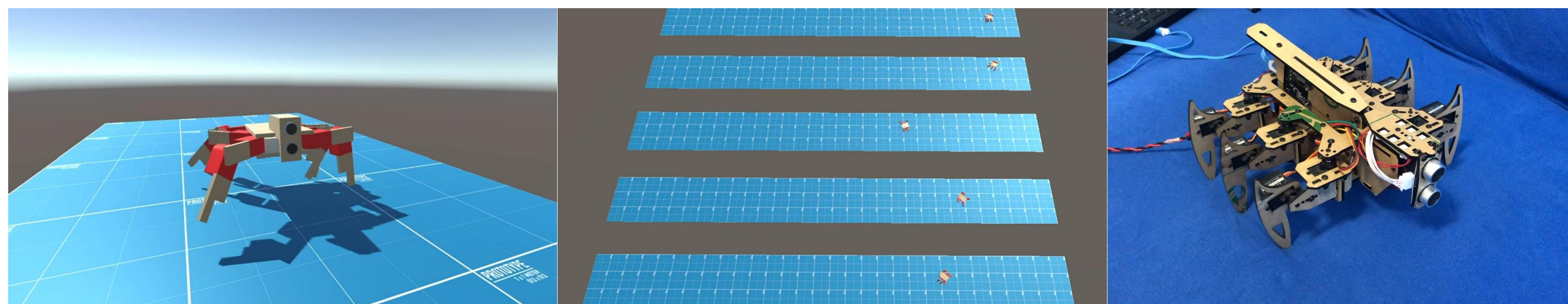


Virtual Prototyping für Roboter mit Reinforcement Learning

Makss Golubs, Falko Kötter, Informatik

Projektbeschreibung

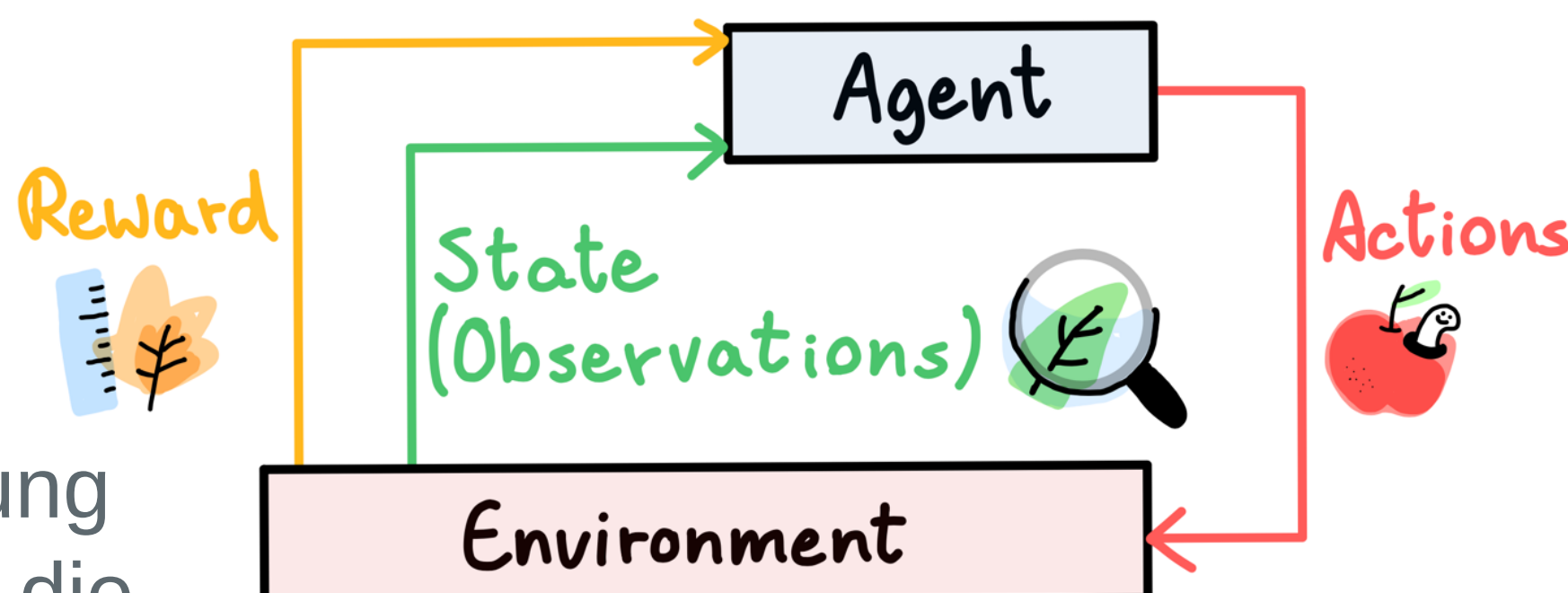
Physische Prototypen in der Robotik sind kostspielig und langwierig. Hardware muss gebaut und gewartet werden und Versuchsaufbauten kosten Aufwand. Virtual Prototyping verlegt die frühen Phasen der Entwicklung mittels Simulation in den Computer und beschleunigt und vergünstigt so Entwicklungsprozesse. In diesem Projekt soll ein sechsbeiniger Roboter mithilfe von KI und Simulation im Computer und dann real laufen lernen.



Simulierter Roboter, virtuelles Training eines Bewegungsalgorithmus, Übertragung auf realen Roboter

Reinforcement Learning (RL)

Mit einer Belohnungsfunktion wird festgelegt, welches Verhalten gewünscht ist. Das Training versucht nun, diese Belohnung zu maximieren. Dazu werden Algorithmen erzeugt, die Belohnung gemessen und nach dem Prinzip der Evolution die besten miteinander rekombiniert. So entstehen nach vielen Epochen immer bessere Algorithmen mit dem gewünschten Verhalten.

