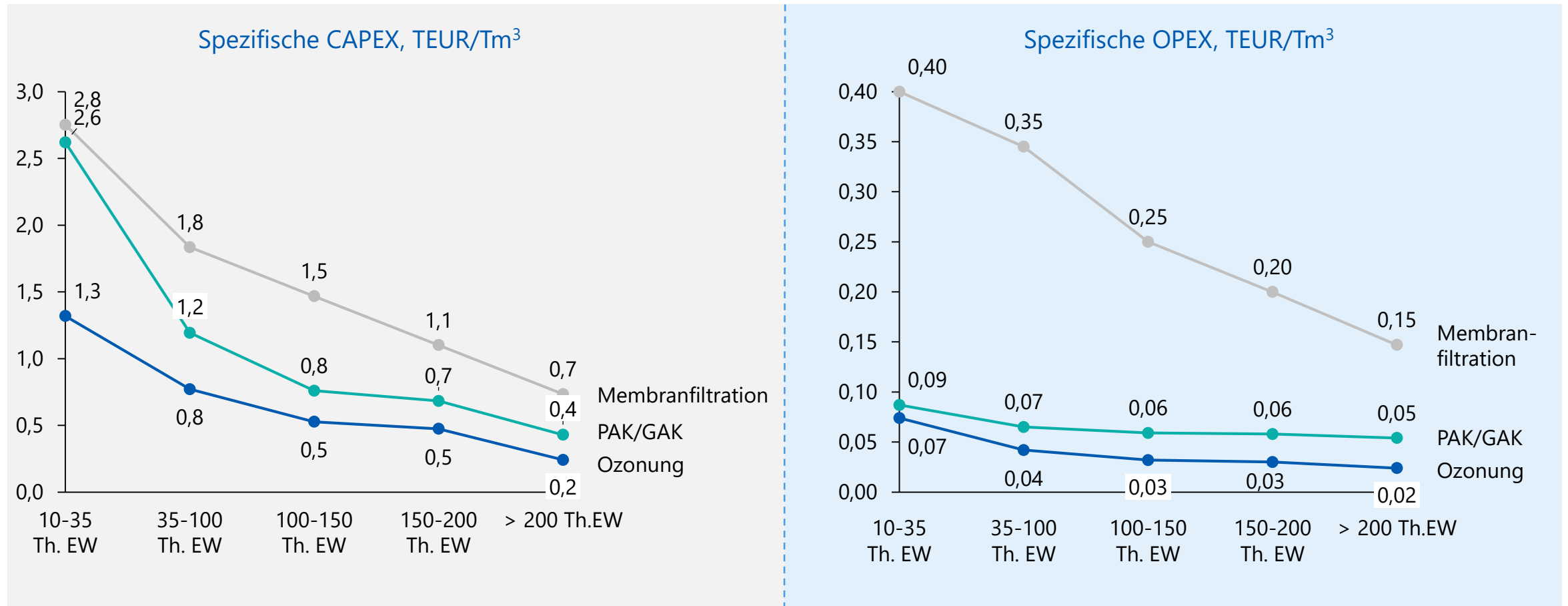
- bis 2027 - Prognose zum Verbraucherpreisindex der Deutschen Bundesbank angewendet
- ab 2028 - Wert aus 2027 fortgeführt (2,2% p.a.)

Kapitalkosten

- Berücksichtigt werden sowohl Eigenkapital- als auch Fremdkapitalkosten - somit 100% Finanzierung mit einem Mischzinssatz (EK und FK) von 5% unterstellt
- Finanzierungsdauer beträgt 10 Jahre

Die spezifischen CAPEX und OPEX pro m³ werden nach Technologieart und Anlagengröße ermittelt oder geschätzt

