

2.1 Einfache lineare Regression und Residuenanalyse

Challenge: cml1/3Db Immobilienrechner

Team: Alexander Shanmugam, Si Ben Tran, Gabriel Torrez Gamez, Haris Alic

Aufgabe: 2.1 Einfache lineare Regression und Residuenanalyse

Verwende ein einfaches lineares Modell zur Vorhersage von `price_cleaned` mit dem Attribut `Space extracted` oder `Floor_space_merged` (es gibt einige, wo beide fehlen (um die 800, können ignoriert werden)).

Entwickle das Modell in einem Notebook. Untersuche dabei ob die Annahmen eines linearen Modells erfüllt sind mit geeigneten Darstellungen. Wie können Variablen-Transformationen verwendet werden, um die Modellvoraussetzungen besser zu erfüllen und das Modell zu verbessern?

Rapportiere und diskutiere die erreichte Genauigkeit der Vorhersage mit mehreren sinnvollen Metriken und auf unabhängigen Testdaten.

Abgabe

Notebook und daraus erstellter Bericht (ohne Code) als pdf.

Module importieren

Hier in diesem Abschnitt importieren wir die wichtigsten Module, die wir für die weitere Bearbeitung unserer simplen linearen Regressions Modelle benötigen, um die Vorhersage des Immobilienpreises zu erstellen.

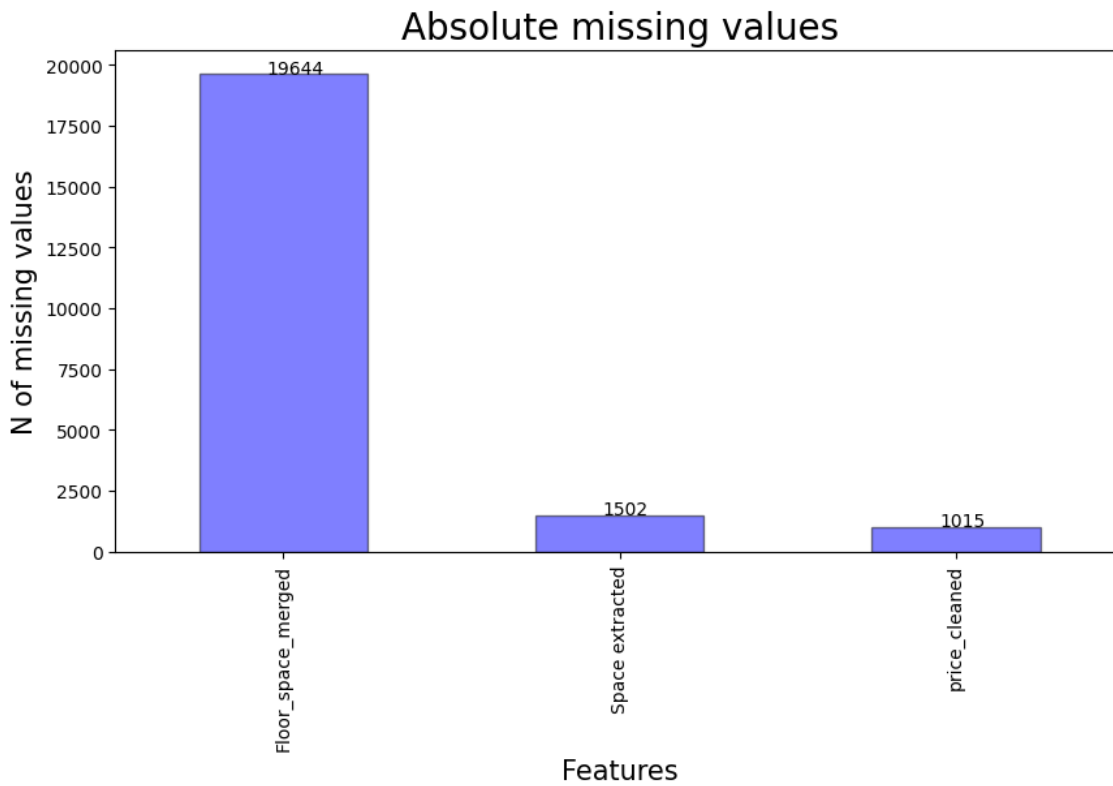
Daten importieren

Hier in diesem Abschnitt importieren wir die Immobilien Daten, die uns Fernando zur Verfügung gestellt hat.

	Floor_space_merged	Space extracted	price_cleaned
0	None	100.0	1150000.0
1	242 m²	156.0	1420000.0
2	None	NaN	720000.0
3	257 m²	154.0	1430000.0
4	None	142.0	995000.0

Daten bearbeiten

Hier in diesem Abschnitt schauen wir uns die Spalten genauer an und entscheiden daraufhin, welche Feature wir fuer unser simples lineares Regressions Modell verwenden wollen.



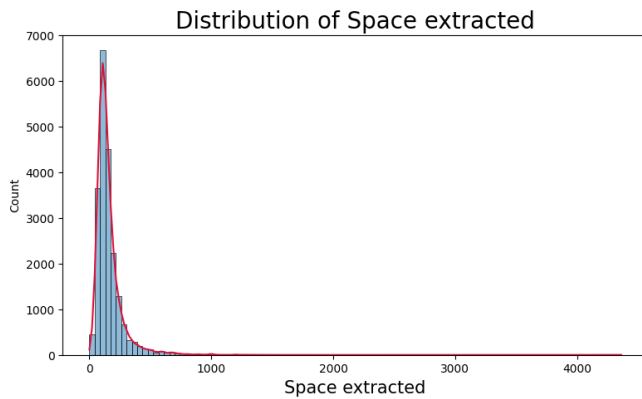
Wir entscheiden uns fuer das Feature `space_extracted` und als Target `price_cleaned`.
`Floor_space_merged` wird fuer das lineare Regressionsmodell nicht verwendet, da ueber 10000 Fehlende Werte im Feature vorhanden sind. Dies erkennen wir einerseits im Barplot und andererseits in der Heatmap Visualisierung.

