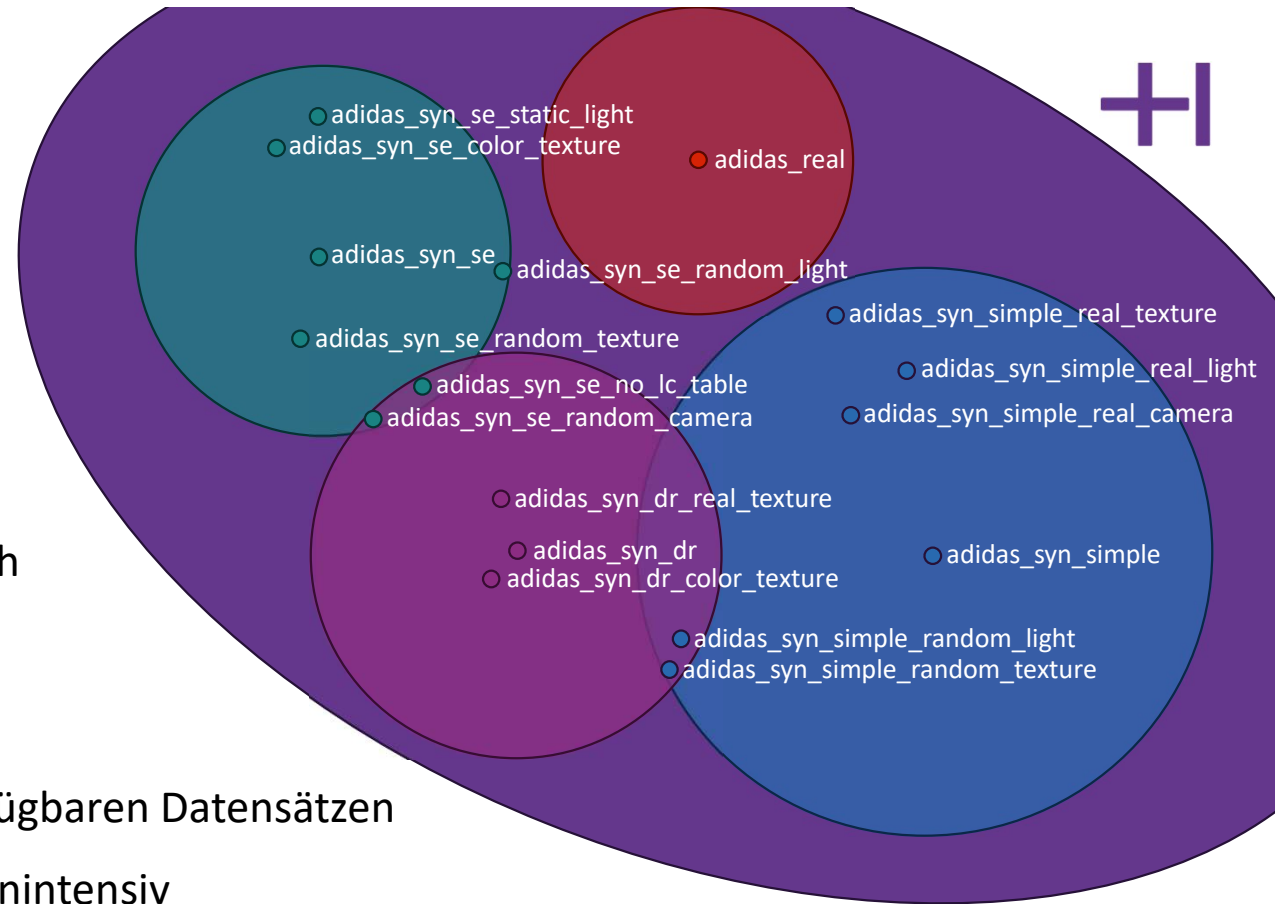


- Datensatzanalyse mithilfe lernender Verfahren -

- Dataset Analysis using Machine Learning Techniques -

Problemstellung

- Realdaten schwer beschaffbar
→ synthetische als Alternative
- Viele Variationen synthetischer Daten möglich
→ Jede beeinflusst Modellleistung
- Notwendigkeit einer Auswahl von vielen verfügbaren Datensätzen
→ Individuelles Datensatztraining ist zeit- rechenintensiv



Ziel: Vor-Auswahl durch Performanz-Abschätzung

+

K
A



Zielsetzung

System zur Performanz-Abschätzung:

1. Abschätzung ohne Training pro Datensatz
2. Datensatz-Eigenschaften als Bewertungsgrundlage
3. Möglichst unabhängige Bewertung vom Datensatz und Anwendungsfall

Untergestellte Ziele:

- Lernendes Verfahren zur Dimensionsreduktion und Merkmalsextraktion
→ Autoencoder
- Methode zum Vergleich und Bewertung der Kodierungen (Feature-Vektoren)
→ Distanzen als Ähnlichkeitsmaß



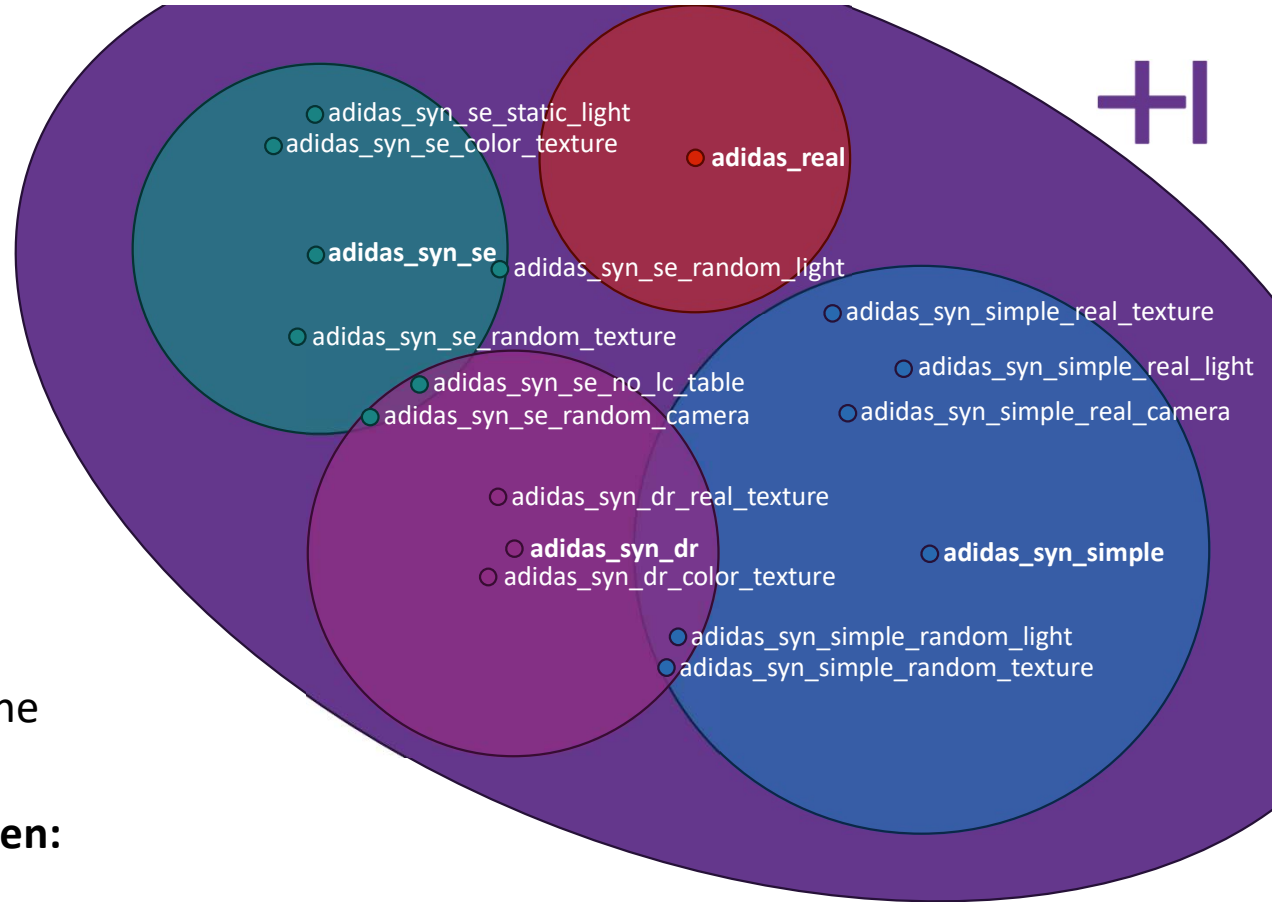
Datensätze

17 Adidas-Datensätze

- Farbbilder der Größe 512x682
- 1 Real (5.452 Datenpunkte)
- 16 synthetische (14.000 Datenpunkte)
 - aus Domänen SE, Simple, DR
 - 3 synthetische Basis-Datensätze
 - 13 Varianten basierend auf 3 synthetische

Basis-Datensätze als Domänen-Repräsentanten:

- Real: adidas_real
- SE: adidas_syn_se
- Simple: adidas_syn_simple
- DR: adidas_syn_dr