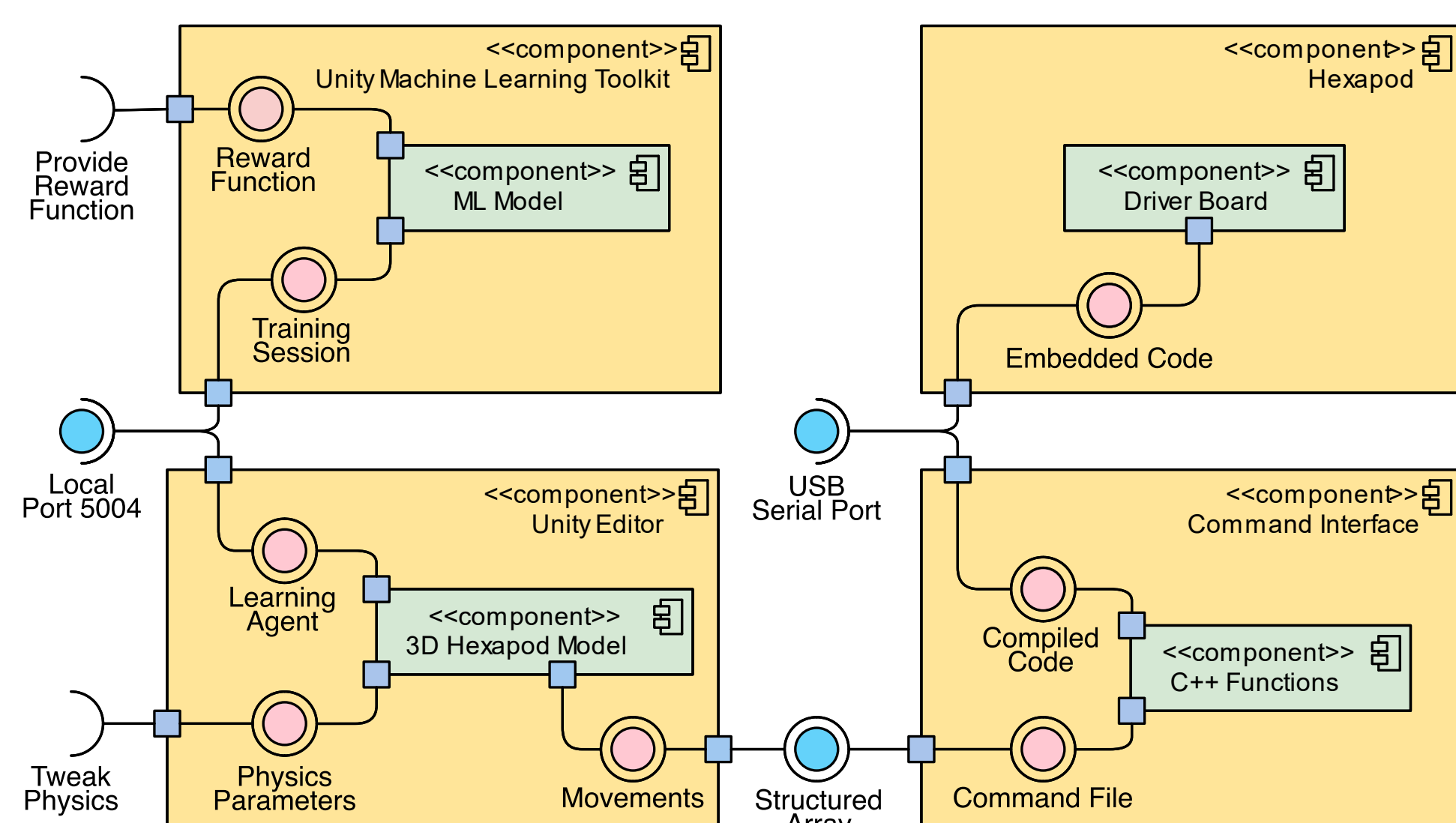


Vorgehen

- » Nachbau des realen Roboters in der Spiele-Engine Unity, die Physik (Gravitation, etc.) und Bewegungsabläufe simulieren kann.
- » Training eines Bewegungsalgorithmus mittels Reinforcement Learning unter Verwendung des Unity Machine Learning Toolkit. Maximierung der Vorwärtsgeschwindigkeit als Belohnung.
- » Steuerung des realen Roboters mittels der in der Simulation nach 300 Millionen Epochen virtuellen Trainings erlernten Bewegungsabläufe.

