

## **Vergleichende Sachbilanz im Textilbereich – Spinnfärbung versus Flottenfärbung**

**Denise Reinhardt**

Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Technische Chemie und Umweltchemie

Email: [D.Reinhardt@uni-jena.de](mailto:D.Reinhardt@uni-jena.de)

Aufgrund des hohen pro-Kopf-Verbrauchs an Textilien und ihrer abwasserintensiven Produktion ist die Textilindustrie in Deutschland einer der Industriezweige mit dem höchsten Abwasseraufkommen. Zudem sind textile Abwässer durch organische Verbindungen aus Textilhilfsmitteln und durch den Farbstoffeinsatz beim Färben im Bad stark belastet und aufwendig zu reinigen.

Eine viel versprechende Möglichkeit zur ressourcen- und umweltschonenden Produktion synthetischer Textilien scheint die Spinnfärbung, die sich in den letzten Jahrzehnten immer weiter etabliert hat. Das zu färbende Polymer wird hier schon während des Spinnprozesses mit Hilfe von Masterbatches abwasserfrei gefärbt. In wieweit die Spinnfärbung tatsächlich zu einer Reduktion der Umweltlasten in der Textilveredelung beitragen kann, war Untersuchungsgegenstand einer Studie, die in Zusammenarbeit der Grafe Color Batch GmbH, des Thüringer Institutes für Textil- und Kunststoffforschung sowie der Friedrich-Schiller-Universität Jena entstand. Diese Studie ist Teil eines Projektes unter dem Titel „Entwicklung einer Methode zur ökologischen und ökonomischen Bemusterung und Rezeptierung von Masterbatches zur Herstellung von spinngefärbten Synthesefasern“ und wurde von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert.

Ziel dieser Arbeit war ein Vergleich der Umweltlasten zweier Möglichkeiten der Textilfaserfärbung, Flottenfärbung und Spinnfärbung auf Sachbilanzebene. Die Quantifizierung ökologisch relevanter Daten sollte einen Vergleich der durch beide Verfahrensalternativen jeweils hervorgerufenen Umweltlasten ermöglichen und Unternehmen aus dem Textilveredelungsbereich Entscheidungshilfe bezüglich Investitionsmaßnahmen zur Beschaffung und den Betrieb von Textilveredlungsanlagen liefern.

# *Vergleichende Sachbilanz im Textilbereich – Spinnfärbung kontra Flottenfärbung*

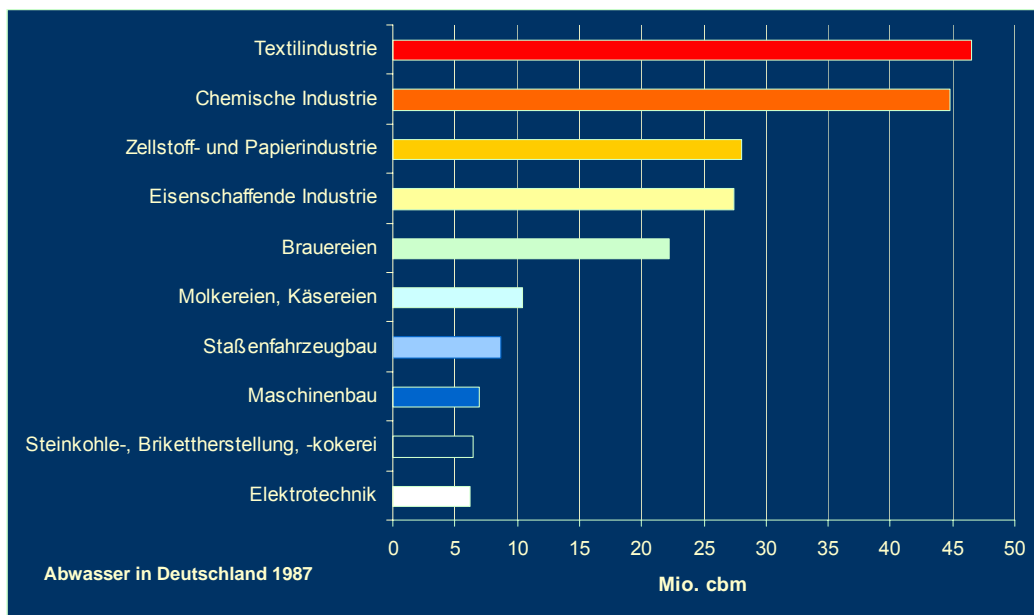
*Denise Reinhardt*



seit 1558

## *Gliederung*

1. *Einleitung*
2. *Vorstellen des Projektes*
  - » Projektbeschreibung
  - » Der Spinnprozess
  - » Flottenfärbung / Spinnfärbung
  - » Auswahl eines geeigneten Untersuchungsbeispiels
  - » Nutzeneinheit und Annahmen
  - » Bilanzraum, Stoffstromnetze
  - » Datenlage
3. *Ausgewählte Ergebnisse*
4. *Zusammenfassung*

