



Wasser- und Rückstandsumfrage der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie 2024

Optimierter Ressourceneinsatz für nachhaltig produzierte, hochwertige Produkte

Claudia Weßel¹, Katrin Brabender², Marcin Preidl²

¹Grafschaft, wru.wessel@gmail.com, ²DIE PAPIERINDUSTRIE e.V.

Inhalt

Ziele und Umfang der Studie

Frischwassereinsatz und -aufbereitung

Kosten für Frischwasserentnahme und Frischwasseraufbereitung

Spezifische Abwassermenge

Abwasserreinigung

Wasserkreislauf und Abwasserreinigung

Aufkommen und Verteilung an Rückständen

Entsorgungs- und Verwertungswwege

Quellenangaben

An der Umfrage zur Wasser- und Rückstandssituation 2024 in der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie beteiligten sich 88 Werke, die zusammen etwa 18,6 Mio. t Zellstoff, Papier, Karton und Pappe produzierten. Dies entspricht einem Anteil von 91 % der in Deutschland produzierten Menge an Zellstoff, Papier, Karton, und Pappe.

Der Großteil der teilnehmenden Unternehmen (86 %) verfügt über ein Umweltmanagementsystem nach ISO 14001 oder eine EMAS-Validierung. Ebenfalls liegt der Anteil der Werke, die erfolgreich ein Energiemanagementsystem nach ISO 50001 implementiert haben, bei 94 %.

Die mittlere spezifische Abwassermenge ist mit 8,4 l/kg gegenüber dem Vorjahr deutlich gesenkt worden.

Das in der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie im Jahr 2024 angefallene Rückstandsaufkommen (feuchte Rückstandsmenge) beträgt 3,2 Millionen Tonnen. Die spezifische Rückstandsmenge beträgt, deutlich weniger als im Vorjahr, 154 kg/t Produkt.

Ca. 69 % der erfassten Rückstände werden innerbetrieblich oder extern energetisch verwertet. Der Anteil der deponierten Rückstände liegt wie in den Vorjahren bei 1,0 %.

Ziel und Umfang der Studie

Seit vielen Jahren erfasst und dokumentiert DIE PAPIERINDUSTRIE e.V. die Wasser- und Abwassersituation sowie das Aufkommen an Rückständen in der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie. Seit 2019 erfolgt die Erfassung der Daten jährlich.

Dabei stellen die durchgeführten Umfragen einen guten Überblick über Entwicklungen und Leistungen der Papierindustrie für die Umwelt dar. Die Ergebnisse dienen als belastbare Argumentationsgrundlage in Gesprächen mit Politikern, Behörden und der Öffentlichkeit. Außerdem lassen sich daraus frühzeitig spezifische Herausforderungen für eine nachhaltige Produktion von Papier und Pappe aus verschiedenen Rohstoffen und für eine möglichst gewässerschonenden Nutzung erkennen.

Als Basis der Umfrage dient der bewährte Online-Fragebogen, dessen Ergebnisse einen direkten Vergleich zu früheren Daten erlauben. Die langfristigen Entwicklungen demonstrieren deutlich die hohen Aufwendungen der Papierindustrie für die Umwelt.

An der Umfrage beteiligten sich 88 Werke, die zusammen etwa 18,6 Mio. t Zellstoff, Papier, Karton und Pappe produzierten. Dies entspricht einem Anteil von 63 % der Verbandsmitglieder in Deutschland und 91 % der hier produzierten Mengen. Damit wurde wiederum eine hohe, repräsentative Produktionsmenge erfasst. Tendenziell hat die verkaufsfähige Produktion in Deutschland im Jahr 2024 wieder leicht angezogen.

Das erfasste Sortenspektrum gibt ein repräsentatives Bild der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie wieder (Abb. 1). Die Anteile an den erfassten Produktionsmengen entsprechen im Wesentlichen der Verteilung des Vorjahrs, wobei tendenziell ein wachsender Anteil an Verpackungspapieren aus Altpapier zu beobachten ist.

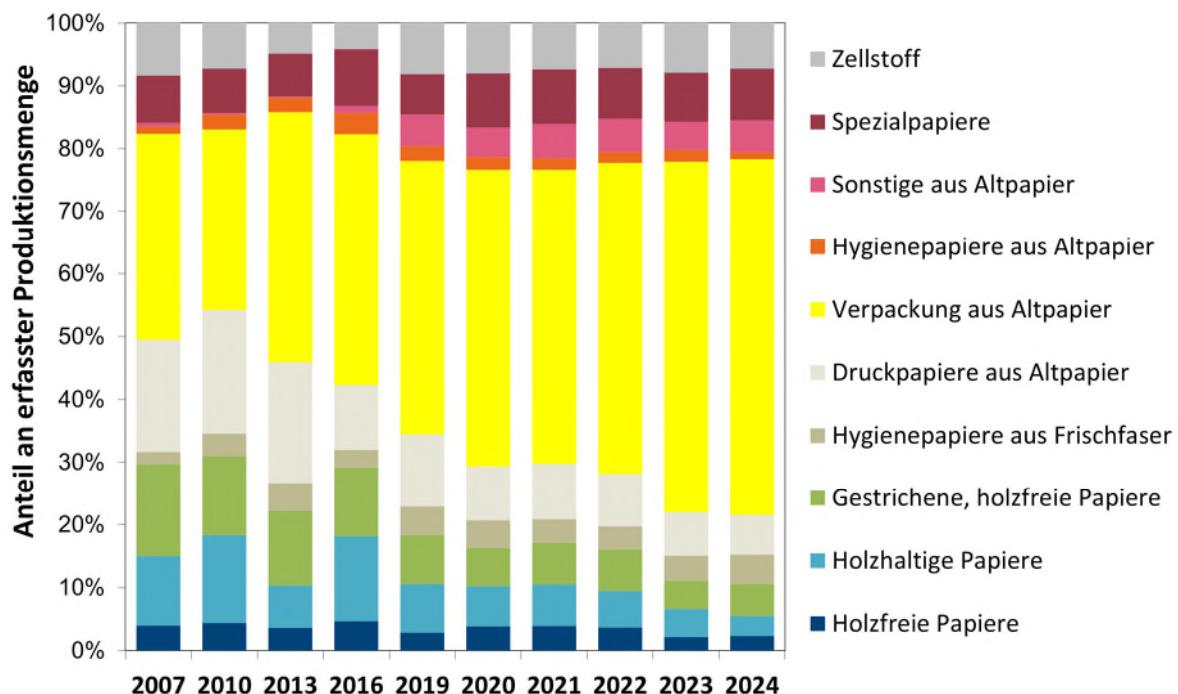


Abb. 1: Erfasstes Sortenspektrum der Produktion in Deutschland

Frischwassereinsatz und -aufbereitung

Hochgerechnet auf die gesamte Produktionsmenge hat die deutsche Zellstoff- und Papierindustrie im Jahr 2024 etwa 175 Millionen Kubikmeter Frischwasser als Prozesswasser eingesetzt. Das verwendete Frischwasser stammt zu etwa 79 % aus Oberflächengewässern und zu 19 % aus Brunnen oder Quellen. Der Wasserbezug aus der öffentlichen Wasserversorgung (Trinkwasser) spielt mit gut 1 % nur eine untergeordnete Rolle.

Sowohl das zur Produktion eingesetzte Oberflächenwasser als auch das Brunnenwasser werden aufbereitet. Ohne Aufbereitung wird nur 6 % des Oberflächenwassers und ca. 25 % des Brunnenwassers verwendet.