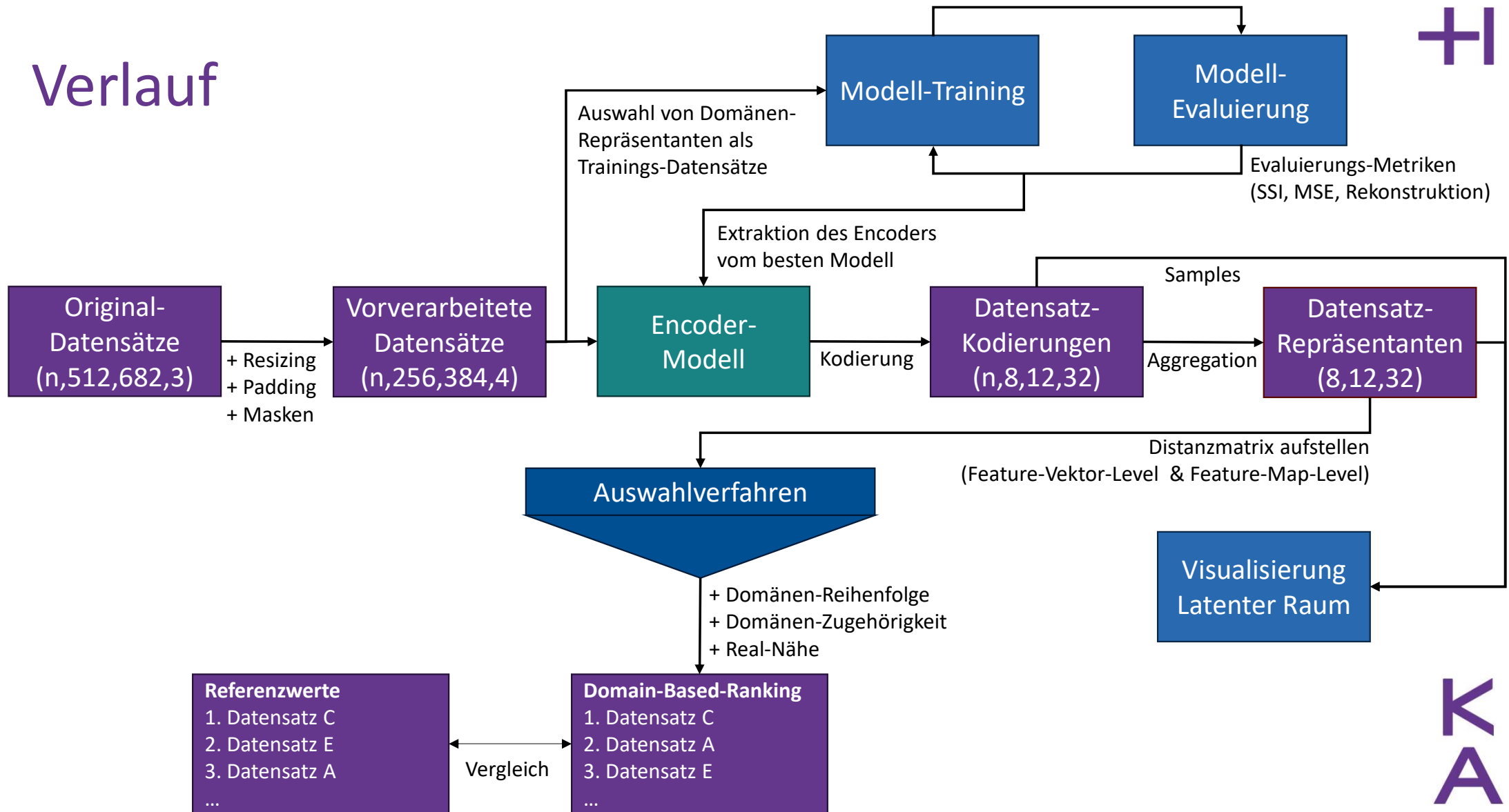
+

K
A

Verlauf

+

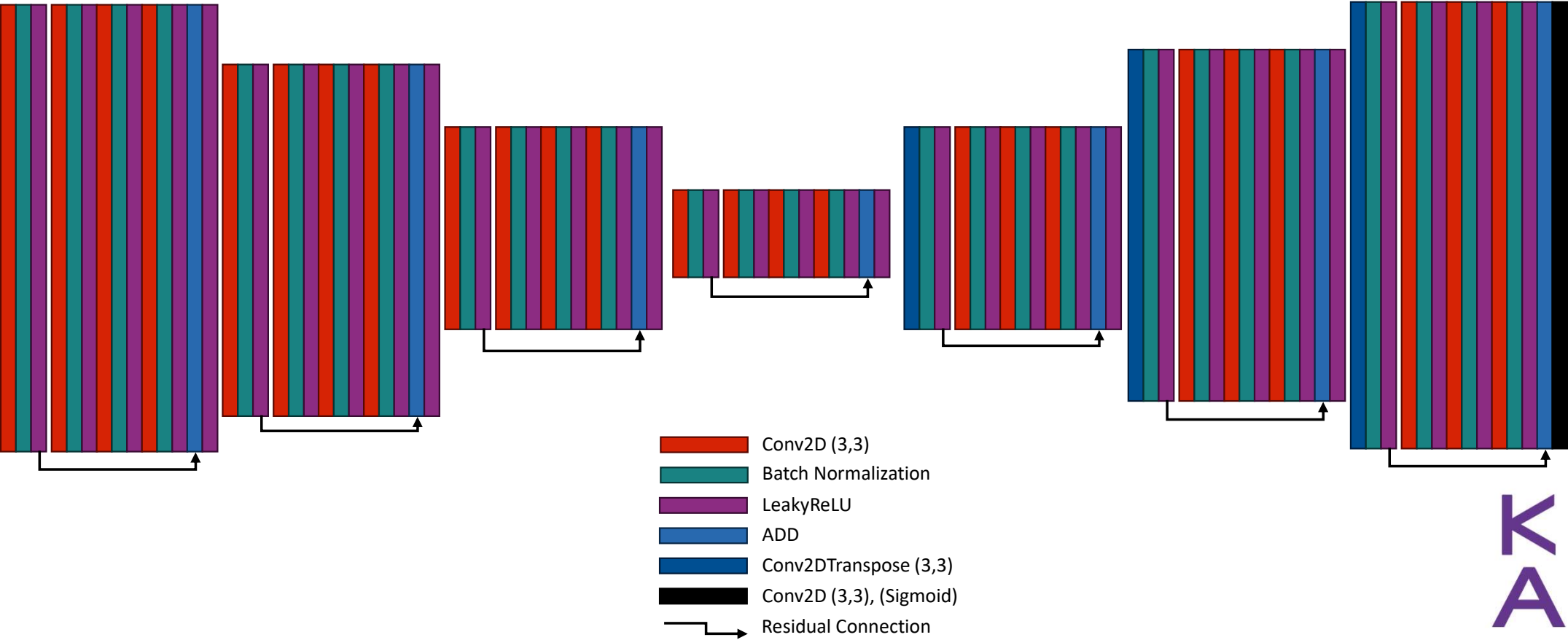
K
A



Modell-Architektur



Residual Convolutional Autoencoder (RCAE)



KA

Trainings-Konfigurationen

Allgemeine Bedingungen:

- Adam als Optimizer
- Mean Squared Error (MSE) als Loss-Function
- Kein EarlyStopping
- Batch-Size = 4
- Eingabe- (und Ausgabe-) Daten der Form (256,384,4)
- Strided Convolutions (2,2) → Halbierung (Downsampling) & Verdopplung (Upsampling)

256x384 – 128x192 – 64x96 – 32x48 – 16x24 – 8x12 – 4x6 – 2x3

(16,24,32)	(8,12,64)	(8,12,32)	(4,6,64)	(4,6,32)	(2,3,64)	(2,3,32)
12.288	6.144	3.072	1.536	768	384	192
96,88%	98,44%	99,22%	99,61%	99,80%	99,90%	99,95%



Trainings-Konfigurationen: Vorstudie

Ziele der Vorstudie:

- Ermittlung der Modell-Grenzen (→ Filteranzahl 32 und 64)
- Ermittlung optimaler Größe des Latenten Raums (Kodierungsgröße)

Bedingungen der Vorstudie:

- 2.500 Trainingsdaten & 500 Validierungsdaten von 6 Datensätzen:
 1. adidas_syn_dr_real_texture
 2. adidas_syn_simple
 3. adidas_syn_simple_real_texture
 4. adidas_syn_se_random_light
 5. adidas_syn_se
 6. adidas_real
- 300 Epochen im Sequenziellen Training (50 Epochen pro Datensatz)



Evaluierung: Vorstudie

adidas_
syn_
dr_
color_
texture

Original RGB



Original Mask



Decoded RGB



Decoded Mask



r_cae_fm16x24_dim12288

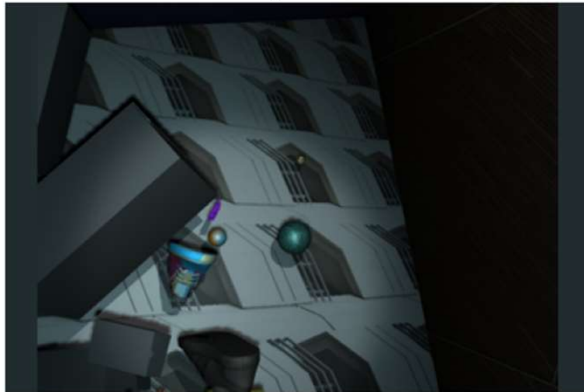


Evaluierung: Vorstudie



adidas_
syn_
dr_
color_
texture

Original RGB



Original Mask



Decoded RGB



Decoded Mask



r_cae_fm8x12_dim6144



Evaluierung: Vorstudie

adidas_
syn_
dr_
color_
texture

Original RGB



Original Mask



Decoded RGB



Decoded Mask



r_cae_fm8x12_dim3072



Evaluierung: Vorstudie



adidas_
syn_
dr_
color_
texture

Original RGB



Original Mask



Decoded RGB



Decoded Mask



r_cae_fm4x6_dim1536



Evaluierung: Vorstudie



adidas_
syn_
dr_
color_
texture

Original RGB



Original Mask



Decoded RGB



Decoded Mask



r_cae_fm4x6_dim768



Evaluierung: Vorstudie



adidas_
syn_
dr_
color_
texture

Original RGB



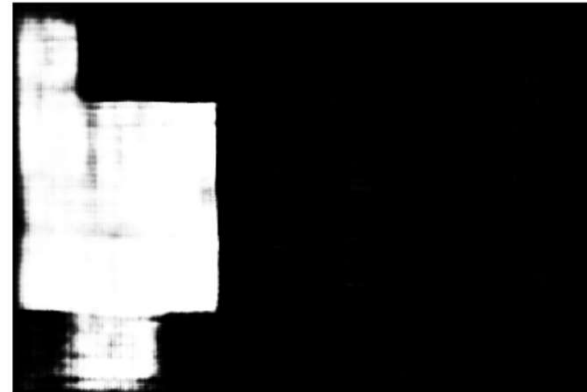
Original Mask



Decoded RGB



Decoded Mask



r_cae_fm2x3_dim384



Evaluierung: Vorstudie



adidas_
syn_
dr_
color_
texture

Original RGB



Original Mask



Decoded RGB



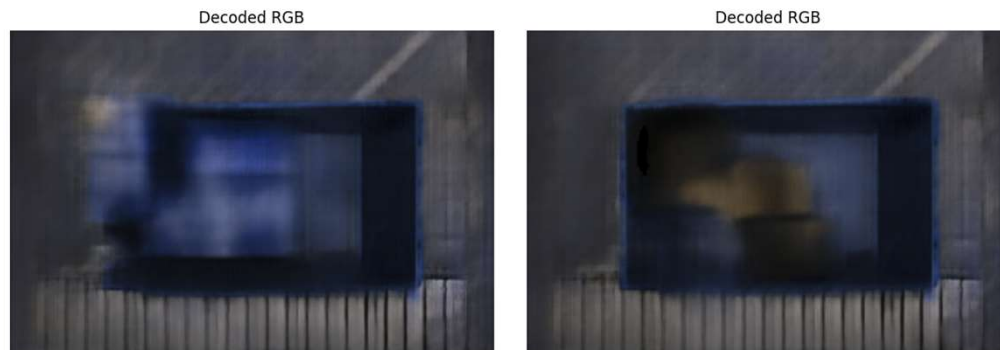
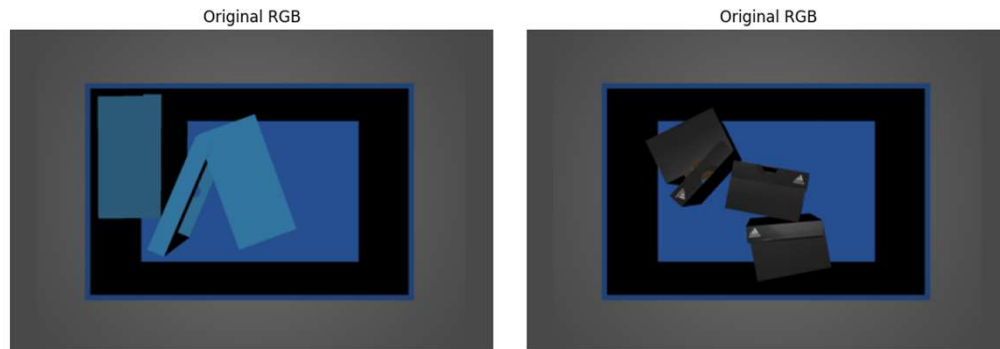
Decoded Mask



r_cae_fm2x3_dim192



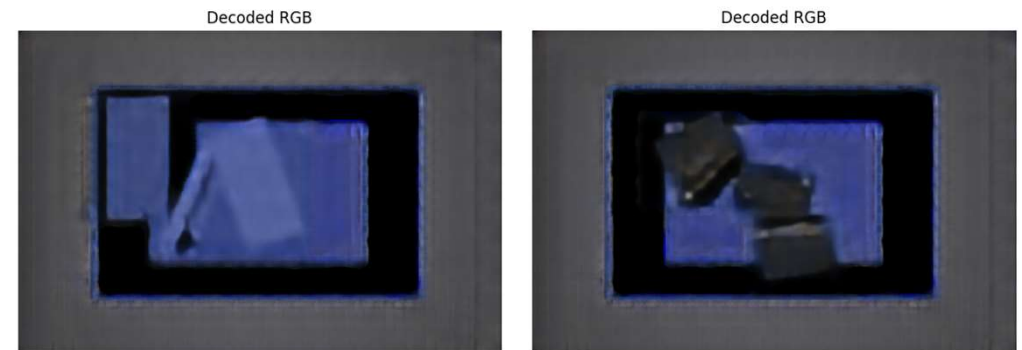
Evaluierung: Vorstudie



adidas_syn_simple

adidas_syn_simple_real_texture

r_cae_fm2x3_dim192



adidas_syn_simple

adidas_syn_simple_real_texture

r_cae_fm8x12_dim3072





Trainings-Konfigurationen: Hauptstudie

Ziele der Hauptstudie:

- Ermittlung des optimalen Modells mit verschiedenen Konfigurationen
- Training auf Domänenrepräsentierende Datensätze

Bedingungen der Hauptstudie:

- Jeweils 3.500 Trainings- & 700 Validierungs-Daten von 4 Datensätzen:
 - adidas_real
 - adidas_syn_se
 - adidas_syn_simple
 - adidas_syn_dr
 - 120 Epochen für Sequenzielles Training
 - 30 Epochen für Kombiniertes Training
- **Basis-Datensätze als Domänen-Repräsentanten**
- (30 pro 3.500 Daten eines Datensatzes)
(30 auf 14.000 Daten insgesamt)





