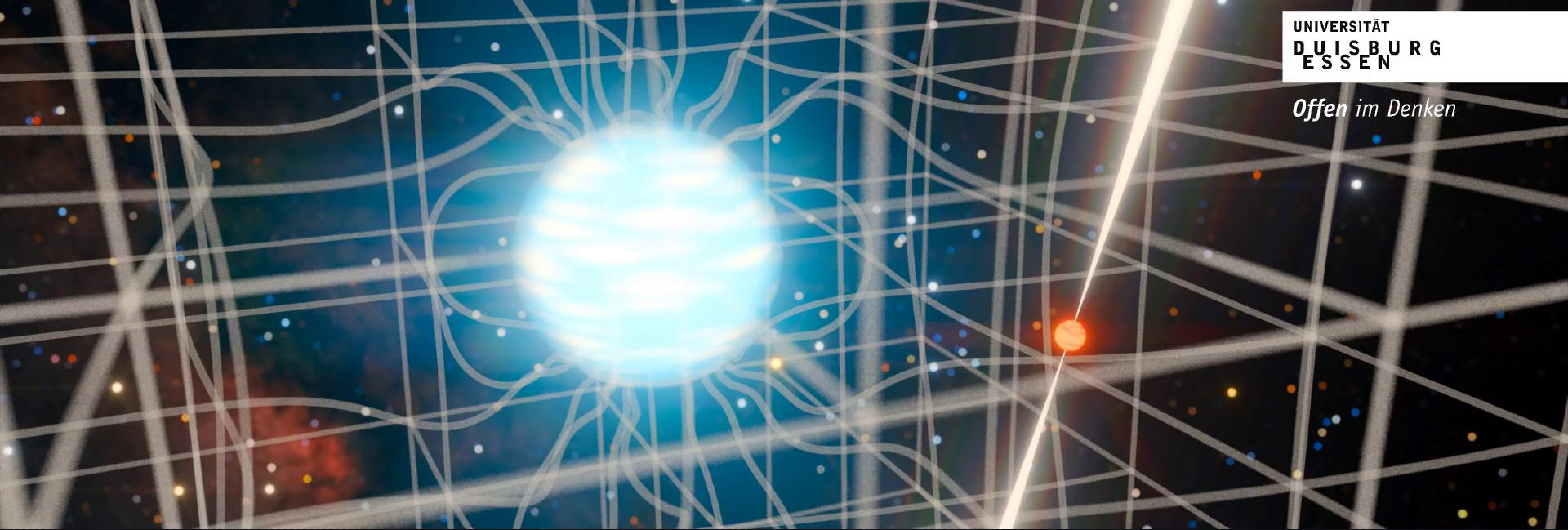
UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Offen im Denken



Lense-Thirring-Effekt

Vortrag im Hauptseminar SoSe 2025

Marvin Henke - 27. April 2025

Betreuer: Dr. Nikodem Szpak

Lense-Thirring-Effekt

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Offen im Denken

Lense-Thirring-Effekt

- Metrik und Geodäten

Lense-Thirring-Effekt

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

- Metrik und Geodäten
- Einsteinsche Feldgleichungen

Lense-Thirring-Effekt

- Metrik und Geodäten
- Einsteinsche Feldgleichungen
- Gravitoelektromagnetismus

Lense-Thirring-Effekt

- Metrik und Geodäten
- Einsteinsche Feldgleichungen
- Gravitoelektromagnetismus
- Rotierende Kugelmasse

Lense-Thirring-Effekt

- Metrik und Geodäten
- Einsteinsche Feldgleichungen
- Gravitoelektromagnetismus
- Rotierende Kugelmasse
- EM-Felder

Lense-Thirring-Effekt

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Offen im Denken

- Metrik und Geodäten
- Einsteinsche Feldgleichungen
- Gravitoelektromagnetismus
- Rotierende Kugelmasse
- EM-Felder
- Gravity Probe B

Lense-Thirring-Effekt

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Offen im Denken

- Metrik und Geodäten
- Einsteinsche Feldgleichungen
- Gravitoelektromagnetismus
- Rotierende Kugelmasse
- EM-Felder
- Gravity Probe B
- Paper

Metrik und Geodäten

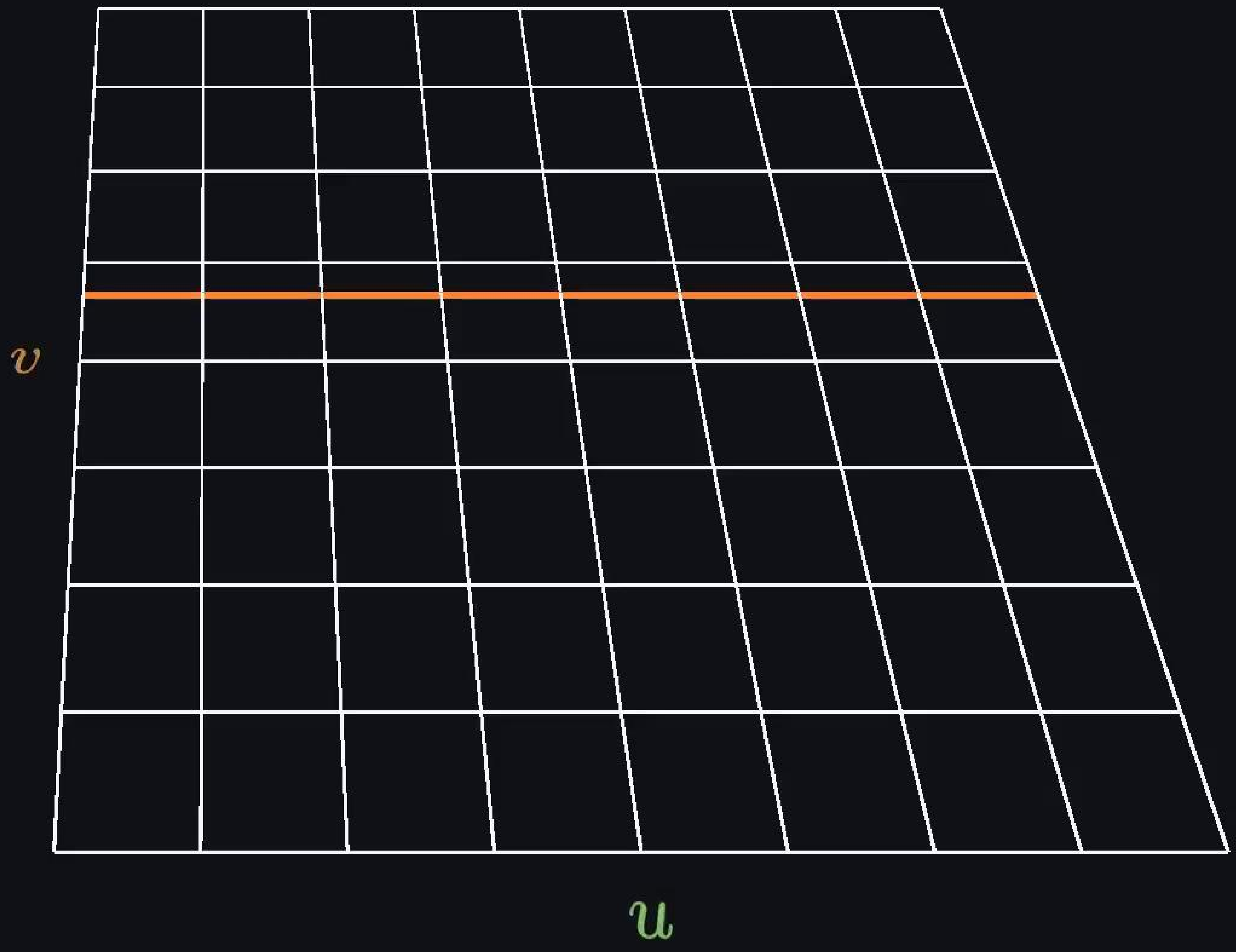
UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Offen im Denken