Zur Aufbereitung des eingesetzten Frischwassers werden in erster Linie mechanische bzw. chemisch-mechanische Verfahren genutzt, häufig auch in Kombination. Filtrationsverfahren, Sedimentation und der Einsatz von Flockungsmitteln stellen weiterhin die wesentlichen Reinigungsverfahren dar.

Mikrobizide, Chlor und Chlordioxid werden mit leicht fallender Tendenz eingesetzt. Sonstige, nicht weiter benannte Verfahren, sind seit 3 Jahren ebenfalls rückläufig. Ein steigender Anteil an Frischwasser wird auch mit enthartenden Verfahren behandelt.

Kosten für Frischwasserentnahme und Frischwasseraufbereitung

Die Nutzungsentgelte für den Bezug von Frischwasser sind wie in den vergangenen Jahren regional sehr unterschiedlich. Die maximalen Kosten für Oberflächenwasser sind im Jahr 2024 um 0,06 €/m³ gesunken, während der finanzielle Aufwand für Brunnenwasser ist im Maximum um 0,01 €/m³ gestiegen ist. Der Preis für Wasser des öffentlichen Netzes ist im Jahr 2024 im Mittelwert um 0,04 €/m³ auf 2,04 €/m³ gestiegen. (Tab. 1).

| Kosten 2024 | Mittelwert | Maximum |
|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Oberflächenwasser | 0,06 €/m ³ | 0,54 €/m ³ |
| Brunnenwasser | 0,09 €/m ³ | 0,64 €/m ³ |
| Öffentliches Netz (Trinkwasser) | 2,04 €/m ³ | 4,53 €/m ³ |

Tab. 1: Nutzungsentgelte Frischwasserentnahme

Die Kosten für die Brauchwasseraufbereitung sind seit dem Jahr 2019 kontinuierlich gestiegen. Im Jahr 2024 liegen die Kosten für die Brauchwasseraufbereitung erstmalig im Mittel wieder etwas niedriger bei durchschnittlich 0,23 €/m³ mit einem Maximum von weiterhin 1,17 €/m³. (Abb. 2).

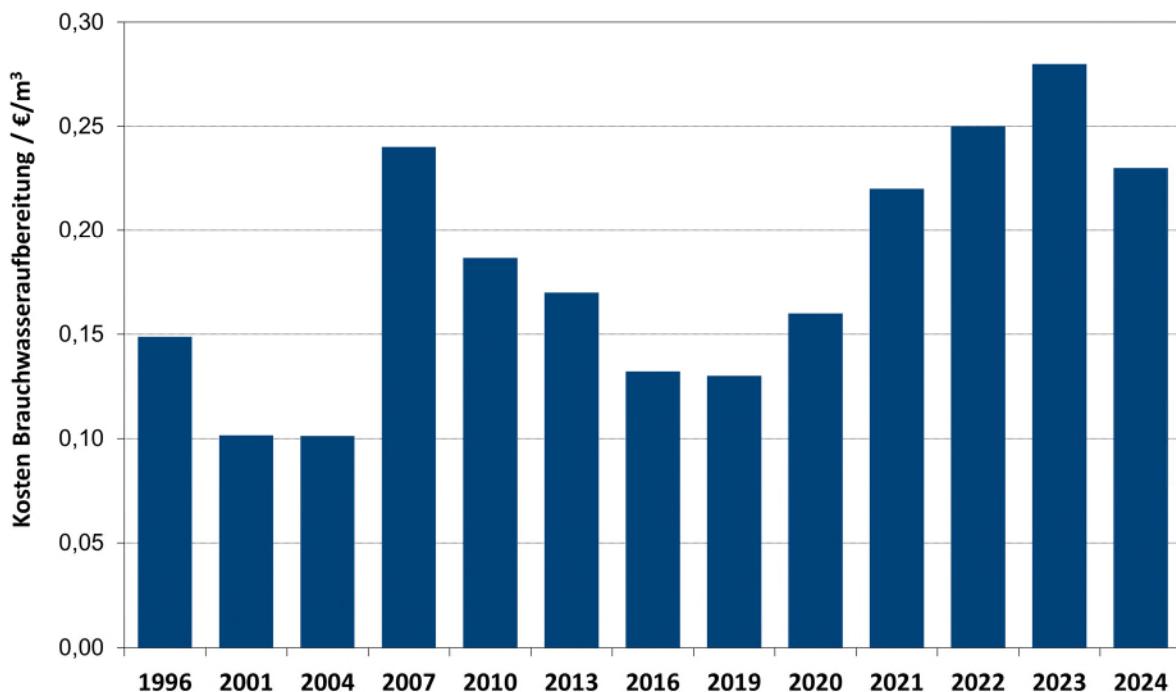


Abb. 2: Kosten Brauchwasseraufbereitung

Spezifische Abwassermenge

Die mittlere auf die Bruttoproduktionsmenge bezogene spezifische Abwassermenge (über die Produktionsmenge gewichteter Mittelwert) der sich an der Umfrage beteiligenden Unternehmen liegt im Jahr 2024 bei 8,4 l/kg Produkt (Abb. 3). Hochgerechnet auf die deutsche Zellstoff- und Papierindustrie bedeutet dies eine Gesamtabwassermenge von etwa 184 Mio. m³/a.

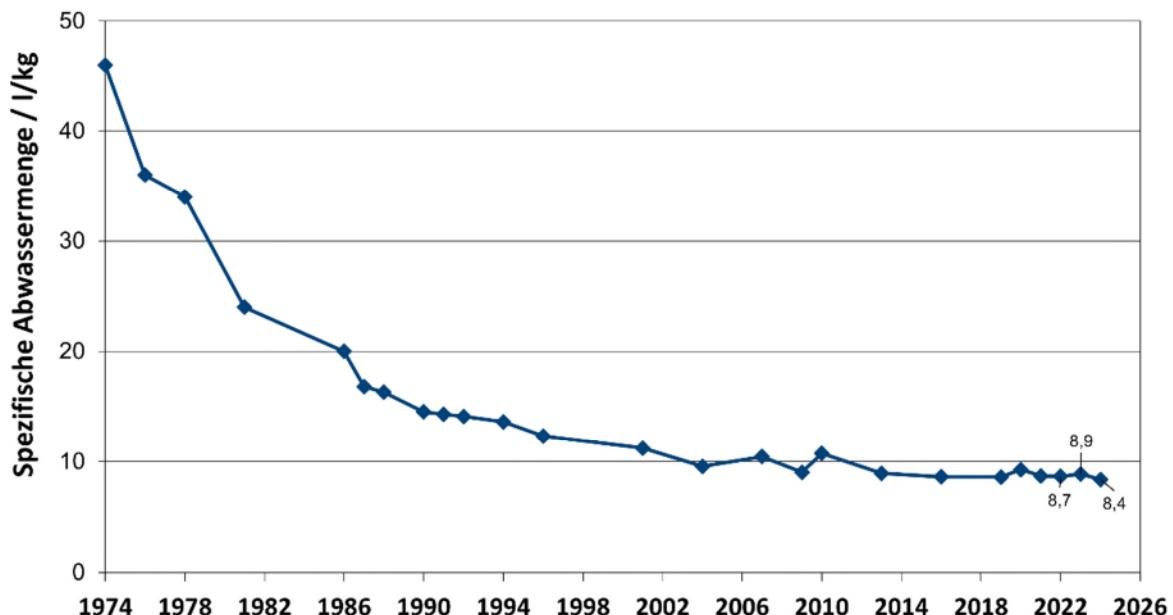


Abb. 3: Spezifische Abwassermenge

Bei einem Frischwassereinsatz im Jahr 2024 von ca. 175 Mio. m³ als Prozesswasser und einer Gesamtabwassermenge von gemessenen ca. 184 Mio. m³ Prozesswasser ergibt sich eine Differenz von ca. 9 Mio. m³ Prozesswasser. Die Ursache für diese Unschärfe kann in der Frischwassermehrfachnutzung (Kreislaufführung nach Reinigung) oder in der teilweisen Nutzung von erwärmtem Kühlwasser als Prozesswasser liegen. Wir arbeiten jedes Jahr daran, die Unschärfe weiter zu klären und den Frischwassereinsatz zu präzisieren (Differenz 2023: ca. 12 Mio. m³ Prozesswasser).

