

Ursachen von Preisänderungen bei Wohnimmobilien¹

Angesichts des weltweiten Einbruchs der Aktienkurse stellt sich für die Wirtschaftspolitik die wichtige Frage, wie sich die Verbraucherausgaben entwickeln werden.² Die genaue Beziehung zwischen der Vermögensentwicklung der privaten Haushalte und den Verbraucherausgaben ist unklar. Dennoch dürfte der jüngste massive Rückgang der Aktienkurse in Zukunft eine dämpfende Wirkung auf den privaten Verbrauch haben. In einer Reihe von Ländern wird diese Wirkung gegenwärtig durch den starken Anstieg der Preise für Wohnimmobilien in jüngster Zeit neutralisiert. Die wirtschaftswissenschaftliche Forschung konnte nachweisen, dass Wohneigentum einen grossen Einfluss auf das Verbraucherverhalten hat.³ Die Aussichten für den privaten Verbrauch hängen daher auch von der zukünftigen Entwicklung der Preise für Wohnimmobilien ab. Sollte der globale Abschwung anhalten, dürfte sich das Wachstum der Preise für Wohnimmobilien verlangsamen. Doch könnten sie auch ohne einen weiteren Konjunkturrückgang unter Druck geraten, wenn Aktienvermögen eine wichtige Determinante der Nachfrage nach Wohnimmobilien ist.

Dieses Feature untersucht, inwiefern sich Preisschwankungen bei Wohnimmobilien in sechs fortgeschrittenen Volkswirtschaften – den USA, dem Vereinigten Königreich, Kanada, Irland, den Niederlanden und Australien – auf Veränderungen des Volkseinkommens, der Zinsen und der Aktienkurse zurückführen lassen. Zu diesem Zweck wird das Verhalten der Preise für Wohnimmobilien, des Volkseinkommens, der Realzinsen und der Aktienkurse im Rahmen eines einfachen empirischen Modells untersucht. Anhand dieses Modells können die typischen Reaktionen der Preise für Wohnimmobilien auf Veränderungen einer kleinen Zahl von Hauptdeterminanten ermittelt werden.

¹ Das Feature gibt die Meinung des Autors wieder, die sich nicht unbedingt mit dem Standpunkt der BIZ deckt.

² Greenspan (2002) befasst sich mit den Unsicherheiten im Zusammenhang mit den Aussichten für den privaten Verbrauch in den USA nach dem Rückgang der Aktienkurse in der letzten Zeit.

³ S. beispielsweise Case et al. (2001).

Ausserdem lässt sich untersuchen, inwieweit die Preise für Wohnimmobilien tendenziell von den Werten abweichen, die von dem Modell ermittelt wurden.

Diese Analyse führt zu interessanten Ergebnissen. So zeigen die empirischen Resultate, dass Schocks beim Volkseinkommen, bei den Aktienkursen und bei den Zinsen die Preise für Wohnimmobilien beeinflussen und dass der jüngste starke Preisanstieg bei Wohnimmobilien teilweise den günstigen wirtschaftlichen Entwicklungen zugeschrieben werden kann, die sich in diesen Variablen äussern.

Preise für Wohnimmobilien

In diesem Feature wird die Entwicklung der Preise für Wohnimmobilien in sechs Ländern untersucht: den USA, dem Vereinigten Königreich, Kanada, Australien, den Niederlanden und Irland. Diese Länder wurden ausgewählt, weil hier relativ langfristige vierteljährliche Zeitreihen zu den Preisen für Wohnimmobilien verfügbar sind.⁴

Diese Datenreihen, die die durchschnittlichen Preisveränderungen bei bestehenden Wohnimmobilien erfassen sollen, sind im linken Feld von Grafik 1 dargestellt. Die allgemeinen Entwicklungstrends bei den Preisen für Wohnimmobilien in diesen wie auch in anderen Ländern (Grafik 1, rechtes Feld) weisen eine gewisse Ähnlichkeit auf. Seit Mitte der neunziger Jahre sind die Preise für Wohnimmobilien ziemlich steil angestiegen. In den USA beispielsweise erhöhten sich die realen Preise für Wohnimmobilien von 1995 bis 2001 um 21%. In anderen Ländern war der Anstieg noch ausgeprägter. Im Vereinigten Königreich stiegen die realen Preise für Wohnimmobilien im gleichen Zeitraum um 42%, in den Niederlanden und in Irland um 60% bzw. 70%. Einen ähnlichen Höhenflug der Preise hatte es in den achtziger Jahren gegeben. Im anschliessenden globalen Abschwung zu Beginn der neunziger Jahre verlangsamte sich der Anstieg der Preise für Wohnimmobilien.⁵