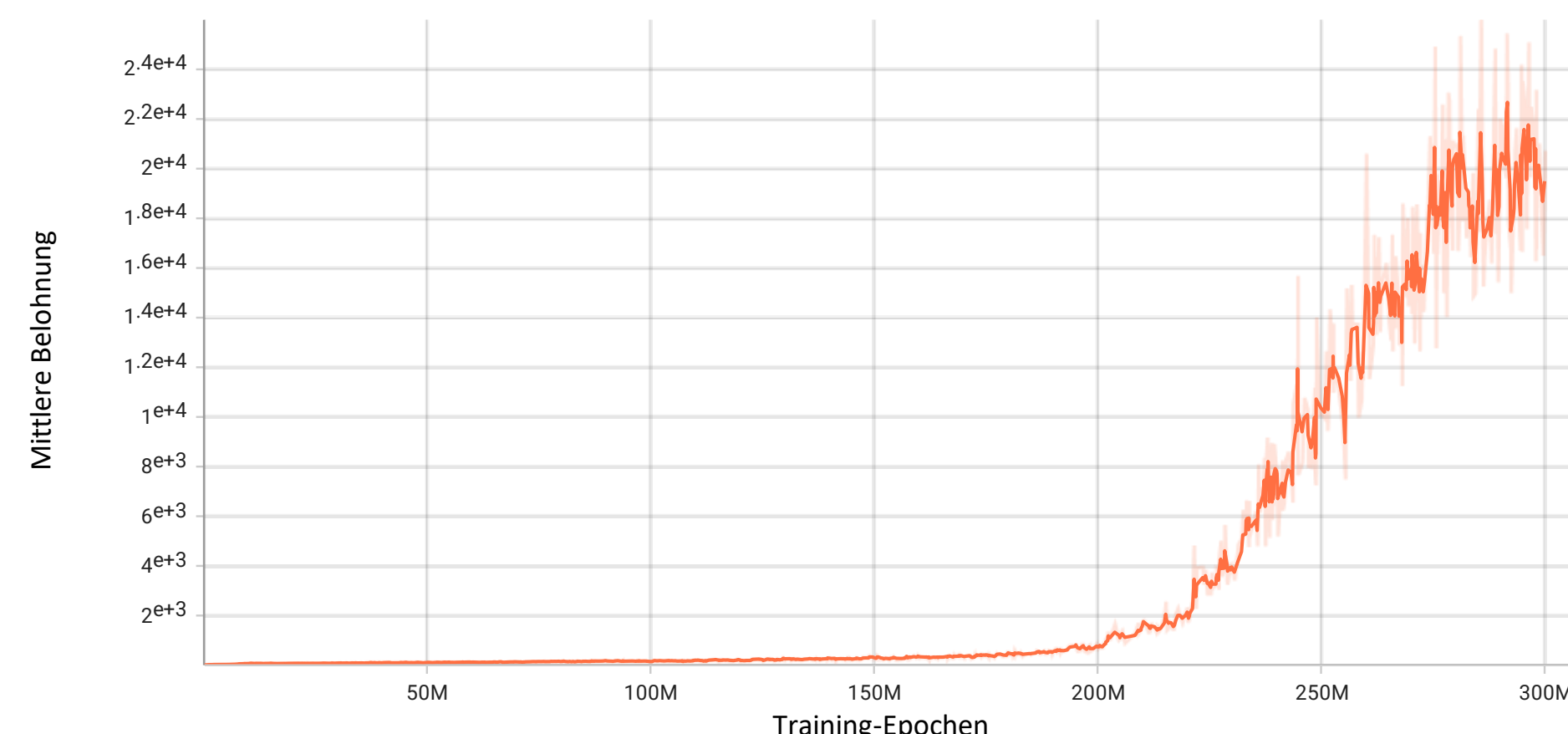
Virtual Prototyping

Die Simulation lernt zunächst in der 3D-Umgebung Laufen, und erzeugt so am Ende über Sampling einen Algorithmus. Dieser wird dann über eine statische Datei in den Roboter geladen, welcher die erzeugten Bewegungen abspielt.



Training des Algorithmus

Die nächste Stellung der 6 Beine wird abhängig von der aktuellen Stellung sowie der Position im Raum gewählt. Die Simulation versucht mit RL, die Belohnung zu maximieren. Ab 200 Mio. Epochen mit ca. 2 Wochen Rechenzeit zeigte sich eine deutliche Verbesserung der erzielten Belohnung.



Ergebnisse

Der Prozess des Virtual Prototyping für Bewegungsalgorithmus wurde am Beispiel des sechsbeinigen Hexapod-Roboters erfolgreich umgesetzt und erprobt.

- » Modellierung und Simulation des Roboters in der Spiele-Engine Unity.
- » Training eines effektiven Laufalgorithmus mittels Reinforcement Learning.
- » Übertragung der am virtuellen Prototypen gelernten Bewegungen auf reale Hardware.

Ausblick

Im Projekt konnte gezeigt werden, dass mit Reinforcement Learning der Roboter im virtuellen Raum laufen lernen kann. Die Übertragung der Bewegungsabläufe auf den echten Roboter zeigt aber, dass eine genauere physikalische Simulation für ein realistisches Training im virtuellen Raum notwendig ist.

Technologien



Quellen

- » B. Qin, Y. Gao and Y. Bai, "Sim-to-real: Six-legged Robot Control with Deep Reinforcement Learning and Curriculum Learning," 4th International Conference on Robotics and Automation Engineering (ICRAE), 2019.
- » T. Haarnoja, S. Ha, A. Zhou and J. Tan, "Learning to Walk via Deep Reinforcement Learning," 19 June 2019. [Online]. Available: <https://arxiv.org/pdf/1812.11103.pdf>. [Accessed 3 May 2022].

Kontakt

Duale Hochschule Baden-Württemberg

Rotebühlplatz 41, 70178 Stuttgart
Betreuer: Prof. Dr. Falko Kötter
koetter@dhbw-stuttgart.de

Titel: Musterseite mit Bild und Aufzählung

Name, Studiengang

Projektbeschreibung

Projektziel ist die Entwicklung eines elektrischen Antriebs für ein einsitziges Hochleistungssegelflugzeug (ASG 29). Gegenüber klassischen Applikationen elektrischer Antriebe besteht die Herausforderung darin, eine möglichst große Steigrate bei möglichst geringer Masse in einem sehr beschränkten Bauraum zu erreichen. Gleichzeitig sind die verschiedenen Anforderungen und



Bildunterschrift

Zwischenhead

Temperaturbereich) Anforderungen und Randbedingungen zu beachten, die sich bei dem Einbau in ein manntragendes Luftfahrzeug ergeben (Sicherheitsanforderungen, Zuverlässigkeit, großer Temperaturbereich) zu beachten, die sich bei dem Einbau in ein manntragendes Luftfahrzeug ergeben (Sicherheitsanforderungen, Zuverlässigkeit, großer Temperaturbereich) Anforderungen und Randbedingungen zu die sich bei dem Einbau in ein manntragendes Luftfahrzeug ergeben