Die spezifischen Abwassermengen der einzelnen Werke hängen neben den eingesetzten Rohstoffen, den produzierten Sorten und den Anlagenstrukturen auch von lokalen Gegebenheiten, wie z. B. den Bedingungen zur Abwassereinleitung, ab (Abb. 4).

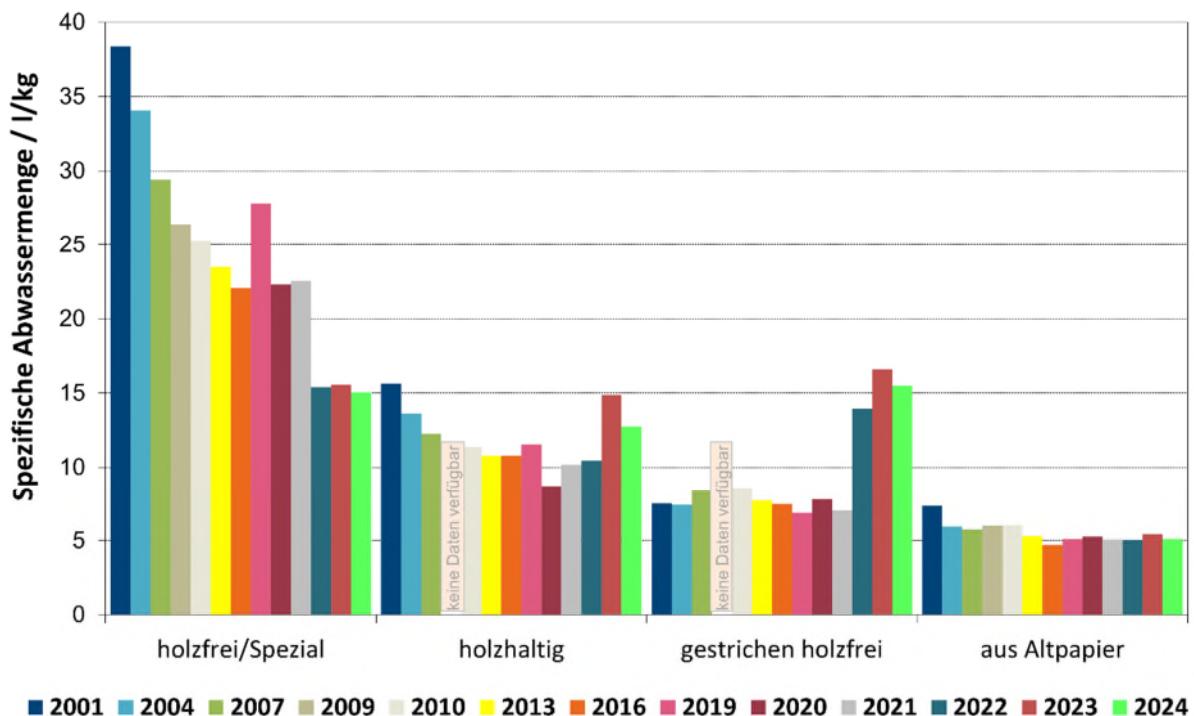


Abb. 4: Spezifische Abwassermenge der Hauptproduktionsgruppen

Die Produktionsgruppe „aus Altpapier“ weist mit durchschnittlich 5,1 l/kg die geringste spezifische Abwassermenge auf. Innerhalb dieser Gruppe weisen die Hersteller von Verpackungspapieren, Karton und Pappe die niedrigste spezifische Abwassermenge auf (3,8 l/kg). Einige Werke dieser Gruppe produzieren mit geschlossenem Wasserkreislauf. Diese Kategorie beinhaltet auch Standorte, die Druckpapiere (11,7 l/kg) oder Hygienepapiere aus Altpapier (20,9 l/kg) produzieren. Die Gruppe der Hygienepapiere aus Altpapier weist eine über die Jahre tendenziell steigende spezifische Abwassermenge auf (Abb. 5).

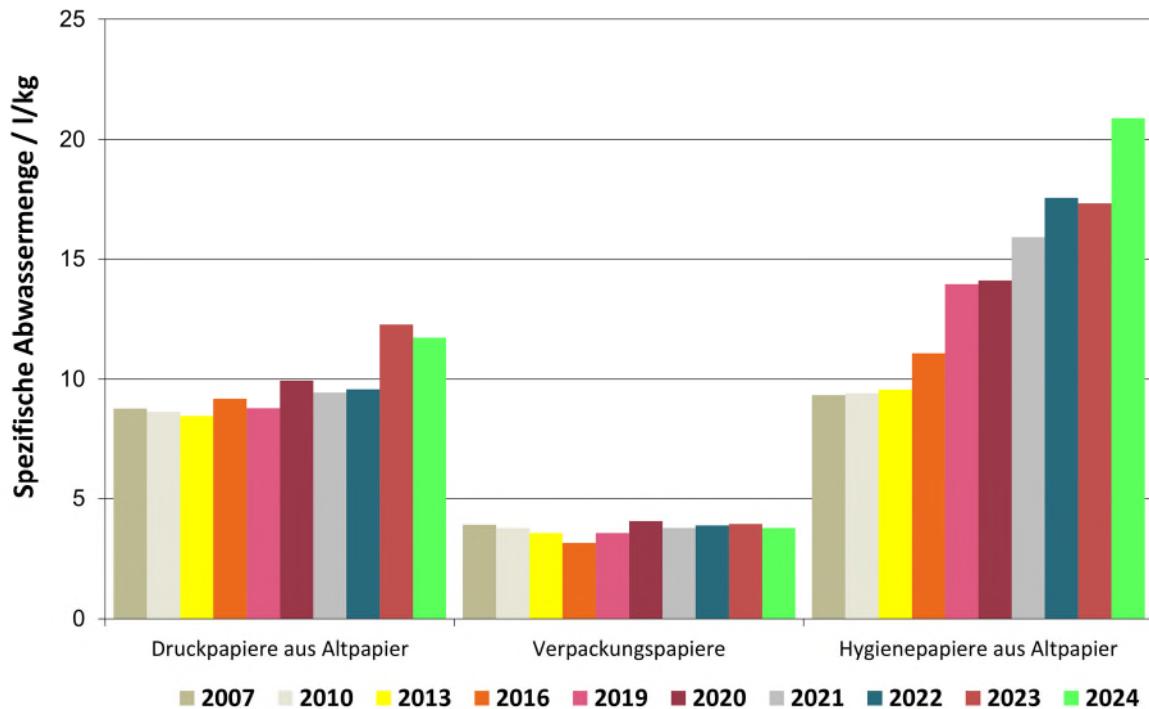


Abb. 5: Spezifische Abwassermengen der aus Altpapier hergestellten Papiere

Abwasserreinigung

34 % der an der Umfrage teilnehmenden Unternehmen leiten ihr Abwasser als Indirekteinleiter in kommunale Abwasserreinigungsanlagen oder Verbundskläranlagen ein. Sie repräsentieren 22 % der erfassten Produktionsmenge. 54 % der Werke, die zusammen 69 % der Bruttoproduktionsmenge erzeugen, reinigen ihr Abwasser vollbiologisch in betriebseigenen Kläranlagen. Weniger als 0,1 % der Papiermenge wird in Werken produziert, die über betriebseigene Abwasserreinigungsanlagen ohne biologische Stufe verfügen. 9 % der Produktion kommen aus Werken mit geschlossenem Wasserkreislauf.