Empirische Grundlagen

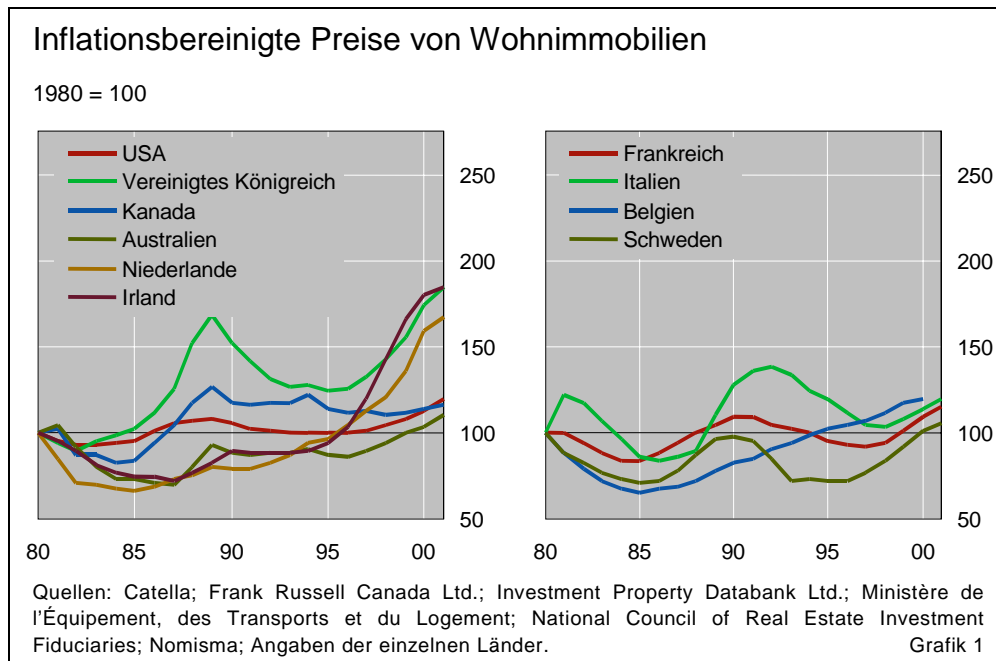
Das empirische Modell, das diesem Feature zugrunde gelegt wurde, ist ein kleines vektorautoregressives Modell (VAR-Modell) des zuerst von Sims (1980) vorgestellten Typs. Diese Grundlagen, die im Kasten auf S. 61 näher erläutert werden, erlauben eine Untersuchung des dynamischen Einflusses einer kleinen Anzahl von Hauptdeterminanten auf die Preise für Wohnimmobilien.⁶ Wahrscheinlich gibt es für die Nachfrage nach Wohnimmobilien wie für die Nachfrage nach anderen Gütern eine positive Korrelation zum realen Einkommen und Vermögen der privaten Haushalte. Dementsprechend sind das Wachstum des realen Volkseinkommens und die Entwicklung des kumulativen

⁴ Von den siebziger Jahren bis zum ersten Quartal 2002.

⁵ Für eine ausführliche Erörterung s. BIZ (1993, 2002).

⁶ Das VAR-Modell berücksichtigt die vierteljährlichen prozentualen Veränderungen der realen Preise für Wohnimmobilien und nicht das Preisniveau selbst, da es wahrscheinlicher ist, dass die Wachstumsraten dieser Preise um einen konstanten Mittelwert schwanken.

Steigende Preise
für Wohnimmobilien
gemäss Daten von
sechs Ländern



Aktienvermögens zwei der Hauptdeterminanten für die Preise von Wohnimmobilien im VAR-Modell.

Ein Haus ist ein langlebiger Vermögenswert, der über einen langen Zeitraum konkreten Nutzen bietet. Der implizite Wert eines Hauses ist der diskontierte Wert des erwarteten Nutzens. Die Preise für Wohnimmobilien hängen daher von den aktuellen und erwarteten Zinssätzen ab, die bei der Diskontierung des erwarteten Nutzens veranschlagt werden. Unter idealen Marktbedingungen sollte ein langfristiger Zinssatz die Einflüsse des gesamten Zeitprofils der Abzinsungssätze berücksichtigen. Allerdings funktionieren die Kapitalmärkte selten perfekt. Insbesondere in den kurzfristigen Zinsen können Finanzierungseinschränkungen und Cashflow-Effekte enthalten sein. Hypothekendarlehen mit variablem Zinssatz sind in einigen der hier betrachteten Länder sogar ziemlich verbreitet.⁷

Die wirtschaftswissenschaftliche Theorie legt den Schluss nahe, dass die Preise für Wohnimmobilien wie die anderer Vermögenswerte auf neue Informationen hinsichtlich der Wertdeterminanten reagieren. Im Kontext des VAR-Modells ist es möglich, die typische zeitabhängige Reaktion der Preise für Wohnimmobilien auf unvorhersagbare Veränderungen der Hauptdeterminanten („Überraschungen“) zu berechnen. So kann man beispielsweise die typische zeitabhängige Reaktion der Preise für Wohnimmobilien auf überraschende Veränderungen der Wachstumsrate des Volkseinkommens berechnen. Nachfolgend werden die typischen Reaktionen der Preise für Wohnimmobilien auf drei definierte Schocks betrachtet, die in der Größenordnung einer Standardabweichung liegen: ein überraschender Anstieg der Wachstumsrate des Volkseinkommens um 1%, ein unerwarteter Rückgang der Zinssätze um 1 Prozentpunkt und ein Anstieg der Aktienkurse um 10%.

Effekt von
Einkommen, Aktien-
vermögen und
Zinssätzen in
Modell berück-
sichtigt

⁷ S. Borio (1995).

Was bestimmt die Preise für Wohnimmobilien?

