

Holzpelletheizung: Mehr Primärenergie bei zusätzlicher Lüftungsanlage

Ein Energiesparhaus ist kein Kostensparhaus

Wer demnächst ein Gebäude mit Holzpelletkessel für einen KfW-40-Kredit nach der vorgeschriebenen EnEV-Berechnung knapp auslegt, könnte ein Problem bekommen. Denn für die Berücksichtigung einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung müssen unter Umständen zusätzliche, Primärenergie sparende Maßnahmen zur Kompensation des Mehrverbrauchs (!) an Primärenergie ergriffen werden.

Auch nach mehrjähriger Arbeit mit der Energieeinsparverordnung und den zugehörigen Normen tauchen immer wieder unerwartete Details und Probleme bei der Anwendung auf. Insbesondere der primärenergetische Ansatz führt dazu, dass bei jeder Berechnung auch die (tatsächlichen) Konsequenzen weit über die Gebäudegrenze hinaus betrachtet werden müssen. Planer, Architekten und Energieberater müssen sich daher mit dieser Sichtweise vertraut machen, insbesondere um sie im Kundendialog richtig und souverän zu kommunizieren. Ein Fallbeispiel, bei dem eine allgemein als Energie sparend eingestufte Anlagentechnik unerwartet das Gegenteil bewirkt, wird nachfolgend beschrieben und physikalisch und primärenergetisch erklärt.

Konkretes Berechnungsbeispiel

Für den Neubau eines Einfamilienhauses (EFH) mit Holzpelletkessel soll ein KfW-Kredit beantragt werden. Dazu wird das Gebäude auf die KfW-40-Fördergrenze

| Bereich | Beschreibung |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Geometrische Daten | externes Volumen $V_e = 438 \text{ m}^3$; Nutzfläche $A_N = 140 \text{ m}^2$; Hüllflächen $A = 404 \text{ m}^2$; Kompaktheitsgrad $A/V_e = 0,922 \text{ m}^{-1}$; Fenster: 10 m^2 nach NO/N/NW, 10 m^2 nach SO/S/SW, 25 m^2 nach O+W |
| Gebäudeeigenschaften | Gebäudedichtheitsstest bestanden; Wärmebrückendetails nach DIN 4108 BBl. 2; Energiedurchlassgrad der Fenster $g = 0,55$; mittlerer U-Wert der Hüllflächen (inkl. Wärmebrückenzuschlag) $H_T' = 0,254 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ |
| Trinkwarmwasserbereitung | zentral mit dem Wärmeerzeuger der Heizung; zentrale Verteilungen im unbeheizten Keller; mit Zirkulation; indirekt beheizter Trinkwarmwasserspeicher |
| Heizung | zentraler Wärmeerzeuger im unbeheizten Bereich (Gaskessel oder Holzpelletkessel mit indirekter Wärmeabgabe an das Heizwasser); Biomassepufferspeicher im unbeheizten Keller (nur für den Pelletkessel); zentrale Verteilungen im unbeheizten Keller; Steigstränge innenliegend; geregelte Umwälzpumpe; Auslegung auf $70/55 \text{ °C}$; freie Heizflächen mit Thermostatventilen ($X_p = 2 \text{ K}$) |
| Lüftung | falls vorhanden: zentrale Zu- und Abluftanlage im beheizten Bereich mit Wärmerückgewinnung (80 %) und DC-Ventilator; Luftwechsel der Anlage $0,4 \text{ h}^{-1}$ |

