



Wasser- und Rückstandsumfrage der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie 2021

Optimierter Ressourceneinsatz für nachhaltig produzierte, hochwertige Produkte

Claudia Weßel¹, Katrin Brabender², Dr. Hans-Jürgen Öller³, Dr. Christoph Persin²

¹Grafschaft, wru.wessel@gmail.com, ²DIE PAPIERINDUSTRIE e.V., ³Dr. Öller Umweltberatung

An der Umfrage zur Wasser- und Rückstandssituation 2021 in der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie beteiligten sich 94 Werke, die zusammen etwa 21,4 Mio. t Zellstoff, Papier, Karton und Pappe produzierten. Dies entspricht einem Anteil von 86 % der in Deutschland produzierten Menge an Zellstoff, Papier, Karton, und Pappe.

Der Großteil der teilnehmenden Unternehmen 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, mittlerweile bei 90 %.

Die mittlere spezifische Abwassermenge ist wieder gesunken auf 8,7 l/kg.

Das Rückstandsaufkommen hat sich im Jahre 2021, bedingt durch eine höhere Teilnehmeranzahl, auf 4,1 Millionen Tonnen erhöht. Die spezifische Rückstandsmenge beträgt 165 kg/t Produkt.

62 % der erfassten Rückstände werden innerbetrieblich oder extern energetisch verwertet. Durch die Einführung des Kreislaufwirtschaftsgesetz gibt es einen Trend zur Weiternutzung von Nebenprodukten aus der Papierherstellung, wodurch weitere Abfälle vermieden werden.

Ziel und Umfang der Studie

Seit vielen Jahren erfasst und dokumentiert DIE PAPIERINDUSTRIE e.V. (früher Verband Deutscher Papierfabriken e.V.) die Wasser- und Abwassersituation sowie das Aufkommen an Rückständen in der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie.

Dabei stellen die mittlerweile jährlich 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 verschiedensten Rohstoffen und für eine möglichst gewässerschonenden Nutzung erkennen.

Als Basis der Umfrage diente der bewährte Online-Fragebogen, dessen Ergebnisse einen direkten Vergleich zu früheren Daten erlauben. So können auch langfristige Entwicklungen weiterhin dargestellt werden.

An der Umfrage beteiligten sich 94 Werke, die zusammen etwa 21,4 Mio. t Zellstoff, Papier, Karton und Pappe produzierten. Dies entspricht einem Anteil von 63 % der Verbandsmitglieder in Deutschland und 86 % der hier produzierten Mengen. Die Beteiligungsquote konnte somit gegenüber den Vorjahren nochmal gesteigert werden.

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 Vorjahres.

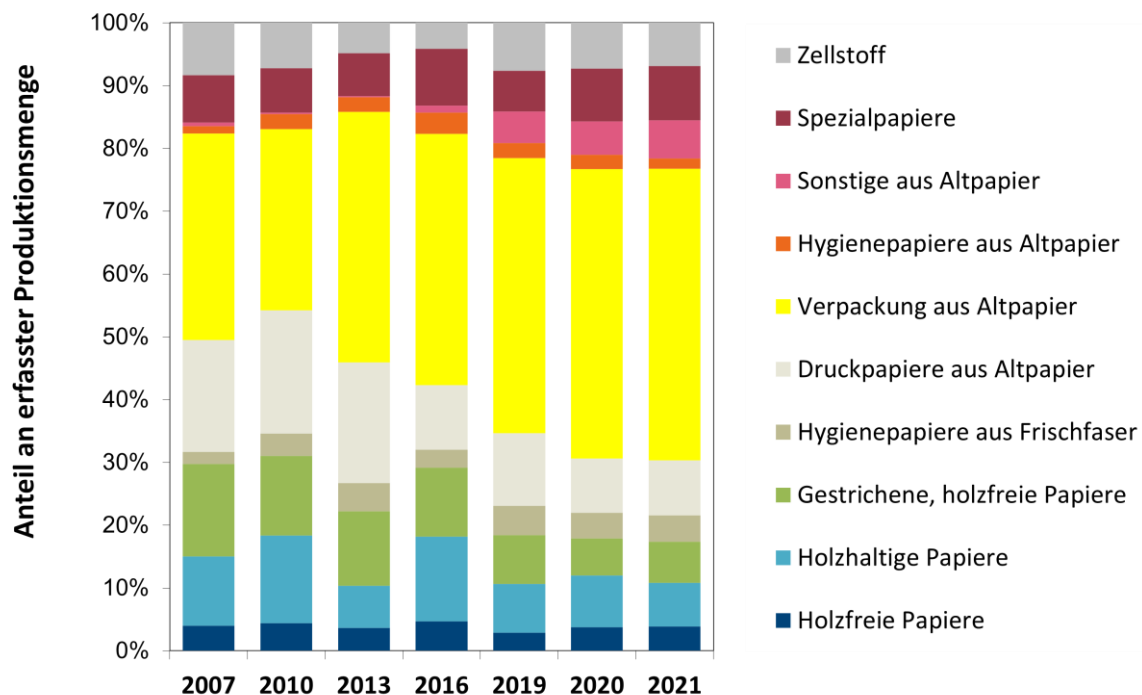


Abb. 1: Erfasstes Sortenspektrum der Produktion in Deutschland

Frischwassereinsatz und -aufbereitung

Hochgerechnet auf die gesamte Produktionsmenge hat die deutsche Zellstoff- und Papierindustrie im Jahr 2021 etwa 227 Millionen Kubikmeter Frischwasser als Prozesswasser eingesetzt. Das verwendete Frischwasser stammt zu etwa 81 % aus Oberflächengewässern und zu 17 % aus Brunnen oder Quellen. Der Wasserbezug aus der öffentlichen Wasserversorgung (Trinkwasser) spielt mit ca. 1 % nur eine untergeordnete Rolle.