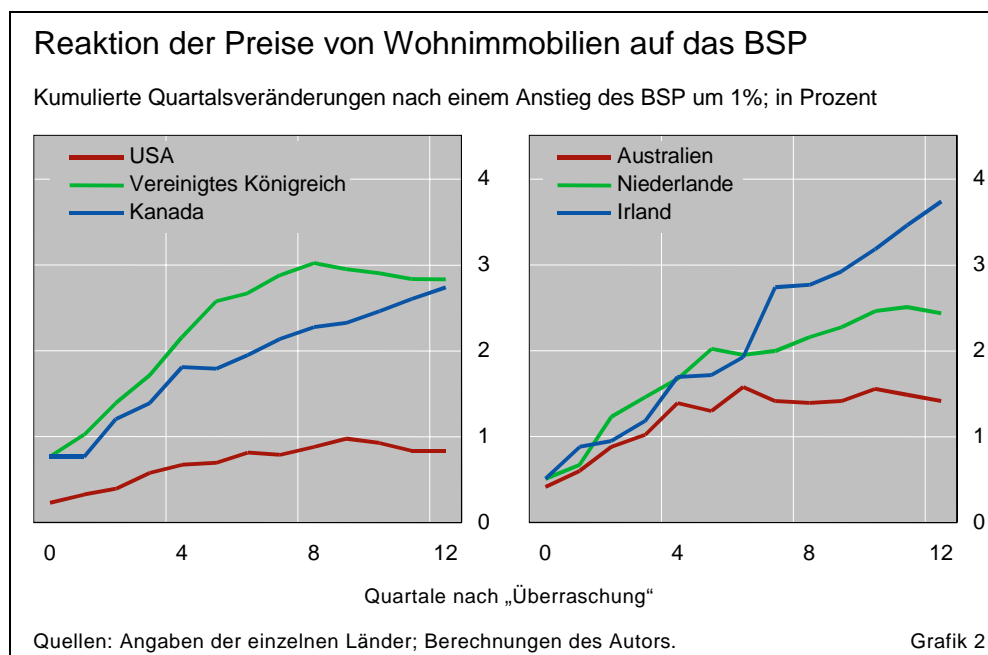
In diesem Abschnitt werden die Reaktionen der Preise für Wohnimmobilien auf die drei genannten Schocks betrachtet. Bevor die Schätzwerte betrachtet werden, ergibt sich natürlich die Frage, ob die hier vorgestellten kumulierten Einflüsse tatsächlich Reaktionen der Preise für Wohnimmobilien auf die untersuchten Hauptdeterminanten darstellen oder vielleicht nur auf zufällige Stichprobenfehler zurückzuführen sind. Um diese Frage zu beantworten, wurden eine Reihe formaler statistischer Tests durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Tests deuten darauf hin, dass die Hauptdeterminanten als Gruppe gesehen für die Erklärung von Preisschwankungen bei Wohnimmobilien statistisch signifikante Variablen sind.⁸ Es herrscht allerdings erhebliche Unsicherheit hinsichtlich des genauen Ausmasses dieser Einflüsse. Dennoch besitzt jede der kumulierten Reaktionen das nach der Theorie korrekte Vorzeichen, ein weiterer Hinweis dafür, dass es sich mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht um Zufallsergebnisse handelt.

Ausserdem ist unklar, welches das passende Modell zur Untersuchung dieser dynamischen Beziehungen ist; das hier verwendete VAR-Modell ist nämlich nur eine Möglichkeit. Schliesslich kann auch die Eignung der Annahmen, auf denen das VAR-Modell aufbaut, infrage gestellt werden, beispielsweise auch, ob die Variablen in der richtigen Reihenfolge betrachtet werden. Auf diese Vorbehalte wird im Kasten auf S. 61 ausführlicher eingegangen.

Schocks für das Wachstum des Bruttosozialprodukts

Es wäre zu erwarten, dass höhere Wachstumsraten beim Volkseinkommen mit der Zeit zu höheren Preisen für Wohnimmobilien führen; diese Vermutung wird

Statistische
Versuche deuten
auf signifikante
Effekte hin



⁸ Diese Tests, die auf Monte-Carlo-Experimenten basieren, werden im Kasten auf S. 61 eingehender besprochen.

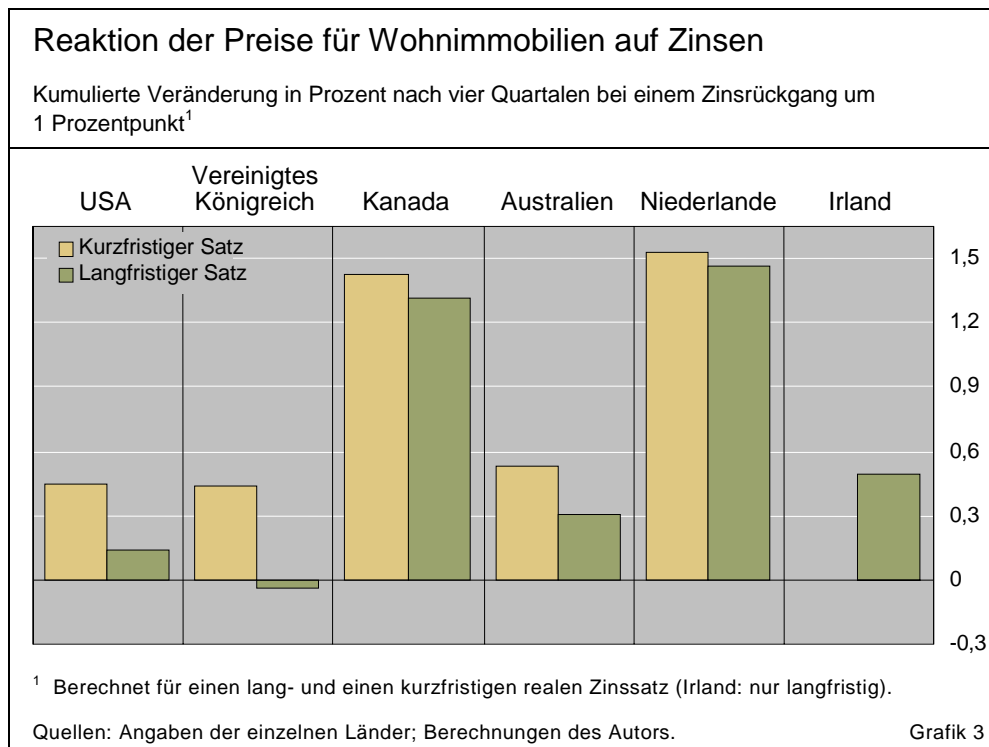
durch die verfügbaren Daten bestätigt (Grafik 2). In groben Zügen stimmen die geschätzten Reaktionen in den verschiedenen Ländern überein. Punktschätzungen deuten darauf hin, dass ein höheres Bruttosozialprodukt einen nachhaltigen positiven Einfluss auf die Preise für Wohnimmobilien hat, auch wenn gleichzeitig die Realzinsen steigen. Ein Anstieg der Wachstumsrate des BSP um 1% geht mit einem Anstieg der realen Preise für Wohnimmobilien in der Grössenordnung von 1-4% innerhalb von drei Jahren einher. Der geschätzte Effekt ist in Irland am ausgeprägtesten. Dies ist teilweise auf die lang anhaltende Wirkung der Schocks auf das irische Volkseinkommen zurückzuführen. Im Beobachtungszeitraum war eine unerwartete Steigerung der Wachstumsrate des irischen BSP mit einem höheren Wachstum des BSP in den nachfolgenden Jahren verbunden.