Verteilungen

Wir plotten die Verteilung von `space_extracted` und `price_cleaned` um zu sehen, wie die Verteilung der Daten vorliegt.

	price_cleaned	Space extracted
0	1150000.0	100.0
1	1420000.0	156.0
3	1430000.0	154.0
4	995000.0	142.0
5	2160000.0	190.0

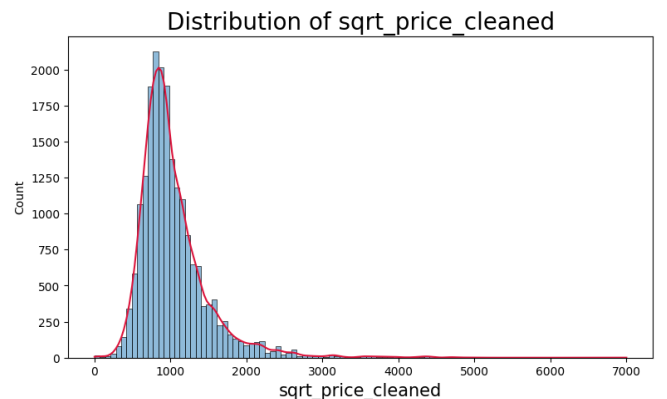
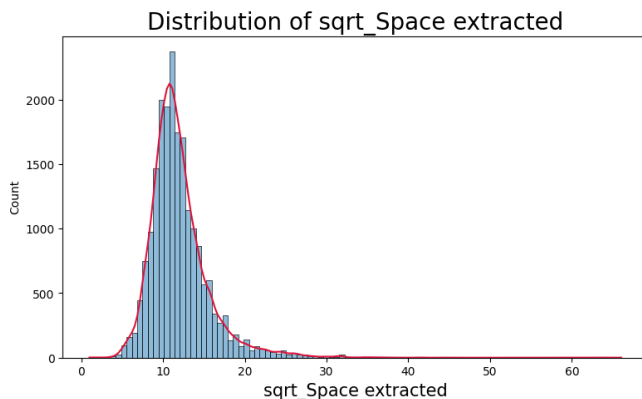
Verteilung von space_extracted & price_cleaned



Wir erkennen in beiden Verteilungsplot, dass space_extracted und price_cleaned nicht normalverteilt sind. Es sieht aus, wie eine Rechtsschiefe Verteilung. Es gibt einige Werte bei Space_extracted und price_cleaned die sehr hoch sind und somit die Verteilung beeinflussen.

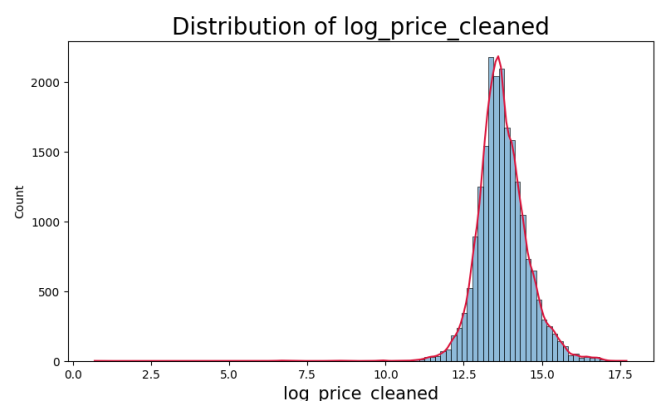
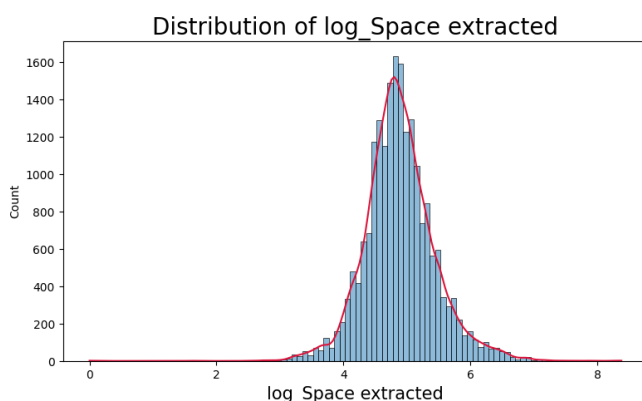
Mittels geeigneter Transformationen durch sqrt oder log, koennen wir die Verteilung der Daten veraendern. Der Grund, warum wir die Transformationen durchfuehren basiert auf den Bedingungen der Residuenanalyse, die im naechsten Abschnitt behandelt wird.

Verteilung von sqrt_space_extracted & sqrt_price_cleaned



Durch die Wurzel Transformation erhalten wir fuer spaec_extracted und price_cleaned eine annaehrend normalverteilte Verteilung.

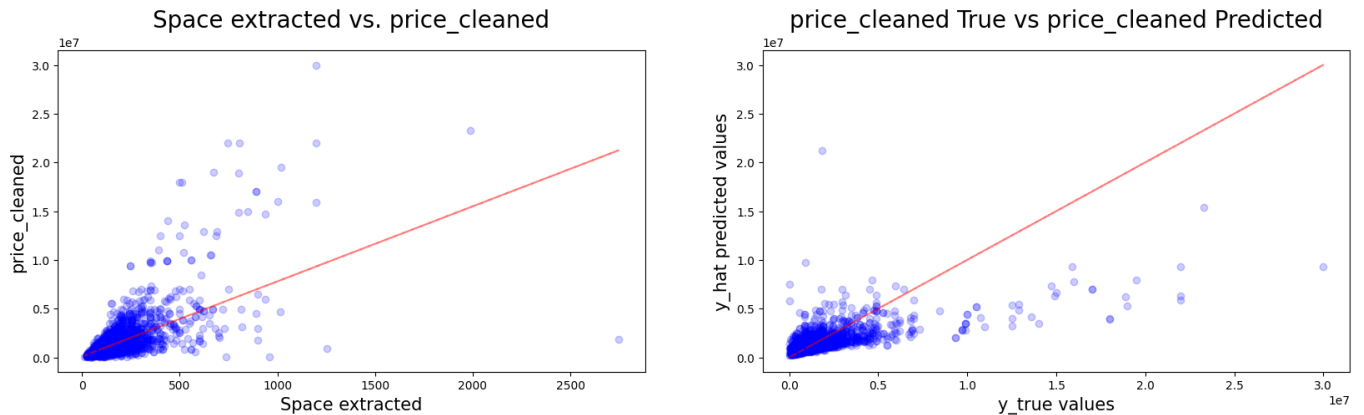
Verteilung von log_space_extracted & log_price_cleaned