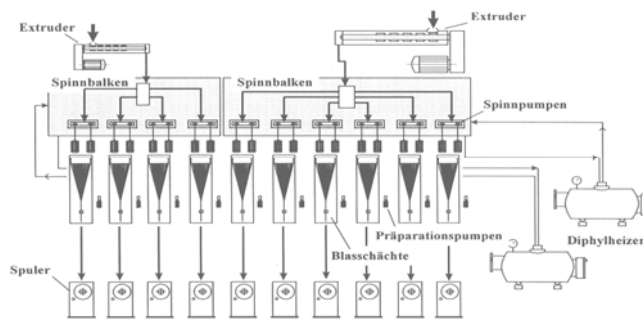


Quelle: „Reduktion der Abwasserbelastung in der Textilindustrie“, H. Schönberger, U. Kaps, UBA-Texte 3/94, Berlin 1994

- Auftraggeber: Grafe Color Batch GmbH Blankenhain
- Förderer: Deutsche Bundesstiftung Umwelt
- Ziel: Vergleich konventionelle Flottenfärbung kontra Spinnfärbung bezüglich ihrer Umweltauswirkungen während der Produktionsphase
- Vorgehen: Nutzung der Rahmenmethodik einer **Produkt-Ökobilanz** nach ISO EN 14040, Auswertung der Ergebnisse auf Sachbilanzebene, Nutzung Softwarebibliothek *Umberto*

- Schmelzen PA6 fließfähig bei 250-260°C
- Druck Pressen der Schmelze durch Spinnndüsen in ein verfestigendes Medium (Wasser oder Luft)
- Verstrecken Ausrichtung der in den erhaltenen Fäden ungeordnet liegenden Molekülketten in Richtung der Faserlängsachse
- Fixieren Befreien von inneren Spannungen mit Hilfe einer thermischen Nachbehandlung

## Beschreibung der Produktionsanlage



Layout der Produktionsanlage (Ausschnitt)

Denise Reinhardt

5

# Flottenfärbung



Vorwäsche

Färbebad

Heißpülbad

Kaltspülbad

Weitere Spülbäder nach Farbintensität



Wasserverbrauch: 30-60 l/kg  
Energieeinsatz: 0,7-5,5 kWh/kg

Problematik: stark belastetes Abwasser

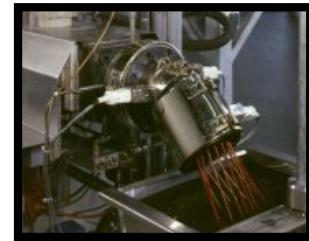
Denise Reinhardt

6



Wasserverbrauch: 0  
Energieeinsatz: gering

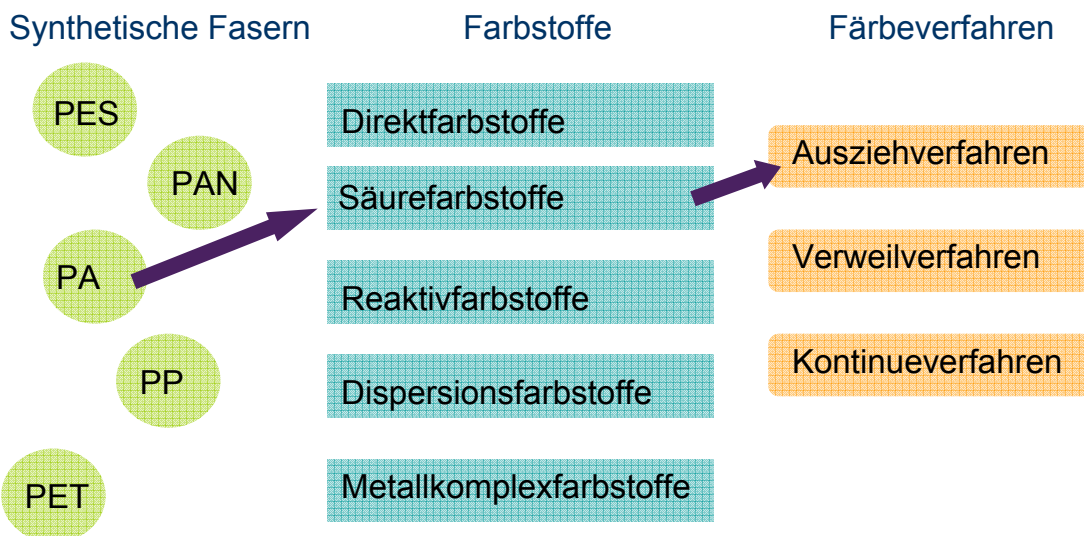
0 ?!



