

Verzerrung durch ausgelassene Variablen (Omitted Variable Bias)

Foundations • The Valuation Engineer

William Bert Craytor • October 1, 2026

Version 1.2.0

DOI: [10.67330/460smg10](https://doi.org/10.67330/460smg10)

Formale Definition. Der Verzerrungseffekt durch ausgelassene Variablen ist die systematische Verzerrung, die in einen geschätzten Koeffizienten einfließt, wenn ein Merkmal, das den Preis beeinflusst, aus dem Modell ausgelassen wird *und* sich das ausgelassene Merkmal gemeinsam mit einem der einbezogenen Merkmale bewegt – sich mit diesem bewegt, nachdem die anderen einbezogenen Merkmale berücksichtigt wurden – und genau dies misst die Hilfsregression (eine zweite Regression, bei der das ausgelassene Merkmal in Bezug auf die einbezogenen Merkmale untersucht wird). Der Effekt des ausgelassenen Merkmals fließt dann in die Koeffizienten der einbezogenen Merkmale ein (die Dollar pro Einheit, die das Modell jedem Merkmal zuordnet).

Anschauliche Einordnung. Ein Kurs kann falsch sein, weil er den Wert eines anderen Merkmals enthält. Der Comp H-Kurs der Ausgabe Nr. 1 wurde für \$46,455 verkauft – mehr als die Regression auf der Grundlage der vier erfassten Merkmale vorhergesagt hatte. Der Grund dafür, der in *der Latent Variable* von Ausgabe 1 offengelegt wurde, war ein kürzlich durchgeführter Küchenumbau, der laut diesem Eintrag den Wert des Hauses um etwa \$60,000 erhöht. Der Zustand war in der Merkmalsliste enthalten, aber der Umbau war nirgends erfasst, und was auch immer der Umbau bewirkte, fehlte in den Daten. Dieser Wert verschwand jedoch nicht. Er wurde über die Werte der einbezogenen Merkmale ausgezahlt, da diese Merkmale bei den Verkäufen zufällig mit ihm einhergingen. Damit dies geschieht, müssen zwei Bedingungen erfüllt sein: Der fehlende Wert muss für den Preis von Bedeutung sein, und er muss mit einem Merkmal einhergehen, das in der Liste enthalten ist. Wenn er zwar von Bedeutung ist, aber mit keinem Merkmal einhergeht, sind die Sätze korrekt, und lediglich die Streuung ist größer. Dies gilt unabhängig davon, ob ein Merkmal einen oder mehrere Sätze erhält: MARS (Multivariate Adaptive Regression Splines, Friedman 1991), die wichtigste Regressionsmethode des Journals, weist einem Merkmal über verschiedene Bereiche seiner Werte unterschiedliche Sätze zu, und dort verteilt sich der „entliehene“ Wert auf diese Bereiche, anstatt in einer einzigen Zahl enthalten zu sein – aber er ist aus demselben Grund vorhanden.

Für Leser, die sich für den Mechanismus interessieren: Bei einer gewöhnlichen Regression ist eine Rate ein Koeffizient – also der Dollarwert, den das Modell einer zusätzlichen Einheit eines Merkmals zuordnet –, und der abgeleitete Wert hat eine exakte Größe: der Koeffizient des ausgelassenen Merkmals multipliziert mit dem Grad seiner Korrelation mit dem einbezogenen Merkmal, wobei der zweite Faktor der Koeffizient einer Hilfsregression des ausgelassenen Merkmals auf die einbezogenen Merkmale ist. Der Beitrag erläutert diese Formel, die den linearen Fall beschreibt, und zeigt anschließend denselben „Leakage“-Effekt im Raster, wo die vom Gutachter herangezogenen Verkaufspaare diesen Effekt ebenso transportieren wie die Koeffizienten. Er richtet sich an Gutachter, die Anpassungen aus Marktdaten ableiten.

Was das Beispiel in dieser Ausgabe ist – und was es nicht ist. Der konstruierte Pacifica-Markt, der in den Beiträgen 007 (*Bedingte Erwartung*) bis 010 (*Parameteridentifikation*) verwendet wird, behandelt den Zustand als Merkmal mit einem Dollarwert, so wie es bei der traditionellen Wertermittlung und in Ausgabe 1 der Fall war, und das Beispiel zeigt, was dabei schiefgeht. Die traditionelle Bewertungsmethodik entspricht nicht der Methode des Journals, der

RCA-basierten Bewertung – dem Residual Constraint Approach aus Ausgabe 1 (Craytor 2026) –, bei der Zustand und Qualität aus der Regression herausgehalten werden; Beitrag 007 (*Bedingte Erwartung*) erläutert, wie dies geschieht. Der Leser sollte die Lehre aus dem Beispiel mitnehmen, nicht dessen konkrete Ausgestaltung.

