

Zusammenfassung

- Stichprobe: jährlich ≥ 99 Thermopapier-Proben, Zeitraum: **2015 – 2024**
- in den Jahren **2015 – 2018** → **Bisphenol A (BPA)** anteilig am häufigsten eingesetzter Farbwentwickler



- in den Jahren **2019 – 2022** → **Pergafast 201** anteilig am häufigsten eingesetzt
- ab **2023** → **Bisphenol S (BPS)** dominierend, Anteil sonstiger Farbwentwickler steigt
- nach **2020** („BPA-Verbot“) → **BPA** wohl nur noch aufgrund von Restbeständen auf dem Markt

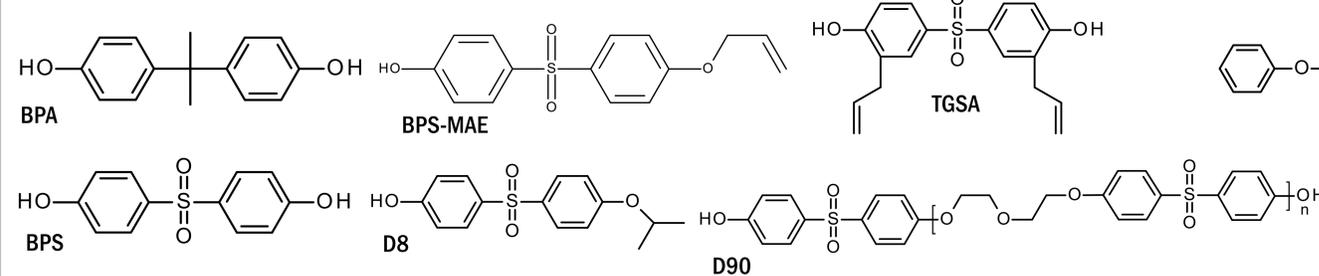
Hintergrund

- Wo wird Thermopapier genutzt?** Kassenzettel, Klebeetiketten, Paketaufkleber, Eintrittskarten, Fahrkarten 
- Wie funktioniert der Druck?** Das Druckbild entsteht punktuell durch eine **hitzeinduzierte**, reversible Reaktion zwischen Farbbildner und Farbwentwickler. Es findet ein Protonenübergang vom **Farbwentwickler**, dem H⁺-Donator, auf den **Farbbildner**, den H⁺-Akzeptor, statt. Der Farbbildner ist ein **Leukofarbstoff**, welcher unter neutralen Bedingungen farblos erscheint und sich durch Protonierung in die farbige Verbindung umwandelt. Der Schmelzpunkt der thermosensitiven Schicht wird durch **Sensitizer** eingestellt.
- Migration!** Die Farbwentwickler können bei Kontakt in **Lebensmittel** migrieren und auf die **Haut** übertragen werden [1], wobei bestimmte Farbwentwickler (Bisphenol A (BPA) und Bisphenol S (BPS)) von der ECHA (European Chemicals Agency) als **SVHC** (substance of very high concern) eingestuft wurden [2].
- Verbot!** Es gilt gemäß Verordnung (EU) 2016/2235 seit 2020 ein **Verbot des Inverkehrbringens** für Thermopapier mit einem **BPA-Gehalt** von mehr als **0,02 Gewichts-%** (= **0,2 mg/g**). Die Hersteller greifen auf **andere Farbwentwickler** wie Bisphenol S (BPS) und „phenolfreie“ Farbwentwickler wie z.B. Pergafast® 201 (PF201) zurück, sowie auf Thermopapiere **ohne Farbwentwickler** (Blue4est®).
- Außerdem ist die Kontamination des Recycling-Kreislaufes von Papierfasern durch Thermopapier-assoziierte Substanzen bekannt („Altpapier“-Problematik) [3].

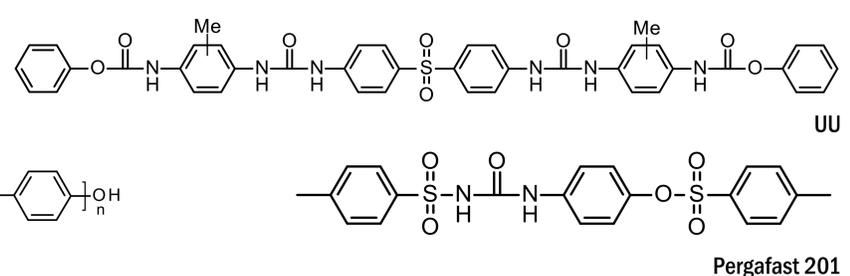
Ziel der Studie

- In dieser Studie wurden **seit 2015** jährlich mindestens **99 Thermopapiere** auf enthaltene Farbwentwickler analysiert. 