Zwischenhead

Temperaturbereich) Anforderungen und Randbedingungen zu beachten, die sich bei dem Einbau in ein manntragendes Luftfahrzeug ergeben (Sicherheitsanforderungen, Zuverlässigkeit, großer Temperaturbereich, ...) zu beachten, die sich bei dem Einbau in ein manntragendes Luftfahrzeug ergeben (Sicherheitsanforderungen, Zuverlässigkeit, großer

Zwischenhead

zu beachten, die sich bei dem Einbau in ein manntragendes Luftfahrzeug ergeben (Sicherheitsanforderungen, Zuverlässigkeit, großer Temperaturbereich, ...) Anforderungen und Randbedingungen zu beachten, die sich bei dem Einbau in ein zu beachten, die sich bei dem Einbau in ein

Zwischenhead

zu beachten, die sich bei dem Einbau in ein manntragendes Luftfahrzeug ergeben (Sicherheitsanforderungen, Zuverlässigkeit, großer Temperaturbereich, ...) Anforderungen und Randbedingungen zu beachten

- » Zweite Textebene: Aufzählungszeichen und Einzug ab der zweiten Zeile: zu der zweiten Textebene gelangt man durch Klick auf „Einzug vergrößern“.
- » Nur über diese Funktion ist das richtige Aufzählungszeichen + Abstand gewährleistet
- » Die Linien zwischen den Aufzählungszeichen werden manuell gesetzt



Ergebnisse

- Erste Textebene: Fließtext ohne Einrückung ab der zweiten Zeile. Projektziel ist die Entwicklung eines elektrischen Antriebs für ein einsitziges
- » Zweite Textebene: Aufzählungszeichen und Einzug ab der zweiten Zeile: zu der zweiten Textebene gelangt man durch Klick auf „Einzug vergrößern“.
 - » Nur über diese Funktion ist das richtige Aufzählungszeichen + Abstand gewährleistet
 - » Die Linien werden manuell gesetzt, 1 Pt.

Ausblick

beachten, die sich bei dem Einbau in ein manntragendes sich bei dem Einbau in ein manntragendes Luftfahrzeug ergeben (Sicherheitsanforderungen sich bei dem Einbau in ein manntragendes Luftfahrzeug ergeben. Ehendus entuntius repremp orerum fugiti

Kooperative Partner



Quellen

- » Hier erste Textebene: Aufzählungspunkt beachten, die sich bei dem Einbau in ein manntragendes sich bei dem Einbau in ein manntragendes Luftfahrzeug ergeben
- » Die Linien zwischen den Aufzählungszeichen werden manuell gesetzt, Stärke: 1 Pt.

Kontakt

Duale Hochschule Baden-Württemberg

Musterstraße 1, 12345 Musterstadt
+49 711 320 660-xx, email@dhbw.de
Platz für eine weitere Zeile

Titel: Musterseite mit Bild, Aufzählung und Tabelle

Name, Studiengang

Projektbeschreibung

Projektziel ist die Entwicklung eines elektrischen Antriebs für ein einsitziges Hochleistungssegelflugzeug (ASG 29). Gegenüber klassischen Applikationen elektrischer Antriebe besteht die Herausforderung darin, eine möglichst große Steigrate bei möglichst geringer Masse in einem sehr beschränkten Bauraum zu erreichen. Gleichzeitig sind die verschiedenen Anforderungen und



Bildunterschrift

Zwischenhead

Temperaturbereich) Anforderungen und Randbedingungen zu beachten, die sich bei dem Einbau in ein manntragendes Luftfahrzeug ergeben.

Tabelle

» Region EU 27				» IPCC Scenario: A1			
potential in Mm3	2010	2020	2030	demand in Mm3	2010	2020	2030
stemwood NC, ME	100,0	100,0	100,0	stemwood NC, ME	100,0	100,0	100,0
stemwood NC, ME	100,0	100,0	100,0	stemwood NC, ME	100,0	100,0	100,0
stemwood NC, ME	100,0	100,0	100,0	stemwood NC, ME	100,0	100,0	100,0
stemwood NC, ME	100,0	100,0	100,0	stemwood NC, ME	100,0	100,0	100,0
landsc. care wood (USE) ME	100,0	100,0	100,0	landsc. care wood (USE) ME	100,0	100,0	100,0
stemwood NC, ME	100,0	100,0	100,0	stemwood NC, ME	100,0	100,0	100,0
stemwood NC, ME	100,0	100,0	100,0	stemwood NC, ME	100,0	100,0	100,0
stemwood NC, ME	100,0	100,0	100,0	stemwood NC, ME	100,0	100,0	100,0
stemwood NC, ME	100,0	100,0	100,0	stemwood NC, ME	100,0	100,0	100,0
stemwood NC, ME	100,0	100,0	100,0	stemwood NC, ME	100,0	100,0	100,0
total	100,0	100,0	100,0	total	100,0	100,0	100,0

Zwischenhead

zu beachten, die sich bei dem Einbau in ein manntragendes Luftfahrzeug ergeben (Sicherheitsanforderungen, Zuverlässigkeit, großer Temperaturbereich, ...) Anforderungen und Randbedingungen zu beachten

- » Zweite Textebene: Aufzählungszeichen und Einzug ab der zweiten Zeile: zu der zweiten Textebene gelangt man durch Klick auf „Einzug vergrößern“.
- » Nur über diese Funktion ist das richtige Aufzählungszeichen + Abstand gewährleistet
- » Die Linien zwischen den Aufzählungszeichen werden manuell gesetzt



Ergebnisse

- Erste Textebene: Fließtext ohne Einrückung ab der zweiten Zeile. Projektziel ist die Entwicklung eines elektrischen Antriebs für ein einsitziges
- » Zweite Textebene: Aufzählungszeichen und Einzug ab der zweiten Zeile: zu der zweiten Textebene gelangt man durch Klick auf „Einzug vergrößern“.
 - » Nur über diese Funktion ist das richtige Aufzählungszeichen + Abstand gewährleistet
 - » Die Linien werden manuell gesetzt, 1 Pt.