Evaluierung: Hauptstudie – CAE vs. R-CAE

Sequenziell	adidas_ real	adidas_ syn_ se	adidas_ syn_ simple	adidas_ syn_ dr	adidas_ syn_ dr_ real_ texture	adidas_ syn_ se_ random_ texture	adidas_ syn_ simple_ real_ texture	adidas_ syn_ simple_ random_ texture	mean_ score
SSI									
r_cae_on_base_seq_fm8x12_ dim3072_real3500	0,9494	0,8454	0,7705	0,7382	0,7572	0,7403	0,7605	0,7434	0,7881
r_cae_on_base_seq_fm8x12_ dim6144_real3500	0,9667	0,8909	0,8681	0,7946	0,8115	0,7944	0,8588	0,8274	0,8516
cae_on_base_seq_fm8x12_ dim3072_real3500	0,9049	0,7343	0,6651	0,6389	0,6517	0,6478	0,6528	0,6247	0,6900
cae_on_base_seq_fm8x12_ dim6144_real3500	0,9256	0,7549	0,6749	0,6667	0,6893	0,6532	0,6603	0,6290	0,7067
MSE									
r_cae_on_base_seq_fm8x12_ dim3072_real3500	25,73	147,11	245,17	325,18	292,24	466,53	262,97	172,24	242,15
r_cae_on_base_seq_fm8x12_ dim6144_real3500	14,04	98,27	84,36	214,52	206,31	335,72	97,06	102,92	144,15
cae_on_base_seq_fm8x12_ dim3072_real3500	138,22	463,12	473,41	970,16	853,23	1028,00	543,85	503,73	621,71
cae_on_base_seq_fm8x12_ dim6144_real3500	76,90	436,96	422,46	1018,50	761,11	1183,32	487,88	449,13	604,53





Evaluierung: Hauptstudie – Kleine Zielgrößen

Kombiniert

	mean_ssi	mean_mse
r_cae_fm2x3_dim192	0,6497	986,37
r_cae_on_base_comb_fm2x3_dim192_real3500	0,8010	423,50
r_cae_fm2x3_dim384	0,6602	870,85
r_cae_on_base_comb_fm2x3_dim384_real3500	0,8187	409,47
r_cae_fm4x6_dim768	0,7109	445,22
r_cae_on_base_comb_fm4x6_dim768_real3500	0,8392	211,17
r_cae_fm4x6_dim1536	0,7514	331,05
r_cae_on_base_comb_fm4x6_dim1536_real3500	0,8699	152,87
r_cae_fm8x12_dim3072	0,8384	171,01
r_cae_on_base_comb_fm8x12_dim3072_real3500	0,8817	92,21
r_cae_fm8x12_dim6144	0,8679	146,67
r_cae_on_base_comb_fm8x12_dim6144_real3500	0,9019	67,83





Evaluierung: Optimales Modell

Optimales Modell:

- Trainingsdaten = Kombiniert
- Dimensionsgröße = 3.072 und 6.144
- Real-Anteil = 2.500
- Filteranzahl-Strategie = Abnehmend

Datensatz-Kodierungen mit Encoder von Modellen:

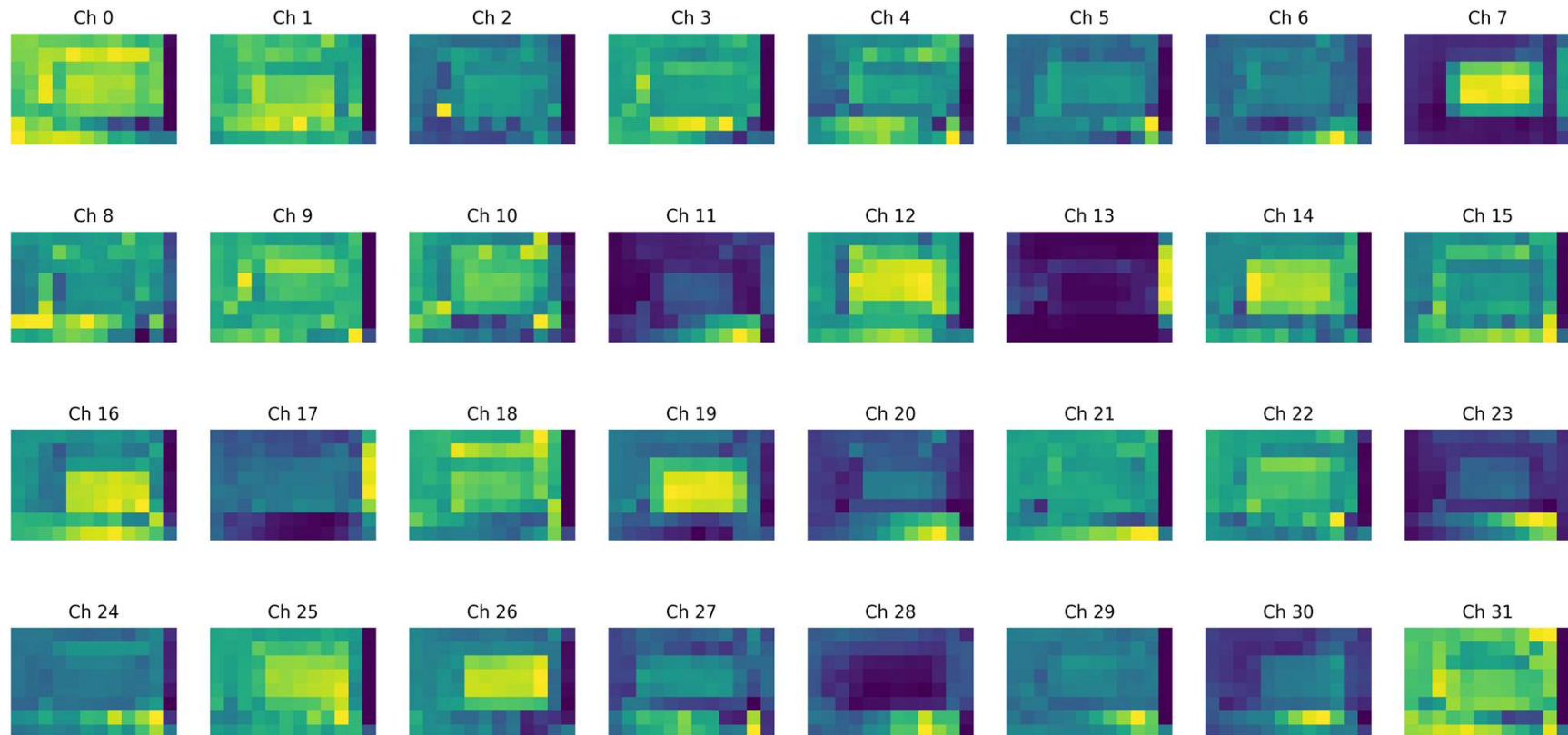
- r_cae_on_base_comb_fm8x12_dim3072_real3500 (n,256,384,4) → (n,8,12,32)
- r_cae_on_base_comb_fm4x6_dim1536_real3500 (n,256,384,4) → (n,4,6,64)
- r_cae_on_base_comb_fm8x12_dim6144_real3500 (n,256,384,4) → (n,8,12,64)



Aggregation zu Datensatz-Repräsentanten



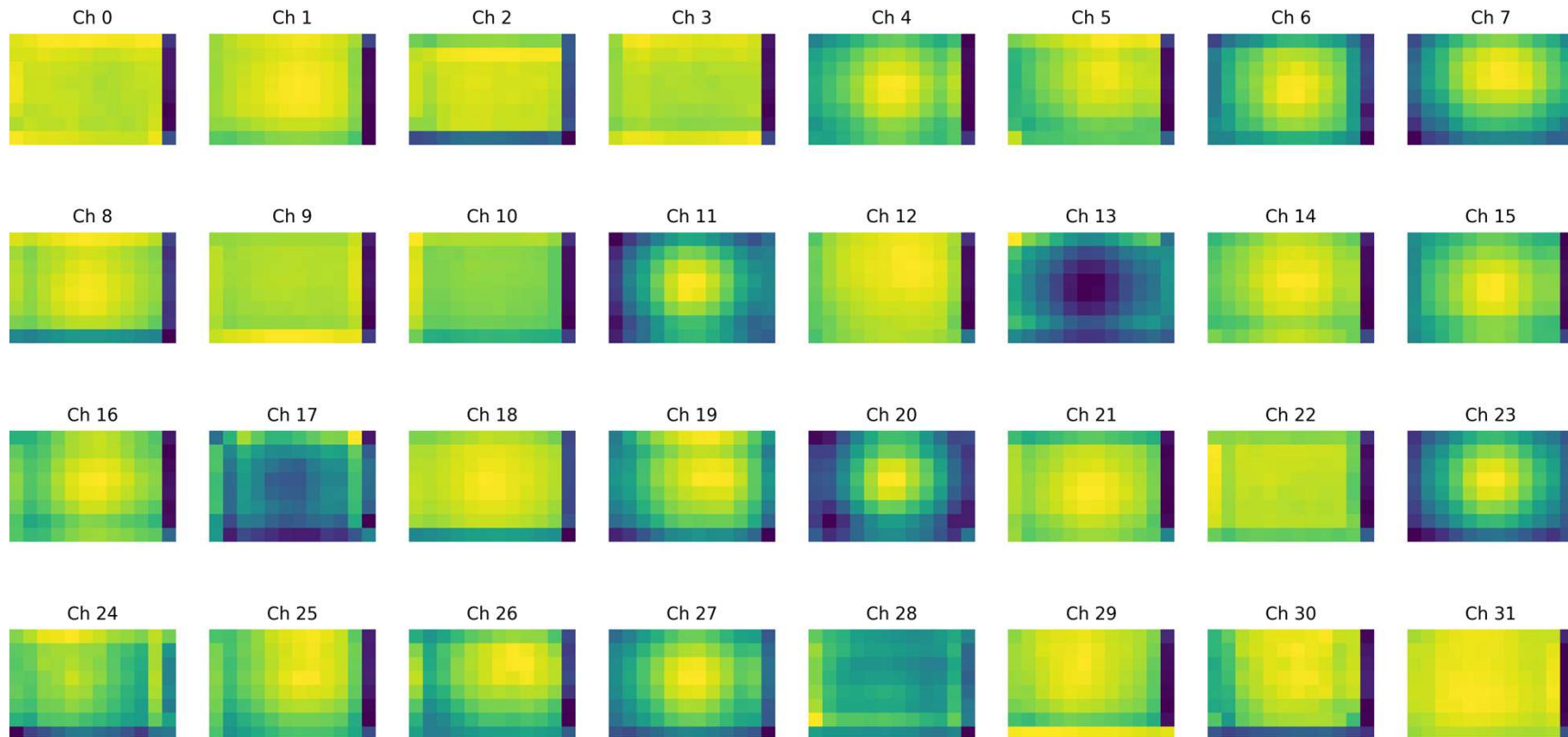
mean feature maps of dataset adidas_real