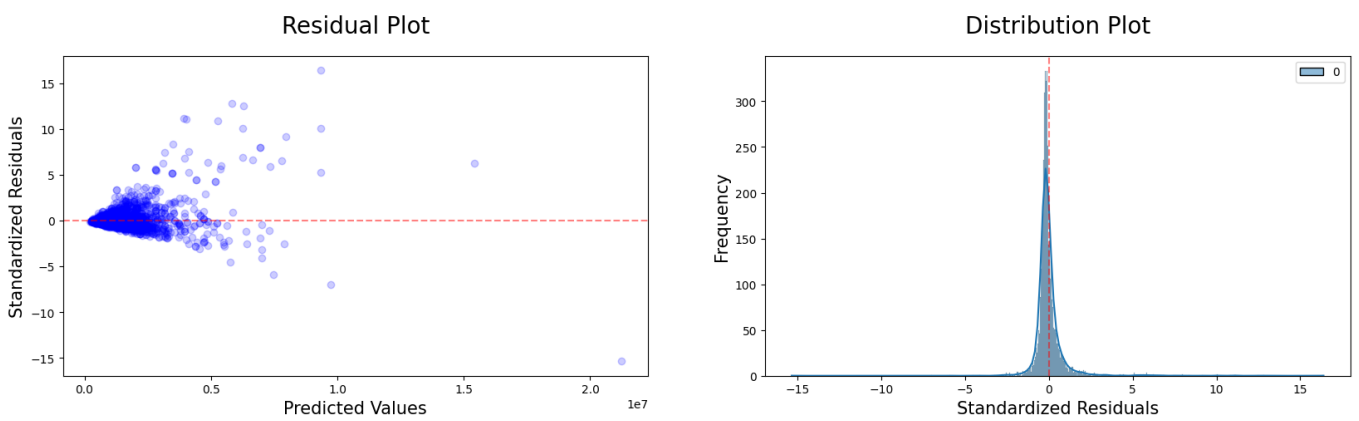
Analog zur Wurzel Transformation, erhalten wir durch den log Transformation eine annaehrend normalverteilte Verteilung fuer space_extracted und price_cleaned.

Funktion Lineare Regression mit Residuenanalyse

Modell 1 - Linear Regression mit space extracted & price_cleaned



MAE: 575701.379 | MAPE: 1.482 | R2: 0.449



Modell 1 - Resultate und Interpretation

Ein Lineares Regressionsmodell ohne Transformation der Daten liefert uns folgende Ergebnisse:

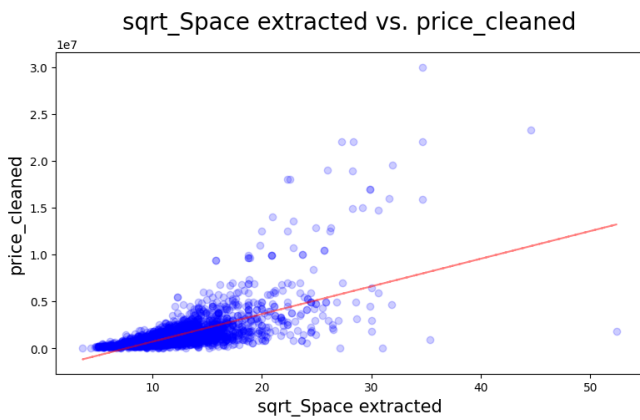
- MAE : 575701
- MAPE : 1.482
- R2 : 0.449

Wir erkennen im Streudiagramm, dass space_extracted und price_cleaned nicht linear korrelieren. Ein Indiz dafür gibt uns auch der R2.

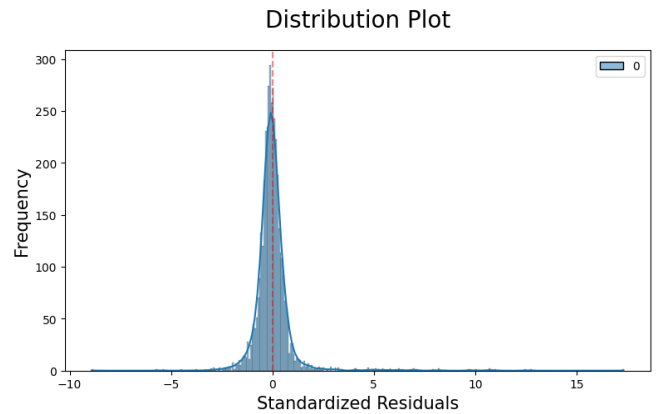
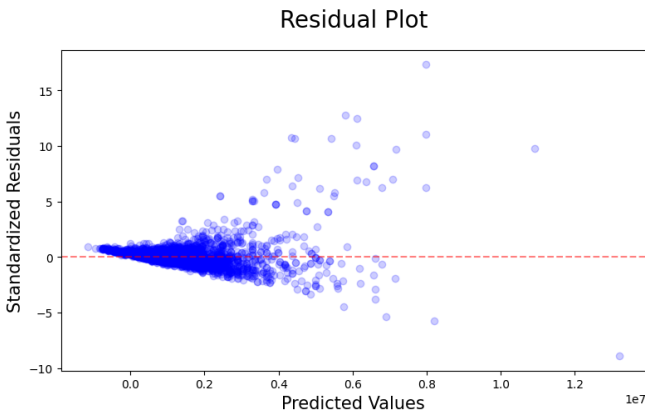
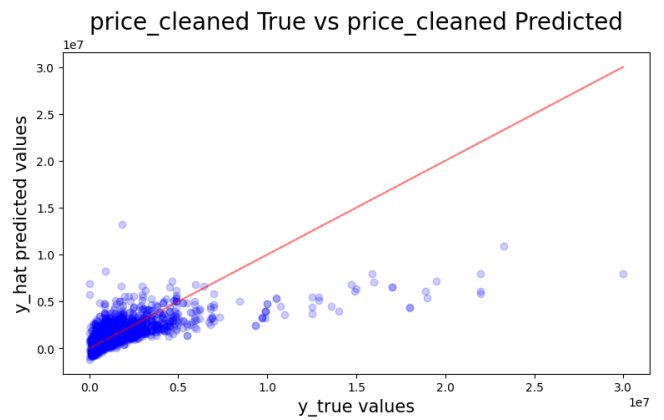
Aufgrund der Residuenanalyse erkennen wir, dass die Annahmen des linearen Regressionsmodells nicht erfüllt sind. Die Residuen sind nicht unabhängig voneinander.