Ausblick

beachten, die sich bei dem Einbau in ein manntragendes sich bei dem Einbau in ein manntragendes Luftfahrzeug ergeben (Sicherheitsanforderungen sich bei dem Einbau in ein manntragendes Luftfahrzeug ergeben. Ehendus entiuntius repremp orerum fugiti

Kooperative Partner



Quellen

- » Hier erste Textebene: Aufzählungspunkt beachten, die sich bei dem Einbau in ein manntragendes sich bei dem Einbau in ein manntragendes Luftfahrzeug ergeben
- » Die Linien zwischen den Aufzählungszeichen werden manuell gesetzt, Stärke: 1 Pt.

Kontakt

Duale Hochschule Baden-Württemberg

Musterstraße 1, 12345 Musterstadt
+49 711 320 660-xx, email@dhbw.de
Platz für eine weitere Zeile

Titel: Musterseite mit Bild, Aufzählung und Diagrammen

Name, Studiengang

Projektbeschreibung

Projektziel ist die Entwicklung eines elektrischen Antriebs für ein einsitziges Hochleistungssegelflugzeug (ASG 29). Gegenüber klassischen Applikationen elektrischer Antriebe besteht die Herausforderung darin, eine möglichst große Steigrate bei möglichst geringer Masse in einem sehr beschränkten Bauraum zu erreichen. Gleichzeitig sind die verschiedenen Anforderungen und