Aggregation zu Datensatz-Repräsentanten



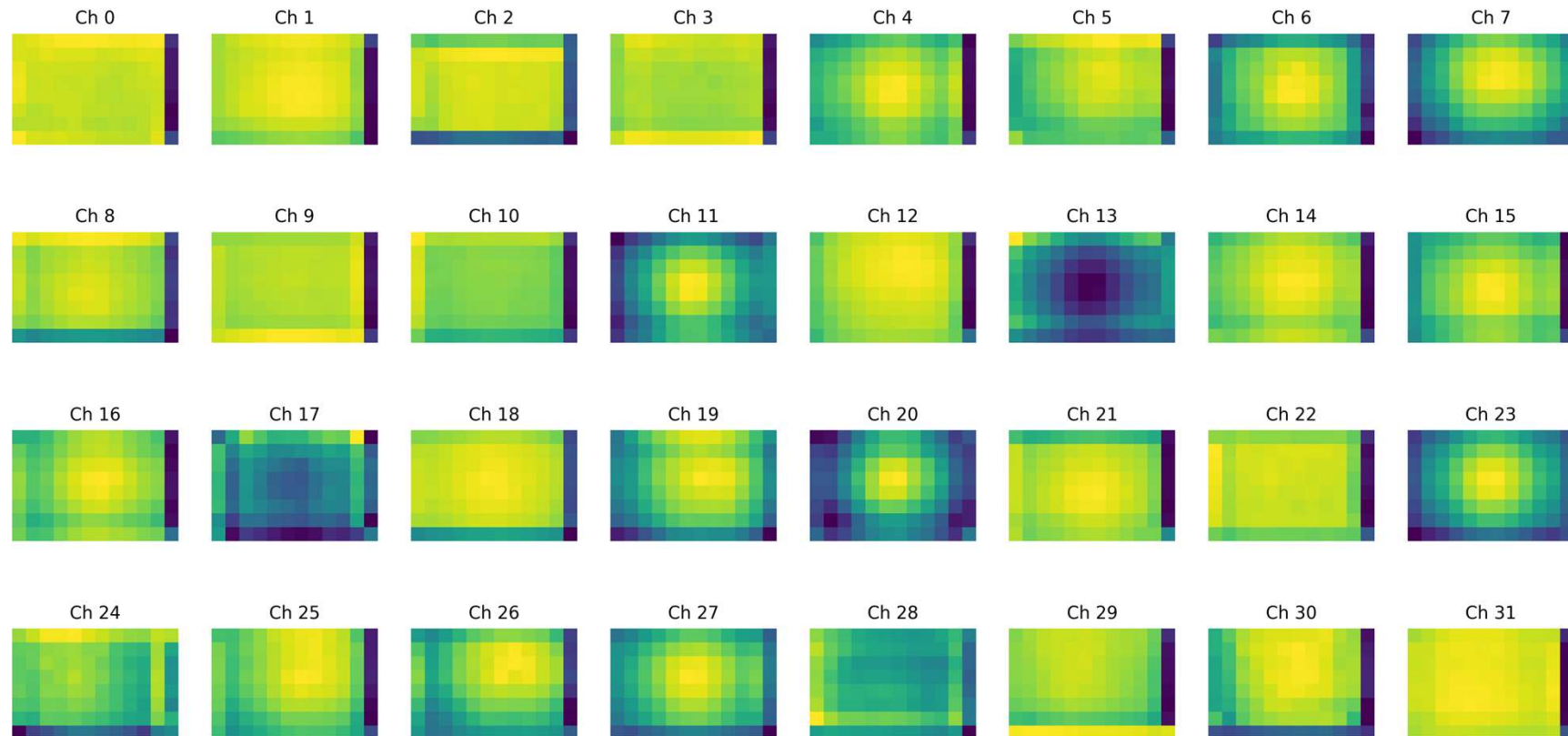
mean feature maps of dataset adidas_syn_dr



Aggregation zu Datensatz-Repräsentanten



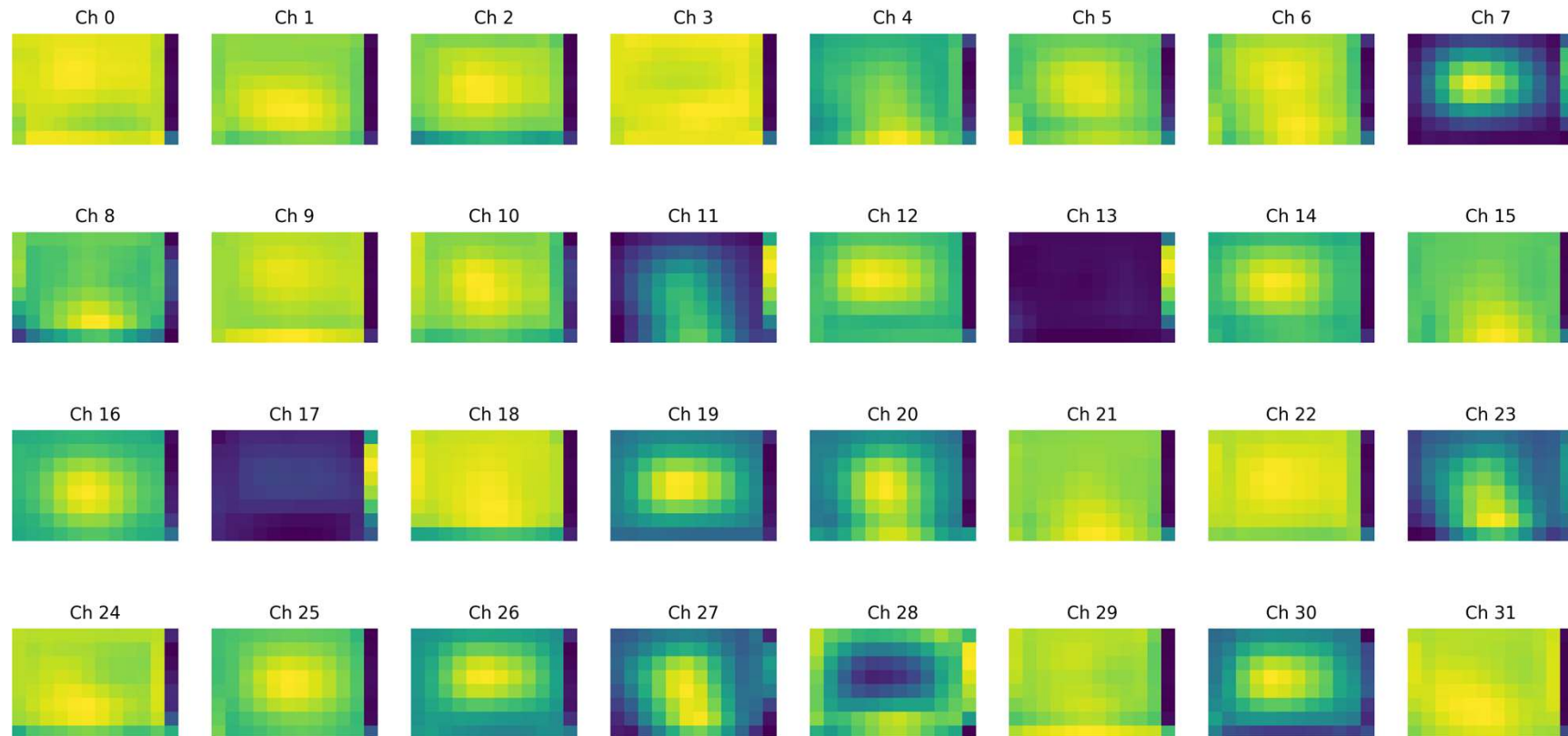
mean feature maps of dataset adidas_syn_dr_real_texture



Aggregation zu Datensatz-Repräsentanten



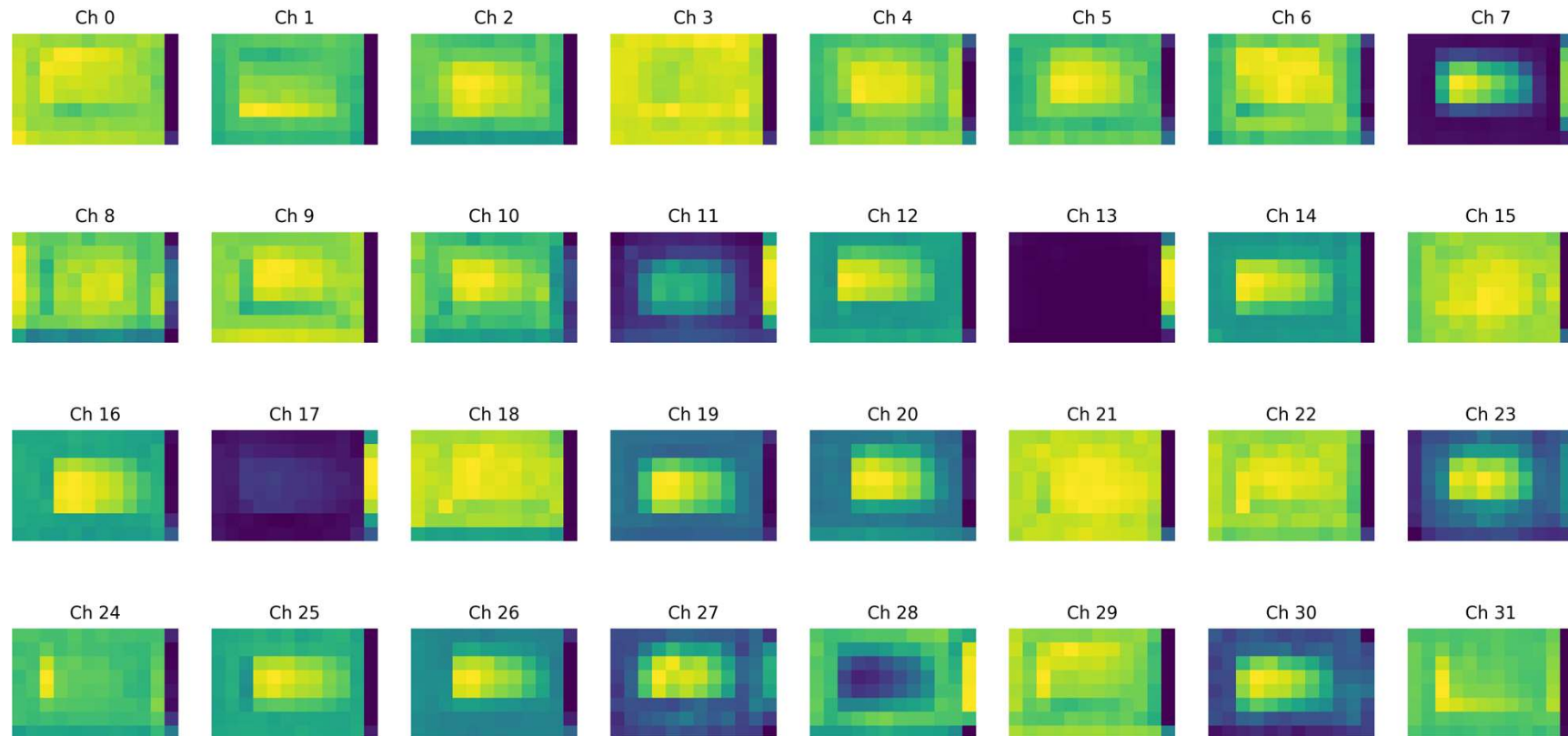
mean feature maps of dataset adidas_syn_se_random_camera



Aggregation zu Datensatz-Repräsentanten



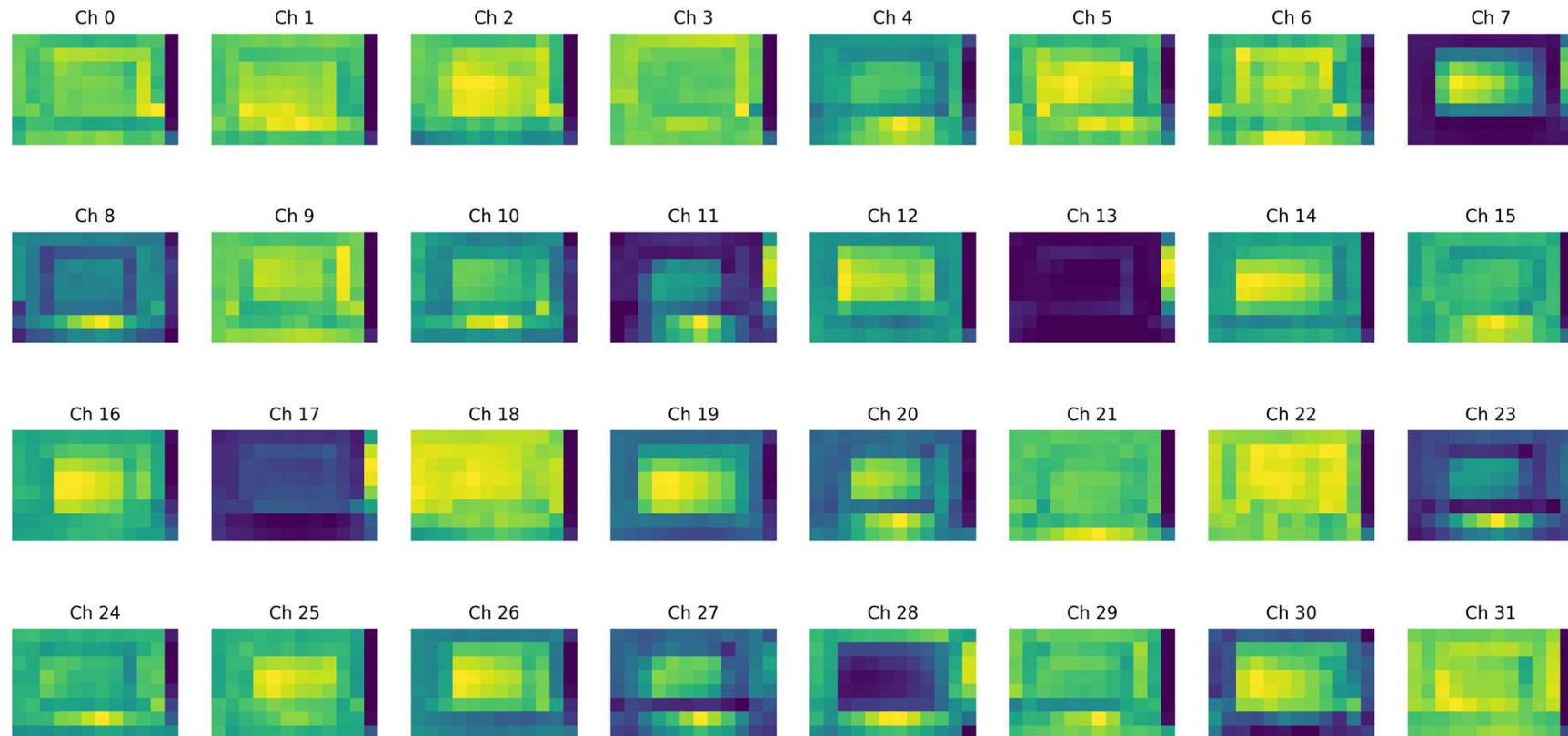
mean feature maps of dataset adidas_syn_se_no_lc_table