Durch Transformationen von der x-Achse oder y-Achse können wir überprüfen, ob die Annahmen des linearen Regressionsmodells erfüllt werden. Dies geschieht im nächsten Abschnitt

Modell 2 - Linear Regression mit sqrt_space_extracted & price_cleaned



MAE: 628071.575 | MAPE: 1.62 | R2: 0.44



Modell 2 - Resultate und Interpretation

Ein Lineares Regressionsmodell mittels sqrt Transformation von space_extracted liefert uns folgende Ergebnisse:

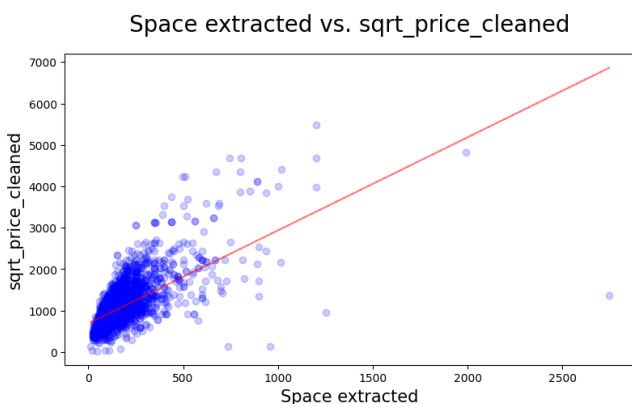
- MAE : 628072
- MAPE : 1.62
- R2 : 0.44

Die Transformation mittels sqrt von space_extracted ergibt uns per se kein besseres Modell verglichen zum ersten Modell.

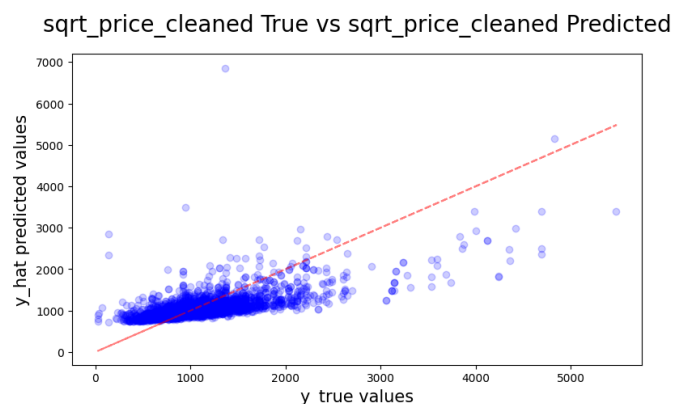
Aufgrund der Residuenanalyse erkennen wir, dass die Annahmen des linearen Regressionsmodells nicht erfuehlt sind. Die Residuen sind nicht unabh angig voneinander, sondern folgen einer Kegelform Muster.

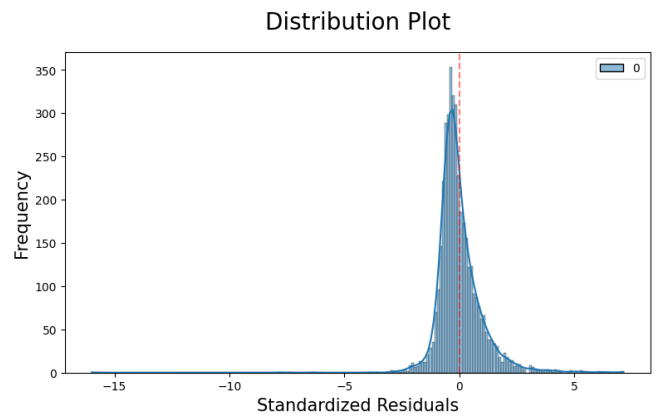
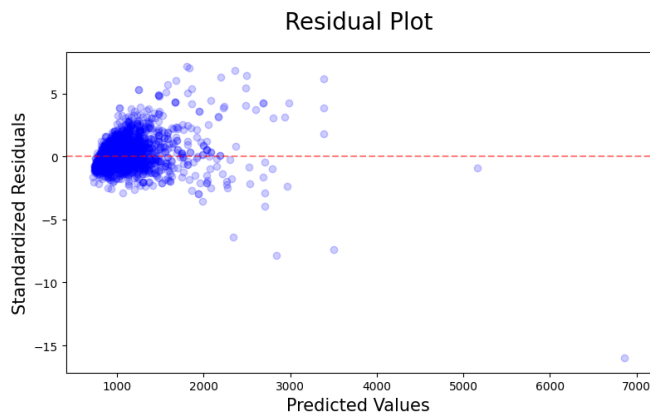
Im naechsten Abschnitt nehmen wir die Transformation von price_cleaned vor und schauen uns an, ob sich das Modell verbessert.

Modell 3 - Linear Regression mit pace_extracted & sqrt_price_cleaned



MAE: 574672.915 | MAPE: 1.573 | R2: 0.284





Modell 3 - Resultate und Interpretation

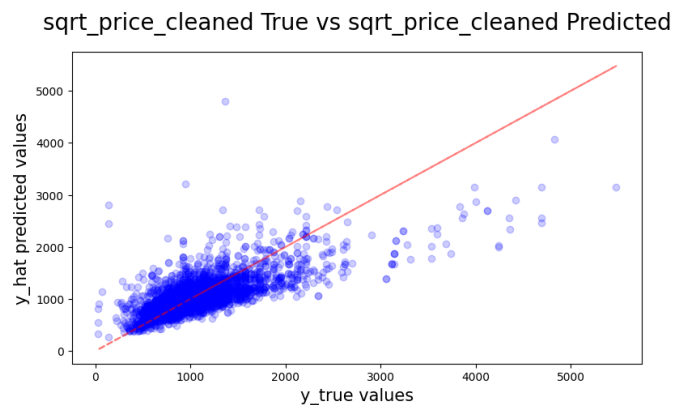
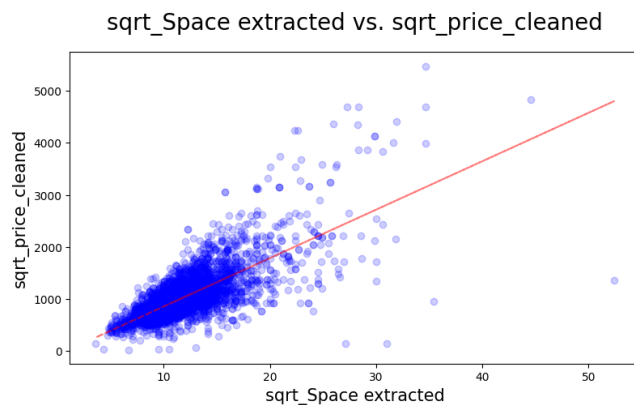
Ein Lineares Regressionsmodell mittels Transformation von price_cleaned liefert uns folgende Ergebnisse:

- MAE : 574673
- MAPE : 1.573
- R2 : 0.284

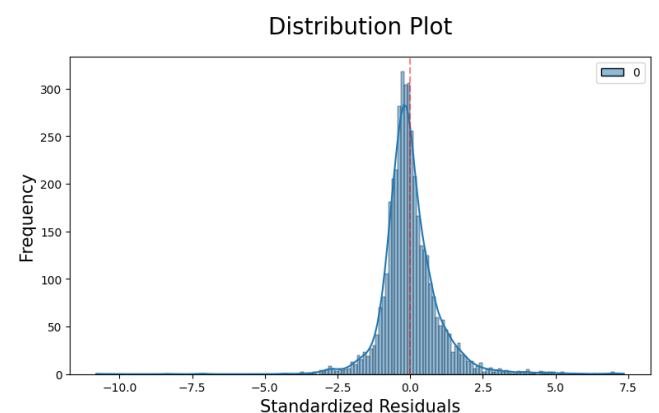
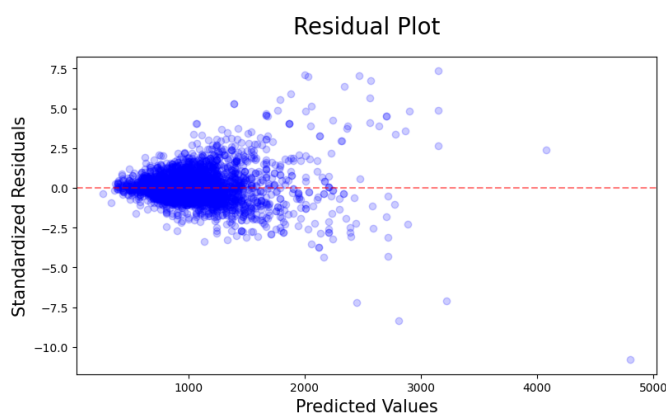
Wir erkennen, durch die Transformation der Targetvariabel price_cleaned wird das Modell nicht besser sondern schlechter verglichen zu den ersten beiden Modellen.

Ein nun interessantes Modell ist das Modell 4, welches wir dann beide Achsen mittels sqrt transformieren werden, um zu sehen, ob sich das Modell verbessert und die Bedingungen der Residuenanalyse erfüllt.

Modell 4 - Lineare Regression mit sqrt_space_extracted & sqrt_price_cleaned



MAE: 538525.518 | MAPE: 1.217 | R2: 0.455



Modell 4 - Resultate und Interpretation

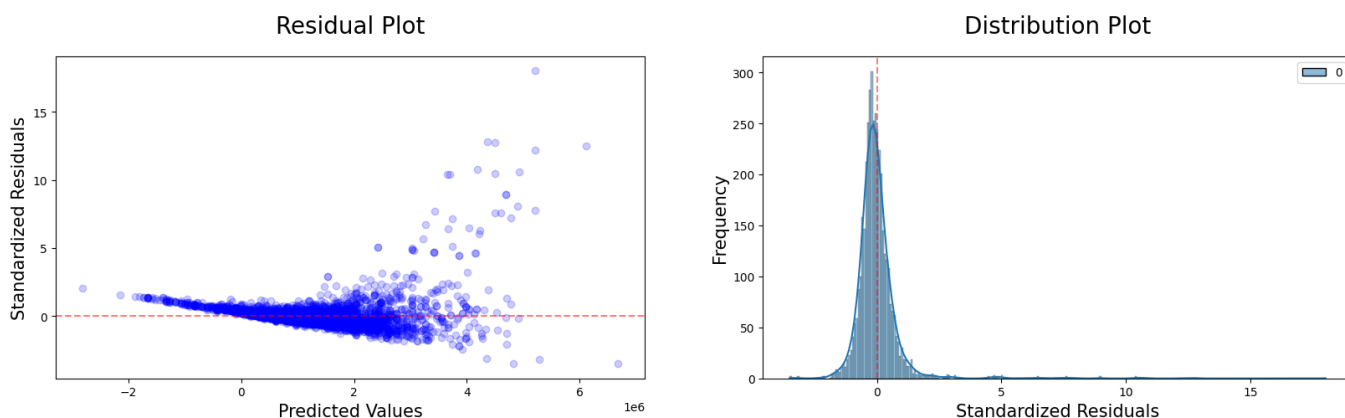
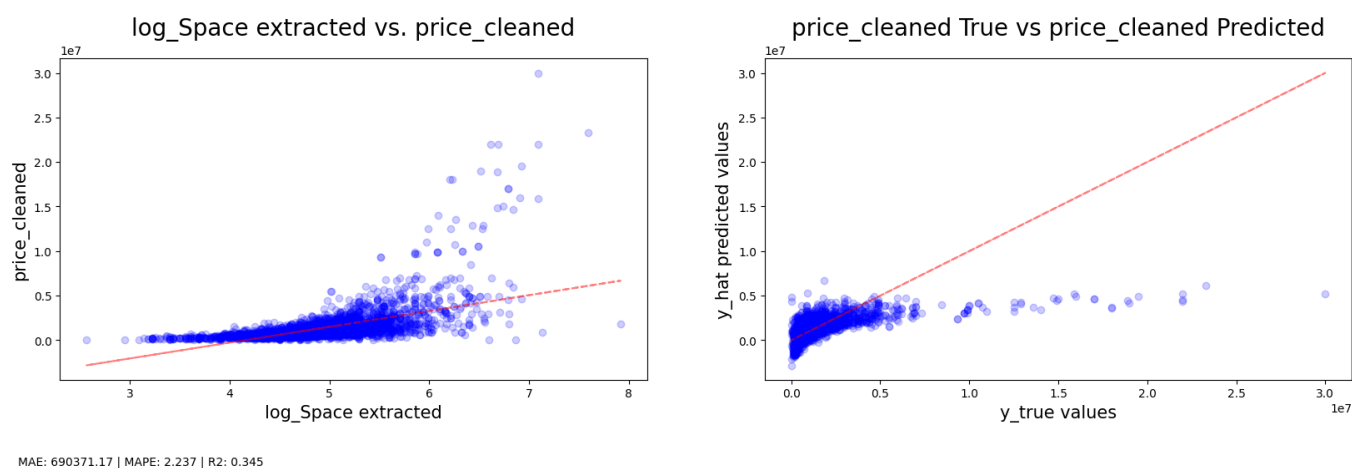
Ein Lineares Regressionsmodell mittels Wurzeltransformation von `space_extracted` und `price_cleaned` liefert uns folgende Ergebnisse:

- MAE : 538526
- MAPE : 1.217
- R2 : 0.455

Durch die Wurzeltransformationen beider Achsen verbessert sich das Modell einwenig. Dies erkennen wir am MAPE und am R^2 . Der MAPE ist tiefer und der R^2 hoeher.