Anteil spinngefärbter Textilien: 15 % (Europa)  
Anteil spinngefärbter Teppiche: 38 % (D)

Problematik: Fadenbruch, Bemusterung auf Produktionsmaschinen,  
Master-Batch-Pool, Standzeiten bei Farbwechsel

## Auswahl eines geeigneten Untersuchungsbeispiels



Untersuchungsbeispiel: PA6, Säurefarbstoff, Ausziehverfahren,  
Farbstoff Tectilonblau 6G der Firma Ciba

Präparationsöle

**Vorbehandlung**

Netz- und Waschmittel  
Dispergiermittel  
Stabilisatoren

**Färben**

Egalisiermittel  
Dispergiermittel  
Falteninhibitoren  
Säurespender

Antistatika

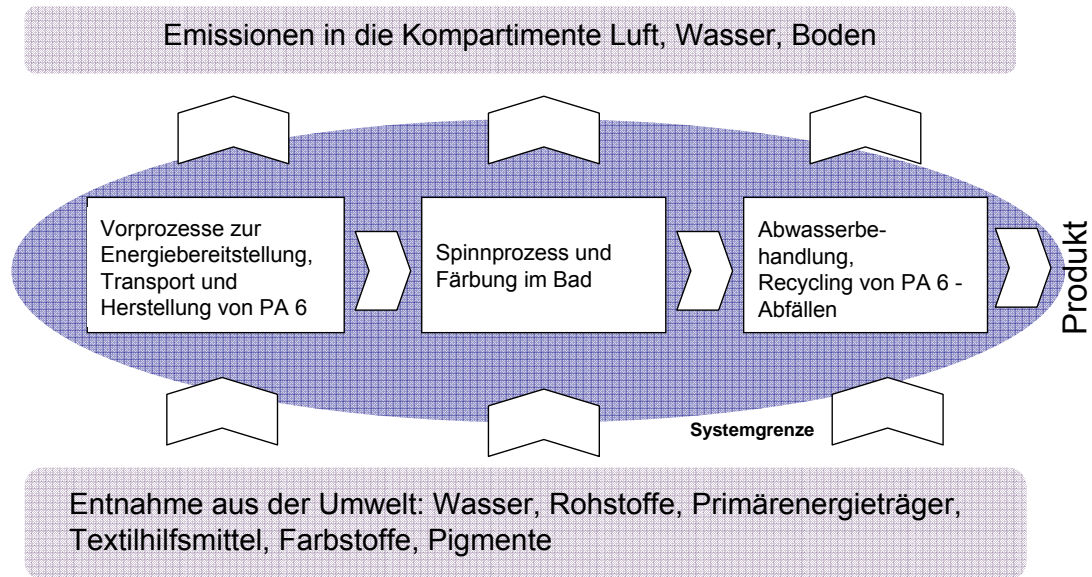
Weichgriffmittel

**Definition der Nutzeneinheit**

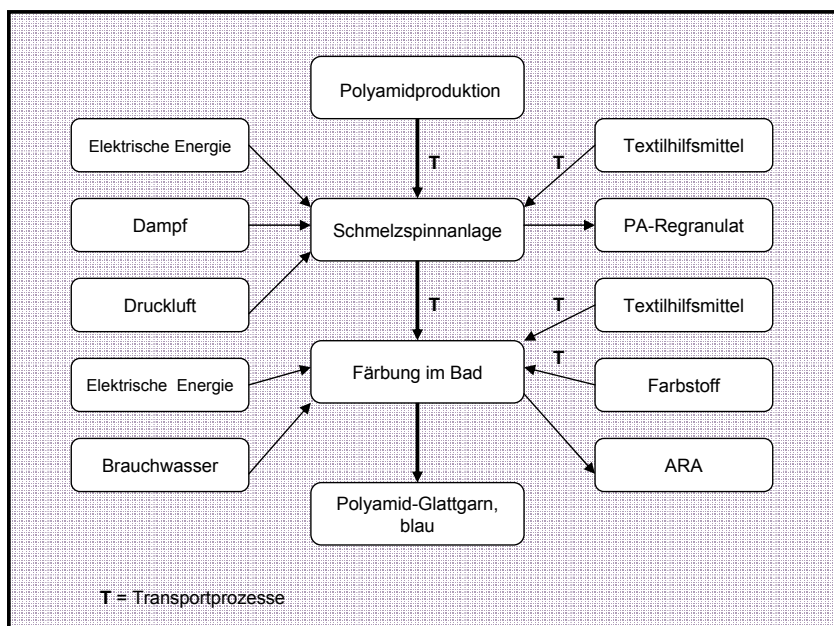
Eine Tonne blau zu färbendes Polyamid 6

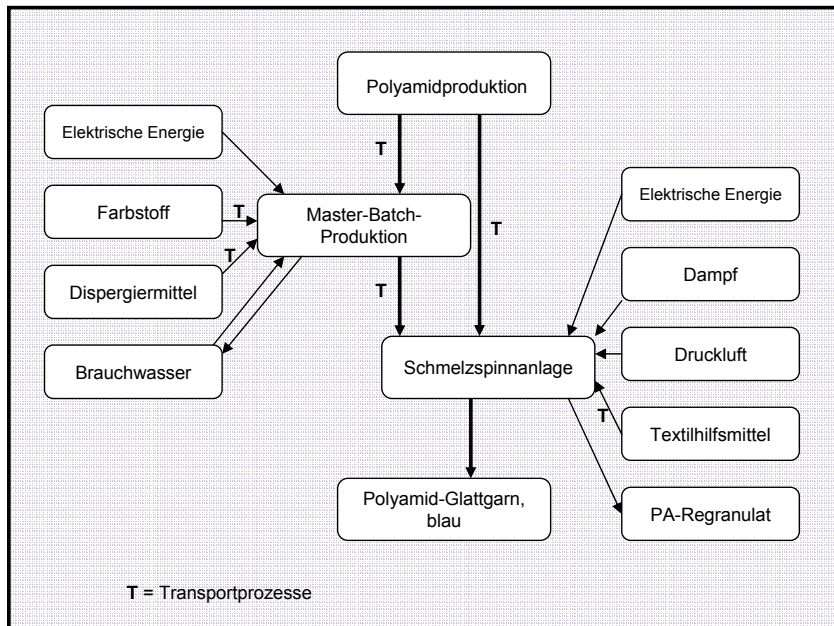
**Getroffene Annahmen**

- Die Herstellung ungefärbter und spinngefärbter Garne unterscheidet sich im Energieverbrauch nicht.
- Die Eigenschaften spinn- und flottengefärbter Garne sind vergleichbar.
- Präparationsöle (Spinnfinish) werden jeweils in vergleichbarer Art und Menge aufgegeben.
- Produktionsabfall an PA 6 wird vollständig zu Regranulat verarbeitet und als Ausgangsstoff für die Herstellung von PA-Formteilen eingesetzt.



## Flottenfärbung – Prozesskette





Teilbereich	Datenlage
Polyamidherstellung	sehr gut
Transport	mittel
Master-Batch-Herstellung	mittel
Spinnprozess	mittel
Lebensweg Textilhilfsmittel, Farbstoffe, Pigmente	nicht vorhanden
Umweltauswirkungen Textilhilfsmittel, Farbstoffe, Pigmente	gut
Färbeprozess	mittel
Kläranlage	gut



Folgende **Wirkkategorien** werden betrachtet:

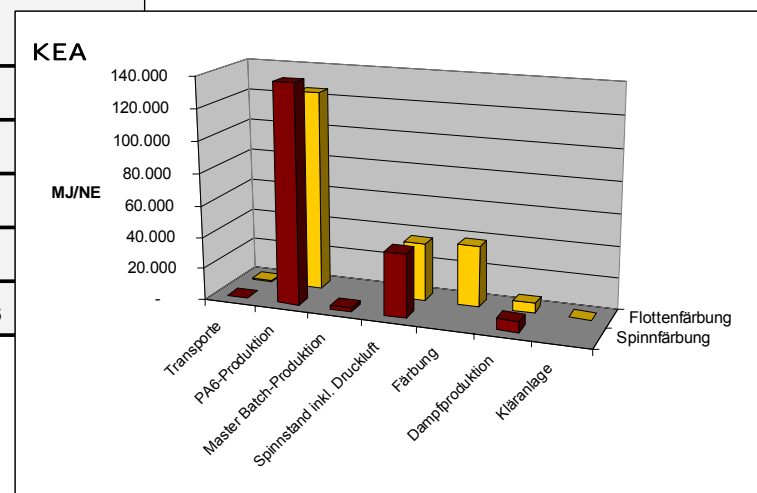
- Kumulierter Energieaufwand KEA
- Ressourcenverbrauch (Wasser, Rohstoffe, Chemikalien)
- Emissionen
- Abfälle

$$\text{Energieeffizienzfaktor } E_{\text{EF}} = \frac{\text{Energiebedarf des Prozessschrittes}}{\text{Masse an Reaktionsprodukt}}$$

## Kumulierter Energieaufwand

	KEA Spinnfärbung in MJ/NE	KEA Flottenfärbung in MJ/NE
Transporte	344	384
Nylon6-Produktion	138.000	126.000
Masterbatch-Produktion	2060	0
Spinnstand <sup>[1]</sup>	40.500	36.200
Flottenfärbung	0	38.100
Dampfproduktion	6.920	6.180
Kläranlage	0	122
<b>Insgesamt</b>	<b>187.759</b>	<b>206.986</b>

[1] beinhaltet Energiebedarf Spinnstand, Druckluftanlage



## Wasser

	Spinnfärbung in t/NE	Flottenfärbung in t/NE
<b>Input</b>	<b>1.380</b>	<b>2.330</b>
<b>Output</b>		
Trink-/Brauchwasser	564	1.030
Abwasser	816	1.300

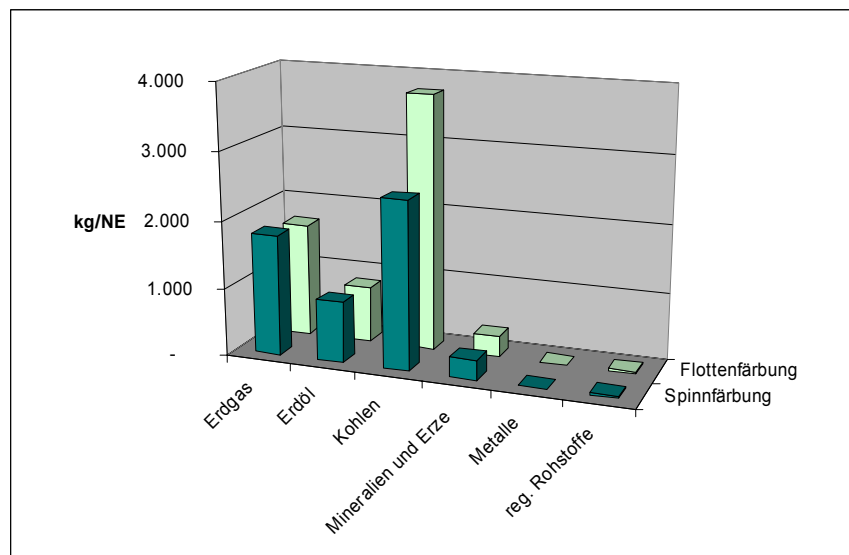
z. T. mit belastenden Inhaltsstoffen und/oder durch Abwärme belastet:

Tenside, Farbstoffe, Salze, Oxidations-/Reduktionsmittel, Metallionen,  
Kohlenwasserstoffe (Öle, Fette), Komplexbildner (Wasserkonditionierung),  
Schlichten, Faserbestandteile

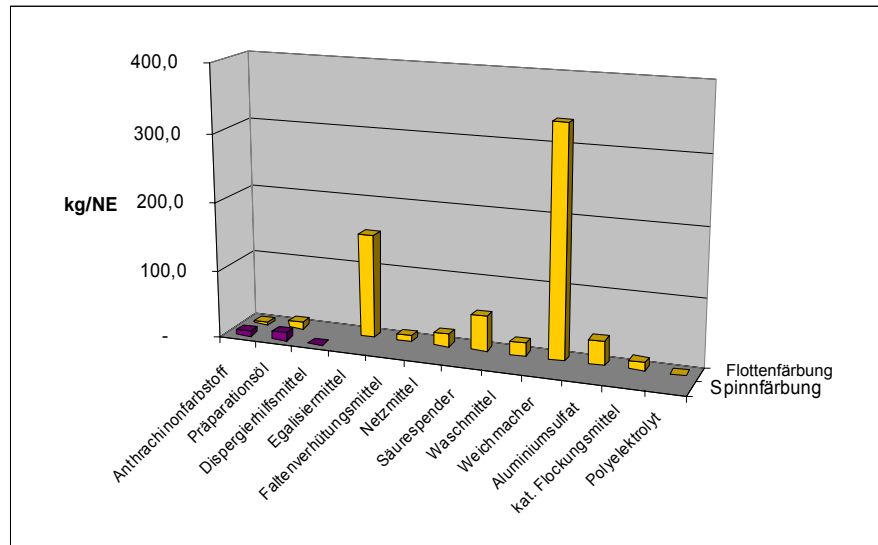
*Einsparung bei Spinnfärbung überwiegend auf Reduktion des Energiebedarfs zurückzuführen*

## Rohstoffe in der Lagerstätte

- größte Anteile entfallen auf Energieträgerbedarf
- Spinnfärbung: Minderung des Ressourcenverbrauches um ca. 15 %



## Bedarf an Chemikalien



Denise Reinhardt

19

## Emissionen

Emissionen (Luft):  $N_2O$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $VOC$ ,  $NO_x$ ,  $SO_2$ ,  $H_2$

Emissionen (Wasser):  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $N$ -Verb.,  $SO_4^{2-}$ , gelöste/suspendierte Feststoffe

Emissionen	Spinnfärbung	Flottenfärbung
Emissionen (W) in kg/NE	325	345
Emissionen (L) in kg/NE		
davon	9.467	10.783
Kohlendioxid (L) in kg/NE	9.333	10.630
Abwärme (W) in MJ/NE	26.924	45.725
Abwärme (L) in MJ/NE	5.091	9.336

- Emissionen an Abwärme: Verringerung um ca. 40% bei Spinnfärbung, Mehrbedarf an Energie bei Flottenfärbung
- Emissionen in die Atmosphäre und aquatische Medien: annähernd gleich

Denise Reinhardt

20

Ursache: dominierender Einfluss der PA6-Produktion:

Kohlendioxidemissionen in kg/NE	Spinnfärbung	Flottenfärbung
Transportprozesse	21	29
PA6-Produktion	6.340	5.780
Energiebereitstellung Spinnstand	2.390	2.140
Energiebereitstellung Badfärbung	0	2.250
Energiebereitstellung MB-Produktion	95	0
Dampfproduktion	485	433
Insgesamt	9.330	10.600

Spinnfärbung: Reduktion um 10%; ohne Berücksichtigung PA6 – Produktion: 40%

## Abfälle

- Unterteilung in Abfälle zur Verwertung, Verbrennung
- Abfälle zur Verbrennung: resultieren zumeist aus dem Klärschlammanfall bei der Abwasserreinigung

Abfälle in kg/NE	Spinnfärbung	Flottenfärbung
Abfälle zur Beseitigung	11.638	21.118
Abfälle zur Verbrennung	55	990
davon Klärschlamm (20% TS)	0	891

- Reduktion des Abfallaufkommens um fast 50% bei Spinnfärbung

- Vergleich der entstehenden Umweltlasten während der Produktion (Spinnfärbung/Flottenfärbung)

Wirkkategorie	
KEA	Spinnfärbung: energetischer Vorteil von ca. 40 % (ohne Berücksichtigung PA6 – Produktion)
Wasser	Spinnfärbung: Einsparung von ca. 40 % (hauptsächlich auf Reduktion des Energiebedarfes zurückzuführen)
Rohstoffe in Lagerstätte	Spinnfärbung: um ca. 15 % Minderung
Bedarf an Chemikalien	Reduktion des Chemikalieneinsatzes durch Substitution der Flottenfärbung um 97 %
Emissionen	Abwärme: Spinnfärbung - 40 % CO <sub>2</sub> -Emission: Spinnfärbung - 10 % bzw. - 40 %
Abfälle	Spinnfärbung: Reduktion des Abfallaufkommens um ca. 50 %

- Verminderung der Umweltbelastungspotentiale durch Einsatz der Spinnfärbung
- dominierende Rolle des Energiebedarfs → Optimierung der Polymersynthese
- Nachteile der Spinnfärbung:
  - Abrasion, Fadenbruch, höhere Anschmutzbarkeit des Produktes infolge des Verbleibens des Präparationsöles
  - Standzeiten infolge Farbwechsel
  - aufwändige Bemusterung
  - Färben mit Hilfe von Masterbatches: wenig flexibel
- aber: deutliche Reduktion der Menge umweltbelastender Input- und Outputströme