Tabelle 1 Gebäude- und Anlagenbeschreibung

(Energiesparhaus 40, ESH-40) optimiert, der erforderliche EnEV-Nachweis liegt knapp unter $40 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Als nun eine zentrale Wohnungslüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung in der Berechnung ergänzt wird – die Motivation für diesen späten Zeitpunkt einmal dahingestellt – springt der Primärenergiebedarf unerwartet über der KfW-40-Fördergrenze und ohne weitere Maßnahmen wäre nur noch ein KfW-60-Kredit möglich. Aktuell stellt sich dieses Problem zwar noch nicht, doch sobald die novellierte Energieeinsparverordnung in den nächsten Wochen die überarbeitete und erweiterte DIN V 4701-10 (Ausgabe August 2003) in Bezug nimmt, können und müssen Heizungsanlagen mit dem Brenn-

stoff Holz durchgängig berechnet werden. Bislang geht man bei der KfW davon aus, dass allein die seit dem 1. Dezember 2003 geltende Zusatzbedingung eines spezifischen Transmissionswärmeverlusts H_T' von 45 % (ESH-40) bzw. 30 % (ESH-60) unter dem Höchstwert der EnEV ausreicht, bei der Verwendung von Holz bzw. einem Primärenergiefaktor von $f_p = 0,2$ diese Nebenbedingung zu erfüllen. Berechnungsgrundlage für das Beispiel-Einfamilienhaus ist bei festgelegtem, baulichem Standard die Bilanzierung nach der bisher gültigen EnEV (sie wird mit der Novellierung keine substanziellen Änderungen erfahren). Die Beheizung des Referenzfalls erfolgt mit einem Holzpelletkessel, rechnerisch gelüftet

wird über die Fenster. Vergleichsvarianten sind die Ergänzung um eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und für beide Lüftungsarten auch die Beheizung mit einem Gas-Brennwertkessel. Für die vier Varianten werden End- und Primärenergiebedarf bestimmt. Das Beispielhaus ist mit einer Pumpenwarmwasserheizung mit Heizkörpern und zentraler Trinkwarmwasserbereitung mit Zirkulation ausgestattet. Der Baukörper liegt mit einem mittleren U-Wert von $0,254 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ entsprechend der KfW-40-Förderbedingungen sehr deutlich unter dem zulässigen Grenzwert der EnEV, ein Gebäudedichtheitstest wird als bestanden vorausgesetzt. Mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von 80 % und Gleichstromventilatoren ist die in den Varianten eingesetzte Lüftungsanlage hocheffizient. Weitere Merkmale fasst Tabelle 1 zusammen. Die Bilanzierung des Primärenergiebedarfs erfolgt nach dem vereinfachten Verfahren der EnEV zur Bestimmung des Heizwärmebedarfs in Kombination mit dem ausführlichen Verfahren der neuen DIN V 4701-10 (Ausgabe August 2003), wobei die Standardwerte in die Berechnungsgleichungen eingesetzt werden. Es ergibt sich für alle vier Fälle ein Heizwärmebedarf von $q_h = 45,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$. Die Ergebnisse für den Primärenergiebedarf und die Anlagenschemata zeigen die Bilder 1 und 2.

Echte Physik – kein Rechenfehler

Erwartungsgemäß vermindert sich der Primärenergiebedarf für das mit dem Gas-Brennwertkessel beheizte Gebäude von 112 auf $100 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$. Der Primärenergiebedarf bei dem mit Holzpellets beheizten Gebäude erhöht sich jedoch durch den Einsatz der Lüftungsanlage von 38 auf $41 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$. Wer an dieser Stelle bei der Berechnung stutzt und einen Fehler im EnEV-Programm vermutet, ist im wahrsten Sinne des Wortes auf dem Holzweg: Das Ergebnis stimmt und ist physikalisch begründbar. Zur Erklärung fasst Tabelle 2 die Endenergie zusammen.