Aufgrund der Residuenanalyse erkennen wir, dass die Annahmen des linearen Regressionsmodells nicht ganz erfuehlt werden. Die Residuen sind annaehrend unabhaengig voneinander, folgen jedoch leicht einem Kegelmuster. Dafuer haben die Residuen einen Erwartungswert von 0 und sind Normalverteilt.

Modell 5 - Lineare Regression mit `log_space_extracted` & `price_cleaned`



Modell 5 - Resultate und Interpretation

Ein Lineares Regressionsmodell mittels Log Transformation von `space_extracted` liefert uns folgende Ergebnisse:

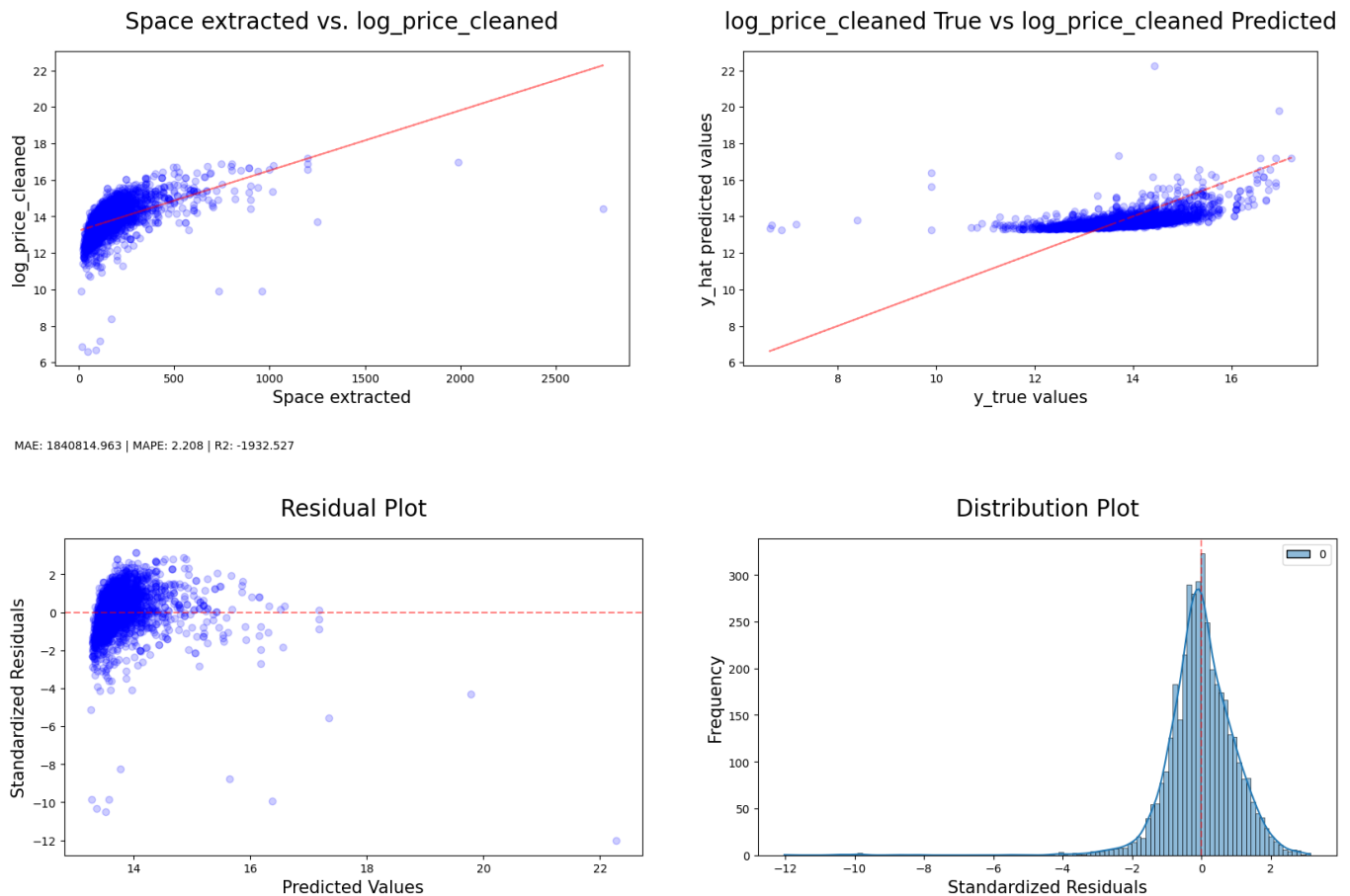
- MAE : 690371
- MAPE : 2.237
- R2 : 0.345

Durch die Logarithmische Transformation von `space_extracted` wird das Modell verglichen zur sqrt Transformation beider Achsen schlechter. Dies ist deutlich am MAPE erkennbar, da diese nun deutlich hoeher ist und der R^2 tiefer wurde.

Aufgrund der Residuenanalyse erkennen wir, dass die Annahmen des linearen Regressionsmodells nicht erfuehlt werden. Die Residuen sind nicht unabhaengig voneinander. Der Erwartungswert und die Verteilung der Residuen sind dafuer in Ordnung.

Vollstaendigkeitshalber transformieren wir in naechsten Abschnitt nur die Targetvariabel `price_cleaned` mittels log Transformation.

Modell 6 - Lineare Regression mit space_extracted & log_price_cleaned



Modell 6 - Resultate und Interpretation

Ein Lineares Regressionsmodell mittels Log Transformation von price_cleaned liefert uns folgende Ergebnisse:

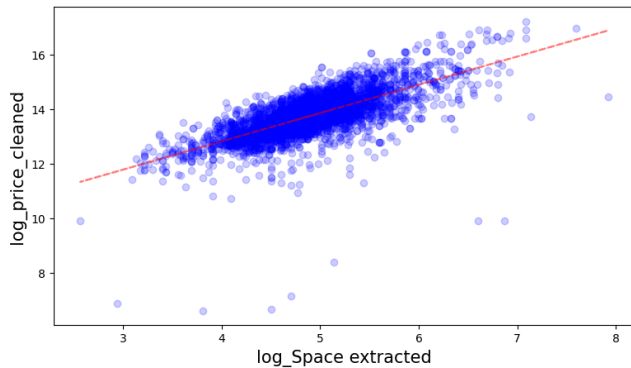
- MAE : 1840815
- MAPE : 2.208
- R2 : -1933

Durch die logarithmische Transformation von nur price_cleaned wurde das Modell noch schlechter. Analog ist dies bei der Wurzeltransformation von nur price_cleaned zu beobachten. Dieses Modell ist somit nicht geeignet, da der R^2 Score einen negativen Wert hat und somit das Lineare Modell nicht sinnvoll ist.