Spezifische CAPEX und OPEX*



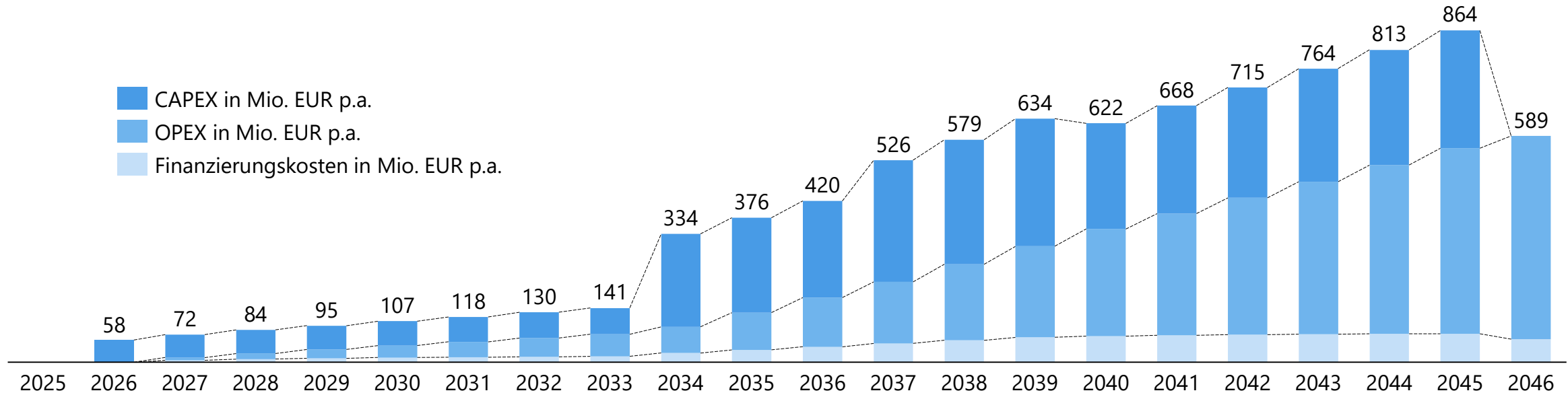
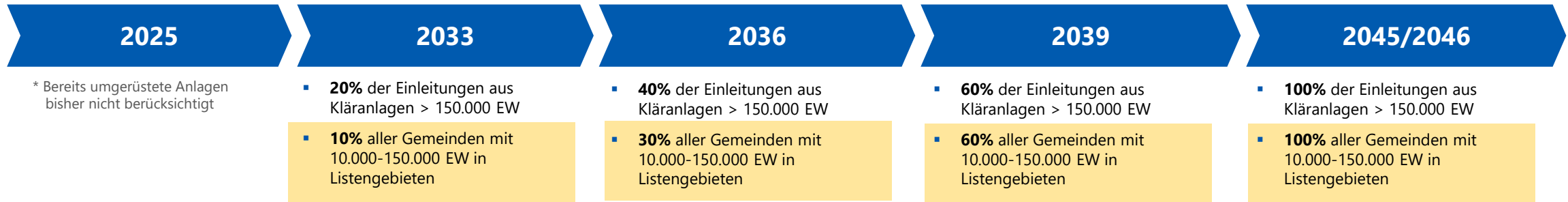
A high-speed photograph of a water droplet hitting a surface, creating a crown-shaped splash with concentric ripples. The background is a solid blue color. A yellow rectangular box is overlaid on the right side of the image.

Analyse 1

INVESTITIONSKOSTEN BEI
AUSBAU / BETRIEBSKOSTEN
WIEDERKEHREND

Die stufenweise Ausrüstung der betroffenen Anlagen in Deutschland ist mit jährlichen Ausgaben verbunden, die bis 2046 kontinuierlich auf 864 Mio. EUR p.a. in der Endausbaustufe ansteigen

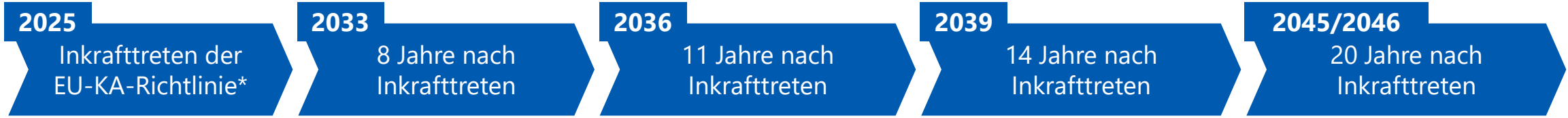
Umsetzungsszenario gemäß Artikel 8 KARL – Ermittlung CAPEX, OPEX, Finanzierungskosten p.a. in Mio. EUR