Zustand, Zustandsbewertung und Renovierung. Diese drei Begriffe werden oft in einem Atemzug genannt. *Der Zustand* beschreibt den Zustand des Hauses: den Verschleiß der Oberflächen, das Alter der Haustechnik und den Instandhaltungsrückstau. Die *Zustandsbewertung* ist eine Einschätzung dieses Zustands im Vergleich zum Zustand der umliegenden Häuser in einem definierten Marktgebiet. Er basiert auf der Einschätzung des Gutachters hinsichtlich dieses Marktgebiets und sollte nicht wesentlich von der Einschätzung anderer Gutachter abweichen, die im selben Marktgebiet tätig sind. In diesem Journal reicht er von 0,00 bis 10,00: Der Prozentsatz der Häuser im Marktgebiet, die sich in einem schlechteren Zustand befinden, geteilt durch zehn. Ein Wert von 5,00 bedeutet, dass die Hälfte der Häuser im Marktgebiet in einem schlechteren Zustand ist; 9,00 bedeutet, dass neun von zehn Häusern in einem schlechteren Zustand sind. Der Wert ist eine Schätzung, und zwei Häuser mit demselben Wert können sich unterscheiden. Ein *Renovierungsus* ist weder ein Zustand noch ein Wert, sondern ein Ereignis: Arbeiten, die in einem bestimmten Zeitraum in jüngerer Vergangenheit durchgeführt wurden und das Haus verändert haben. Sein Wert entspricht dem Wert dessen, was dadurch verändert wurde – Zustand und in der Regel Qualität, Materialien und Oberflächen – zu den Preisen, die der Markt dafür zahlt. Der größte Teil der Auswirkungen einer Renovierung betrifft in der Regel den Zustand und weniger die Qualität, was vor allem an den Arbeitskosten liegt, obwohl bei manchen Renovierungen der durch die Qualität geschaffene Mehrwert der höhere der beiden ist. Ein renoviertes Haus und ein nie renoviertes Haus, die sich in allen aktuellen, wertrelevanten Merkmalen gleichen, sollten denselben Wert haben; der Markt bezahlt für den Zustand und die Qualität, die durch die Renovierung erzielt wurden, nicht für die Tatsache, dass eine Renovierung stattgefunden hat. Eine Renovierung ist also kein Merkmal mit einem eigenen Preis. Wenn ein Datensatz neben einer Zustandsbewertung einen Renovierungsindikator enthält, steht dieser Indikator für alles, was die Renovierung mit sich gebracht hat, was die anderen Merkmale im Modell (Bruttowohnfläche, Grundstück, Aussicht und die Zustandsbewertung) nicht erfassen: einen Zustand, der über das hinausgeht, was die Bewertung anzeigt, sowie die Qualität, die im Datensatz nicht erfasst ist. So ist die Aussage in *Latent Variable* (Thema 1) zu verstehen, wonach die Renovierung von Comp H „den Gesamtwert um etwa \$60,000 erhöht“, und genau darauf bezieht sich das Beispiel in diesem Eintrag.

Damit eine Verzerrung auftritt, müssen zwei Bedingungen gleichzeitig erfüllt sein: Das nicht berücksichtigte Merkmal muss einen Einfluss auf den Preis haben, und es muss sich gemeinsam mit einem der berücksichtigten Merkmale verändern. Ist eine der beiden Bedingungen nicht erfüllt, liegt keine Verzerrung vor.

Die zweigeteilte Anforderung ist von Bedeutung, da die gängige Formulierung der Regel – dass „ein Modell, das eine wichtige Variable auslässt, falsche Ergebnisse liefert“ – in dieser Formulierung falsch ist. Wenn ein Merkmal den Preis beeinflusst, sich aber nicht gemeinsam mit einem der einbezogenen Merkmale verändert, vergrößert dies die Streuung der Preise um das Modell herum und damit auch die Standardfehler (das Maß dafür, wie weit ein geschätzter Koeffizient von dem Wert abweichen könnte, den eine sehr große Stichprobe liefern würde), verschiebt jedoch nicht die Koeffizienten selbst; der Schnittpunkt (der konstante Dollarbetrag des Modells) übernimmt den durchschnittlichen Beitrag des ausgelassenen Merkmals. In diesem Fall geht Präzision verloren, nicht aber Genauigkeit. Andererseits kostet ein Merkmal, das sich mit den einbezogenen Merkmalen bewegt, aber keinen Einfluss auf den Preis hat, überhaupt nichts. Erst wenn beides zutrifft, tritt eine Verzerrung auf.

Dies funktioniert über Substitution. Fehlt ein Merkmal, das den Preis beeinflusst, im Re-

gressorenus (den Merkmalen, die eine Regression zur Erklärung des Preises heranzieht), lässt die OLS-Regression (Ordinary Least Squares) dessen Beitrag nicht einfach unerklärt. Die einbezogenen Merkmale, die sich parallel zum fehlenden Merkmal entwickeln, dienen als teilweise Ersatz dafür, und ihre Koeffizienten übernehmen den Teil des Effekts des fehlenden Merkmals, den sie vorher-sagen können. Der Koeffizient eines einbezogenen Merkmals entspricht nicht mehr nur dem Effekt dieses Merkmals, sondern diesem Effekt zusammen mit einem Anteil des Effekts des fehlenden Merkmals, den es übernommen hat.

Die Verzerrung ist immer relativ zu einer bestimmten Fragestellung. Die Koeffizienten des Modells ohne den „Remodel“-Indikator sind die richtige Antwort auf eine Frage – nämlich, wie sich der Preis in Abhängigkeit vom Zustandswert bei diesen Verkäufen entwickelt, wobei alle mit dem Zustandswert zusammenhängenden Faktoren berücksichtigt werden – und die falsche Antwort, wenn sie als Marktwert in Dollar pro Punkt des Zustandswerts interpretiert werden, wobei alle anderen Faktoren konstant gehalten werden, was bei einer Anpassung der Fall ist. Das Modell ist nicht falsch, weil ein weiteres Merkmal existiert; seine Koeffizienten sind für den Zweck, für den sie verwendet werden, falsch.