Im naechsten Abschnitt befassen wir uns mit der logarithmischen Transformation beider Achsen, sprich von space_extracted und price_cleaned und schauen uns an, ob sich das Modell verbessert. Aufgrund der sqrt Transformation gehen wir davon aus, dass sich das Modell verbessern muss.

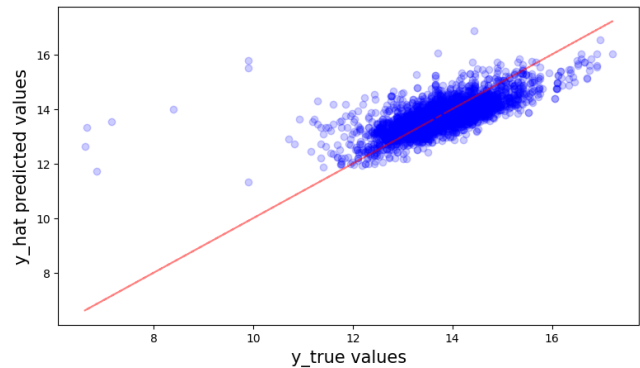
Modell 7 - Lineare Regression mit log_space_extracted & log_price_cleaned

log_Space extracted vs. log_price_cleaned

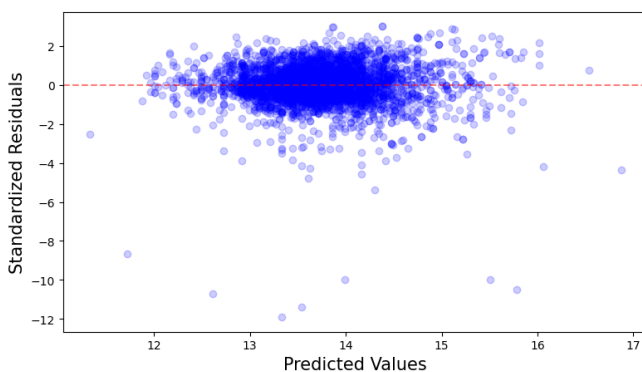


MAE: 530291.208 | MAPE: 1.135 | R2: 0.431

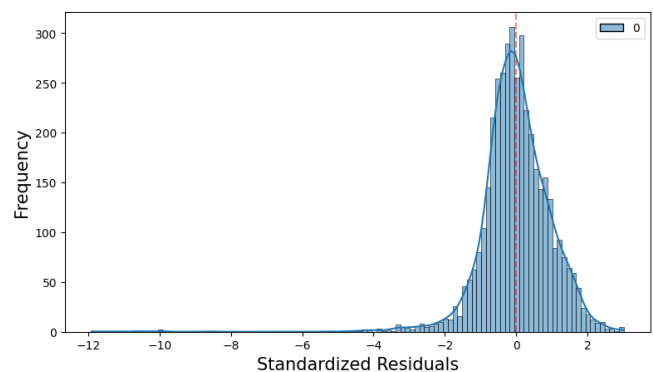
log_price_cleaned True vs log_price_cleaned Predicted



Residual Plot



Distribution Plot



Modell 7 - Resultate und Interpretation

Ein Lineares Regressionsmodell mittels Log Transformation von space_extraced und price_cleaned liefert uns folgende Ergebnisse:

- MAE : 530291
- MAPE : 1.135
- R2 : 0.431

wie erwartet hat sich das Modell durch die Transformationen von beiden Achsen deutlich verbessert. Wir erkennen, dass der MAPE tiefer ist als ohne Transformation. Auch erkennen wir im Streudiagramm einige Ausreisser, die wahrscheinlich den grossteil von MAPE beeinflussen. Die Residuen sind unabhängig voneinander und folgen einer Normalverteilung und haben einen Erwartungswert von 0.

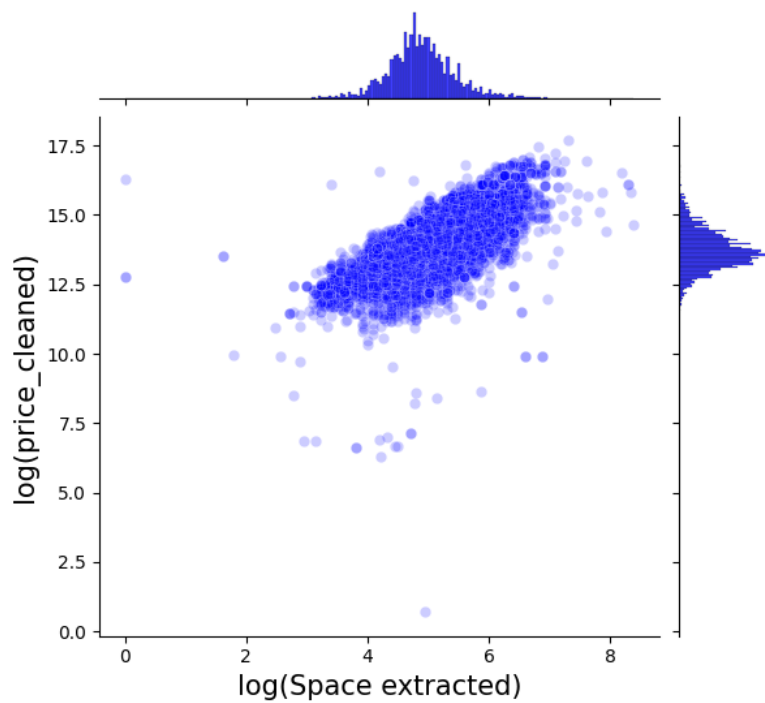
Verglichen zur Wurzeltransformation ist es hier deutlich erkennbarer, dass die Residuen unabhängiger voneinander sind und somit die Annahmen des linearen Regressionsmodells besser erfüllen.

Aus diesem Grund werden wir nun uns weiter mit dem Modell 7 befassen und versuchen, dieses Modell weiter zu optimieren bzw. die Metriken zu verbessern.

