

Klimaschutz, Umwelt,  
Energie, Mobilität,  
Innovation und Technologie

Leonore Gewessler, BA  
Bundesministerin

An den  
Präsident des Nationalrates  
Mag. Wolfgang Sobotka  
Parlament  
1017 W i e n

leonore.gewessler@bmk.gv.at  
+43 1 711 62-658000  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien  
Österreich

Geschäftszahl: 2023-0.391.119

. Juli 2023

Sehr geehrter Herr Präsident!

Die Abgeordneten zum Nationalrat Schmiedlechner und weitere Abgeordnete haben am 24. Mai 2023 unter der **Nr. 15107/J** an mich eine schriftliche parlamentarische Anfrage betreffend Wie umweltfreundlich sind erneuerbare Energien? gerichtet.

Diese Anfrage beantworte ich wie folgt:

Zu Frage 1:

- *Wie viel Abfall fällt in den nächsten zehn Jahren durch*
  - a. *Solarpaneele an?*
  - b. *Windräder an?*
  - c. *E-Autos an?*

Unter der Annahme einer Nutzungsdauer von 25 Jahren und dem österreichischen Anlagenbestand 1998 bis 2007 werden in den nächsten 10 Jahren (2023 bis 2032) insgesamt ca. 23.000 t PV-Module sowie ca. 750.000 t Windräder (Fundament + Mast + Gondel + Nabe + Rotoren) die 25-jährige Nutzungsdauer erreichen. Vielfach bleiben die Anlagen jedoch weiter in Betrieb (im Inland bzw. werden sie exportiert). Generell sind die anfallenden Materialien zum Großteil recycelbar (sehen Sie dazu auch meine Beantwortung der Fragen 2 bis 5). Zum Vergleich entstehen in Österreich insgesamt jährlich 71 Millionen Tonnen Abfall bzw. werden in Österreich jährlich 20 Millionen Tonnen Abfall recycelt.

Bei E-Autos ist im Zeitraum 2023 bis 2032 von einem Flottenausfall von insgesamt ca. 93.000 Stück auszugehen. Die Zahl der Verbrenner-Autos, die in den österreichischen Schreddern verwertet wird, liegt zwischen 50.000 und 60.000 Stück pro Jahr.

Zu den Fragen 2 bis 5:

- *Kann man alle Teile von*
  - a. *Solarpaneelen recyceln?*

- b. *Windräder recyceln?*
- c. *E-Autos recyceln?*
- *Falls man nicht alle Teile von Solarpaneelen recyceln kann:*
  - a. *Welche Teile kann man nicht recyceln?*
  - b. *Wie viele Tonnen macht dies jährlich aus (bitte um eine Auflistung für die nächsten zehn Jahre)?*
  - c. *Welche Stoffe befinden sich in den unrecycelbaren Teilen?*
    - i. *Sind diese Stoffe giftig?*
    - ii. *Wie lange dauert es, bis diese Stoffe in der Natur abgebaut werden?*
- *Falls man nicht alle Teile von Windrädern recyceln kann:*
  - a. *Welche Teile kann man nicht recyceln?*
  - b. *Wie viele Tonnen macht dies jährlich aus (bitte um eine Auflistung für die nächsten zehn Jahre)?*
  - c. *Welche Stoffe befinden sich in den unrecycelbaren Teilen?*
    - i. *Sind diese Stoffe giftig?*
    - ii. *Wie lange dauert es, bis diese Stoffe in der Natur abgebaut werden?*
- *Falls man nicht alle Teile von E-Autos recyceln kann:*
  - a. *Welche Teile kann man nicht recyceln?*
  - b. *Wie viele Tonnen macht dies jährlich aus (bitte um eine Auflistung für die nächsten zehn Jahre)?*
  - c. *Welche Stoffe befinden sich in den unrecycelbaren Teilen?*
    - i. *Sind diese Stoffe giftig?*
    - ii. *Wie lange dauert es, bis diese Stoffe in der Natur abgebaut werden?*

Bei PV-Anlagen gibt es unterschiedliche Technologien: Module mit mono- und polykristallinen Silizium-Solarzellen (rund 90-95% der Paneele) und – mengenmäßig sehr untergeordnet – mit solar aktiver Dünnschicht oder amorphem Silizium.

Solarpaneelle bestehen zu

- 70- 80% aus Glas, das als Füllmaterial oder Glaswolle verwertet wird,
- bis zu 10% aus Metallen im Rahmen (Aluminium), das mechanisch vom Modul abgetrennt und in der Aluminiumproduktion eingesetzt wird und
- aus polymeren Einbettungsfolien, die aktuell in geeigneten Anlagen thermisch verwertet werden.

Damit sind bei kristallinen PV-Modulen, die 90-95% des Bestandes ausmachen, rund 90% der Masse recyclierbar. Bei den CdTe-Modulen mit solar aktiver Dünnschicht gibt es Rücknahmee und Entsorgungssysteme der Hersteller:innen, um die solar-aktive Schicht im Kreislauf zu führen. Die Kunststoffrückseite von PV-Paneeelen kann nicht recycelt werden und wird thermisch verwertet. Diese besteht zumeist aus einem Verbundstoff aus fluorhaltigem Kunststoff (meist Polyvinylfluorid) und Polyester. Diese Rückseite ist weiters mit einer Folie, in die die Solarzellen eingebettet sind und meist aus Ethylenvinylacetat (EVA) besteht, verbunden. Der Kunststoffanteil gemeinsam mit den eingesetzten Klebern beträgt etwas mehr als 10%. Anstelle von Polyvinylfluorid kann auch Polyvinylidenfluorid (PVDF) verwendet worden sein.

Kunststoffe aus Polyvinylfluorid, Polyester oder aus EVA sind nicht als gefährlich eingestuft. PVDF ist im derzeit in Begutachtung befindlichen Beschränkungsvorschlag für PFAS enthalten.

Bei einer möglichen Verwendung sind entsprechende Arbeitnehmer:innenschutzmaßnahmen bei der Produktion sowie eine umweltgerechte Entsorgung sicherzustellen.

Windkraftanlagen bestehen aus Fundament, Mast, Gondel, Nabe und Rotor. Das Fundament von Windkraftanlagen, knapp 80% des Gesamtgewichtes einer Windkraftanlage, besteht aus Stahlbeton, der recycelt werden kann. Die Masten, knapp 15% einer Windkraftanlage, bestehen aus Stahlbeton, aus Stahl oder aus Stahlbeton und Stahl (Hybridmasten). Auch diese Materialien können recycelt werden. Die Gondel und die Nabe bestehen weitgehend aus Metallen, wobei die Umhausung der Gondel auch aus glasfaserverstärktem Kunststoff bestehen kann. Die Metalle sind jedenfalls recyclierbar. Die Rotoren machen rund 2% des Gesamtgewichts der Anlage aus. Sie bestehen meist aus einem glasfaserverstärkten Kunststoff (Duroplast), bei neuen sehr großen Anlagen kann die Verstärkung zusätzlich durch Carbonfasern erfolgen. Rotoren aus glasfaserverstärktem Kunststoff können einem mechanischen Recycling zugeführt werden. Dabei werden die polymeren Verbundstrukturen auf eine gewünschte Partikelgröße zerkleinert, anschließend klassiert und die einzelnen Fraktionen als Füll- oder Verstärkungsstoffe wiederverwendet. In den kommenden 10 Jahren ist in Österreich von keinem oder nur sehr geringfügigem Anfall carbonfaserhaltiger Rotorblätter auszugehen.

In neuen Windkraftanlagen sind in den Generatoren teilweise Permanentmagnete verbaut, die Seltene Erden wie Neodym und Dysprosium enthalten. Permanentmagnete in Generatoren werden vordemontiert. Große, einfach auszubauende Magnete (z. B. aus Generatoren von Windrädern, großen Elektromotoren wie in Hybrid- und Elektrofahrzeugen) können direkt als Magnete wiederverwendet werden. Für abgetrennte Permanentmagnete stehen verschiedene Recyclingverfahren zur Verfügung. Bei den in den Jahren 2023 bis 2032 in Österreich in die Abfallwirtschaft gelangenden Generatoren aus Windkraftanlagen kann davon ausgegangen werden, dass keine Permanentmagnete verbaut wurden.

Es können alle Teile von Windrädern stofflich verwertet werden.

In Autos sind, unabhängig vom Antrieb, eine Vielzahl an verschiedenen Kunststoffen verbaut. Generell sind Kunststoffe, die sortenrein vorliegen, mit einigen Ausnahmen recyclingfähig. Zu beachten ist, dass einige als Abfall abfallende Kunststoffteile technisch zwar recycelt werden könnten, jedoch aufgrund des Gehalts von Zusatzstoffen, die mittlerweile chemikalienrechtlich verboten sind (z.B. bestimmte bromierte Flammhemmer) von Gesetzes wegen nicht mehr recycelt werden dürfen. Reifen können runderneuert oder recycelt werden. Glas kann recycelt werden. Metalle wie Stahl, Aluminium, Kupfer, Nickel, Kobalt, etc. können in diversen metallurgischen Prozessen recycelt werden.

Sofern es sich beim Elektromotor um eine permanenterregte Synchronmaschine handelt (und nicht um einen fremderregten Drehstrom-Synchronmotor), sind auch Permanentmagnete verbaut. Diese können vordemontiert werden. Andere Elektromotoren in Fahrzeugen (z.B. Motoren für Klimaanlagen) können ebenfalls Permanentmagnete enthalten.

Elektrofahrzeugbatterien von E-Autos bestehen zu rund 2/3 aus den eigentlichen Batteriezellen. Ca. ein Drittel der Batterie sind Gehäuse oder Elektronik für die Batteriesteuerung (z.B. Batteriemanagementsystem). Für diese Materialien bestehen Recyclingwege. In Hinblick auf die Batteriezellen von E-Autos können die enthaltene Materialien großteils recycelt werden. Bei hochpreisigen Materialien wie Kobalt, Kupfer, Nickel und Aluminium ist davon auszuge-

hen, dass diese rückgewonnen werden. Auch Lithium kann mittels chemischer bzw. hydrometallurgischer Prozesse rückgewonnen werden. Eine wirtschaftliche Rückgewinnung ist stark abhängig vom Marktpreis von Primärlithium.

Es ist auch zu berücksichtigen, dass derzeit einerseits relativ geringe Mengen an E-Autos aus der Flotte ausscheiden und andererseits die Akkus zum Teil einer Nachnutzung als stationärer Stromspeicher (Nutzungsdauer weitere 10 – 15 Jahre) zugeführt werden. Die in den kommenden Jahrzehnten erforderlichen Recyclinganlagen für Lithium-Ionen-Batterien mit hohen Kapazitäten werden mittel- und langfristig deutlich ausgebaut werden.

Die in der Batterie von E-Autos enthaltene Elektrolytflüssigkeit (feste Elektrolyten spielen derzeit keine Rolle) wird derzeit nur in Ausnahmefällen recycelt, aber entsprechende Entwicklungen sind aufgrund des künftig zu erwartenden Anfalls auch hier bereits festzustellen.

Der Elektrolyt von Lithium-Ionen-Akkus ist eine wasserfreie, aprotische Lösung aus einem Lithiumsalz und einem organischen Lösungsmittel. Das Lithiumsalz ist meist Lithiumhexafluorophosphat (LiPF6). LiPF6 sind ab einer bestimmten Konzentration den H-Sätzen 301, 314 und 372 zuzuordnen.

Es ist davon auszugehen, dass Elektrolyte wie bereits jetzt üblich einer ordnungsgemäßen Behandlung in der Abfallwirtschaft zugeführt werden und die Stoffe nicht in die Umwelt gelangen.

Leonore Gewessler, BA