Höhere Preise für Wohnimmobilien durch wachsendes Volkseinkommen ...

Schocks für die Realzinsen

Die Punktschätzungen deuten auch darauf hin, dass tiefere Realzinsen im Laufe der Zeit zu höheren Preisen für Wohnimmobilien führen (Grafik 3). Dies gilt unabhängig davon, ob ein kurzfristiger oder ein langfristiger Realzinssatz in das Modell einbezogen wird. Ein Rückgang des kurzfristigen Realzinssatzes um 100 Basispunkte führt zu einem Anstieg der Preise für Wohnimmobilien in der Grössenordnung von ½-1½ Prozentpunkten innerhalb der nächsten vier Quartale. In allen Ländern ist die Reaktion der Preise für Wohnimmobilien im Falle von tieferen langfristigen Zinsen schwächer. Wie oben ausgeführt, könnten die unterschiedlichen Auswirkungen der langfristigen und der kurzfristigen Zinsen auf Unzulänglichkeiten des Kapitalmarktes zurückzuführen sein.

... und niedrigere Zinsen



Veränderungen der Aktienkurse

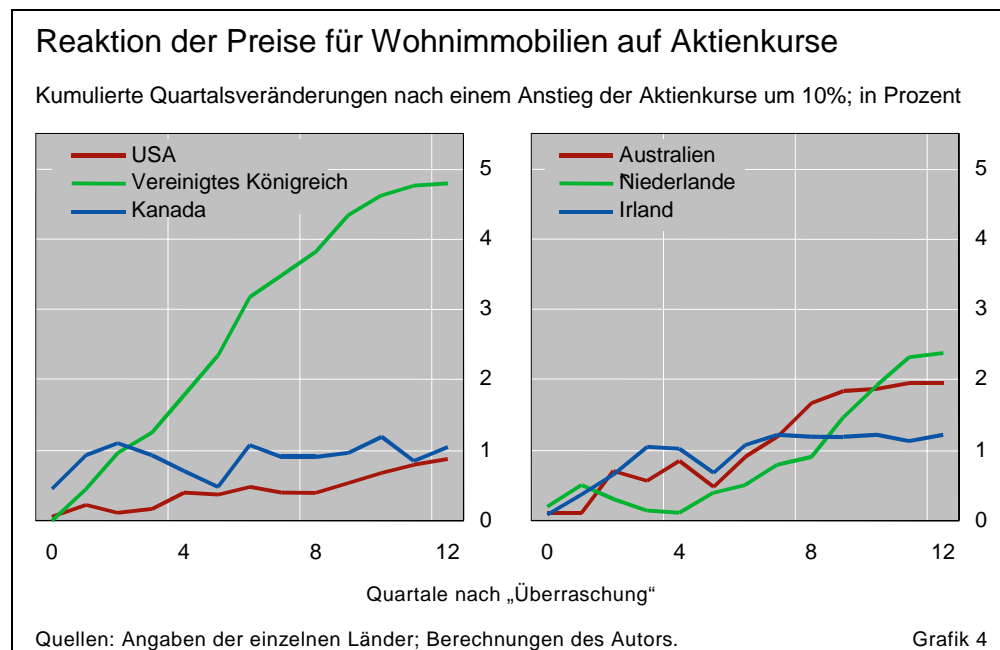
Offenbar bedeutender Einfluss der Aktienkurse im Vereinigten Königreich und in Kanada ...

Für alle Länder deuten die Modellschätzungen auf eine positive Korrelation zwischen Veränderungen der Aktienkurse und Preisschwankungen für Wohnimmobilien hin (Grafik 4). Punktschätzungen zeigen, dass in den USA, in Kanada und in Irland ein Anstieg der Aktienkurse von 10% dazu führt, dass sich die Preise für Wohnimmobilien in den darauf folgenden drei Jahren um rund 1% erhöhen. In Australien und den Niederlanden steigen die Preise um etwa 2%. Für das Vereinigte Königreich ergeben die Schätzungen einen wesentlich grösseren Effekt: Hier steigen die Preise für Wohnimmobilien innerhalb von drei Jahren in der Regel um 5%.

... aufgrund eines antizipierten Einkommenszuwachses

Die positive zeitabhängige Reaktion der Preise für Wohnimmobilien auf Veränderungen der Aktienkurse könnte daraus herrühren, dass Aktienkurse das Wachstum des Volkseinkommens vorwegnehmen. Die geschätzten Reaktionen unterstützen in gewisser Weise diese Auffassung. Im Vereinigten Königreich ist ein Anstieg der Aktienkurse von 10% typischerweise mit einem um 0,7% stärkeren Wachstum des Volkseinkommens über die nächsten drei Jahre verbunden. In Australien führt ein entsprechender Schock zu einem um etwa 0,3% stärkeren Wachstum des Volkseinkommens über die nächsten drei Jahre. Generell jedoch scheint die Reaktion des Volkseinkommens auf Veränderungen der Aktienkurse nicht stark genug zu sein, dass sie die Auswirkungen der Aktienkurse auf die Preise für Wohnimmobilien vollständig erklären könnte. Dieses Ergebnis, gepaart mit der Beobachtung, dass Aktienbesitz in den meisten untersuchten Ländern recht verbreitet ist, legt den Schluss nahe, dass die positive Relation vermutlich auch darauf zurückzuführen ist, dass das an der Börse angelegte Vermögen die Nachfrage nach Wohnimmobilien beeinflusst.

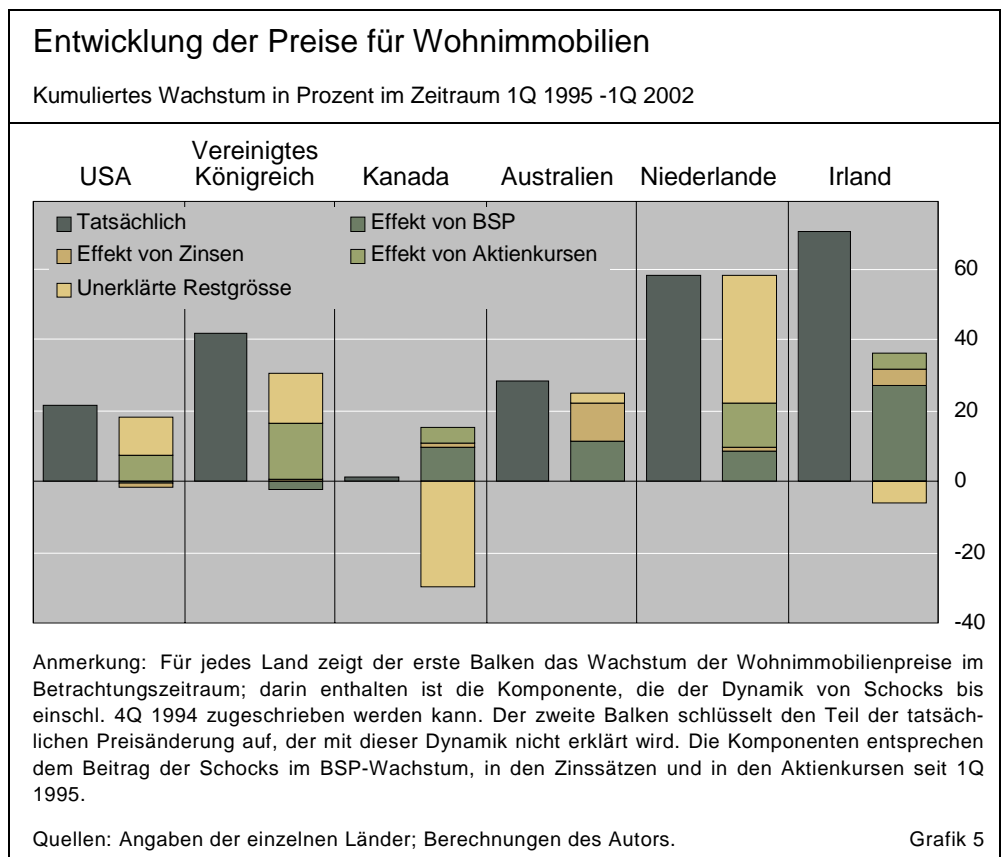
Da Aktienbesitz in den USA relativ weit verbreitet ist, mag es überraschen, dass sich hier die Kursbewegungen bei den Aktien offenbar in geringerem Masse auf die Preise für Wohnimmobilien auswirken als in einigen der anderen



Länder. Dafür gibt es mindestens zwei mögliche Erklärungen. Zum einen könnte dies die Vermutung belegen, dass die Privathaushalte in den USA ihre äusserst hohen Börsengewinne nicht als dauerhaft betrachtet haben. In diesem Fall wäre durch den Anstieg der Aktienkurse nicht unbedingt der Eindruck entstanden, dass das Vermögen der privaten Haushalte nun wesentlich grösser war.⁹ Warum derartige Gewinne am Aktienmarkt nicht als permanent betrachtet werden, ist allerdings rätselhaft. Zum anderen können Aktienanlagen in den USA ein Ersatz für Investitionen in Wohneigentum sein. In den USA scheinen die weite Verbreitung des Wohneigentums, die in der Vergangenheit stets gestiegenen Preise für Wohnimmobilien und die häufigen Eigentümerwechsel das Investieren in Wohneigentum attraktiver gemacht zu haben als in anderen Ländern. Insbesondere dürfte in Phasen, in denen den Aktienmärkten in hohem Umfang Anlagekapital zufließt, das Anlegerinteresse an Wohnimmobilien kleiner sein. Entsprechend würde der Anstieg der Preise für Wohnimmobilien in Phasen relativ stark steigender Aktienkurse geringer ausfallen.

Welche Schocks sind von Bedeutung?

Anhand der VAR-Modellschätzung kann aber nicht nur die typische Reaktion der Preise für Wohnimmobilien auf einen bestimmten Schock ermittelt werden. Damit lässt sich auch die relative Bedeutung jeder einzelnen Störung für die



⁹ Lettau und Ludvigson (2002) konnten keine signifikante Wirkung des Aktienkursanstiegs auf das Verbraucherverhalten in den USA im vergangenen Jahrzehnt nachweisen, was diese Auffassung zusätzlich stützt.

Preisentwicklung bei den Wohnimmobilien während des Beobachtungszeitraums analysieren.

Aktienkurse
erstaunlich
bedeutsam

Vielleicht nicht überraschend geht aus Punktschätzungen hervor, dass die relative Bedeutung der verschiedenen Störungen von Land zu Land unterschiedlich gross ist. In ausnahmslos allen Ländern aber sind Kursschwankungen an der Börse für die Erklärung der Preisentwicklung bei Wohnimmobilien wichtig. In den meisten Ländern scheinen die Preise von Wohnimmobilien durch die Schwankungen der Aktienkurse ebenso stark beeinflusst wie durch Veränderungen des BSP oder des Zinsniveaus. In den USA, Kanada und Australien beispielsweise entfällt auf jede dieser Störungen zwischen 7 und 15% der Varianz des Preisanstiegs bei Wohnimmobilien in einem Zeitraum von drei Jahren. Noch weit stärker wirken sich die Aktienkurse im Vereinigten Königreich aus, wo die Kursbewegungen bei Aktien 35% der Varianz des prognostizierten Preisanstiegs bei Wohnimmobilien in einem Zeitraum von drei Jahren erklären. Schwankungen des BSP erklären etwa 20%.

Tatsächlicher und „begründeter“ Anstieg der Preise für Wohnimmobilien

Mit Hilfe des VAR-Modells lässt sich der tatsächliche Preisanstieg bei Wohnimmobilien in einem bestimmten Zeitraum in drei Teile aufgliedern: den Teil, der zu Beginn des betrachteten Zeitraums aufgrund von Nachwirkungen früherer Schocks noch zu erwarten gewesen wäre, den Teil, der neuen Informationen über die Hauptdeterminanten des VAR-Modells zuzuschreiben ist, und den Teil des Preisanstiegs, der in keinerlei Zusammenhang mit diesen Determinanten steht.

Unerwarteter
Preisanstieg in fünf
Ländern ...

Die Ergebnisse dieser Aufgliederung sind in Grafik 5 für den Zeitraum vom ersten Quartal 1995 bis zum ersten Quartal 2002 dargestellt. In diesem Zeitraum stiegen die Preise für Wohnimmobilien in den meisten Ländern stärker, als man zu Beginn des Zeitraums allein aufgrund der Nachwirkungen früherer Schocks erwartet hätte. Einzige Ausnahme ist Kanada, wo die Preise für Wohnimmobilien im Beobachtungszeitraum im Wesentlichen unverändert blieben, während das Modell einen Anstieg von 15% vorhergesagt hatte. Die Preisentwicklung bei den Wohnimmobilien in Kanada überrascht noch mehr, wenn man die Veränderungen des Volkseinkommens, der Zinsen und der Aktienkurse betrachtet. Im Modell steigen die Preise für Wohnimmobilien angesichts positiver Überraschungen bei diesen Variablen stärker, als es ohne solche Schocks der Fall wäre. Tatsache ist, dass im Beobachtungszeitraum die Preise für Wohnimmobilien in Kanada fast 30% tiefer lagen als geschätzt.

... in drei Ländern
aufgrund von
Aktienkursgewinnen

In allen anderen Ländern übertraf der Preisanstieg bei den Wohnimmobilien vom ersten Quartal 1995 bis zum ersten Quartal 2002 die Erwartungen aufgrund der Anfang 1995 verfügbaren Informationen. Im Falle Irlands lässt sich der hohe Preisanstieg auf positive Überraschungen in Bezug auf das irische Volkseinkommen zurückführen. Im Falle der USA, des Vereinigten Königreichs und der Niederlande sind unerwartete Gewinne an den Aktienmärkten der wichtigste Faktor, der den unvorhergesehenen Preisanstieg bei den Wohnimmobilien erklärt. Dennoch ist der gesamte Preisanstieg grösser, als einzig aufgrund neuer Informationen über die drei betrachteten Hauptdeterminanten zu erwarten wäre.

Zusammenfassung

In diesem Feature wurde untersucht, inwiefern Preisschwankungen bei Wohnimmobilien in sechs fortgeschrittenen Volkswirtschaften – den USA, dem Vereinigten Königreich, Kanada, Irland, den Niederlanden und Australien – auf Veränderungen des Volkseinkommens, der Zinsen und der Aktienkurse zurückzuführen sind. Das wichtigste empirische Ergebnis ist, dass günstige wirtschaftliche Entwicklungen, die sich in diesen Variablen äussern, offenbar eine wichtige Rolle für den Preisanstieg bei Wohnimmobilien in jüngster Zeit gespielt haben, auch wenn die Preise in einigen Fällen anscheinend stärker gestiegen sind, als sich anhand der betrachteten Hauptdeterminanten erklären lässt. Die zukünftige Entwicklung der Preise für Wohnimmobilien ist mit stärkerer Unsicherheit behaftet. Aufgrund der in diesem Modell getroffenen Annahmen könnte der jüngste Rückgang der Aktienkurse einen gewissen Druck auf die Preise für Wohnimmobilien zur Folge haben, auch wenn sich das genaue Ausmass nicht abschätzen lässt.

Bibliografie

Bank für Internationalen Zahlungsausgleich (1993): „Preise für reale Vermögenswerte und die Bewältigung finanzieller Notlagen“, *63. Jahresbericht*, Basel, S. 171-200.

——— (2002): „Die Wechselbeziehung zwischen Finanzsektor und Realwirtschaft“, *72. Jahresbericht*, Basel, S. 137-57.

Borio, C. (1995): „The structure of credit to the non-government sector and the transmission mechanism of monetary policy: a cross-country comparison“, in *Financial structure and the monetary policy transmission mechanism*, Bank für Internationalen Zahlungsausgleich (Hrsg.), Basel, S. 59-105.

Case, K.E., J.M. Quigley und R.J. Shiller (2001): „Comparing wealth effects: the stock market versus the housing market“, *NBER Working Paper*, Nr. 8606.

Greenspan, A. (2002): „Semi-annual policy report to the US Congress“, Vortrag vor dem Committee on Financial Services des US-Repräsentantenhauses, 17. Juli.