Tendenziell wird sowohl das zur Produktion eingesetzte Oberflächenwasser als auch das Brunnenwasser immer häufiger aufbereitet.

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.

Die Verwendung organischer Mikrobizide zur Desinfektion wurde weiter reduziert und durch einen entsprechenden Einsatz von z.B. Chlordioxid kompensiert. Daneben kommen in einzelnen Werken weiterhin Ozon und UV-Strahler zum Einsatz. Ein steigender Anteil an Frischwasser wird auch mit enthärtenden Verfahren behandelt.

Kosten für Frischwasserentnahme und Frischwasseraufbereitung

Wie bereits in den vergangenen Jahren sind die Nutzungsentgelte für den Bezug von Frischwasser sehr unterschiedlich. So brauchen einzelne Werke für die Entnahme von Frischwasser für die Produktion kein Entgelt zu zahlen, während anderen Werken, insbesondere wenn dort Wasser aus öffentlichen Netzen bezogen wird, zum Teil erhebliche Kosten entstehen (Tab. 1).

Kosten 2021	Mittelwert	Maximum
Oberflächenwasser	0,07 €/m ³	0,75 €/m ³
Brunnenwasser	0,05 €/m ³	0,18 €/m ³
Öffentliches Netz (Trinkwasser)	1,86 €/m ³	5,60 €/m ³

Tab. 1: Nutzungsentgelte Frischwasserentnahme

Die Kosten für die Brauchwasseraufbereitung steigen seit dem Jahr 2020 deutlich an. Auch im Jahr 2021 ist ein deutlicher Anstieg auf durchschnittlich 0,22 €/m³ mit einer Spanne von 0,00 - 1,17 €/m³ erfolgt (Abb. 2).

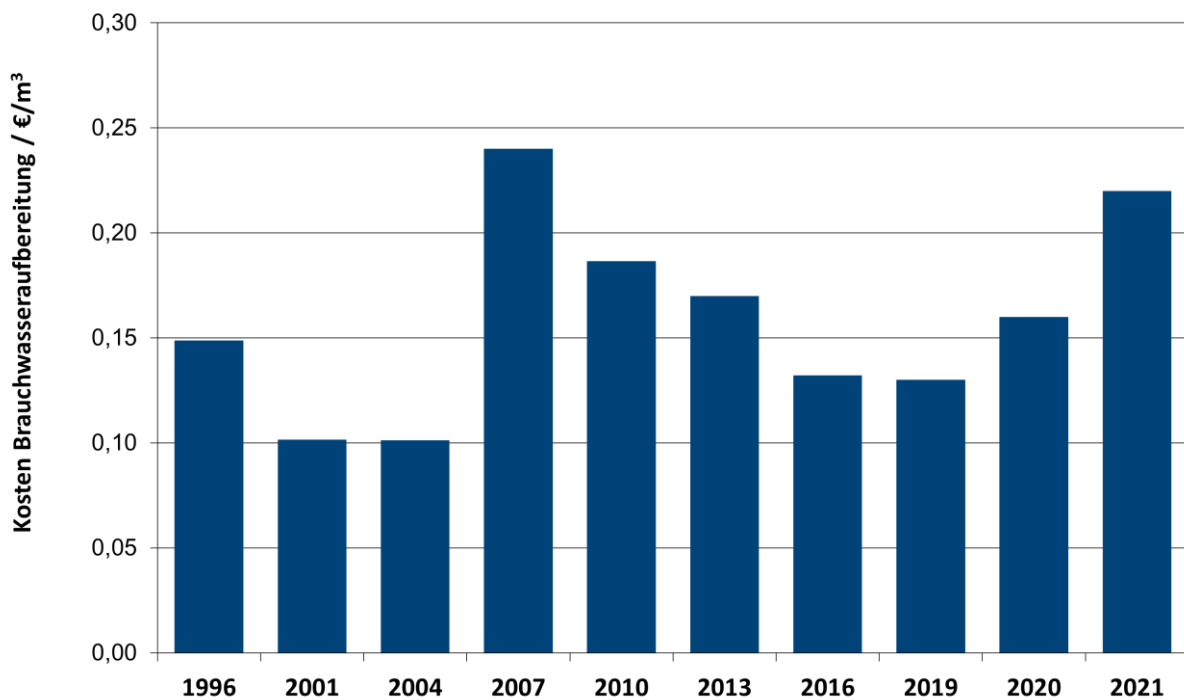


Abb. 2: Kosten Brauchwasseraufbereitung

Spezifische Abwassermenge

Die mittlere auf die Bruttoproduktionsmenge bezogene spezifische Abwassermenge (über die Produktionsmenge gewichteter Mittelwert) der sich an der Umfrage beteiligenden Unternehmen lag im Jahr 2021 bei 8,7 l/kg Produkt (Abb. 3). Hochgerechnet auf die deutsche Zellstoff- und Papierindustrie bedeutet dies eine Gesamtabwassermenge von etwa 229 Mio. m³/a. Dieser Wert ist gegenüber dem Vorjahr bedingt durch eine größere Teilnehmeranzahl etwas erhöht.