Ausreisser entfernen

Damit wir den MAPE weiter senken koennen, entfernen wir nun die Ausreisser, die wir im Streudiagramm erkennen konnten. Wir entfernen die Ausreisser, indem wir die Datenpunkte entfernen, die bei der Logarithmischen Transformation einen groesseren oder kleineren Wert als 3 Sigma haben.

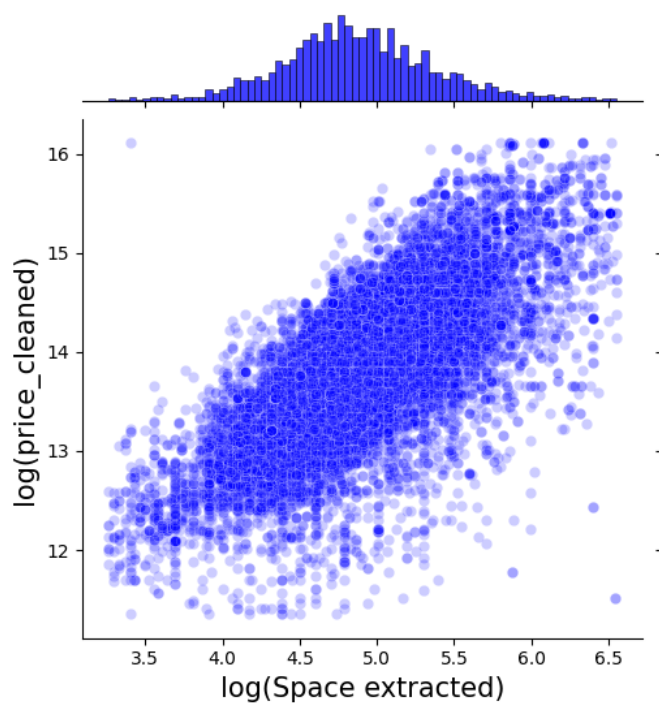
Jointplot of log(Space extracted) vs log(price cleaned)



In the jointplot we can see that our data indeed has some outliers

outliers removed

Jointplot of log(Space extracted) vs log(price cleaned)

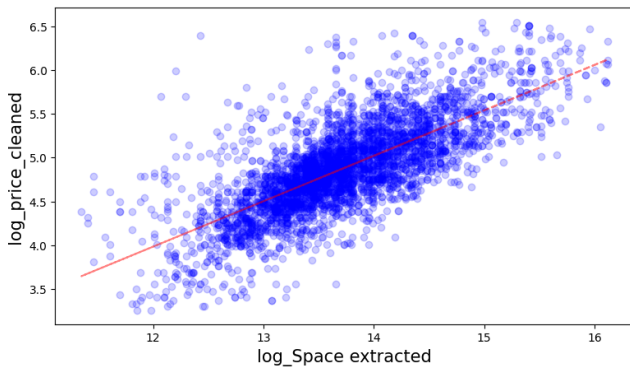


Jointplot after removing outliers

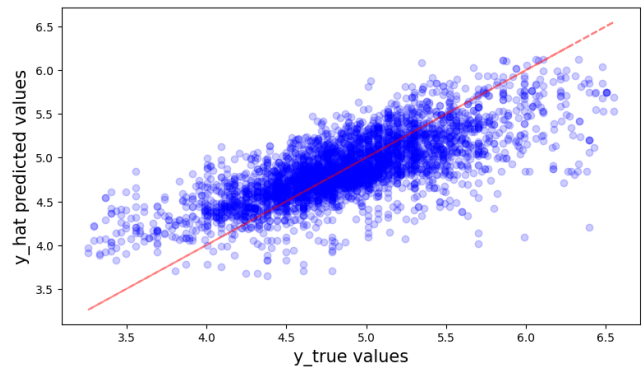
	Space_extracted	price_cleaned
0	1150000.0	100.0
1	1420000.0	156.0
2	1430000.0	154.0
3	995000.0	142.0
4	2160000.0	190.0

Modell 7.1 - Lineare Regression mit log_space_extracted & log_price_cleaned ohne Ausreisser

log_Space extracted vs. log_price_cleaned

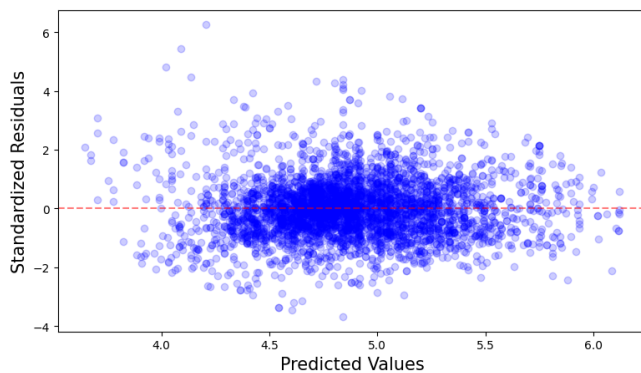


log_price_cleaned True vs log_price_cleaned Predicted

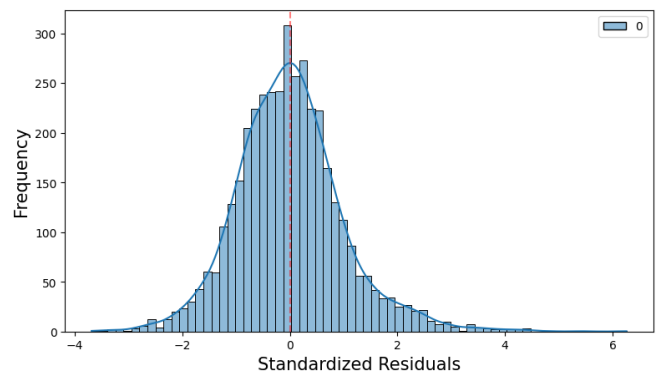


MAE: 39.981 | MAPE: 0.266 | R2: 0.464

Residual Plot



Distribution Plot



Modell 7.1 - Resultate und Interpretation

Ein Lineares Regressionsmodell mittels Log Transformation von space_extracted und price_cleaned sowie das entfernen von Ausreisser liefert uns folgende Ergebnisse:

- MAE : 39.981
- MAPE : 0.266
- R2 : 0.464

Durch das entfernen der Outliers konnten wir unsere Metriken deutlich verbessern. Der MAPE sowie MAE wurden deutlich kleiner. Der R^2 ist leicht angestiegen, blieb jedoch unter 0.5.

Auch erkennen wir in den Residuenanalysen, dass die Residuen unabhängig voneinander sind und eine Normalverteilung haben. Der Erwartungswert ist 0.