Der Anteil der „Borrowed Features“ hat eine exakte Größe, die durch eine Formel gegeben ist. Für ein nicht einbezogenes Merkmal w mit dem wahren Koeffizienten β_w beträgt der Bias im Koeffizienten eines einbezogenen Merkmals z_j

$$\text{bias}(\hat{\beta}_j) = \beta_w \cdot \delta_j,$$

, wobei $\hat{\beta}_j$ – der Hut kennzeichnet eine Schätzung – der Koeffizient ist, den die Regression für z_j schätzt, und δ_j der Koeffizient von z_j in der Hilfsregression von w über alle einbezogenen Merkmale ist. Dies ist die Formel von Theil;¹. Berechnet aus den Anpassungen der Regressionen mit dem geschätzten Koeffizienten des ausgelassenen Merkmals gilt sie exakt in jeder Stichprobe; mit dem wahren Koeffizienten gilt sie im Durchschnitt.

. Die Produktform ist der lineare Fall. In einem MARS-Modell wird der Effekt des ausgelassenen Merkmals von denjenigen Abschnitten absorbiert, die mit ihm zusammenhängen, sodass sich der Bias auf diese verteilt, anstatt in einem einzigen Koeffizienten zu liegen – aber er ist vorhanden, und zwar aus demselben Grund.

Die Formel ist nützlicher, als es den Anschein hat, da beiden Faktoren oft anhand von Marktkennntnissen ein Vorzeichen zugewiesen werden kann, selbst wenn keiner von beiden gemessen werden lässt. Wenn das ausgelassene Merkmal den Preis erhöht ($\beta_w > 0$) und mit einem stärkeren Auftreten eines einbezogenen Merkmals einhergeht, wobei die anderen einbezogenen Merkmale konstant gehalten werden ($\delta_j > 0$), ist der Koeffizient dieses Merkmals zu hoch. Ein Gutachter, der lediglich die Richtung beider Zusammenhänge kennt, weiß, in welche Richtung der Fehler geht. Eine Einschränkung: „ δ_j “ ist ein Zusammenhang, bei dem die anderen einbezogenen Merkmale konstant gehalten werden; bei mehr als einem einbezogenen Merkmal kann die einfache Korrelation (eine Zahl von -1 bis $+1$, die misst, wie zwei Merkmale gemeinsam steigen und fallen, wobei alle anderen ignoriert werden) in die entgegengesetzte Richtung weisen. Im folgenden Beispiel geht die Wohnfläche mit dem Renovierungsindikator einher (Korrelations $+0.09$), doch ihr „ δ “ ist negativ und ihr Koeffizient daher zu niedrig.

Wo Bewerter ihr begegnen. Die Verkaufsvergleichstabelle lässt sich als additives Modell darstellen, das die gleiche Struktur wie eine Regression aufweist – eine Handvoll manuell ausgewählter Merkmale mit jeweils einer Dollar-Anpassung –, und wenn ihre Anpassungen aus Marktdaten abgeleitet

¹Theil, H. (1957). Specification Errors and the Estimation of Economic Relationships. *Revue de l'Institut International de Statistique*, 25(1/3), 41–51.

werden, unterliegt sie ebenso wie jede Regression einer Verzerrung durch ausgelassene Variablen. Die Zeilen der Tabelle sind die berücksichtigten Merkmale. Jedes Merkmal eines Hauses, das dessen Preis beeinflusst, aber nicht in einer Zeile aufgeführt ist, wird außer Acht gelassen.

Zu den häufig außer Acht gelassenen Merkmalen gehören der Teil des Zustands, der vom Zustandswert nicht erfasst wird, sowie die Qualität, sofern kein Qualitätswert erfasst wurde, die Funktionalität des Grundrisses, der Lichteinfall, die Lärmbelastung, die konkrete Lage innerhalb des Häuserblocks, die Motivation des Verkäufers und der Marketingaufwand, der in die Immobilienanzeige gesteckt wurde. Jeder dieser Faktoren kann den Preis beeinflussen, und viele gehen mit einem Aspekt einher, den das Bewertungsraster bereits berücksichtigt.

Der Umbau ist ein aufschlussreiches Beispiel, da er dokumentiert ist und dennoch Lücken aufweist. Der URAR (Uniform Residential Appraisal Report) hält fest, ob die Küche und die Badezimmer modernisiert oder umgebaut wurden und in welchem Zeitraum dies geschah, und die Zustandsdefinitionen des UAD (Uniform Appraisal Dataset) selbst richten sich nach dem Umfang der Modernisierung. Die Tabelle enthält jedoch Spalten für den Zustand und für die Qualität, aber keine für den Umbau – und das zu Recht, wenn es um den Marktpreis für den Zustand geht und die Spalten „Zustand“ und „Qualität“ bereits erfassen, was der Umbau bewirkt hat, da eine dritte Spalte dies dann doppelt zählen würde. Wenn es stattdessen darum geht, wie sich ein geplanter Umbau auf den Preis dieses Hauses auswirken würde, wird durch die Fixierung von Zustand und Qualität genau der Kanal entfernt, über den der Umbau wirkt; Eintrag 009 (*Endogenität*) greift diese Frage auf. Die Verzerrung entsteht durch das, was die Bewertungen außer Acht lassen. In einem Markt, in dem die höchsten Zustandsbewertungen meist kürzlich renovierten Objekten zuzuordnen sind und die Renovierungen einen Wert schaffen, den die Bewertungen nicht erfassen, bringt eine aus diesen Verkäufen in der traditionellen Wertermittlung abgeleitete Zustandsanpassung – sei es durch Vergleichsobjekte oder durch eine Regression, die den Zustand einbezieht – diesen Wert mit sich. Nach der Formel von Theil ist diese Anpassung dann zu hoch: Sie umfasst nicht nur den eigentlichen Effekt des Zustands, sondern auch einen Teil dessen, was die Bewertungswerte nicht erfasst haben. Ein Gutachter, der diese Anpassung übernimmt und auf ein Haus mit Höchstbewertung anwendet, das seine Bewertung durch Instandhaltung erreicht hat, wird eine zu starke Anpassung vornehmen. Nach dem „Residual Constraint Approach“ des Journals wird kein Zustandsfaktor extrahiert. Der Gutachter teilt den Wert der Residuen jedes Vergleichsobjekts nach eigenem Ermessen auf den Zustand, die Qualität und die anderen Merkmale auf, die durch die Daten nicht erfasst werden, wobei eine einzige Einschränkung gilt: Die Summe der Wertbeiträge der Residuen muss dem Wert des Vergleichsobjekts entsprechen. Der Wert einer Renovierung wird dann so aufgeteilt, wie es der Gutachter für angemessen hält, und nicht in einer einzigen Zeile ausgewiesen.

Der soeben beschriebene Verlust stellt eine präzisere Formulierung des Einwands dar, den Gutachter gegen marktbasierende Anpassungen vorbringen, nämlich dass sich Anpassungen, die aus einem Datensatz abgeleitet wurden, nicht gut übertragen lassen. Der Grund dafür ist, dass eine extrahierte Anpassung sowohl aus dem benannten Effekt als auch aus den damit einhergehenden, nicht benannten Effekten besteht, und ihre Zusammensetzung hängt davon ab, welche Elemente im Datensatz, aus dem sie entnommen wurde, miteinander in Verbindung standen.

Ein weiteres Beispiel ist die Situation, in der „gepaarte Verkäufe“ in der traditionellen Wertermittlung – zwei Verkäufe, die sich in allem außer dem fraglichen Merkmal gleichen, wobei der Preisunterschied als Wert dieses Merkmals interpretiert wird – zu einem unglaublich hohen Wert führen. Die Ursache liegt möglicherweise nicht in einem Messfehler, sondern in einer „Verzerrung“: Die beiden Verkäufe unterscheiden sich *sowohl* in dem genannten Merkmal *als auch* in einem damit verbundenen Aspekt, und der Preisunterschied ist auf beides zurückzuführen.

Warum sie für die Belastbarkeit zählt. Ein Bericht, der nicht auf die Verzerrung durch ausgelassene Variablen eingeht, setzt seine hedonischen und Rasteranpassungen diesem Einwand aus.

Die Verzerrung lässt sich anhand der Statistiken der Anpassungen nicht erkennen. Ein Modell kann eine hohe „ R^2 “ (den Anteil der Preisvariation, den das Modell wiedergibt), kleine Residuen (die Differenzen zwischen den Verkaufspreisen und den vom Modell vorhergesagten Preisen) und Koeffizienten aufweisen, die den üblichen statistischen Test bestehen (einen „ t “-Test, bei dem geprüft wird, ob ein Koeffizient plausibel Null sein könnte), und dennoch stark verzerrt sein, da die Verzerrung davon abhängt, welche Merkmale wie miteinander korrelieren, und nicht von der Größe der Residuen. Die Verwendung von „ R^2 “ als Beweis für die Zuverlässigkeit des Modells beantwortet die Frage nicht. Im folgenden Beispiel beträgt „ R^2 “ 0,97, und der bedingte Koeffizient weicht um 74 Prozent ab.

Mehr Daten lösen das Problem nicht. Die Verzerrung nimmt nicht ab, wenn die Stichprobe größer wird. Tausend Verkäufe aus demselben Markt, bei denen dasselbe Merkmal unberücksichtigt bleibt, ergeben eine Schätzung, die auf denselben falschen Wert zentriert ist, allerdings mit einer engeren Schätzung: Der Standardfehler verengt sich um die verzerrte Schätzung herum, was schlimmer ist als ein breites Intervall um diese Schätzung herum, da der Bericht dadurch zuverlässiger erscheint. Das Gleiche gilt für MARS: Mehr Verkäufe machen die angepasste Oberfläche stabiler, jedoch um denselben verzerrten Wert herum; das Intervall „`varmod`“ (GLA) misst die Streuung der Preise, nicht die Verzerrung. Dies korrigiert die Aussage zu „*Latent Variable*“ aus Ausgabe 1, wonach die Verzerrung mit mehr Vergleichsobjekten abnehmen würde und die anderen Koeffizienten nach oben verzerrt wären. Die Verzerrung nimmt mit mehr Verkaufsdaten nicht ab, und sowohl bei den acht Verkaufsdaten aus Ausgabe 1 als auch bei den sechzehn unten aufgeführten sind die Koeffizienten für „View“, „GLA“ und „Lot“ nach unten verzerrt; nur der Koeffizient für „Condition“ ist nach oben verzerrt.

Oft lässt sich die Richtung einer Verzerrung begründen, auch wenn deren Ausmaß nicht bekannt ist. Bei der traditionellen Wertermittlung, bei der eine Zustandsanpassung aus Verkaufszahlen abgeleitet wird – entweder anhand von Vergleichsverkäufen oder durch eine Regression, die den Zustand berücksichtigt –, besteht der praktische Ansatz nicht darin, zu behaupten, dass die Anpassung unverzerrt ist, sondern darin, die plausiblen, nicht berücksichtigten Merkmale zu benennen, jedem Merkmal anhand von Marktkenntnissen ein Vorzeichen für „ β_w “ und „ δ_j “ zuzuweisen und die daraus resultierende Richtung der Verzerrung anzugeben. „Die Zustandsanpassung ist wahrscheinlich überbewertet. Bei den meisten Verkäufen mit den höchsten Bewertungen handelt es sich um kürzlich erfolgte Renovierungen, und diese Renovierungen brachten Verbesserungen mit sich, die in den Daten nicht erfasst sind, wie beispielsweise neue Küchen und Oberflächen. Diese Verbesserungen erhöhen den Preis und treten vor allem bei den Verkäufen mit hohen Bewertungen auf, sodass ein Teil ihres Werts als Zustand berücksichtigt wurde“ – dies ist eine vernünftige Aussage. Beide Anforderungen sind erfüllt und weisen in dieselbe Richtung: Die nicht berücksichtigten Verbesserungen erhöhen den Preis (der β_w -Wert ist positiv) und gehen mit hohen Bewertungen einher (der δ_j -Wert ist positiv), sodass die Verzerrung nach oben gerichtet ist. Eine solche Aussage verwandelt ein nicht gemessenes Problem in ein Problem, das anerkannt und mit einer Richtung versehen wird – genau das, was ein Leser benötigt, um die Schlussfolgerung abzuwägen. Im Rahmen des Residual Constraint Approach wird keine Zustandsrate extrahiert, und die Frage nach dem Zustand stellt sich nicht.

Durchgerechnetes Bewertungsbeispiel. Die um 16 Objekte erweiterte Version des Pacifica-Datensatzes enthält für jedes Objekt die Bruttowohnfläche (GLA), die Grundstücksgröße, die Aussicht, den Zustandswert, einen Indikator für durchgeführte Renovierungsmaßnahmen sowie den Verkaufspreis. Da jeder Preis anhand einer bekannten Formel ohne zufälligen Anteil berechnet

wurde (die Daten sind rauschfrei), gibt die Regression, die die richtigen Merkmale verwendet, diese Formel exakt wieder, und jede Abweichung davon ist eine Verzerrung ohne jegliche Rauschkomponente.

Comp	GLA (sf)	Grundstück (sf)	Anzeigen	Bedingung	Renoviert	Preis (\$)
A	1,650	9.000	Ja	7,00	Nein	1,425,000
B	1,650	7,200	Nein	7,00	Nein	1,280,000
C	1,850	7,500	Nein	7,00	Nein	1,407,500
D	1,450	7.000	Nein	7,00	Nein	1,155,000
E	1,700	8.000	Ja	9.00	Nein	1,470,000
F	1,550	7,100	Nein	5,00	Nein	1,177,500
G	1,700	10,500	Nein	7,00	Nein	1,392,500
H	1,600	7,300	Nein	7,00	Ja	1,312,500
I	1,750	8,200	Nein	9.00	Ja	1,465,000
J	1,600	7,600	Nein	7,00	Ja	1,320,000
K	1,900	9,500	Ja	9.00	Ja	1,687,500
L	1,500	6,800	Nein	5,00	Nein	1,140,000
M	1,800	8,800	Nein	7,00	Nein	1,410,000
N	1,650	7.400	Ja	7,00	Nein	1,385,000
O	1,550	7,900	Nein	9.00	Ja	1,337,500
P	1,720	9,200	Nein	5,00	Nein	1,332,000

Die Vergleichsobjekte A–H stammen aus Ausgabe 1, wobei ihre veröffentlichten Eigenschaften und Preise unverändert geblieben sind; Ausgabe 1 beschrieb den Zustand in Worten und codierte ihn für die Regression mit 1–3; in der Bewertung dieses Journals entsprechen die Begriffe „durchschnittlich“ 5,00, „gut“ 7,00 und „ausgezeichnet“ 9,00, sodass eine Stufe in Ausgabe 1 zwei Punkten entspricht. Der Umbau von Comp H – in Ausgabe 1 als Ursache für die Residuen angegeben, jedoch nicht als Variable erfasst – wird nun erfasst. Der Markt zahlt \$20,000 pro Zustandspunkt. In den konstruierten Daten wird ein renoviertes Haus für \$60,000 mehr verkauft als ein Haus mit derselben Bruttomietfläche (GLA), demselben Grundstück, derselben Aussicht und demselben Zustandswert. Diese \$60,000 sind kein Preis für die Renovierung selbst; sie stehen für das, was die Renovierung mit sich gebracht hat, was die anderen Merkmale nicht erfassen. Renovierte Häuser weisen zudem im Durchschnitt höhere Bewertungen auf (8,20 gegenüber 6,64), sodass sich der Renovierungsindikator mit der darin enthaltenen Zustandsbewertung bewegt, was die zweite Voraussetzung für eine Verzerrung darstellt: $\text{corr}(\text{remodel}, \text{cond}) = 0.55$.

Zwei Regressionsanalysen für dieselben sechzehn Immobilien:

	Umbau ausgelassen	Renovierung inbegriffen	Verzerrung
Schnittpunkt	−83,923.57	−30,000	−53,923.57
GLA	586.64	600	−13.36
Los	24.32	25	−0.68
Anzeigen	79,178.46	100,000	−20,821.54
Zustand (pro Punkt)	34,815.56	20,000	+14,815.56
Umbau	—	60,000	
R^2	0,9733	1,0000	

Der Wert „\$60,000“ in der Umbau-Reihe ist kein Preis für den Umbau. In diesem konstruierten Datensatz handelt es sich um die Preisdifferenz, die dem Umbau-Indikator bei gleicher Bruttomietfläche (GLA), Grundstücksfläche, Aussicht und Bewertung zugeordnet ist; genau das wird durch die „Generierungsfunktion“ ermittelt.

Der Zustands-Koeffizient ist um \$14,816 pro Punkt zu hoch – er gibt \$34,816 pro Zustands-Punkt an, während der Marktwert bei \$20,000 liegt, was einer Überbewertung von 74 Prozent entspricht. Der Koeffizient „view“ ist um \$20,822 zu niedrig. Beide Fehler sind in den Anpassungen nicht erkennbar: Das Modell ohne den „remodel“-Indikator weist $R^2 = 0.9733$ und Residuen auf, die – abgesehen von drei Verkäufen nahe \$35,000 – unauffällig erscheinen. Weder in R^2 noch in den Tests der Koeffizienten deutet etwas auf Probleme hin (wären diese Residuen Rauschen gewesen, hätte jeder Koeffizient diesen Test auf dem üblichen 5-Prozent-Niveau bestanden).

Dieil's Formel gibt die Zahlen exakt wieder. Die Regression des „remodel“-Indikators auf die vier einbezogenen Merkmale ergibt $\delta_{\text{cond}} = 0.24692602$ und $\delta_{\text{view}} = -0.34702564$. Daraus folgt

$$\beta_w \cdot \delta_{\text{cond}} = 60,000 \times 0.24692602 = 14,815.56, \quad \beta_w \cdot \delta_{\text{view}} = 60,000 \times (-0.34702564) = -20,821.54,$$

, was den beobachteten Verschiebungen auf den Cent genau entspricht. Der Bias lässt sich nicht annähernd durch die Formel erklären; er *ist* die Formel. Rauschen würde sich weniger auswirken, als man erwarten könnte: Bei verrauschten Daten gilt die Formel immer noch exakt zwischen den beiden Regressionen mit Anpassungen (ohne und mit dem Remodel-Indikator), wobei der geschätzte Koeffizient des Indikators $\hat{\beta}_w$ anstelle von β_w verwendet wird; im Vergleich zum wahren Koeffizienten gilt sie im Durchschnitt über viele Stichproben hinweg.

Der View-Koeffizient ist einen zweiten Blick wert, da seine Tendenz in die entgegengesetzte Richtung geht und der Grund dafür aufschlussreich ist. Wenn die anderen Merkmale konstant gehalten werden, ist es bei den Immobilien mit Aussicht in dieser Stichprobe *weniger* wahrscheinlich, dass sie renoviert werden ($\delta_{\text{view}} < 0$). Daher wird der Aussichtskoeffizient eher nach unten als nach oben verschoben: Er ist \$20,822 zu niedrig, während der Zustandskoeffizient \$14,816 zu hoch ist. Die beiden Fehler sind getrennte Auswirkungen derselben Auslassung und keine Übertragung zwischen ihnen. Ein Gutachter, der sich ausschließlich auf den Zustand stützt, hätte einen Fehler bei der Aussichtskorrektur überhaupt nicht erwartet – doch eine um 21 Prozent zu niedrig angesetzte Aussichtskorrektur ist die direkte Folge derselben Auslassung.

In der Praxis konzentrieren sich die Schäden genau dort, wo Gutachter am wenigsten darauf achten würden. Betrachten wir zunächst, wie sich das verzerrte Modell als *Prädiktor* verhält. Bei einem nicht renovierten Bewertungsobjekt, das mit Comp N identisch ist – 1,650 Quadratfuß Bruttomietfläche auf einem 7,400 Quadratfuß großen Grundstück mit Aussicht und einem Zustandswert von 7,00 – ergibt sich ein Wert von \$1,386,914 gegenüber einem tatsächlichen Durchschnittspreis von \$1,385,000 für Häuser mit genau diesen Merkmalen – gemäß der Fünf-Merkmal-Formel aus Eintrag 007 (*Bedingter Erwartungswert*), mit Renovierungs= 0 – ein Fehler von \$1,914 oder 0,14 Prozent. Über alle sechzehn Verkäufe hinweg beträgt der typische Fehler etwa \$21,000, das Modell ist also stark verzerrt und liefert dennoch akzeptable Vorhersagen, was kein Zufall ist: OLS führt Anpassungen an der gegebenen Stichprobe durch, und die verzerrten Koeffizienten sind genau diejenigen, die den Preisen der Stichprobe am nächsten kommen. Die Vorhersagegenauigkeit ist kein Beweis gegen eine Verzerrung durch ausgelassene Variablen, und auch die Kreuzvalidierungen – bei der das Modell anhand von Verkäufen getestet wird, die bei den Anpassungen nicht berücksichtigt wurden – schließen diese nicht aus: Gute Ergebnisse der Kreuzvalidierung zeigen nicht, dass die Koeffizienten frei von Verzerrungen sind, da ein falsch spezifiziertes Modell überall dort gut vorhersagen kann, wo die Merkmale so zusammenfallen wie bei den Anpassungen. Lässt man jedes Merkmal nacheinander weg, fallen die beiden größten Fehler – etwa \$56,000 bei K und \$48,000 bei G – auf Merkmale, die dem Muster dieser Stichprobe folgen, in der die hohen Zustandswerte meist zu renovierten Häusern gehören; E, das davon abweicht, liegt mit etwa \$45,000 an dritter Stelle, und H und J, die ebenfalls davon abweichen, belegen mit etwa \$41,000 den vierten und fünften Platz. Die Daten hier enthalten kein Rauschen, daher stammt jeder dieser Fehler vom ausgelassenen Renovierungsindikator und keiner vom Rauschen; bei realen Verkäufen, bei denen auch

Rauschen vorhanden ist, lässt die Größe eines Fehlers nicht erkennen, ob er von einem ausgelassenen Merkmal oder von gewöhnlichen Residuen herrührt.

Der Schaden tritt in dem Moment auf, in dem die Koeffizienten als *Anpassungen* und nicht als Prognoseregel verwendet werden. Ein Gutachter, der aus diesem Modell eine Zustandsanpassung ableitet, wendet \$34,816 pro Punkt an, während der Marktwert bei \$20,000 — \$29,631 zu viel bei jedem Vergleichsobjekt, das über die beiden Punkte von „gut“ auf „ausgezeichnet“ angepasst wird — sowie eine Lageanpassung von \$79,178, während der Marktwert bei \$100,000 liegt. Das Raster ist der Ort, an dem die Koeffizienten einer Regression nacheinander ausgelesen werden, und genau diesen Wert zerstört die Verzerrung.

Auch bei Objekten, die von dem Muster abweichen, auf dem die Tendenz basiert, versagt die Vorhersage – und zwar erheblich. Ein gut gepflegtes Haus wie das Bewertungsobjekt (1.650 Quadratfuß Bruttogeschossfläche, 7.400 Quadratfuß Grundstück), das jedoch keine Aussicht bietet, eine hervorragende Bewertung von 9,00 erhielt und nie renoviert wurde, wird unter \$1.377,367, während der tatsächliche Wert bei \$1,325,000 liegt – eine Überbewertung um \$52,367 (3,95 Prozent) überbewertet, da bei diesen Verkäufen eine Bewertung von 9,00 meist mit einer Renovierung einherging und die Zustandsbewertung des Modells den Wert der Renovierung \$60,000 mit einbezieht. Ein renoviertes Haus, das ansonsten mit dem Bewertungsobjekt identisch ist (Aussicht, Bewertung 7,00), wird unter \$1,386,914 gegenüber \$1,445,000 aufgeführt und ist um \$58,086 (4,02 Prozent) unterbewertet. Dies sind die atypischen Immobilien – jene, für deren Bewertung ein Gutachter meist speziell beauftragt wird, und jene, bei denen der Bericht am genauesten geprüft wird.

References.

- Craytor, W. B. (2026). Residual Constraint Approach (RCA): Framework & Protocol. *The Valuation Engineer*, 1(1). <https://doi.org/10.67330/kgebx46>
- Friedman, J. H. (1991). Multivariate Adaptive Regression Splines. *The Annals of Statistics*, 19(1), 1–67. <https://doi.org/10.1214/aos/1176347963>
- Theil, H. (1957). Specification Errors and the Estimation of Economic Relationships. *Revue de l'Institut International de Statistique*, 25(1/3), 41–51.

Cross-references: conditional expectation; hedonic regression; implicit price; latent variable; endogeneity.

Addendum: Prolog Formalization

The following machine-readable companion (008-omitted-variable-bias.pl) formalizes this entry in the journal's Prolog knowledge base. It is also published as a browsable galley alongside this article.

```
% SPDX-License-Identifier: AGPL-3.0-or-later
% Copyright (C) 2026 William Bert Craytor. Published by The Valuation Engineer
% Journal (Pacific Vista Net). This program is free software: you can
% redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU Affero General
% Public License as published by the Free Software Foundation, either version 3
% of the License, or (at your option) any later version. It is distributed
% WITHOUT ANY WARRANTY, without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or
% FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE; see the COPYING file beside it or
% <https://www.gnu.org/licenses/agpl-3.0.html>.
```

```
%% 008-omitted-variable-bias.pl -- companion to Foundations Vol. 1, Issue 2,
%% Entry 008, Omitted Variable Bias (omitted_variable_bias), v1.2.0.
%% Checks: theil_formula_holds/0 (each bias = beta_omitted * delta_j to the
```

```

%% cent); remodel_reading_holds/0 (the remodel indicator's 60,000).

% The dictionary (Issues/tools/dictionary) is not loaded at run time, so
% that the file runs unchanged in Trealla, SWI-Prolog and Scryer. The
% declarations below are plain facts, read by the dictionary linter.
dictionary_release_pinned('dictionary-2026.1').

uses_terms([ omitted_variable_bias, conditional_expectation,
             hedonic_regression, implicit_price, latent_variable,
             multicollinearity, ordinary_least_squares, residual,
             adjustment, comp_selection, paired_sales_analysis,
             sales_comparison_approach, uspap ]).
uses_relations([depends_on/2, related/2, introduced_by/2]).

article_concept(omitted_variable_bias).
article_issue(volume(1), number(2), year(2026)).
article_id('foundations.2026.008').

:- initialization(consult('../..kb/pacifica_comps_extended')).
% Scryer Prolog loads forall/2 and the list predicates on request;
% SWI-Prolog and Trealla have them built in. The guarded loads below
% let the file run unchanged in all three.
:- initialization(catch(use_module(library(lists)), _, true)).
:- initialization(catch(use_module(library(iso_ext)), _, true)).

kind(condition,          state).
kind(condition_score,    measurement_of(condition)).
kind(quality,            state).
kind(remodel,            event).
changes(remodel, condition).
changes(remodel, quality).

stand_in(remodel_numeric, unrecorded_condition).
stand_in(remodel_numeric, unrecorded_quality).

ovb_condition(affects_outcome,
              "The omitted variable must have a nonzero effect on the outcome.").
ovb_condition(correlated_with_included,
              "The omitted variable must have a nonzero coefficient on at least one included regressor in the
              ↪ auxiliary regression (partial, not merely marginal, correlation).").

biased(BetaOmitted, Delta) :-
    BetaOmitted =\= 0,
    Delta =\= 0.

consequence(affects_but_uncorrelated,
            "Inflates residual variance and widens standard errors; slope coefficients remain unbiased (the
            ↪ intercept absorbs the omitted variable's mean).").
consequence(correlated_but_no_effect,
            "No cost at all.").

theil_bias(BetaOmitted, Delta, Bias) :-
    Bias is BetaOmitted * Delta.

omitted_variable(remodel_numeric).
omitted_variable_effect(remodel_numeric, 60000).

condition_scale(0.0, 10.0).
condition_score(average, 5.0).

```

```

condition_score(good, 7.0).
condition_score(excellent, 9.0).
condition_rate(20000).

coefficient(remodel_omitted, intercept, -83923.571).
coefficient(remodel_omitted, gla_sqft, 586.645).
coefficient(remodel_omitted, lot_sqft, 24.323).
coefficient(remodel_omitted, view_numeric, 79178.461).
coefficient(remodel_omitted, cond_score, 34815.561).

coefficient(remodel_included, intercept, -30000).
coefficient(remodel_included, gla_sqft, 600).
coefficient(remodel_included, lot_sqft, 25).
coefficient(remodel_included, view_numeric, 100000).
coefficient(remodel_included, cond_score, 20000).
coefficient(remodel_included, remodel_numeric, 60000).

aux_slope(intercept, -0.89872625).
aux_slope(gla_sqft, -0.00022259).
aux_slope(lot_sqft, -0.00001129).
aux_slope(view_numeric, -0.34702564).
aux_slope(cond_score, 0.24692602).

model_fit(remodel_omitted, r_squared, 0.9733).
model_fit(remodel_included, r_squared, 1.0000).

observed_bias(R, Bias) :-
    coefficient(remodel_omitted, R, Omitted),
    coefficient(remodel_included, R, True),
    Bias is Omitted - True.

theil_formula_holds :-
    omitted_variable_effect(_, BetaOmitted),
    forall(( observed_bias(R, Observed), aux_slope(R, Delta) ),
        ( theil_bias(BetaOmitted, Delta, Predicted),
          abs(Observed - Predicted) < 0.01 )).

remodel_reading_holds :-
    omitted_variable_effect(remodel_numeric, Beta),
    coefficient(remodel_included, remodel_numeric, Coef),
    abs(Coef - Beta) < 0.01.

reported_bias(cond_score, 14815.56).
reported_bias(view_numeric, -20821.54).

relative_bias(R, Pct) :-
    observed_bias(R, Bias),
    coefficient(remodel_included, R, True),
    True =\= 0,
    Pct is 100 * Bias / True.

use_of_coefficients(prediction,
    "Evaluate the whole fitted surface at a point; biases in individual coefficients can offset.").
use_of_coefficients(adjustment,
    "Read one coefficient at a time as an implicit price; bias enters directly and does not offset
    ↪ .").

prediction_check(subject_typical, remodel_omitted, 1386914).
prediction_check(subject_typical, remodel_included, 1385000).

```

```

prediction_check(excellent_unremodeled, remodel_omitted, 1377367).
prediction_check(excellent_unremodeled, remodel_included, 1325000).
prediction_check(remodeled_with_view, remodel_omitted, 1386914).
prediction_check(remodeled_with_view, remodel_included, 1445000).

atypical_property_fails_worse(S) :-
    prediction_check(S, remodel_omitted, A),
    prediction_check(S, remodel_included, B),
    abs(A - B) > 50000.

defensibility_consequence(fit_statistics,
    "Bias is undetectable from R-squared or residual size; it lives in the correlation structure,
    ↪ not the residuals.").
defensibility_consequence(sample_size,
    "Bias does not shrink with n; more data gives a tightly estimated wrong number.").
defensibility_consequence(direction_disclosure,
    "Signing beta_omitted and delta_j from market knowledge yields a defensible directional
    ↪ statement even when magnitude is unknown.").

practice_encounter(what_the_scores_miss,
    "Traditional appraisal: a condition adjustment extracted where top scores go with remodels
    ↪ carries their unrecorded value. RCA extracts no condition rate.").
practice_encounter(no_remodel_line,
    "The URAR records kitchen and bathroom updates; the grid has condition and quality lines and no
    ↪ remodel line, rightly: a remodel line would count the same value twice.").
practice_encounter(adjustments_do_not_travel,
    "An extracted adjustment is a composite of the named effect and unnamed effects correlated with
    ↪ it, so it is dataset-specific.").
practice_encounter(implausible_paired_sale,
    "A paired-sales adjustment far larger than cost can reflect leakage from a correlated omitted
    ↪ attribute.").

```