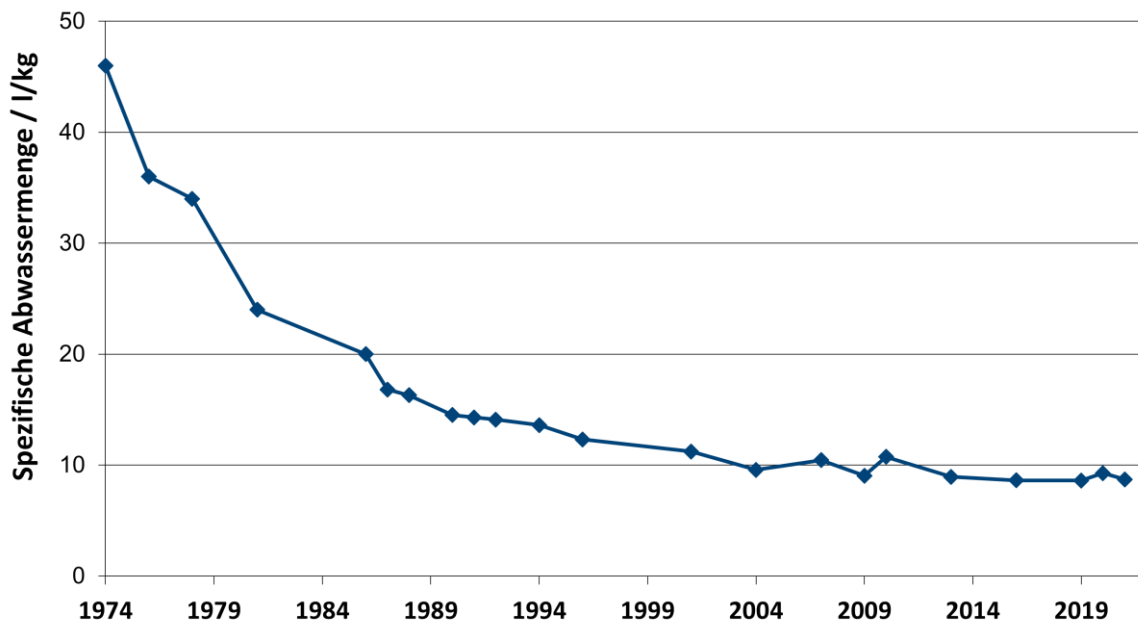


Abb. 3: Spezifische Abwassermenge

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).

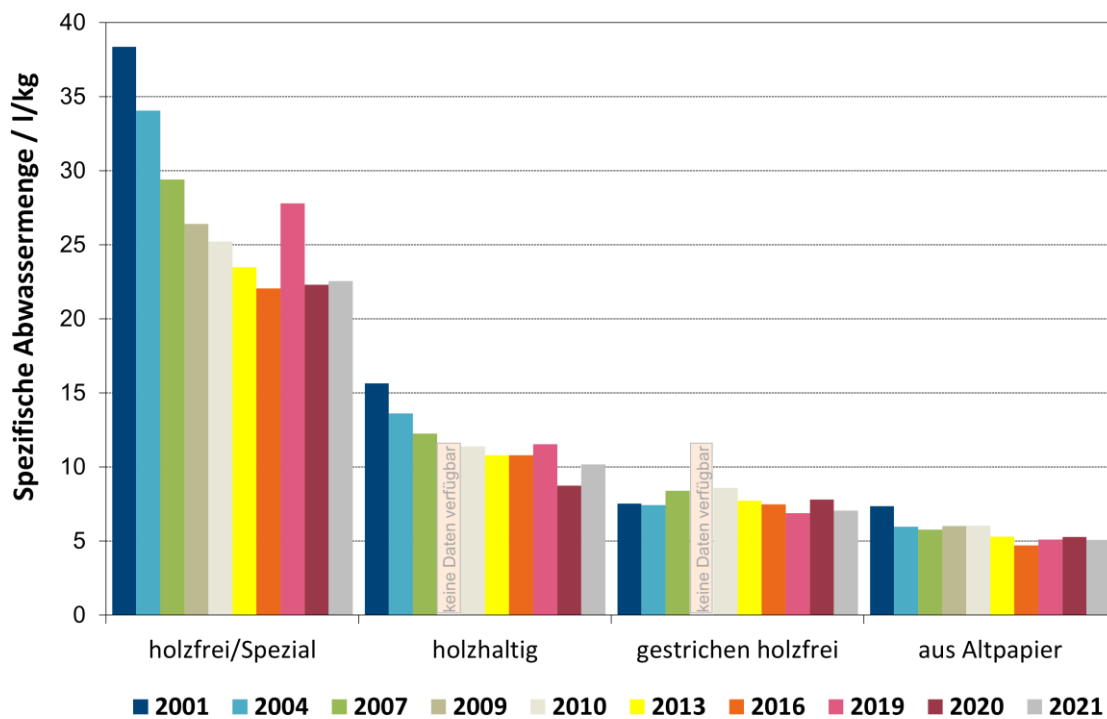


Abb. 4: Spezifische Abwassermenge der Hauptproduktionsgruppen

Bedingt durch die erstmalige Abfrage der Daten im Jahr 2019 per Online-Fragebogen sind Unschärfen aufgetreten, die aber im Jahr 2020 wieder bereinigt werden konnten.

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. Einige Werke produzieren mit geschlossenem Wasserkreislauf. Diese Kategorie beinhaltet auch Standorte, die Druckpapiere oder Hygienepapiere aus Altpapier produzieren und bei nahezu gleichbleibender Tendenz eine höhere spezifische Abwassermenge aufweisen (Abb. 5).