Zunächst die erwartungsgemäßen Verhältnisse bei den Varianten mit Gas-Brennwertkessel: Die Lüftungsanlage hat aufgrund ihres hohen Wärmerückgewinnungsgrades einen thermischen Wärmerückgewinn von $17,23 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$. Diese Energiemenge müsste ohne Lüftungsanlage zusätzlich vom Gaskessel erzeugt werden, wobei im Beispiel eine Erzeugeraufwandszahl von $e_g = 1,08$ maßgeblich ist. Es ist also ein Mehreinsatz an thermischer Endenergie von $18,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ notwendig, was sich auch so in der EnEV-

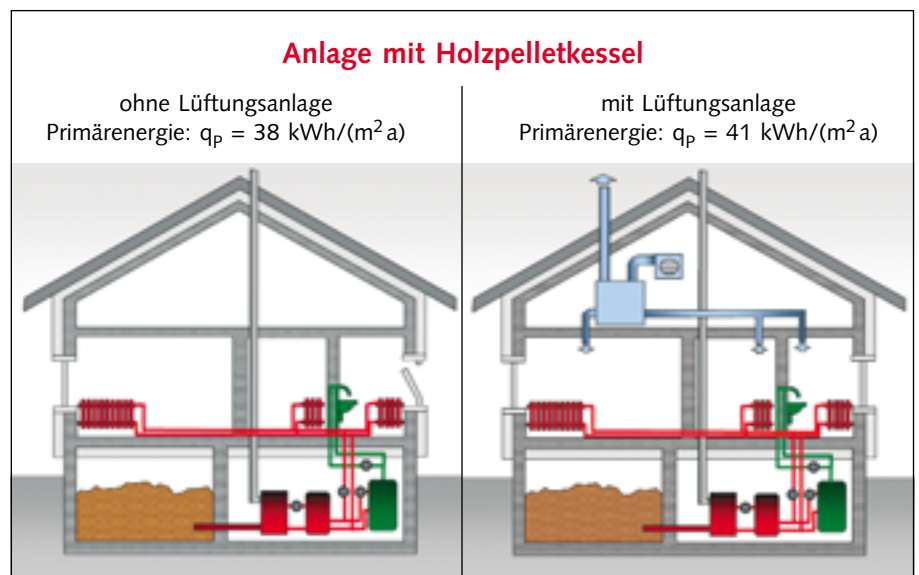


Bild 1 Anlagenschema und Primärenergiebedarf mit Holzpelletkessel

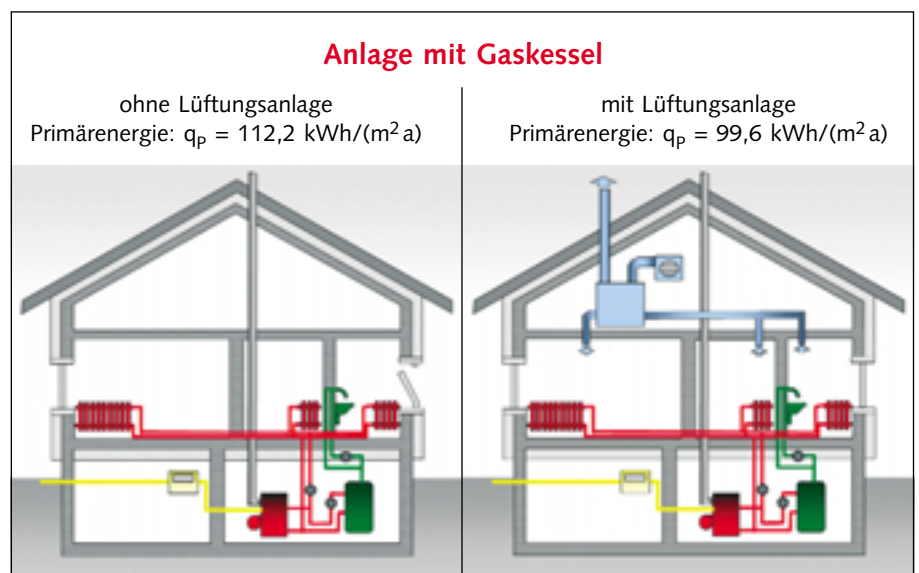


Bild 2 Anlagenschema und Primärenergiebedarf mit Gas-Brennwertkessel

Bilanz niederschlägt. Weiterhin zu bilanzieren ist der Hilfsenergiebedarf für die Lüftungsanlage zum Betrieb der Ventilatoren. Auch bei der energieeffizienten Gleichstromtechnik sind immer noch $2,62 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ elektrische Endenergie zu berücksichtigen. Rechnet man die Minderaufwendungen für thermische Energien und die Mehraufwendungen für elektrische Hilfsenergien mit den festgelegten Primärenergiefaktoren in Primärenergiemengen um, ergibt sich für das mit Gas-Brennwertkessel beheizte Gebäude durch den Einsatz der Lüftungsanlage ein etwa $13 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ geringerer Primärenergiebedarf:

$$\Delta q_p = -18,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a}) \cdot 1,1 + 2,62 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a}) \cdot 3 = -12,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$$

Im Fall des Holzpelletkessels ist die Ausgangssituation gleich. Die durch die Lüftungsanlage eingesparte thermische Energie beträgt $17,23 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$. Diese Energiemenge entspricht bei dem Holzkessel einem Mehreinsatz an thermischer Energie von $23,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$. Die Erzeugeraufwandszahl liegt mit $e_g = 1,38$ (Jahresnutzungsgrad etwa 72 %) nämlich deutlich unter der eines Gas-Brennwertkessels. Die Zusatzstromaufwendungen zum Betrieb der Lüftungsanlage sind für beide Heizsysteme gleich. Hier sieht die Primärenergiebilanz wie folgt aus:

Heizung

| Wärmeerzeuger | Endenergieart | ohne Lüftungsanlage | mit Lüftungsanlage |
|---------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Holzessel | Wärme aus Holz Hilfsenergien | 120,1 kWh/(m ² a) 4,7 kWh/(m ² a) | 97,0 kWh/(m ² a) 7,1 kWh/(m ² a) |
| Gaskessel | Wärme aus Gas Hilfsenergien | 93,3 kWh/(m ² a) 3,2 kWh/(m ² a) | 74,7 kWh/(m ² a) 5,8 kWh/(m ² a) |

Tabelle 2 Endenergie

$$\Delta q_p = -23,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a}) \cdot 0,2 + 2,62 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a}) \cdot 3,0 = +3,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$$

Das Gebäude mit Lüftungsanlage weist aufgrund des Primärenergiefaktors für Holz von $f_p = 0,2$ jetzt einen insgesamt höheren Primärenergiebedarf auf. Oder anders ausgedrückt: Die Primärenergie, die in den Antrieb der Ventilatoren gesteckt werden muss, kann durch den Wärmerückgewinn nicht kompensiert werden, weil der Holzessel die thermische Energie ohnehin zu „guten Konditionen“ umweltfreundlich erzeugt hätte. Die Bilanz würde noch ungünstiger bei einem Lüftungsgerät mit 60 % Wärmerückgewinnung und Wechselstromventilatoren ausfallen. Bei gleichem Hilfsenergiebedarf für die Lüftungsanlage und idealer Wärmerückgewinnung würde sich das Ergebnis nur geringfügig verbessern und weiterhin zu einer Verschlechterung der Primärenergiebilanz führen.

EnEV- und KfW-Anforderungen

Wie oben schon angedeutet, soll an diesem – zugegeben exemplarischen – Beispiel die Förderwürdigkeit nach KfW demonstriert werden. Für das Gebäude gelten aufgrund des Kompaktheitsgrades von $A/V_e = 0,922 \text{ m}^{-1}$ und der Nutzfläche $A_N = 140 \text{ m}^2$ folgende Höchstwerte zur Einhaltung der EnEV-Bedingungen:

$$Q_p'' = 131 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$$

$$HT'_{\text{max}} = 0,462 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

Das Gebäude erfüllt die EnEV-Anforderungen in allen vier Berechnungsfällen sehr deutlich. Die Förderung als „Energiesparhaus 40“ ist aber an eine verschärfte Bedingung hinsichtlich des Wärmedurchgangskoeffizienten der Gebäudehülle geknüpft. Es ist laut Förderbedingungen der KfW eine 45%ige Unterschreitung des Höchstwertes nach EnEV gefordert.