Die erfasste Einleitung von Abwasser ist seit gut 30 Jahren im Wesentlichen gleichgeblieben. Änderungen lassen sich am ehesten durch unterschiedliche Produktpportfolios der Umfrageteilnehmer erklären.

Der Vergleich zeigt deutlich, dass seit über 10 Jahren nur noch geringe Papiermengen in Werken produziert werden, deren betriebseigene Abwasserreinigungsanlagen ohne biologische Stufe arbeitet (Abb. 6).

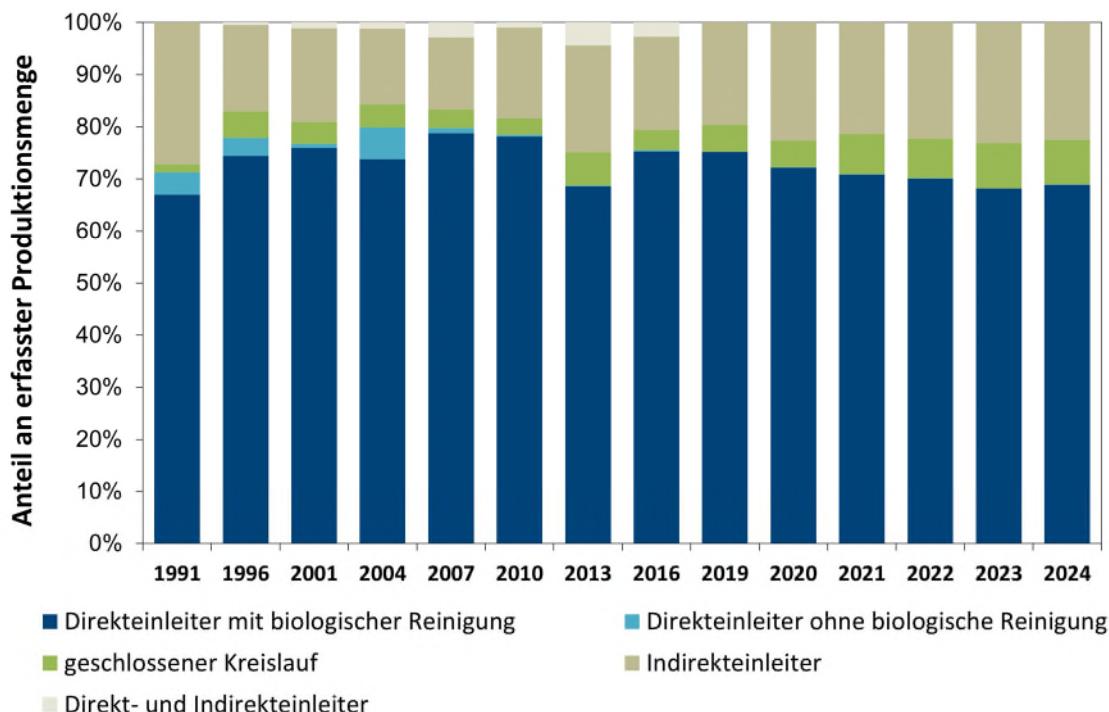


Abb. 6: Einleiteart bezogen auf die Produktionsmenge

Etwa 61,4 % der sich an der Umfrage beteiligenden Unternehmen betreiben eine biologische Abwasserreinigung, wobei 27 % dieser Unternehmen ausschließlich eine aerobe Behandlung (ein- oder mehrstufig) und 34 % zusätzlich eine anaerobe Stufe betreiben. Bei den aeroben Verfahren sind klassische Belebungsverfahren (Belebung und Belebungskaskade) nach wie vor die vorwiegend eingesetzten Verfahren. Daneben werden Schwebebettreaktoren (Moving-Bed-Biofilm-Reactors) als aerobe Hochlaststufe eingesetzt, in Einzelfällen noch Tropfkörper als erste aerobe Stufe und Biofilter für schwach belastete Abwässer sowie zur abschließenden Reinigung bei strengen Anforderungen.

Bei den Anaerobreaktoren sind die Extended-Granular-Sludge-Blanket (EGSB) - und Upflow-Anaerobic-Sludge-Blanket (UASB)-Reaktoren derzeit die am häufigsten verwendeten Reaktortypen, wobei tendenziell die effektiveren EGSB-Reaktoren zunehmen, darunter auch neue Reaktortypen wie z.B. das R2S-Verfahren (2-stufiger Hochleistungsreaktor).

Im Jahr 2024 beträgt der Anteil der teilnehmenden Werke mit Anaerob-Reaktoranlagen und **Vorversäuerung** 80 %. Das entspricht 27 % der teilnehmenden Werke.

Die spezifischen **Betriebskosten** der Direkeinleiter für die Abwasserreinigung sind seit dem Jahr 2019 kontinuierlich angestiegen. Im Jahr 2024 liegen die Kosten mit einem Mittelwert von 0,72 €/m³ und einer Schwankungsbreite von 0,04 €/m³ bis 2,05 €/m³ etwas unter dem Vorjahr.

Die spezifischen Einleitekosten der Indirekeinleiter sind im Jahr 2024 weniger gesunken und liegen, bei einer Spanne von 0,25 €/m³ bis 5,50 €/m³, im Mittel bei 1,71 €/m³ (Abb. 7).

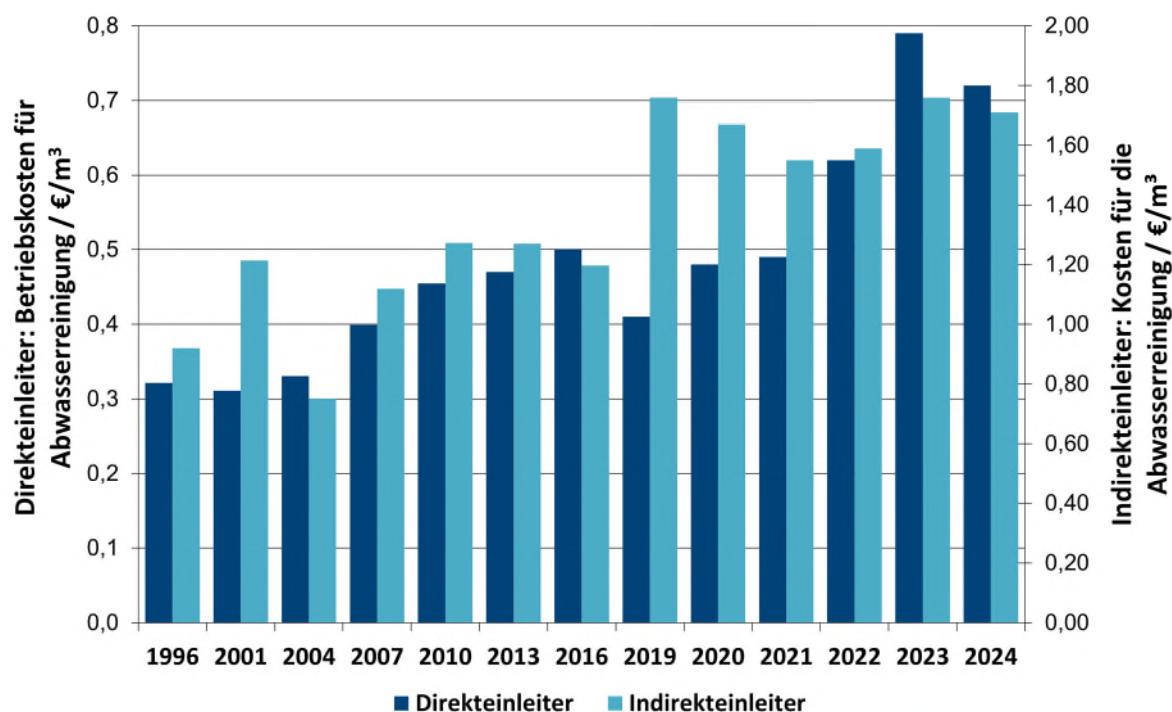


Abb. 7: Betriebskosten für Abwasserreinigung

Wasserkreislauf und Abwasserreinigung

Wie in den letzten Umfragen wurde auch wieder nach wichtigen Themen und aktuellen Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Kreislaufwasser bzw. der Abwasserreinigung gefragt.