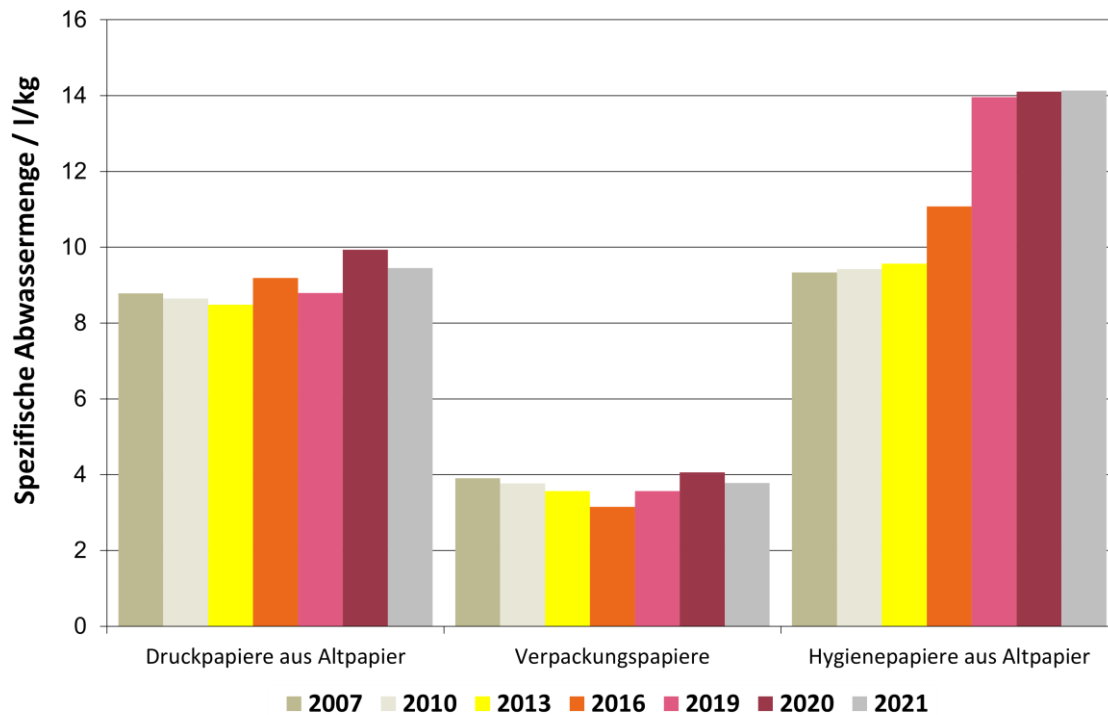


Abb. 5: Spezifische Abwassermengen der aus Altpapier hergestellten Papiere

Abwasserreinigung

35 % der an der Umfrage teilnehmenden Unternehmen leiten ihr Abwasser als Indirekteinleiter in kommunale Abwasserreinigungsanlagen oder Verbandskläranlagen ein. Sie repräsentieren 21 % der erfassten Produktionsmenge. 55 % der Werke, die zusammen 71 % 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. 8 % der Produktion kommen aus Werken mit geschlossenem Wasserkreislauf.

Die erfasste Einleitung von Abwasser ist seit 30 Jahren im Wesentlichen gleichgeblieben. Änderungen lassen sich am ehesten durch unterschiedliche Produktportfolios der Umfrageteilnehmer erklären. Tendenziell werden mehr Werke mit geschlossenem Kreislauf betrieben.

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).