Lettau, M. und S. Ludvigson (2002): „Consumption, aggregate wealth and expected stock returns“, *Journal of Finance*, Vol. 56, S. 815-49.

Sims, C.A. (1980): „Macroeconomics and reality“, *Econometrica*, Vol. 48, S. 1-47.

Das VAR-Modell

Die in diesem Artikel verwendete Grundlage für die Untersuchung des Verhaltens von Wohnimmobilienpreisen, Volkseinkommen, Zinsen und Aktienkursen ist ein kleines vektorautoregressives Modell (VAR-Modell) des zuerst von Sims (1980) vorgestellten Typs. Der VAR-Ansatz hat zwei Hauptvorteile: Für alle Variablen gilt die Annahme, dass diese endogen bestimmt sind, und das dynamische Verhalten der interessierenden Variablen unterliegt nur schwachen Restriktionen. Die Spezifikation des VAR-Modells berücksichtigt die folgenden Variablen: das vierteljährliche Wachstum des realen Volkseinkommens,^① einen Realzinssatz,^② das vierteljährliche Wachstum der realen Aktienkurse^③ und das vierteljährliche Wachstum der realen Preise für Wohnimmobilien.^④ In einem VAR-Modell ohne Restriktionen wird für jede Variable innerhalb des Systems eine Regression auf eine vorgegebene Anzahl von Lags von sich selbst und die gleiche Anzahl von Lags aller anderen Variablen innerhalb des Systems durchgeführt. Da dies eine im Verhältnis zur Stichprobengrösse sehr hohe Zahl geschätzter Parameterwerte ergeben kann, ist es manchmal sinnvoll, für die Parameter des VAR-Modells schwache Restriktionen einzuführen. Im beschriebenen Kontext wird dies durch die Annahme erreicht, dass das Wachstum der realen Aktienkurse nicht auf der Grundlage der anderen Variablen innerhalb des Systems vorhersagbar ist.

Formal ausgedrückt besteht die VAR-Modellschätzung aus den folgenden vier Gleichungen:

$$\begin{aligned} 1) \quad & \Delta y_t = c_1 + \sum_{i=1}^8 \alpha_{1,i} \Delta y_{t-1} + \sum_{i=9}^{16} \alpha_{1,i} r_{t-1} + \sum_{i=17}^{24} \alpha_{1,i} \Delta s_{t-1} + \sum_{i=25}^{32} \alpha_{1,i} \Delta p_{t-1} + u_{1t} \\ 2) \quad & r_t = c_2 + \sum_{i=1}^8 \alpha_{2,i} \Delta y_{t-1} + \sum_{i=9}^{16} \alpha_{2,i} r_{t-1} + \sum_{i=17}^{24} \alpha_{2,i} \Delta s_{t-1} + \sum_{i=25}^{32} \alpha_{2,i} \Delta p_{t-1} + u_{2t} \\ 3) \quad & \Delta s_t = c_3 + u_{3t} \\ 4) \quad & \Delta p_t = c_4 + \sum_{i=1}^8 \alpha_{4,i} \Delta y_{t-1} + \sum_{i=9}^{16} \alpha_{4,i} r_{t-1} + \sum_{i=17}^{24} \alpha_{4,i} \Delta s_{t-1} + \sum_{i=25}^{32} \alpha_{4,i} \Delta p_{t-1} + u_{4t} \end{aligned}$$

Hierbei ist Δy_t das Wachstum des realen Volkseinkommens zwischen Quartal $t-1$ und Quartal t , r_t ist ein Realzins, Δs_t steht für die Wachstumsrate der realen Aktienkurse, Δp_t ist das Wachstum der realen Preise für Wohnimmobilien und u ist der Term für den Fehler der reduzierten Form. In Gleichung 3) wird angenommen, dass mit Ausnahme eines konstanten Terms alle anderen Koeffizienten gleich null sind. Dies entspricht der Auffassung, dass innerhalb eines Zeithorizonts von einem Quartal die Aktienrenditen nicht auf der Grundlage der anderen Variablen innerhalb des VAR-Modells vorhersagbar sind.

Auf der Grundlage der geschätzten VAR-Koeffizienten lässt sich die dynamische Reaktion einer bestimmten Variablen auf Innovationen oder „Überraschungen“, d.h. nicht vorhersagbare Bewegungen, bei anderen Variablen berechnen. Diese so genannten Impulsantwortfunktionen sind nützlich zum besseren Verständnis der Interaktionen zwischen den interessierenden Variablen. Von besonderem Interesse im vorliegenden Kontext sind die dynamischen Reaktionen der Preise für Wohnimmobilien auf Innovationen im Wachstum des realen Volkseinkommens, im Niveau der realen Zinssätze und im Wachstum der realen Aktienkurse.

Die Gleichungen 1)-4) werden auf die übliche Weise nach der Methode der kleinsten Quadrate mit Daten für jedes einzelne Land geschätzt,^⑤ und Impulsantwortfunktionen werden aus den Parameterschätzungen abgeleitet. Eine Schwierigkeit bei der Analyse der dynamischen Eigenschaften von Systemen wie dem durch Gleichungen 1)-4) beschriebenen ist jedoch die potenzielle zeitgleiche Korrelation der u über die Grenzen der einzelnen Gleichungen hinweg. Es ist kaum sinnvoll, die Reaktionen eines Systems auf einen Schock bei einem der Fehlerterme der reduzierten Form isoliert zu untersuchen, wenn sich, historisch gesehen, die Störung (der Schock) tendenziell im Einklang mit einem anderen Fehlerterm der reduzierten Form des Modells bewegt. Aus diesem Grund werden keine Impulsantwortfunktionen für die Restgrössen der reduzierten Form berechnet. Stattdessen werden nach Sims (1980) die Impulsantwortfunktionen für eine trianguläre Repräsentation des Fehlers der reduzierten Form berechnet:

^① Das Volkseinkommen ist als das Bruttosozialprodukt definiert. Nominale Werte werden anhand des Verbraucherpreisindex in reale Werte umgerechnet. ^② Der langfristige Realzins ist definiert als die Rendite 10-jähriger Staatsanleihen abzüglich der prozentualen Änderung des Verbraucherpreisindex während der vorangegangenen vier Quartale. Der kurzfristige Realzins ist definiert als 3-Monats-Interbankzins abzüglich der prozentualen Änderung des Verbraucherpreisindex während der vorangegangenen vier Quartale. ^③ Es wird davon ausgegangen, dass die Realzinsen stationär sind, die Logarithmen des realen Volkseinkommens und der realen Aktienkurse jedoch noch differenziert werden müssen, um als stationär betrachtet werden zu können. ^④ Für Australien, die Niederlande und Irland ist der Aktienindex der jeweilige Gesamtmarktindex von Datastream. Für die USA ist der Aktienindex der S&P 500, für das Vereinigte Königreich der FTSE 100 und für Kanada der TSE 300. ^⑤ Für die USA, das Vereinigte Königreich und Kanada umfasst die Stichprobe den Zeitraum 2Q/1973 bis 1Q/2002. Für Australien und Irland umfasst die Stichprobe den Zeitraum 2Q/1975 bis 1Q/2002, für die Niederlande 2Q/1977 bis 1Q/2002.

- 5) $u_{1t} = \varepsilon_{1t}$
- 6) $u_{2t} = \gamma_{2,1}\varepsilon_{1t} + \varepsilon_{2t}$
- 7) $u_{3t} = \gamma_{3,1}\varepsilon_{1t} + \gamma_{3,2}\varepsilon_{2t} + \varepsilon_{3t}$
- 8) $u_{4t} = \gamma_{4,1}\varepsilon_{1t} + \gamma_{4,2}\varepsilon_{2t} + \gamma_{4,3}\varepsilon_{3t} + \varepsilon_{4t}$

wobei ε miteinander nicht korrelierende Zufallsvariablen sind, die um eine Einheit variieren. Die Impulsantwortfunktion wird für drei Schocks berechnet: einen unerwarteten Anstieg des Volkseinkommens um 1% ($\varepsilon_{1t} = 1$), einen unerwarteten Anstieg der Realzinsen um 1 Prozentpunkt ($\varepsilon_{2t} = 1$) und einen Anstieg der Aktienkurse um 10% ($\varepsilon_{3t} = 10$).

Die Anordnung der Variablen ($\Delta y_t, r_t, \Delta s_t, \Delta p_t$) entspricht potenziellen zeitgleichen Einflüssen. Das Wachstum des realen Volkseinkommens ist die erste Variable, weil davon ausgegangen wird, dass Innovationen im Wachstum des BSP die anderen Variablen des Modells innerhalb des gleichen Quartals beeinflussen. Der Realzins ist die zweite Variable, weil davon ausgegangen wird, dass Innovationen beim Realzins die Aktienkurse und Preise für Wohnimmobilien innerhalb des gleichen Quartals beeinflussen, das BSP jedoch nicht. Die Preise für Wohnimmobilien sind die letzte Variable, weil davon ausgegangen wird, dass Innovationen bei diesen Preisen die anderen Variablen nicht innerhalb des gleichen Quartals beeinflussen.

Die empirischen Ergebnisse hängen naturgemäss von der gewählten Form des Modells ab, bei dem die identifizierenden Annahmen durch die Reihenfolge der Variablen verkörpert sind. Innerhalb der Klasse der triangulären Darstellungen für die Fehler der reduzierten Form gibt es jedoch Anlass zu der Vermutung, dass die gewählte Reihenfolge nur sehr geringe Auswirkungen auf die empirischen Ergebnisse hat. Das liegt daran, dass die Korrelation zwischen den Terms für den Fehler der reduzierten Form bei Aktienkursen und Zinsen für die meisten Länder praktisch null ist, sodass sich die Ergebnisse nicht signifikant ändern würden, wenn man bei Aktienkursen und Zinsen die Reihenfolge vertauschen würde. Die Korrelation zwischen dem Term für den Fehler der reduzierten Form in der Gleichung für die Preise der Wohnimmobilien und demjenigen der Gleichungen für die Aktienkurse und Zinsen ist ebenfalls gering. Es liegt also der Schluss nahe, dass eine Veränderung der Reihenfolge zugunsten der Immobilienpreise ebenfalls keinen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse hätte. Dennoch ist nicht von der Hand zu weisen, dass ein VAR-Modell mit anderen zugrunde liegenden Annahmen zu unterschiedlichen empirischen Ergebnissen führen würde.

Die VAR-Modellschätzung lässt sich auch verwenden, um die statistische Signifikanz der Ergebnisse formal zu ermitteln. Insbesondere lassen sich durch eine Monte-Carlo-Simulation die Konfidenzintervalle für die Impulsantwortfunktionen berechnen. Im vorliegenden Kontext wurde dies erreicht, indem zufällige Fehler aus einer Normalverteilung entnommen wurden und anschliessend aus den simulierten Daten für die vier Variablen des Modells die Impulsantwortfunktion berechnet wurde. Das Ergebnis dieser Berechnung zeigt, dass für sämtliche Länder die Reaktion der Preise für Wohnimmobilien auf Schocks beim BIP auf einem Konfidenzniveau von 10% nicht gleich null ist. Jedoch liess sich mit diesem Test ausser in einigen Ausnahmefällen nicht die Nullhypothese widerlegen, dass die geschätzte kumulierte Reaktion auf Schocks bei den Zinsen und Aktienkursen in Wirklichkeit null ist.