Aggregation zu Datensatz-Repräsentanten



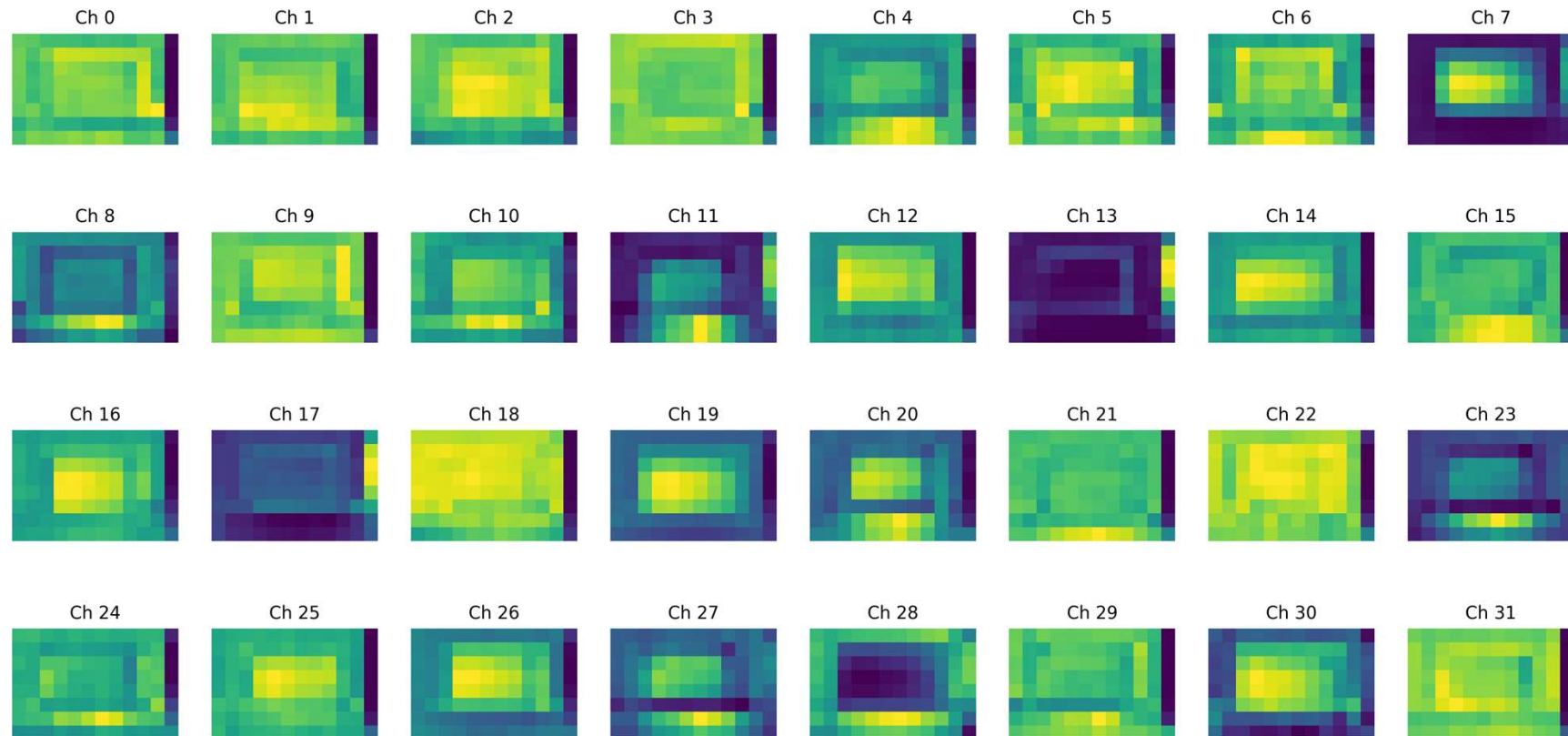
mean feature maps of dataset adidas_syn_se



Aggregation zu Datensatz-Repräsentanten

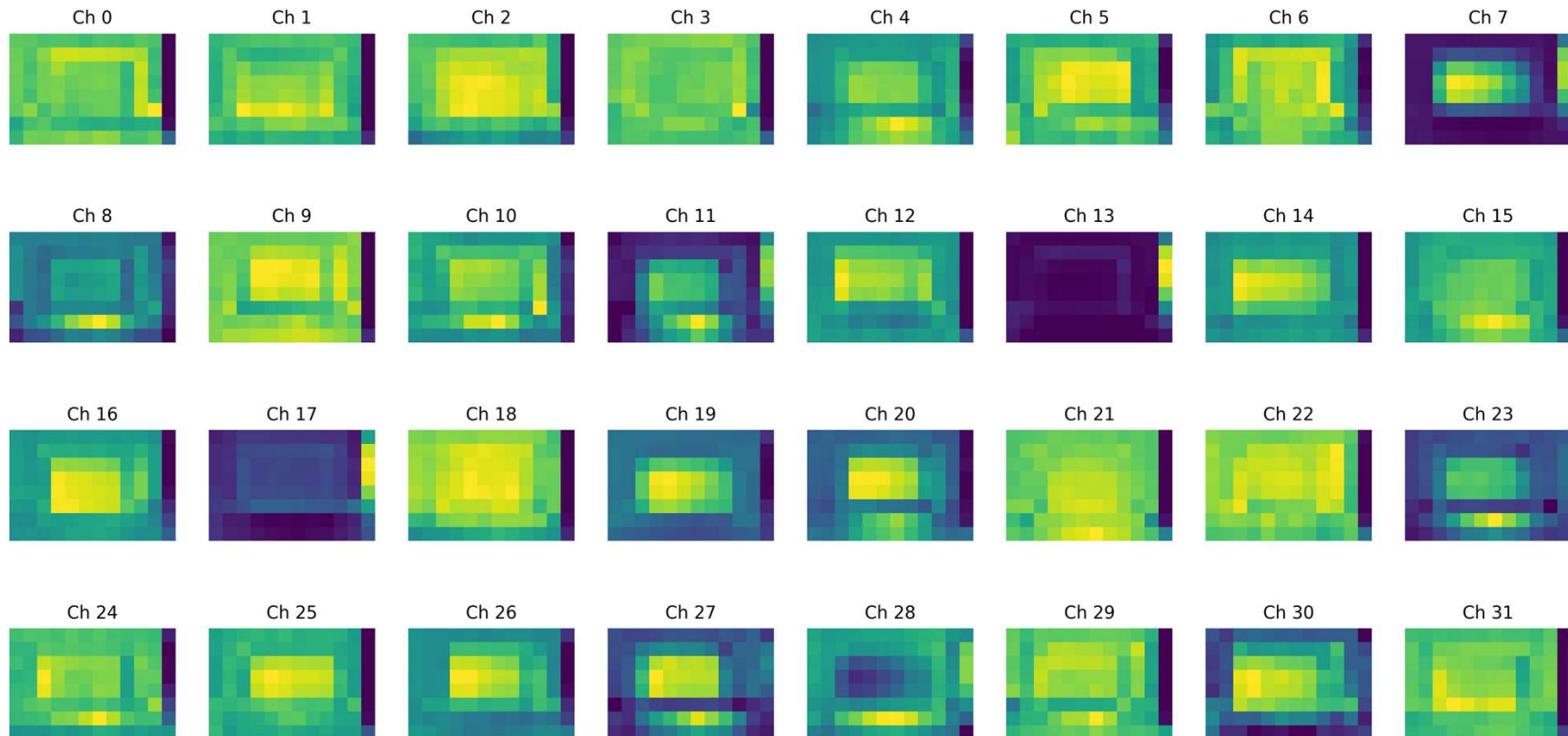


mean feature maps of dataset adidas_syn_se_random_light



Aggregation zu Datensatz-Repräsentanten

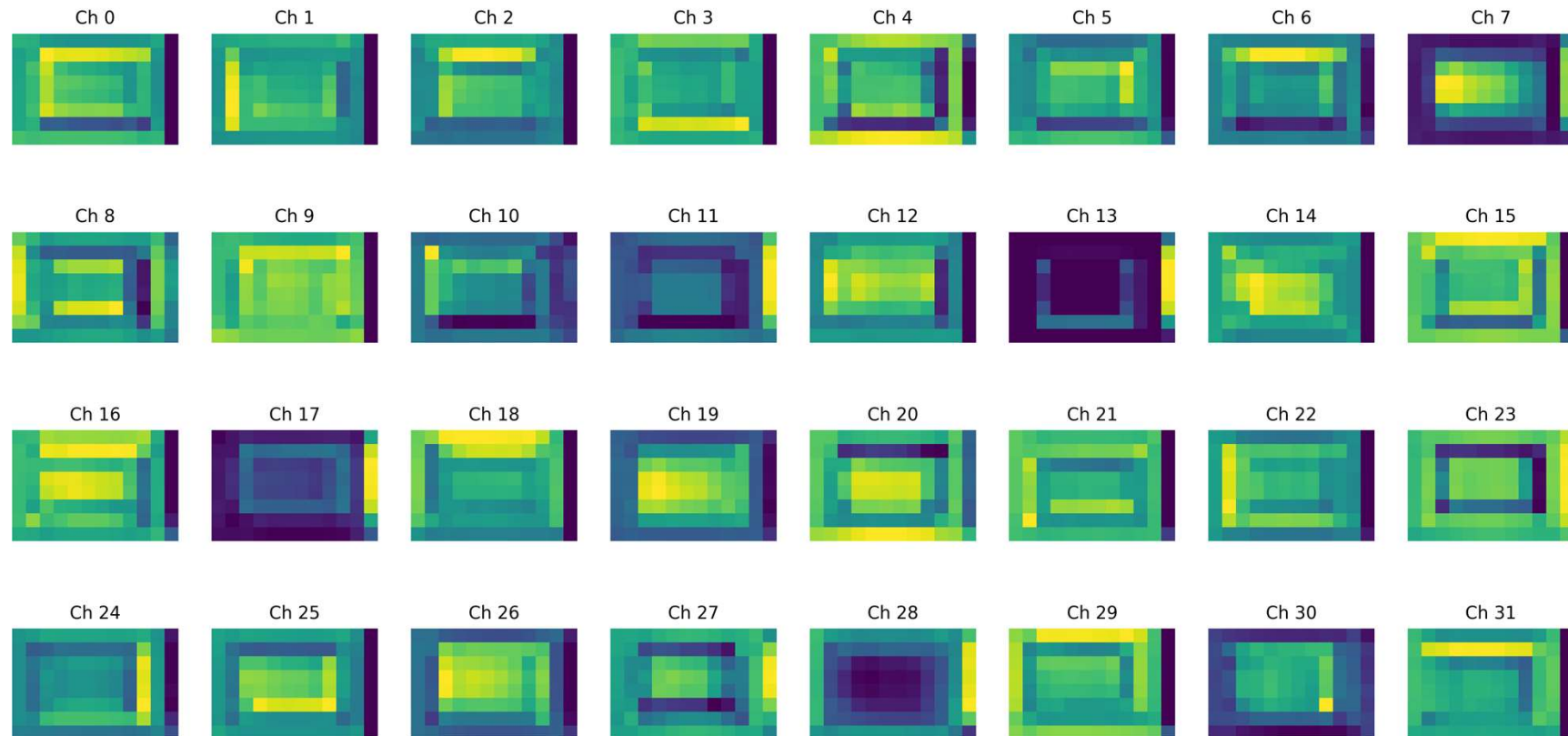
mean feature maps of dataset adidas_syn_se_random_texture