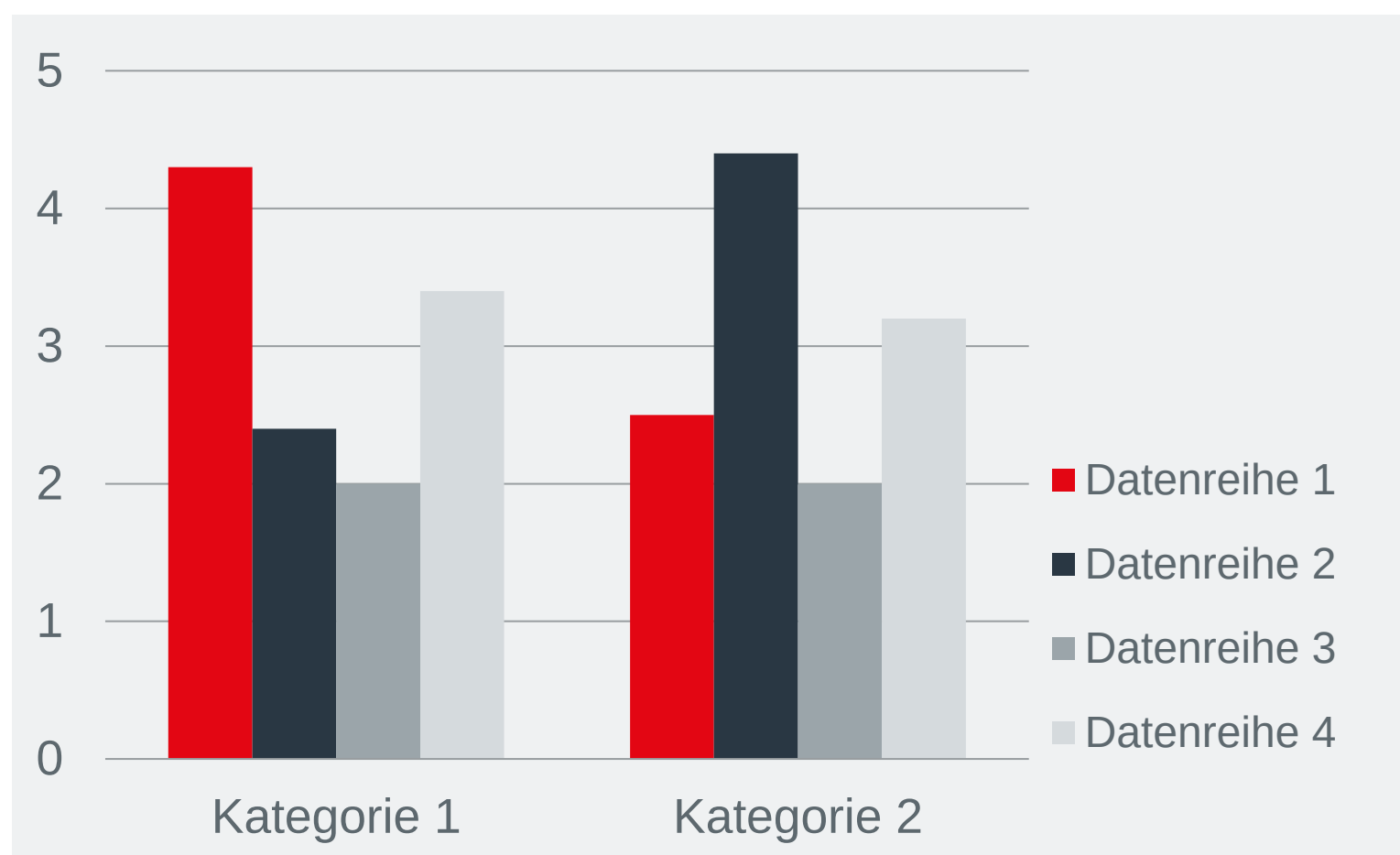


Bildunterschrift

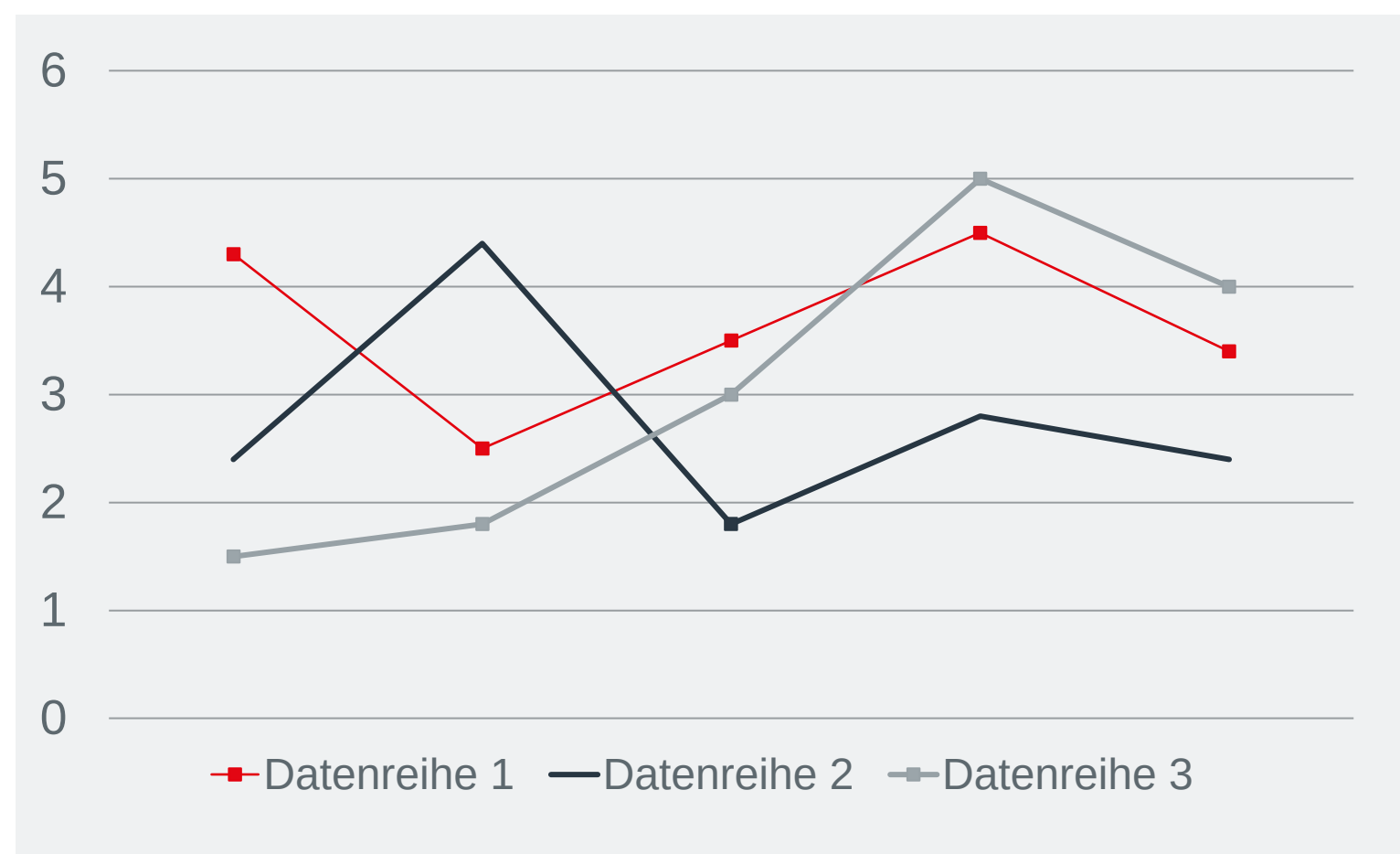
Zwischenhead

Temperaturbereich, Anforderungen und Randbedingungen zu beachten, die sich bei dem Einbau in ein manntragendes Luftfahrzeug ergeben.