In den Betrieben werden zur **Verbesserung der Kreislaufwasserqualität** vermehrt biologische Reinigungssysteme eingesetzt und mit steigender Tendenz im Mittel 28,8 % biologisch gereinigtes Wasser zurückgeführt.

Die Herausforderungen bei der Einhaltung der maximalen Abwassermenge sind leicht gestiegen. Bei den CSB-, BSB₅- und AOX-Werten sind die Herausforderungen gegenüber den Vorjahren annähernd gleichgeblieben.

Deutlich mehr Werke als in den Vorjahren haben Herausforderungen bei der Einhaltung der N_{gesamt}-, P_{gesamt}- und der ortho-Phosphat-Werte. Ebenfalls deutlich gestiegen sind die Herausforderungen, die Grenzwerte von pH-Wert und Feststoffen einzuhalten.

Die Herausforderungen bei der Geruchsbildung bei den Abwasserreinigungsanlagen sind wiederum gesunken, während mehr Werke als im Vorjahr Herausforderungen bei der Geruchsbildung in der Schlammbehandlung gemeldet haben. Auch scheinen die Herausforderungen der Schleimbildung und bei den Kalkablagerungen innerbetrieblich und in den Abwasserreinigungsanlagen für viele Unternehmen noch ein bedeutendes Thema zu sein (Abb. 8).

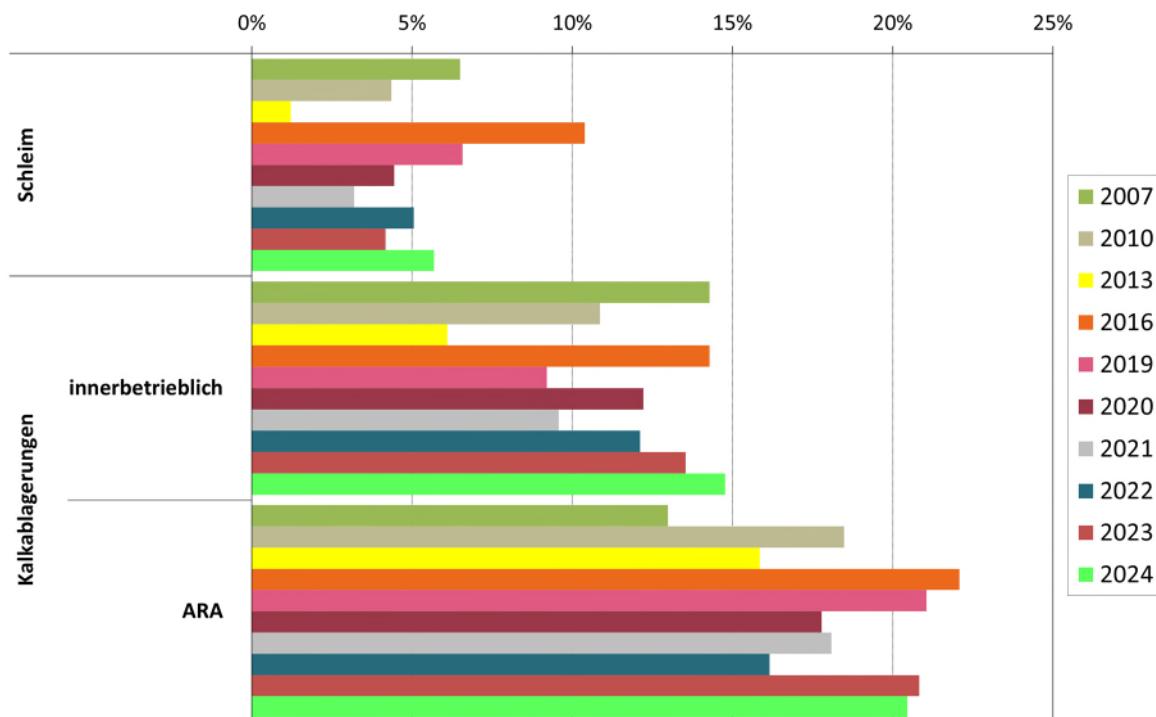


Abb. 8: Herausforderungen bei Einleitewerten (Schleimbildung und Kalkablagerungen)

Aufkommen und Verteilung an Rückständen

Die Rückstände werden seit der Umfrage im Jahr 2010 gemäß den Abfallschlüsselnummern (*Tab. 2*) der Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) für Abfälle aus der Herstellung und Verarbeitung von Zellstoff, Papier, Karton und Pappe erfasst. Eine direkte Vergleichbarkeit mit Ergebnissen früherer Umfragen ist nur bedingt möglich, da die Systematik der Abfallgruppen zwischenzeitlich angepasst worden ist. Die dadurch resultierenden Unschärfen haben auch dazu beigetragen, dass die Zuordnung der in den Fabriken anfallenden Rückstände nicht einheitlich erfolgte. So werden zum Beispiel Deinking-Rückstände und Rückstände aus der Abwasserreinigung in einigen Fällen den Faserabfällen zugeschlagen. Darüber hinaus ist nicht sichergestellt, dass alle Rückstände, die in den bis 2007 durchgeführten Umfragen erfasst wurden, auch durch diese neue Einteilung berücksichtigt werden. Seit dem Jahr 2024 wird auch der Abfallschlüssel für Brennstoff aus Abfällen verwendet:

| | |
|----------------|--|
| AVV 03 03 01 | Rinden- und Holzabfälle |
| AVV 03 03 02 | Sulfitschlämme aus Rückgewinnung von Kochlauge |
| AVV 03 03 05 | De-inking-Schlämme aus dem Papierrecycling |
| AVV 03 03 07 | Mechanisch abgetrennte Abfälle aus der Auflösung von Papier- und Pappeabfällen |
| AVV 03 03 08 | Abfälle aus dem Sortieren von Papier und Pappe für das Recycling |
| AVV 03 03 10 | Faserabfälle, Faser-, Füller- und Überzugsschlämme aus der mechanischen Abtrennung |
| AVV 03 03 11 | Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserreinigungsanlage (ARA) |
| AVV 10 bzw. 19 | Verbrennungsrückstände |
| AVV 03 03 99 | Abfälle anderweitig nicht genannt |
| NP1-Rinde/Holz | Nebenprodukte nach §4 Kreislaufwirtschaftsgesetz |
| AVV 19 12 10 | Brennstoff aus Abfällen |

Tab. 2: Abfallgruppenschlüssel

In der aktuellen Umfrage für das Jahr 2024 wurde eine Rückstandsmenge von insgesamt 2,828 Millionen t/a (feuchte Rückstandsmenge) erfasst. Das entspricht einem spezifischen Rückstandsanfall von 154 kg/t Produkt. Hochgerechnet auf die gesamte Papierproduktion in Deutschland entspricht dies einer Gesamtmenge an Rückständen von etwa 3,2 Millionen Tonnen (Abb. 9).