$$HT'_{\text{max, KfW}} = 0,55 \cdot 0,462 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) = 0,254 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

Die Häuser erfüllen diese von der KfW gestellte Anforderung. Ein Primärenergiebe-

darf unter $Q_p''_{\text{KfW}} = 40 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ wird jedoch nur von dem Anlagensystem Holzpelletessel ohne Lüftungsanlage erreicht! Da wird die Kundenberatung selbst für einen geschickten Verkäufer und Energieberater schwierig und peinlich, wenn er vorher nicht gerechnet hat und nach dem Zusatzverkauf einer Lüftungsanlage weitere Kompensationsmaßnahmen zur Verringerung der Primärenergiebedarfs erklären muss.

Energiekosten: Bitte Fairplay

Die Förderung der KfW ist eine allgemein bekannte Kredit- und damit Geldquelle für Bauherren. So werden im Gefecht der Beantragung schnell die künftigen Energie- und Unterhaltskosten aus dem Auge verloren, was einem Architekt oder Planer aber nicht passieren darf. Daher werden für die vier Berechnungsfälle die Energie- und Unterhaltungskosten ebenfalls unter die Lupe genommen (Tabelle 3). Aus der Kostentabelle können zwei wesentliche Schlüsse gezogen werden:

Primärenergiebedarf schafft nur begrenzt Transparenz

Trotz der sehr geringen Primärenergiebedarfswerte und sogar des Erreichens des KfW-40-Standards im Fall ohne Lüftungs-

anlage ergeben sich mit dem Holzessel hohe Energiekosten. Werden Wartungs- und Unterhaltskosten (für Kessel und ggf. Lüftungsanlage) in allen Fällen dazugerechnet, liegen vermutlich alle vier Varianten bei den Gesamtkosten noch dichter zusammen. Über diese Kostenstruktur und die späteren Energiekosten muss der Eigentümer des Gebäudes aufgeklärt werden. Es darf nicht pauschal kommuniziert werden: Energiesparhaus = Kostensparhaus. Auf der anderen Seite spricht die Erkenntnis aus der Berechnung aber auch nicht gegen den Einsatz von Holzesseln. Der Endkunde weiß und akzeptiert sehr wohl, dass für regenerative Energie heute am Markt noch ein höherer Preis zu bezahlen ist, auch wenn Holzpellets an der Schnittstelle Gebäudegrenze gegenüber konventionellen Energieträgern preislich bereits mithalten. Es wäre daher fatal, Käufer eines KfW-40-Hauses mit Holzheizung nicht über ihre laufenden Energiekosten aufzuklären und mit Primärenergiebedarfskennwerten niedrige Betriebskosten zu suggerieren. Gerade in Bezug auf die Einführung des Energiepasses wird klar, dass der Primärenergiebedarf nur begrenzt Transparenz schafft. Ähnliche Probleme liegen auch bei Nah- und Fernwärme aus Kraftwärmekopplung vor, wo zertifizierte Primärenergiefaktoren unter 0,3 ebenso eine große Differenz zwischen Primärenergie und abgerechneter Endenergie bedeuten.

Lüftungsanlage und Betriebswirtschaft

Die geringen absoluten Energiekostenunterschiede zwischen Gebäuden mit und ohne Lüftungsanlage – die vermutlich auch noch durch zusätzliche Wartungskosten geschmälert werden – unterstreichen deutlich, was in diversen Veröffentlichungen bereits vorher zu Tage trat: Eine Lüftungsanlage kann nicht aus betriebswirtschaftlichen