Aggregation zu Datensatz-Repräsentanten



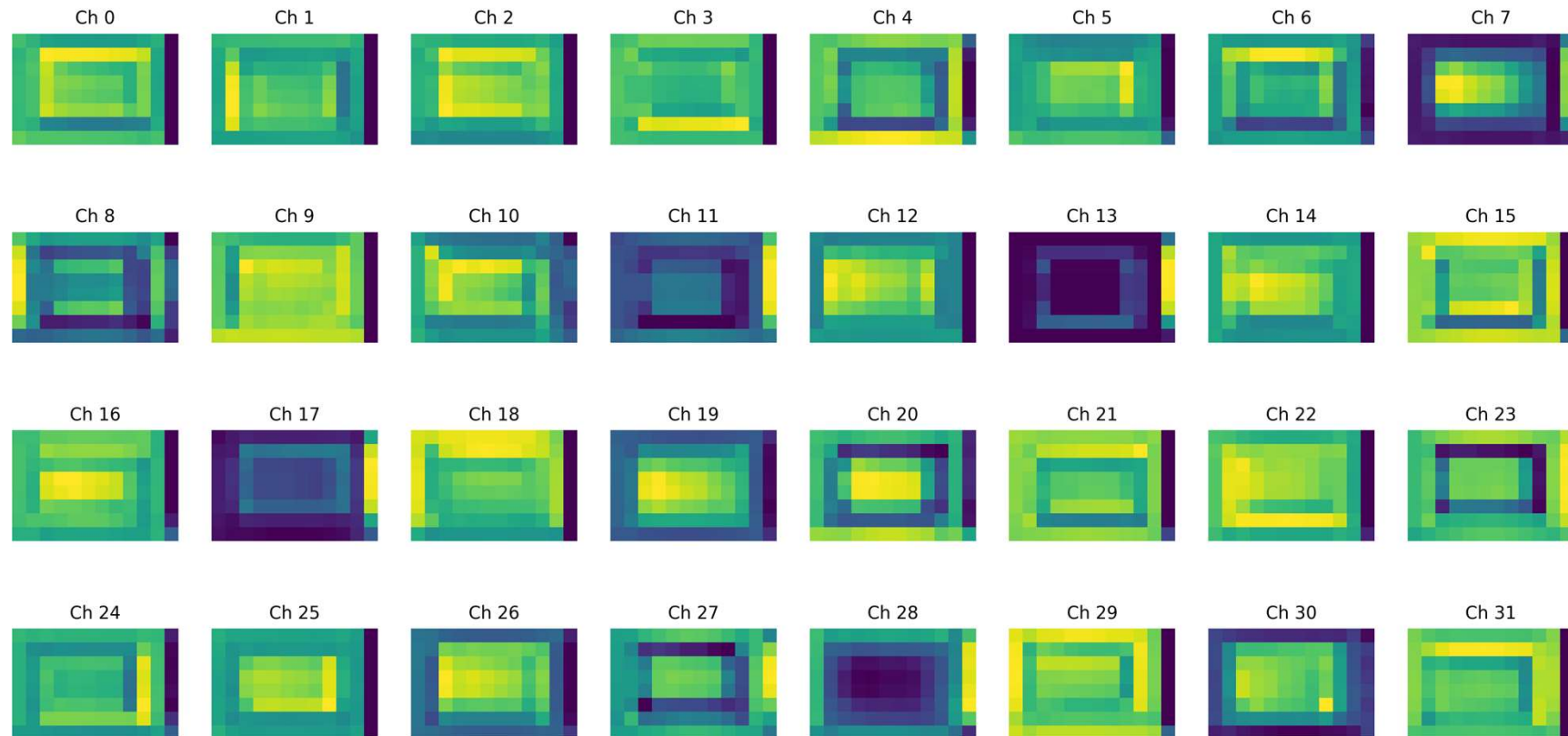
mean feature maps of dataset adidas_syn_simple



Aggregation zu Datensatz-Repräsentanten



mean feature maps of dataset adidas_syn_simple_real_camera





Distanzbasiertes Auswahlverfahren

1. Distanzmatrix aufstellen

- Feature-Vektor-Level
- Feature-Map-Level

2. Bestimmung der Bewertungskriterien

- Domänen-Reihenfolge der Domänen-Repräsentanten
- Domänen-Zugehörigkeit (nach Schwellenwert)
- Real-Nähe auf Feature-Vektor-Level
- ~~(Importance Score)~~

3. Ranking nach Bewertungskriterien-Kombinationen:

→ Ranking nach (Domänen +) Real-Nähe

→ ~~(Ranking nach (Domänen +) Importance Score)~~



Repräsentanten im Auswahlverfahren

Bedingungen:

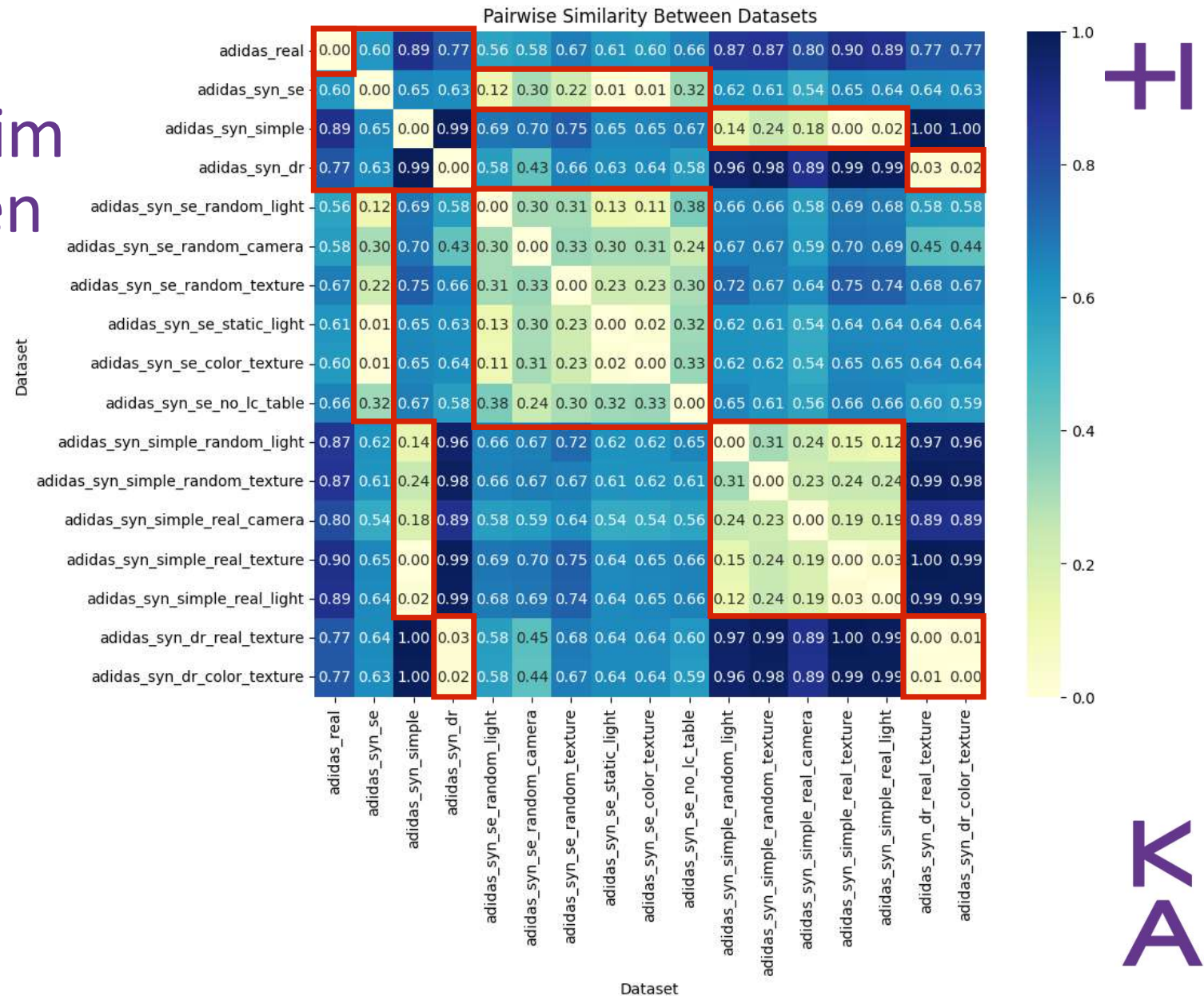
- Manhattan-Distanz
- Min-Max-Norm zu [0,1]

Domänen-Reihenfolge:

- Real – SE – DR – Simple

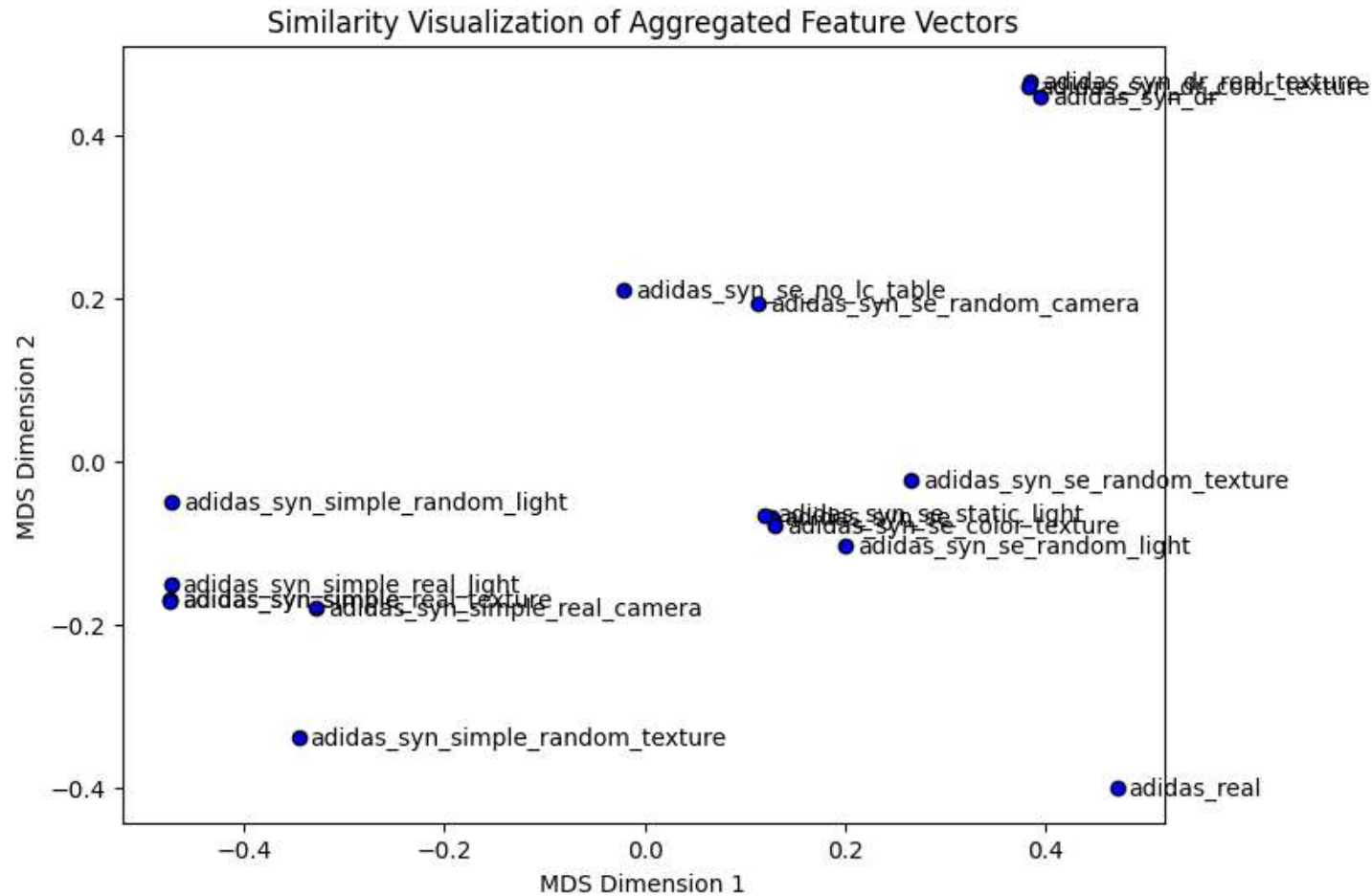
Domänen-Zuordnung:

- Schwellenwert $\alpha = 0,4$





Repräsentanten im Auswahlverfahren



Ranking



Ordinale Referenzwerte:

1. adidas_real
2. adidas_syn_se_random_light
3. adidas_syn_se
4. adidas_syn_se_random_camera
5. adidas_syn_se_random_texture
6. adidas_syn_simple_real_camera
7. adidas_syn_simple
8. adidas_syn_se_no_lc_table
9. adidas_syn_dr_real_texture
10. adidas_syn_dr

Ranking: (Domänen +) Real-Nähe

	Dataset	Domain	Rank	Rank In Domain	Real-Nähe
1	adidas_real	REAL	1	1	0
2	adidas_syn_se_random_light	SE	2	1	0,5643
3	adidas_syn_se_random_camera	SE	2	2	0,5782
4	adidas_syn_se	SE	2	3	0,6020
5	adidas_syn_se_no_lc_table	SE	2	4	0,6633
6	adidas_syn_se_random_texture	SE	2	5	0,6712
7	adidas_syn_dr_real_texture	DR	3	1	0,7686
8	adidas_syn_dr	DR	3	2	0,7711
9	adidas_syn_simple_real_camera	SIMPLE	4	1	0,8031
10	adidas_syn_simple	SIMPLE	4	2	0,8941

Basierend auf Kodierungen von: r_cae_on_base_comb_fm8x12_dim3072_real3500



Ranking



Ordinale Referenzwerte:

1. adidas_real
2. adidas_syn_se_random_light
3. adidas_syn_se
4. adidas_syn_se_random_camera
5. adidas_syn_se_random_texture
6. adidas_syn_simple_real_camera
7. adidas_syn_simple
8. adidas_syn_se_no_lc_table
9. adidas_syn_dr_real_texture
10. adidas_syn_dr

Ranking: (Domänen +) Real-Nähe

	Dataset	Domain	Rank	Rank In Domain	Real-Nähe
1	adidas_real	REAL	1	1	0
2	adidas_syn_se_random_light	SE	2	1	0,5756
3	adidas_syn_se_random_camera	SE	2	2	0,5865
4	adidas_syn_se	SE	2	3	0,6244
5	adidas_syn_se_no_lc_table	SE	2	4	0,6866
6	adidas_syn_se_random_texture	SE	2	5	0,7354
7	adidas_syn_dr_real_texture	DR	3	1	0,7726
8	adidas_syn_dr	DR	3	2	0,7782
9	adidas_syn_simple_real_camera	SIMPLE	4	1	0,8316
10	adidas_syn_simple	SIMPLE	4	2	0,9404

Basierend auf Kodierungen von: r_cae_on_base_comb_fm8x12_dim6144_real3500



Ranking



Ordinale Referenzwerte:

1. adidas_real
2. adidas_syn_se_random_light
3. adidas_syn_se
4. adidas_syn_se_random_camera
5. adidas_syn_se_random_texture
6. adidas_syn_simple_real_camera
7. adidas_syn_simple
8. adidas_syn_se_no_lc_table
9. adidas_syn_dr_real_texture
10. adidas_syn_dr

Ranking: (Domänen +) Real-Nähe

	Dataset	Domain	Rank	Rank In Domain	Real-Nähe
1	adidas_real	REAL	1	1	0
2	adidas_syn_se_random_camera	SE	2	1	0,6172
3	adidas_syn_se_random_light	SE	2	2	0,6221
4	adidas_syn_se	SE	2	3	0,6584
5	adidas_syn_se_no_lc_table	SE	2	4	0,6983
6	adidas_syn_se_random_texture	SE	2	5	0,7383
7	adidas_syn_dr	DR	3	1	0,7918
8	adidas_syn_dr_real_texture	DR	3	2	0,7941
9	adidas_syn_simple_real_camera	SIMPLE	4	1	0,8161
10	adidas_syn_simple	SIMPLE	4	2	0,8651

Basierend auf Kodierungen von: r_cae_on_base_comb_fm4x6_dim1536_real3500





Fazit

Kritik:

- Modelle zu einfach (wenige Filter)
- Daten zu hochdimensional → Distanzen konvergieren → Keine zuverlässige Interpretation
- Balance zwischen starker Dimensionsreduktion und aussagekräftigen Feature Vektoren

Ausblick:

- Komplexere Schichten mit mehr Filter
- Modell-Erweiterung mit Stacked (R-)CAEs
- Auswahlverfahren basierend auf Lernmodell statt Distanzen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Evaluierung: Hauptstudie – Real-Anteil Abnahme –



Kombiniert

	adidas_real_ ssi	mean_ ssi	adidas_real_ mse	mean_ mse
r_cae_on_base_comb_fm8x12_dim3072_real3500	0,9370	0,8817	37,60	92,21
r_cae_on_base_comb_fm8x12_dim3072_real2500	0,9350	0,8789	37,64	89,06
r_cae_on_base_comb_fm8x12_dim3072_real1500	0,9254	0,8853	54,35	105,57
r_cae_on_base_comb_fm8x12_dim3072_real500	0,9122	0,8880	67,66	107,85
r_cae_on_base_comb_fm8x12_dim6144_real3500	0,9477	0,9019	29,76	67,83
r_cae_on_base_comb_fm8x12_dim6144_real2500	0,9509	0,9091	25,04	61,55
r_cae_on_base_comb_fm8x12_dim6144_real1500	-	-	-	-
r_cae_on_base_comb_fm8x12_dim6144_real500	0,9434	0,8943	42,76	92,62



Evaluierung: Hauptstudie – Datensatz-Reihenfolge –



MSE	adidas_ real	adidas_ syn_ se	adidas_ syn_ simple	adidas_ syn_ dr	adidas_ syn_ dr_ real_ texture	adidas_ syn_ se_ random_ texture	adidas_ syn_ simple_ real_ texture	adidas_ syn_ simple_ random_ texture	mean_ score
r_cae_on_base_seq_fm8x12_ dim3072_real3500_ dr_si_se_re	25,73	147,11	245,17	325,18	292,24	466,53	262,97	172,24	242,15
r_cae_on_base_seq_fm8x12_ dim6144_real3500_ dr_si_se_re	14,04	98,27	84,36	214,52	206,31	335,72	97,06	102,92	144,15
r_cae_on_base_seq_fm8x12_ dim3072_real3500_ re_se_si_dr	170,82	130,04	64,47	140,54	114,43	303,16	90,41	89,46	137,92
r_cae_on_base_seq_fm8x12_ dim6144_real3500_ re_se_si_dr	143,93	89,93	45,81	102,42	81,09	216,70	65,85	54,25	100,00
r_cae_on_base_seq_fm8x12_ dim3072_real3500_ si_dr_se_re	17,72	114,28	229,26	268,45	260,94	395,00	254,77	202,73	217,89
r_cae_on_base_seq_fm8x12_ dim6144_real3500_ si_dr_se_re	32,17	108,23	153,93	239,56	240,09	333,28	167,63	140,50	176,93





Evaluierung: Hauptstudie – Filteranzahl-Strategie –

Wachsend:

- **Beginnt mit wenigen Filtern** im ersten Encoding-Schritt und **verdoppelt** die Anzahl schrittweise **in den Encoding-Schritten** und **halbiert** sie **in den Decoding-Schritten**

Absteigend:

- **Beginnt mit vielen Filtern** im ersten Encoding-Schritt und **halbiert** die Anzahl schrittweise **in den Encoding-Schritten** und **verdoppelt** sie **in den Decoding-Schritten**

Kombiniert

	filter_list	latent_dim	mean_ssi	mean_mse
r_cae_on_base_comb_fm4x6_dim1536_real3500	[64,64,64,64,64]	(4,6,64)	0,8699	152,87
r_cae_on_base_comb_fm8x12_dim1536_real3500_down	[64,64,32,32,16]	(8,12,16)	0,8809	112,00
r_cae_on_base_comb_fm4x6_dim1536_real3500_up	[16,16,32,32,64,64]	(4,6,64)	0,8444	186,70

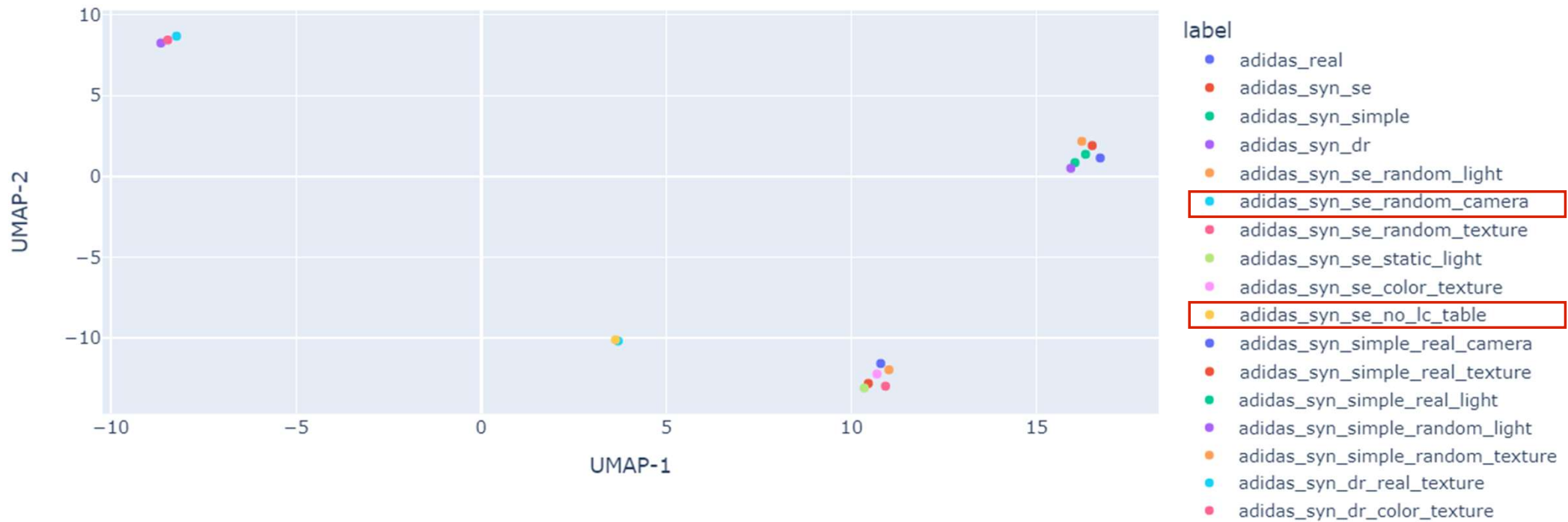


Support Vector Machine (SVM)

	Dataset Name	DR	Simple	SE	Real
0	adidas_syn_se_random_texture	825	0	13175	0
1	adidas_syn_dr_real_texture	13998	0	2	0
2	adidas_syn_simple_random_texture	2	13998	0	0
3	adidas_syn_simple_real_texture	0	14000	0	0
4	adidas_syn_dr_color_texture	13999	0	1	0
5	adidas_syn_se_random_light	152	0	13848	0
6	adidas_syn_se_static_light	0	0	14000	0
7	adidas_syn_simple_random_light	1022	12062	916	0
8	adidas_syn_simple_real_light	0	14000	0	0
9	adidas_syn_se_color_texture	0	1	13999	0
10	adidas_syn_se_random_camera	8534	1	5441	24
11	adidas_syn_simple_real_camera	0	14000	0	0
12	adidas_syn_se_no_lc_table	1072	0	12928	0



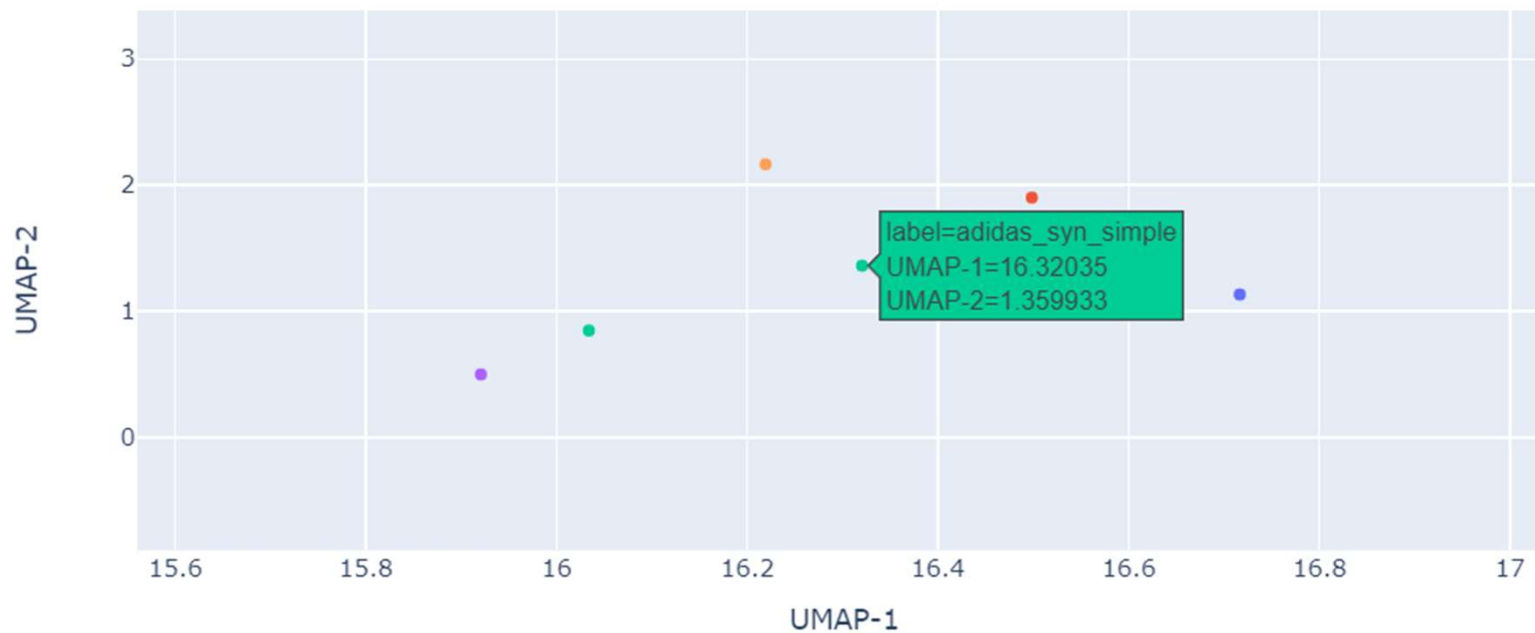
Cluster Analysis (UMAP)



+

K
A

Cluster Analysis (UMAP)

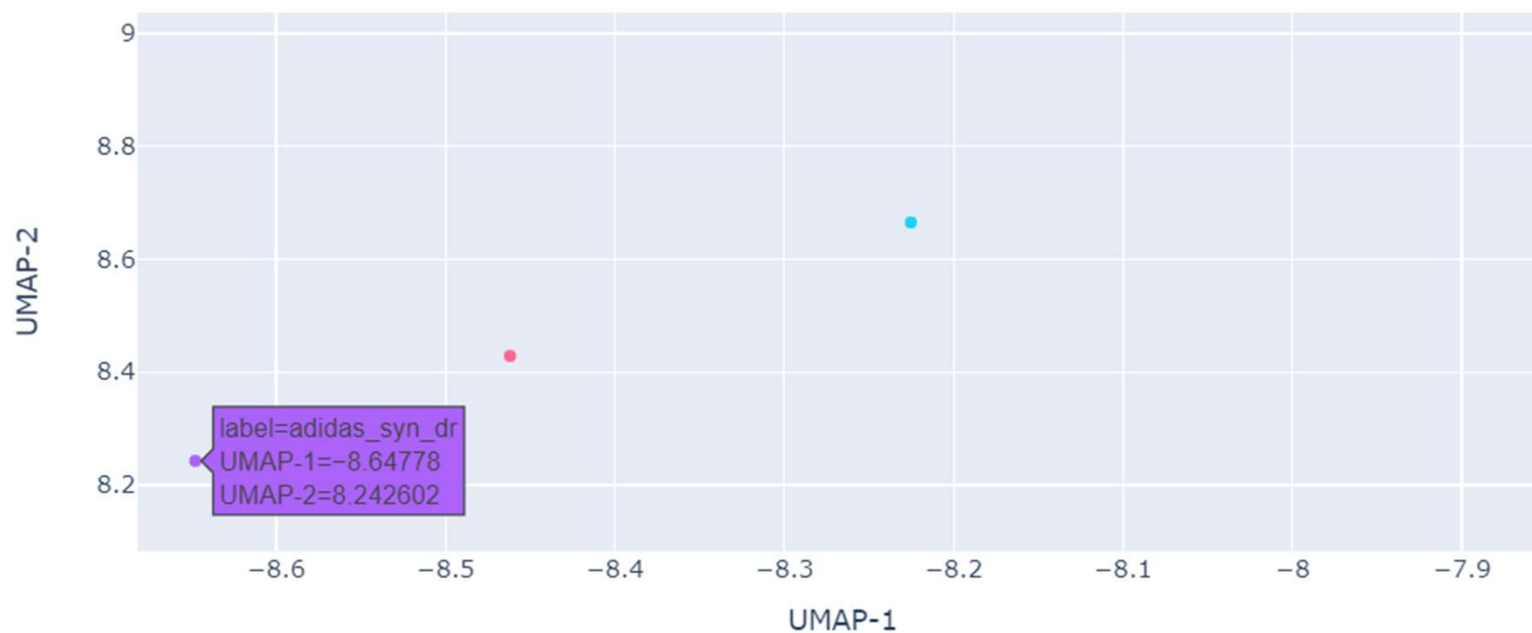


label

- adidas_real
- adidas_syn_se
- adidas_syn_simple
- adidas_syn_dr
- adidas_syn_se_random_light
- adidas_syn_se_random_camera
- adidas_syn_se_random_texture
- adidas_syn_se_static_light
- adidas_syn_se_color_texture
- adidas_syn_se_no_lc_table
- adidas_syn_simple_real_camera
- adidas_syn_simple_real_texture
- adidas_syn_simple_real_light
- adidas_syn_simple_random_light
- adidas_syn_simple_random_texture
- adidas_syn_dr_real_texture
- adidas_syn_dr_color_texture



Cluster Analysis (UMAP)



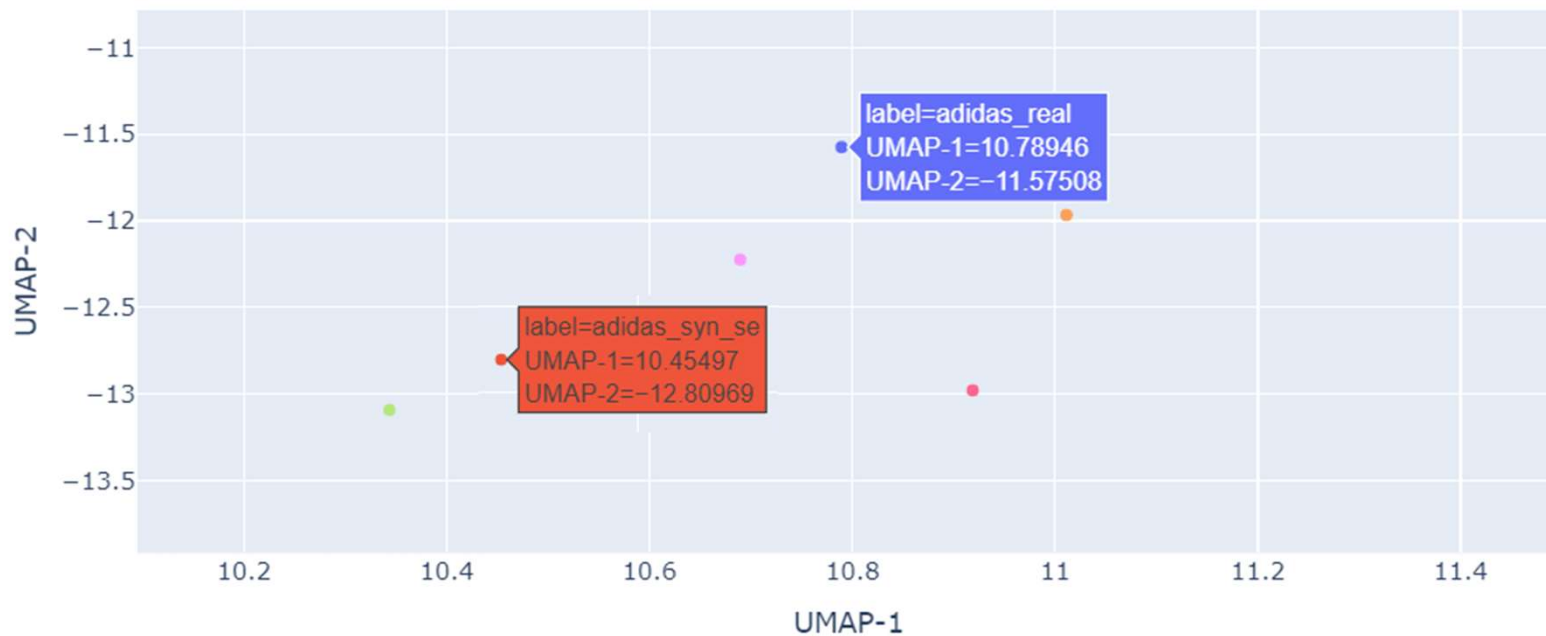
label

- adidas_real
- adidas_syn_se
- adidas_syn_simple
- adidas_syn_dr
- adidas_syn_se_random_light
- adidas_syn_se_random_camera
- adidas_syn_se_random_texture
- adidas_syn_se_static_light
- adidas_syn_se_color_texture
- adidas_syn_se_no_lc_table
- adidas_syn_simple_real_camera
- adidas_syn_simple_real_texture
- adidas_syn_simple_real_light
- adidas_syn_simple_random_light
- adidas_syn_simple_random_texture
- adidas_syn_dr_real_texture
- adidas_syn_dr_color_texture



K
A

Cluster Analysis (UMAP)



label

- adidas_real
- adidas_syn_se
- adidas_syn_simple
- adidas_syn_dr
- adidas_syn_se_random_light
- adidas_syn_se_random_camera
- adidas_syn_se_random_texture
- adidas_syn_se_static_light
- adidas_syn_se_color_texture
- adidas_syn_se_no_lc_table
- adidas_syn_simple_real_camera
- adidas_syn_simple_real_texture
- adidas_syn_simple_real_light
- adidas_syn_simple_random_light
- adidas_syn_simple_random_texture
- adidas_syn_dr_real_texture
- adidas_syn_dr_color_texture





Referenzwerte der Objekterkennungsaufgabe

Datensatz	mAP	std_dev
adidas_real	88,99	0,37
adidas_syn_se_random_light	78,33	0,74
adidas_syn_se	75,53	1,15
adidas_syn_se_random_camera	74,96	1,14
adidas_syn_se_random_texture	53,08	3,48
adidas_syn_simple_real_camera	36,49	2,40
adidas_syn_simple	28,34	0,79
adidas_syn_se_no_lc_table	27,13	5,79
adidas_syn_dr_real_texture	22,26	3,68
adidas_syn_dr	10,73	2,24



Importance Score

Reward und Penalty Datensätze bestimmen:

- Reward für Real-Eigenschaften (adidas_real)
- Penalty für Random-Eigenschaften (adidas_syn_dr)

Feature Importance Ranking nach Varianz:

- Datenform vor Aggregation (n, fm_height, fm_width, dim); dim = k

- $$Var_k = \frac{1}{n} \sum_{l=1}^n \sum_{i=1}^{fm_height} \sum_{j=1}^{fm_width} (x_{lijk} - \mu_k)^2$$

Berechnung der Importance Score: $Score_{new} = Score_{old} \pm \sum_{k=1}^{dims} \frac{|D_i^{(k)}(d_i, r) - D_i^{(k)}(d_i, s_{dr})|}{f_k}$



Importance Score

- Größte Varianz in Feature Map 7
 - Distanzmatrix k = 7
 - Feature Importance Rank = 1
- Feature Map mit Eigenschaften, die in Simple & SE ähnlich hervorgehoben werden