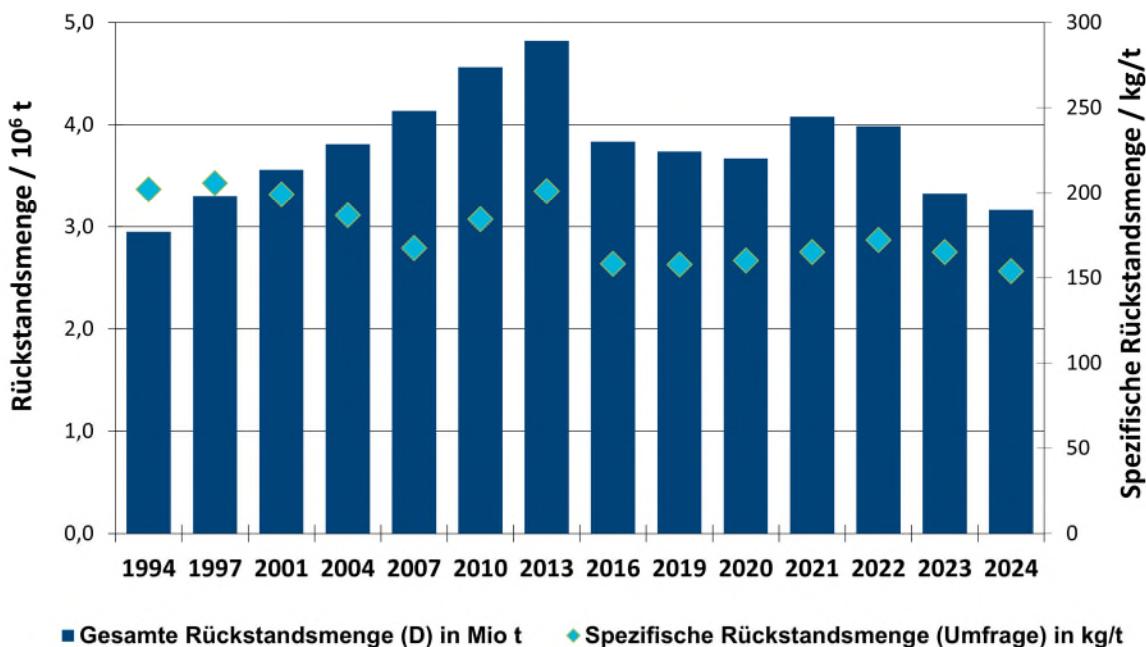


Abb. 9: Rückstandsmengen

Im Jahr 2024 wird mit 48 % der größte Anteil der anfallenden Rückstände (feuchte Rückstandsmenge) als Faserabfälle, Faser-, Füller- und Über-zugsschlämme aus der mechanischen Abtrennung ausgewiesen (AVV 03 03 10). Die zweitgrößte Gruppe stellen wie im Vorjahr mit 22 % die Abfälle aus der Auflösung von Papier und Pappe dar. Die als Deinking-Schlämme ausgewiesenen Rückstände betragen im Jahr 2024 mit weiterhin fallender Tendenz 10 %. Der Anteil der Rinden- und Holzabfälle liegt ähnlich wie in den Vorjahren bei 4 %, während die Nutzung von Rinde und Holz laut §4 KrWG auf 1 % gesunken ist. (Abb. 10).

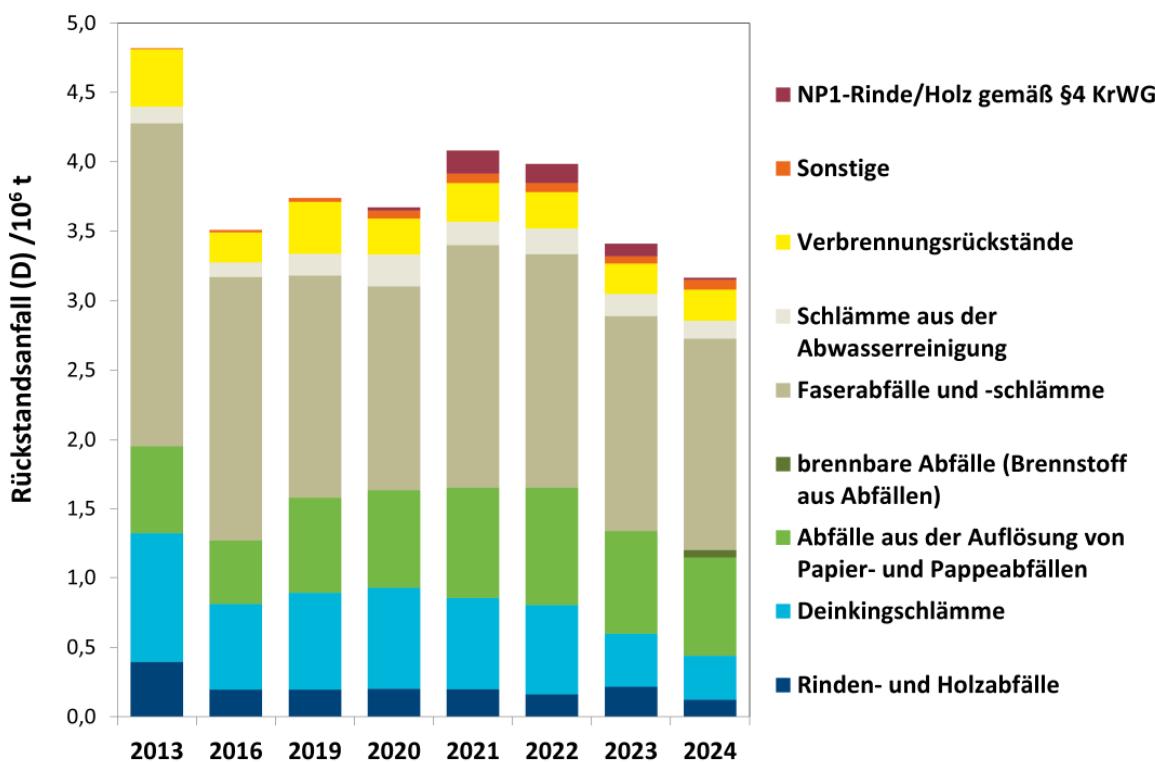


Abb. 10: Rückstandsgruppen im Vergleich

Neu ist die Gruppe der brennbaren Abfälle, welche als Brennstoff aus Abfällen deklariert werden (AVV 19 12 10). Bislang wurden diese Abfälle bei den Abfällen aus der Auflösung von Papier- und Pappeabfällen zugeordnet (AVV 03 03 07).

Entsorgungs- und Verwertungswege

Im Jahr 2024 werden 69 % der in der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie anfallenden Rückstände innerbetrieblich oder extern energetisch verwertet, was wiederum eine leichte Steigerung gegenüber dem Jahr 2023 (67 %) bedeutet.

Die stoffliche Verwertung in der Ziegel- und Zementindustrie ist mit knapp 14 % erneut etwas niedriger als im Jahr 2023 (16 %). Der Anteil der Rückstände, der deponiert wird, beträgt weiterhin ca. 1 %. Systembedingt kann dieser Wert nicht weiter reduziert werden.

Die sonstigen Verwertungswege werden mit gut 14 % angegeben. Dazu kommt im Jahr 2024 eine sonstige biologische Verwertung von knapp 3 % wie im Jahr 2023, die sich aus dem Verkauf von Rinde und Holz als Nebenprodukte nach § 4 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes ergeben. Außerdem werden im Jahr 2024 gut 3 % der sonstigen baustofflichen Verwertung zugeführt. (Abb. 11).