Phenolische Farbwentwickler



Phenolfreie Farbwentwickler



Methodik

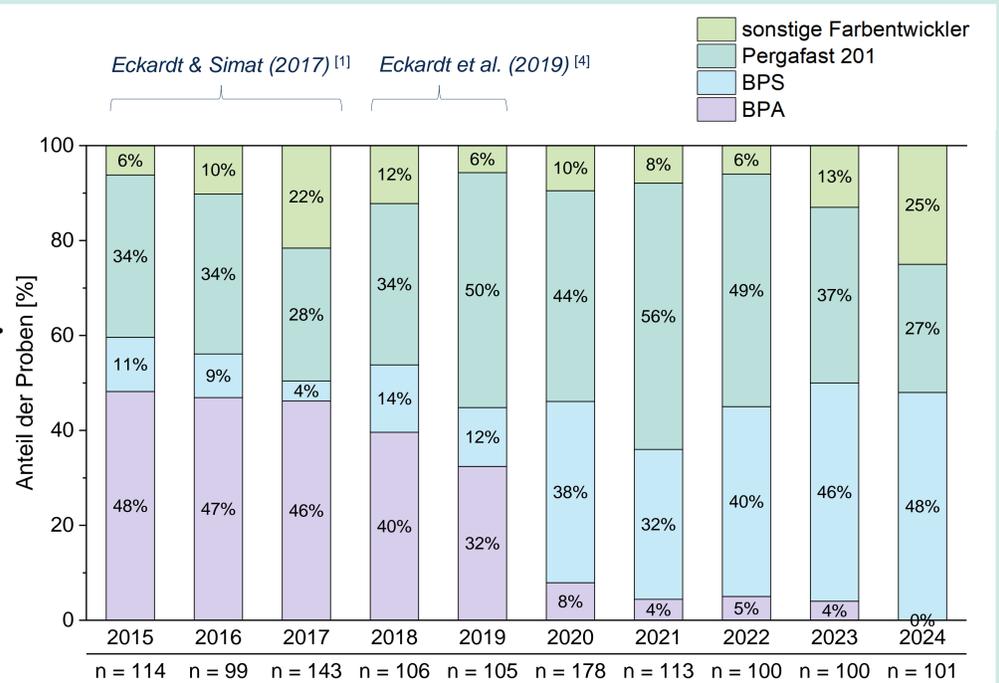
- Nach methanolischer Extraktion (60 °C, > 12 h) wurden die Farbwentwickler, deren Hydrolyseprodukte und Sensitizer mittels HPLC-DAD identifiziert und quantifiziert. 

Marktübersicht Farbwentwickler 2015 – 2024

- Gehalten an Farbwentwicklern in Thermopapier im Jahr 2024:**

Farbwentwickler	Gehalt in mg/g	Gehalt in mg/dm ²
Bisphenol A (BPA)	< 0,004	< 4
Bisphenol S (BPS)	9,4	5,7
(Median, n = 48)		
Pergafast 201	10,7	5,6
(Median, n = 26)		

- Die **Abbildung** zeigt die **prozentuale Verteilung der Farbwentwickler** (BPA, BPS, Pergafast 201 und sonstige Farbwentwickler) in den analysierten Proben (mit n Umfang der Stichprobe)
- Die Thermopapiere wurden überwiegend im Freistaat Sachsen gesammelt. Inbegriffen sind Kassenzettel, Eintrittskarten sowie Klebeetiketten (seit 2017) aus verschiedenen Handelskategorien (Post, Lebensmittel, Cafés, Restaurants, Tankstellen, Mode, Drogerie etc.).



Literatur

- [1] M. Eckardt, T. J. Simat, *Chemosphere* **2017**, 186
 [2] ECHA Chem Database, <https://echa.europa.eu/de/substance-information>, Stichwort Bisphenol A, last updated 30/04/2024
 [3] L. Richter, E. Mehlhorn, T. J. Simat, A. Harling, W. Altkofer, *Poster TU Dresden* **2011**
 [4] M. Eckardt, M. Kubicova, D. Tong, T. J. Simat, J. *Chromatogr. A* **2019**, 1609