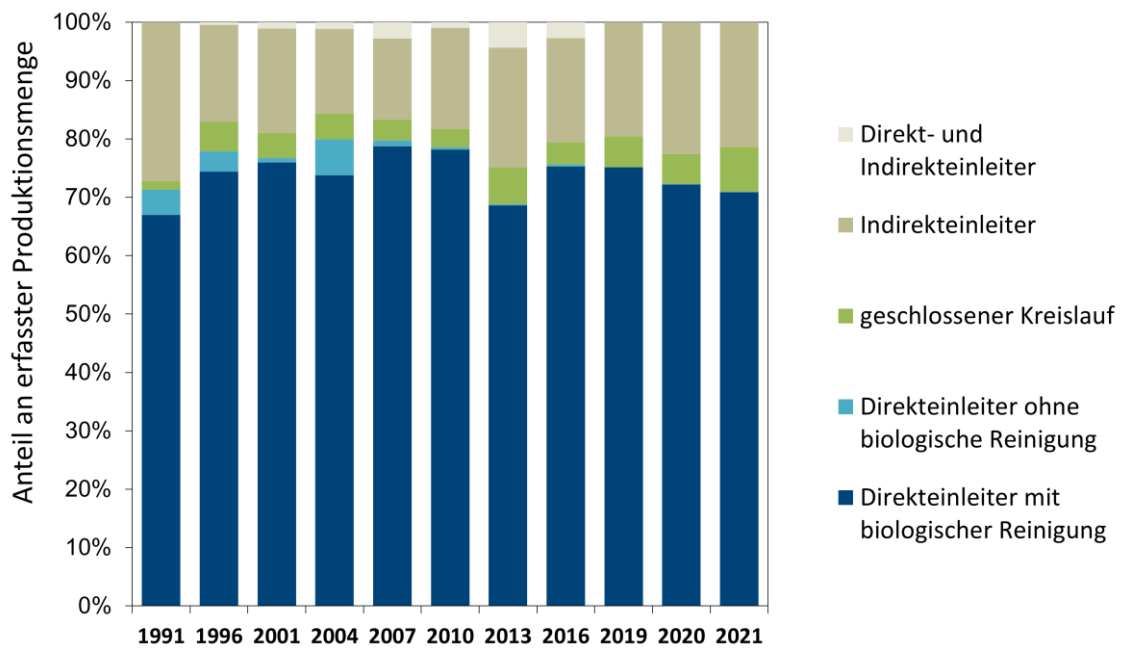


Abb. 6: Einleiteart bezogen auf die Produktionsmenge

Etwa 69 % der sich an der Umfrage beteiligenden Unternehmen betreiben eine biologische Abwasserreinigung, wobei 33 % dieser Unternehmen nur eine aerobe Behandlung (ein- oder mehrstufig) und 33 % auch eine anaerobe Stufe betreiben. Bei den aeroben Verfahren sind klassische Belebungsverfahren (Belebung und Belebungs-kaskade) 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).

Der Anteil von Anaerob-Anlagen mit Vorversäuerung ist seit 2016 von 16 % auf 25 % im Jahr 2021 gestiegen.

Die spezifischen Betriebskosten der Direkteinleiter für die Abwasserreinigung liegen im Vergleich 2021 zu 2020 minimal höher. Im Jahr 2021 lagen sie im Mittel bei 0,49 €/m³ mit einer Schwankungsbreite von 0,03 €/m³ und 2,73 €/m³.

Im Gegensatz hierzu sind die spezifischen Einleitekosten der Indirekteinleiter gesunken. Bei einer Spanne von 0,25 €/m³ bis 5,62 €/m³ lagen die Kosten 2021 im Mittel bei 1,55 €/m³ gegenüber 1,67 €/m³ im Jahr 2020.

Wasserkreislauf und Abwasserreinigung

Wie in den letzten Umfragen wurde auch wieder nach wichtigen Themen und aktuellen Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Kreislauf- bzw. Abwasser gefragt.

Auffällig sind neben einer steigenden Herausforderung, die maximalen Abwassermengen einzuhalten. Aufgrund strenger gewordener Anforderungen sind wie im letzten Jahr die Herausforderungen bei der Einhaltung von Stickstoff- und Phosphorparametern angestiegen.

Wie bereits bei den letzten Umfragen zählen hohe, bzw. schwankende Abwassertemperaturen zu den großen Herausforderungen. Das zur Produktion eingesetzte Frischwasser aus Oberflächengewässern wird daher in einigen Fällen zur Temperatureinstellung mit kaltem Brunnenwasser gemischt. Langanhaltende Hitzeperioden wirken sich hier besonders negativ aus.

Ebenfalls scheinen Färbung des Abwassers und Feststoffe in Abwasserreinigungsanlagen für viele Unternehmen bereits seit Jahren ein wachsendes und bedeutendes Thema zu sein. Gleiches gilt für die Kalkablagerungen in den Abwassereinigungsanlagen.

Aufkommen und Verteilung an Rückständen

Die Rückstände wurden 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.

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

Tab. 2: Abfallgruppenschlüssel

In der aktuellen Umfrage für das Jahr 2021 wurde eine Rückstandsmenge von insgesamt 3,375 Millionen t/a (feuchte Rückstandsmenge) erfasst. Das entspricht einem spezifischen Rückstandsanfall von 165 kg/t Produkt. Hochgerechnet auf die gesamte Papierproduktion in Deutschland entspricht dies einer Gesamtmenge an Rückständen von etwa 4,1 Millionen Tonnen (Abb. 7).

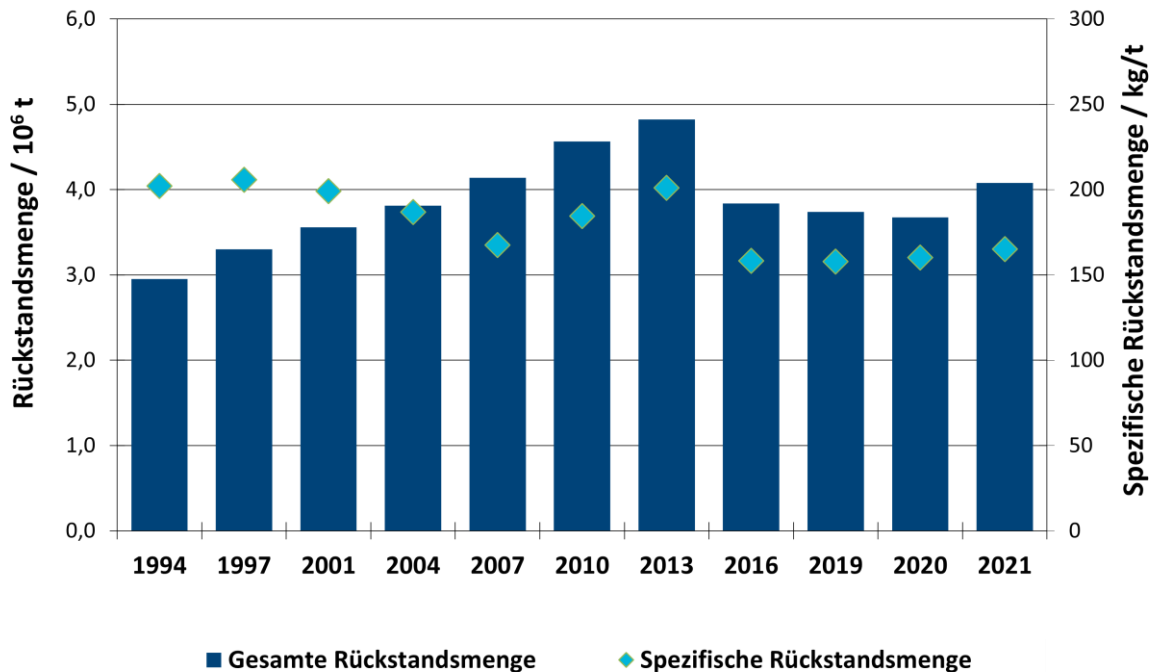


Abb. 7: Rückstandsmengen

Seit 2020 werden auch Nebenprodukte gemäß § 4 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) ermittelt. Dabei wurde deutlich, dass große Anstrengungen bei der Abfallvermeidung sowie der Nutzung von Nebenprodukten für nachfolgende Produktionsschritte stattfinden.

Mit 43 % wird der größte Anteil der anfallenden Rückstände (feuchte Rückstandsmenge) auch 2021 als Faserabfälle, Faser-, Füller- und Überzugsschlämme aus der mechanischen Abtrennung ausgewiesen (AVV 03 03 10). Die zweitgrößte Gruppe stellen mit 19,5 % die Abfälle aus der Auflösung von Papier und Pappe, dar, dicht gefolgt von als Deinking-Schlämme ausgewiesenen Rückständen mit 16,1 %. Rinde und Holz werden vermehrt als Nebenprodukt deklariert, der erfasste Abfallanteil ist auf 4,9 % gesunken (Abb. 8).

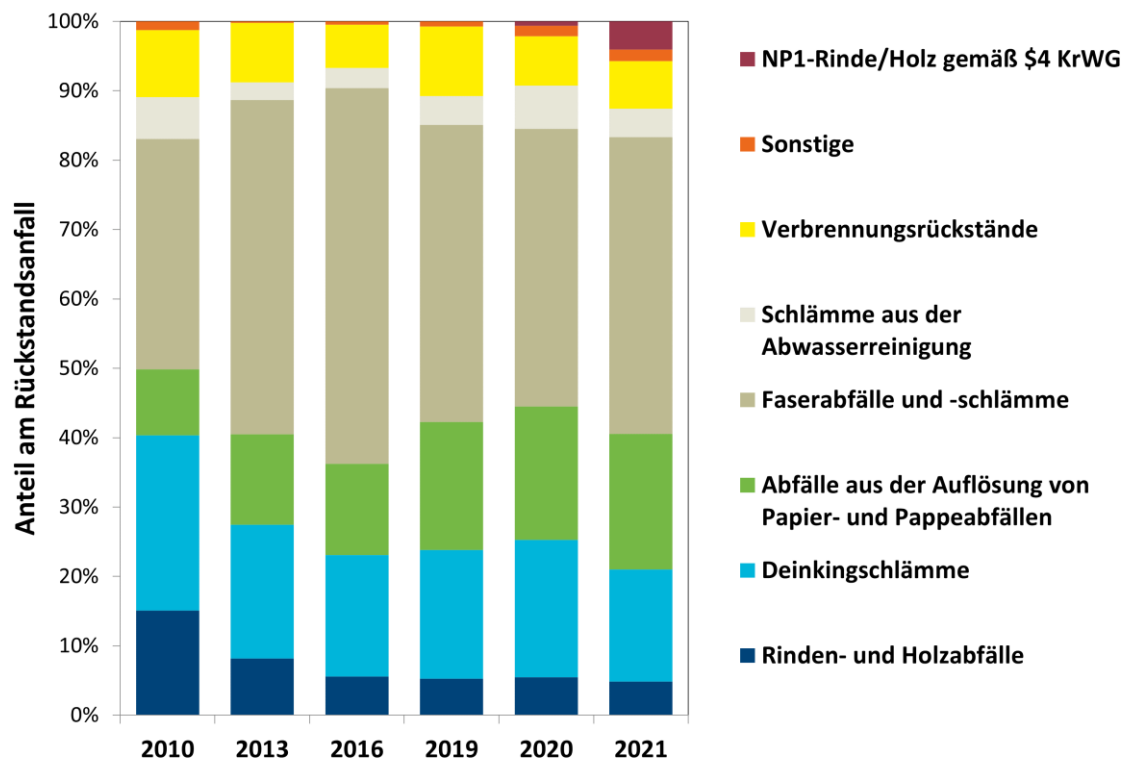


Abb. 8: Rückstandsgruppen im Vergleich

Entsorgungs- und Verwertungswege

Seit fünf Jahren werden gut 62 % der in der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie anfallenden Rückstände innerbetrieblich oder extern energetisch verwertet.

Bei der stofflichen Verwertung sind nach wie vor die Ziegel- und Zementindustrie die Hauptabnehmer der Rückstände. Der Anteil der deponierten Rückstände ist auf einen Wert von 1 % gesunken und lässt sich systembedingt nicht weiter reduzieren.

Die sonstigen Verwertungswege werden mit gut 6 % angegeben. Dazu kommt eine sonstige biologische Verwertung von 2 % im Jahr 2021, die sich aus dem Verkauf von Rinde und Holz als Nebenprodukte nach § 4 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes ergeben. Außerdem werden im Jahr 2020 gut 6 % der sonstigen baustofflichen Verwertung zugeführt (Abb. 9).

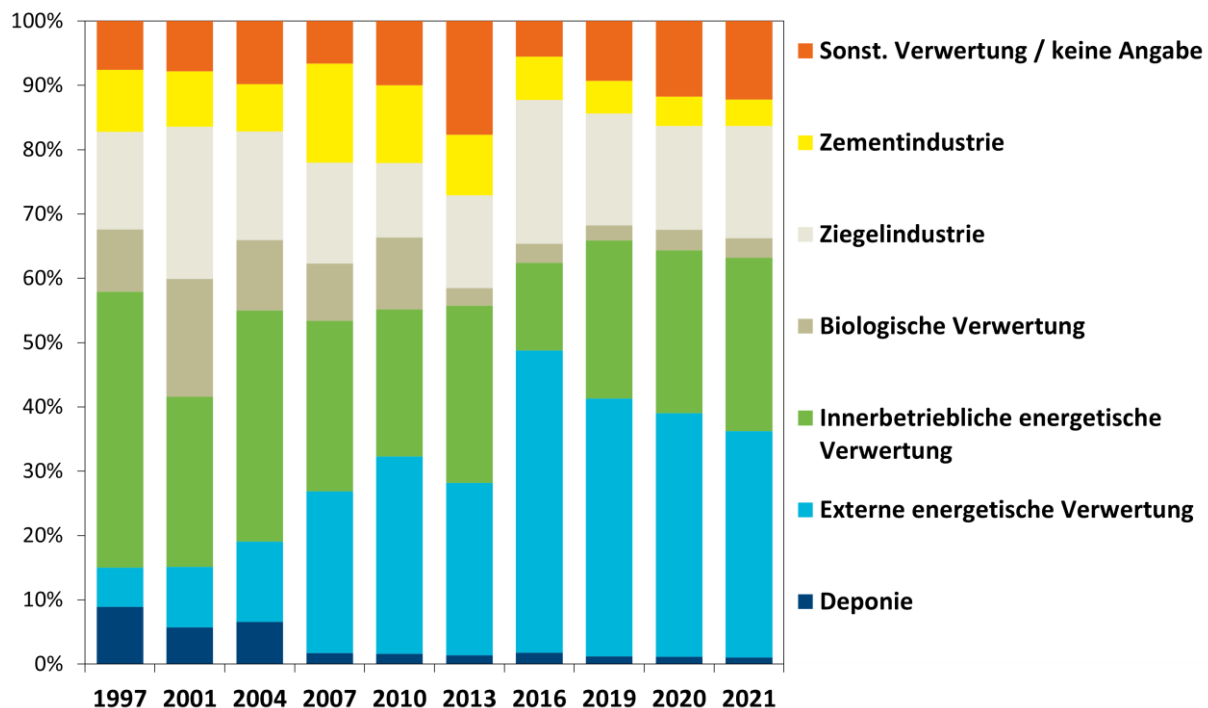


Abb. 9: Entsorgungs- und Verwertungswege seit 1997

Tendenziell dominierte im Jahr 2021 weiterhin die interne und externe Verbrennung von Rinden- und Holzabfällen, Deinking-Schlämmen, mechanisch abgetrennten Abfällen, Faserabfällen und anderen Abfällen.

Die sonstige biologische Verwertung zeigt, dass weniger Rinden- und Holzabfälle verbrannt wurden und stattdessen der Weiterverarbeitung zugeführt wurden (Abb. 10).

In einigen deutschen Zellstoff- und Papierfabriken wird ein Großteil der Rückstände innerbetrieblich energetisch verwertet. Die mengenmäßig größte Fraktion der so genutzten Rückstände bilden die Deinking-Schlämme nach AVV 03 03 05.

Schlämme aus betriebseigenen Abwasserreinigungsanlagen und Faserabfälle (AVV 03 03 11) werden u.a. vermehrt der sonstigen biologischen Verwertung zugeführt, während die energetische Nutzung deutlich zurückgeht.

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.

Die Verwertung der Schlämme zeigt über die letzten 10 Jahre eine hohe Dynamik (Abb. 10 und Abb. 11). Seit 2019 hat die interne und externe energetische Nutzung stark zugenommen, während ca. 1/3 in der Ziegel- und Zementindustrie weiterverwertet wird.

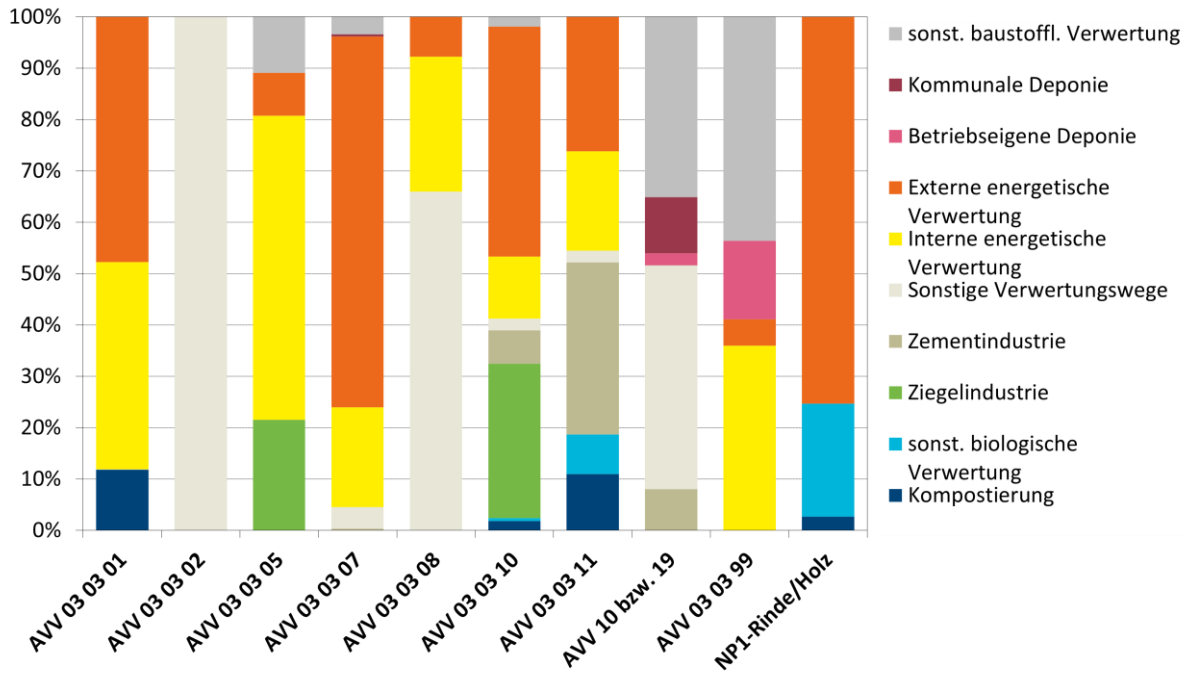


Abb. 10: Entsorgungs- und Verwertungswege der Rückstandsgruppen 2020

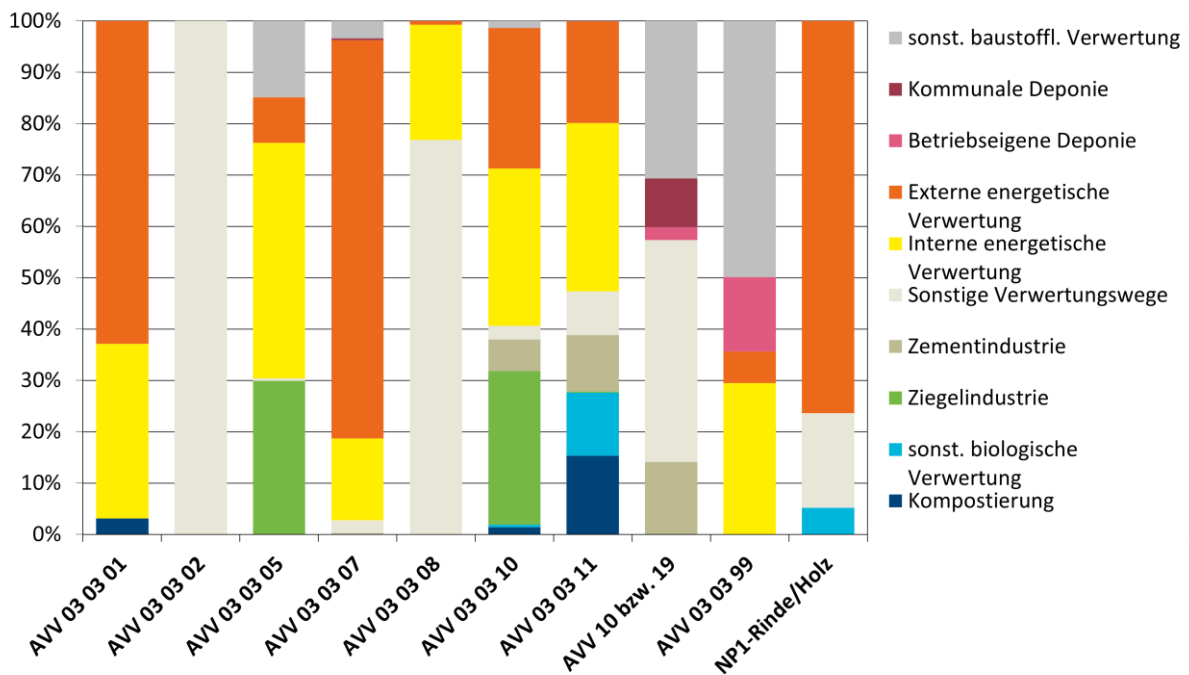


Abb. 11: Entsorgungs- und Verwertungswege der Rückstandsgruppen 2021

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 zum Teil deutlich über 200 €/t für die Entsorgung bezahlt werden.

Rückstandsgruppe	Entsorgungskosten			Anzahl Werte
	Minimum	Mittelwert	Maximum	
Rinden- und Holzabfälle	-16 €/t	4 €/t	17 €/t	4
Deinkingsschlämme aus dem Papierrecycling	0 €/t	26 €/t	49 €/t	6
Mechanisch abgetrennte Abfälle aus der Auflösung von Papier- und Pappeabfällen	0 €/t	111 €/t	180 €/t	41
Abfälle aus dem Sortieren von Papier und Pappe für das Recycling	-9 €/t	64 €/t	165 €/t	4
Faserabfälle, Faser-, Füller- und Überzugsschlämme aus der mechanischen Abtrennung	0 €/t	52 €/t	225 €/t	68
Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserreinigungsanlage	0 €/t	78 €/t	185 €/t	21
Verbrennungsrückstände	60 €/t	88 €/t	130 €/t	9

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

Quellenangaben:

Inhalte, Grafiken und Tabellen wurden von DIE PAPIERINDUSTRIE e.V. erstellt (siehe Bericht der Wasser- und Rückstandsumfrage 2021)