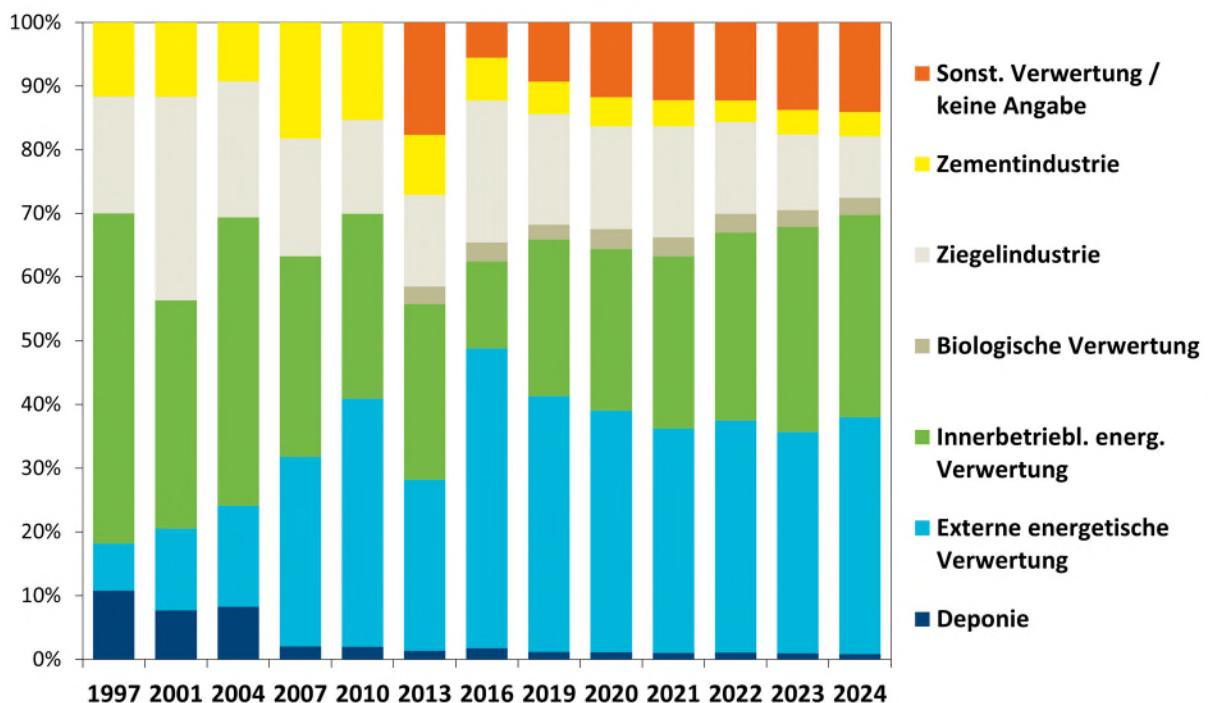


Abb. 11: Entsorgungs- und Verwertungswege seit 1997

In einigen deutschen Zellstoff- und Papierfabriken wird ein Großteil der Rückstände innerbetrieblich energetisch verwertet. Die mengenmäßig größte Fraktion der so genutzten Rückstände bildeten im Jahr 2024 die Faserabfälle, gefolgt von den Deinking-Schlären und den mechanisch abgetrennten Abfällen aus der Auflösung von Papier- und Pappeabfällen. Die mengenmäßige Verteilung ist seit 4 Jahren gleichbleibend. (Abb. 12).

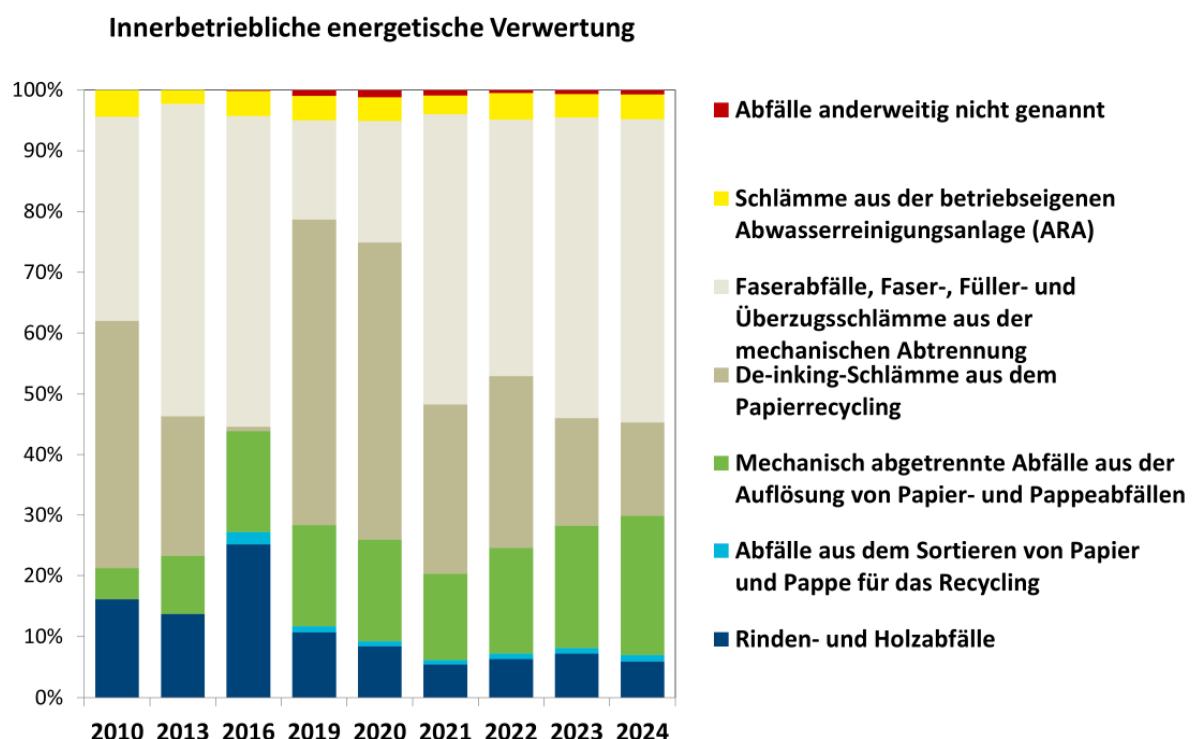


Abb. 12: Innerbetriebliche energetische Verwertung der Rückstände

Die Verwertung der Schlämme zeigt über die letzten 14 Jahre eine hohe Dynamik. Seit 2019 dominiert die interne und externe energetische Nutzung der Schlämme. Diese Verwertungsart der Schlämme ist im Jahr 2021 zugunsten der Verwendung der Schlämme in der baustofflichen Verwertung zurückgegangen. Dieser Trend hat sich seit dem Jahr 2022 wieder umgekehrt. Seit dem Jahr 2022 werden mittlerweile ca. 70 % der Schlämme energetisch und nur noch 16 % in der Ziegelindustrie genutzt.

Eine mögliche sonstige biologische Verwertung ist z.B. auch die Weitergabe der Schlämme der betriebseigenen ARA an kommunale Kläranlagen. Es hat sich gezeigt, dass sich der Einsatz papierspezifischer Schlämme positiv auf die Prozesse in kommunalen Kläranlagen auswirken kann. Diese Verwertung hat sich offensichtlich bewährt und wurde im Jahr 2024 mit 27 % gleichbleibend fortgesetzt (Abb. 13).