Metrik und Geodäten

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

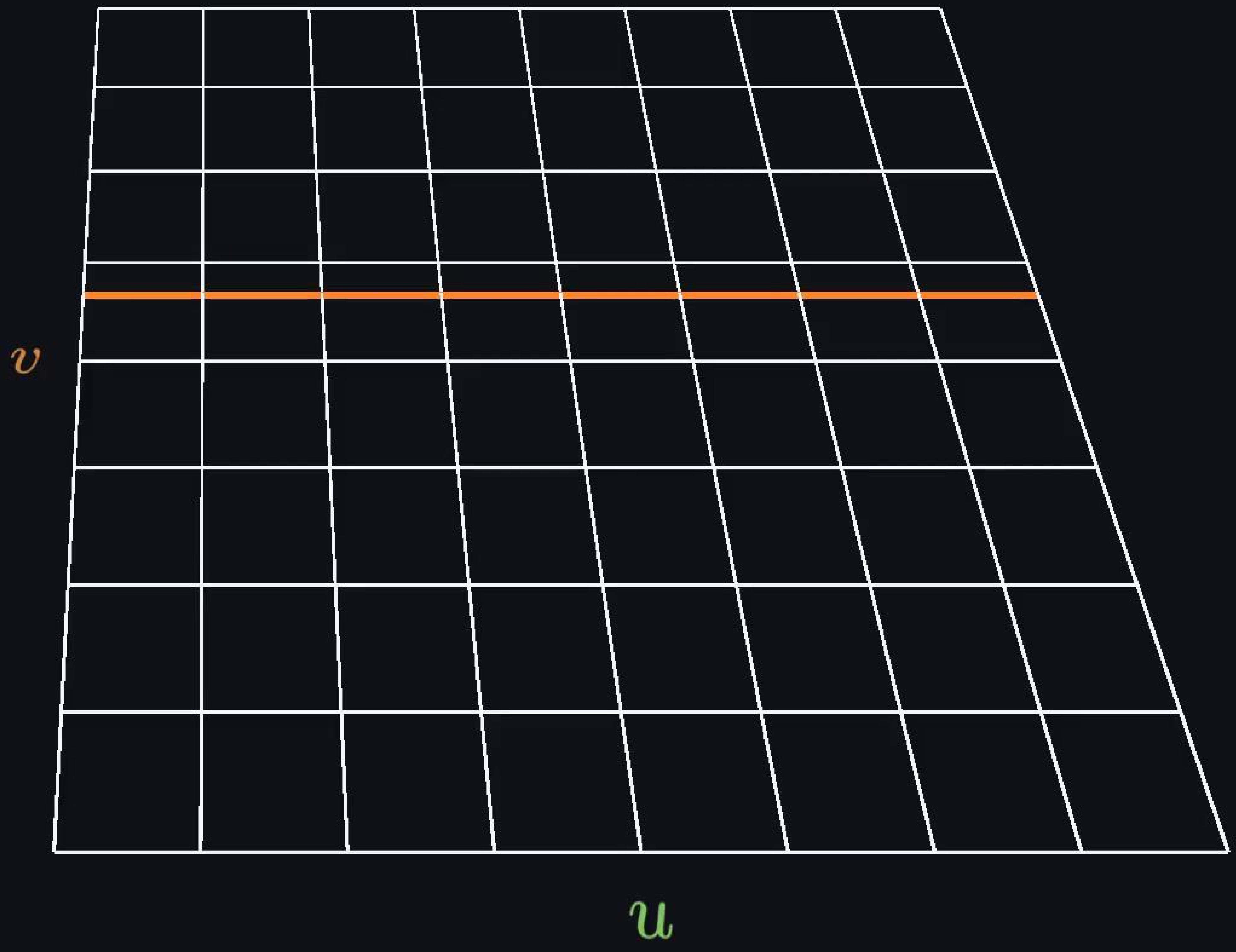
Offen im Denken



Metrik und Geodäten

Fläche

$\vec{r}(u, v) = (u, v, 0)$



Metrik und Geodäten

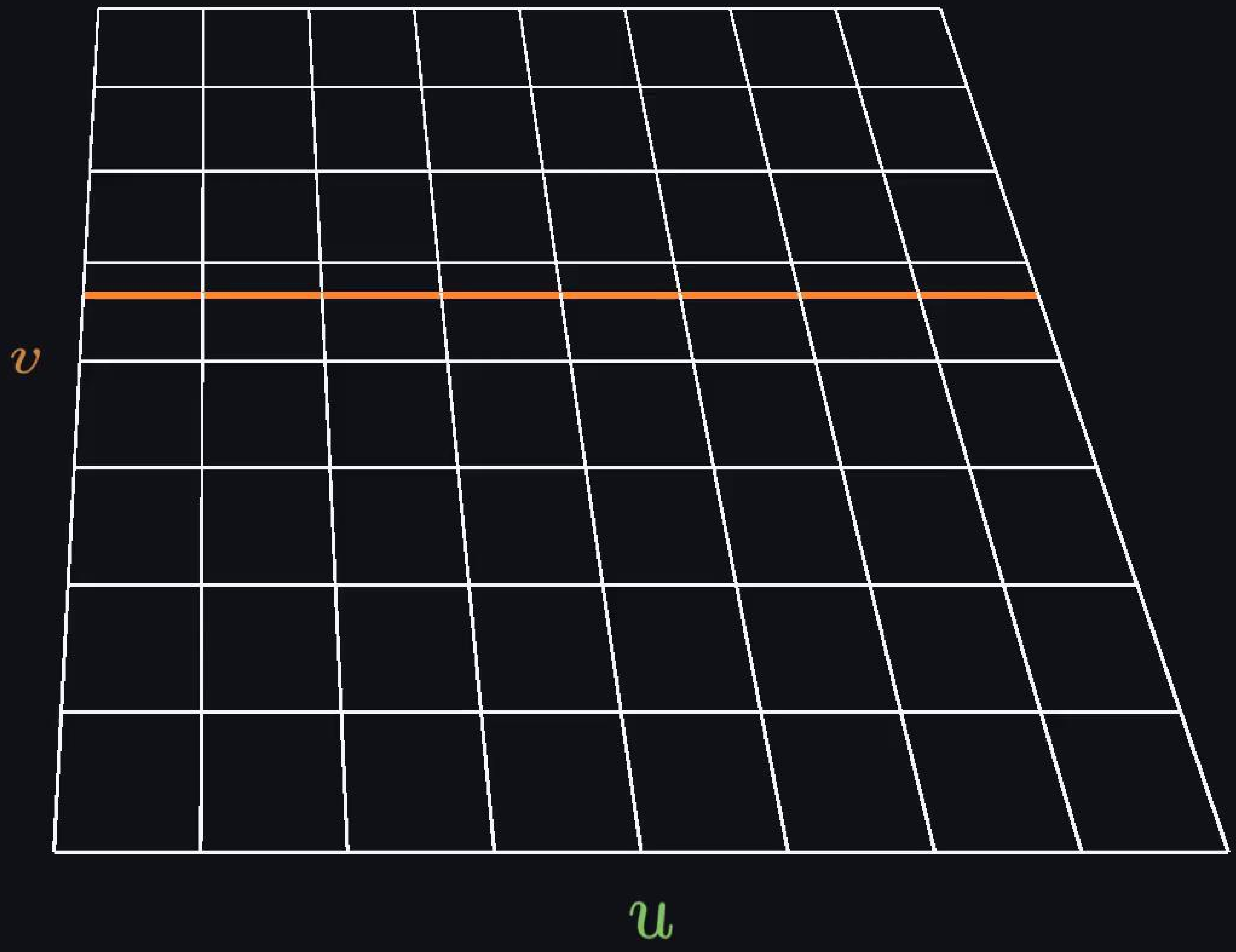
Fläche

$$\vec{r}(u, v) = (u, v, 0)$$

Metrik

$$g_{\mu\nu} = \partial_\mu \vec{r} \cdot \partial_\nu \vec{r}$$