Listengebiete – Annahme: 20% der Anlagen befinden sich in Listengebieten

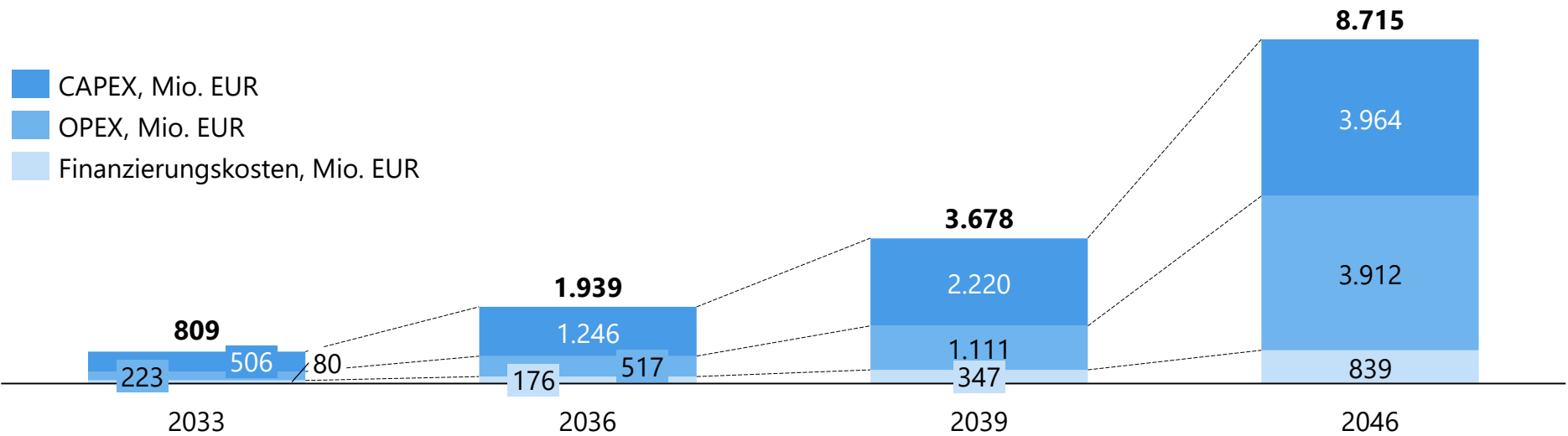
Die kumulierten Ausgaben für die vorgesehene Umsetzung der Viertbehandlung belaufen sich bis 2046 auf insgesamt ca. 8,7 Mrd. €

Umsetzungsszenario gemäß Artikel 8 KARL – Ermittlung OPEX, Abschreibungen, Finanzierungskosten in Mio. EUR – **KUMULIERT**



* Bereits umgerüstete Anlagen bisher nicht berücksichtigt

- 20%** der Einleitungen aus Kläranlagen > 150.000 EW
10% aller Gemeinden mit 10.000-150.000 EW in Listengebieten
- 40%** der Einleitungen aus Kläranlagen > 150.000 EW
30% aller Gemeinden mit 10.000-150.000 EW in Listengebieten
- 60%** der Einleitungen aus Kläranlagen > 150.000 EW
60% aller Gemeinden mit 10.000-150.000 EW in Listengebieten
- 100%** der Einleitungen aus Kläranlagen > 150.000 EW
100% aller Gemeinden mit 10.000-150.000 EW in Listengebieten



Listengebiete – Annahme FMC: 20% der Anlagen befinden sich in Listengebieten

Folgende wesentlichen Ergebnisse ergeben sich in Zusammenfassung der Analyse 1: Investitionskosten bei Ausbau / Betriebskosten wiederkehrend

Fazit

Mit der Kommunalabwasserrichtlinie ist ein **stufenweiser Ausbau der Kläranlagen** vorgesehen, bei dem bis 2045 alle Anlagen > 150.000 EW (156 Anlagen in D) und alle Gemeinden zwischen 10.000 EW und 150.000 EW in Listengebieten* (518 Anlagen in D) **mit einer Viertbehandlung ausgerüstet** werden müssen; unter Annahmen, dass 20% der Anlagen in Listengebieten liegen, sind damit **in Deutschland insgesamt ca. 647 Anlagen** betroffen.

Die **stufenweise Ausrüstung** der Anlagen ist mit jährlichen Ausgaben verbunden, die bis 2046 kontinuierlich auf **864 Mio. EUR p.a.** ansteigen. Dabei gehen die Investitionskosten zum Zeitpunkt des Ausbaus der jeweiligen Anlagen in voller Höhe in die Berechnung ein. Bis 2045 sind alle (Erst-)Investitionen getätigt. Betriebskosten fallen kontinuierlich an und wachsen im Zeitverlauf durch die zunehmende Anzahl in Betrieb befindlicher Anlagen. **Insgesamt belaufen sich die Kosten für Ausbau und Betrieb bis 2046 auf 8,7 Mrd. Euro.**

Die damit für die Anlagenbetreiber verbundenen **Investitionen, Betriebs- und Finanzierungskosten** wurden mit Hilfe eines Finanzmodells unter Betrachtung der relevanten Kostengrößen ermittelt. Ab dem **im Jahr 2045 erreichten Zielausbau** fallen für die 4. Reinigungsstufe weiterhin die **jährlichen Lebenszeitkosten an**. Darüber hinaus entstehen voraussichtlich für die ersten Anlagen Reinvestitionskosten.

* Annahme Listengebiete: 20% der Anlagen befinden sich in Listengebieten



Analyse 2a

KONTINUIERLICHE
ABSCHREIBUNG UND
BETRIEBSKOSTEN

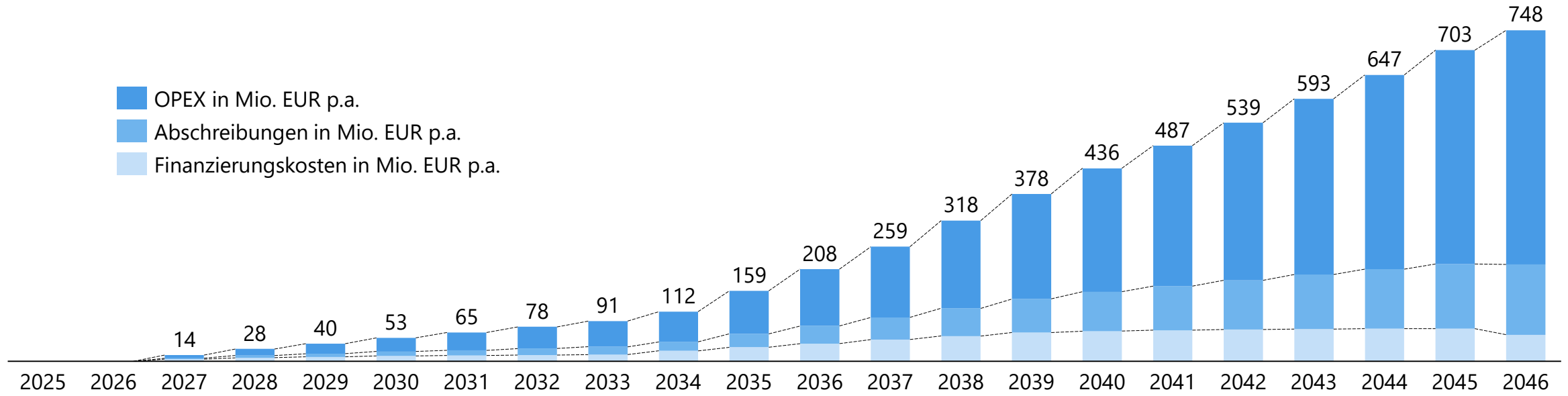
Die stufenweise Ausrüstung der betroffenen Anlagen in Deutschland ist mit jährlichen Aufwänden verbunden, die bis 2046 kontinuierlich auf 748 Mio. EUR p.a. in der Endausbaustufe ansteigen

Umsetzungsszenario gemäß Artikel 8 KARL – Ermittlung OPEX, Abschreibungen, Finanzierungskosten p.a. in Mio. EUR



* Bereits umgerüstete Anlagen bisher nicht berücksichtigt

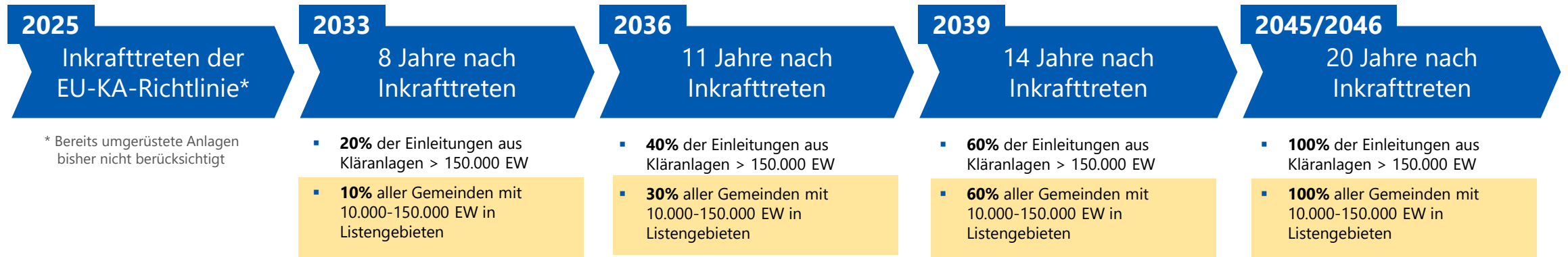
- 2025**
- 2033**
 - 20% der Einleitungen aus Kläranlagen > 150.000 EW
 - 10% aller Gemeinden mit 10.000-150.000 EW in Listengebieten
- 2036**
 - 40% der Einleitungen aus Kläranlagen > 150.000 EW
 - 30% aller Gemeinden mit 10.000-150.000 EW in Listengebieten
- 2039**
 - 60% der Einleitungen aus Kläranlagen > 150.000 EW
 - 60% aller Gemeinden mit 10.000-150.000 EW in Listengebieten
- 2045/2046**
 - 100% der Einleitungen aus Kläranlagen > 150.000 EW
 - 100% aller Gemeinden mit 10.000-150.000 EW in Listengebieten



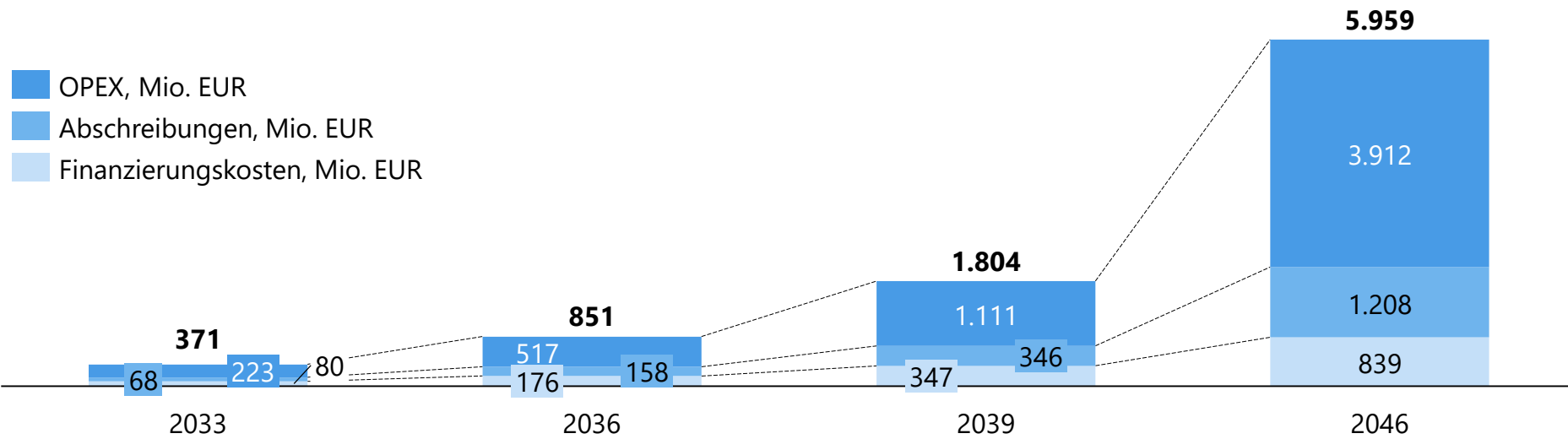
Listengebiete – Annahme: 20% der Anlagen befinden sich in Listengebieten

Die kumulierten jährlichen Kosten für die gemäß Trilog vorgesehene Umsetzung der vierten Reinigungsstufe belaufen sich bis 2046 auf insgesamt ca. 6 Mrd. €

Umsetzungsszenario gemäß Artikel 8 KARL – Ermittlung OPEX, Abschreibungen, Finanzierungskosten in Mio. EUR – **KUMULIERT**



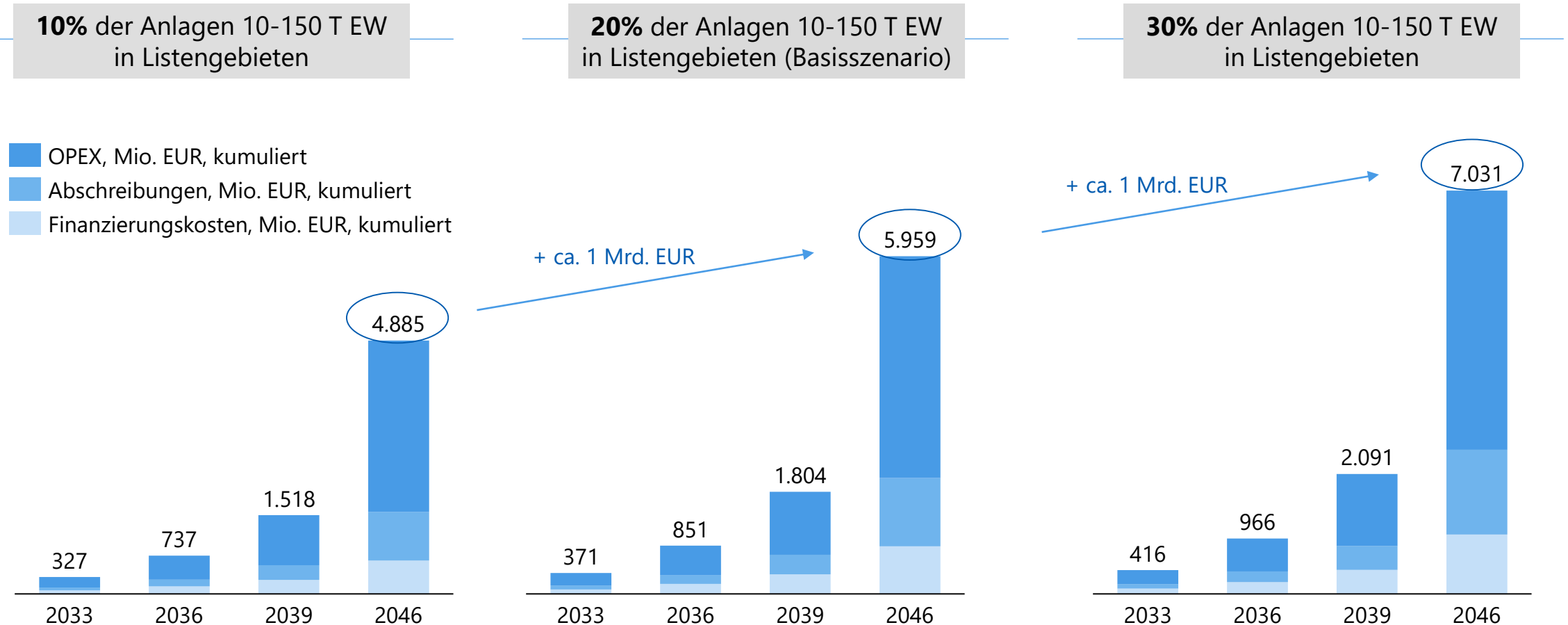
* Bereits umgerüstete Anlagen bisher nicht berücksichtigt



Listengebiete – Annahme FMC: 20% der Anlagen befinden sich in Listengebieten

Um die Auswirkung des Anteils der Anlagen in Listengebieten (Basisannahme 20%) auf die Gesamtkosten darzustellen, wurden zwei Varianten mit Anteilen von 10% bzw. 30% berechnet

Umsetzungsszenario gemäß Artikel 8 KARL – Variation der Annahme zu den Listengebieten (10%, 30%)



Folgende wesentlichen Ergebnisse ergeben sich in Zusammenfassung der Analyse 2a: Kontinuierliche Abschreibung und Betriebskosten

Fazit

Mit der Kommunalabwasserrichtlinie ist ein **stufenweiser Ausbau der Kläranlagen** vorgesehen, bei dem bis 2045 alle Anlagen > 150.000 EW (156 Anlagen in D) und alle Gemeinden zwischen 10.000 EW und 150.000 EW in Listengebieten* (518 Anlagen in D) **mit einer Viertbehandlung ausgerüstet** werden müssen; unter Annahmen, dass 20% der Anlagen in Listengebieten liegen, sind damit **in Deutschland insgesamt ca. 647 Anlagen** betroffen.

Durch die stufenweise Ausrüstung der Anlagen steigen die **Abschreibungen des Anlagevermögens und die Betriebskosten** im Zeitverlauf allmählich an. Die jährlichen Aufwendungen beginnen auf einem niedrigen Niveau und steigen bis 2046 auf 748 Mio. Euro p.a. an. Bis 2045 sind alle (Erst-)Investitionen getätigt. **Insgesamt belaufen sich die über die Jahre bis 2046 kumulierten Kosten für Abschreibungen und Betrieb auf ca. 6 Mrd. Euro.** Der jährliche Mittelbedarf verbleibt über das Jahr 2046 real auf dem bis dahin erreichten Niveau.

Die damit für die Anlagenbetreiber verbundenen **Investitionen, Betriebs- und Finanzierungskosten** wurden mit Hilfe eines Finanzmodells unter Betrachtung der relevanten Kostengrößen ermittelt. Ab dem **im Jahr 2045 erreichten Zielausbau** fallen für die 4. Reinigungsstufe weiterhin die **jährlichen Lebenszeitkosten an**. Darüber hinaus entstehen voraussichtlich für die ersten Anlagen Reinvestitionskosten.

* Annahme Listengebiete: 20% der Anlagen befinden sich in Listengebieten



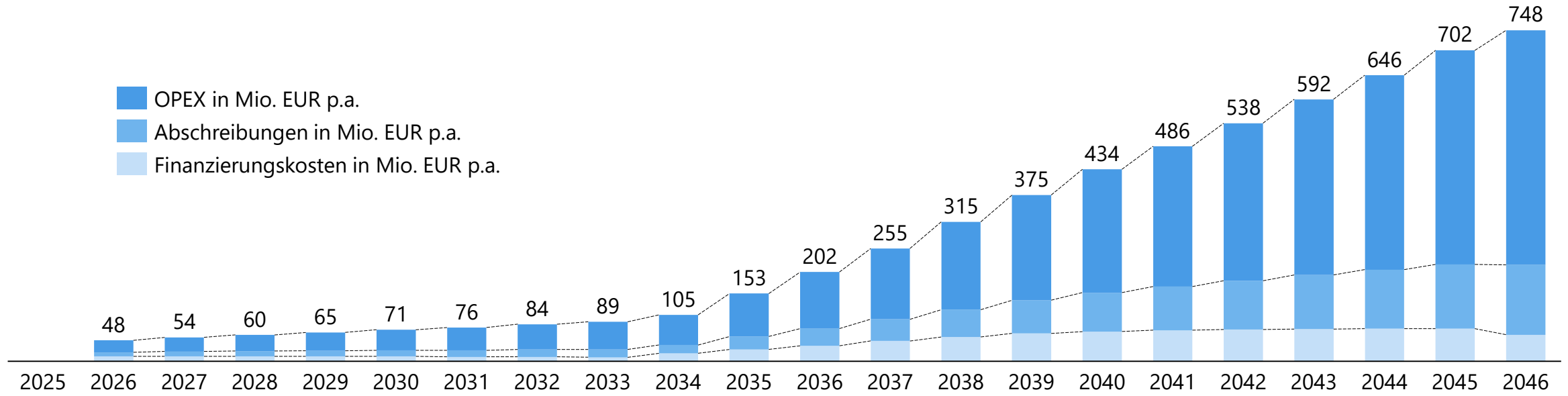
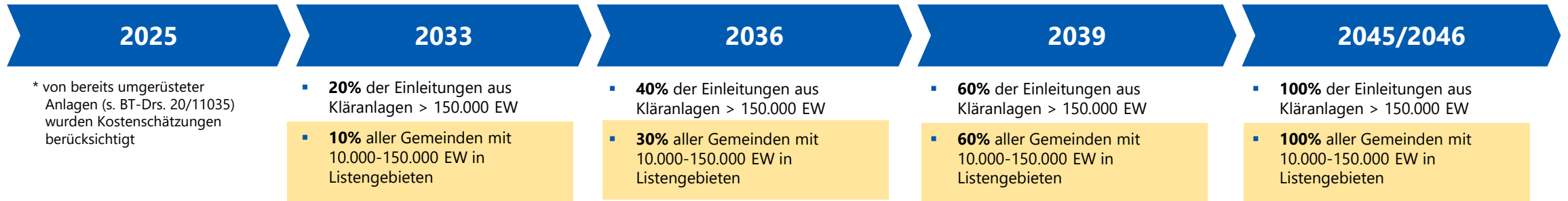
Analyse 2b

KONTINUIERLICHE
ABSCHREIBUNG UND
BETRIEBSKOSTEN INKL.
„FIRST MOVER“

Darstellung 2b: AfA Umgebaute Anlagen berücksichtigt

Die stufenweise Ausrüstung der betroffenen Anlagen in Deutschland ist mit jährlichen Aufwänden verbunden, die bis 2046 kontinuierlich auf 748 Mio. EUR p.a. in der Endausbaustufe ansteigen

Umsetzungsszenario gemäß Artikel 8 KARL – Ermittlung OPEX, Abschreibungen, Finanzierungskosten p.a. in Mio. EUR

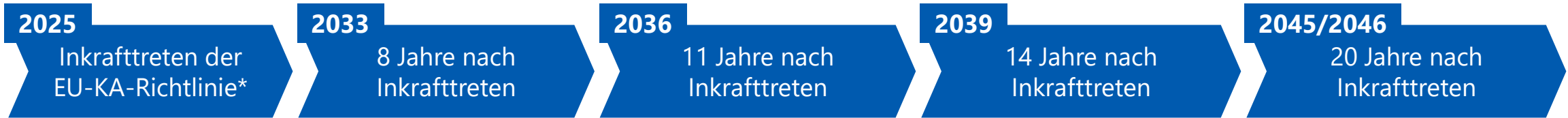


Listengebiete – Annahme: 20% der Anlagen befinden sich in Listengebieten

Darstellung 2b: AfA Umgebaute Anlagen berücksichtigt

Die kumulierten jährlichen Kosten für die gemäß Trilog vorgesehene Umsetzung der vierten Reinigungsstufe belaufen sich bis 2046 auf insgesamt ca. 6 Mrd. €

Umsetzungsszenario gemäß Artikel 8 KARL – Ermittlung OPEX, Abschreibungen, Finanzierungskosten in Mio. EUR – KUMULIERT



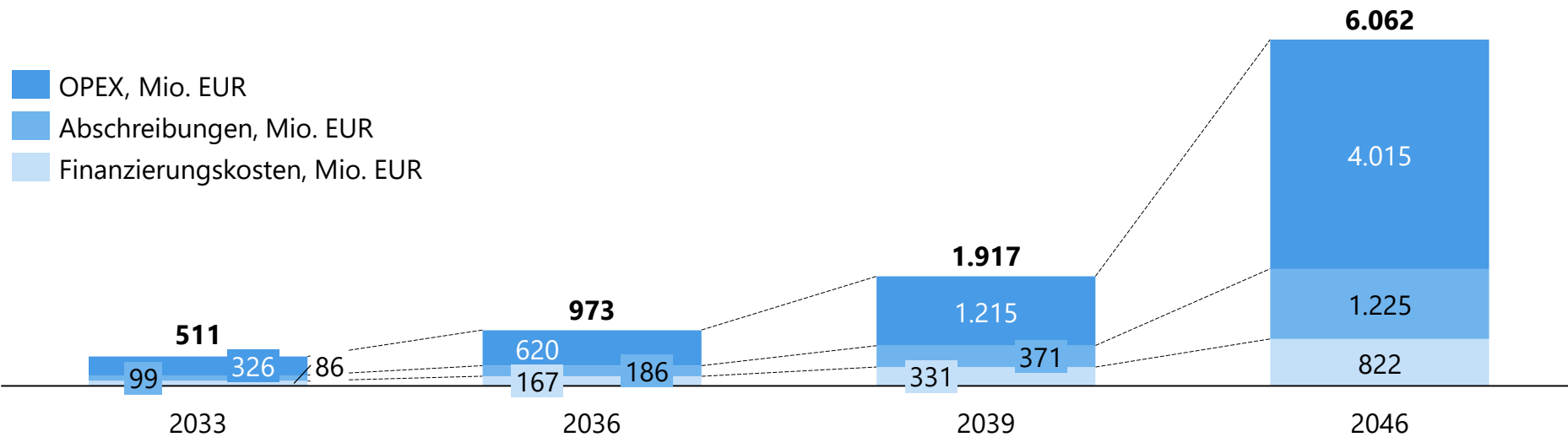
* von bereits umgerüsteter Anlagen (s. BT-Drs. 20/11035) wurden Kostenschätzungen berücksichtigt

- 20% der Einleitungen aus Kläranlagen > 150.000 EW
- 10% aller Gemeinden mit 10.000-150.000 EW in Listengebieten

- 40% der Einleitungen aus Kläranlagen > 150.000 EW
- 30% aller Gemeinden mit 10.000-150.000 EW in Listengebieten

- 60% der Einleitungen aus Kläranlagen > 150.000 EW
- 60% aller Gemeinden mit 10.000-150.000 EW in Listengebieten

- 100% der Einleitungen aus Kläranlagen > 150.000 EW
- 100% aller Gemeinden mit 10.000-150.000 EW in Listengebieten



Listengebiete – Annahme FMC: 20% der Anlagen befinden sich in Listengebieten

Folgende wesentlichen Ergebnisse ergeben sich in Zusammenfassung der Analyse 2b: Kontinuierliche Abschreibung und Betriebskosten inkl. „First Mover“

Fazit

Mit der Kommunalabwasserrichtlinie ist ein **stufenweiser Ausbau der Kläranlagen** vorgesehen, bei dem bis 2045 alle Anlagen > 150.000 EW (156 Anlagen in D) und alle Gemeinden zwischen 10.000 EW und 150.000 EW in Listengebieten* (518 Anlagen in D) **mit einer Viertbehandlung ausgerüstet** werden müssen; unter Annahmen, dass 20% der Anlagen in Listengebieten liegen, sind damit **in Deutschland insgesamt ca. 647 Anlagen** betroffen.

Durch die stufenweise Ausrüstung der Anlagen steigen die **Abschreibungen des Anlagevermögens und die Betriebskosten** im Zeitverlauf allmählich an. Bereits in Betrieb befindliche Anlagen („**First Mover**“) werden ab Einführung der erweiterten Herstellerverantwortung mit den anfallenden Abschreibungen und Betriebskosten mit in die Modellrechnung einbezogen. Dadurch fallen die jährlichen Aufwendungen zu Beginn des Betrachtungszeitraumes höher aus. **Insgesamt** bleiben die Kosten bis 2046 mit **6.1 Mrd. Euro** nahezu gleich.

Die damit für die Anlagenbetreiber verbundenen **Investitionen, Betriebs- und Finanzierungskosten** wurden mit Hilfe eines Finanzmodells unter Betrachtung der relevanten Kostengrößen ermittelt. Ab dem **im Jahr 2045 erreichten Zielausbau** fallen für die 4. Reinigungsstufe weiterhin die **jährlichen Lebenszeitkosten an**. Darüber hinaus entstehen voraussichtlich für die ersten Anlagen Reinvestitionskosten.

* Annahme Listengebiete: 20% der Anlagen befinden sich in Listengebieten