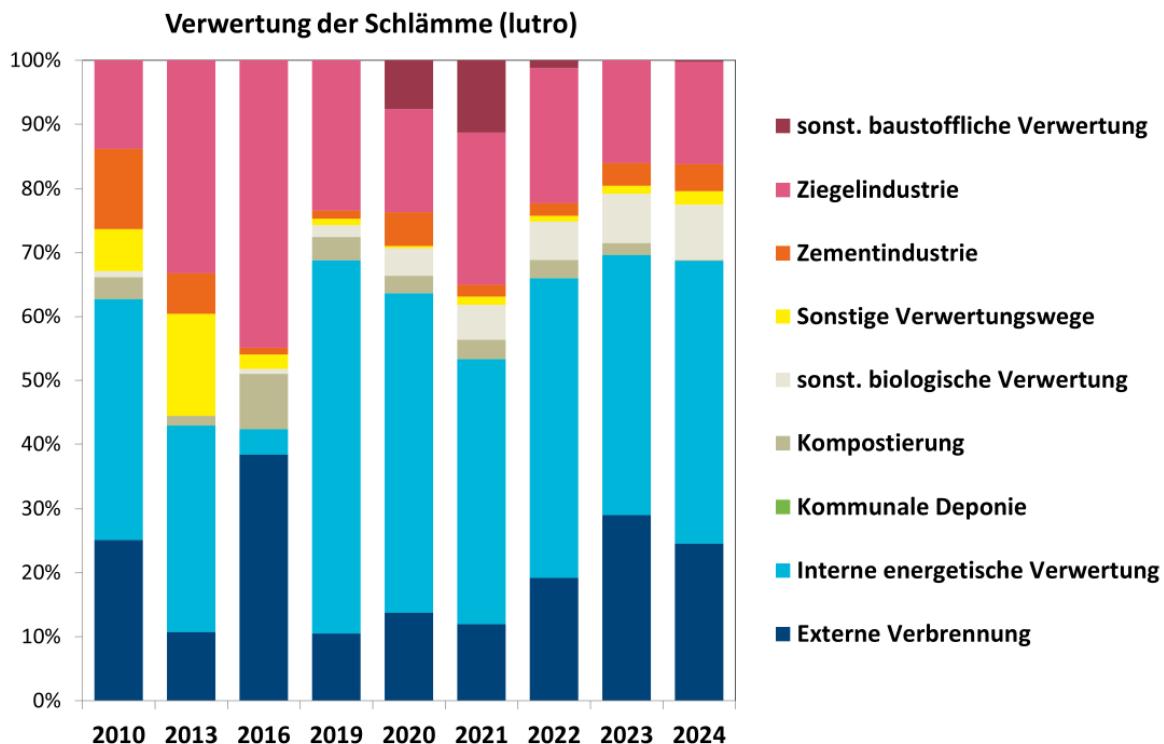


Abb. 13: Verwertung der Schlämme

Die Verwertungswege der Schlämme aus betriebseigenen Abwasserreinigungsanlagen (AVV 03 03 11) sind seit 11 Jahren variabel. Ca. die Hälfte der Schlämme werden der energetischen Verwertung zugeführt, wobei im Jahr 2024 die externe energetische Verwertung mit 16 % wieder deutlich gegenüber der internen energetischen Verwertung (32 %) zurück ging. Die sonstige biologische Verwertung ist gegenüber dem Vorjahr verstärkt angewendet worden (30 %) und ein wachsender Anteil der Schlämme aus betriebseigenen Abwasserreinigungsanlagen wird an die Zementindustrie weitergegeben (14 % im Jahr 2024) (Abb. 14).

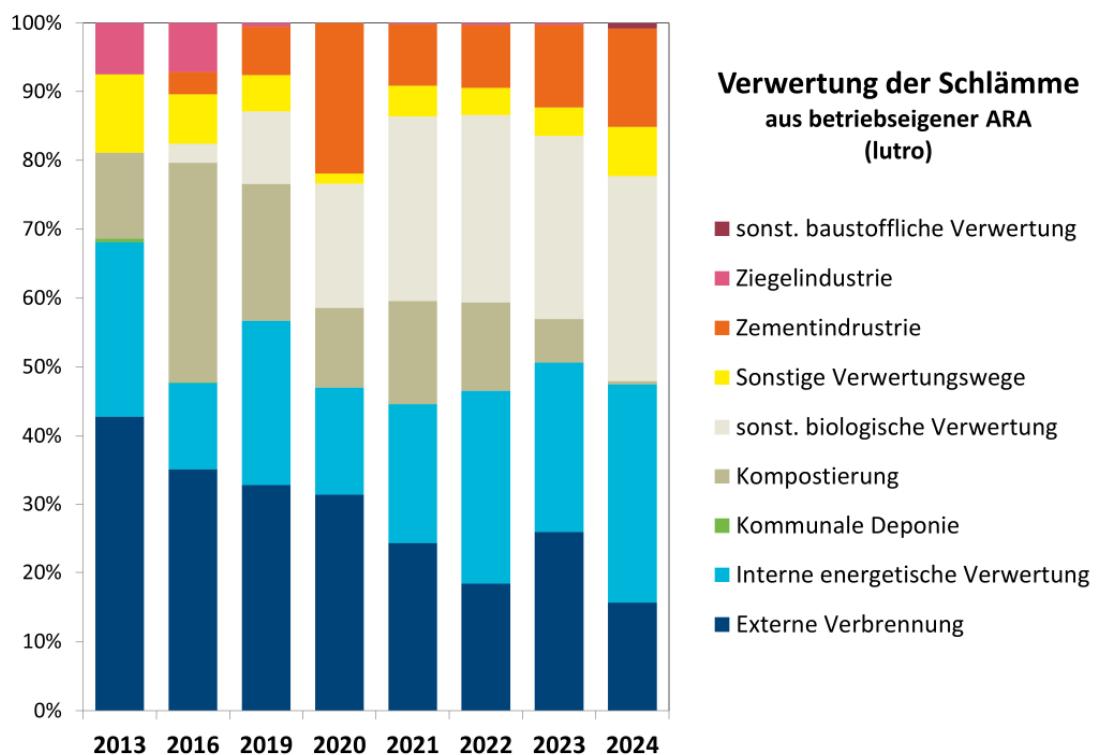


Abb. 14: Verbringung der Schlämme aus betriebseigener Abwasserreinigungsanlage

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die aufzuwendenden Kosten bzw. die erzielten Einnahmen bei der Verwertung von Nebenprodukten nach § 4 KrWG. Während einzelne Werke bei der Verwertung von Nebenprodukten einen geringen Erlös erzielen können, müssen an anderer Stelle im Jahr 2024 bis zu 284 €/t für die Entsorgung bezahlt werden.

| Rückstandsgruppe | Entsorgungskosten | | | Anzahl |
|--|-------------------|------------|---------|--------|
| | Minimum | Mittelwert | Maximum | |
| Deinkingsschlämme aus dem Papierrecycling | 0 €/t | 70 €/t | 130 €/t | 8 |
| Mechanisch abgetrennte Abfälle aus der Auflösung von Papier- und Pappeabfällen | 0 €/t | 118 €/t | 179 €/t | 45 |
| Abfälle aus dem Sortieren von Papier und Pappe für das Recycling | -34 €/t | 56 €/t | 157 €/t | 4 |
| Faserabfälle, Faser-, Füller- und Überzugsschlämme aus der mechanischen Abtrennung | 0 €/t | 72 €/t | 232 €/t | 74 |
| Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserreinigungsanlage | 3 €/t | 129 €/t | 248 €/t | 14 |
| Verbrennungsrückstände | 60 €/t | 91 €/t | 130 €/t | 8 |

Tab. 3: Kosten für Entsorgung bzw. Verwertung der Abfallgruppen

Quellenangaben: