



Mit der Natur für den Menschen – seit mehr als 185 Jahren.

# Stoffstrommodellierung Tempelhofer Feld

## Nährstoffwende unter der Lupe



16.02.23

Vincent Schreiber  
Pablo Garzon



## Gliederung

- Forschungsfrage
- MFA-Diagramm
  - Input-Flows
  - Stickstoff
  - Kompostierung
  - Urinaufbereitung
- Endprodukt und Düngepotenzial
- Fazit

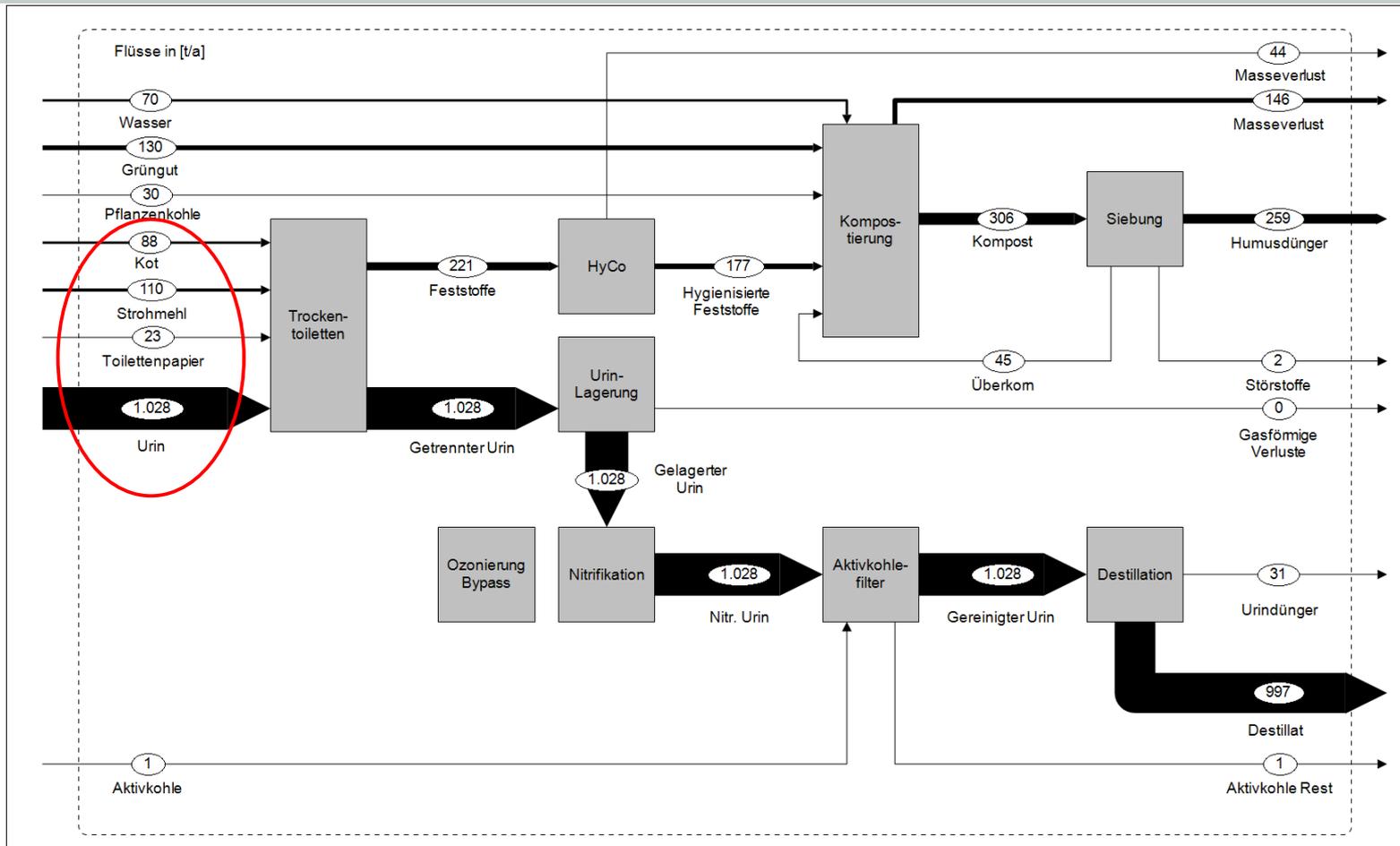


## Forschungsfrage

In welchem Umfang lassen sich Recycling Dünger aus in öffentlichen Toiletten auf dem Tempelhofer Feld gesammelten Urin und Fäzes gewinnen und welches Düngepotenzial ließe sich damit innerhalb eines Jahres realisieren?



# MFA-Diagramm Masse





## Input-Flows Trockentoiletten

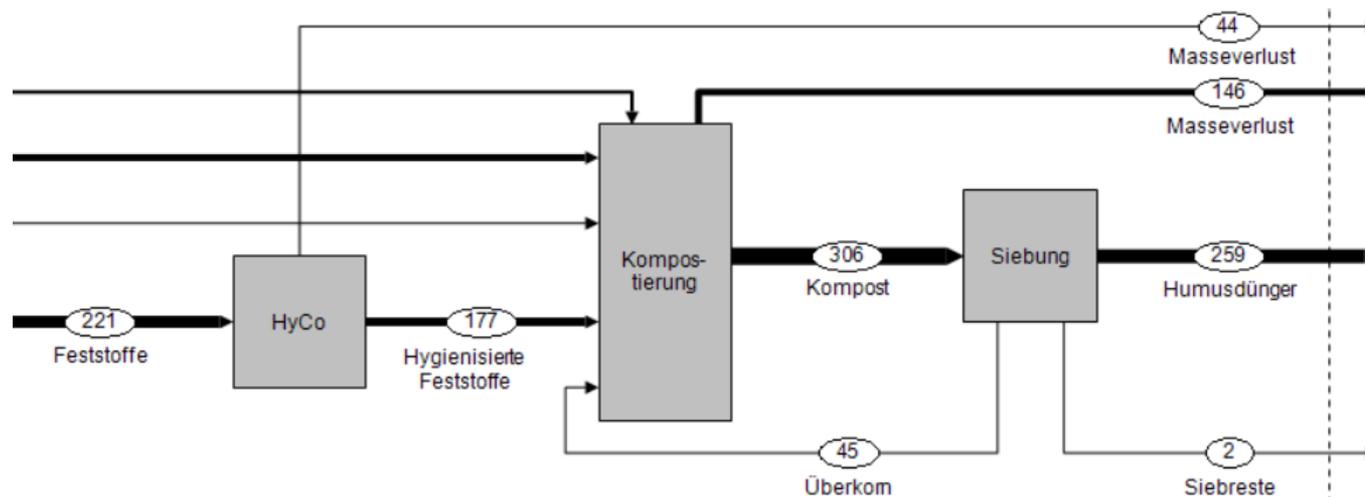
- Besuchermonitoring Tempelhofer Feld 2014
  - zehn Untersuchungstagen & unterschiedlichen Wetterlagen
  - durchschnittliche Besucherzahl bei 17.092 Besuchen pro Tag
  - durchschnittlich 112 Minuten auf dem Feld nach Befragung
  - (*Besucher Monitoring - ThF, 2014, S. K1*)
- Ein gesunder Mensch scheidet innerhalb von 24 Std. ca. 1000-2000 ml Urin in 4 bis 6 Miktionen aus → 164,71 ml/ Aufenthalt und Person (*C. Deltz, 1994*)
- Median der fäkalen beträgt Nassmasseproduktion 128 g/Kopf/Tag → 14,05 g/ Aufenthaltsdauer und Person (*C. Rose, 2015*)





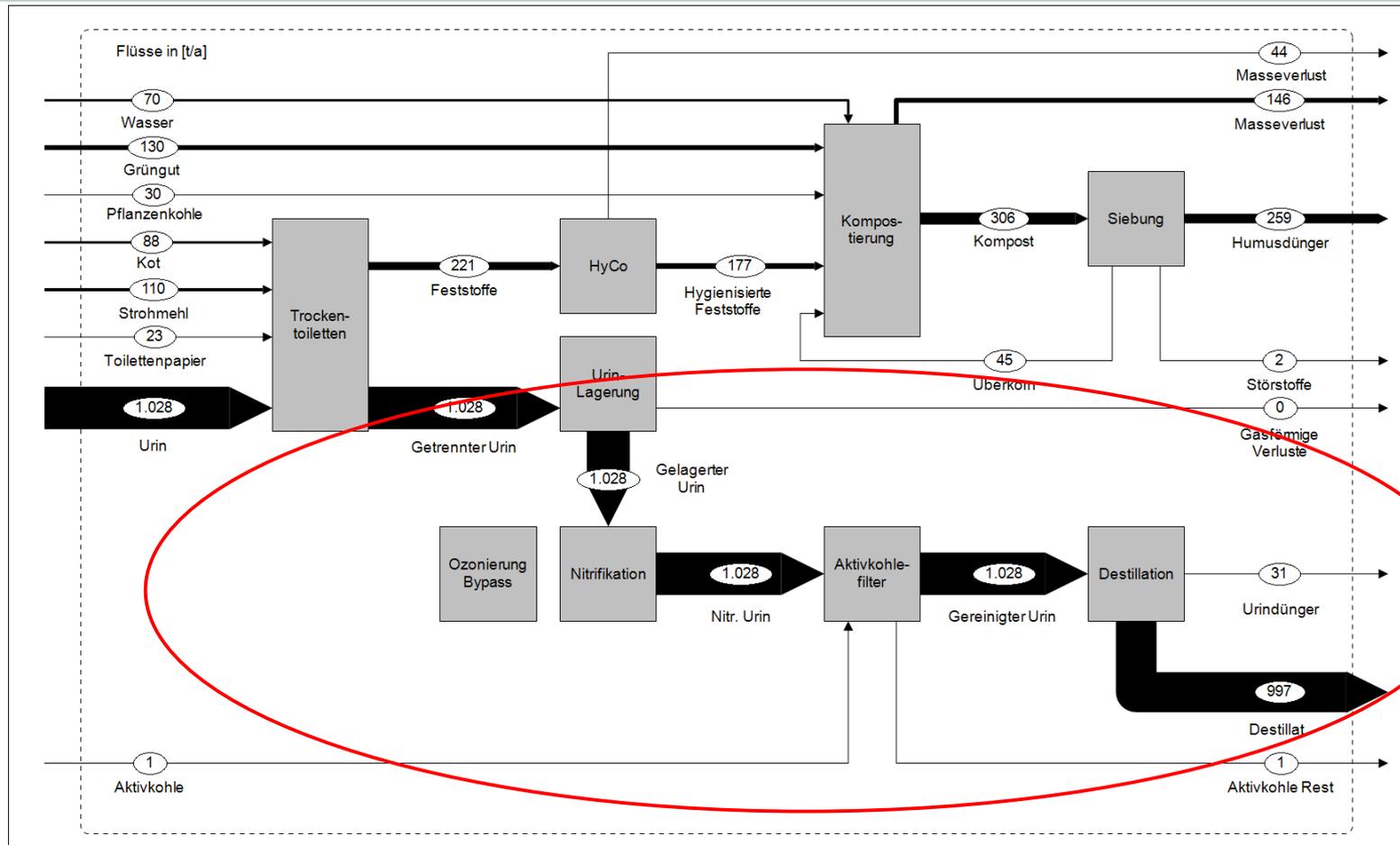
## Kompostierung

- Ziel: Erzeugung eines sicheren, organischen Düngers
- Sammlung Feststoffe->Hygienisierung->Kompostierung
- Massenverluste: insg. 50%
- N-Verlust: insg. ca. 20% (v.a. abhängig von C/N-Verhältnis des Ausgangsmaterials (Castro-Herrera et al. 2022; Michel et al. 2004))





## MFA-Diagramm Masse





## Urinaufbereitung – Lagerung und Nitrifikation

- Frischer Urin nicht stabil, da schnelle Hydrolyisierung des Harnstoffs zu  $\text{NH}_4/\text{NH}_3$ , pH-Anstieg (Martin et al. 2020)
  - flüchtig, führt zu Geruchsbelästigung und N-Verlust
- Lagerung in verschlossenen Tanks, dennoch werden 1% N-Verlust angenommen (Meinzinger 2010)
- **Nitrifikation:** bakterielle Umwandlung von  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3$ 
  - Überführung des Großteils des Stickstoffs in eine stabilere Form
- PH-Absenkung → Verringert Ausgasung zusätzlich





## Urinaufbereitung - Ozonierung

- Ziele der Ozonierung:
  - Eliminierung von Medikamentenrückständen
    - Nicht sinnvoll da extrem hoher O<sub>3</sub>-Verbrauch wegen hohem Gehalt gelöster organischer Stoffe in Urin (Gajurel et al. 2007)  
→ energieintensiv
    - Giftige Nebenprodukte und hoher Anspruch an Arbeitssicherheit
  - Kontrolle der Nitritkonzentration zur Prozesssteuerung
    - Alternative: elektrolytische real-time-Messung von Nitrit zur automatisierten Steuerung des Stoffstromes (Britschgi 2020)



## Urinaufbereitung - Aktivkohlefilterung

- Entfernung von Medikamentenrückständen und Pathogenen:
  - Bei der Nitrifizierung: manche Arzneimittel werden bereits eliminiert, dieser Schritt ist jedoch nicht ausreichend
  - Mit granulierter Aktivkohle (0,5kg/t Nitr. Urin) können >99% der Arzneimittelrückstände gebunden werden (Köpping et al. 2020)
  - Die Sorption von Nährstoffen ist sehr gering



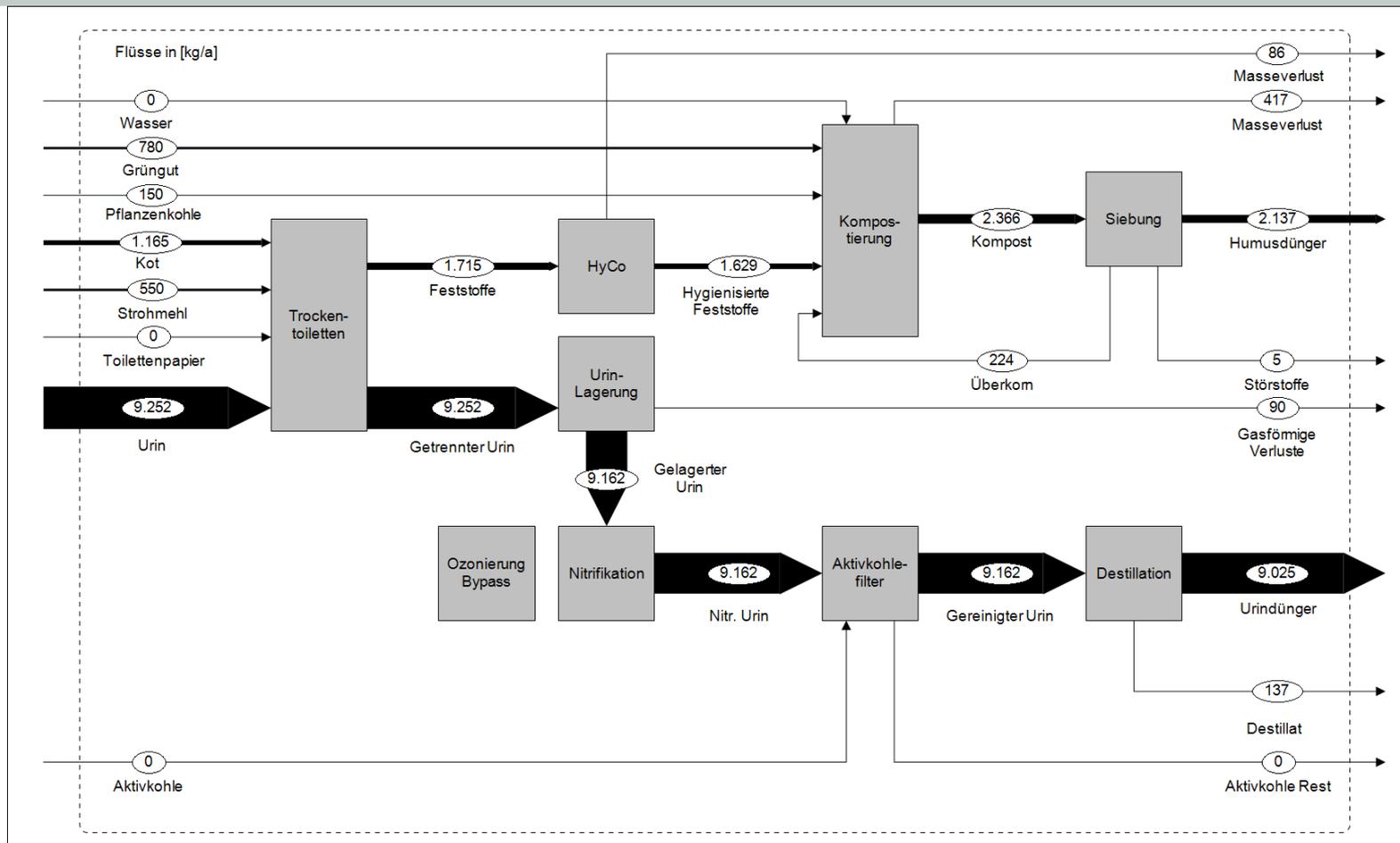


## Urinaufbereitung - Destillierung

- Geringe Nährstoffkonzentration bedeutet hohen Aufwand für Transport und Ausbringung
  - Wasserentzug mittels Destillator
    - Geringer Energiebedarf durch Energierückgewinnung
    - Wasserentzug bis zu 97% (dann beginnen Salze auszufallen)
    - Geringe N-Verluste von 0,5-1,5% (Udert et al. 2012)



## MFA-Diagramm – Stickstoffflüsse





## 5. Fazit

### Endprodukt

- 31 t/a Urindünger mit einem Anteil von 9025 kg N /a
- 259 t/a Humusdünger mit einem Anteil von 2137 kg N/ a

### Düngepotenzial

- 2/3 Fläche (ca. 200 ha) ist Grünfläche, jedoch nach „GrünBerlin GmbH“ keine Düngung auf dem Tempelhofer Feld
- Alternative
  - Für eine Weizenfläche die ca. 250 kg N /ha (Landwirtschaftskammer, 2021 )



## Literaturverzeichnis I

- Britschgi, L.; Villez, K.; Schrems, P.; Udert, K. M. (2020): Electrochemical nitrite sensing for urine nitrification. In: *Water Research X* 9, S. 100055.
- Castro-Herrera, D.; Prost, K.; Schäfer, Y.; Kim, D.; Yimer, F.; Tadesse, M. et al. (2022): Nutrient dynamics during composting of human excreta, cattle manure, and organic waste affected by biochar. In: *Journal of environmental quality* 51 (1), S. 19–32.
- Deltz, C. (1994): Krankenbeobachtung. In: *Ausscheidungen*, S. 175-220.
- Etter, B.; Udert, K. M.; Gounden, T. (2015): VUNA Final Report. Eawag, Dübendorf, Schweiz
- Jain, A.; Düben, A.; Gersch, R.; Klimenko, A. et al. (2015): Tempelhofer Feld Ergebnisbericht Besuchermonitoring 2014, K1-K2
- Gajurel, D. R.; Kucharek, K.; Skwiot, R.; Hammer, M.; Furmanska, M.; Gulyas, H.; Otterpohl, R. (2007): Ozonation of urine for removal of pharmaceuticals. In: *GWF, Wasser - Abwasser* (148), Artikel 4, S. 262–268.
- Köpping, I.; McArdell, C. S.; Borowska, E.; Böhler, M. A.; Udert, K. M. (2020): Removal of pharmaceuticals from nitrified urine by adsorption on granular activated carbon. In: *Water Research X* 9, S. 100057.

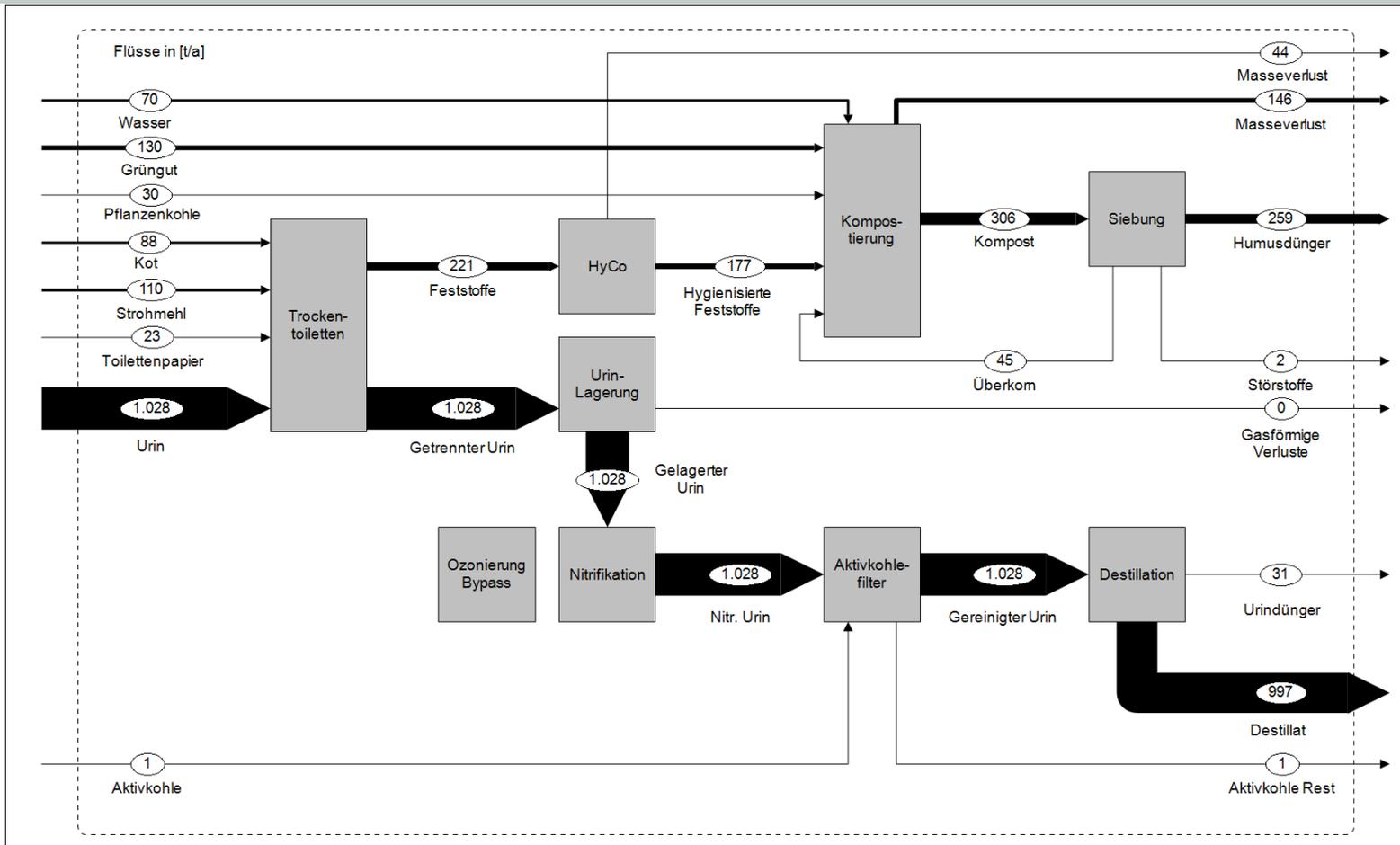


## Literaturverzeichnis II

- Martin, T. M. P.; Esculier, F.; Levavasseur, F.; Houot, S. (2022): Human urine-based fertilizers: A review. In: *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 52 (6), S. 890–936.
- Meinzinger, F. (2010): Resource efficiency of urban sanitation systems. A comparative assessment using material and energy flow analysis. Zugl.: Hamburg-Harburg, Techn. Univ., Institut für Abwasserwirtschaft und Gewässerschutz, Diss., 2010. Technische Universität Hamburg-Harburg, Hamburg.
- Michel, F. C.; Pecchia, J. A.; Rigot, J.; Keener, H. M. (2004): Mass and Nutrient Losses During the Composting Of Dairy Manure Amended with Sawdust or Straw. In: *Compost Science & Utilization* 12 (4), S. 323–334.
- Rose, C.; Parker, A.; Jefferson, B.; Cartmell, E. (2015): The Characterization of Feces and Urine: A Review of the Literature to Inform Advanced Treatment Technology. In: *Critical reviews in Environmental Science Technology*, S.1827-1879.
- Udert, K. M.; Wächter, M. (2012): Complete nutrient recovery from source-separated urine by nitrification and distillation. In: *Water Research* 46 (2), S. 453–464.



## Anhang I – Massenflüsse





## Anhang II – N-Flüsse