$$\boldsymbol{g} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$



Metrik und Geodäten

Fläche

$$\vec{r}(u, v) = (u, v, 0)$$

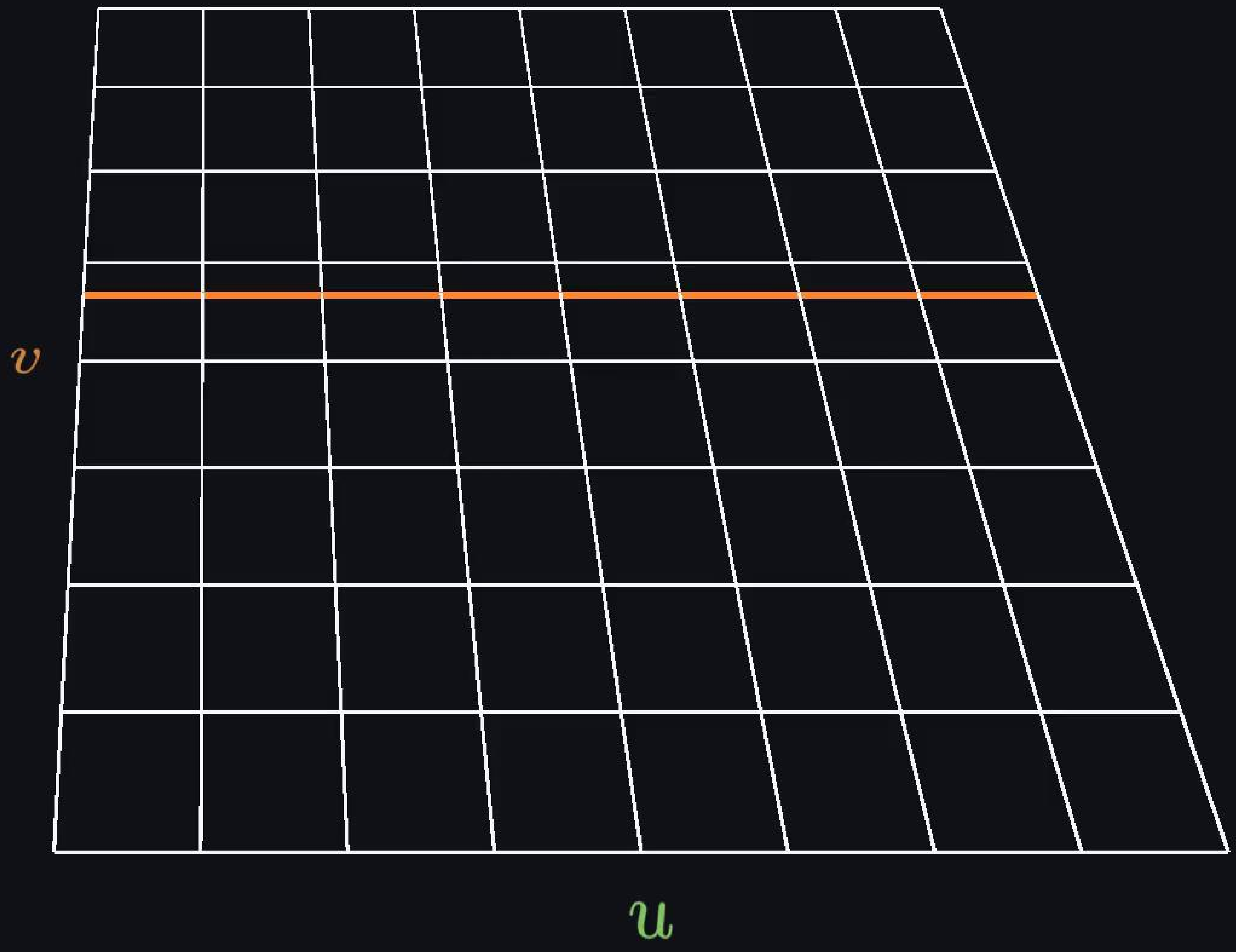
Metrik

$$g_{\mu\nu} = \partial_\mu \vec{r} \cdot \partial_\nu \vec{r}$$

$$\boldsymbol{g} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Geodätengleichung