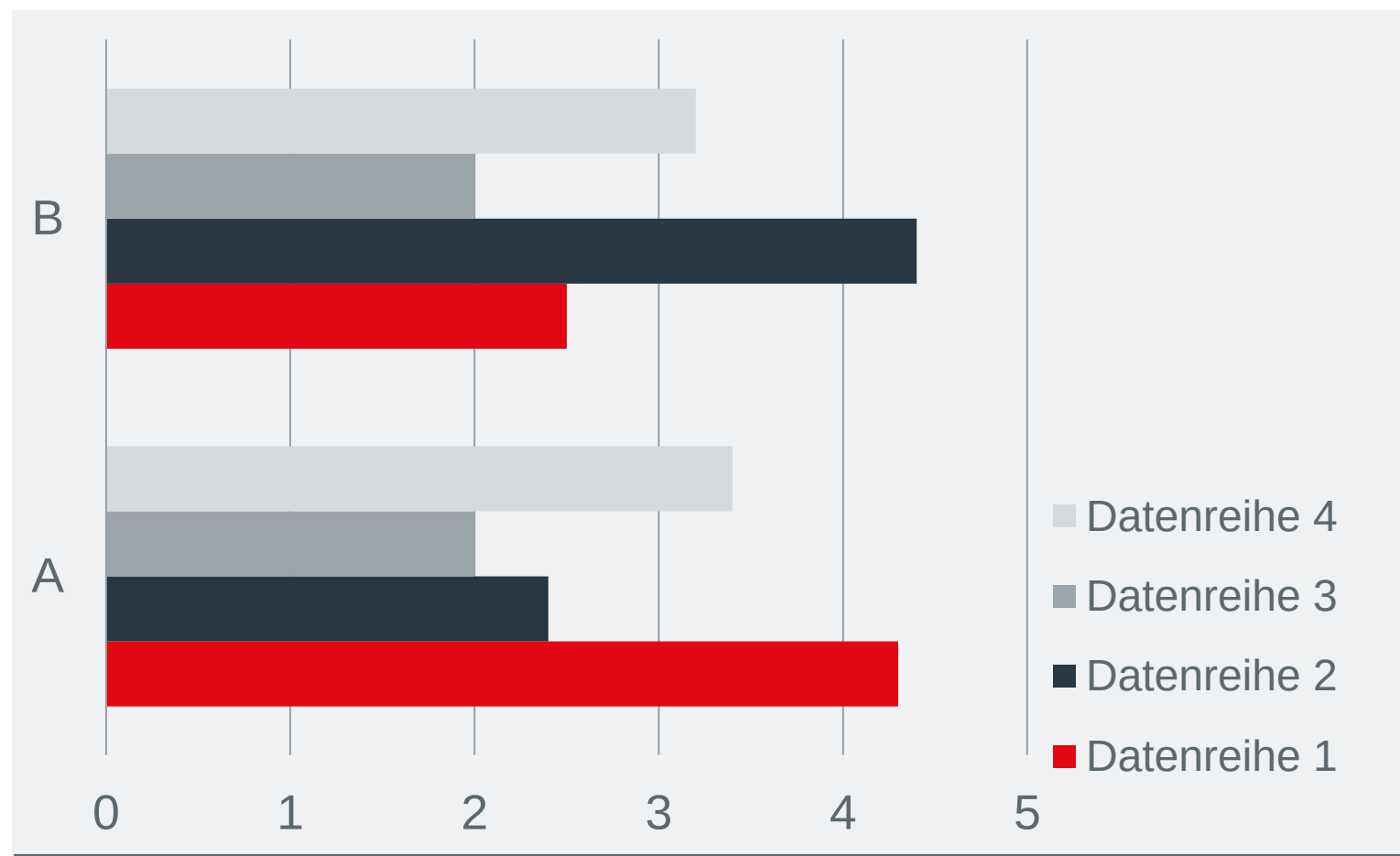
» Titel Diagramm



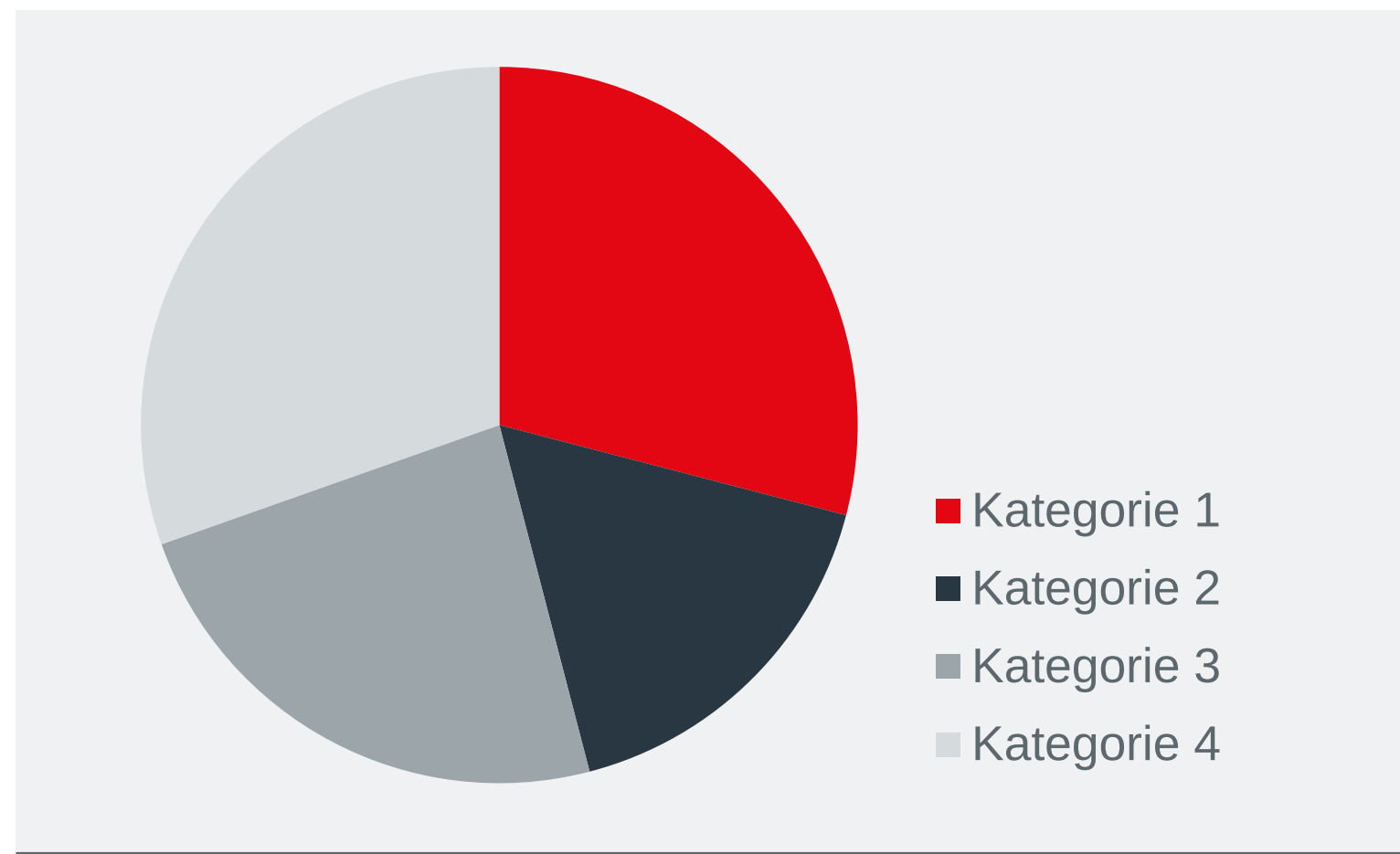
» Titel Diagramm



» Titel Diagramm



» Titel Diagramm



Zwischenhead

zu beachten, die sich bei dem Einbau in ein manntragendes Luftfahrzeug ergeben (Sicherheitsanforderungen, großer Temperaturbereich, ...)

- » Zweite Textebene: Aufzählungszeichen und Einzug ab der zweiten Zeile: zur zweiten Textebene gelangt man durch Klick auf „Einzug vergrößern“.
- » Nur über diese Funktion ist das richtige Aufzählungszeichen + Abstand gewährleistet
- » Die Linien zwischen den Aufzählungszeichen werden manuell gesetzt



Ergebnisse

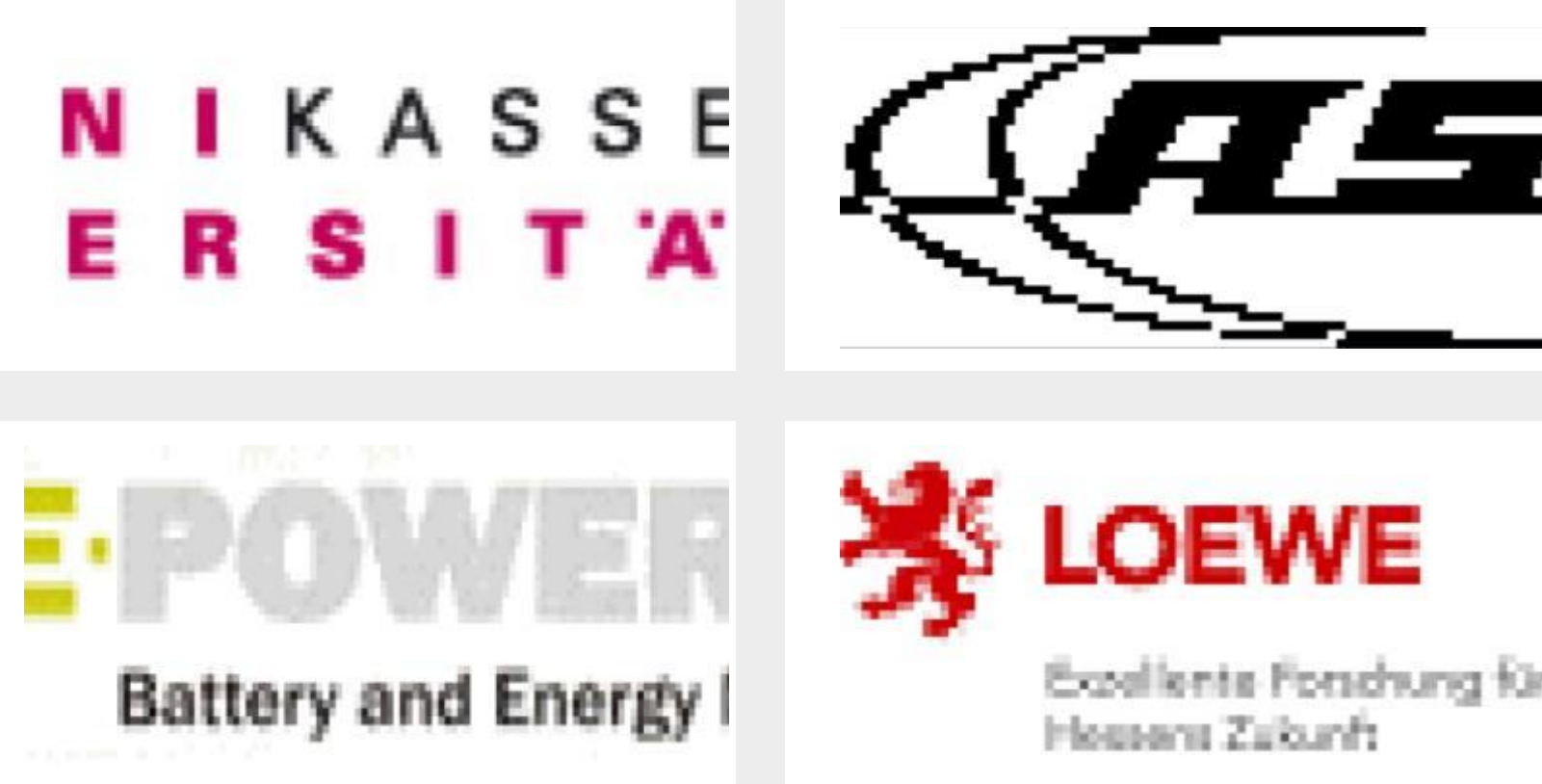
Erste Textebene: Fließtext ohne Einrückung ab der zweiten Zeile. Projektziel ist die Entwicklung eines elektrischen Antriebs für ein einsitziges

- » Zweite Textebene: Aufzählungszeichen und Einzug ab der zweiten Zeile: zu der zweiten Textebene gelangt man durch Klick auf „Einzug vergrößern“.
- » Nur über diese Funktion ist das richtige Aufzählungszeichen + Abstand gewährleistet
- » Die Linien werden manuell gesetzt, 1 Pt.

Ausblick

beachten, die sich bei dem Einbau in ein manntragendes sich bei dem Einbau in ein manntragendes Luftfahrzeug ergeben (Sicherheitsanforderungen sich bei dem Einbau in ein manntragendes Luftfahrzeug ergeben. Ehendus entuntius repremp orerum fugiti

Kooperative Partner



Quellen

- » Hier erste Textebene: Aufzählungspunkt beachten, die sich bei dem Einbau in ein manntragendes sich bei dem Einbau in ein manntragendes Luftfahrzeug ergeben
- » Die Linien zwischen den Aufzählungszeichen werden manuell gesetzt, Stärke: 1 Pt.

Kontakt

Duale Hochschule Baden-Württemberg

Musterstraße 1, 12345 Musterstadt
+49 711 320 660-xx, email@dhbw.de
Platz für eine weitere Zeile