| Wärmeerzeuger | | ohne Lüftungsanlage | mit Lüftungsanlage |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Holzessel | Wärmekosten | 4,56 Euro/(m ² a) | 3,69 Euro/(m ² a) |
| | Hilfsenergiekosten | 0,73 Euro/(m ² a) | 1,10 Euro/(m ² a) |
| | Energiekosten gesamt | 741 Euro/a | 671 Euro/a |
| Gaskessel | Wärmekosten | 4,11 Euro/(m ² a) | 3,29 Euro/(m ² a) |
| | Hilfsenergiekosten | 0,50 Euro/(m ² a) | 0,90 Euro/(m ² a) |
| | Energiekosten gesamt | 645 Euro/a | 587 Euro/a |
| Grundlagen: Energiepreise, bei Strom und Gas als Mischpreise von Leistungs- und Arbeitspreis für ein Einfamilienhaus (incl. MwSt.) nach ASUE Ende 2003. Preise für Pellets nach C.A.R.M.E.N. e. V. im Januar 2004. | | <ul style="list-style-type: none"> • Erdgas H: 0,044 Euro/kWh • Strom zum Haushaltstarif: 0,155 Euro/kWh • Holzpellets: 0,038 Euro/kWh (187 Euro/t bei 4,9 MWh/t) | |

Tabelle 3 Energiekosten

Gründen verkauft werden. Diese Aussage stimmt im Übrigen auch, wenn mit realen Energieverbrauchsdaten gerechnet wird und nicht mit den sehr geringen EnEV-Bedarfswerten. Auch diese Erkenntnis spricht nicht gegen den Einsatz von Lüftungsanlagen. Solange dem Gebäudebesitzer klar ist bzw. deutlich erklärt wird, worin er sein Geld investiert: In notwendigen Gebäudeschutz, Hygiene, erhöhten Komfort, etc. – aber nur sehr bedingt in Kosten- und Energieeinsparung.

Systemgedanke muss gestärkt werden

Die Bewertung von Energieträgern hinsichtlich ihrer Umweltwirksamkeit ist sicher noch nicht abschließend geklärt. Neben den heute verwendeten Primärenergiefaktoren ist alternativ die CO₂-Bewertung denkbar. Diese würde der langen Diskussion um den Faktor 0,2 für Holz (und 3,0 für Strom vor einiger Zeit) vielleicht ein Ende setzen.

Obwohl sich Holzpelletkessel und Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung in der EnEV-Bilanz praktisch gegenseitig ausschließen, spricht nichts gegen den gemeinsamen Einsatz, wenn dem Kunden die Sachlage erklärt wird. In Verbindung mit einem Holzessel bedeutet eine (nachgerüstete) Lüftungsanlage einen erhöhten (rechnerischen) Primärenergieaufwand. In diesem Fall darf nicht mit einer Umweltentlastung argumentiert werden, sondern nur mit Hygiene, Gebäudeschutz und Komfort. Das Beispiel verdeutlicht nachdrücklich, dass für eine Effizienzverbesserung der maschinellen Wohnungslüftung der Systemgedanke gestärkt werden muss. Das kann nur mit intelligenten bedarfsgeregelten Anlagen erreicht werden, die auf Vermeidung und nicht nur auf Wirkungsgrad ausgerichtet sind. Zu überwindende Hürden sind dazu der sensorische und aktorische Aufwand sowie der nicht zu vernachlässigende Energiebedarf für das Regelsystem. Ein Energiesparhaus sollte nicht mit einem

Kostensparhaus verwechselt bzw. dargestellt werden. Hier schulden Planer und Verkäufer dem Kunden eine Erläuterung der Sachlage. Energie- und Kosten-Transparenz am Wohnungsmarkt kann nicht für alle Energieträger mit einem Primärenergiekennwert hergestellt werden.

Energieberatung ist wesentlich mehr als nur das Zusammenstückeln von Maßnahmen und Systemen. Die ganzheitliche (nicht nur energetische) Betrachtungsweise eines Gebäudes bietet Potenziale in einer größeren Dimension, als von den Branchenbeteiligten zurzeit genutzt.



Unsere Autorin Dipl.-Ing. (FH) **Kati Jagnow** ist selbstständige Ingenieurin der TGA, Wernigerode, E-Mail: kati.jagnow@fh-wolfenbuettel.de