$$\frac{\mathrm{d}^2 p^\lambda}{\mathrm{d}\tau^2} = 0$$



Metrik und Geodäten

Fläche

$$\vec{r}(u, v) = (u, v, 0)$$

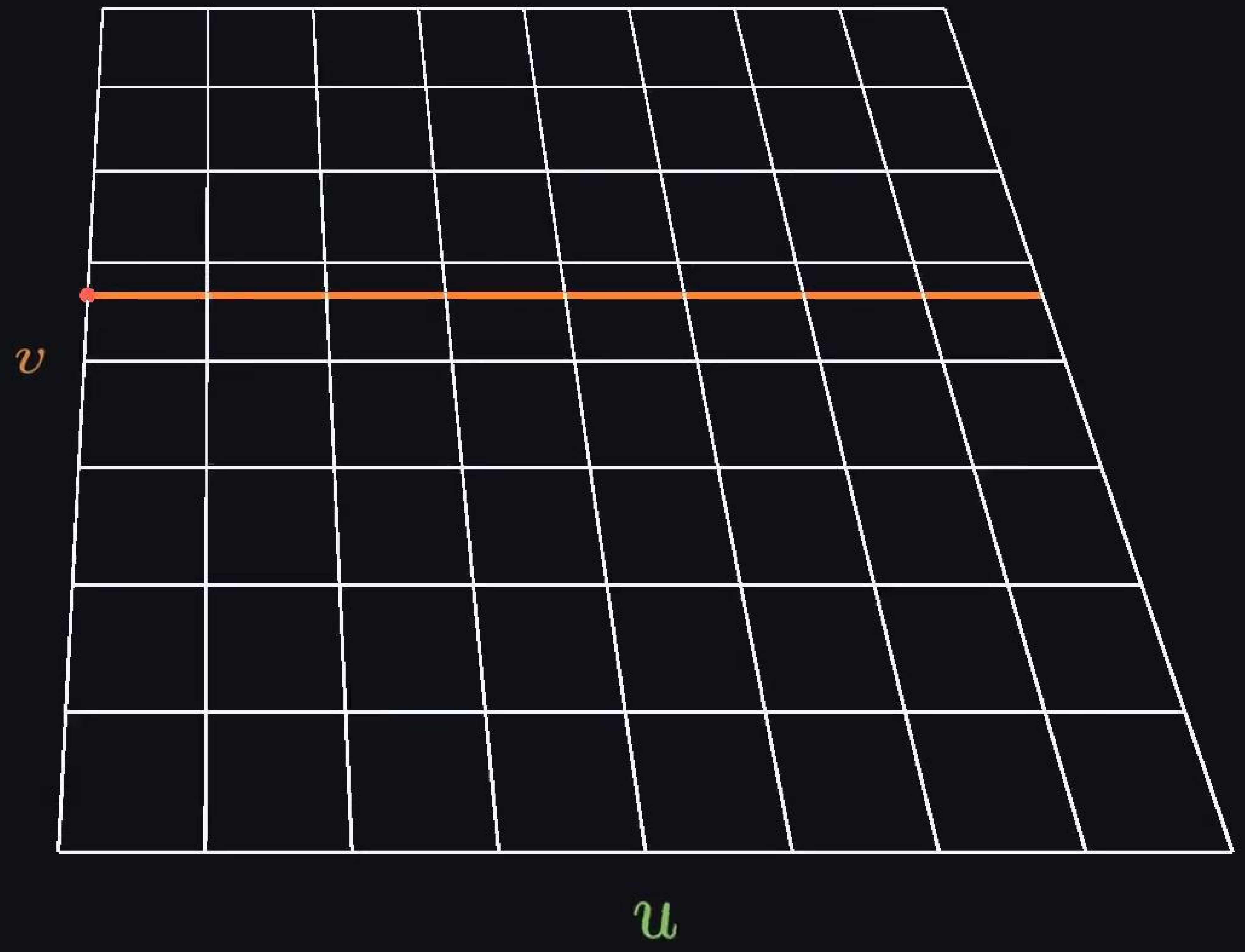
Metrik

$$g_{\mu\nu} = \partial_\mu \vec{r} \cdot \partial_\nu \vec{r}$$

$$\boldsymbol{g} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Geodätengleichung

$$\frac{\mathrm{d}^2 p^\lambda}{\mathrm{d}\tau^2} = 0$$



UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Offen im Denken

Metrik und Geodäten

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Offen im Denken

Fläche

$\vec{r} : \mathbb{R}^2 \to \mathbb{R}^3$

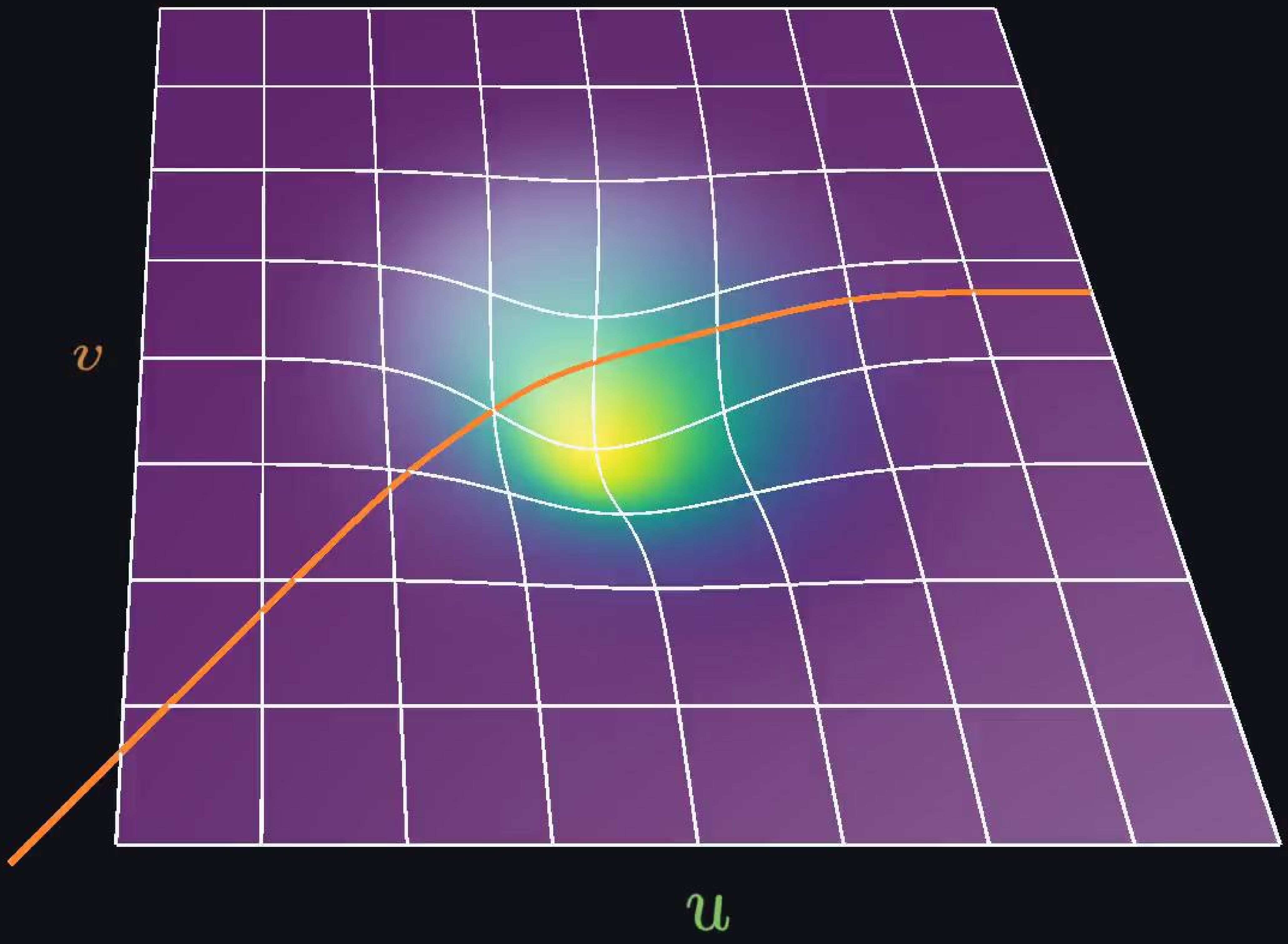
Metrik

$g_{\mu\nu} = \partial_\mu \vec{r} \cdot \partial_\nu \vec{r}$

$$\boldsymbol{g} = \begin{bmatrix} 1.00 & 0.00 \\ 0.00 & 1.00 \end{bmatrix}$$

Geodätengleichung

$$\frac{\mathrm{d}^2 p^\lambda}{\mathrm{d}\tau^2} = -\Gamma^\lambda_{\mu\nu}[\boldsymbol{g}(\vec{r})] \frac{\mathrm{d}p^\mu}{\mathrm{d}\tau} \frac{\mathrm{d}p^\nu}{\mathrm{d}\tau}$$



Metrik und Geodäten

Fläche

$\vec{r} : \mathbb{R}^2 \to \mathbb{R}^3$

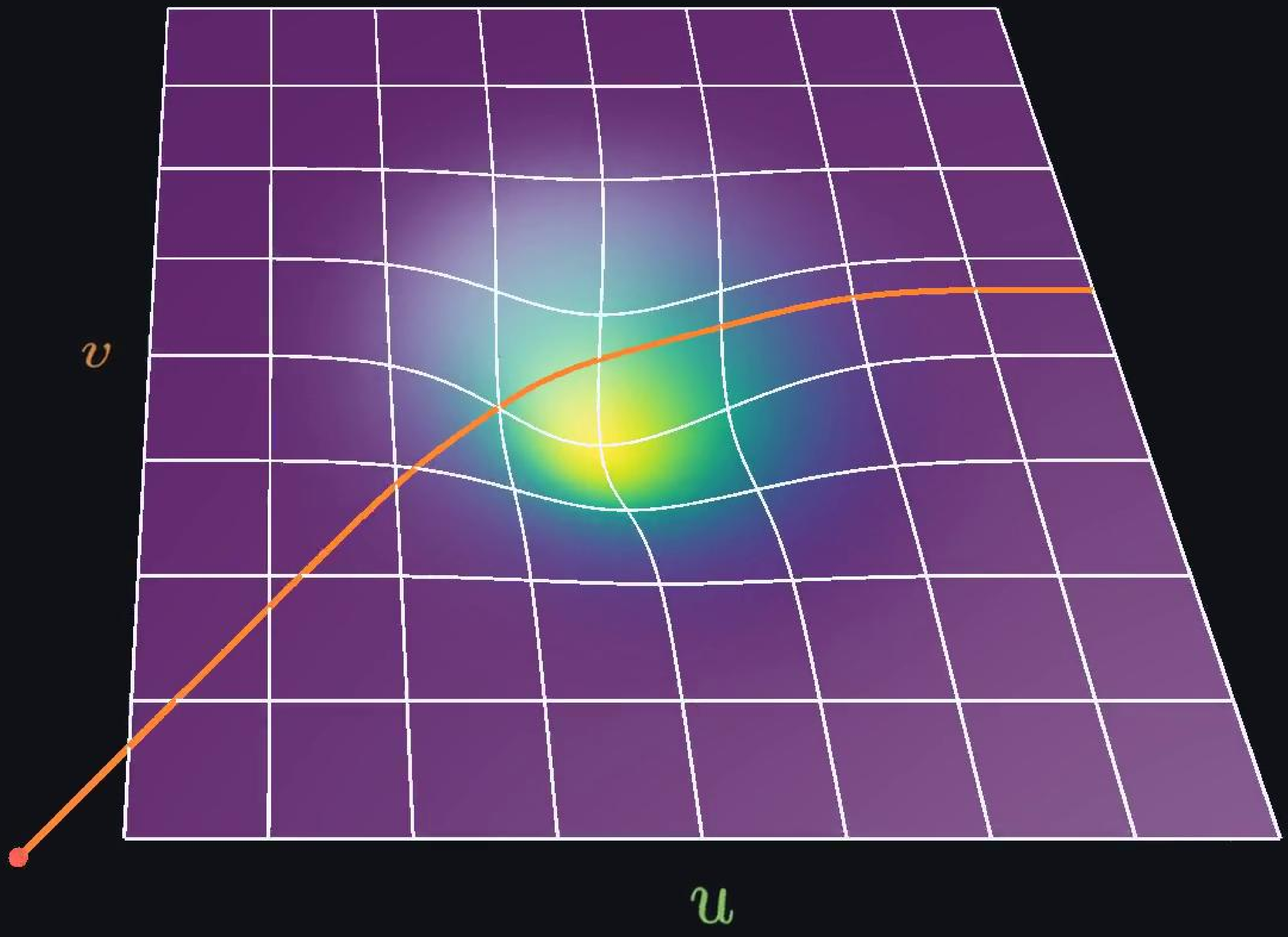
Metrik

$$g_{\mu\nu} = \partial_\mu \vec{r} \cdot \partial_\nu \vec{r}$$

$$\boldsymbol{g} = \begin{bmatrix} 1.00 & 0.00 \\ 0.00 & 1.00 \end{bmatrix}$$

Geodätengleichung

$$\frac{\mathrm{d}^2 p^\lambda}{\mathrm{d}\tau^2} = -\Gamma^\lambda_{\mu\nu}[\boldsymbol{g}(\vec{r})]\frac{\mathrm{d}p^\mu}{\mathrm{d}\tau}\frac{\mathrm{d}p^\nu}{\mathrm{d}\tau}$$



Einsteinsche Feldgleichungen

2D Fläche $\rightarrow$ 4D Mannigfaltigkeit

Einsteinsche Feldgleichungen

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Offen im Denken

2D Fläche $\rightarrow$ 4D Mannigfaltigkeit

Koordinaten $(ct, x, y, z) \Rightarrow \boldsymbol{g} \in \mathbb{R}^{4\times 4}$

Einsteinsche Feldgleichungen

2D Fläche $\rightarrow$ 4D Mannigfaltigkeit

Koordinaten $(ct, x, y, z) \Rightarrow \boldsymbol{g} \in \mathbb{R}^{4\times 4}$

Feldgleichungen: $R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$

Einsteinsche Feldgleichungen

2D Fläche $\rightarrow$ 4D Mannigfaltigkeit

Koordinaten $(ct, x, y, z) \Rightarrow \boldsymbol{g} \in \mathbb{R}^{4\times 4}$

Feldgleichungen: $R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$

Ricci-Tensor: $R_{\mu\nu}\,[\boldsymbol{g}]$

Einsteinsche Feldgleichungen

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Offen im Denken

2D Fläche $\rightarrow$ 4D Mannigfaltigkeit

Koordinaten $(ct, x, y, z) \Rightarrow \boldsymbol{g} \in \mathbb{R}^{4\times 4}$

Feldgleichungen: $R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$

Ricci-Tensor: $R_{\mu\nu}\,[\boldsymbol{g}]$

Krümmungsskalar: $R\,[\boldsymbol{g}]$

Einsteinsche Feldgleichungen

2D Fläche $\rightarrow$ 4D Mannigfaltigkeit

Koordinaten $(ct, x, y, z) \Rightarrow \boldsymbol{g} \in \mathbb{R}^{4\times 4}$

Feldgleichungen: $R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$

Ricci-Tensor: $R_{\mu\nu}[\boldsymbol{g}]$

Krümmungsskalar: $R[\boldsymbol{g}]$

Energie-Impuls-Tensor: $T_{\mu\nu}$

EM-Felder

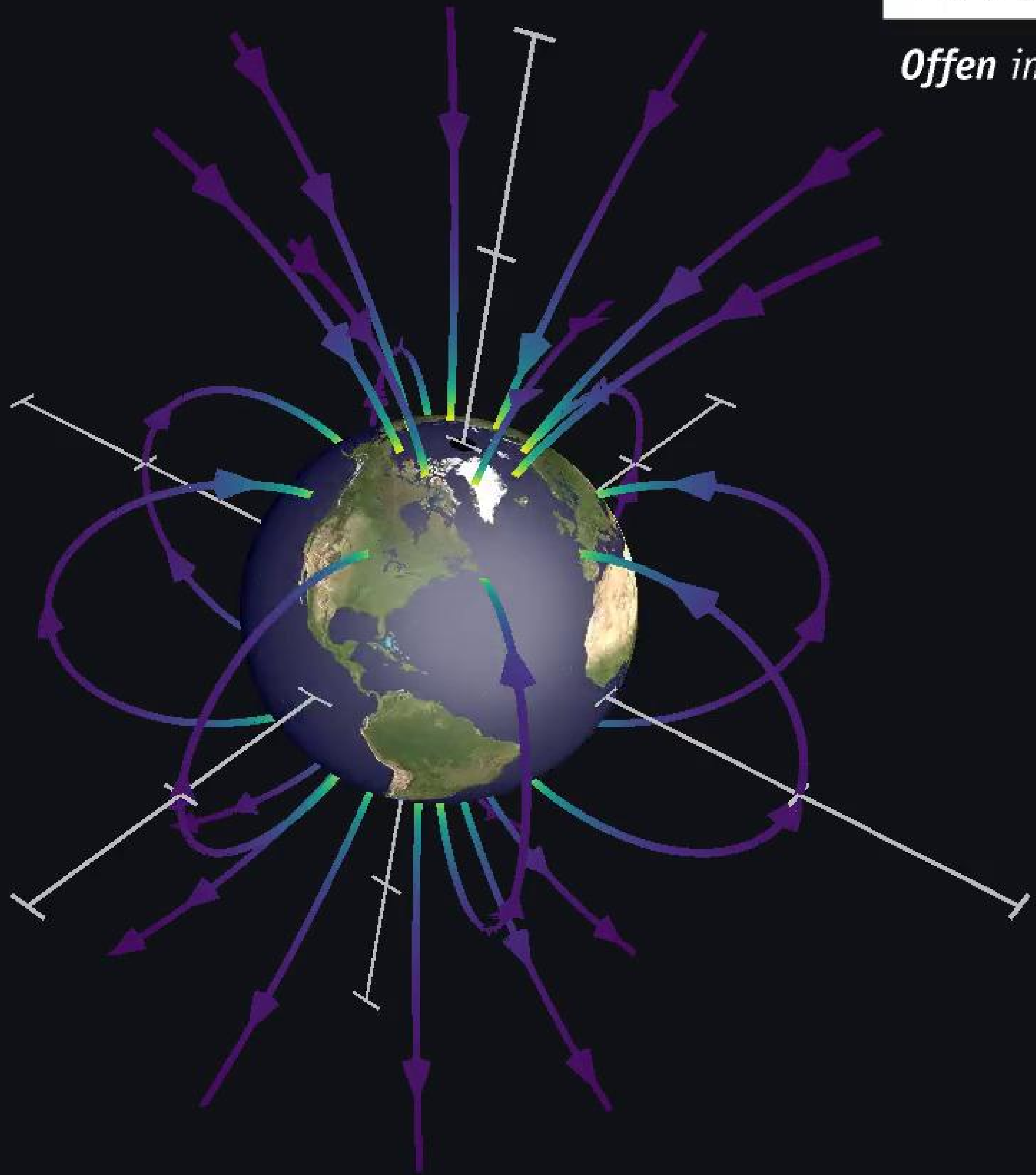
$$\vec{B} = \frac{1}{r^3}\left[\vec{S} - \frac{3(\vec{S}\cdot\vec{r})}{r^2}\vec{r}\right]$$

$$\vec{E} = -\frac{M\vec{r}}{r^3}$$

EM-Felder

$$\boxed{\vec{B} = \frac{1}{r^3}\left[\vec{S} - \frac{3(\vec{S}\cdot\vec{r})}{r^2}\vec{r}\right]}$$

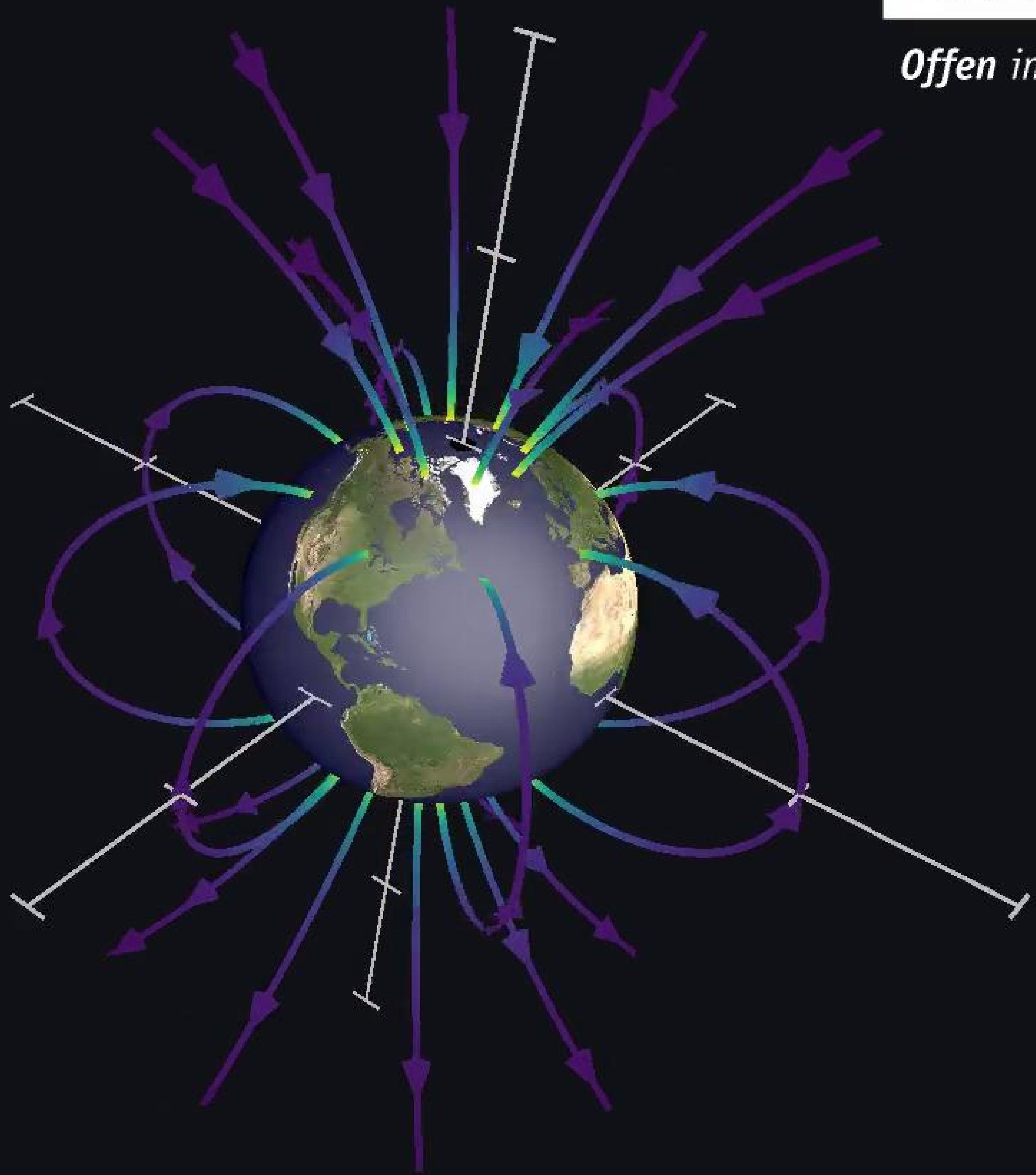
$$\vec{E} = -\frac{M\vec{r}}{r^3}$$



EM-Felder

$$\boxed{\vec{B} = \frac{1}{r^3}\left[\vec{S} - \frac{3(\vec{S}\cdot\vec{r})}{r^2}\vec{r}\right]}$$

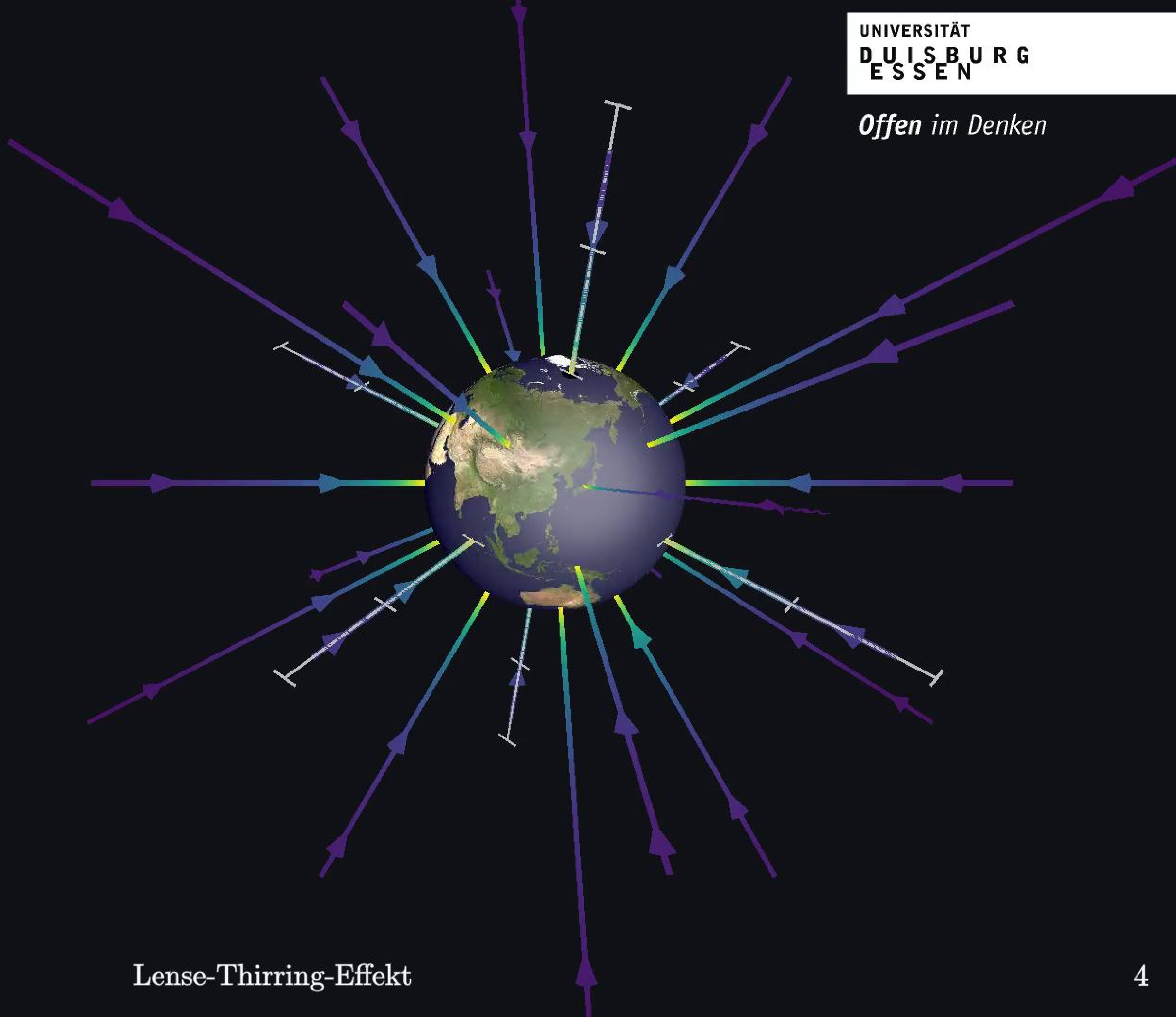
$$\vec{E} = -\frac{M\vec{r}}{r^3}$$



EM-Felder

$$\vec{B} = \frac{1}{r^3}\left[\vec{S} - \frac{3(\vec{S}\cdot\vec{r})}{r^2}\vec{r}\right]$$

$$\boxed{\vec{E} = -\frac{M\vec{r}}{r^3}}$$



UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Offen im Denken

EM-Felder

$$\vec{B} = \frac{1}{r^3}\left[\vec{S} - \frac{3(\vec{S}\cdot\vec{r})}{r^2}\vec{r}\right]$$

$$\boxed{\vec{E} = -\frac{M\vec{r}}{r^3}}$$